



## ***Evaluating the climate impact on slow-moving landslides at a regional scale using Earth Observation data***

**Evelina Volpe<sup>(1)</sup>, Loredana Antronico<sup>(2)</sup>, Francesca Ardizzone<sup>(1)</sup>, Roberto Coscarelli<sup>(2)</sup>,  
Stefano Luigi Gariano<sup>(1)</sup>, Alessandro Mondini<sup>(1)</sup>**

(1) CNR-IRPI, sede di Perugia

(2) CNR-IRPI, sede di Rende (CS)

e-mail: [francesca.ardizzone@irpi.cnr.it](mailto:francesca.ardizzone@irpi.cnr.it)



## Il Progetto OT4CLIMA



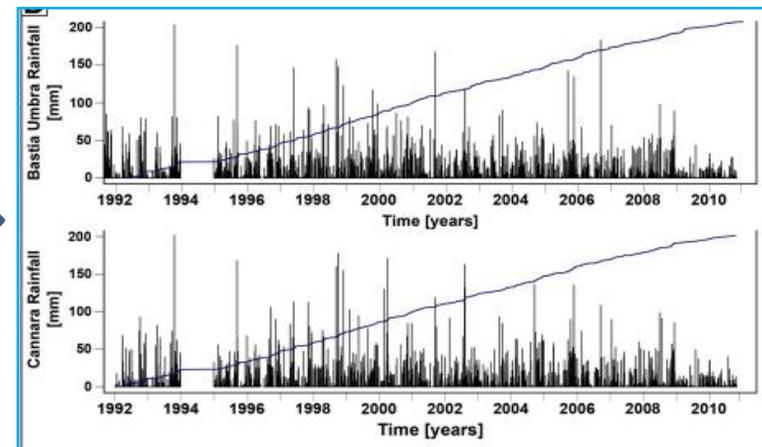
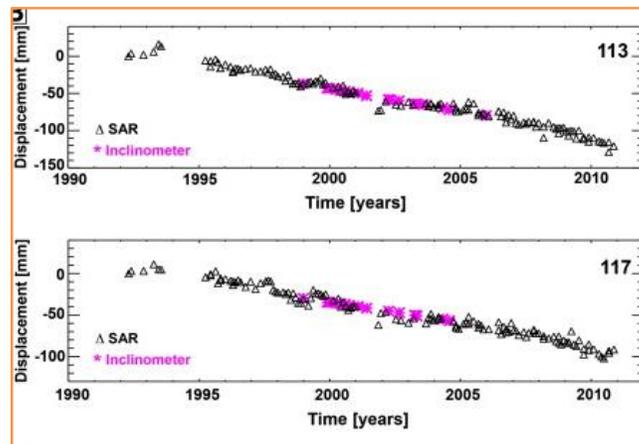
- Finanziato nell'ambito del Programma PON Ricerca e Innovazione 2014/2020
- Sviluppare nuovi strumenti di misura e nuove **metodologie di Osservazione della Terra** per fornire prodotti/applicazioni/servizi volti a migliorare le capacità di **monitoraggio** degli **effetti dei cambiamenti climatici** a **scala regionale** e **sub-regionale**, analizzando sia fenomeni a medio e lungo termine, sia gli eventi estremi
- OR2 – Tecniche di Osservazione della terra innovative per l'analisi degli impatti a lungo termine dei cambiamenti climatici **Task 2.3 – Impatto dei cambiamenti climatici sull'attività di frane profonde**
- OR5 - Validazione di prodotti e applicazioni su specifici casi test **Task 5.2 - Applicazioni idro-geologiche**

# Obiettivo

- Ricerca di una **relazione** tra **pioggia** e **deformazioni** al **suolo** misurate da **satellite** in aree **in frana**

