

Un Servizio Climatico Operativo per la previsione della Siccità

Arianna Di Paola¹, Ramona Magno², Edmondo Di Giuseppe¹, Sara Quaresima¹, Leandro Rocchi² and Massimiliano Pasqui¹

¹ National Research Council of Italy, Institute for BioEconomy, Rome, Italy

² National Research Council of Italy, Institute for BioEconomy, Sesto Fiorentino, Italy

AIAM 2025

11-13 giugno, Osimo (AN)



DROUGHT CENTRAL
Osservatorio Siccità

 **CNR IBE**
Istituto per la BioEconomia

Previsioni Climatiche Stagionali

Tendenze medie di una stagione (1-12 mesi) rispetto alla norma storica

Credits: climate data.ca



Previsioni Climatiche Stagionali

Basati su due approcci principali

Earth System Models (ESMs)

Simulano i processi fisici alla base del clima

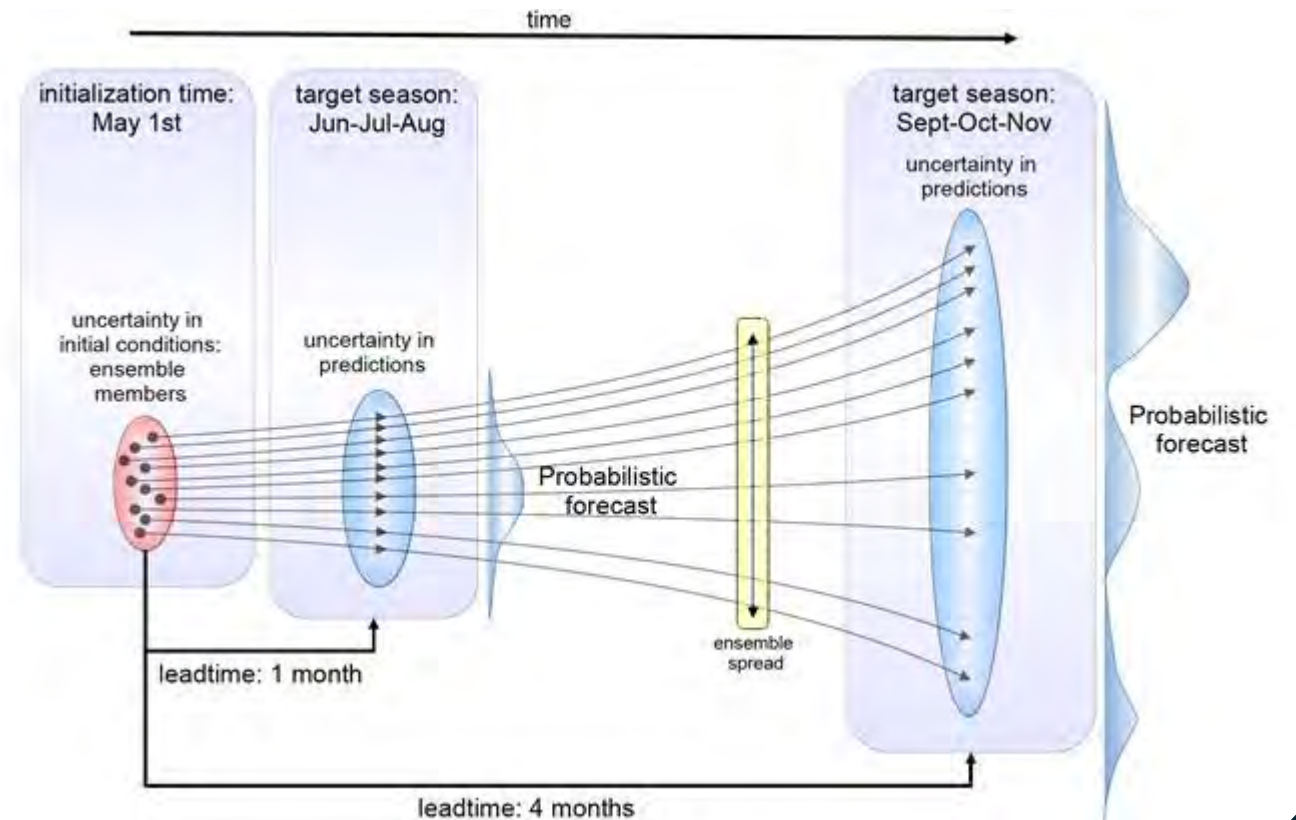
Modelli empirico-statistici

Basati su relazioni empiriche.
Usano dati osservati e modelli statistici tra variabili climatiche

Previsioni Climatiche Stagionali

Earth System Models

- ▶ Dipendono dalle condizioni iniziali
- ▶ Supportano scenari futuri anche in condizioni **mai osservate prima**
- ▶ Non ha la responsabilità della previsione



