

Nota metodologica

Quadro di riferimento

Negli ultimi decenni è sensibilmente aumentato l'interesse verso la *variabilità climatica* e gli *eventi meteo-climatici estremi di temperatura e precipitazione*, che hanno interessato anche molte aree del nostro Paese. Queste informazioni sono fondamentali per poter valutare le conseguenze di tali eventi su ambiente naturale, territorio, salute umana, sistemi socio-economici e sistemi urbani. Infatti, il verificarsi di eventi estremi ha impatti rilevanti anche nelle città, caratterizzate dalla presenza di un'elevata concentrazione di persone¹, edifici e infrastrutture, attività economiche e patrimonio artistico, le quali presentano livelli diversi di vulnerabilità. In molti casi, eventi meteorologici di elevata intensità, durata e frequenza possono determinare forti criticità nell'erogazione di servizi essenziali alla popolazione, quali la distribuzione di risorse idriche, energia e trasporti.

Molte città italiane sembrano aver registrato negli ultimi decenni, numerosi impatti negativi causati da fenomeni meteorologici espressione di una crescente *variabilità climatica*, che si manifesta con ampie fluttuazioni di specifiche grandezze dei parametri meteorologici. Tali fluttuazioni sono legate alle variazioni registrate su base annua (inter-annuali e stagionali) nonché alle oscillazioni decennali, che si verificano rispetto ad un valore medio di un lungo periodo della grandezza considerata. In termini statistici, il *cambiamento climatico* si definisce, invece, come lo spostamento del valore medio di lungo periodo di una grandezza meteorologica, rappresentando cioè un cambiamento della distribuzione statistica dei parametri climatici rilevati.

Negli ultimi venti anni, numerosi organismi internazionali² hanno contribuito allo sviluppo di framework statistici collegati allo studio dei cambiamenti climatici (CC), con l'obiettivo di fornire metodologie condivise per la produzione di dati e indicatori comparabili fra i paesi del mondo. Informazioni sul clima e sul verificarsi di eventi estremi a scala locale hanno assunto una crescente rilevanza, per la valutazione degli effetti dei CC e per la definizione di efficaci strategie di adattamento ad implementazione locale, considerando i diversi domini ambientale, sociale, economico ed istituzionale.

Nell'ambito dei programmi di ricerca e studio dei fenomeni climatici della WMO delle Nazioni Unite, il World Climate Research Programme (WRCP) svolge un ruolo di coordinamento e guida della ricerca su fenomeni meteo-climatici a livello internazionale, contribuendo all'avanzamento di studi scientifici relativi alle interazioni dinamiche su più scale, tra i sistemi naturali e socio-economici con il clima, nonché alla diffusione e condivisione di informazione sullo sviluppo delle politiche. Inoltre, il WCRP informa regolarmente il United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) su temi scientifici collegati allo studio dei CC.

Con l'obiettivo di definire metodologie condivise per una misurazione degli estremi climatici, l'Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)³ della WMO Commission for Climatology ha definito alcuni anni fa un core set di 27 *Indici di estremi meteo-climatici di temperatura e precipitazione*. Classificati in base al fenomeno osservato, tali indici forniscono misure di frequenza, intensità, durata e distribuzione di fenomeni climatici (a diversa scala temporale e spaziale). Infatti, il CCI-WCRP-JCOMM Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) ha come principale obiettivo rispondere alla necessità di offrire misure statistiche, con requisiti di comparabilità, relative alla variabilità e al cambiamento del clima. Dal punto di vista metodologico, alcuni indici sono calcolati su un valore di soglia fisso, altri sono indici assoluti, indici di durata o indici basati sui percentili. La presenza di una disponibilità di serie storiche di dati ampie, complete e ad elevata risoluzione spaziale è condizione per il calcolo di questi indici e per la loro robustezza, come strumenti di analisi nell'osservazione di specifici eventi estremi nel medio e lungo periodo.