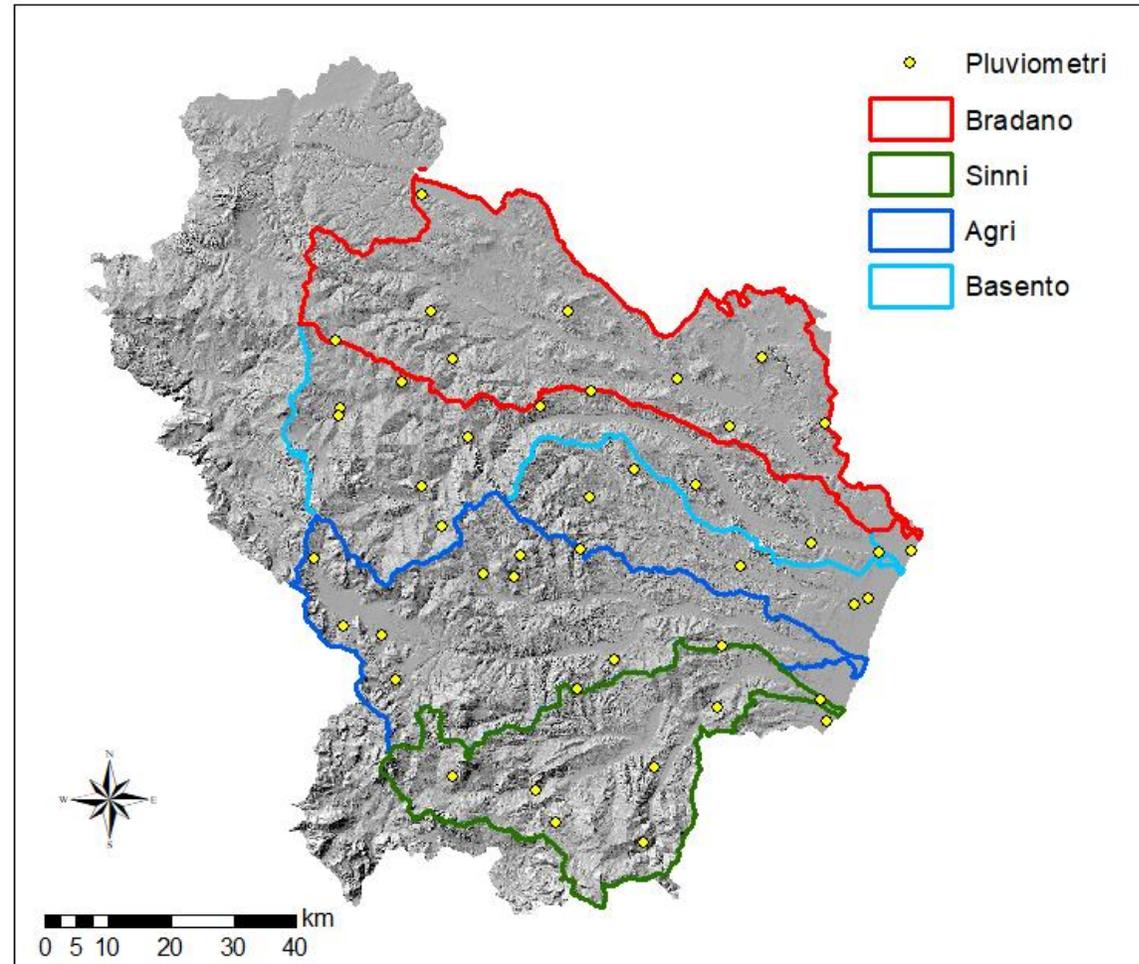
DEFORMAZIONI

PIOGGIA

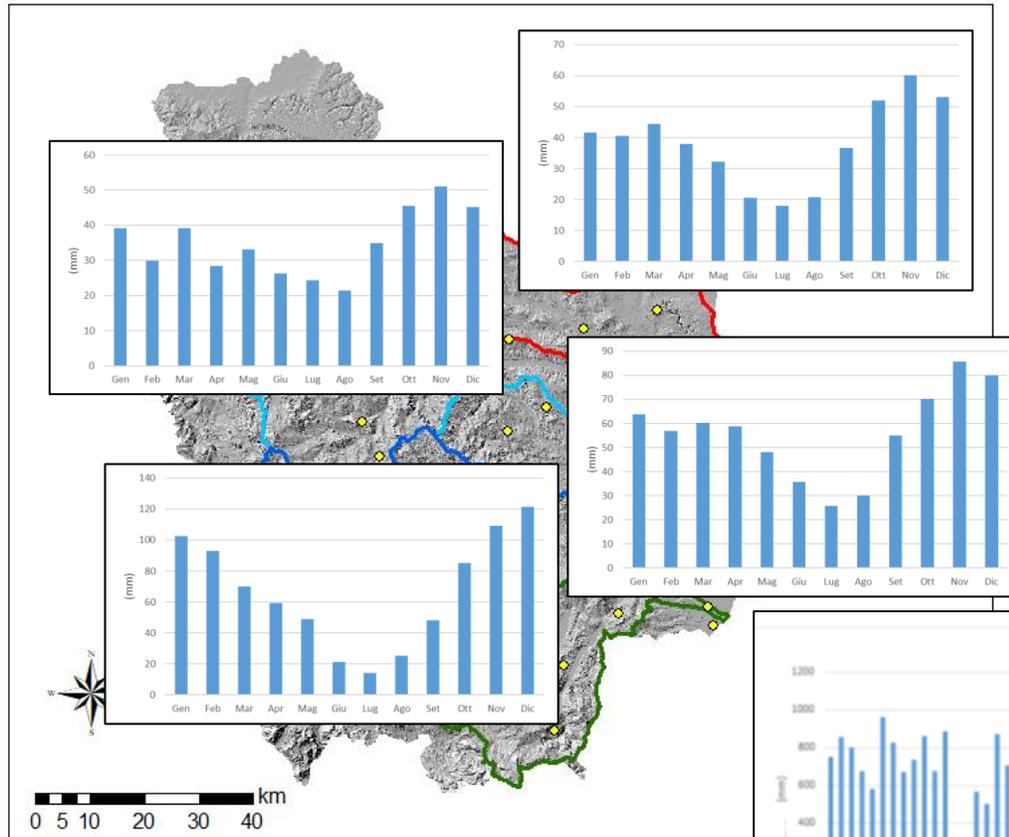


# Area di studio

- 4 **bacini** idrografici
- 50 **pluviometri**

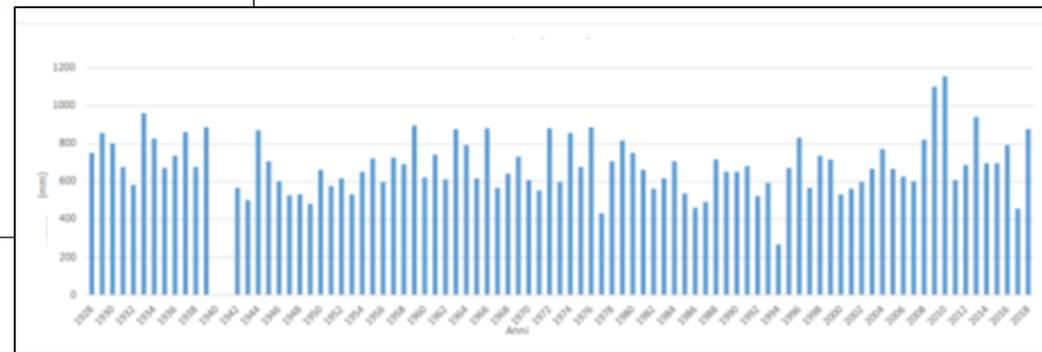


# Dati pluviometrici



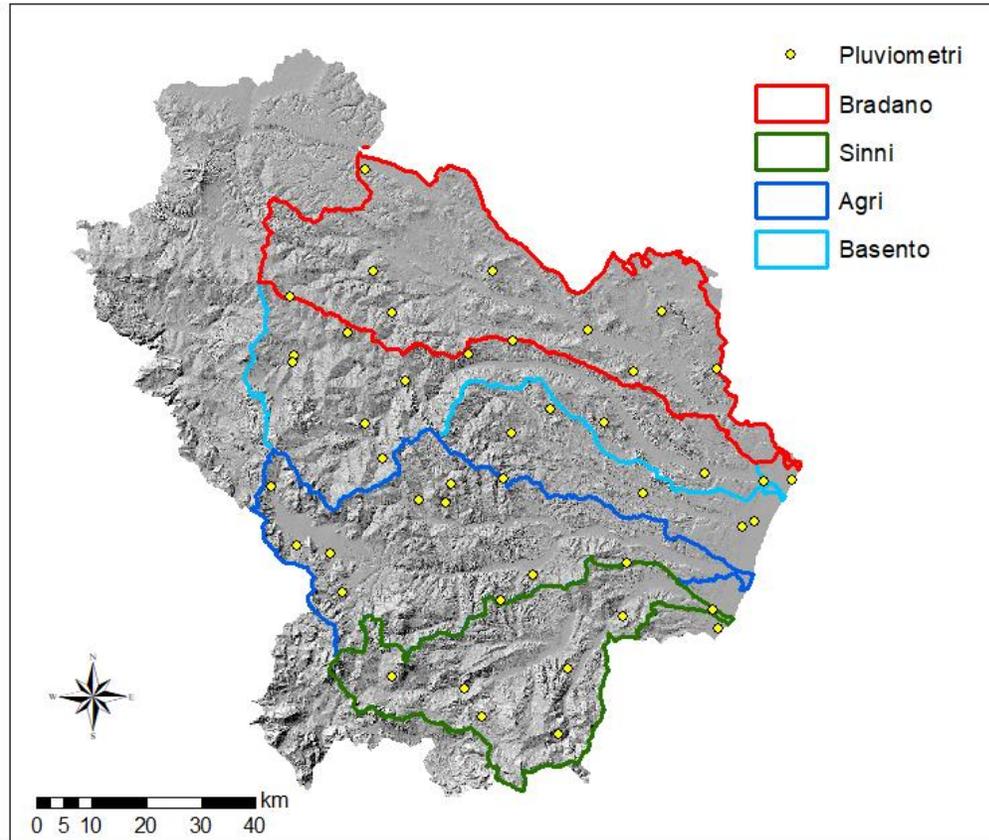
Dati di pioggia a scala giornaliera, al 2020

Analisi della pioggia media annuale e mensile



<http://www.centrofunzionalebasilicata.it/it/>

# Dati pluviometrici



Analisi di trend:

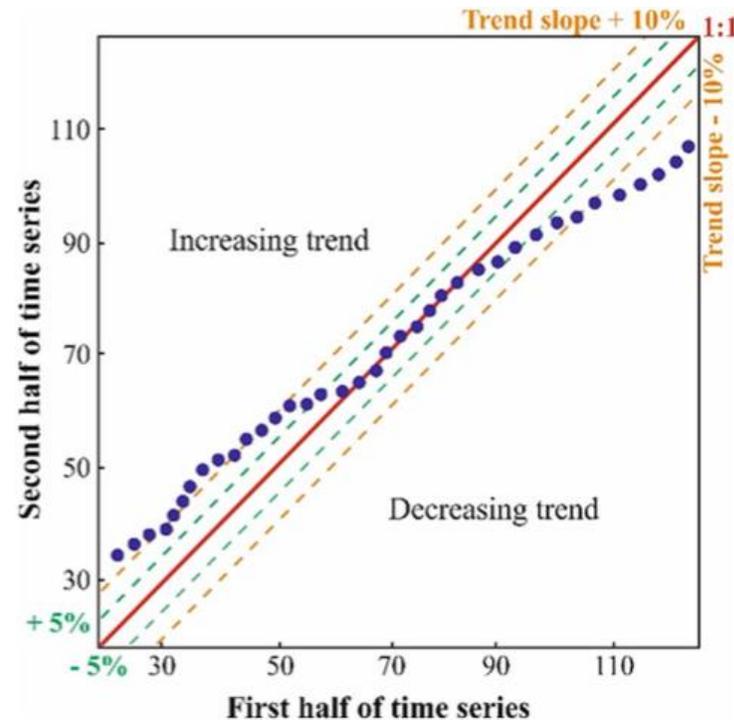
- **Innovative Trend Analysis** (ITA, Şen 2012);
- Test di **Mann-Kendall** (Mann, 1945; Kendall, 1975)

Analisi di valori di pioggia cumulata su diversi periodi di aggregazione da 1 a 30 giorni (utilizzati anche per il confronto con le serie di deformazioni al suolo misurate da satellite)

# Innovative Trend Analysis

## Metodo

- Si divide il periodo di **osservazione** in due **sotto-periodi**, ordinando i valori in ordine decrescente in ogni sotto-periodo
- Le **coppie** di dati ottenuti dalle sotto-serie mostrano, per le tre classi di grandezza (**valori bassi, medi e alti**), se esistono scostamenti rispetto alla bisettrice e quindi eventuali trend positivi o negativi



## Applicazione

- scelta delle stazioni con dati mancanti inferiori al 15%: **Potenza** (2%), **S. Nicola** (13%), **Matera** (5%), **Tramutola** (8%).
- periodo di osservazione diviso in **due** sotto-periodi di **15** anni: **1989-2003** e **2004-2018**
- serie **annuali** e **stagionali** delle **piogge giornaliere**, considerando sia i **totali** sia i **massimi** per ogni aggregazione temporale

