

Proiezioni climatiche ad alta risoluzione degli estremi meteo-idrologici in Italia: il progetto EXTRAFLOOD

*Original*

Proiezioni climatiche ad alta risoluzione degli estremi meteo-idrologici in Italia: il progetto EXTRAFLOOD / Caporali, E., Lompi, M., Marra, F., Mazzoglio, P., Dallan, E., Deidda, R., Claps, P., Manfreda, S., Valerio Noto, L., Viglione, A., Raffa, M., Marani, M., Ballio, F., Borga, M.. - ELETTRONICO. - (2024), pp. 1327-1330. (XXXIX Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche - IDRA2024 Parma (IT) 15-18 September 2024) [10.5281/zenodo.13584918].

*Availability:*

This version is available at: 11583/2992943 since: 2024-09-30T16:45:55Z

*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)

# PROIEZIONI CLIMATICHE AD ALTA RISOLUZIONE DEGLI ESTREMI METEO-IDROLOGICI IN ITALIA: IL PROGETTO EXTRAFLOOD

*Enrica Caporali<sup>1</sup>, Marco Lompi<sup>1</sup>, Francesco Marra<sup>2,3</sup>, Paola Mazzogoli<sup>4</sup>, Eleonora Dallan<sup>5</sup>, Roberto Deidda<sup>6</sup>, Pierluigi Claps<sup>4</sup>, Salvatore Manfreda<sup>7</sup>, Leonardo Valerio Noto<sup>8</sup>, Alberto Viglione<sup>4</sup>, Mario Raffa<sup>9</sup>, Marco Marani<sup>10</sup>, Francesco Ballio<sup>11</sup> & Marco Borga<sup>5</sup>*

(1) Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICEA), Università degli Studi di Firenze; (2) Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova; (3) Istituto di scienze dell'atmosfera e del clima (ISAC) – CNR; (4) Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI), Politecnico di Torino; (5) Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali (TESAF), Università degli Studi di Padova; (6) Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura, Università degli Studi di Cagliari; (7) Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA), Università degli Studi di Napoli Federico II; (8) Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Palermo; (9) Istituto per la Resilienza Climatica (ICR), Divisione Regional Model and geo-Hydrological Impacts (REMHI), Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC); (10) Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (ICEA), Università degli Studi di Padova; (11) Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano.

## ASPETTI CHIAVE

- Viene descritto il progetto EXTRAFLOOD, che intende mettere a punto proiezioni climatiche ad alta risoluzione per gli estremi meteo-idrologici in Italia.
- I cambiamenti futuri degli estremi di pioggia fino a 100 anni di tempo di ritorno e durate sub-giornaliere sono stimati da modelli climatici a convezione permessa e sono conseguiti per l'intero Paese.
- Sei aree di studio sono destinate all'esame quantitativo degli impatti delle variazioni di piogge e temperature sul regime delle portate di piena.

## 1 INTRODUZIONE

Si prevede (Fowler *et al.*, 2021) che il riscaldamento globale porterà ad un aumento significativo dell'intensità delle precipitazioni estreme di breve durata nel prossimo futuro, con un impatto specifico sui fenomeni di inondazione (soprattutto in ambiente montano e nei bacini urbani) e sui processi idro-geomorfici associati, come frane superficiali e colate detritiche (Dallan *et al.*, 2023). EXTRAFLOOD è un'azione di ricerca nel contesto dello Spoke *Water* di "RETURN – multi-Risk sciEnce for resilienT comUnities undeR a changiNg climatE" - Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, e si propone di sviluppare una metodologia integrata per valutare l'impatto dei cambiamenti climatici in atto sugli estremi meteo-idrologici in Italia. Per conseguire questi obiettivi, EXTRAFLOOD si basa sull'utilizzo di modelli climatici ad alta risoluzione (2-4 km la risoluzione orizzontale, 1 ora la risoluzione temporale) e a convezione permessa, che consentono una rappresentazione esplicita dei processi di convezione atmosferica. Tali modelli migliorano sostanzialmente la descrizione delle precipitazioni intense su scala sub-giornaliera rispetto ai modelli climatici regionali standard.

Il progetto ha tre obiettivi specifici: i) fornire una verifica della qualità delle statistiche di precipitazione da simulazioni climatiche ottenute in tal modo sul nostro Paese, tramite confronto con dati osservati da reti tradizionali di misura, per diverse scale di aggregazione temporale, in funzione del clima e dell'assetto orografico; ii) sviluppare ed implementare metodologie di correzione per gli errori sistematici presenti nei modelli climatici, in modo generalizzato sulla penisola italiana; iii) utilizzare le stime e le proiezioni di precipitazione intensa così ottenute per sviluppare proiezioni relative al regime di piena fluviale ed alle portate al picco su sei diverse regioni di studio, dove sono disponibili osservazioni dettagliate di processo e che possono considerarsi rappresentative di diverse situazioni idro-climatiche in Italia.

