

Nuovi dati e nuove stime delle piogge estreme di progetto nel Distretto del Fiume Po

*Original*

Nuovi dati e nuove stime delle piogge estreme di progetto nel Distretto del Fiume Po / Mazzoglio, Paola; Viglione, Alberto; Martinengo, Marta; Claps, Pierluigi. - ELETTRONICO. - (2024), pp. 225-228. (Intervento presentato al convegno XXXIX Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche - IDRA2024 tenutosi a Parma (IT) nel 15-18 September 2024) [10.5281/zenodo.13584918].

*Availability:*

This version is available at: 11583/2992870 since: 2024-09-29T07:47:19Z

*Publisher:*

Università degli Studi di Parma - Dipartimento di Ingegneria e Architettura

*Published*

DOI:10.5281/zenodo.13584918

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

# NUOVI DATI E NUOVE STIME DELLE PIOGGE ESTREME DI PROGETTO NEL DISTRETTO DEL FIUME PO

*Paola Mazzoglio<sup>1</sup>, Alberto Viglione<sup>1</sup>, Marta Martinengo<sup>2</sup> & Pierluigi Claps<sup>1</sup>*

(1) Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino, Torino; (2) Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, Parma

## ASPETTI CHIAVE

- Sviluppo di una metodologia per l'analisi regionale di frequenza delle precipitazioni in grado di compensare la frammentazione delle serie storiche.
- Modellazione degli estremi di precipitazione basata su valutazioni locali dell'influenza dell'orografia.
- Aggiornamento dei dati e delle metodologie per la valutazione della pioggia di progetto nelle aree di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po.

## 1 INTRODUZIONE

Diverse metodologie per la stima della precipitazione di progetto sono attualmente disponibili per il territorio gestito dall'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po. Tali metodi, sviluppati più di 20 anni fa, non sono mai stati oggetto di sistematici aggiornamenti e rappresentano un riferimento ormai obsoleto. Le stime prodotte per l'Italia Nord Occidentale nell'ambito del progetto VAPI (Valutazione delle Piene), infatti, furono effettuate considerando i dati delle 366 stazioni di misura (270 nel bacino padano, 96 in Liguria) con almeno 20 anni di osservazione fino al 1986 (*De Michele e Rosso*, 2001). Durante la realizzazione del PAI (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico) furono invece considerate 229 stazioni di misura attive fino al 1989 (*Magro*, 2007; *Grasso et al.*, 2020). Più recentemente, alcuni aggiornamenti sono stati effettuati a livello regionale (*Uboldi et al.*, 2014; *Libertino et al.*, 2018). Tali prodotti, seppure necessari per fornire stime basate su informazioni più aggiornate, portano con sé l'inevitabile difetto di non consentire comparazioni a scala di Distretto a causa delle diverse metodologie e dati usati nelle diverse regioni.

Il metodo denominato "patched kriging" (*Libertino et al.*, 2018) nasce per offrire una risposta concreta alle necessità di aggiornamento delle stime degli estremi di pioggia a seguito di disponibilità di nuovi dati. Tale approccio consente l'aggiornamento del quadro complessivo inerente agli estremi di precipitazione sub-giornalieri sotto forma di griglia di valori e di parametri. Nella presente memoria verrà descritto il lavoro di aggiornamento del dataset e delle stime delle piogge estreme di progetto per il territorio gestito dall'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po. Questo ha portato ad una revisione del quadro complessivo inerente agli estremi di precipitazione sub-giornalieri resi in termini di curve di probabilità pluviometrica e altezze di precipitazione in assegnata durata e periodo di ritorno sotto forma di griglia, con risoluzione pari a 1 km.

## 2 DATASET

Il dataset utilizzato consiste in serie storiche di massimi annui di precipitazione di breve durata (1, 3, 6, 12 e 24 ore) acquisiti nel periodo che va dal 1931 (primo anno nel quale si hanno almeno 100 stazioni attive contemporaneamente in tutta l'area) al 2020, estratti dall'Improved Italian – Rainfall Extreme Dataset (*Mazzoglio et al.*, 2020). Nell'ambito di questo progetto sono stati utilizzati tutti i dati che ricadono all'interno dei confini dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, successivamente ampliati, mediante un buffer di 50 km, al fine di ridurre gli effetti di bordo che si avrebbero in loro assenza durante l'applicazione delle tecniche di interpolazione spaziale. Il dataset finale consiste quindi di più di 2500 stazioni, per un totale di più di 60000 anni di dati per ogni durata considerata.