# Innovative Trend Analysis

Periodo di osservazione 2004-2018 vs 1989-2003

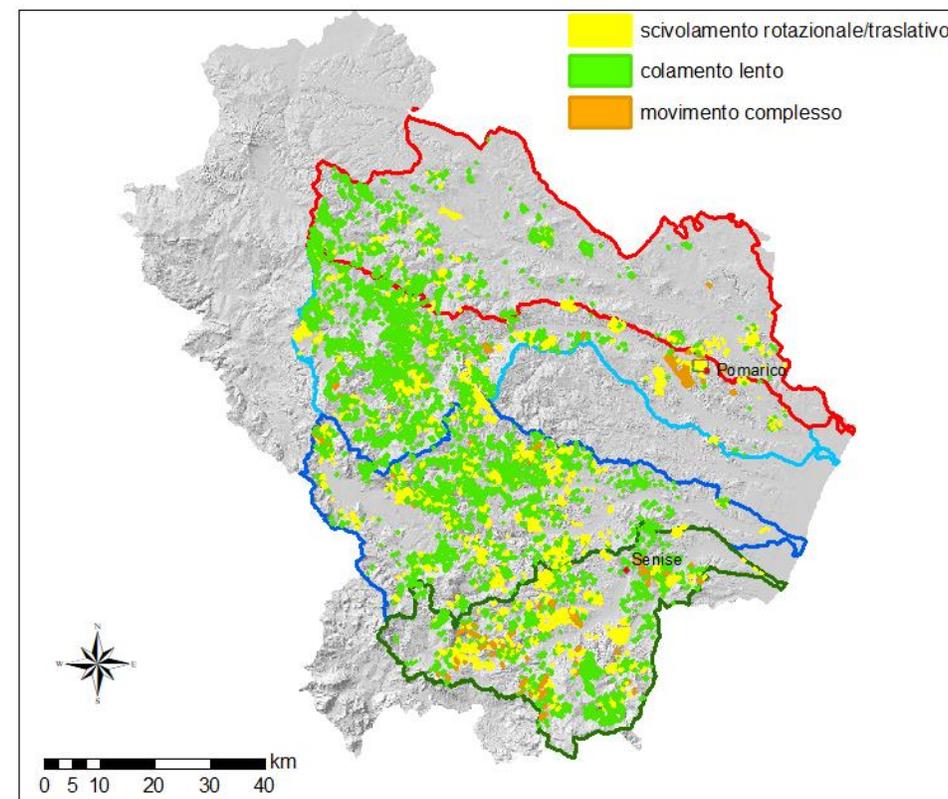
		YEAR		DJF		MAM		JJA		SON	
		amount	max								
MATERA	low	+	=	+	=	+	+	+	=	+	+
	medium	+	=	+	=	+	+	+	=	+	=
	high	+	+	+	=	+	+	-	=	+	=
POTENZA	low	+	-	+	=	=	=	=	-	=	=
	medium	+	+	+	=	+	+	+	+	+	-
	high	+	-	+	+	+	=	+	-	+	-
SAN NICOLA	low	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	medium	+	+	+	=	+	+	+	+	+	-
	high	+	+	+	+	+	+	+	+	+	=
TRAMUTOLA	low	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	medium	+	+	+	+	+	+	+	+	=	-
	high	+	-	+	=	=	=	=	+	-	-

# Test di Mann-Kendall

- Stazione di Potenza
- Il **test** di Mann-Kendall è **applicabile** se la serie è **rappresentativa**
- È rappresentativa solo negli ultimi **25 anni** (1996-2020 - periodo più lungo senza interruzioni significative)
- C'è **autocorrelazione**? -> **Test di Durbin-Watson** -> Il test di M-K è applicabile sulle serie di pioggia giornaliera ma non lo è sulle serie di cumulate
- Le **piogge** giornaliera **non** presentano trend **significativi**

# Frane

- Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) aggiornato al **2018**
- IFFI piattaforma nazionale **IDROgeo** aggiornato al **2020**
  - Tipologia di frana considerata:
    - **scivolamento rotazionale**
    - **scivolamento traslativo**
    - **movimento complesso**
- **Archivio** del progetto **AVI**