Previsioni Climatiche Stagionali

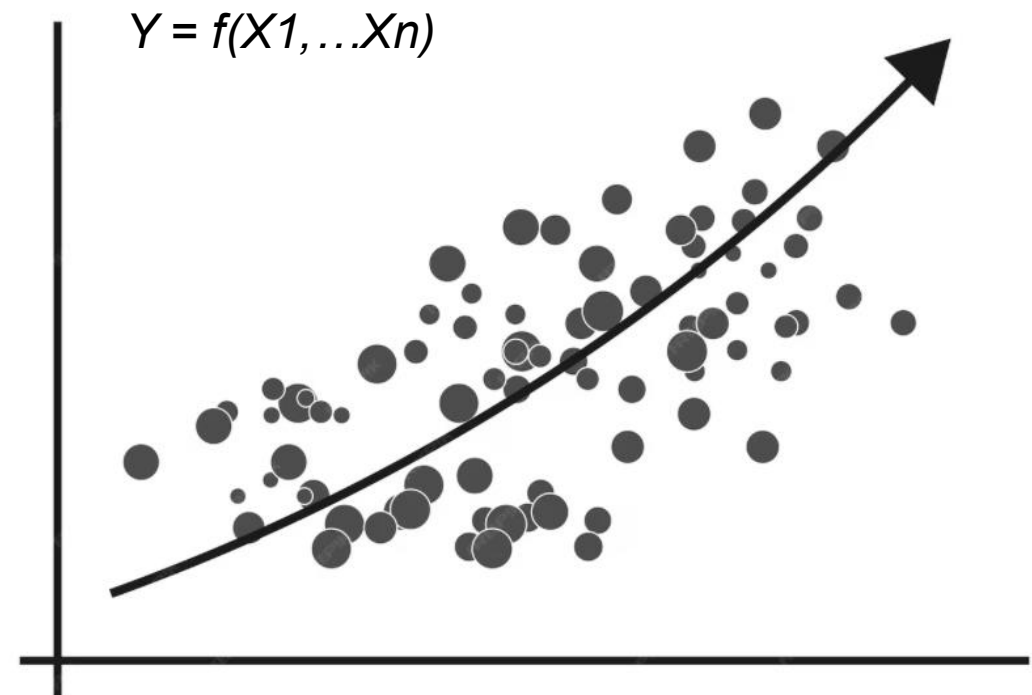
Modelli Statistici

Y = Target

Definisci direttamente la variabile di interesse

X_{1-n} = Predittori o *input features*

Hai la responsabilità di definire le sorgenti di predicibilità



Previsioni Climatiche Stagionali

Modelli Statistici

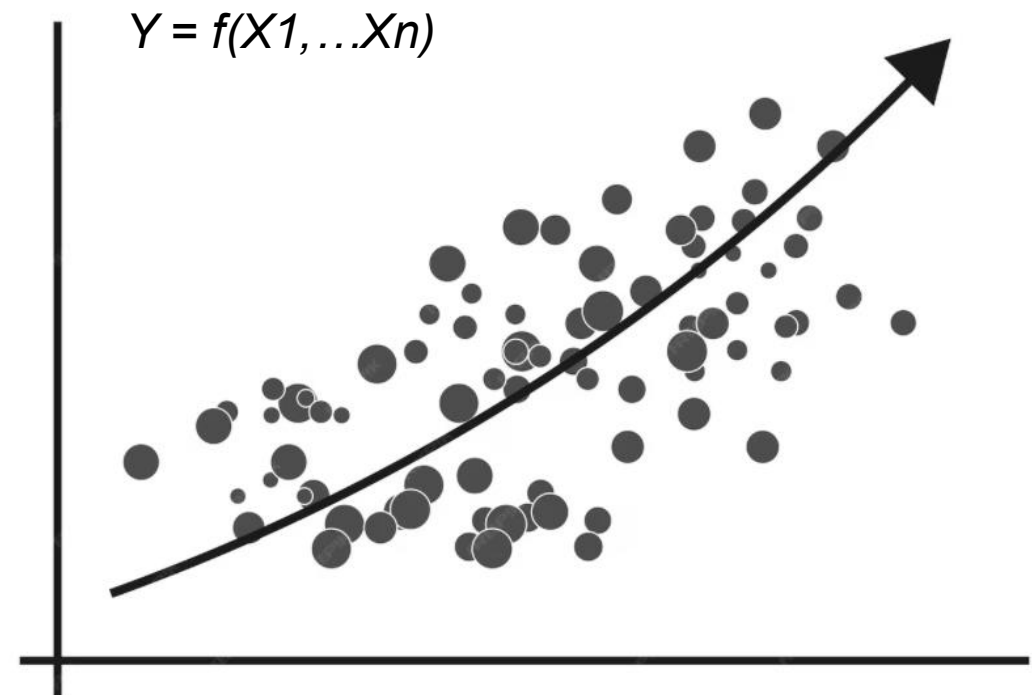
Y = Target

Definisci direttamente la variabile di interesse

X_{1-n} = Predittori o *input features*

Hai la responsabilità di definire le sorgenti di predicibilità

-
- ▶ Metriche esplicite, interpretabili e applicabili
 - ▶ Flessibili e trasferibili
 - ▶ Incapaci di prevedere un evento mai verificatosi
-



Barriere da superare

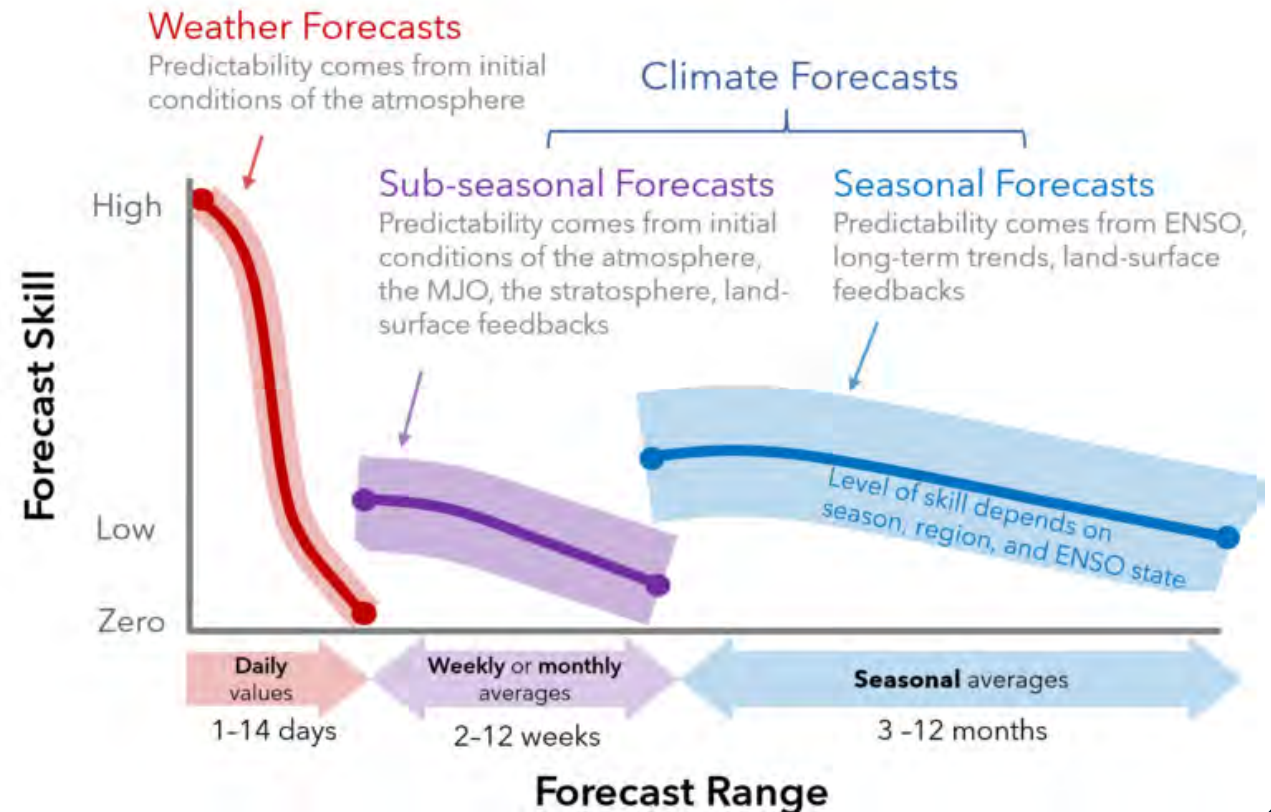
Credits: J. Lukas, modified from Lukas and Payton 2020, originally adapted from E. Gawthrop and T. Barnston, International Research Institute for Climate and Society

