

# OSSERVATORIO PERMANENTE SUGLI UTILIZZI DELLE RISORSE IDRICHE

Aggiornamento della disponibilità idrica

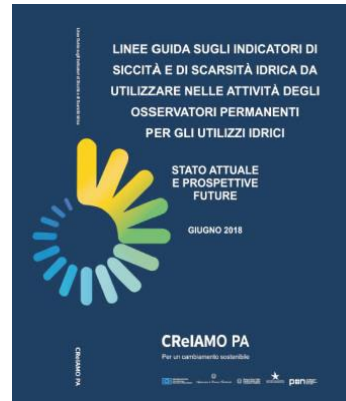
ACEA ATO2 S.p.A.

21/04/2021

## Relazione precipitazioni-portata sorgenti secondo quanto previsto da Istituto di Ricerca sulle Acque (ISPRA 2018)\*

Al fine di analizzare la relazione tra le anomalie di precipitazione, rappresentate dallo Standardized Precipitation Index (SPI), e la variabilità nel tempo delle portate minime, viene utilizzata la seguente metodologia:

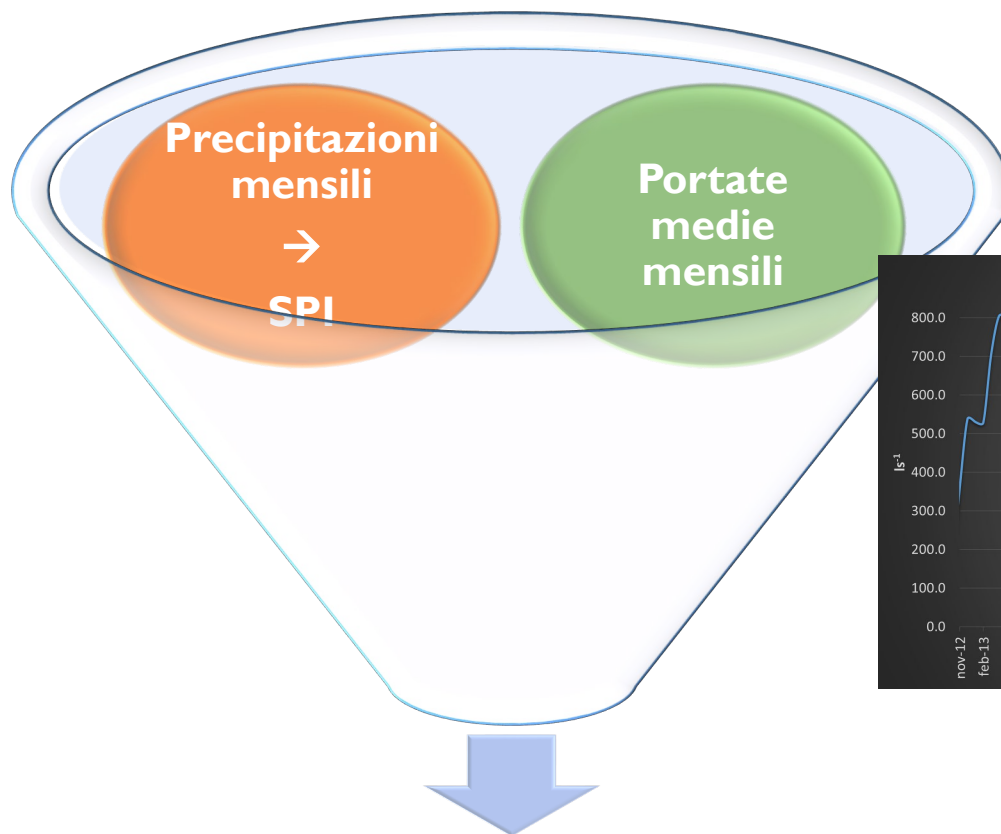
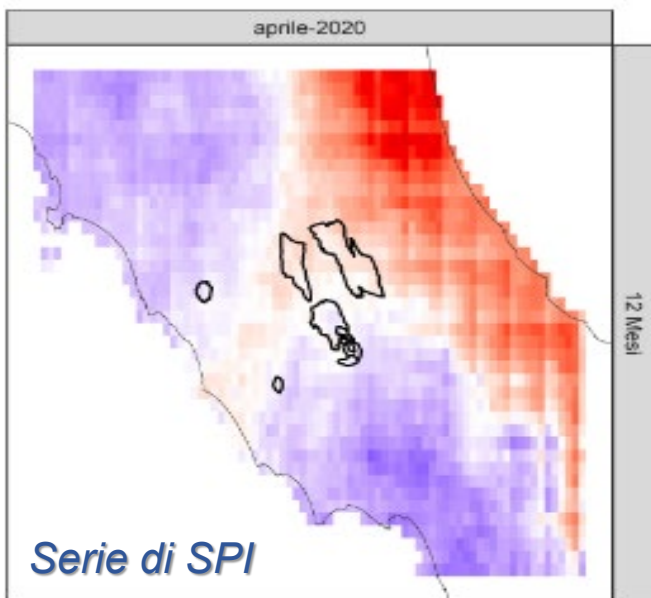
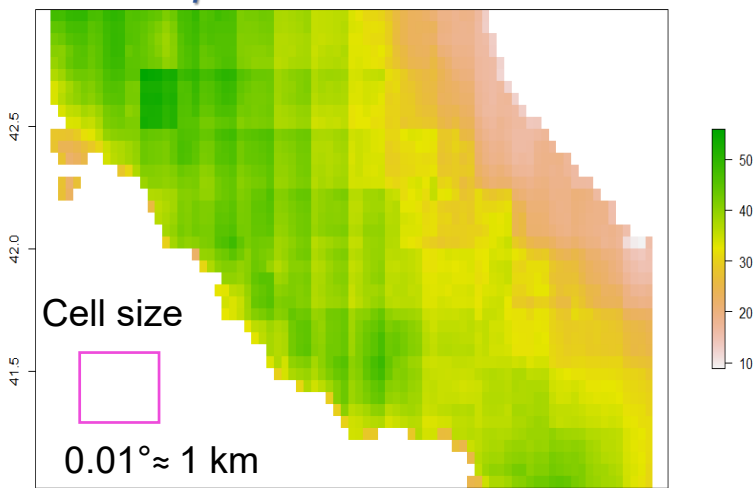
1. Per ogni sorgente si calcolano le portate medie mensili;
2. Per ogni sorgente viene individuata la portata media mensile minima di ogni anno idrologico  $m$  ( $Q_{min}(m)$ );
3. Si calcolano gli SPI medi aggregati sui bacini di alimentazione di ogni sorgente per scale di aggregazione da 1 a 24 mesi;
4. Si calcola per ogni sorgente il coefficiente di correlazione tra le portate minime  $Q_{min}(m)$  e i diversi SPI  
(calcolati per ogni scala temporale di aggregazione  $n$  per tutti i mesi dell'anno e indicati genericamente come  $SPI_n(m)$ );
5. Ottenuta la matrice di correlazione e valutata la miglior combinazione, si calcola la retta di regressione di un grafico portata minima vs SPI e si utilizza tale predittore nell'anno corrente.