## 2 MODELLI CLIMATICI A CONVEZIONE PERMESSA

I modelli climatici globali e regionali hanno una risoluzione tipica di griglia rispettivamente pari a 60-300 km e 10-50 km. A queste risoluzioni, i modelli climatici si basano su uno schema di parametrizzazione per rappresentare i processi convettivi, che non possono essere pertanto risolti esplicitamente sulla griglia. Questa semplificazione rappresenta una nota fonte di errore (Dai, 2016), che porta a distorsioni ed incertezze nella rappresentazione degli estremi sub-giornalieri di precipitazione (Fowler *et al.*, 2021). I modelli ad altissima

risoluzione (spaziatura della griglia dell'ordine di 1-3 km) sono in grado invece di risolvere esplicitamente i processi convettivi sulla griglia del modello, senza necessità di parametrizzazione. Tali modelli sono definiti “a convezione permessa” (Convection Permitting Models, CPM) perché consentono la risoluzione esplicita dei processi di convezione profonda.

I modelli a convezione permessa consentono una migliore rappresentazione del ciclo diurno di convezione (Ban et al., 2014), della struttura spaziale delle precipitazioni e delle sue caratteristiche di durata e intensità (Ban et al., 2021) e degli estremi delle precipitazioni sub-giornaliere (Ban et al., 2014).

A causa dei rilevanti costi computazionali di queste simulazioni ad alta risoluzione, ensemble multi-modello (essenziali per le proiezioni climatiche e le strategie di adattamento) sono disponibili solo per tre intervalli temporali: storico (1996-2005), prossimo futuro (2041-2050) e lontano futuro (2090-2099). Tutti i CPM dell'ensemble risolvono esplicitamente i processi convettivi profondi nello scenario RCP 8.5, e coprono tutta l'area comune per l'analisi (1E – 17E; 40N – 50N) definita nel protocollo FPS Convection (Coppola et al., 2020) (Fig. 1). Purtroppo, l'area comune di calcolo copre solo parzialmente la penisola italiana; parte della Sardegna, Calabria, Puglia e Sicilia non sono incluse nel dominio di calcolo.

E' tuttavia disponibile anche una simulazione CPM che copre l'intero territorio nazionale. Si tratta di VHR-PRO\_IT (Very High-Resolution PROjections for Italy; Raffa et al., 2023), messo a disposizione in dominio pubblico dal Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC).

Per confrontare i risultati tra loro e a parità di condizioni, il progetto opererà una rimappatura conservativa su una griglia comune di 3,02 km di tutti i modelli disponibili. La stessa rimappatura verrà applicata ai prodotti di rianalisi utilizzati nel progetto per la bias-correzione.

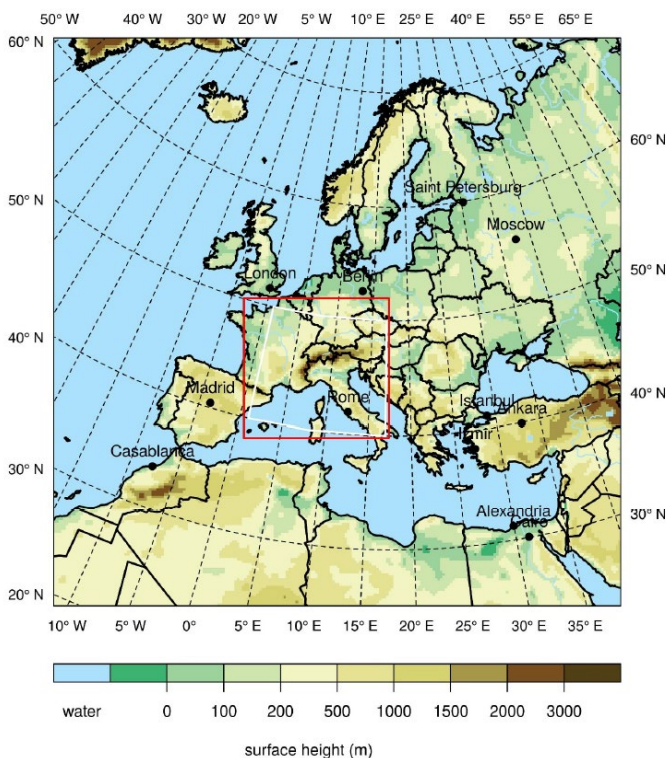


Figura 1: Dominio di analisi per l'ensemble di modelli CPM (riquadro rosso).

### 3 STRUTTURA DEL PROGETTO

Le metodologie utilizzate nel progetto per conseguire i tre obiettivi sopra illustrati sono le seguenti.

1. Verifica della qualità delle simulazioni climatiche relative alle precipitazioni intense ed estreme sub-giornaliere.

A tale scopo verranno utilizzate due metodologie distinte. Nel caso dell'ensemble di modelli CPM, le simulazioni storiche sono disponibili sul decennio 1996-2005. Queste serie temporali sono troppo brevi per fornire statistiche affidabili sugli estremi se analizzate utilizzando la tradizionale teoria dei valori estremi. Questa limitazione può ora essere superata sfruttando un recente sviluppo nel campo della teoria dei valori estremi: la distribuzione metastatistica dei valori estremi (Marani e Ignaccolo, 2015; Zorretto et al., 2016; Marra et al., 2019), che permette di ridurre drasticamente l'errore di campionamento sfruttando la disponibilità dei dati da eventi ordinari (non massimi annuali). Nel caso invece del modello VHR-PRO\_IT, per il quale è disponibile una serie di dati trentennale in periodo storico, verranno utilizzate le tecniche classiche basate sulla teoria del valore estremo e sulla disponibilità di ampie serie osservate di massimi annuali di diversa durata.