ESMs La comunicazione è complessa

ESMs Disconnessione tra variabili previste e le informazione utili per le decisioni degli utenti

ESMs Affidabilità bassa

ML



Area pilota

Identificare un indicatore di siccità che sia collegato ad un impatto chiaro e misurabile. Prevederne l'andamento stagionale

P



Precipitazione: ARCIS

NetCDF, dato su griglia 0.06°

1961-2024

Aggregato su scala mensile

Q

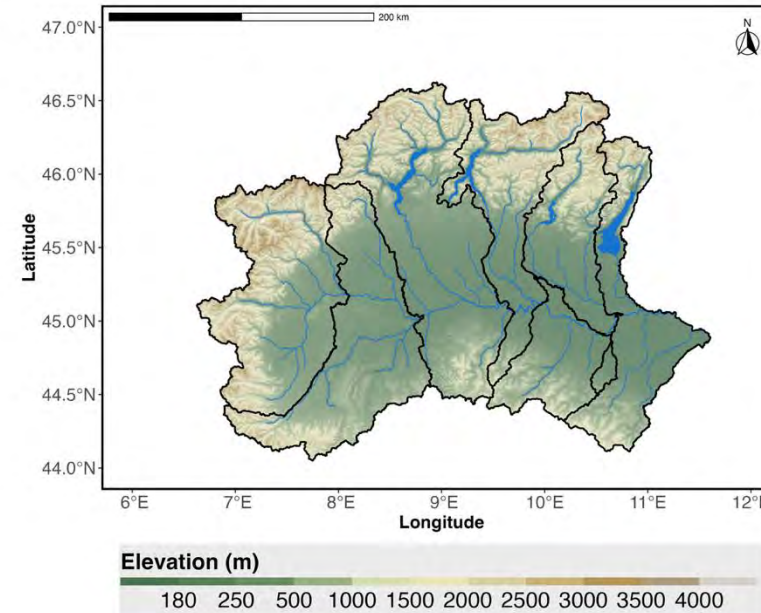


Portata: ARPAE

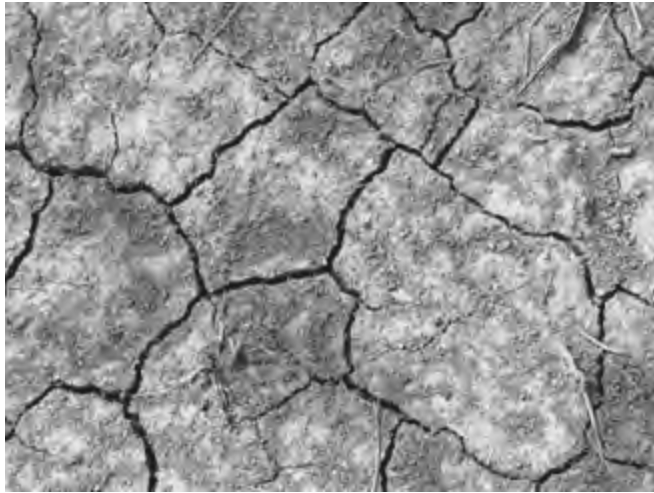
CSV, Portata sezione Pontelagoscuro

1961-2024

Aggregato su scala mensile

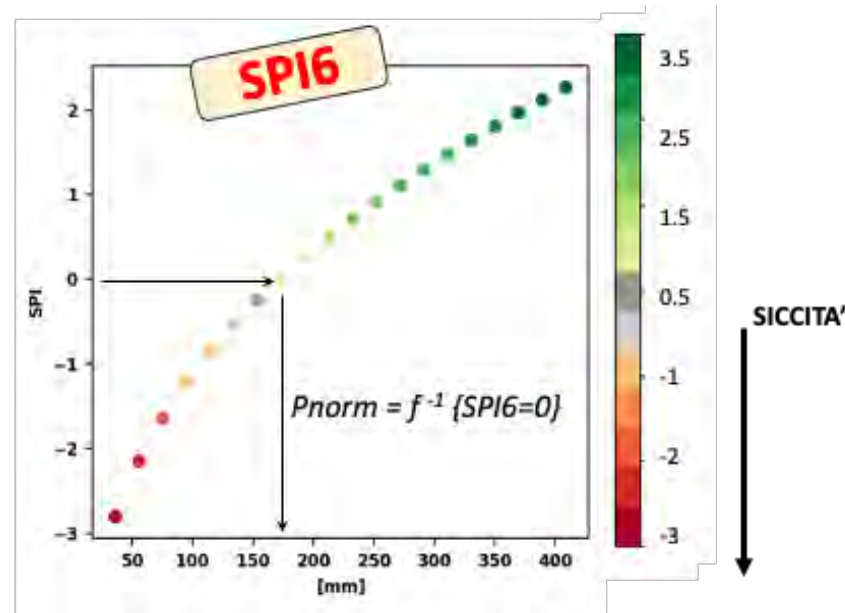


Target: Siccità



COS'È LA SICCITÀ

Deficit di precipitazione rispetto alla climatologia locale



COME SI MISURA

Spesso misurata con l'Indice Standardizzato di Precipitazione (SPI)

SPI	SPI category
≥ 2.00	Extremely wet
1.50–1.99	Severely wet
1.00–1.49	Moderately wet
0–0.99	Mildly wet
–0.99–0	Mild drought
–1.49––1.00	Moderate drought
–1.99––1.50	Severe drought
≤ -2.00	Extreme drought