Tale dataset rappresenta la più ricca base di informazioni mai utilizzata in Italia per analisi regionali di frequenza delle precipitazioni e consente di avere una copertura spazio-temporale molto maggiore rispetto ai precedenti lavori. Prima della sua realizzazione, infatti, la densità di informazioni non risultava uniforme sull'intero territorio del Distretto a causa della latenza nella validazione e pubblicazione dei dati.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Metodologia originale

In molte applicazioni relative all'analisi di frequenza delle precipitazioni risulta difficile decidere come usare informazioni derivanti da stazioni recenti o ricollocate in altre posizioni (*Claps et al., 2022*). Questo aspetto diventa critico quando un evento molto rilevante è misurato in una stazione con poche osservazioni storiche (*Libertino et al., 2018*). Il patched kriging (*Libertino et al., 2018*) permette di sfruttare tutta l'informazione pluviometrica disponibile basandosi su una robusta procedura di gap-filling ottenuta mediante un'interpolazione basata su un kriging sequenziale, realizzata anno per anno, dei massimi di evento di specifica durata. Tale metodo consente quindi di ottenere serie storiche integrate da dati interpolati, serie che tuttavia mantengono la variabilità originaria. Con queste serie è possibile l'analisi locale di frequenza delle precipitazioni intense in qualunque punto della regione oggetto di studio. L'approccio non richiede la definizione di aree omogenee e si presta agevolmente a revisioni anche frequenti, ad esempio in presenza di nuove osservazioni di notevole entità.

La metodologia del patched kriging consiste in tre step principali, che sono:

1. un'interpolazione dei dati dei massimi annui di precipitazione effettuata anno per anno, separatamente per ogni durata. Questo primo step consente di ottenere un cubo di dati di pioggia, con estensione spaziale coincidente con l'area di analisi e numero di strati pari al numero di anni considerati;
2. il calcolo degli L-momenti delle serie ricostruite. Al fine di considerare la diversa natura dei dati (essi possono essere frutto di misure dirette o di interpolazione effettuata con kriging), vengono assegnati dei pesi ai valori di precipitazione (maggiore peso viene dato ai valori misurati). Più nello specifico, la varianza dell'errore di stima fornita dalla procedura di kriging viene considerata per pesare i contributi di ogni valore nella stima degli L-momenti campionari della serie;
3. la correzione della distorsione presente nelle serie storiche ricostruite e negli L-momenti.

Il cubo di dati di pioggia così ottenuto, formato da valori misurati e da valori ricostruiti, viene quindi utilizzato per definire la precipitazione di progetto per fissato periodo di ritorno, dopo aver individuato una distribuzione di probabilità adeguata a rappresentare la serie dei massimi. Una volta identificata la distribuzione più adeguata è possibile determinare l'altezza di pioggia  $h_{d,T}$  relativa ad una determinata durata  $d$  e ad un determinato periodo di ritorno  $T$  avvalendosi della curva di probabilità pluviometrica media (calcolabile tramite l'espressione  $a \cdot d^n$  con  $a$  il coefficiente pluviiale orario ed  $n$  l'esponente di invarianza di scala) e del fattore di crescita  $K(T)$ , attraverso l'espressione

$$h_{d,T} = K(T) \cdot a \cdot d^n \quad (1)$$

Tale metodo, inizialmente applicato sulla regione Piemonte nella versione descritta in *Libertino et al. (2018)*, ha prodotto una stima dei parametri delle distribuzioni Gumbel e GEV utilizzabili per valutare la precipitazione di progetto per diversi periodi di ritorno. I risultati di tale procedura sono stati adottati da ARPA Piemonte come metodo ufficiale.

#### 3.2 Metodologia aggiornata

Risulta ora necessario estendere l'applicazione ad un'area maggiore, ovvero all'intero territorio dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po. Tale estensione necessita di rivalutare attentamente alcuni aspetti della metodologia, applicata inizialmente solo su una parte, pur rilevante, del bacino. Più nello specifico, risulta necessario focalizzarsi sull'interpolazione spaziale, lo step nel quale l'allargamento di dominio potrebbe avere la maggiore influenza.

Nella versione iniziale del metodo, l'interpolazione anno per anno dei massimi annui di precipitazione di prefissata durata  $d$  è ottenuta tramite applicazione di un kriging ordinario. Il metodo applicato richiede la depurazione dei singoli massimi annui misurati da eventuali correlazioni con altre variabili, in questo caso la quota. Le correlazioni cercate sono del tipo

$$h = \alpha + \beta \cdot \log(z+1) \quad (2)$$

in cui  $h$  è l'altezza di pioggia e  $z$  è la quota. Tutti i valori misurati sono dunque depurati della componente  $\beta \cdot \log(z+1)$ . A valle di tale rimozione i dati possono essere processati con un kriging ordinario.

