



Politecnico
di Torino



Lions International
Distretto 108-Ia1



Centro
Nazionale
di Studi
Urbanistici



ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI
TORINO

*Dall'emergenza alla cultura della prevenzione:
la centralità del rischio idrogeologico per la
gestione del territorio*

Politecnico di Torino
Martedì 6 febbraio 2024

Cambiamento climatico e rischio idrogeologico: indicazioni tecniche e direzioni di approfondimento

Pierluigi Claps

Con la collaborazione di Giulia Evangelista e Paola Mazzoglio



Politecnico
di Torino

www.idrologia.polito.it



Clima: Approvato il Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici

Suolo e Territorio

Il **potenziale incremento indotto dai cambiamenti climatici sulla frequenza e sull'intensità** di alcune tipologie di eventi atmosferici, come ad esempio **piogge di breve durata** ed elevata intensità, che regolano l'occorrenza dei fenomeni di dissesto, **potrebbero rappresentare un sostanziale aggravio delle condizioni di rischio corrente. Attualmente, notevoli e diverse fonti di incertezza rendono complessa ed incerta la stima della variazione di occorrenza e intensità dei fenomeni di dissesto.**

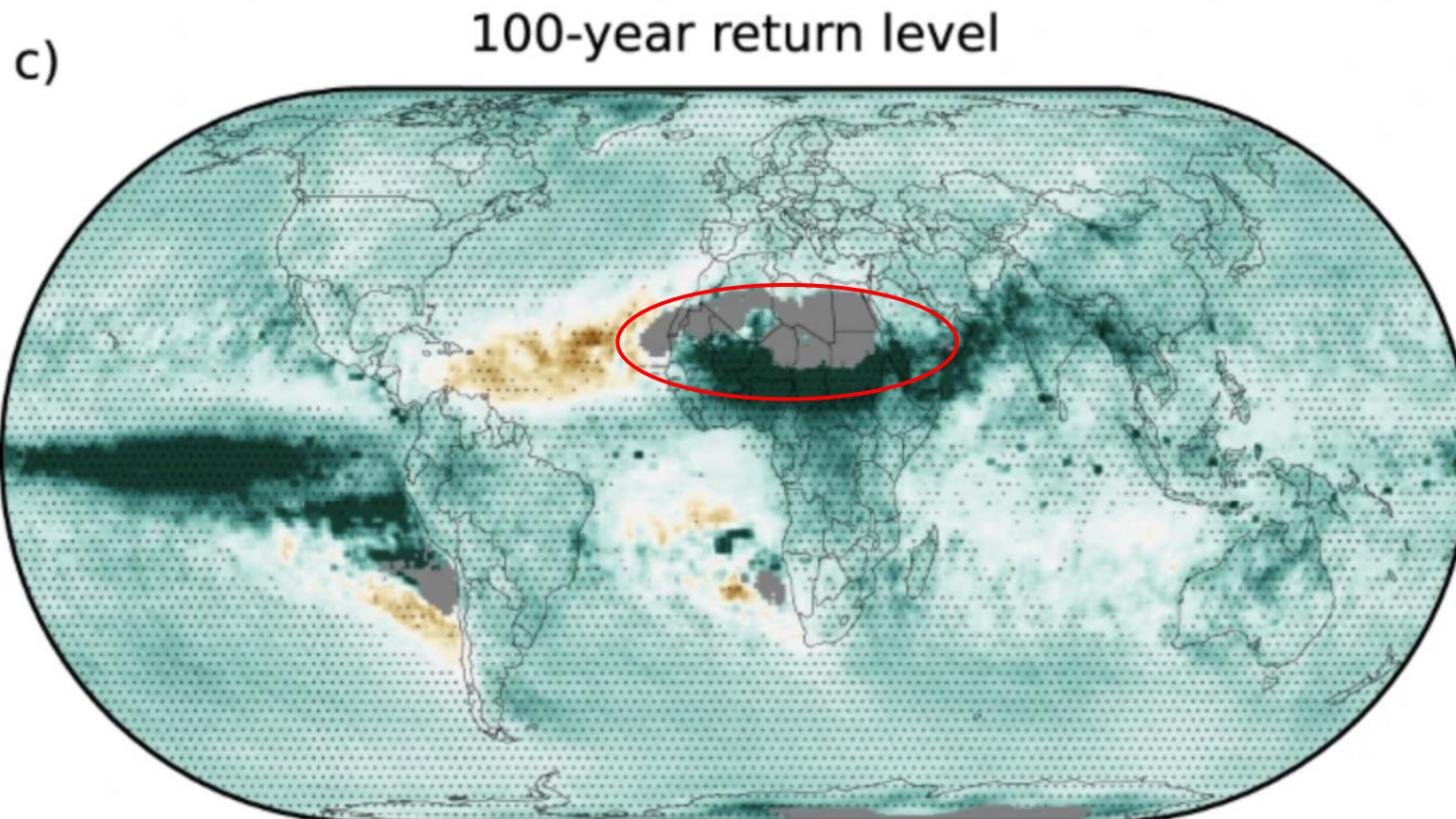
Precipitazioni estreme

Article | [Open access](#) | [Published: 10 October 2022](#)

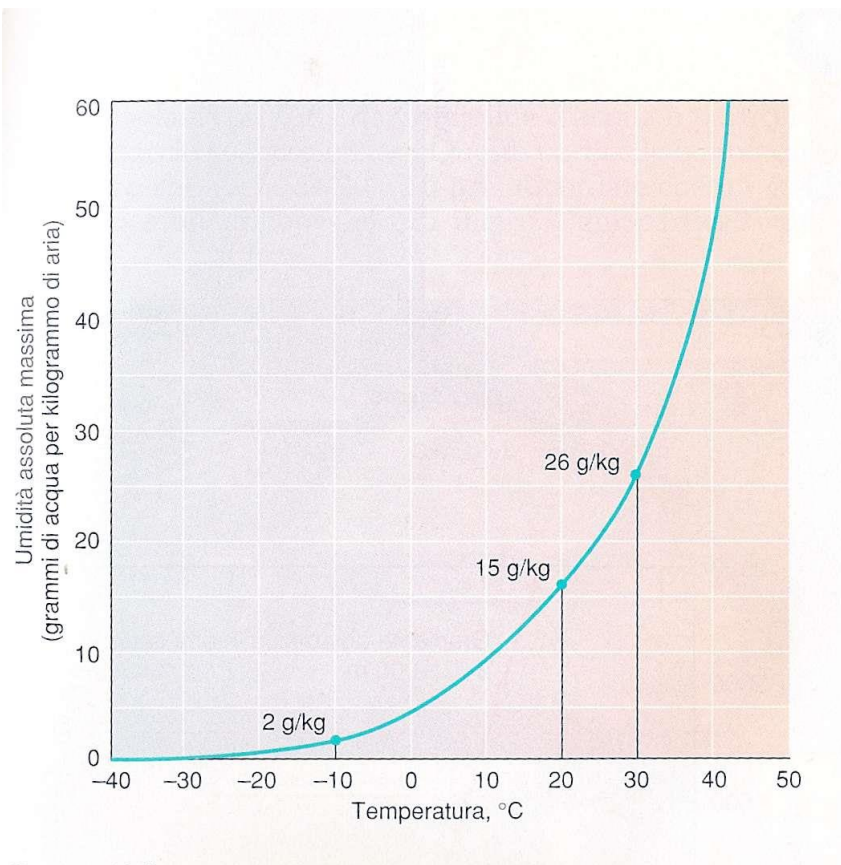
Rarest rainfall events will see the greatest relative increase in magnitude under future climate change

[Gaby Joanne Gründemann](#) , [Nick van de Giesen](#), [Lukas Brunner](#) & [Ruud van der Ent](#)

Communications Earth & Environment **3**, Article number: 235 (2022) | [Cite this article](#)



Precipitazioni estreme



Geophysical Research Letters*

Research Letter | [Open Access](#) | [CC](#) [i](#)

Extreme Sub-Hourly Precipitation Intensities Scale Close to the Clausius-Clapeyron Rate Over Europe

Jesús Vergara-Temprado ✉, Nikolina Ban, Christoph Schär

First published: 19 January 2021 | <https://doi.org/10.1029/2020GL089506> | Citations: 21

☰ SECTIONS



PDF



TOOLS



SHARE

Curva di saturazione

$$e_s = 611 \exp\left(\frac{17.27T}{237.3 + T}\right)$$

Equazione di Clausius-Clapeyron

Alcune evidenze empiriche



ALL-TIME ITALIAN RECORDS

1 HOUR		3 HOURS		6 HOURS		12 HOURS		24 HOURS	
h (mm)	YEAR	h (mm)	YEAR	h (mm)	YEAR	h (mm)	YEAR	h (mm)	YEAR
181	2011 Vicomorasso	377.8	2021 Urbe (Vara Sup.)	496	2021 Montenotte Inf.	740.6	2021 Rossiglione	948.4	1970 Genova Bolzaneto
178.2	2021 Urbe (Vara Sup.)	363.6	2008 Capoterra	472	2011 Brugnato	717.8	1970 Genova Bolzaneto	932.6	1970 Valleregia
175.4	1996 Pomeziana	360.1	1959 Giffone	458.6	1954 Salerno	630	1970 Valleregia	883.8	2021 Rossiglione
170.1	1964 San Luca	336.6	2011 Vicomorasso	446.4	1970 Genova Bolzaneto	563	2021 Montenotte Inf.	749.2	1970 Genova Pontedecimo
162.1	1966 Stilo	328.4	2011 Brugnato	444.1	1959 Giffone	534.4	1935 Lavagnina	732	1970 Monte Cappellino

Recenti superamenti di record storici di precipitazione



5 AGO 2021 · 18 MIN

Cambiamento climatico, dissesto idrogeologico e burocrazia: così Gavirate racconta l'Italia

Corriere Daily

▶ Riproduci di nuovo

Riprodotta: 5 ago 2021

Nei giorni scorsi il piccolo Comune in provincia di Varese è stato travolto da un fiume di fango. Esattamente come era successo poco più di un anno fa, nel giugno 2020, quando si era parlato di «alluvione del secolo» perché da quelle parti non si era mai visto nulla di simile. Francesco Giambertone ne ha parlato con gli amministratori locali e con Giacomo Grassi, climatologo che a Gavirate vive, e quindi il riscaldamento globale lo sperimenta anche sulla propria pelle.