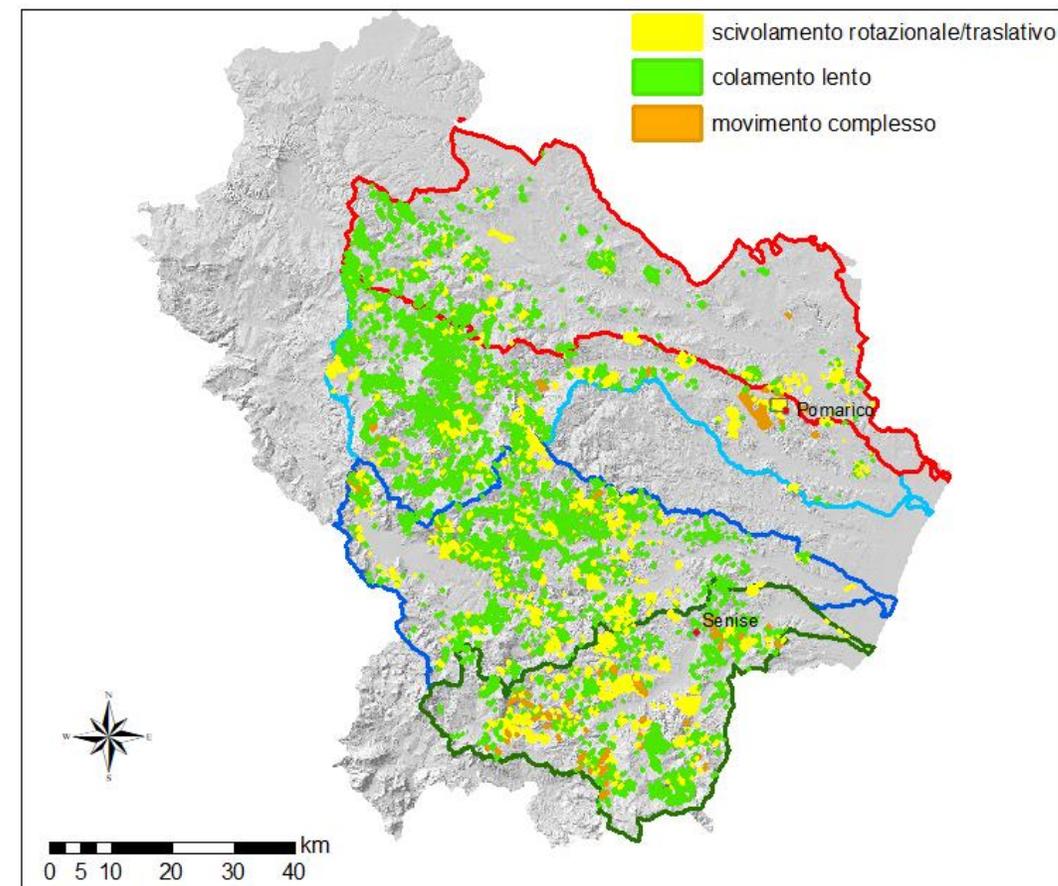
<https://www.isprambiente.gov.it/it>

<https://idrogeo.isprambiente.it/app/>

<http://sici.irpi.cnr.it/avi.htm>

# Frane

BACINI	IFFI 2018		IFFI 2020		AVI
	Punti	Poligoni	Punti	Poligoni	
AGRI	1912	439	3367	4186	86
BASENTO	1816	388	2845	2412	147
BRADANO	1108	656	2424	3723	114
SINNI	1487	289	2751	2750	79



# Dati satellitari

- **Immagini Sentinel-1**

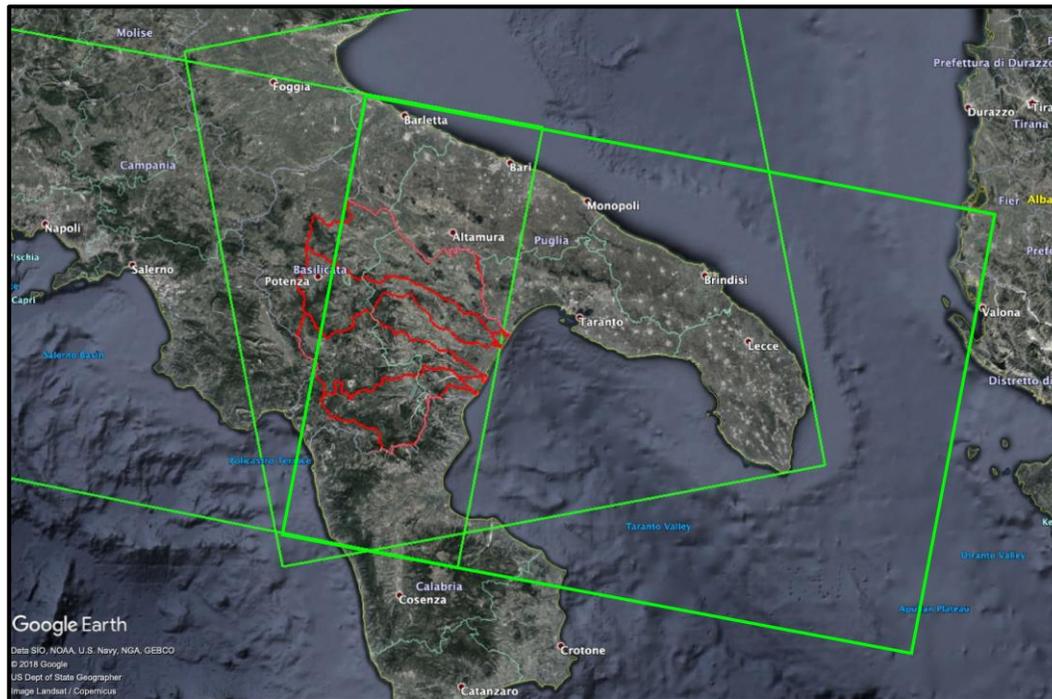
- Sono stati selezionati 3 dataset (2 discendenti, t124 e t51 e 1 ascendente, t146) acquisiti tra il 2015 e il 2020
- Sono stati processati dal CNR IREA che ha fornito tre mappe delle deformazioni al suolo con serie temporali associate (2015-2020)

- **Immagini ERS e ENVISAT**

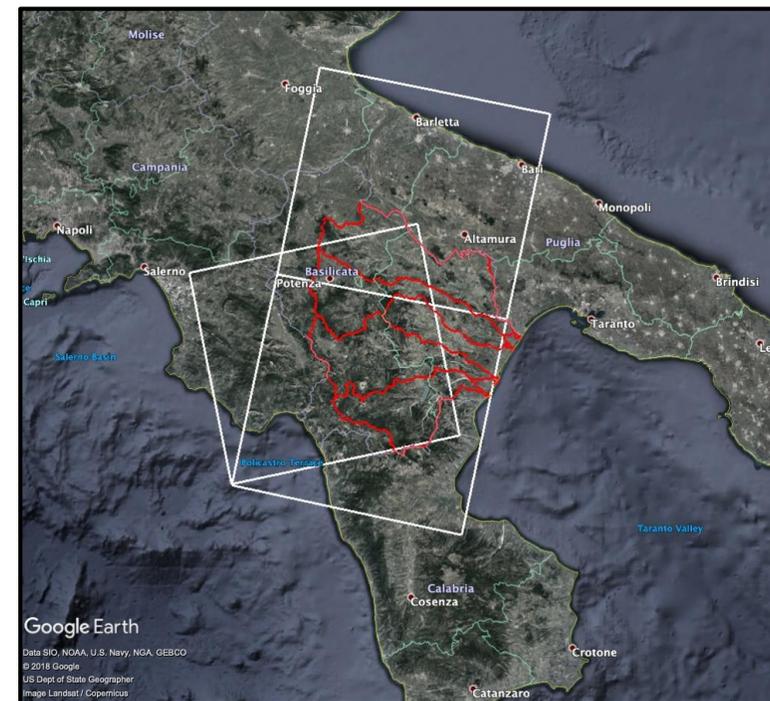
- ESA ha fornito 100 immagini ascendenti e discendenti (1992-2010)
- Elaborazione è attualmente in corso da parte del CNR IREA