Recenti lavori, condotti al fine di valutare l'influenza della quota sulla variabilità degli estremi (Mazzoglio et al., 2022, 2023), hanno mostrato come non sia conveniente utilizzare una singola relazione per descrivere tale variazione su area vasta. Ciò a causa della variabilità spaziale dell'effetto orografico, che può avere inversioni di segno anche entro brevi distanze.

Nella nuova versione si è scelto quindi di abbandonare l'interpolazione effettuata con kriging ordinario dei valori de-trendizzati, a favore di un regression kriging, basato su un modello di regressione in grado di analizzare localmente la relazione fra estremi di precipitazione e quota. Tale metodo (descritto in Mazzoglio et al., 2023) è basato su georegressioni che analizzano la relazione fra valore medio degli estremi (pioggia indice, calcolata per le sole serie storiche con almeno 10 anni di dati) e quota (estratta da un modello digitale del terreno ricampionato a 1 km di risoluzione). Nella procedura, per ogni pixel che compone il grigliato di maglia 1 km utilizzato per segmentare il Distretto, viene utilizzato un raggio di ricerca variabile da 1 a 15 km, con l'obiettivo di includere almeno 5 pluviometri con almeno 100 m di dislivello fra gli elementi del campione locale. Tale approccio consente di avere un modello di regressione con pendenza ed intercetta spazialmente variabili, e risulta fondamentale per effettuare una più accurata interpolazione spaziale degli estremi coefficienti variabili spazialmente.

Gli step 2 e 3 della metodologia patched kriging sono stati lasciati invariati rispetto all'applicazione originale.

## 4 RISULTATI

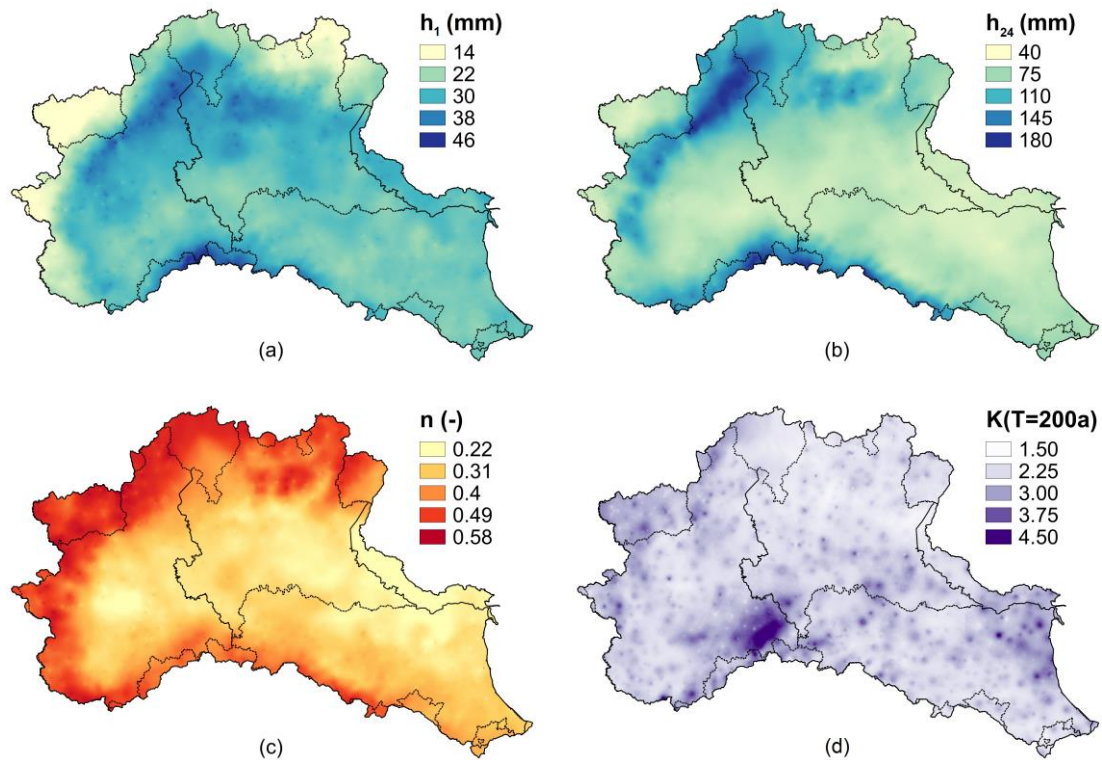
L'applicazione del metodo Patched Kriging con le varianti sopra descritte ha consentito di ottenere un set di mappe con risoluzione pari a 1 km delle medie degli estremi per le 5 durate analizzate (1, 3, 6, 12 e 24 ore), dei parametri  $a$  ed  $n$  delle curve di probabilità pluviometrica, del valore medio sulle 5 durate degli L-momenti ( $L-CV$  e  $L-CA$ ), dei fattori di crescita per le distribuzioni Gumbel e GEV per periodi di ritorno di 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni. Di conseguenza, è possibile ottenere quantili di precipitazione di diversa durata usando diverse distribuzioni di probabilità. Nel caso in questione si sono considerate la distribuzione di Gumbel e la distribuzione GEV, anche per consentire confronti con stime precedenti effettuate con l'una o l'altra funzione.