La comprensione degli eventi accaduti, specie se recenti, è una evidente necessità per aggiornare i criteri di progettazione

Maltempo a Como, i residenti delle case travolte da pietre: "Siamo scappati in tempo"

👁 150514 | 👍 7 | Pubblicato da **Simone Giancristofaro**

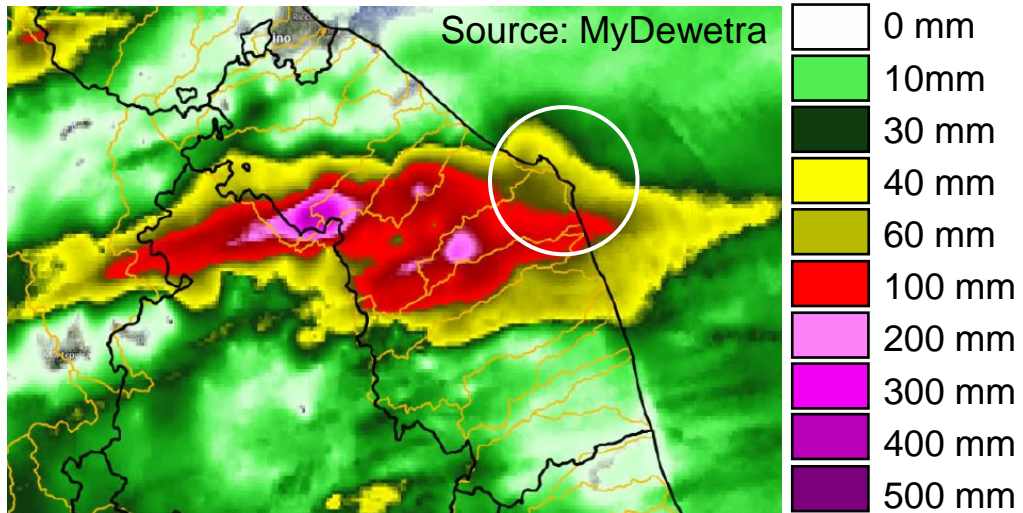


7 GIUGNO 2022

Laglio colpita dal maltempo un anno fa

Eventi da approfondire

1. Marche, 15 Settembre 2022



Temporale Autorigenerante ('V-Shaped')



Cantiano 15/9/2022

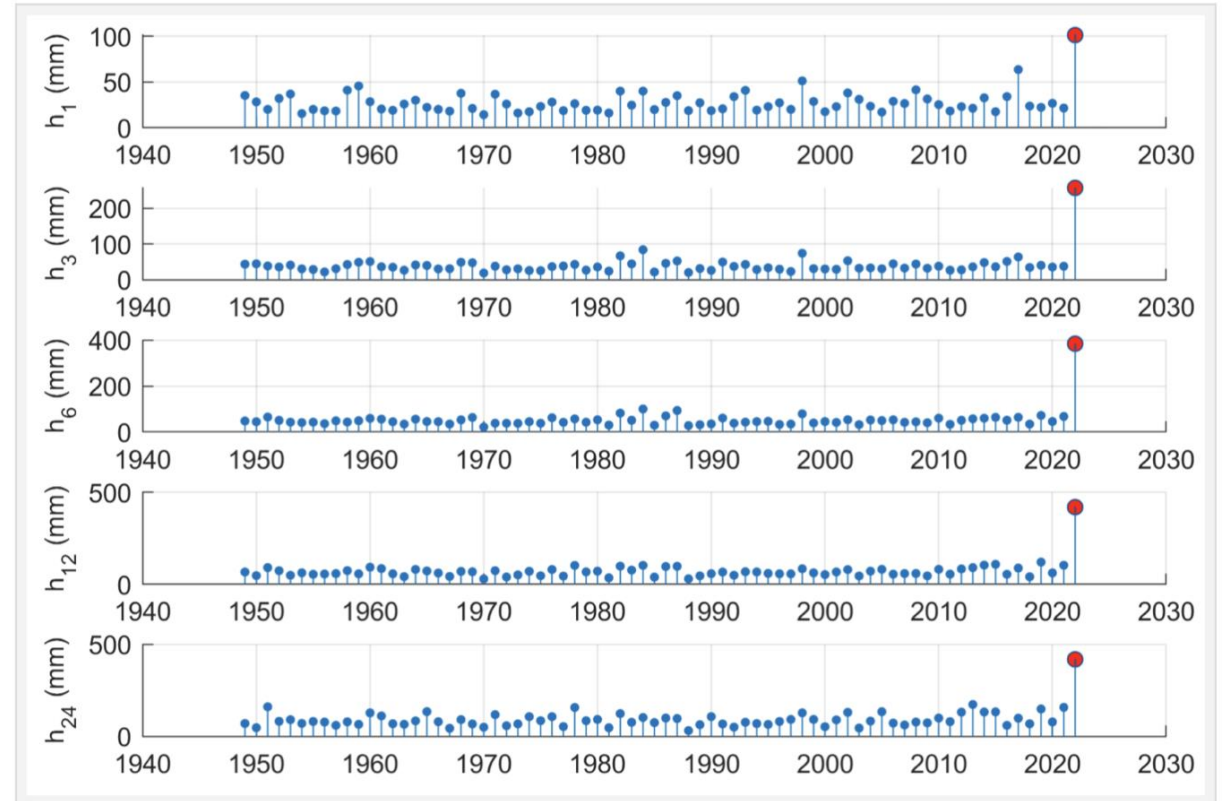


Figura 2 – Serie storica dei massimi annui di precipitazione per 5 diverse durate (1, 3, 6, 12 e 24 ore) del pluviometro di Cantiano, con indicazione degli estremi registrati nell'evento del 15 settembre.

Stima di $T_{\text{evento}} \gg 1000$ anni

'non ha senso valutare questi eventi con il Periodo di Ritorno'

Severità Relativa degli eventi pluviometrici

Severità Relativa

$$\frac{h_{d_oss}}{\overline{h_d}}$$

$$\overline{h_d}$$

idrologia@polito

Gruppo di Idrologia del Politecnico di Torino

HOME ATTIVITÀ BANCHE DATI OPEN DATA DIDATTICA PERSONE ASSOCIAZIONI CONTATTI

Categorie

- Avvisi
- Avvisi @en
- News

Archivi

- Marzo 2023
- Settembre 2022
- Marzo 2022
- Luglio 2021
- Ottobre 2020
- Giugno 2019
- Marzo 2019
- Maggio 2018
- Marzo 2018
- Ottobre 2016
- Gennaio 2016
- Marzo 2015
- Febbraio 2015
- Gennaio 2015
- Ottobre 2014
- Ottobre 2013
- Gennaio 2013
- Maggio 2012
- Gennaio 2012
- Novembre 2011
- Ottobre 2011
- Luglio 2011
- Maggio 2011
- Novembre 2010
- Ottobre 2010
- Giugno 2010
- Marzo 2010
- Febbraio 2010
- Gennaio 2010
- Ottobre 2009
- Settembre 2009
- Agosto 2009

Link

- Gruppo Ita. Idraulica
- Progetto RESBA (RESilienza degli SBarramenti)

« Un progetto di citizen science per i dati idrologici: SIREN (Saving Italian hydrological measurements) »

Le piogge estreme non sempre aumentano con la quota »

L'evento pluviometrico del 15 settembre 2022 nelle Marche è eccezionale?

Grazie ai dati del Centro Funzionale delle Marche ed ai dati ed alle elaborazioni svolte nell'ambito del lavoro di Dottorato di Ricerca di Paola Mazzoglio siamo in grado di commentare le caratteristiche di rarità dell'evento che ha sconvolto diversi centri urbani nel tratto alto del fiume Misa. Si tratta di un evento effettivamente di rarità estrema per il territorio italiano. Vediamo perché.

1 – Quali indicatori rappresentano efficacemente la rarità dell'evento?

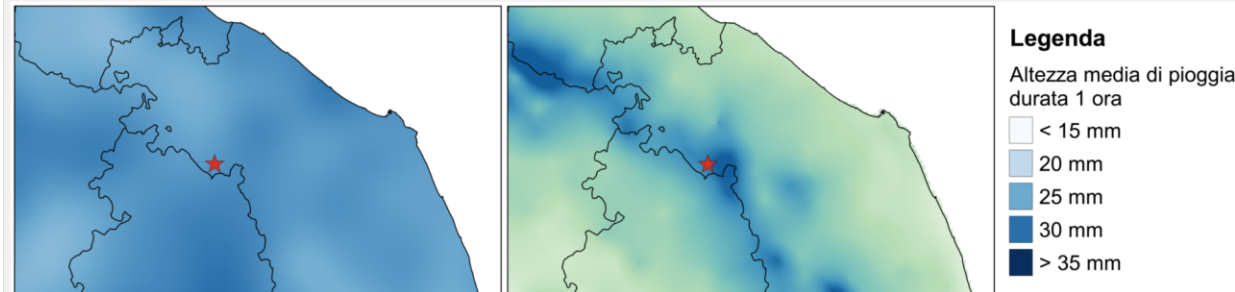
L'evento pluviometrico è durato poco meno di dodici ore. Molto lungo per poterlo considerare un nubifragio "tradizionale". È stato infatti più volte specificato che si tratta di una tipologia di "temporale autorigenerante", finora visto praticamente sempre a ridosso del mare e talvolta (a torto o a ragione) denominato "Medicane", una contrazione di "Mediterranean Hurricane". I valori massimi misurati durante l'evento in diversi intervalli di tempo ci confermano la persistenza di forti intensità per molte ore, come si evince da Tabella 1.