COME SI CATEGORIZZA

Intervalli discreti da *estremamente umido* a *estremamente severo*

Target: Siccità



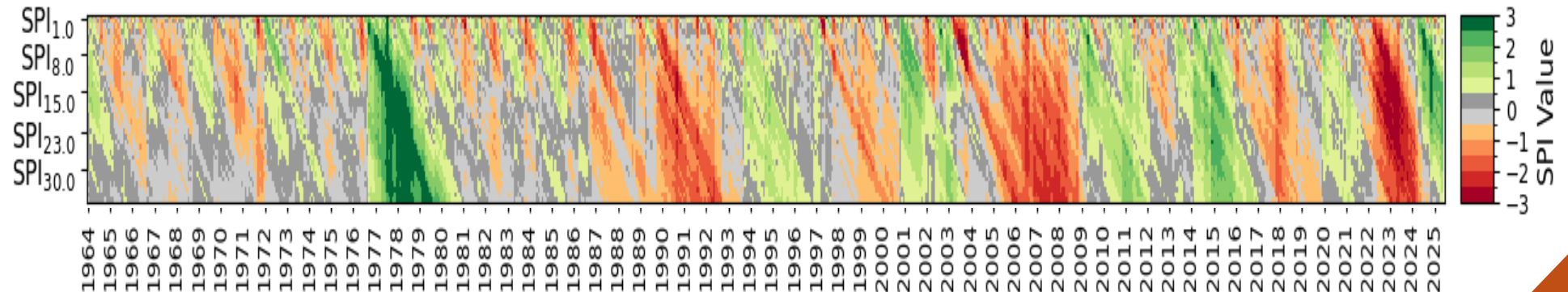
Target: Siccità orientata all'utente

Quali le esigenze specifiche?

Utente: Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po (AdB Po)