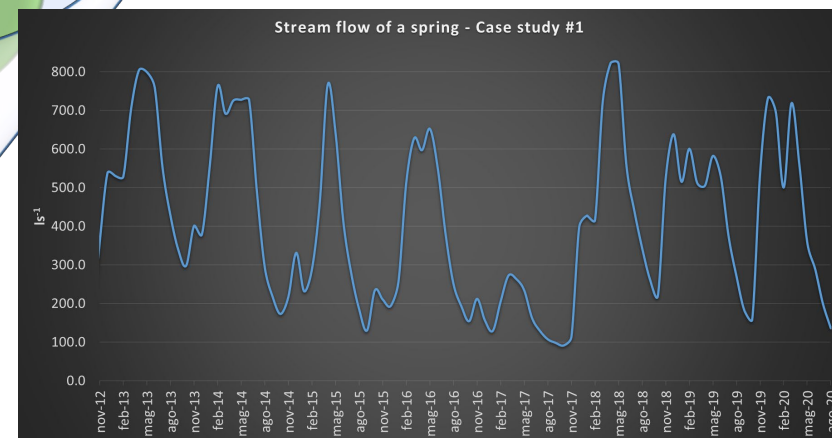
\*Linee guida sugli Indicatori di siccità e di scarsità idrica da utilizzare nelle attività degli osservatori permanenti per gli utilizzi idrici (ISPRA, 2018)

# Modello di regressione lineare per la previsione a breve termine delle portate: Materiali e metodi

Dataset pluviometrico



Serie di portate registrate



$$Q_{min} = \alpha * SPI_n^m + \beta$$

## Bibliografia essenziale:

- Romano, E., Del Bon, A., Petrangeli, A. B., & Preziosi, E. (2013). Generating synthetic time series of springs discharge in relation to standardized precipitation indices. Case study in Central Italy. *Journal of hydrology*.
- ISPRA (2018) - Linee guida sugli Indicatori di siccità e di scarsità idrica da utilizzare nelle attività degli osservatori permanenti per gli utilizzi idrici



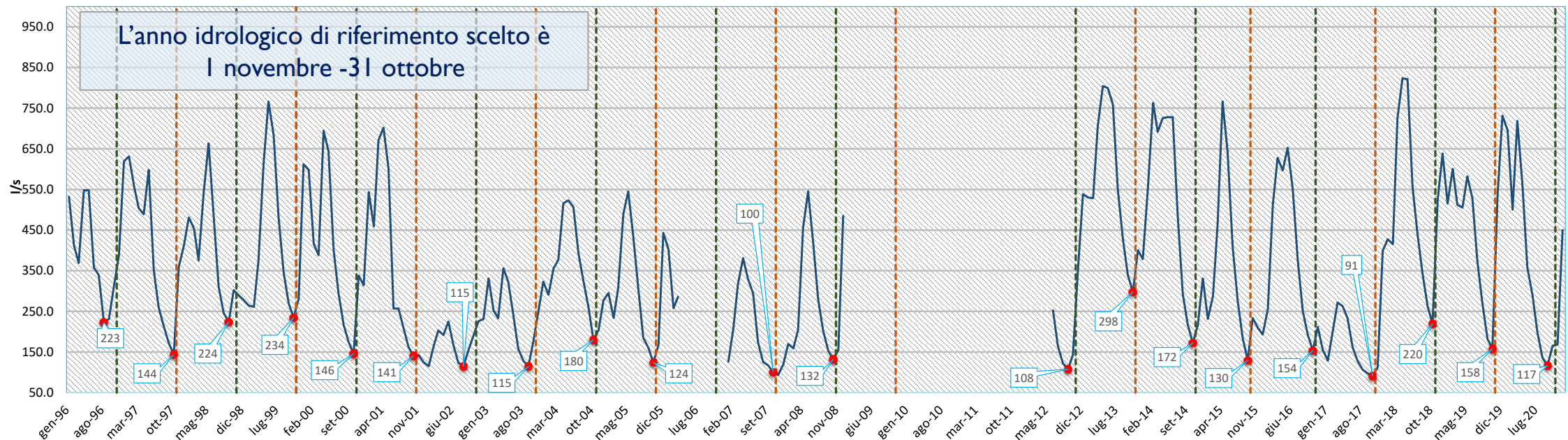
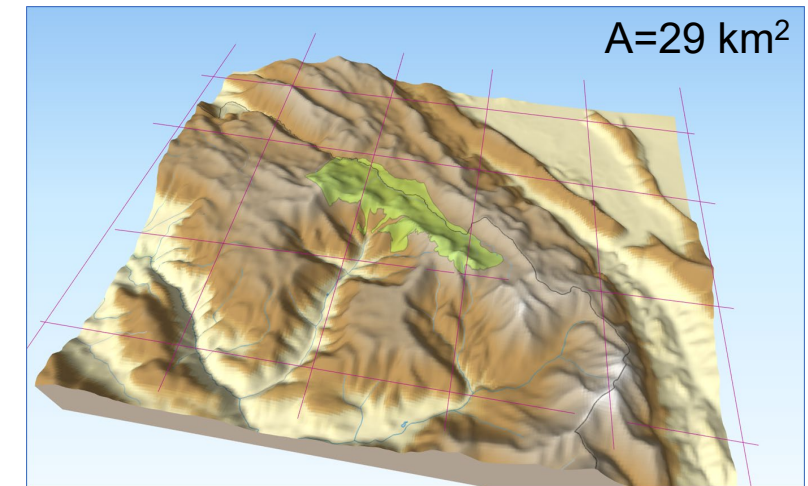
# Modello di regressione lineare per la previsione a breve termine delle portate: Idrogramma delle sorgenti

## Case Study: Sorgenti del Simbrivio

Nel modello previsionale basato sulla regressione lineare, la relazione tra variabili (causa-effetto) è rappresentata da una linea retta espressa dalla seguente equazione :

$$Q_{min} = \alpha * SPI_n(m) + \beta$$

dove  $\alpha$  e  $\beta$  sono i parametri di regressione. Il primo passo per verificare l'esistenza di una qualche relazione tra le due variabili è consistito nell'analisi della correlazione tra la precipitazione mensile cumulata rappresentata dagli SPI e la portata minima.



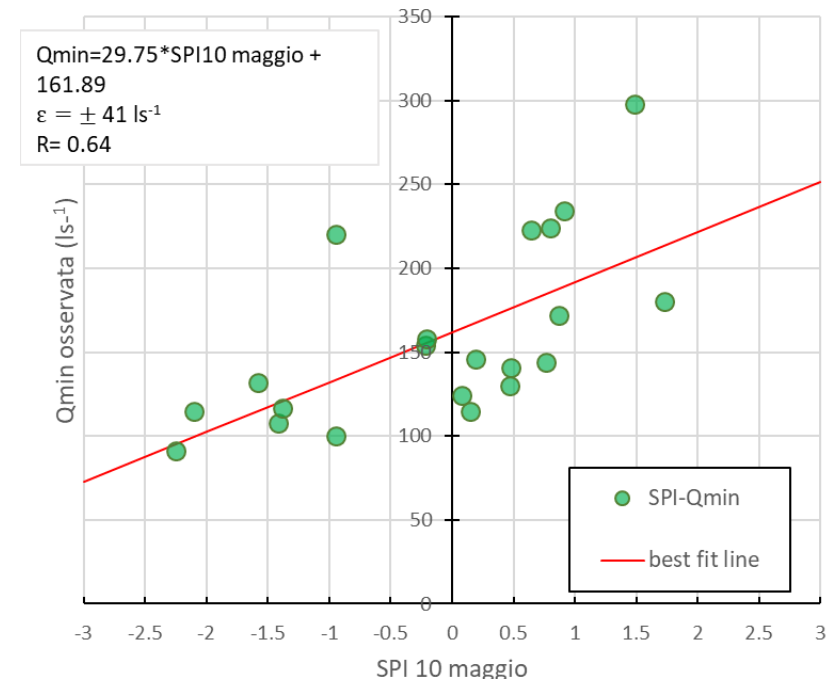
# Modello di regressione lineare per la previsione a breve termine delle portate: coefficienti di correlazione