Durata	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Altezza massima registrata (mm)	101.4	256.6	384	419	419
Intensità media nell'intervallo di ore (mm/h)	101.4	85.5	64.0	34.9	17.5
Medie di lungo periodo (Cantiano)	26.5	37.7	48.8	66.6	88.7

Tabella 1 – Valori pluviometrici massimi di evento osservati il 15/9 e medie degli estremi annui alla stazione di Cantiano (AN).

Con quali valori si devono confrontare questi dati per avere una misura della rarità?

È stato più volte richiamato il rapporto tra quanto è piovuto nella serata del 15 settembre e quanto piove in media in un anno in quella zona. Effettivamente il rapporto è molto significativo: a Cantiano in media piovono intorno ai 1300 mm/anno (Figura 1) ed il rapporto sarebbe del 30% circa. Non si tratta però di un valore particolarmente significativo. Valori storici decisamente più alti si sono avuti in altri eventi italiani del passato (vedasi Mazzoglio et al., 2020).

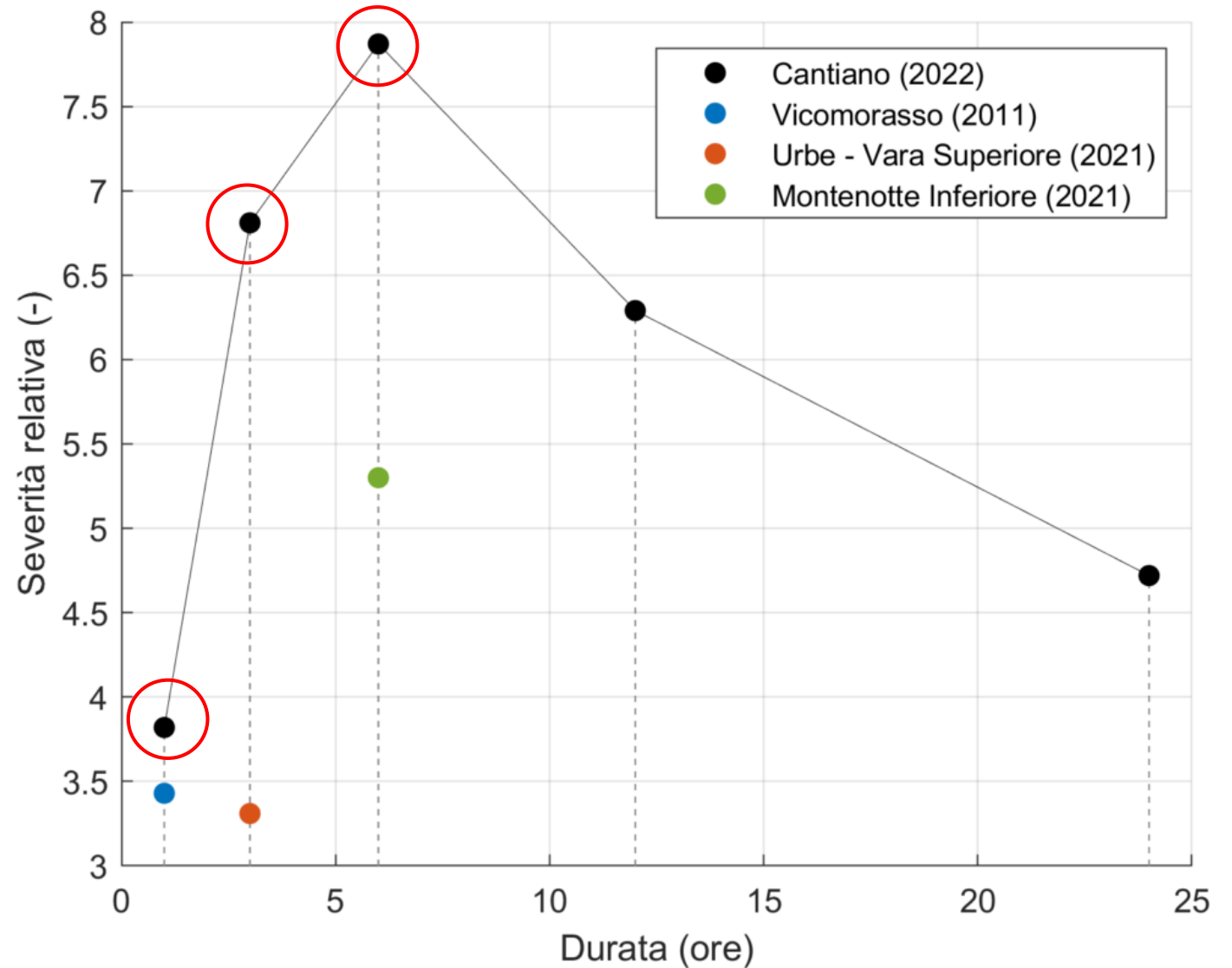


<http://www.idrologia.polito.it/web2/2022/09/levento-pluviometrico-del-15-settembre-2022-nelle-marche-e-eccezionale/>

Severità relativa dell'evento 'Marche' (Cantiano)

$$SR = \frac{h_{d_oss}}{\overline{h_d}}$$

Confronto con 3 record
italiani **assoluti**



Per valutare altri indicatori di severità, diversi da T, serve lavorare alla scala nazionale

Nubifragi, Bombe d'acqua, Flash Floods.... Dati sistematici ed evidenze scientifiche dei cambiamenti in atto

I **nubifragi** stanno effettivamente aumentando in frequenza ed intensità o è solo l'aumento della nostra attenzione a dare questa sensazione? Per dare indicazioni quantitative serviva una banca dati nazionale. Questa banca dati è diventata realtà grazie al lavoro di PhD di **Andrea Libertino** ed è stata chiamata **I-RED**. **Aggiornamento: nel dicembre 2020 è stata pubblicata la nuova versione del database (I2-RED), grazie al lavoro di Paola Mazzoglio.**

E' quindi possibile condurre studi sistematici scala nazionale sui nubifragi dell'ultimo secolo. **Geophysical Research Letter** ha pubblicato un'analisi che esamina anche l'andamento temporale dei superamenti di record (**record-break**) che avvengono quando viene superato il valore massimo assoluto -in tutta Italia e a partire dall'inizio delle misure- di precipitazione in d ore. Questa analisi consente di verificare se si possono considerare in aumento le frequenze delle 'bombe d'acqua' quali effettivamente sono i nubifragi da record. Un costante trend crescente nella frequenza di record-breaking è avvertibile negli ultimi decenni, anche se non ancora statisticamente significativo (**riquadri in basso**). **L'intensità dei nubifragi è invece in evoluzione nel tempo.** In alcune aree del paese gruppi di stazioni mostrano trend crescenti significativi (triangoli rossi) e la loro correlazione spaziale richiama l'attenzione sull'aumento della pericolosità di questi fenomeni in queste regioni. In altre, invece, con i dati 1925-2015, non si ritrova aumento ma piuttosto una diminuzione delle intensità estreme (triangolo ed aree blu). La natura, la rilevanza e la distribuzione spaziale di tali trend sono strettamente legate alla durata considerata (la **mappa** è relativa ai **nubifragi di 1 ora**) e quindi ai diversi meccanismi di generazione delle piogge torrenziali, oltre che alle caratteristiche orografiche dell'area in analisi.

Rassegna Stampa: Repubblica – AGI – Repubblica – RadioRai(min.11.45) – PoliFlash – Tutte le News (9 stampa – 26 web – 1 notiziario nazionale)



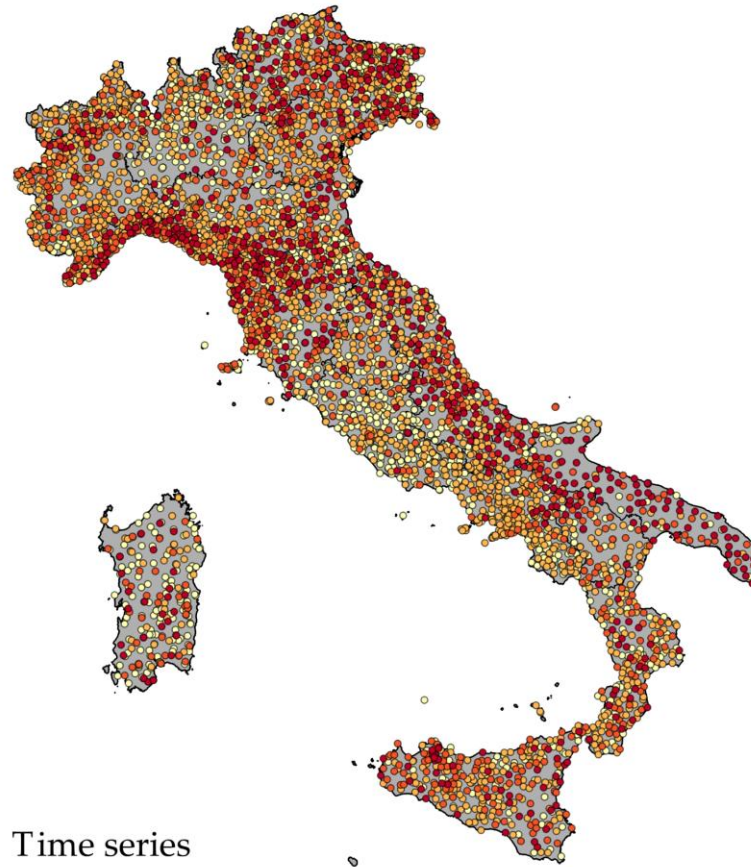
THE IMPROVED ITALIAN – RAINFALL EXTREME DATASET