Di seguito vengono riportate le figure relative alle mappe di alcune grandezze fondamentali, come la media delle altezze di precipitazione di durata 1 ora (Figura 1a), la media delle altezze di precipitazione di durata di 24 ore (Figura 1b), l'esponente di invarianza di scala  $n$  (Figura 1c) e il fattore di crescita  $K(T=200$  anni), quest'ultimo relativo ad una distribuzione GEV (Figura 1d).

L'applicazione "continua", ovvero senza regioni omogenee, su un territorio pari a circa 1/5 del territorio nazionale, si è appoggiata ad un consistente lavoro di controllo dell'influenza della morfologia sulla variabilità spaziale delle medie delle piogge estreme. A fronte di consistenti miglioramenti nell'efficienza del metodo in zone con morfologia complessa, non si sono avuti effetti significativi in pianura, dove l'andamento dei parametri e delle stime finiscono col dipendere molto dalla consistenza delle serie storiche disponibili. Questo spiega le "macchie" che si notano nella Figura 1d, relativa alla mappatura dei fattori di crescita per  $T = 200$  anni, che sono esteticamente non gradevoli ma che in sostanza non producono effetti significativi nelle pratiche applicazioni.

## 5 CONCLUSIONI

L'applicazione del patched kriging sul territorio del Distretto del Po ha consentito di ottenere un aggiornamento delle stime delle precipitazioni estreme, per diverse durate e periodi di ritorno, considerando sistematicamente tutti i valori di precipitazione acquisiti fino al 2020, compresi quelli inclusi in serie storiche brevi, spesso scartate dai classici metodi di analisi di frequenza delle precipitazioni. Le informazioni fornite su griglia includono i singoli L-momenti, cosa che consente di esaminare diverse formulazioni per la stima dei quantili di progetto e di confrontare, anche a livello areale, le nuove stime con quelle utilizzate per progetti e studi precedenti.



**Figura 1.** Media degli estremi di 1 (a) e 24 (b) ore; esponente di invarianza di scala  $n$  (c); fattore di crescita  $K(T=200\text{a})$  relativo ad una distribuzione GEV (d).

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Claps, P., Ganora, D. & Mazzoglio, P. Rainfall regionalization techniques, *Rainfall*, ed. R. Morbidelli, Elsevier, 2022, pp. 327-350.
- De Michele, C., Rosso, R. Rapporto sulla valutazione delle piene Italia Nord Occidentale, Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia, ed. CNR GNDCI Linea 1, 2001, pp. 4.2-4.32.
- Grasso, S., Libertino, A. & Claps, P. MultiRain: a GIS-based tool for multi-model estimation of regional design rainfall for scientists and practitioners. *Journal of Hydroinformatics*, 2020, 22(1), 148–159.
- Libertino, A., Allamano, P., Laio, F. & Claps, P. Regional-scale analysis of extreme precipitation from short and fragmented records, *Advances in Water Resources*, 2018, 112, 147-159.
- Mazzoglio, P., Butera, I. & Claps, P. I<sup>2</sup>-RED: a massive update and quality control of the Italian annual extreme rainfall dataset, *Water*, 2020, 12, 3308.
- Mazzoglio, P., Butera, I., Alvioli, M. & Claps, P. The role of morphology in the spatial distribution of short-duration rainfall extremes in Italy, *Hydrology and Earth System Sciences*, 2022, 26, 1659-1672.
- Mazzoglio, P., Butera, I. & Claps, P. A local regression approach to analyze the orographic effect on the spatial variability of sub-daily rainfall annual maxima, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2023, 14(1), 2205000.
- Magro, P. Gestione informatizzata del rischio di nubifragio nel bacino del Po, MSc thesis, Politecnico di Torino, Torino, 2007.
- Uboldi, F., Sulis, A.N., Lussana, C., Cislighi, M. & Russo, M. A spatial bootstrap technique for parameter estimation of rainfall annual maxima distribution, *Hydrology and Earth System Sciences*, 2014, 18, 981–995.