## Case Study: Sorgenti del Simbrivio

$$Q_{min} = 29.75 * SPI_{10}(maggio) + 162 \pm 41 [l/s]$$

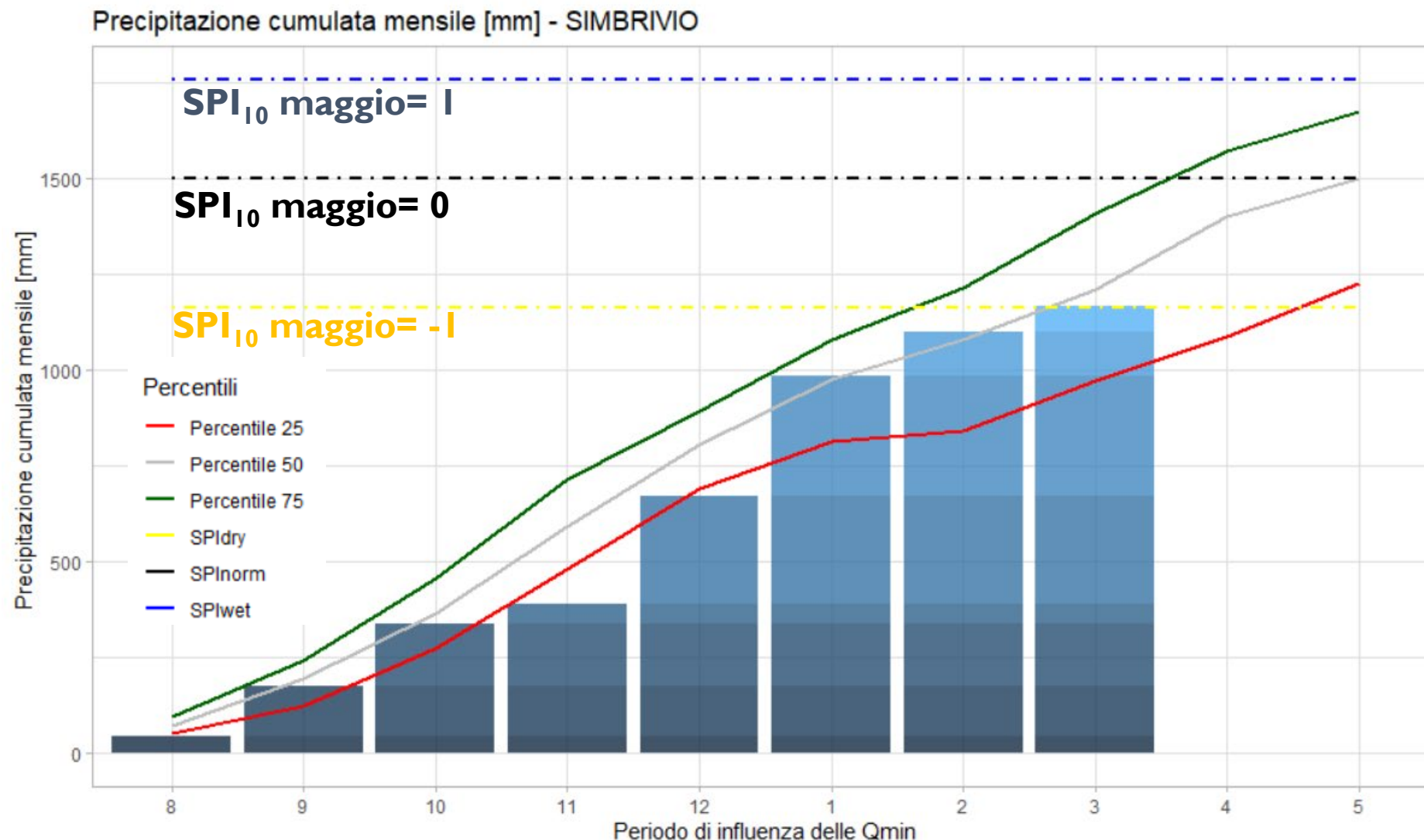
È stato calcolato per ogni sorgente il coefficiente di correlazione di Pearson:

$$R_{j,k} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i^{j,k} - \bar{x}^{j,k}) (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i^{j,k} - \bar{x}^{j,k})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2}}$$



Mese	SPI1	SPI2	SPI3	SPI4	SPI5	SPI6	SPI7	SPI8	SPI9	SPI10	SPI11	SPI12	SPI13	SPI14	SPI15	SPI16	SPI17	SPI18	SPI19	SPI20	SPI21	SPI22	SPI23	SPI24
11	0.24	0.23	0.33	0.36	0.30	0.22	0.22	0.29	0.18	0.09	0.03	0.00	-0.06	-0.11	-0.09	-0.10	-0.12	-0.09	-0.08	-0.09	-0.13	-0.15	-0.17	-0.21
12	0.21	0.30	0.36	0.42	0.42	0.36	0.30	0.29	0.34	0.25	0.16	0.10	0.08	0.01	-0.04	-0.03	-0.04	-0.06	-0.03	-0.03	-0.04	-0.07	-0.09	-0.12
1	0.25	0.35	0.37	0.40	0.45	0.44	0.38	0.32	0.31	0.35	0.27	0.19	0.14	0.11	0.05	0.00	0.01	0.00	-0.02	0.00	0.01	-0.01	-0.04	-0.06
2	0.40	0.33	0.45	0.46	0.46	0.49	0.48	0.42	0.36	0.35	0.38	0.31	0.24	0.18	0.16	0.09	0.05	0.06	0.04	0.03	0.05	0.05	0.04	0.00
3	0.42	0.55	0.48	0.53	0.56	0.57	0.58	0.58	0.53	0.46	0.45	0.47	0.41	0.34	0.28	0.26	0.19	0.15	0.15	0.14	0.12	0.13	0.13	0.12
4	0.19	0.50	0.55	0.50	0.54	0.58	0.58	0.59	0.59	0.54	0.47	0.46	0.48	0.42	0.35	0.30	0.27	0.20	0.16	0.17	0.15	0.13	0.15	0.15
5	0.46	0.37	0.59	0.60	0.54	0.61	0.64	0.63	0.64	0.64	0.59	0.52	0.51	0.53	0.46	0.40	0.34	0.31	0.24	0.21	0.21	0.19	0.17	0.18
6	0.00	0.27	0.29	0.51	0.53	0.48	0.55	0.59	0.60	0.61	0.60	0.56	0.49	0.48	0.49	0.44	0.37	0.32	0.30	0.23	0.20	0.20	0.18	0.17
7	0.32	0.16	0.32	0.33	0.53	0.54	0.50	0.57	0.59	0.60	0.62	0.61	0.57	0.50	0.49	0.51	0.45	0.39	0.34	0.31	0.25	0.22	0.22	0.20
8	0.28	0.34	0.23	0.33	0.34	0.52	0.54	0.50	0.56	0.58	0.60	0.61	0.61	0.57	0.51	0.49	0.51	0.45	0.40	0.35	0.32	0.26	0.23	0.23
9	0.10	0.17	0.26	0.20	0.30	0.32	0.50	0.53	0.50	0.55	0.57	0.60	0.62	0.60	0.57	0.50	0.49	0.50	0.45	0.40	0.35	0.32	0.26	0.23
10	0.18	0.20	0.21	0.30	0.28	0.36	0.39	0.51	0.54	0.52	0.54	0.57	0.62	0.63	0.62	0.58	0.52	0.51	0.52	0.47	0.42	0.38	0.36	0.30