Attraverso la rilevazione *Dati meteo-climatici e idrologici* dell'Istat (inserita nel Programma statistico nazionale PSN-IST 02190), sono stati raccolti dati di misurazioni giornaliere di stazioni termo-pluviometriche ubicate nel

¹ Della popolazione italiana, circa il 30 per cento vive nelle città capoluogo di provincia, mentre il 16 per cento è concentrata nelle sole città capoluogo di regione.

² United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), United Nations Environment Programme (UNEP), Organization for Economic Co-operation and Development (OCSE), European Commission, Eurostat, European Environmental Agency (EEA).

³ Il WCRP Grand Challenge on Weather and Climate Extremes ha integrato gran parte degli aspetti di ricerca dell'ETCCDI.

territorio comunale di tutti i capoluoghi di provincia, grazie alla collaborazione di Enti gestori rispondenti alla rilevazione. Per lo studio dei fenomeni climatici e l'applicazione di modelli di analisi dei trend dei parametri meteorologici, a partire dalle misurazioni giornaliere delle variabili sono calcolati indici statistici a diversa scala temporale e spaziale relativi al meteo-clima nelle principali città italiane. A tale scopo, vengono calcolati per ciascuna città:

- Indicatori di *temperatura media e precipitazione totale annua*;
- un insieme di *Indici di estremi meteo-climatici di temperatura e di precipitazione* (metodologia ETCCDI della WRCP-WMO-UN che rappresentano strumenti statistici per una descrizione della variabilità climatica adeguata anche per studi a scala locale.

Obiettivi conoscitivi

La rilevazione *Dati meteo-climatici ed idrologici* dell'Istat ha consentito di aggiornare al 2019 la Banca Dati Istat delle variabili meteo-climatiche ed idrologiche (temperatura minima, temperatura media, temperatura massima, precipitazione totale annua, umidità) attraverso dati raccolti presso gli Enti gestori (unità di rilevazione) di reti di stazioni meteorologiche nel territorio nazionale (unità di analisi). In particolare, considerati gli obiettivi di analisi, sono stati presi in esame i dati delle stazioni meteorologiche ubicate all'interno o in prossimità del territorio comunale di ciascun capoluogo di provincia. Per questo motivo, i dati delle stazioni meteorologiche prese in esame e gli indici calcolati forniscono misure riferite ai caratteri climatici delle singole aree monitorate. Dati e indicatori meteo-climatici prodotti dall'Istat, si aggiungono all'insieme delle informazioni statistiche prodotte sul tema delle città, per fornire nuove opportunità di analisi congiunta con informazioni sullo stato dell'ambiente naturale.

Per descrivere le variazioni di temperatura e precipitazione nelle città capoluogo di regione e di provincia, sono stati calcolati gli indicatori di temperatura media annua e precipitazione totale annua e un insieme di 21 Indici di estremi meteo-climatici (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 (metodologia ETCCDI Indices WRCP-WMO-UN).

Con riferimento alle serie temporali dei dati disponibili, per tutti i capoluoghi di provincia sono stati calcolati indicatori dei parametri meteorologici sopradetti e indici di estremi meteo-climatici di temperatura e precipitazione⁴ per gli anni dal 2007 al 2019, utilizzando serie di dati giornalieri. In particolare, vengono rilasciati i valori degli indicatori di temperatura media annua e precipitazione totale annua dell'anno 2019 confrontati con i corrispondenti valori medi del periodo 2007-2016. Tale confronto viene espresso come differenza dei valori 2019 dai corrispondenti valori medi registrati nel periodo 2007-2016 (tavole 1 e 2). Per ciascun capoluogo di regione, grazie alla disponibilità di serie di dati complete e più ampie (1971-2019), è stato inoltre possibile calcolare anche la differenza dei valori medi degli indicatori del 2019 dai corrispondenti valori medi del periodo 1971-2000 (Normale Climatologica⁵, ricostruita per ciascun capoluogo di regione). La differenza del valore medio di un indicatore 2019 dal valore climatico 1971-2000 viene chiamata *anomalia*.