Improved Italian – Rainfall
Extreme Dataset (I²-RED)

Collection of short-duration
(1, 3, 6, 12 and 24 hours)
annual maximum rainfall depths

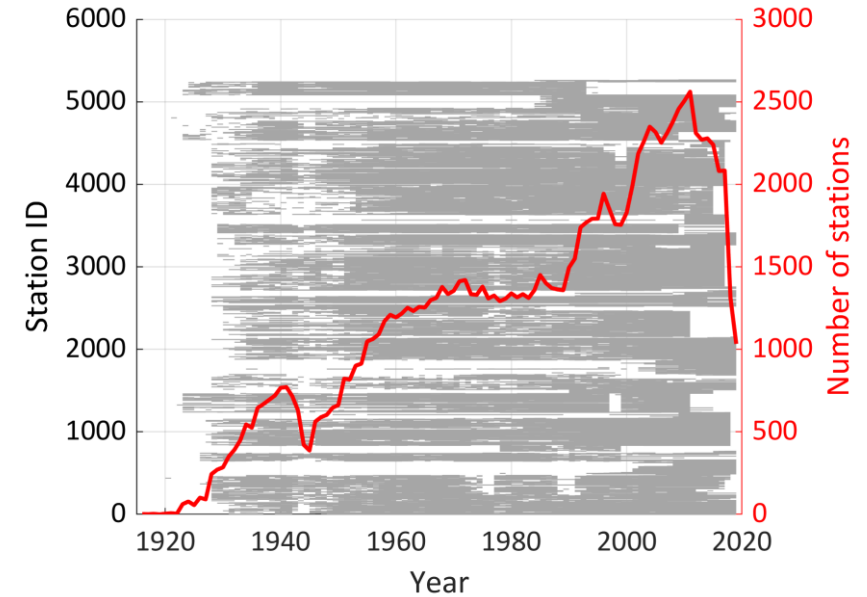
> 5200 rain gauges

1916 – today



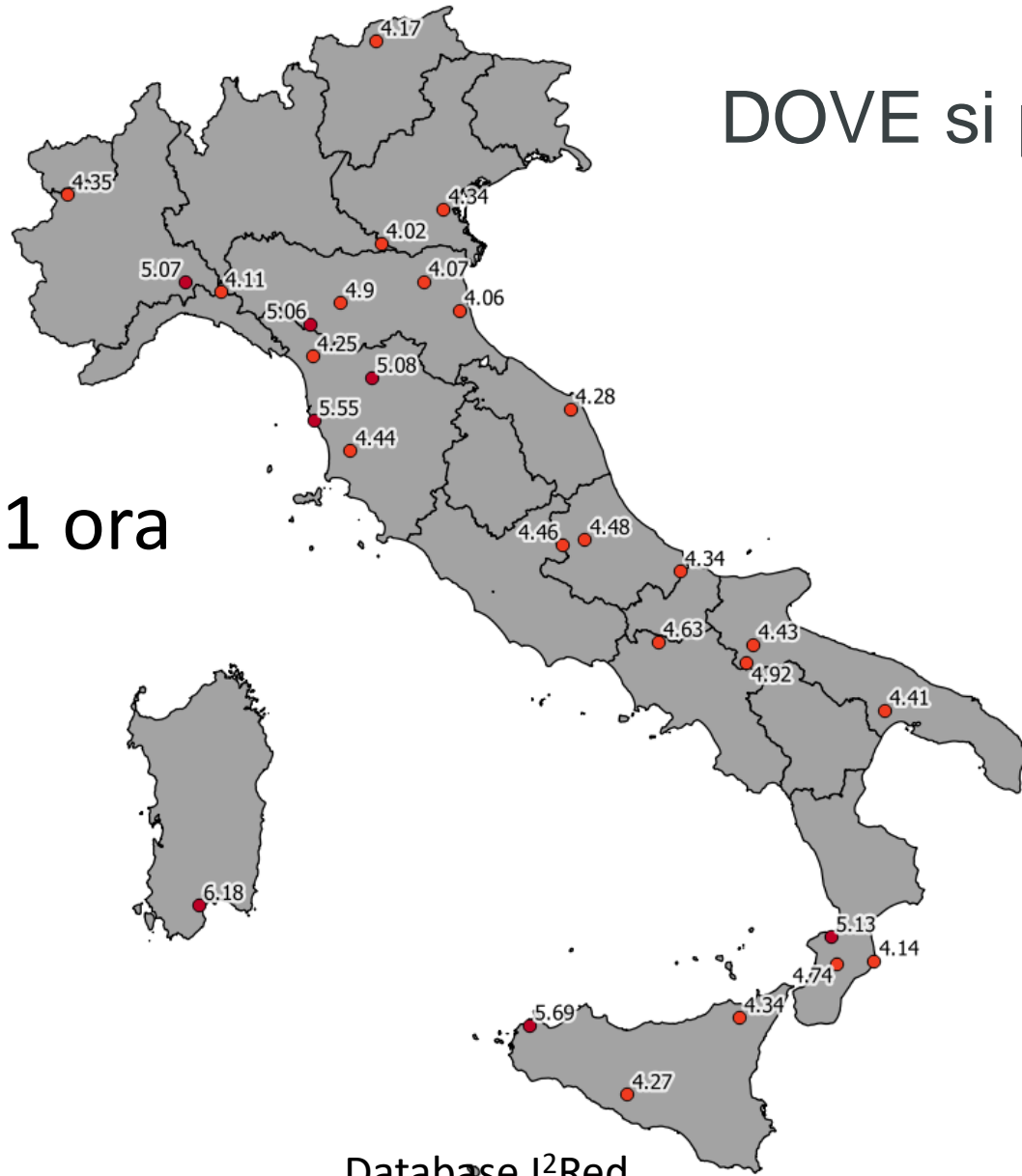
Time series

- 1 - 10 years
- 10 - 30 years
- 30 - 50 years
- 50 - 90 years



DOVE si puo' verificare un Super Estremo?

d=1 ora



Eventi storici italiani
con severità relativa >4

Eventi da approfondire

2. Limone Piemonte – 2 ott. 2020

Valori medi (senza evento 2020)