# Dati satellitari

- Immagini selezionate sull'area di studio



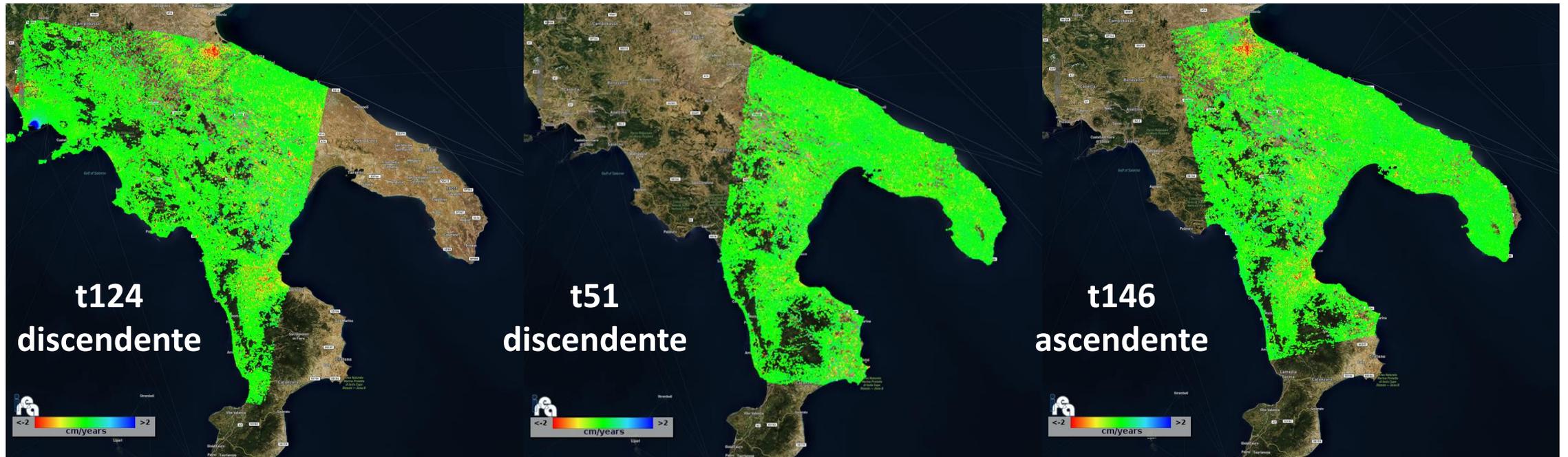
Sentinel-1 2015-2020



ERS-1/2 e ENVISAT 1992-2010

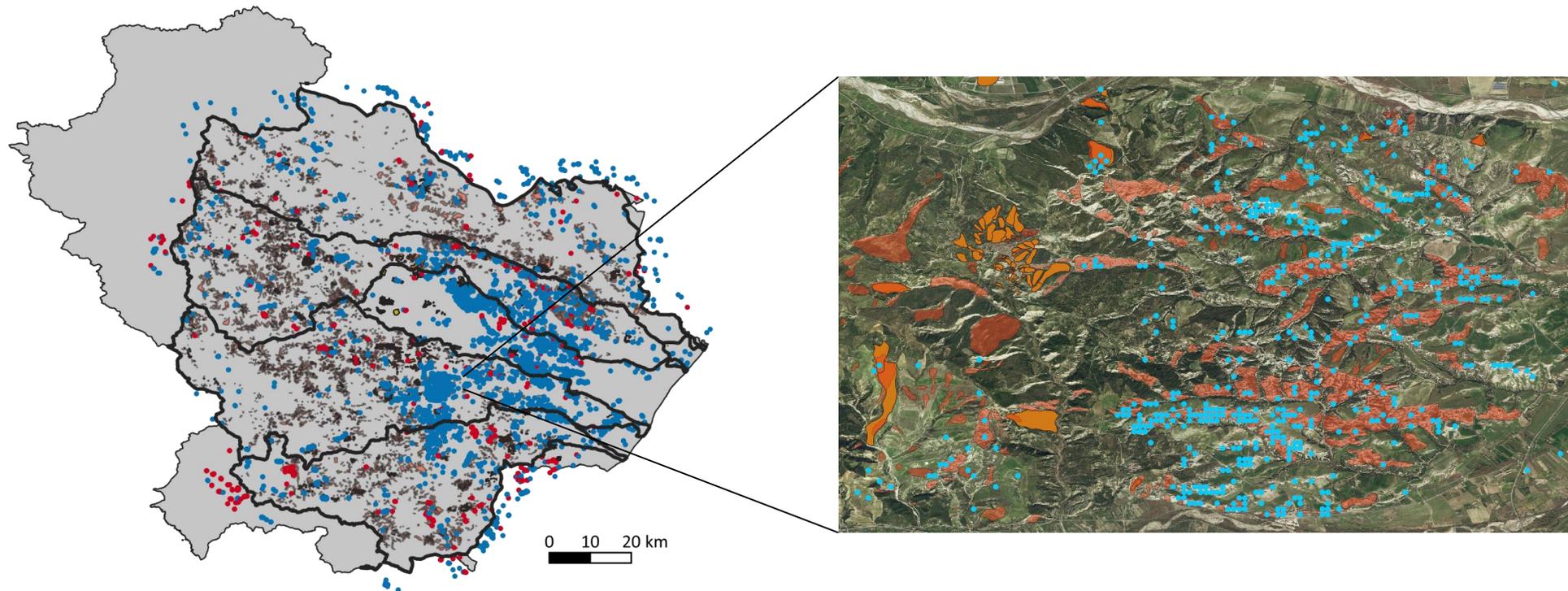
# Dati satellitari

- **Sentinel-1** mappa di deformazione al suolo e serie temporali **2015-2020**



# Dati satellitari & frane

- Mappa di **deformazione** su carta delle **frane** IFFI 2020



# Selezione di cluster di punti

I

- Sovrapposizione delle mappe delle deformazioni al suolo con lo shapefile delle frane IFFI e il wms della carta **geolitologica** (geoportale nazionale)
- Selezione di **tre** pluviometri rappresentativi

II

- Creazione di un intorno di raggio 10 km rispetto ai tre pluviometri
- Selezione dei **punti** di deformazione **ricadenti** entro il buffer di 10 km