Calcolando le *differenze* dei valori medi degli indicatori del 2019 dai corrispondenti valori medi del periodo 2007-2016, per i capoluoghi di provincia e di regione sono stati prodotti 15 indici di estremi meteo-climatici (tavole 3 e 4). Per tutti i capoluoghi di regione è stato possibile calcolare le *anomalie* sia del 2019 che del valore medio del periodo 2007-2016 dal valore climatico 1971-2000 per 21 Indici di estremi meteo-climatici, per una più ampia disponibilità di dati in serie storica (tavole 5 e 6).

⁵ In base a quanto stabilito dalla World Meteorological Organization (WMO-UN) le medie climatologiche di riferimento sono calcolate in tutto il mondo su medesimi intervalli standard di almeno 30 anni, denominati Normali Climatologiche.

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, attraverso la quale vengono raccolti dati giornalieri di variabili meteorologiche ed idrologiche, presso Enti gestori di reti di stazioni termopluviometriche di misura, presenti nel territorio nazionale.

Le unità di rilevazione sono rappresentate da alcuni Enti gestori delle stazioni di misura (campione ragionato) e le unità di analisi dalle singole stazioni di misura meteorologiche ed idrometriche. La rilevazione viene svolta annualmente, richiedendo i dati attraverso auto-compilazione di Modelli di raccolta in formato excel. Inoltre, viene fornita ai rispondenti anche una *Scheda anagrafica delle stazioni* (contenente informazioni raccolte dall'Istat in edizioni precedenti della rilevazione), con richiesta di aggiornamento delle informazioni relative all'Ente Gestore e alle variazioni relative alle singole stazioni di misura (ad esempio denominazione Ente e/o stazione, stazioni non più gestite o dismesse, comune di appartenenza, coordinate piane, altitudine s.l.m., stato dell'attività della stazione, cambiamenti nella strumentazione, eccetera).

Fonti di dati

Nell'ambito della rilevazione svolta nel 2020, sono stati raccolti misurazioni giornaliere dei fenomeni osservati direttamente da 64 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 AM, 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, Protezione Civile;
- Enti locali: regioni, province autonome, Servizi idrografici regionali, Università, Protezione civile presso le Istituzioni pubbliche locali, Agenzie regionali per la Protezione Ambientale, consorzi di bonifica e di difesa provinciali e/o regionali.

Raccolta di dati

Ai fini dell'aggiornamento della banca dati Istat al 2019, la rilevazione ha riguardato circa 600 stazioni 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 un modello di raccolta dati fornito dall'Istat, sono stati richiesti dati delle misurazioni giornaliere delle seguenti variabili meteo-climatiche, per singola stazione di misura:

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

Sono inoltre state richieste informazioni per l'aggiornamento della Scheda anagrafica di ciascun Ente e della Scheda anagrafica delle singole stazioni di misura rilevate.

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 prima della fornitura. Ulteriori controlli vengono fatti dall'Istat sulle serie di dati mensili e annuali dei dati raccolti, attraverso alcune procedure statistiche di controllo di qualità (su omogeneità, coerenza e completezza a livello temporale) con particolare riferimento alle serie storiche dei dati giornalieri di temperatura e precipitazione, nonché alle serie degli indicatori calcolati su base annua.

La qualità dei dati acquisiti dai rispondenti, in alcuni casi non si è rivelata adeguata agli standard richiesti, poiché le serie di dati giornalieri risentivano degli effetti legati allo spostamento fisico di stazioni di misura (cambiamenti nell'orientamento e/o sostituzione della strumentazione) oppure alla non disponibilità di misurazioni giornaliere per l'interruzione, anche temporanea, del servizio di rilevamento della stazione stessa per periodi significativi, tali da determinare gap di dati. Questo tipo di problematiche ha determinato per alcune stazioni la mancanza di serie di dati giornalieri complete e omogenee sulle quali calcolare i parametri meteorologici osservati a livello mensile e annuale, non assicurando un'ampiezza temporale adeguata agli scopi delle analisi.