$h_1 = 23.4$ mm

$h_{12} = 86.1$ mm

$h_{24} = 123.6$ mm

Evento 2020

$h_1 = 77.4$ mm

1 ora

SR = 3.3

$h_{12} = 538.1$ mm

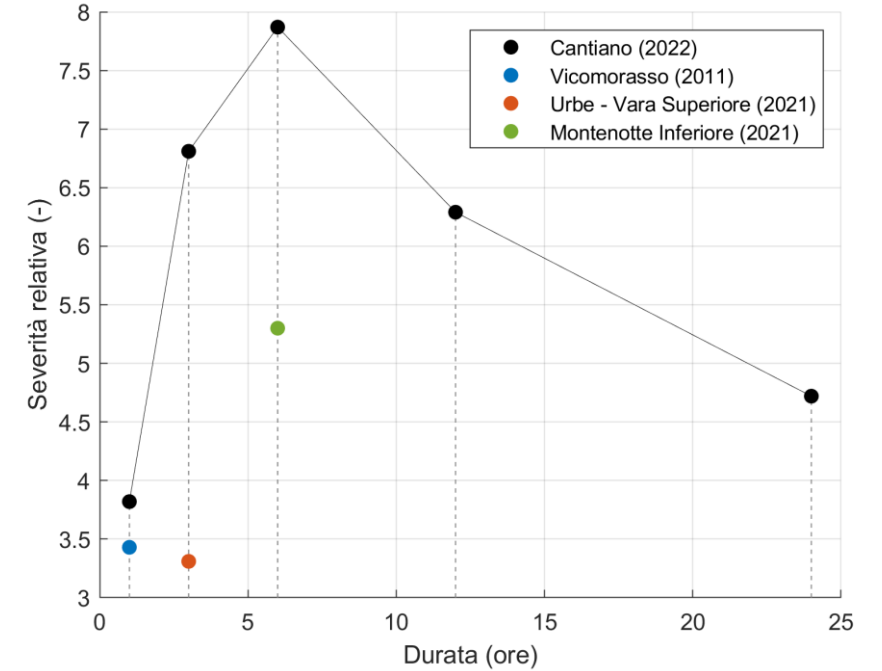
12 ore

SR = 6.2

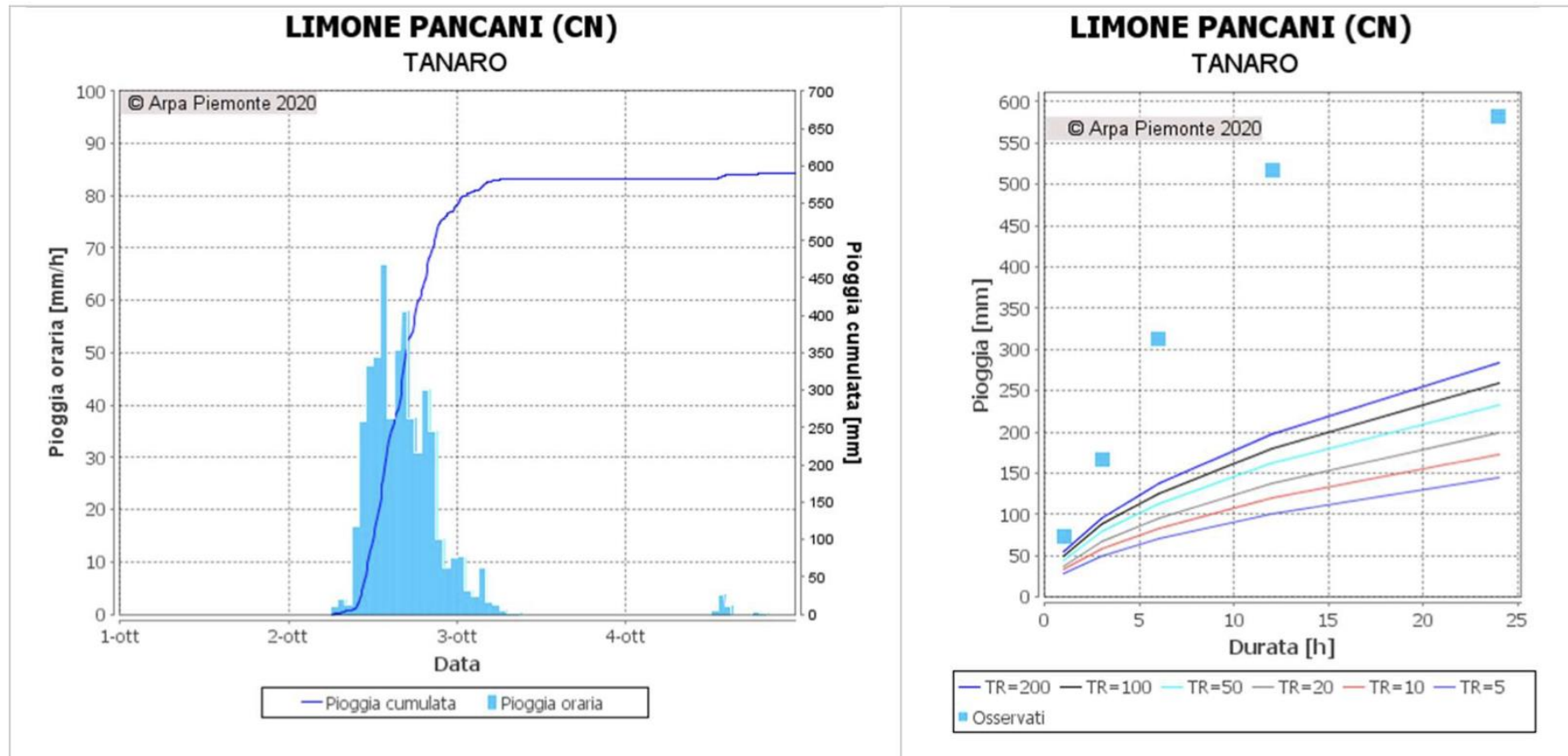
$h_{24} = 602.4$ mm

24 ore

SR = 4.9



Confronto con le CPP attuali

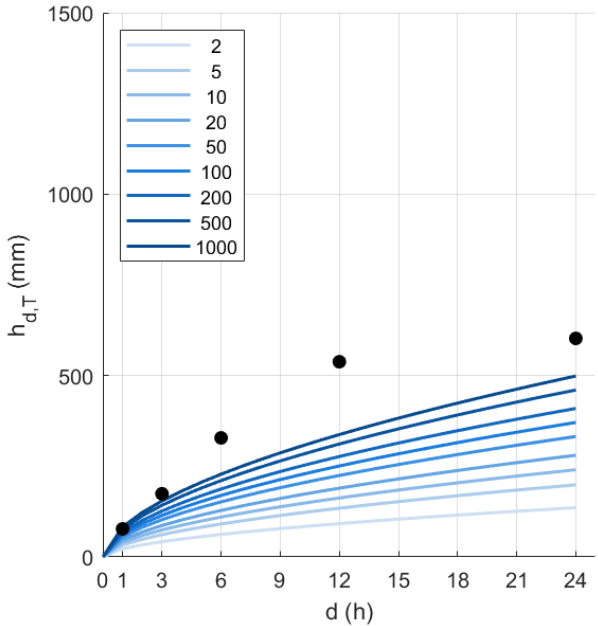


Sarebbe evento con $T \gg 1000$ anni

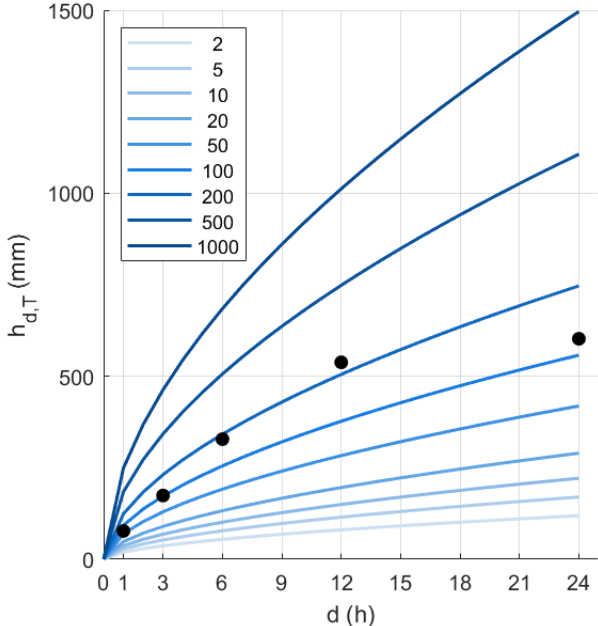
Rivalutazione curve di possibilità pluviometrica (2023)

Nuova applicazione Patched Kriging

Distribuzione Gumbel

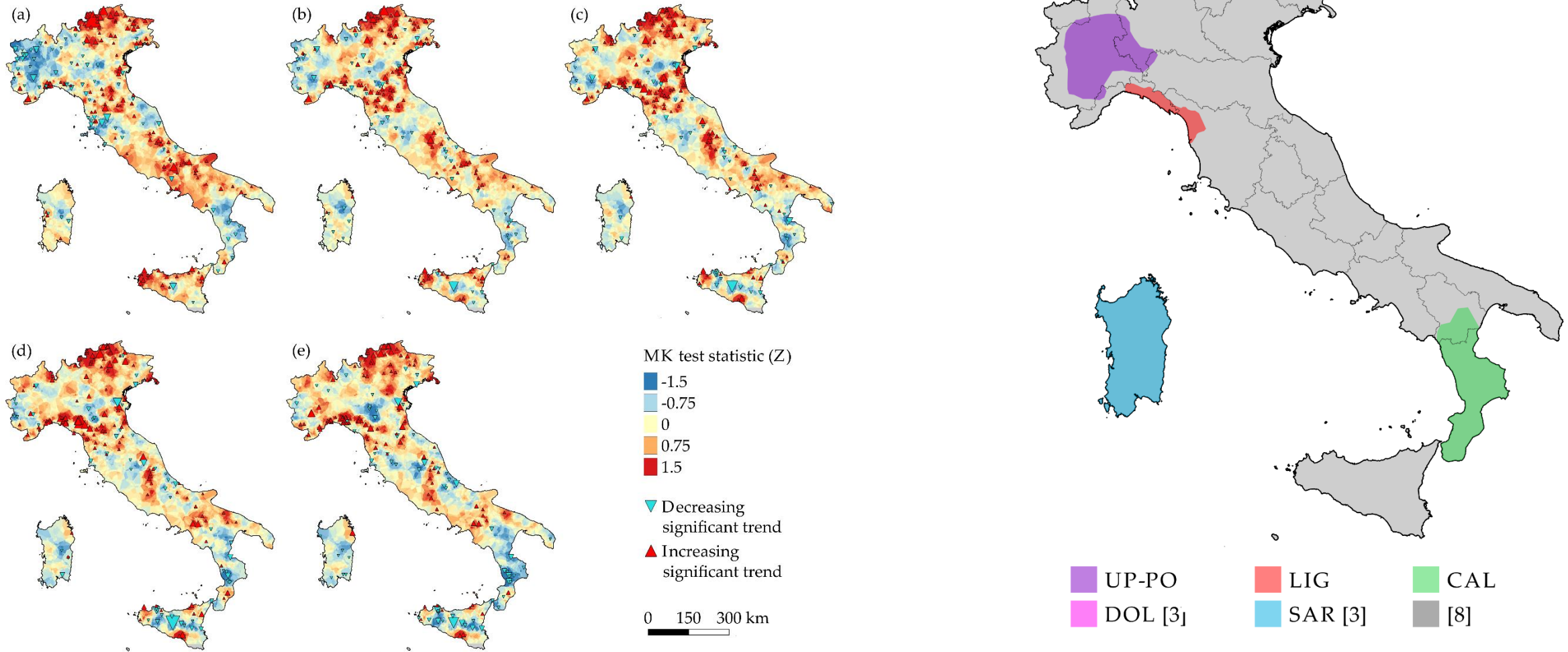


Distribuzione GEV



E' colpa del Climate Change?