# Metodologia per il calcolo della probabilità di fallimento associata alla previsione a breve termine delle portate: Piogge cumulate nel periodo di influenza



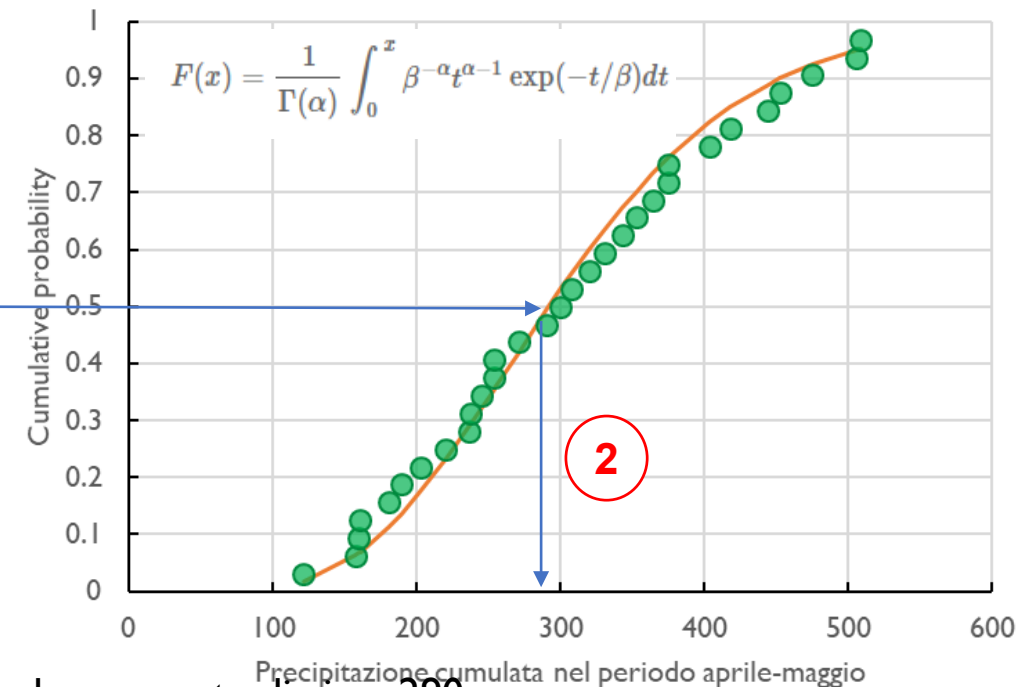
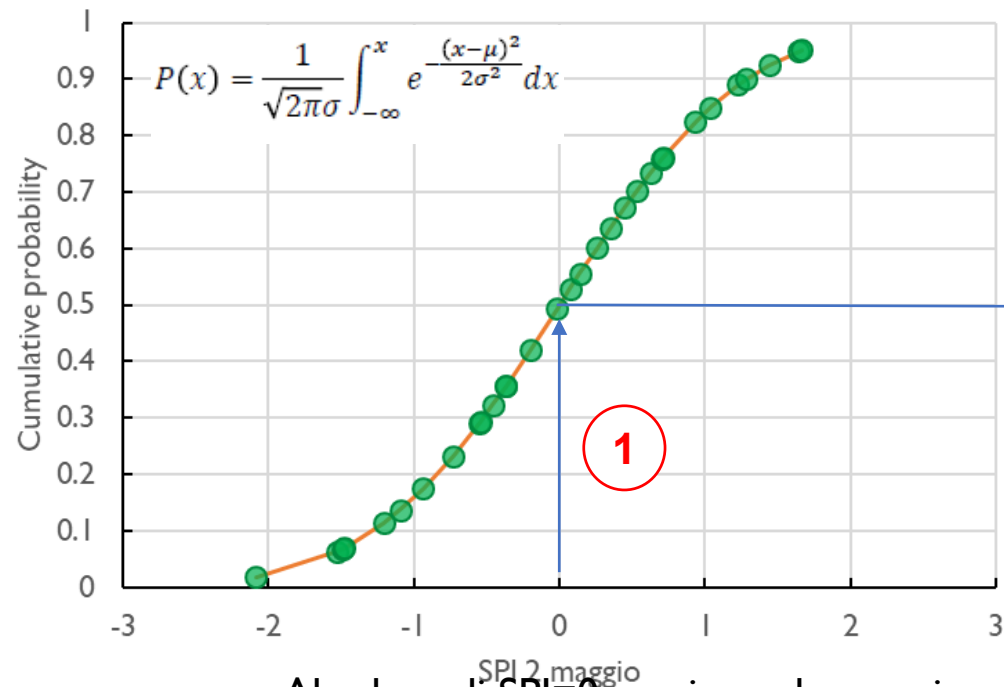
Il valore delle precipitazioni cumulate nel periodo agosto 2020-marzo 2021 è pari a circa **1165 mm**.

Qual è la portata minima prevista a fine periodo di influenza:

**$Q_{\min}$  2021?**

## Metodologia per il calcolo della probabilità di fallimento associata alla previsione a breve termine delle portate

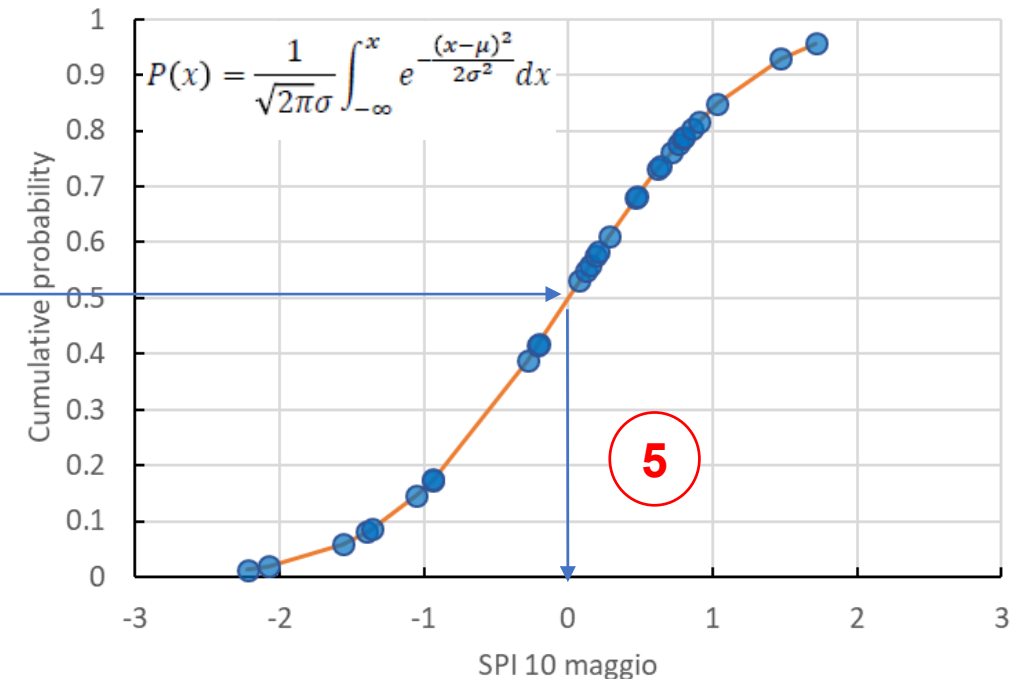
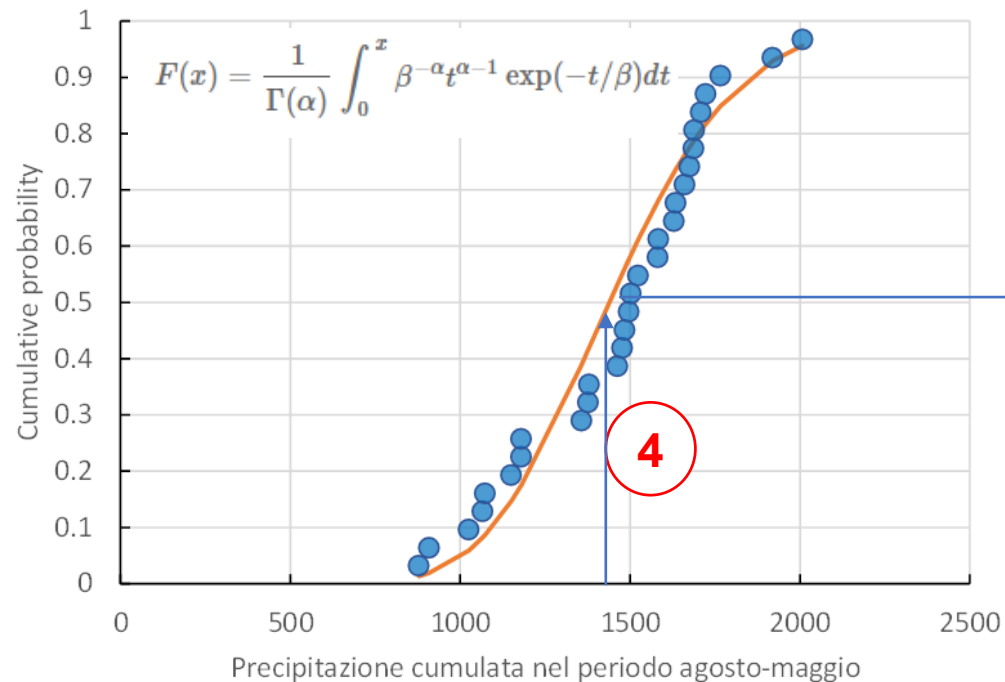
1. Per fissati valori caratteristici di **SPI** (-2.5, -2.25, -2,...2.5), rappresentativi delle possibili condizioni pluviometriche del periodo “da predire” → per ipotesi: *distribuzione normale* ( $\mu=0, \sigma=1$ ) → trovo il valore di probabilità associata;
2. In corrispondenza di tali valori di probabilità → per ipotesi: *distribuzione gamma* con parametri ( $\alpha$  e  $\beta$ ) valutati dalle serie storiche di precipitazione del periodo “da predire” → trovo il valore di **pioggia cumulata del periodo “da predire” con rispettiva probabilità di accadimento**. Ad es.: se l'intero periodo è agosto-maggio ( $SPI_{10}(maggio)$ ) e l'ultimo valore di pioggia disponibile è marzo, dovrò stimare la pioggia dei restanti 2 mesi (aprile-maggio);



Al valore di  $SPI=0$  corrisponde una pioggia del periodo mancante di circa 290 mm

## Metodologia per il calcolo della probabilità di fallimento associata alla previsione a breve termine delle portate

3. Calcolo il valore di **pioggia cumulata nel periodo attuale** (noto da misurazioni pluviometriche);
4. Calcolo il valore di **pioggia attesa per l'intero periodo** come somma di pioggia osservata e pioggia “da predire” (punto 3 + punto 2);
5. Valuto la probabilità di non superamento della pioggia attesa per l'intero periodo (punto 4) → per ipotesi: *distribuzione gamma con parametri ( $\alpha$  e  $\beta$ ) valutati dalle serie storiche di precipitazione dell'intero periodo agosto-maggio* ( $SPI_{10}$  maggio) → per ipotesi: *distribuzione normale* ( $\mu=0, \sigma=1$ ) →  $SPI$  dell'intero periodo.



Al valore di  $SPI=0$  corrisponde una pioggia di circa 1450 mm



# Metodologia per il calcolo della probabilità di fallimento per la previsione a breve termine delle portate

Seguendo l'applicazione del modello, per la previsione della portata minima mancano due mesi:

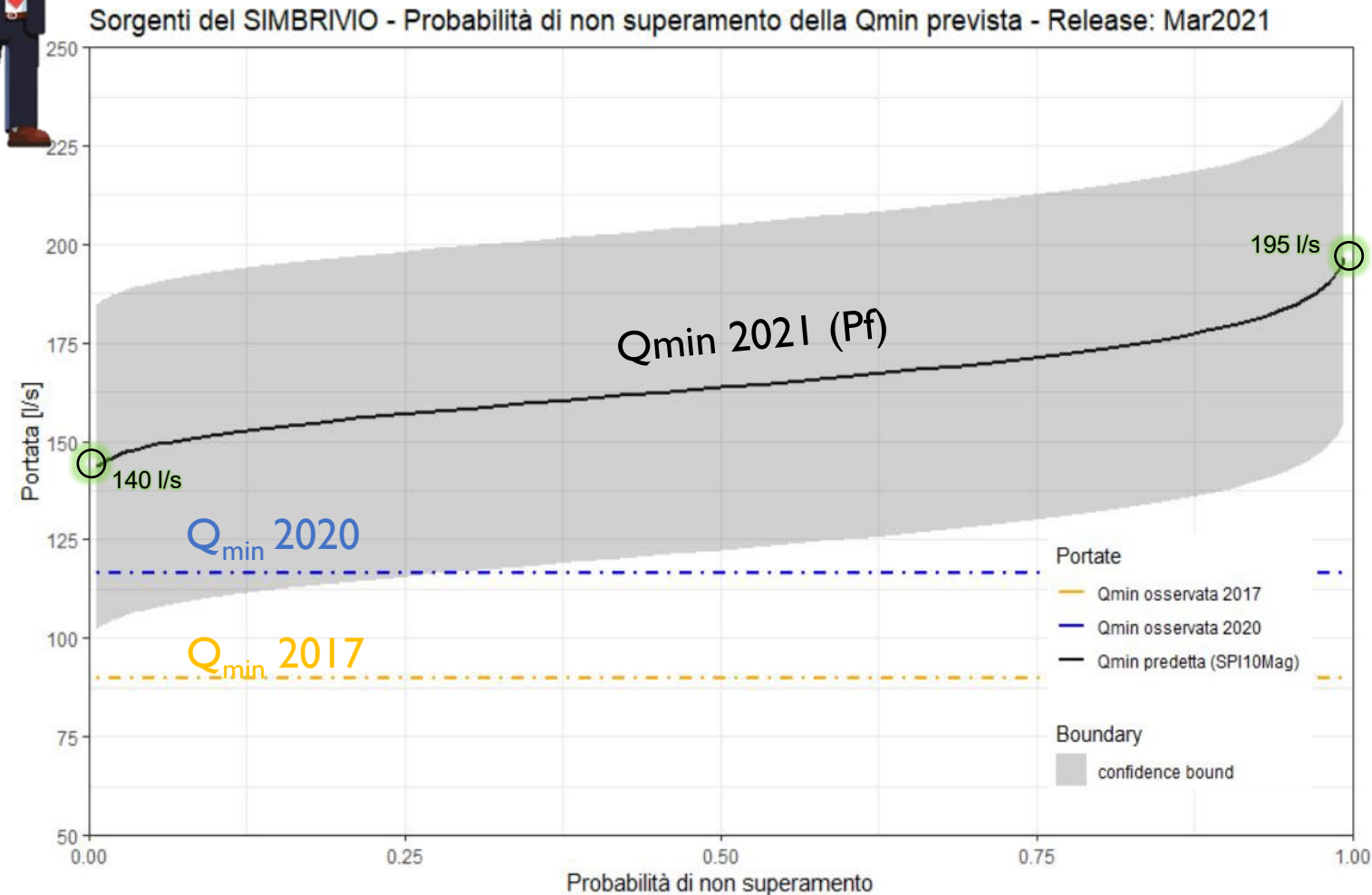


$$Q_{min}^{predetta} = \alpha * SPI_{10} (maggio) + \beta \pm \varepsilon$$

In funzione del cumulado registrato tra agosto 2020 e marzo 2021 e introducendo la probabilità di accadimento delle cumulate di pioggia storiche relative ad aprile-maggio, rispondo alla domanda:

*Qual è la probabilità di fallimento (Pf) legata ad un determinato valore di portata minima predetto ( $Q_{min}$ )?*

Per l'anno idrologico in corso, la Pf minima (condizione più cautelativa) è associata al verificarsi di una  $Q_{min}$  pari a 140 l/s; mentre la Pf massima (condizione meno cautelativa) al verificarsi di una  $Q_{min}$  pari a 195 l/s.



## Hindcast anno idrologico 2017

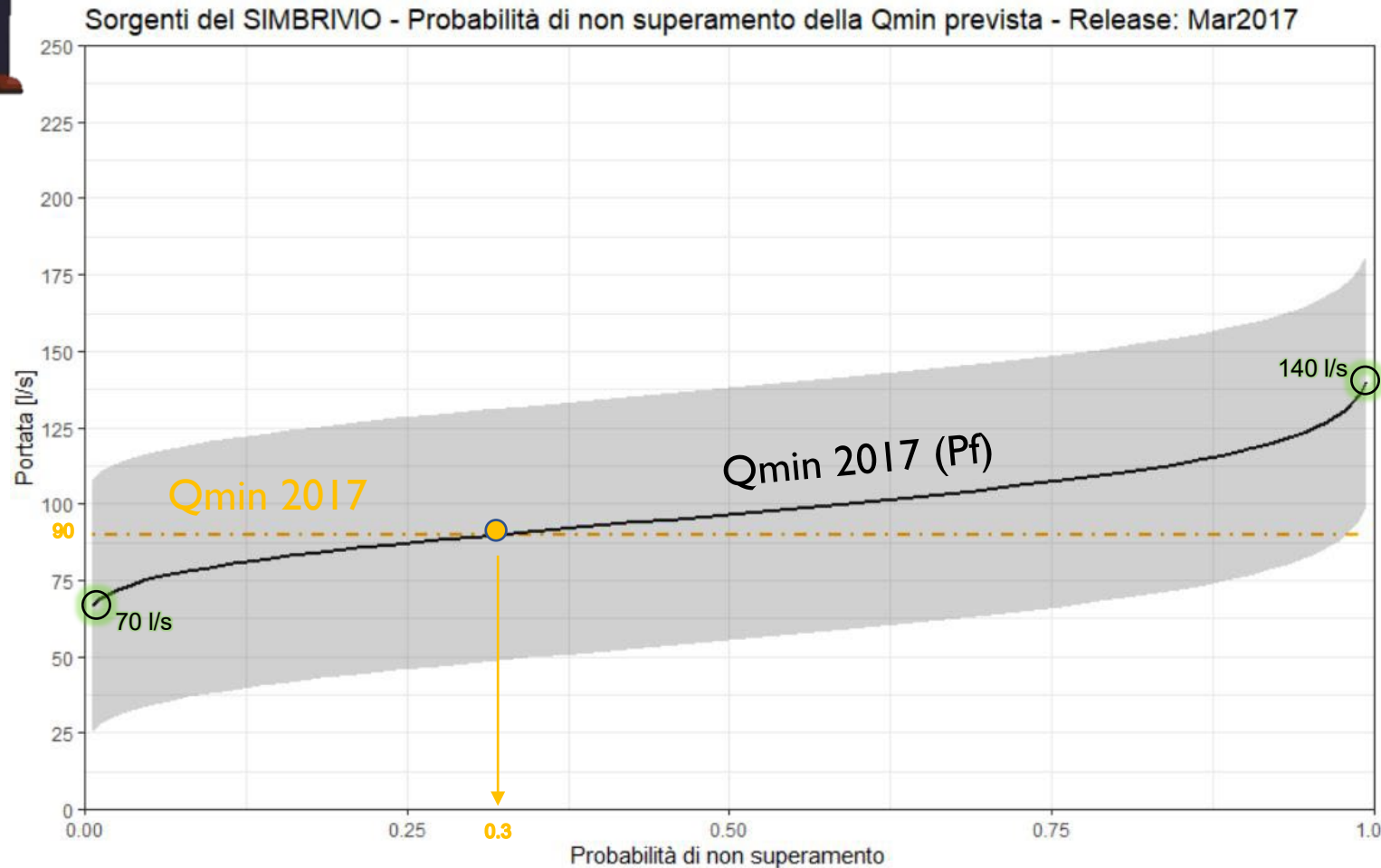


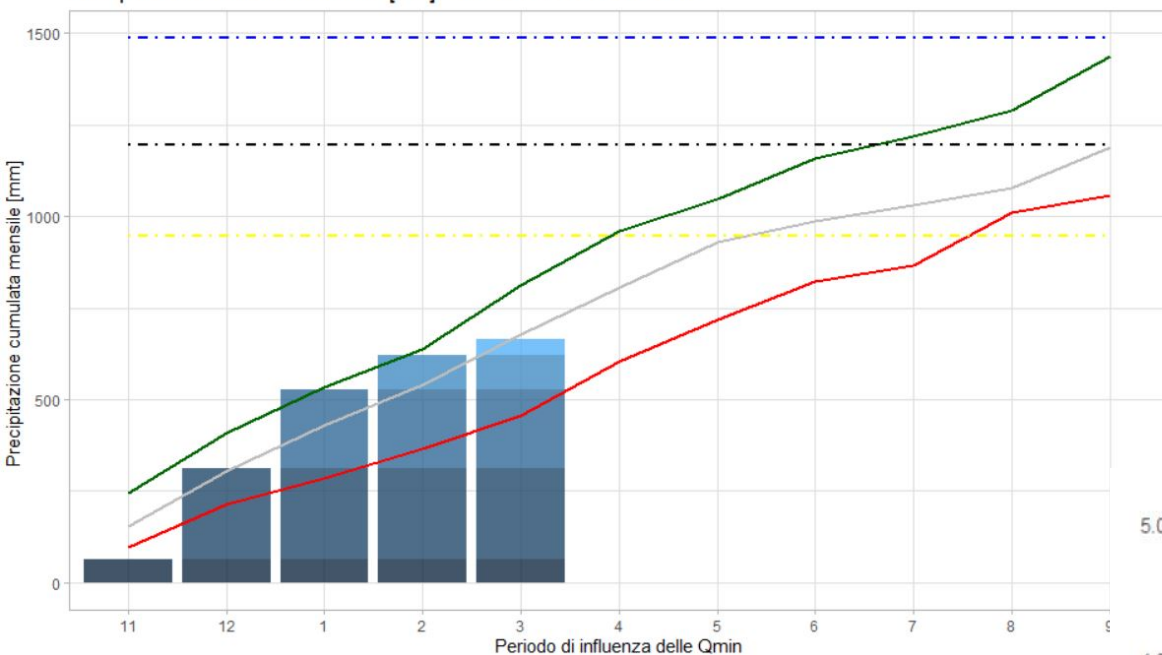
$$Q_{min} = \alpha * SPI_{10} (maggio) + \beta \pm \varepsilon$$