Esigenza: Disponibilità idrica del bacini

Variabile: la portata (Q) del fiume Po

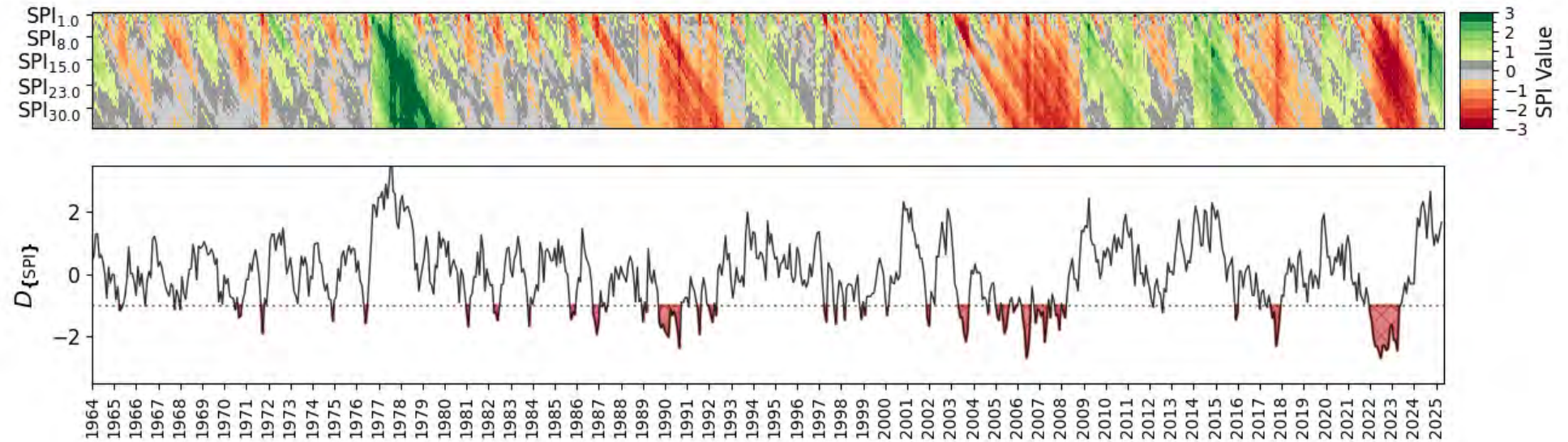


Target: Siccità orientata all'utente

$\mathcal{D}_{\{SPI\}}$

}

Media
Ponderata

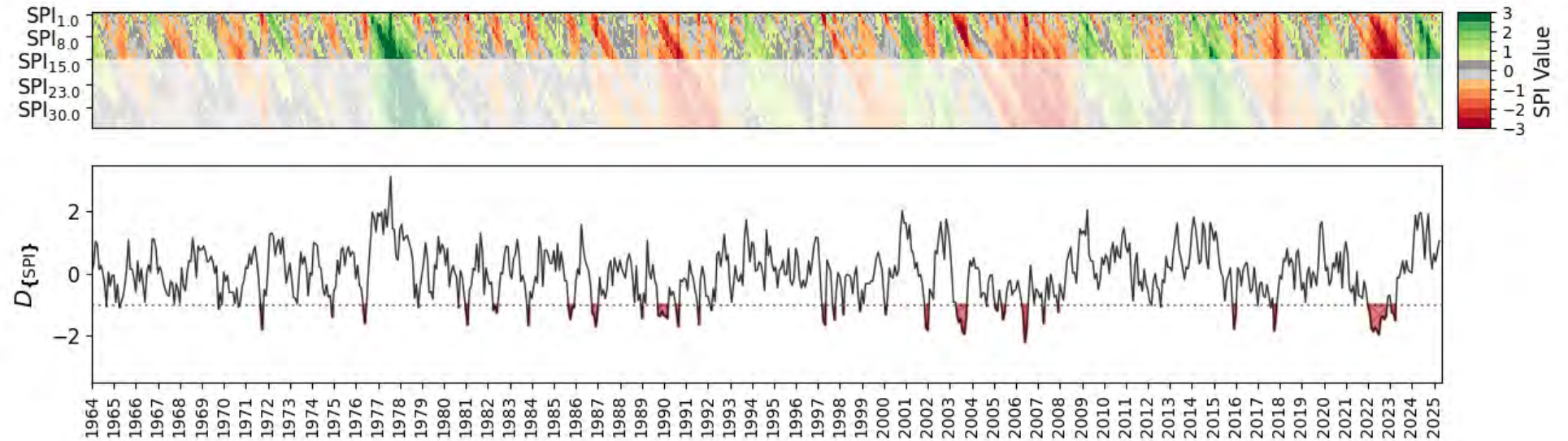


Target: Siccità orientata all'utente

$\mathcal{D}_{\{SPI\}}$

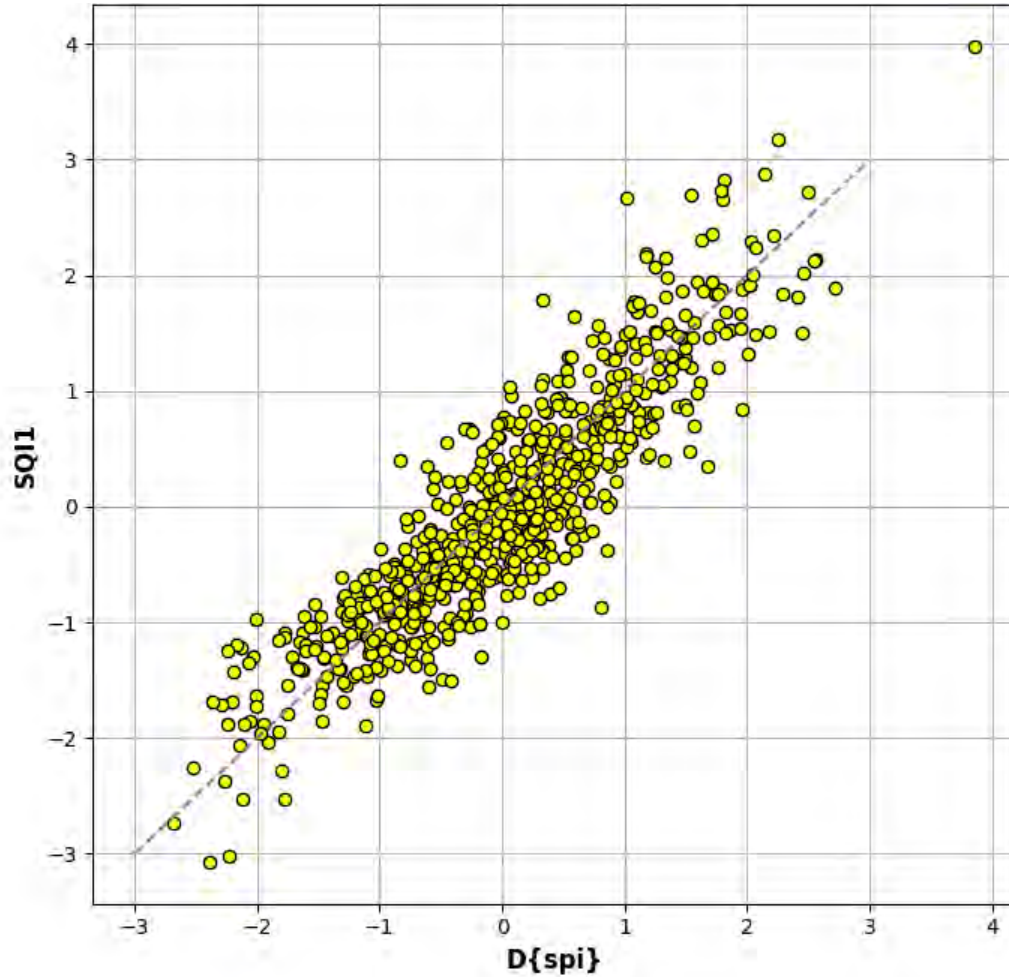
}

Media
Ponderata



Target: Siccità orientata all'utente

$\mathcal{D}_{\{SPI\}}$



$R^2 = 0.8$
 $RMSE = 0.5$

Obiettivo

Produrre e testare le previsioni stagionali di $\mathcal{D}_{\{SPI\}}$ per supportare la gestione idrica a scala di bacino e le decisioni agronomiche inerenti all'uso dell'acqua

Approccio Previsionale

ESM: ECMWF - SEAS5

- NetCDF, dato su griglia a 1°
- Climatologia (historical) del modello : 1981-2016
- Scala mensile
- Lead-time : 1-6 mesi

ML – Machine Learning (XGBoost)

- Previsione regredita dall'algoritmo di ML
 - Climatologia di riferimento: ARCIS 1961- 2024
 - Scala mensile
 - Lead-time : 1-6 mesi
- 

SCF: ECMWF – SEAS5

- ▶ Precipitazione, ensemble (51 membri)
- ▶ Anomalia di Precipitazione (+6mesi)
rispetto alla climatologia del modello
- ▶ Trasposizione dell'anomalia sulla
climatologia ARCIS, calcolo di $\mathcal{D}_{\{SPI\}}$
- ▶ Bande di dispersione (σ) dell'ensemble

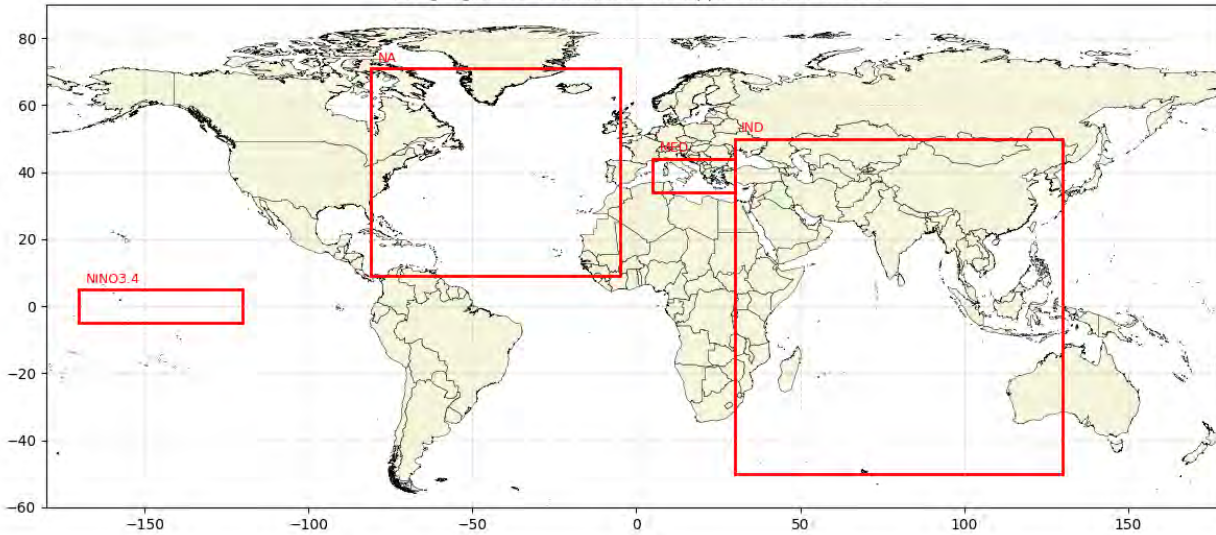
SCF: ECMWF – SEAS5

- ▶ Precipitazione, ensemble (51 membri)
- ▶ Anomalia di Precipitazione (+6mesi) rispetto alla climatologia del modello
- ▶ Trasposizione dell'anomalia sulla climatologia ARCIS, calcolo di $\mathcal{D}_{\{SPI\}}$
- ▶ Bande di dispersione (σ) dell'ensemble