Increasing trends compared to Libertino et al. (2019)



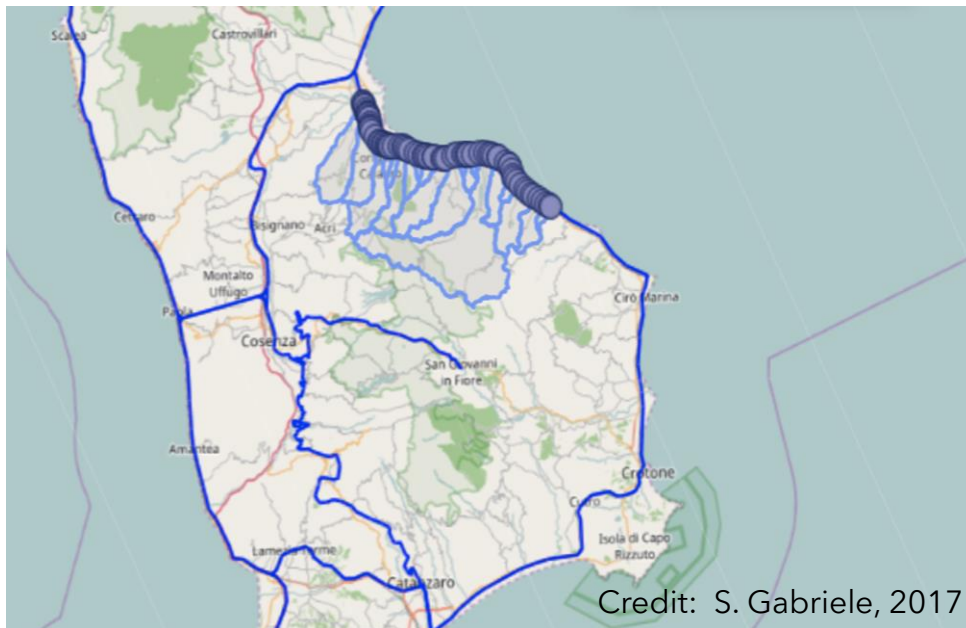
Italian Infrastructures and related watersheds

Roads: 167 565 km
Highways: 6 965 km
Railways: 16 779 km

Large Dams: 528
Small Dams: ca. 10 000

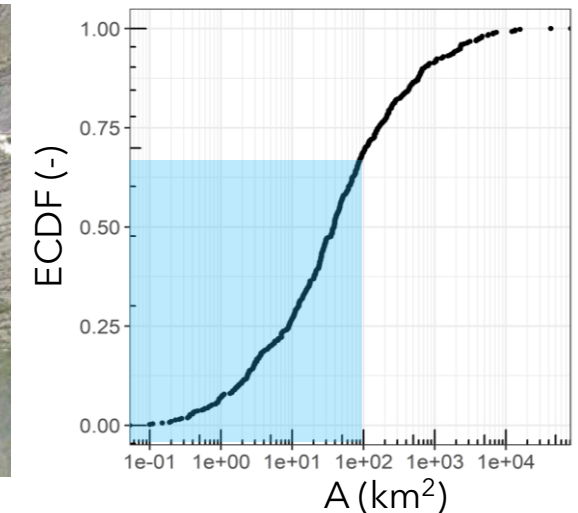
Roads and railways

Highest damages and most of the casualties are due to collapses caused by small rivers and creeks

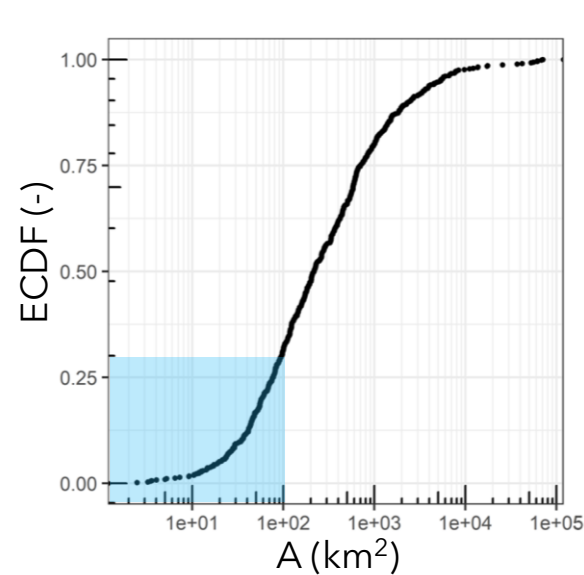
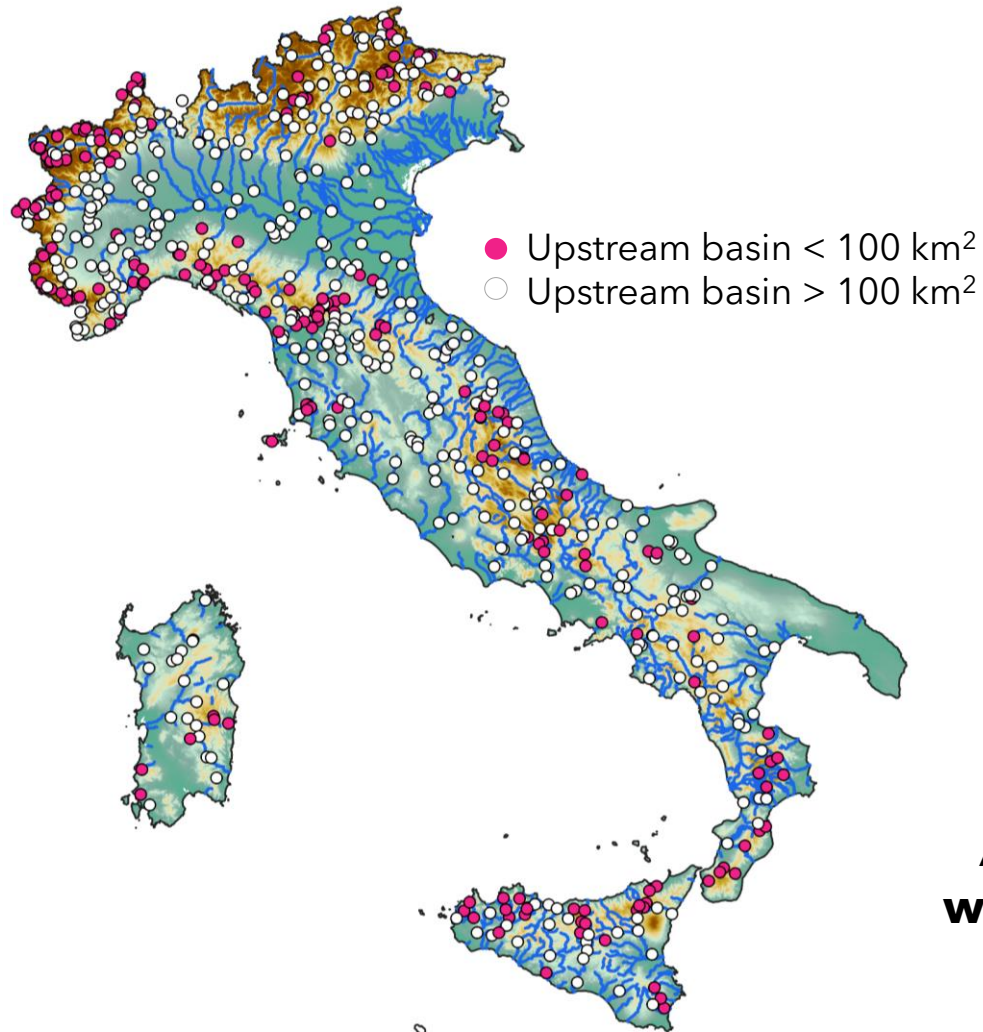


Large Dams

Almost **70%** of the **watersheds upstream of Large Dams** in Italy are smaller than 100 km²



Small watersheds highly representative of the Italian landscape



Almost **30%** of the **gauged watersheds** in Italy are smaller than 100 km²

Often steep slopes

- > High flow velocity
- > Short flood response times

Often high elevation

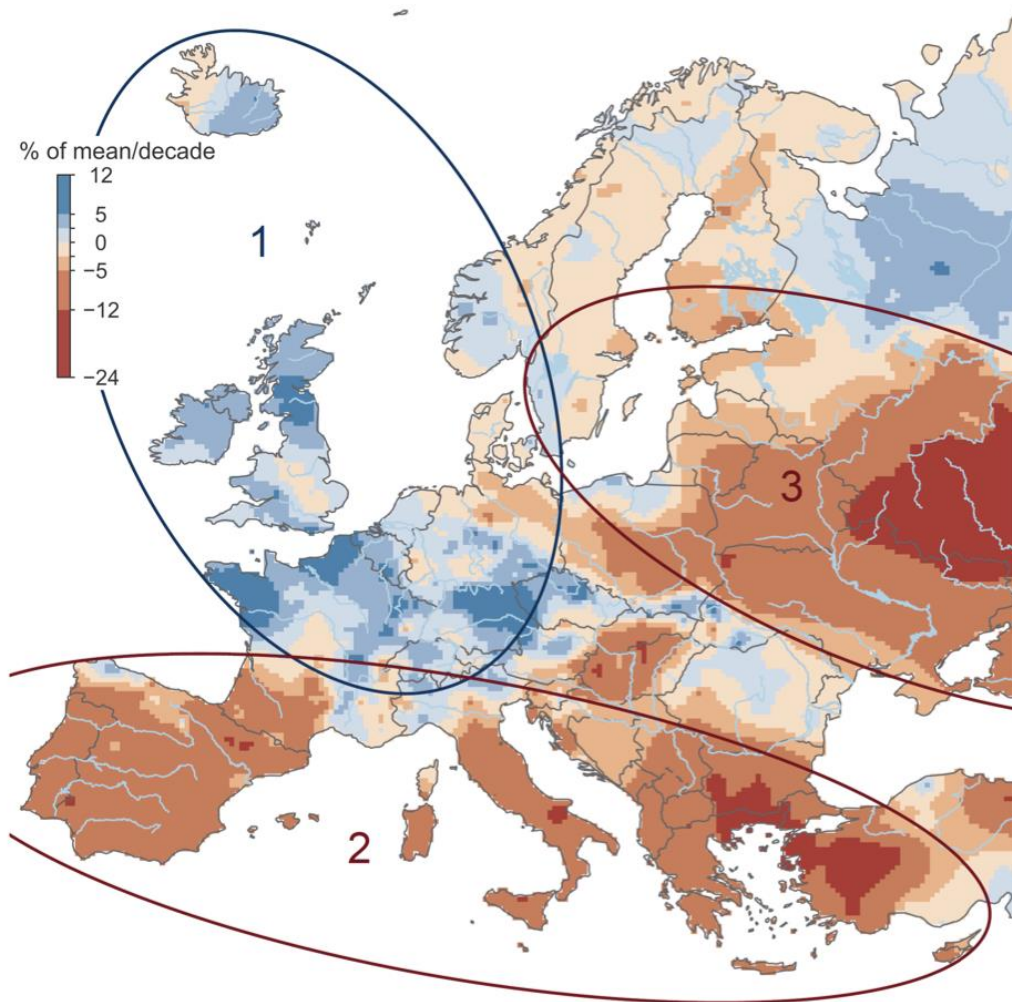
- > Snow contribution in the flood formation processes
- > Effects of climate change