Pioggia cumulata registrata tra agosto 2016 e marzo 2017 = **658 mm**;  
Pioggia cumulata relativa ad aprile e maggio 2017 = **220 mm**;  
Pioggia cumulata dell'intero periodo (agosto-maggio) = **878 mm** pari a uno SPI di circa -2.2.

Per l'anno idrologico 2017, la Pf minima (condizione più cautelativa) era associata al verificarsi di una  $Q_{min}$  pari a circa 70 l/s; mentre la Pf massima (condizione meno cautelativa) al verificarsi di una  $Q_{min}$  pari a 140 l/s.

La  $Q_{min}$  osservata ad ottobre 2017 è stata pari a 90 l/s, corrispondente ad una Pf di circa 0.3.





Per l'anno idrologico in corso, la Pf minima (condizione più cautelativa) è associata al verificarsi di una  $Q_{min}$  pari a 4.27 m<sup>3</sup>/s; mentre la Pf massima (condizione meno cautelativa) al verificarsi di una  $Q_{min}$  pari a 4.58 m<sup>3</sup>/s.



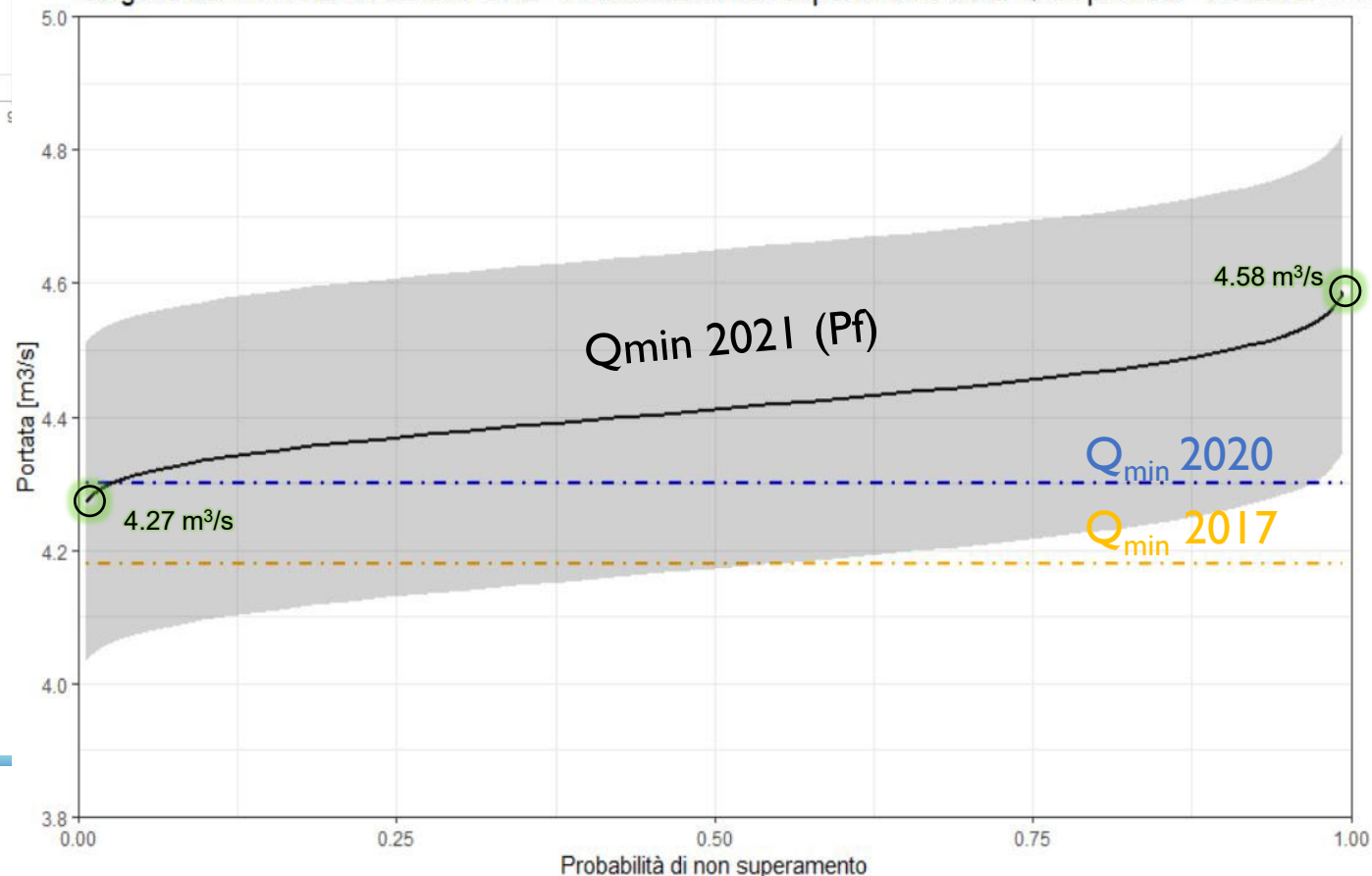
## Caso di studio: Sorgenti le Capore

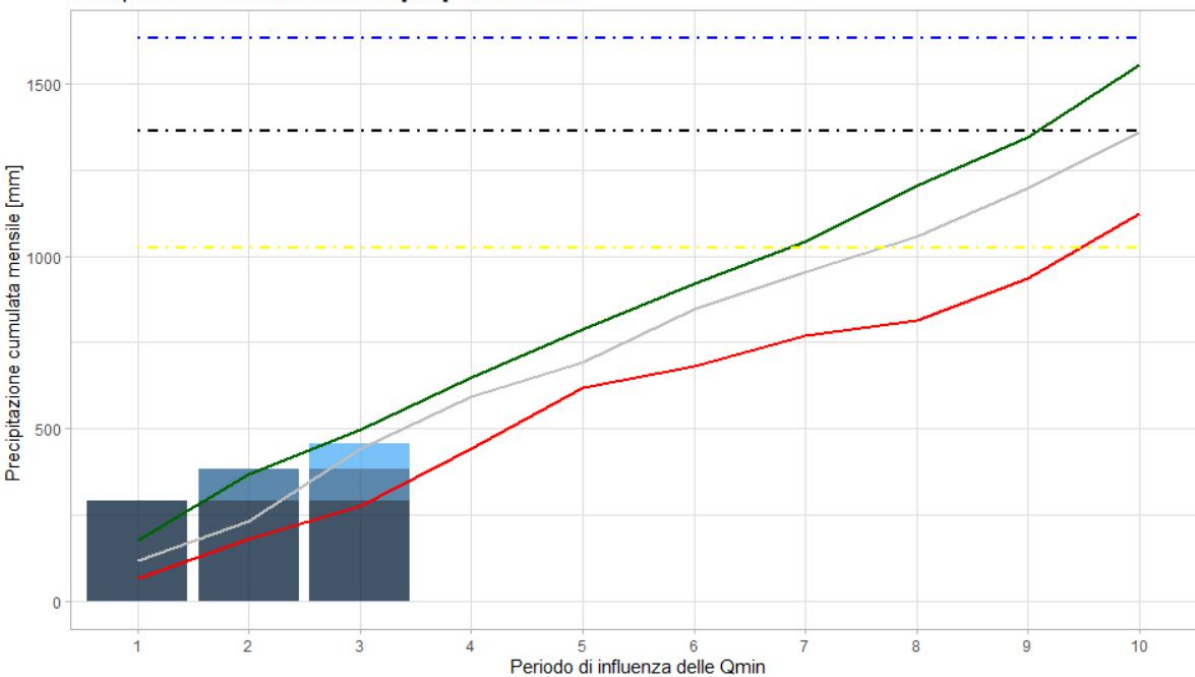
### Previsione della portata di breve periodo