Ai fini delle analisi relative alla variabilità climatica per 109 capoluoghi di provincia italiani (variazioni territoriali Istat al 31/12/2019), per qualche unità di analisi sono emerse delle criticità nell'acquisizione dei dati per la disponibilità di serie storiche complete. Si è cercato di superare tali difficoltà integrando, ove possibile, serie di dati di stazioni limitrofe (con caratteristiche tecniche e geografiche simili), con parametri esaminati statisticamente coerenti, oppure considerando serie storiche complete di altre stazioni ubicate in comuni limitrofi. Applicati tali controlli di qualità e sviluppate le elaborazioni necessarie sulle serie dei dati raccolti, è stata aggiornata la Banca Dati Meteo dell'Istat. Sono disponibili statistiche su fenomeni meteoroclimatici per gli anni dal 2007 al 2019 per i capoluoghi di provincia e città metropolitane, mentre per tutti i capoluoghi di regione sono disponibili statistiche per gli anni dal 1971 al 2019.

Partendo dai dati raccolti da circa 600 stazioni termo-pluviometriche situate all'interno o in prossimità del territorio dei capoluoghi di provincia e di regione, applicate le procedure di controllo di qualità alle serie di dati giornalieri forniti, è stato poi selezionato un sottoinsieme di queste stazioni. Successivi controlli di qualità applicati alle serie storiche di dati, hanno determinato un'ulteriore selezione delle stazioni da utilizzare per la produzione di statistiche e indicatori sul clima nei sistemi urbani, così da individuare 249 stazioni di misura (43 per i capoluoghi di regione e 206 per i capoluoghi di provincia). Queste stazioni hanno fornito la base di dati giornalieri, per il calcolo dei parametri meteorologici annuali e degli indici annuali di estremi di temperatura e precipitazioni, riferiti ai diversi periodi osservati e calcolati per ogni città. Statistiche e Indici prodotti per capoluogo di provincia e di regione, sono riferite ai dati di 155 stazioni. Di queste, 122 stazioni sono state utilizzate per la temperatura e 140 stazioni per la precipitazione (tavola 7). Non sono pubblicati i dati di 3 stazioni ubicate a Monza, Vicenza e Siena, per le quali sono stati forniti dati completi solo per anni recenti (tavola 7).

La disponibilità di serie storiche più brevi rispetto alla serie 2007-2019, non ha consentito lo sviluppo degli Indici ed il confronto fra i rispettivi valori dei periodi esaminati (vale a dire il calcolo delle *differenze* fra i valori medi annuali con i rispettivi valori climatici di riferimento decennale o trentennale). Infine, per valorizzare tutte le serie di dati disponibili complete ed omogenee fornite dagli Enti Gestori per stazioni meteorologiche ubicate in alcuni capoluoghi di regione - considerata la peculiarità del metodo utilizzato - gli indicatori per alcuni di queste città sono stati calcolati in media⁶ (tavola 7).

Diffusione

[Tavole di dati \(2007-2018\)](#)

[Tavole di dati \(2007-2017\)](#)

[Tavole di dati \(2007-2016\)](#)

⁶ Per la temperatura: Roma, Genova, Trieste, Aosta. Per la precipitazione: Roma, Firenze, Bologna, Genova, Trieste, Venezia, Aosta.

[Statistica Report Temperatura e precipitazione nelle principali città](#)

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

[Annuario statistico italiano \(Asi\)](#)

[Rapporto sul Territorio 2020](#)

[Le statistiche dell'Istat sull'acqua](#)