ML: XGBoost

- ▶ INPUT: Temperatura della superficie oceanica in aree specifiche (teleconnessioni)
- ▶ TARGET: $\mathcal{D}_{\{SPI\}}$ (+6 mesi) (un modello per ogni lead month, configurazione parametri di default)
- ▶ Addestramento e Validazione: K-Fold Cross Validation (K=10)
- ▶ Bontà ed Incertezza: R^2 , RMSE tra simulato e osservato

Aree geografiche evidenziate su mappa mondiale (ERSST)



- **Anomalie di SST (stessa baseline del target)**
- **PCA**
- **PC1 e PC2, timeseries mensili**
- **Aggregazione con la stessa semantica del target ($\mathcal{D}_{\{PC\}}$)**

ML: XGBoost

- ◀ **INPUTS:** Temperatura della superficie oceanica in aree specifiche (teleconnessioni)
- ▶ Target $D_{\{SPI\}}$ (+6 mesi)
(un modello per ogni lead month, configurazione parametri di default)
- ▶ Addestramento e Validazione:
K-Fold Cross Validation (K=10)
- ▶ Bontà ed Incertezza:
R2, RMSE tra simulato e osservato

SCF: ECMWF – SEAS5

- ▶ Precipitazione, ensemble (51 membri)
- ▶ Anomalia di Precipitazione (+6mesi) rispetto alla climatologia del modello
- ▶ Trasposizione dell'anomalia sulla climatologia ARCIS, calcolo di $\mathcal{D}_{\{SPI\}}$
- ▶ Bande di dispersione (σ) dell'ensemble

ML: XGBoost

- ▶ INPUTS: Temperatura della superficie oceanica in aree specifiche (teleconnessioni)
- ▶ TARGET: $\mathcal{D}_{\{SPI\}}$ (+6 mesi)
(un modello per ogni lead month, configurazione parametri di default)
- ▶ Addestramento e Validazione:
K-Fold Cross Validation (K=10)
- ▶ Bontà ed Incertezza:
R2, RMSE tra simulato e osservato

Configurazione dei casi

Anni selezionati:

- 2017
- 2022

Mesi di previsione:

- Da Dicembre +6 mesi → scelta varietale
- Da Aprile +6 mesi → gestione semine

2016/17

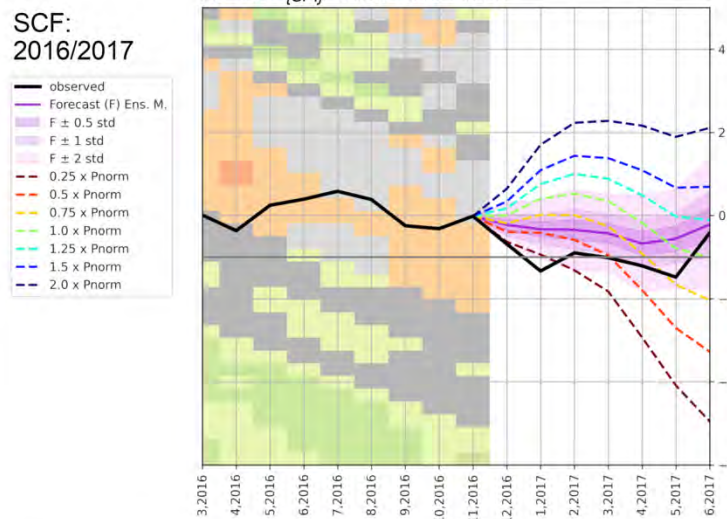
ECMWF

— $\mathcal{D}_{\{SPI\}}$ Osservato

— $\mathcal{D}_{\{SPI\}}$ Previsto

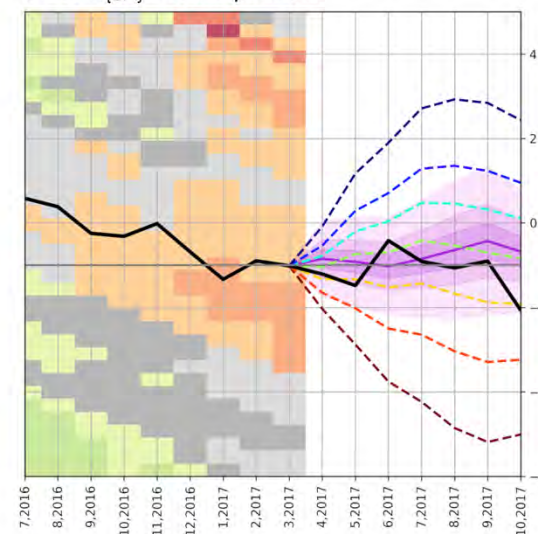
Dicembre +6 mesi

SFC: $\mathcal{D}_{\{SPI\}}$ from Dic. 2016



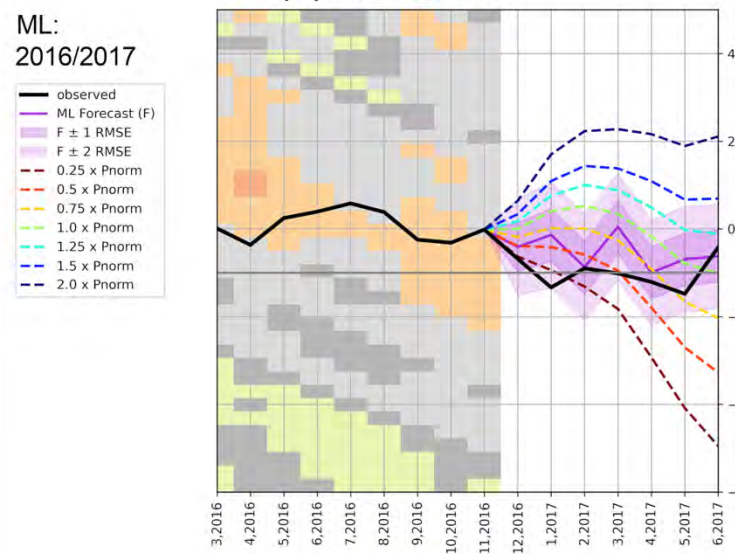
Aprile +6 mesi

SFC: $\mathcal{D}_{\{SPI\}}$ from Apr. 2017

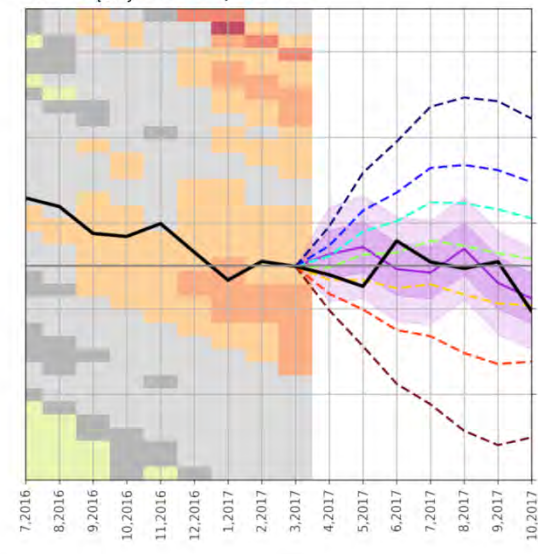


ML

ML: $\mathcal{D}_{\{SPI\}}$ from Dic. 2016



ML: $\mathcal{D}_{\{SPI\}}$ from Apr. 2017



2021/22

ECMWF

— $\mathcal{D}_{\{SPI\}}$ Osservato

— $\mathcal{D}_{\{SPI\}}$ Previsto

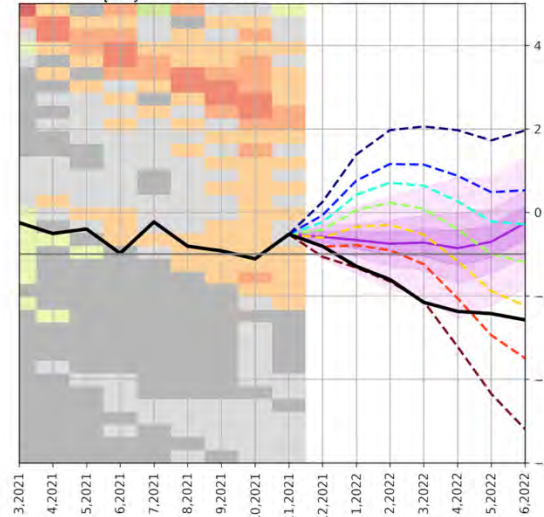
Dicembre +6 mesi

Aprile +6 mesi

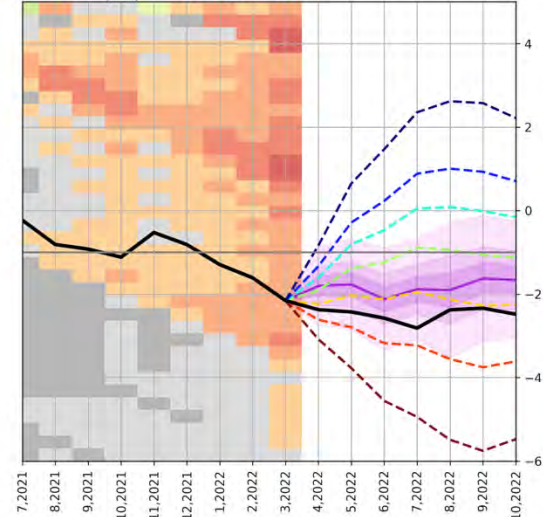
SCF:
2021/2022

— observed
— Forecast (F) Ens. M.
— $F \pm 0.5$ std
— $F \pm 1$ std
— $F \pm 2$ std
— $0.25 \times P_{norm}$
— $0.5 \times P_{norm}$
— $0.75 \times P_{norm}$
— $1.0 \times P_{norm}$
— $1.25 \times P_{norm}$
— $1.5 \times P_{norm}$
— $2.0 \times P_{norm}$

SFC: $D_{\{SPI\}}$ from Dic. 2021



SFC: $D_{\{SPI\}}$ from Apr. 2022

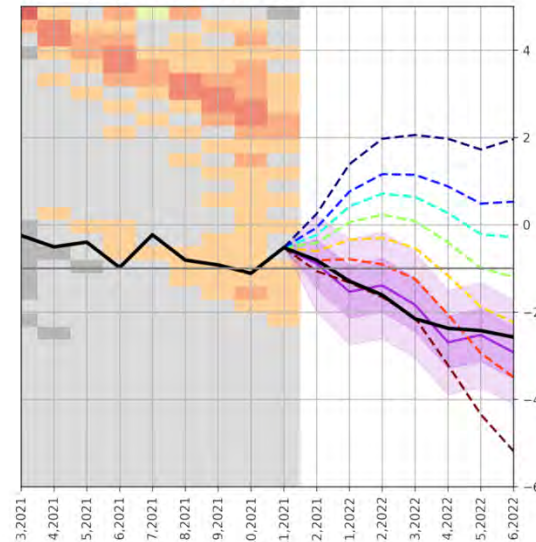


ML

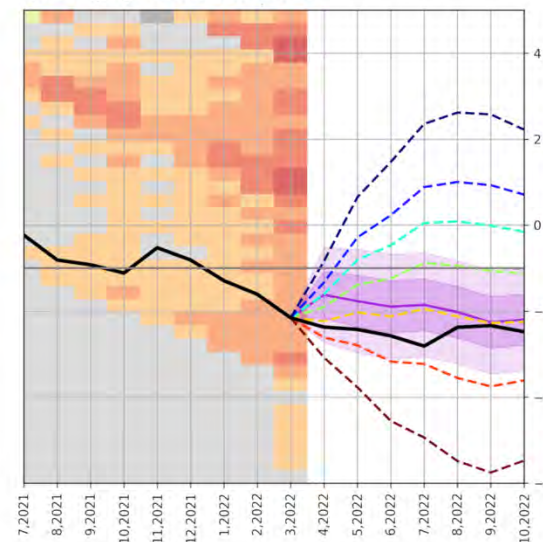
ML:
2021/2022

— observed
— ML Forecast (F)
— $F \pm 1$ RMSE
— $F \pm 2$ RMSE
— $0.25 \times P_{norm}$
— $0.5 \times P_{norm}$
— $0.75 \times P_{norm}$
— $1.0 \times P_{norm}$
— $1.25 \times P_{norm}$
— $1.5 \times P_{norm}$
— $2.0 \times P_{norm}$

