

Titolo: Gli eventi pluviometrici estremi nel contesto del cambiamento climatico

Autori: Antonio Minervino Amodio, Dario Gioia, Nicodemo Abate, Fabrizio Terenzio Gizzi

Affiliazione: CNR – ISPC, C.da S. Loya, Tito (PZ)

Introduzione

Il cambiamento climatico in atto sta intensificando la frequenza e l'intensità degli eventi pluviometrici estremi a livello globale, sollevando preoccupazioni significative nelle comunità scientifiche, politiche ed economiche a causa dei forti impatti negativi su collettività ed ecosistemi (Avino et al. 2024). Il Mediterraneo, in particolare, è considerato un "*hot spot*" del riscaldamento globale, con stime che prevedono un livello di riscaldamento superiore di circa il 20% rispetto alla media globale nei prossimi decenni (Avino et al. 2024). Le tendenze osservate in Italia a scala annuale e stagionale hanno spesso evidenziato una diminuzione delle precipitazioni totali e nella frequenza dei giorni piovosi, mentre per gli eventi di breve durata (*sub-daily*) si nota una tendenza opposta (Brunetti et al. 2004). Questa evidenza impone una revisione critica dei modelli statistici tradizionali basati su scale temporali più lunghe (Papalexiou and Montanari 2019). Lo studio del regime pluviometrico è fondamentale per la progettazione di sistemi idraulici e infrastrutture destinate alla protezione delle comunità e del patrimonio culturale.

2. Problema di Ricerca e Spunti di Discussione

Il principale problema di ricerca risiede nell'ottenere una caratterizzazione affidabile dei regimi di precipitazione estrema, specialmente su scale sub-giornaliere (orarie). La maggior parte degli studi idrologici si è concentrata su scale annuali, stagionali o al massimo giornaliere, lasciando la letteratura povera di analisi sulle precipitazioni di breve durata a causa della mancanza di serie temporali continue e omogenee. La rete di monitoraggio in Italia, in particolare nel Mezzogiorno, ha infatti prodotto molteplici dataset pluviometrici temporalmente non continui a causa di malfunzionamenti, rimozioni o ricollocazioni degli strumenti.

Questo contesto solleva diversi quesiti:

- Come è possibile quantificare le dinamiche e le tendenze degli estremi pluviometrici sub-giornalieri (1, 3, 6, 12, 24 ore) coprendo dei periodi estesi (es. >50 anni), superando la sfida della frammentazione dei dati storici?
- Come possiamo ridefinire gli standard di progettazione idraulica e infrastrutturale (curve *Depth-Duration-Frequency* - DDF) in un regime di non-stazionarietà climatica, tenendo conto dell'accorciamento dei tempi di ritorno che rende obsoleti i modelli basati sulla climatologia storica?
- Considerando che eventi estremi stressano le infrastrutture (es. le dighe), quali meccanismi di governance e quali protocolli operativi in tempo reale sono necessari per garantire che la gestione delle infrastrutture non amplifichi le crisi idro-meteorologiche?

3. Approccio Proposto: Metodologie e Dati

Per affrontare l'indagine sulle dinamiche degli estremi pluviometrici è fondamentale l'utilizzo di una base dati coerente e aggiornata per i massimi annuali sub-giornalieri (1, 3, 6, 12 e 24 ore). Per individuare l'intervallo temporale in cui inizia l'accorciamento dei tempi di ritorno di una serie storica pluviometrica, è necessario studiare i dati storici provenienti da diverse agenzie (e.g., SII/SIMN e Protezione Civile Regionale), coprendo periodi significativi (e.g., 1970–2020). In questo modo si analizza la parte della serie pluviometrica che risente del cambio dei tempi di ritorno, al fine di calcolarne i valori aggiornati. Data l'alta frammentazione delle serie storiche (ad esempio, circa il 78% delle serie nel Mezzogiorno hanno meno del 50% di osservazioni totali nel periodo 1970–2020) (Avino et al. 2021), è essenziale applicare tecniche di *gap-filling* per la ricostruzione dei dati mancanti e per ridurre le

incertezze statistiche (Teegavarapu and Nayak 2017; Armanuos, Al-Ansari, and Yaseen 2020; Koutsoyiannis and Langousis 2011). L'analisi degli estremi si avvale anche di distribuzioni statistiche avanzate (es. Distribuzione del Valore Estremo Metastatistico - MEVD) che minimizzano l'incertezza nella stima dei grandi eventi estremi, sfruttando tutti i dati disponibili (non solo i massimi annuali)(Miniussi and Marani 2020). Invece l'applicazione di tecniche di *machine learning* a dati pluviometrici ad alta frequenza (e.g., 10 minuti) permette di rilevare aree caratterizzate dalla presenza di eventi estremi e identificare siti con comportamenti anomali (come osservato ad esempio nella Sicilia orientale (Vitanza, Dimitri, and Mocenni 2023)).