III

- Rappresentazione dei punti in base alla **velocità media** di deformazione (**cm/anno**)
- Rappresentazione dei punti in base alla **misura** della deformazione **cumulata** all'ultima data di misura (**cm**)

# Selezione di cluster di punti

Velocità media (cm/anno)

<input checked="" type="checkbox"/>	■	-4.00 - -3.00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-3.00 - -2.00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-2.00 - -1.00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1.00 - -0.10
<input type="checkbox"/>	■	-0.10 - 0.10
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0.10 - 1.00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	1.00 - 2.00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	2.00 - 3.00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	3.00 - 5.00

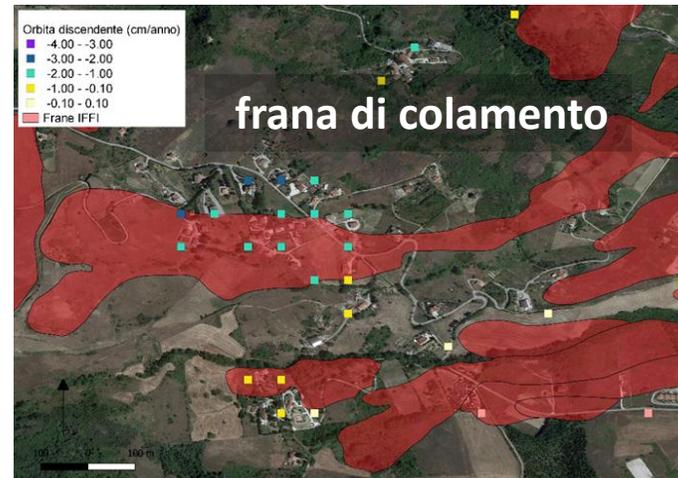
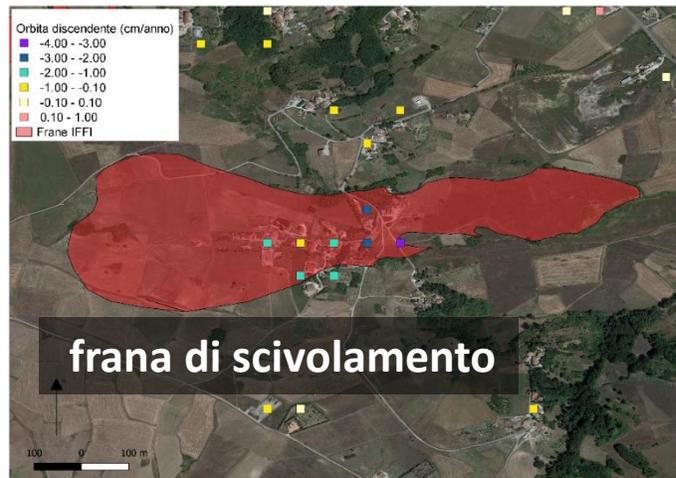
Deformazione cumulata (cm)

<input checked="" type="checkbox"/>	■	-18.00 - -8.00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-8.00 - -6.00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-6.00 - -4.00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-4.00 - -2.00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-2.00 - -0.50
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0.50 - 0.50
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0.5 - 2.00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	2.00 - 4.00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	4.00 - 6.00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	6.00 - 8.00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	21.00 - 25.00

A causa dell'incertezza della misura, la classificazione per velocità media adottata ha considerato "fermi" i punti caratterizzati da una velocità media compresa tra **-0.1 e 0.1 cm/anno**

# Selezione di cluster di punti

- Esempio: Bacino del **Basento** – Periodo **2015-2020**

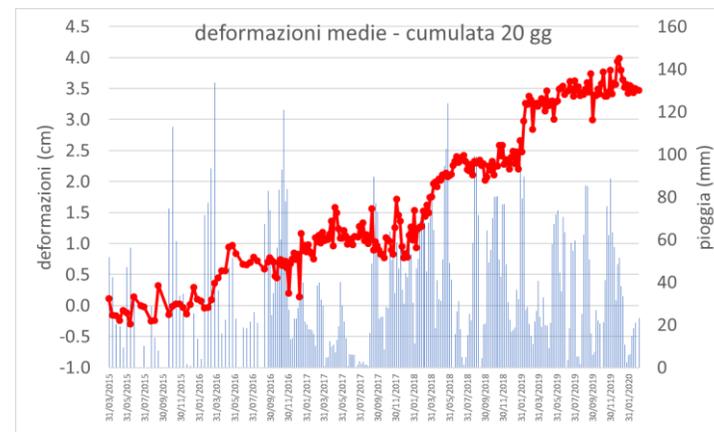
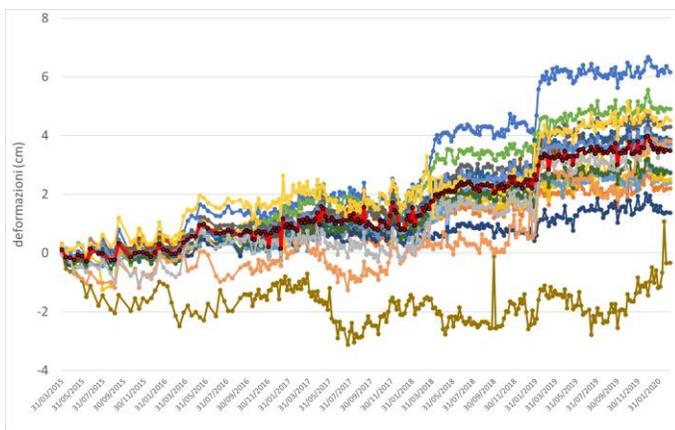


**13 cluster** di punti che presentavano un comportamento **uniforme** ubicati **all'interno** o nei **pressi** di aree in **frana** e **2 frane** selezionate

**Carta delle velocità medie** delle deformazioni misurate in orbita **discendente t124** sovrapposta alle **frane selezionate**