ML: $D_{\{SPI\}}$ from Dic. 2021



ML: $D_{\{SPI\}}$ from Apr. 2022



Conclusioni

VERSO UN SERVIZIO CLIMATICO OPERATIVO PER LA PREVISIONE DELLA SICCAITA

Definizione di un indicatore user-oriented

legato ad un impatto concreto e misurabile di interesse per lo stakeholder

Previsioni climatiche in modalità seamless

Il sistema fornisce una narrativa continua e coerente del rischio climatico su diversi orizzonti temporali

Accessibilità e trasparenza

Le previsioni sono presentate in modo chiaro, con ipotesi esplicite e confronti diretti tra osservato e simulato, facilitando l'uso operativo

Approccio operativo e replicabile



DROUGHT CENTRAL

Osservatorio Siccità

(Magno et al., 2018)



User Oriented

L'Osservatorio siccità è concepito per fornire **informazioni** per **supportare** i diversi **bisogni** e competenze degli utenti

Open Science

OPEN Data
OPEN Source
OPEN Access
Standard

Principi FAIR

FINDABLE
ACCESSIBLE
INTEROPERABLE
REUSABLE



Italia

Europa

Mondo



Indice

SPI

SQI

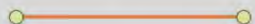
SPI

INFO

Heatmap : valori dell'indice standardizzato per scale temporali continue (1-36 mesi)

D : valori al di sotto della soglia -1 indicano siccità severa

CDN : deviazione cumulata dalla normale (somma cumulata dell'indice standardizzato a 1 mese)



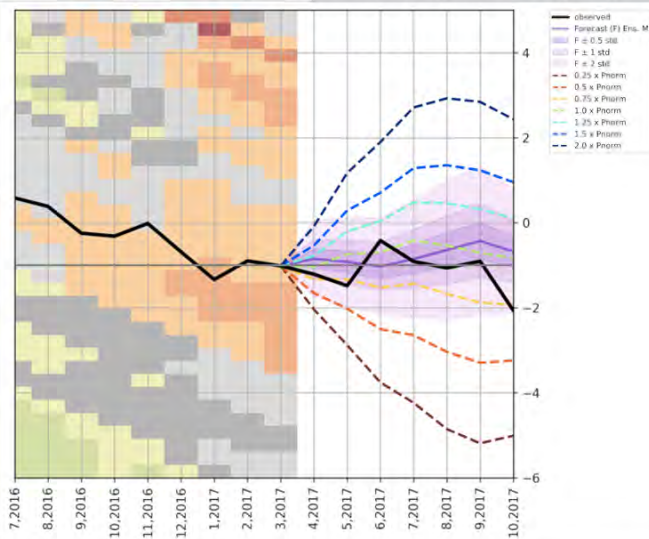
Previsioni ML :

Previsioni SCF :

Bacini principali

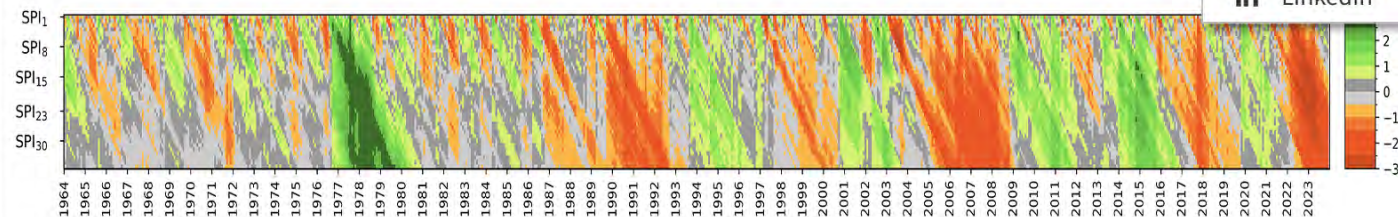


Scenari e previsioni (ML)



Scenari e previsioni (SCF)

Heatmap

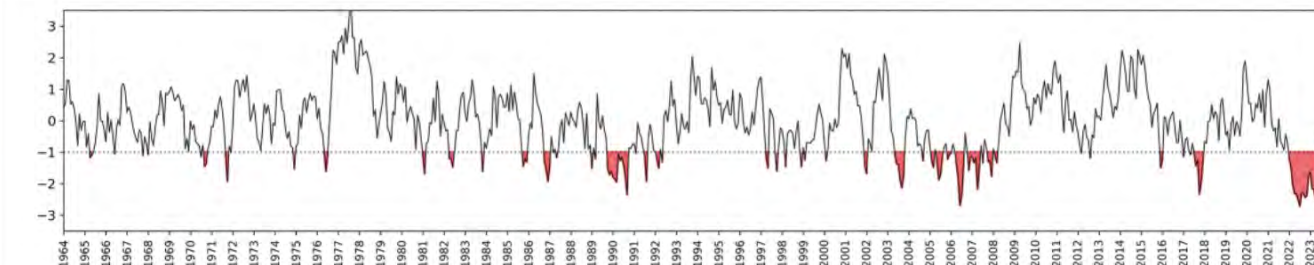


Twitter

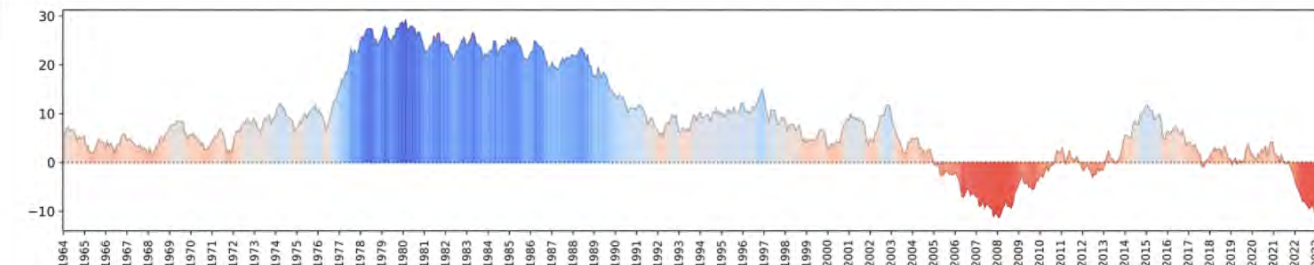
Facebook

LinkedIn

D



CDN



Grazie

Arianna Di Paola



arianna.dipaola@ibe.cnr.it



Via dei Taurini 19, Roma



<https://droughtcentral.it>



DROUGHT CENTRAL
Osservatorio Siccità

 **CNR IBE**
Istituto per la BioEconomia