4. Discussione e Conclusioni

Le sfide poste dal cambiamento climatico, in particolare l'intensificazione e l'eterogeneità spaziotemporale degli eventi pluviometrici estremi, impongono una revisione degli approcci di analisi idrologica e di pianificazione infrastrutturale.

Per quantificare le dinamiche e le tendenze degli estremi pluviometrici sub-giornalieri (1, 3, 6, 12, 24 ore) su periodi estesi è cruciale superare la sfida della frammentazione dei dati storici. La soluzione adottata è la costruzione di un database coeso di massimi annuali tramite procedure di *gap-filling*. Questa metodologia fornisce un quadro generale per l'analisi statistica in aree con scarsità di dati. In un regime di non-stazionarietà climatica, i modelli basati sulla climatologia storica e standard di progettazione idraulica (come le curve DDF) che assumono un clima stazionario risultano obsoleti o inadeguati. Eventi recenti, come l'alluvione delle Marche 2022, per i quali sono stati stimati tempi di ritorno decisamente superiori ai 1000 anni per le precipitazioni di breve durata, dimostrano che le infrastrutture esistenti, dimensionate tipicamente per tempi di ritorno non superiori a 200 anni, non erano pronte a questo evento estremo. L'accorciamento dei tempi di ritorno impone l'integrazione di analisi di non-stazionarietà nello sviluppo delle curve DDF per prevenire la sottostima degli eventi e dei loro tempi di ritorno (Forestieri et al. 2018). Per migliorare l'affidabilità delle stime in contesti non stazionari, si può fare ricorso a metodologie avanzate come la MEVD che minimizza l'incertezza sfruttando tutti i dati disponibili (a differenza della GEV tradizionale) e permette di risolvere meglio le fluttuazioni a breve termine e di svelare i trend a lungo termine i cui dati possono essere implementati utilizzando anche dati satellitari come ad esempio il database CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data*). È molto importante sviluppare protocolli operativi e meccanismi di governance integrati per la gestione delle infrastrutture critiche (dighe e reti). Il caso dell'alluvione di Benevento del 2015, in cui la gestione degli scarichi da una diga è stata oggetto di dibattito per un possibile contributo all'onda di piena, evidenzia come le decisioni operative in tempo reale possano amplificare o mitigare il disastro. Inoltre, la pianificazione deve includere la salvaguardia del patrimonio culturale e umano come primario nella valutazione del rischio idrogeologico.

Bibliografia

- Armanuos, Asaad M., Nadhir Al-Ansari, and Zaher M. Yaseen. 2020. "Cross Assessment of Twenty-One Different Methods for Missing Precipitation Data Estimation." In *Atmosphere*.
- Avino, Angelo, Luigi Cimorelli, Pierluigi Furcolo, Leonardo Valerio Noto, Anna Pelosi, Domenico Pianese, Paolo Villani, and Salvatore Manfreda. 2024. 'Are rainfall extremes increasing in southern Italy?', *Journal of Hydrology*, 631: 130684.
- Avino, Angelo, Salvatore Manfreda, Luigi Cimorelli, and Domenico Pianese. 2021. 'Trend of Annual Maximum Rainfall in Campania Region (Southern Italy)', *Hydrological Processes*, 35.
- Brunetti, Michele, Letizia Buffoni, Franca Mangianti, Maurizio Maugeri, and Teresa Nanni. 2004. 'Temperature, precipitation and extreme events during the last century in Italy', *Global and Planetary Change*, 40: 141-49.
- Forestieri, Angelo, Elisa Arnone, Stephen Blenkinsop, Angela Candela, Hayley Fowler, and Leonardo V. Noto. 2018. 'The impact of climate change on extreme precipitation in Sicily, Italy', *Hydrological Processes*, 32: 332-48.

- Koutsoyiannis, D., and A. Langousis. 2011. '2.02 - Precipitation.' in Peter Wilderer (ed.), *Treatise on Water Science* (Elsevier: Oxford).
- Miniussi, Arianna, and Marco Marani. 2020. 'Estimation of Daily Rainfall Extremes Through the Metastatistical Extreme Value Distribution: Uncertainty Minimization and Implications for Trend Detection', *Water Resources Research*, 56.
- Papalexiou, Simon Michael, and Alberto Montanari. 2019. 'Global and Regional Increase of Precipitation Extremes Under Global Warming', *Water Resources Research*, 55: 4901-14.
- Teegavarapu, Ramesh S. V., and Anurag Nayak. 2017. 'Evaluation of long-term trends in extreme precipitation: Implications of in-filled historical data use for analysis', *Journal of Hydrology*, 550: 616-34.
- Vitanza, Eleonora, Giovanna M. Dimitri, and Chiara Mocenni. 2023. 'A Multi-Modal Machine Learning Approach to Detect Extreme Rainfall Events in Sicily', *Scientific Reports*, 13.