Progettazione e **prevenzione?** (piccoli bacini)

In presenza di tratti tombati,
attraversamenti e punti critici sarebbe
opportuno ipotizzare uno **scenario di
pioggia catastrofica** con almeno **SR=4**,
da confrontare con le stime a T elevato



Portate di piena (bacini alpini)



Letter | [Published: 28 August 2019](#)

Changing climate both increases and decreases European river floods

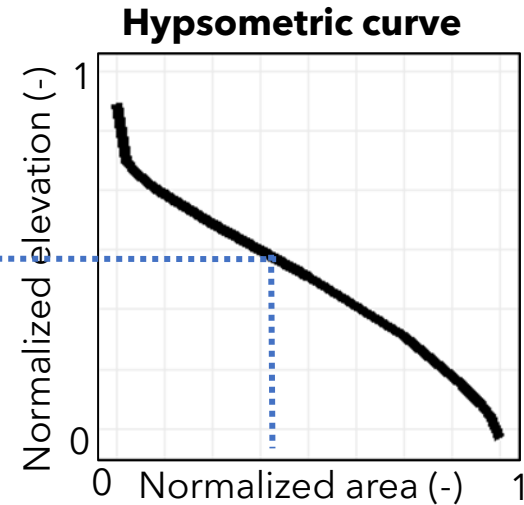
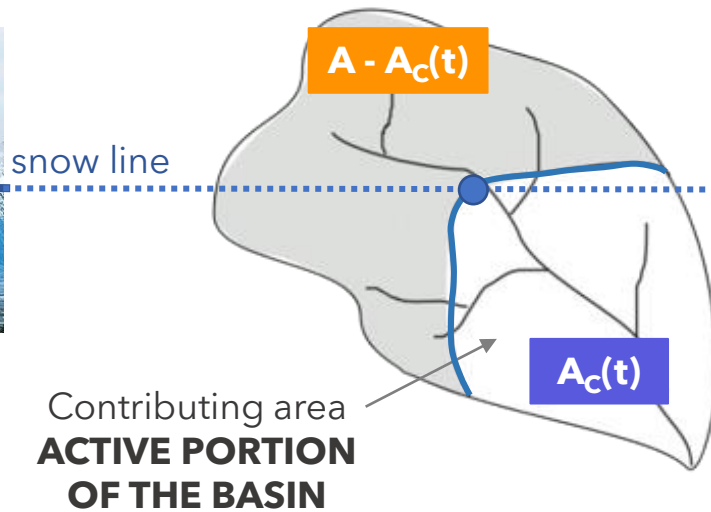
[Günter Blösch](#) , [Julia Hall](#), [Alberto Viglione](#), [Rui A. P. Perdigão](#), [Juraj Parajka](#), [Bruno Merz](#), [David Lun](#), [Berit Arheimer](#), [Giuseppe T. Aronica](#), [Ardian Bilibashi](#), [Miloň Boháč](#), [Ognjen Bonacci](#), [Marco Borga](#), [Ivan Čanjevac](#), [Attilio Castellarin](#), [Giovanni B. Chirico](#), [Pierluigi Claps](#), [Natalia Frolova](#), [Daniele Ganora](#), [Liudmyla Gorbachova](#), [Ali Gül](#), [Jamie Hannaford](#), [Shaun Harrigan](#), [Maria Kireeva](#), ... [Nenad Živković](#)

[+ Show authors](#)

Fig. 1 | Observed regional trends of river flood discharges in Europe (1960–2010). Blue indicates increasing flood discharges, red decreasing flood discharges (percentage change per decade of the mean annual flood discharge). No. 1–3 indicate regions with distinct drivers: [1]

FloodAlp model

Developed @ PoliTO in 2009 and enhanced in 2023

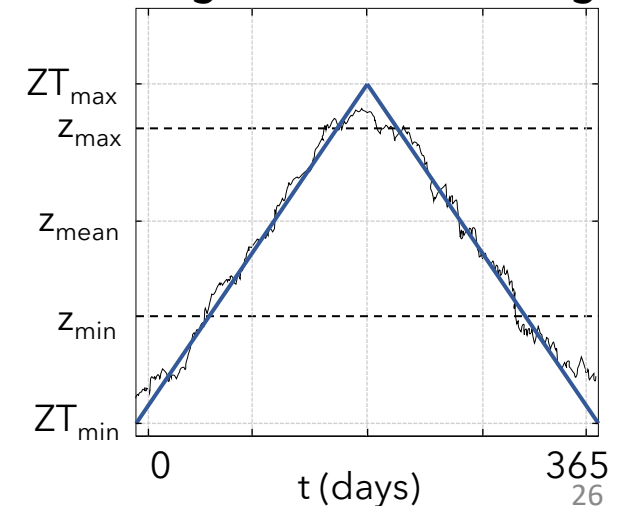


Geomorphoclimatic model that simulates the annual variation of the snow-covered portion of the basin, based on how **the seasonal variation of the snow line** affects the **basin contributing area to floods**.

$$q = C \frac{A_c(t)}{A} h + SM(t)$$

SM(t) = snow melting (deterministic)
C = runoff coefficient
h = rainfall depth (Poisson model)

Freezing elevation annual regime



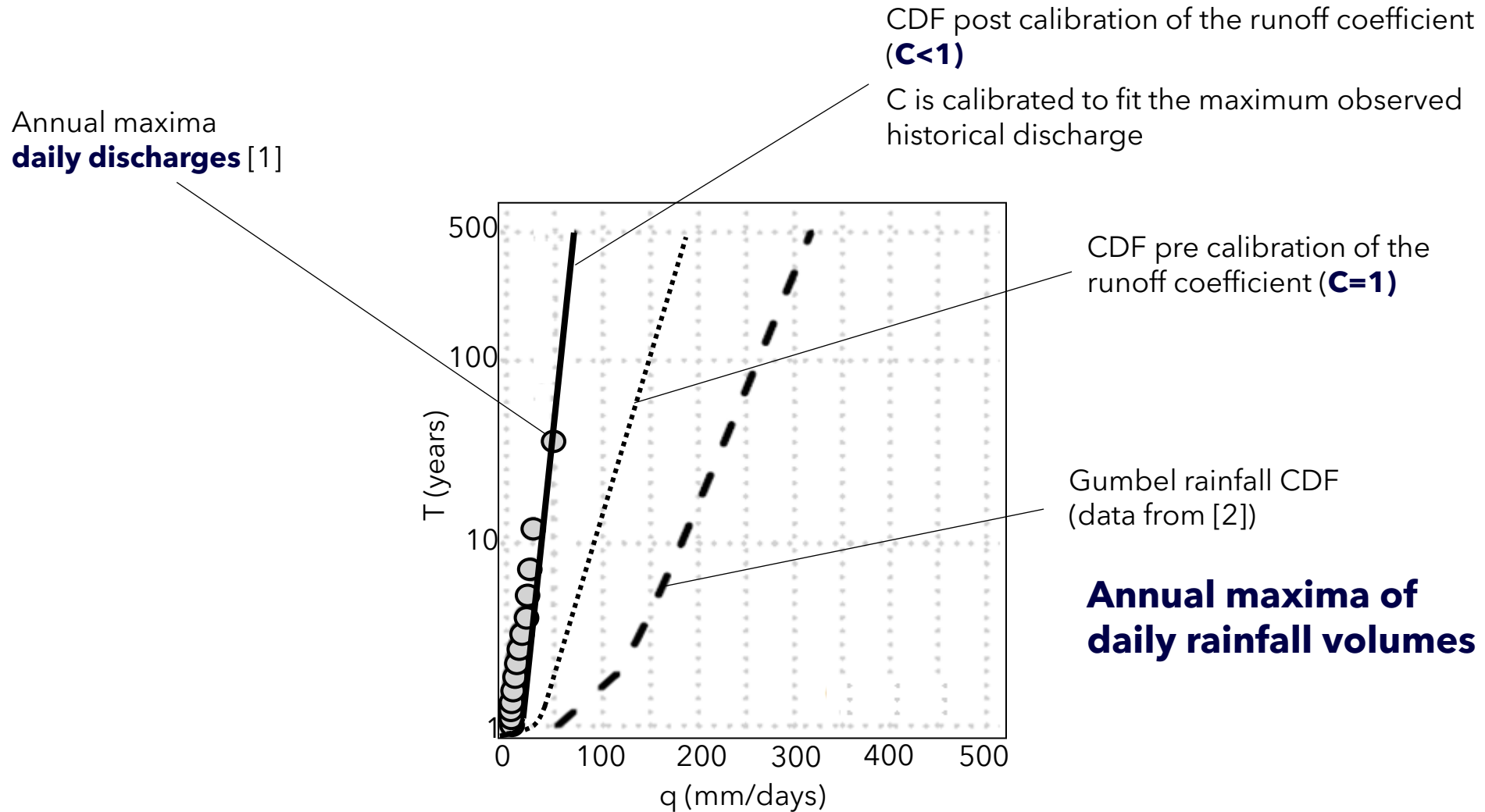
WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 45, W01402, doi:10.1029/2007WR006658, 2009

An analytical model of the effects of catchment elevation on the flood frequency distribution

P. Allamano,¹ P. Claps,¹ and F. Laio¹

Received 14 November 2007; revised 26 September 2008; accepted 15 October 2008; published 3 January 2009.