Figura 2: Le sei regioni di studio.

## 2. Correzione degli errori sistematici

La correzione degli errori sistematici dei modelli CPM richiede, per l'elevata risoluzione spaziale del grigliato, la scelta fra due diverse metodologie di correzione. La prima è la correzione basata sul confronto fra la variabile simulata dal modello ed il corrispondente dato da stazione, seguita poi dalla estrapolazione spaziale del fattore di correzione ad altri elementi di griglia non associati a dati osservativi. La seconda richiede invece la costruzione di grigliati osservativi (o da rianalisi) sufficientemente fini da utilizzarsi direttamente come base per la correzione. La seconda metodologia è quella generalmente utilizzata (essendo preferibile interpolare un valore da osservazioni, piuttosto che un fattore di correzione), ma richiede la preventiva verifica della accuratezza dei grigliati e dei prodotti di rianalisi disponibili per il nostro Paese. A valle di tale analisi, verranno implementate diverse metodologie attualmente disponibili per una loro verifica di accuratezza.

## 3. Proiezioni relative al regime di piena fluviale ed alle portate al picco su specifiche regioni di studio

Questo obiettivo verrà sviluppato a partire da dati e metodologie già disponibili per le sei regioni di studio descritte in Fig. 2. Il lavoro include tre passaggi: i) l'impiego delle simulazioni climatiche corrette per la simulazione mediante modello idrologico (o più modelli idrologici) delle serie di portata orarie disponibili, al fine di caratterizzare in tal modo la qualità delle simulazioni climatiche conseguite; ii) la messa a punto

di modelli *weather generator* (Papalexiou S.M., 2022). per la simulazione stocastica di serie di precipitazione e temperatura sufficientemente lunghe da poter consentire, mediante l'impiego di modelli idrologici in cascata, l'analisi delle statistiche delle piene temibili nei diversi scenari futuri; iii) lo sviluppo di modelli avanzati basati sul concetto di elasticità idrologica, finalizzati a trasferire alle statistiche di portata al colmo le variazioni osservate nelle statistiche di precipitazione estrema.

#### 4 RINGRAZIAMENTI

Questa ricerca è stata sviluppata nell'ambito del progetto “RETURN – multi-Risk sciEnce for resilient comUnities undeR a changiNg climatE” e ha ricevuto fondi dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (Mission 4, Component 2, Investment 1.3 –D.D. 1243 2/8/2022, PE0000005).

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Ban N., Caillaud C., Coppola E. et al. (2021). The first multi-model ensemble of regional climate simulations at kilometer-scale resolution, part I: evaluation of precipitation. *Clim Dyn* 57, 275–302 (2021).
- Ban N., Schmidli J. & Schär C. (2014). Evaluation of the convection-resolving regional climate modelling approach in decade-long simulations. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 7889–7907
- Coppola, E. et al., (2020). A first- of-its-kind multi-model convection permitting ensemble for investigating convective phenomena over Europe and the Mediterranean, *Clim. Dynam.*, 55, 3–34, <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4521-8>, 2020.
- Dallan E., Borga M., Fosser G., et al. (under review) (2023) . A method to assess and ex-plain changes in sub-daily precipitation return levels from convection-permitting simulations. *ESS Open Archive*. August 03, 2023
- Fowler HJ et al. (2021). Towards advancing scientific knowledge of climate change impacts on short-duration rainfall extremes. *Phil. Trans. R. Soc.*, 2021, A 379: 20190542. <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0542>
- Marani M. & Ignaccolo M. (2015). A metastatistical approach to rainfall ex-tremes. *Adv. Water Resour.*, 79, 121–126
- Marra F., Zoccatelli D., Armon M., & Morin E. (2019). A simplified MEV formulation to model extremes emerging from multiple nonstationary underlying processes. *Adv. Water Resour.*, 127, 280-290
- Papalexiou S.M., (2022). Rainfall generation revisited: introducing cosmos-2 s and advancing copula-based intermittent time series modeling. *Water Resour. Res.* 58 (6)
- Pichelli, E. et al. (2021) The first multi-model ensemble of regional climate simulations at kilometer-scale resolution part 2: historical and future simulations of precipitation. *Clim. Dyn.* 56, 3581–3602
- Raffa, M., Adinolfi, M., Reder, A., Marras, G.F., Mancini, M., Scipione, G., Santini, M. & Mercogliano, P. (2023). Very High Resolution Projections over Italy under different CMIP5 IPCC scenarios, *Scientific Data*, 2023, 10, 238.
- Zorzetto E., Botter G., & Marani M. (2016). On the emergence of rainfall extremes from ordinary events. *Geophys. Res. Lett.*, 43,8076–8082.