Il valore delle precipitazioni cumulate nel periodo novembre 2020-marzo 2021 è pari a circa 665 mm

$$Q_{min}^{predetta} = \alpha * SPI_{11} (settembre) + \beta \pm \varepsilon$$

Sorgenti del SORGENTI LE CAPORE - Probabilità di non superamento della Qmin prevista - Release: Mar2021





Per l'anno idrologico in corso, la Pf minima (condizione più cautelativa) è associata al verificarsi di una  $Q_{min}$  pari a 790 l/s; mentre la Pf massima (condizione meno cautelativa) al verificarsi di una  $Q_{min}$  pari a 1320 l/s.



## Caso di studio: Sorgenti del Pertuso

### Previsione della portata di breve periodo

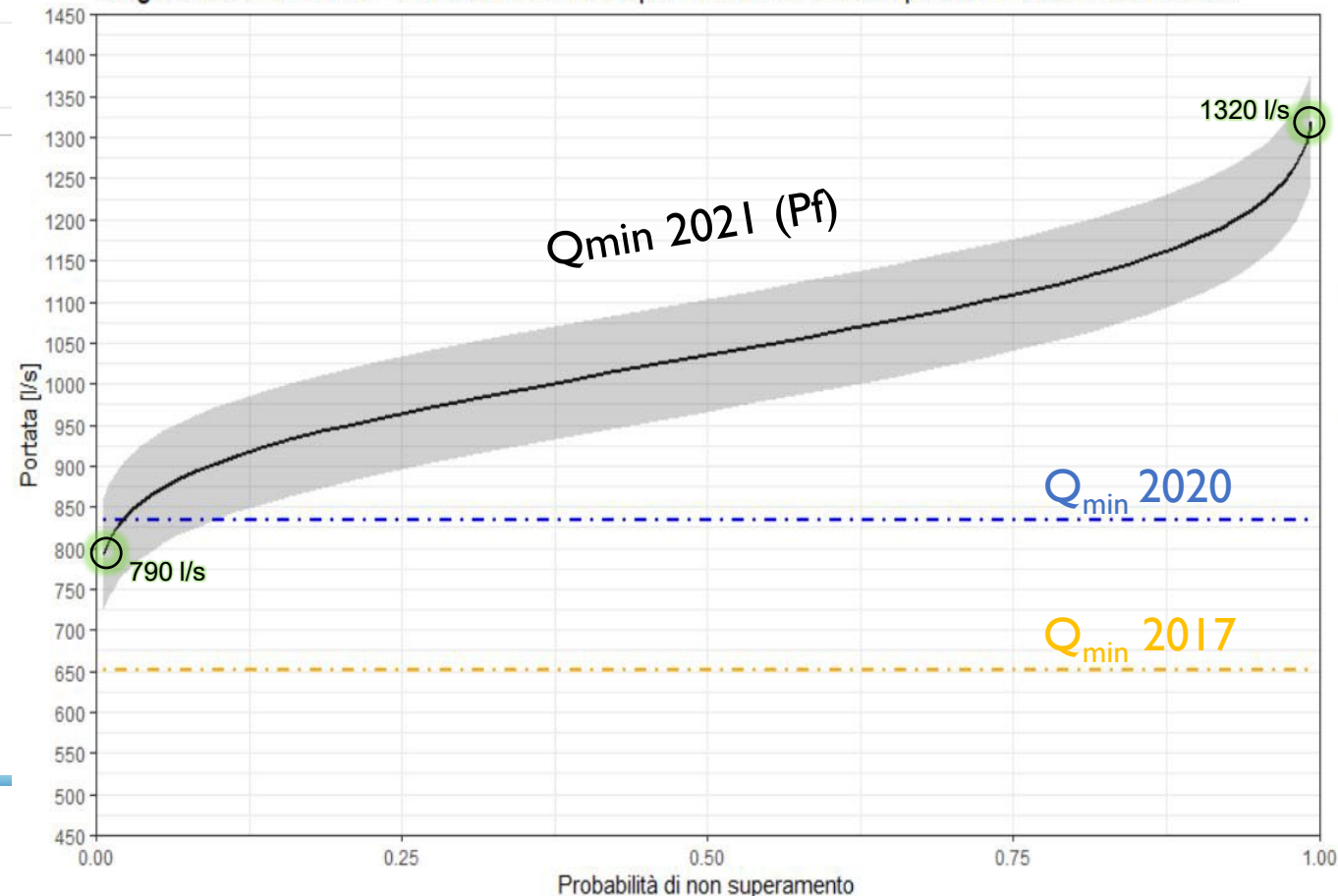
Il valore delle precipitazioni cumulate nel periodo gennaio 2021-marzo 2021 è pari a circa 455 mm

Percentili

- Percentile 25
- Percentile 50
- Percentile 75
- SPIdry
- SPInorm
- SPIwet

$$Q_{min}^{predetta} = \alpha * SPI_{10} (ottobre) + \beta \pm \varepsilon$$

Sorgenti del PERTUSO - Probabilità di non superamento della  $Q_{min}$  prevista - Release: Mar2021





- Per l'anno idrologico in corso (settembre 2020 – marzo 2021), per tutti i principali acquiferi di Acea Ato2, si registrano valori di precipitazioni cumulate sovrapponibili ai valori medi storici. Vale la pena sottolineare inoltre che, durante i mesi invernali si sono registrate sulle aree di ricarica dei principali acquiferi (dorsale appenninica laziale-abruzzese) precipitazioni nevose cumulate superiori rispetto ai valori medi di lungo periodo;
- In riferimento all'andamento delle temperature medie, durante l'attuale anno idrologico si registra una modesta decrescita rispetto allo stesso periodo del passato anno idrologico. In aggiunta, i valori di evapotraspirazione giornalieri dell'attuale anno idrologico risultano più modesti rispetto all'anno idrologico 2020;
- Il modello di previsione implementato, allo stato attuale, non mostra criticità per quanto riguarda la disponibilità idrica delle principali fonti di approvvigionamento di Acea Ato2. Tuttavia, bisognerà attendere i prossimi mesi per avere un effettivo riscontro sulla previsione delle portate minime dei principali acquiferi in gestione da Ato2.