Model output (recent application)



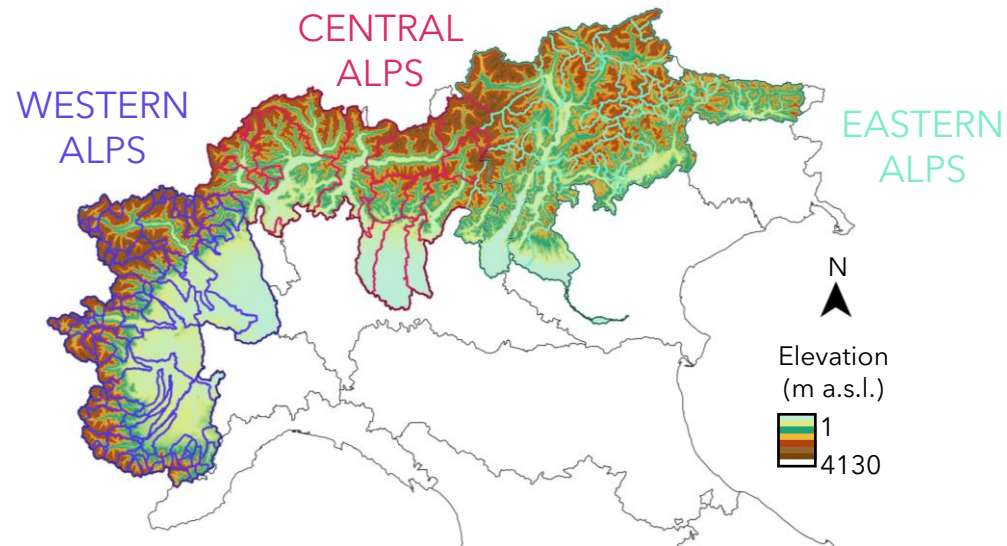
[1] Claps P., D. Ganora, A. Apostolo, I. Brignolo, I. Monforte (2020). Catalogo delle Piene dei Corsi d'acqua Italiani, 2020

[2] Pavan, V., Antolini, G., Barbiero, R. et al.: High resolution climate precipitation analysis for north-central Italy, 1961-2015, Clim. Dyn., 52, 3435-3453, 2019.

Systematic assessment over the Italian Alpine chain

158 gauged basins having:

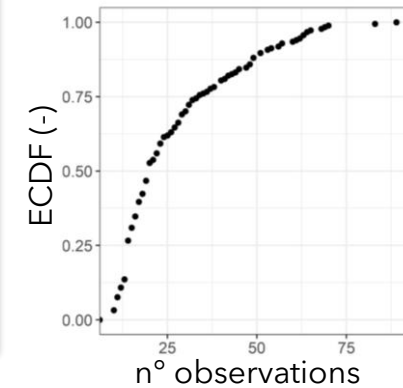
- > Mean elevation > 1000 m a.s.l.
- > At least 10 years of annual maxima of daily discharges



> Discharge data



✓ recent updates



> Rainfall data

✓ checks on data suitability

Climate Dynamics (2019) 52:3435–3453
<https://doi.org/10.1007/s00382-018-4337-6>



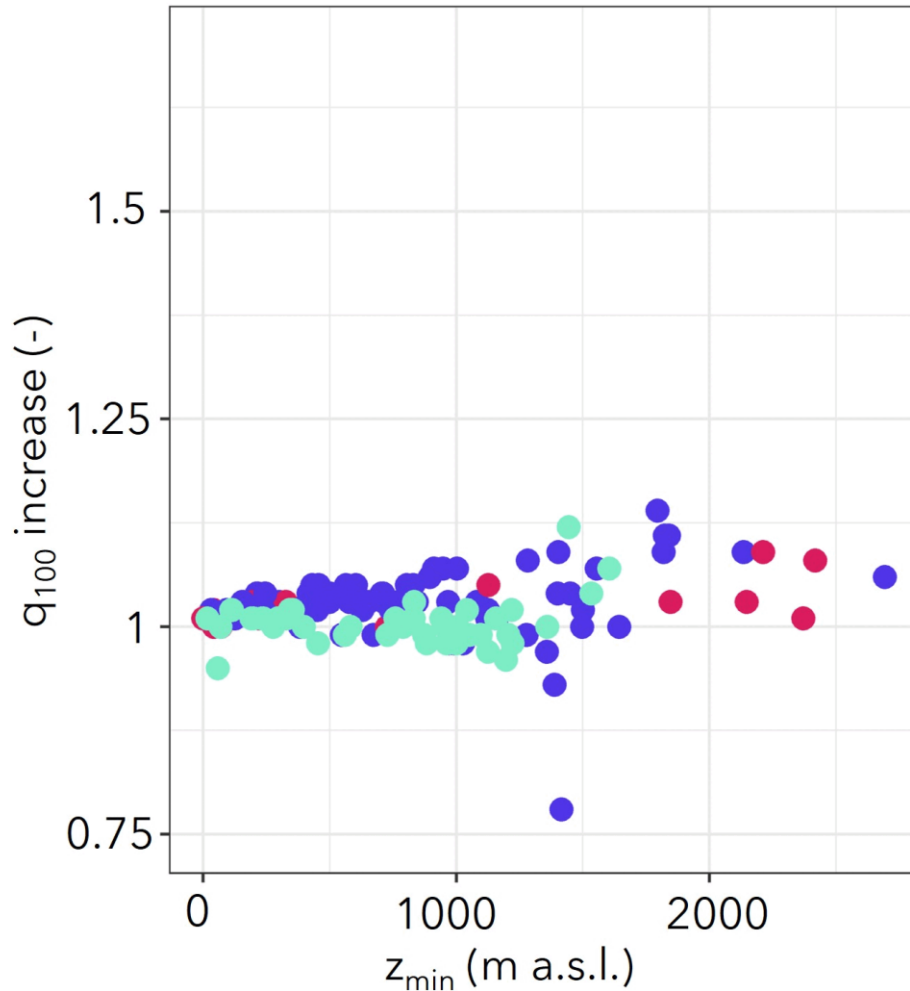
High resolution climate precipitation analysis for north-central Italy, 1961–2015

Valentina Pavan¹ · Gabriele Antolini¹ · Roberto Barbiero² · Nicola Berni³ · Fabio Brunier⁵ · Carlo Cacciamani^{1,6} · Anselmo Cagnati⁷ · Orietta Cazzuli⁸ · Andrea Cicogna⁹ · Chiara De Luigi¹⁴ · Enzo Di Carlo¹⁰ · Marco Francioni³ · Luca Maraldo¹³ · Gianni Marigo⁷ · Stefano Micheletti⁹ · Luca Onorato⁴ · Elvio Panettieri² · Umberto Pellegrini^{5,8} · Renata Pelosini¹⁴ · David Piccinini¹⁵ · Sara Ratto⁵ · Christian Ronchi¹⁴ · Luca Rusca⁴ · Stefano Sofia¹⁵ · Marco Stelluti¹⁶ · Rodica Tomozeiu¹ · Tommaso Torrigiani Malaspina^{11,12}

Increase in Q100 with Temperature rise



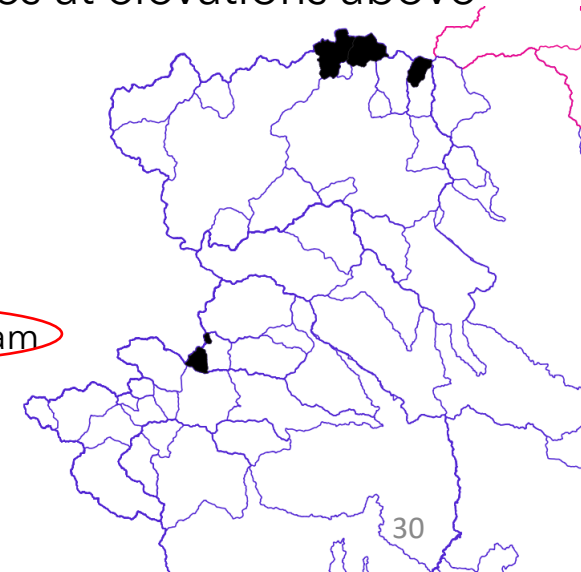
1.5°C rise in temperature



- > Progressive increase for increasing elevation (up to 1.4)
- > Greater variability for gradually more severe scenarios
- > High sensitivity to rising temperatures at elevations above 1500 m a.s.l.

Most vulnerable basins

- Stura di Viù at Malciaussia Dam
- Lys at d'Ejola
- Buthier at Place Mulin Dam
- Stura di Viù at Lago della Rossa Dam
- Marmore at Perreres Dam



Direzioni di approfondimento

- Aggiornare gli strumenti di supporto alla progettazione usando dati recenti
- Valutare la definizione di scenari cautelativi ai fini progettuali
($h^* \sim h \times 1.20$)
- Specificare in modo chiaro le condizioni peggiorative per i territori montani

In generale:

- Associare la revisione dei metodi a scenari di insufficienza dei sistemi idraulici (SR ≥ 4) utili per fini di Protezione Civile