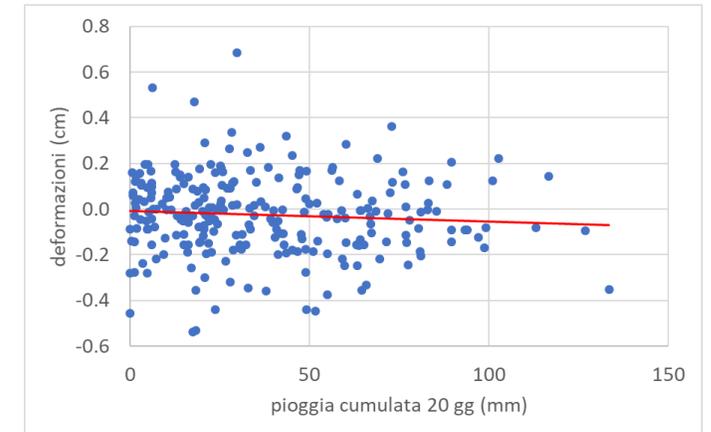
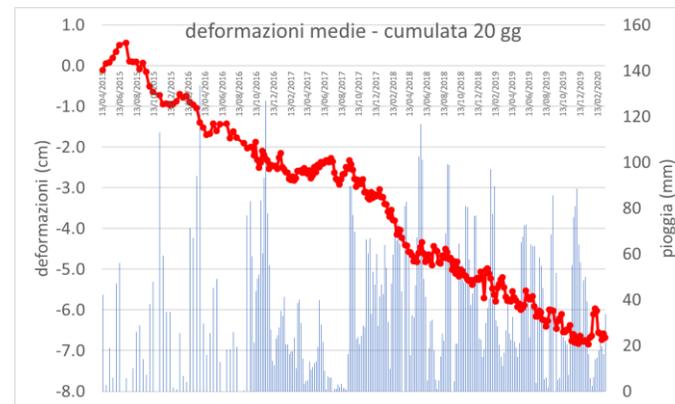
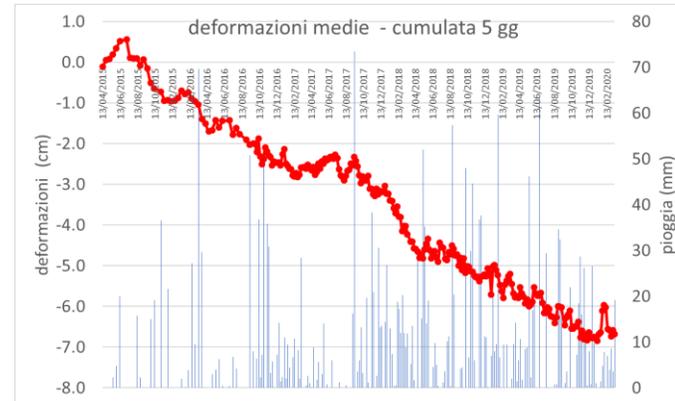
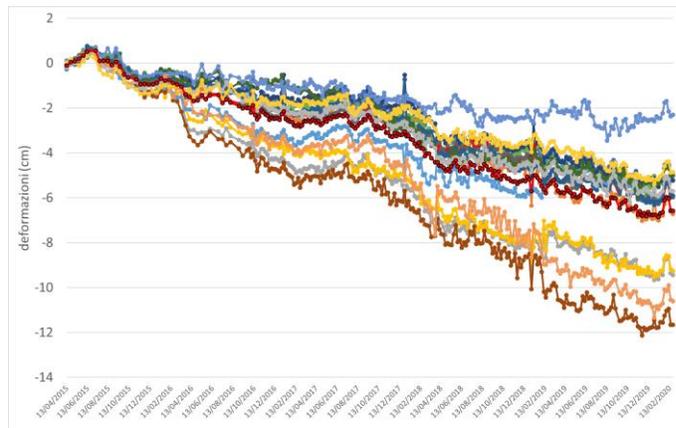
# Confronto deformazioni e pioggia

- Bacino del **Basento** – Periodo **2015-2020**



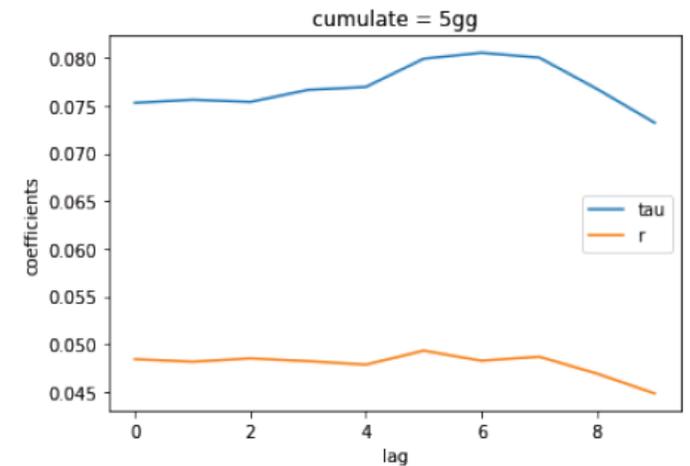
# Confronto deformazioni e pioggia

- Bacino del **Basento** – Periodo **2015-2020**



# Confronto deformazioni e pioggia

- Serie di **deformazioni (relative)** e serie di **piogge cumulate** su diversi **intervalli**
- Serie di **deformazioni (relative) traslate** (di un periodo da **1 a 10 giorni**) e serie di **piogge cumulate** su diversi **intervalli**
- Test di Kendall (**Correlation rank**)
- Cumulata su 3 giorni **traslata di 6 giorni**  $\tau = 0.085$ ,  $p\text{-value} = 0.067$
- Cumulata su 5 giorni **traslata di 6 giorni**  $\tau = 0.081$ ,  $p\text{-value} = 0.074$





## Conclusioni



- **Tendenze** non ben definite sulle **piogge**, prevalentemente **positive** anche se non confermate da tutti i test applicati
- Maggiore **(cor)relazione** delle deformazioni al suolo con le piogge aggregate a scale temporali di alcune decine di giorni, o con le **piogge aggregate a 5-7 giorni** ma con un **ritardo di 6 giorni**