

# Monitorare per proteggere: la sfida delle coste

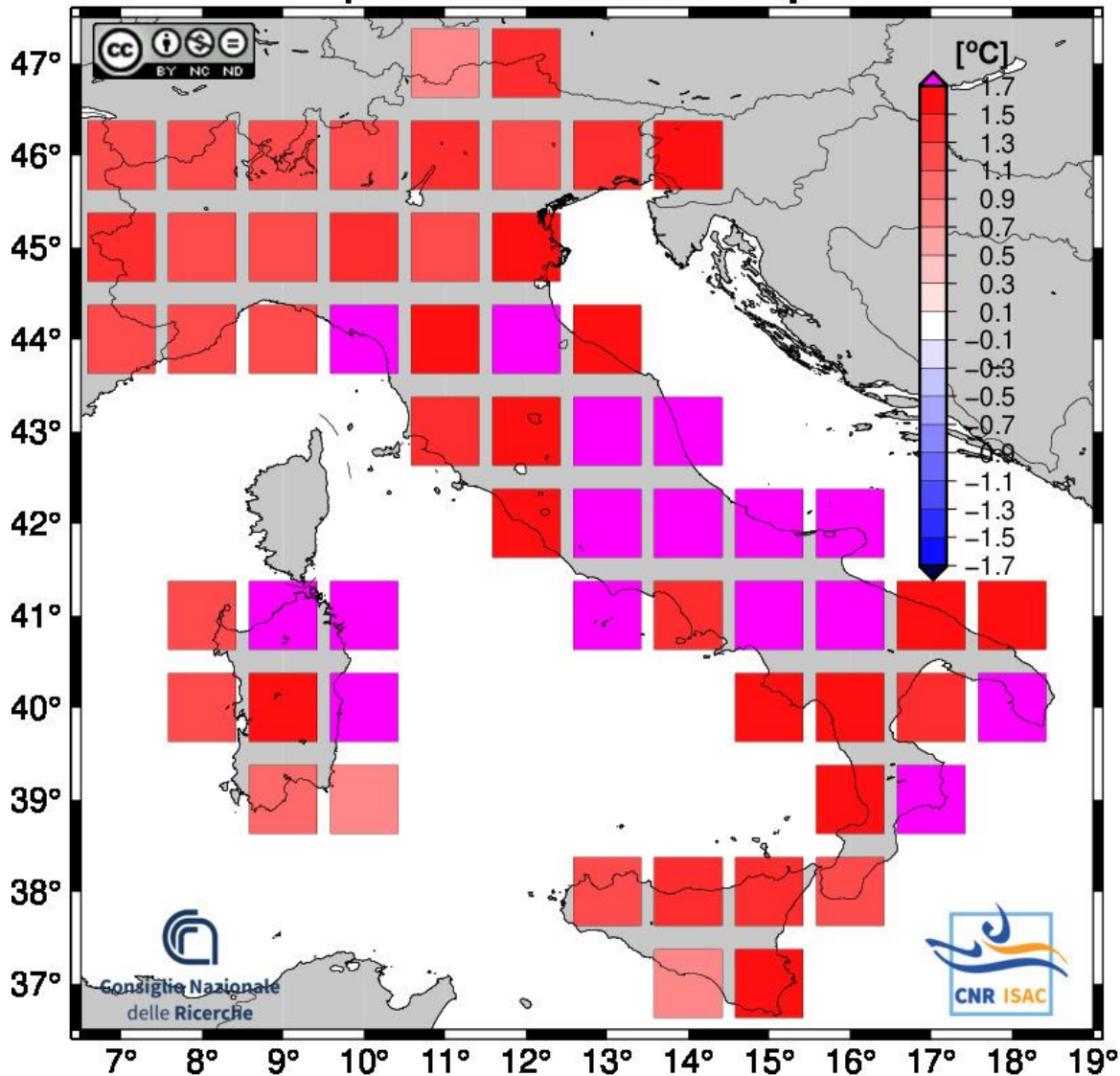
La capacità del territorio  
costiero di prevedere e  
monitorare i rischi climatici



## Cambiamenti climatici sulla costa dell'Alto Tirreno: tra eccessi e carenze d'acqua

Bernardo Gozzini

[deviation from the 1991-2020 mean value]



## Classifica

1. **2024** + 1,47
2. **2022** + 1,15°C
3. **2023** + 1,12°C
4. **2018** + 0,75°
5. **2014** + 0,6°
6. **2015** + 0,59°
7. **2019** + 0.55°

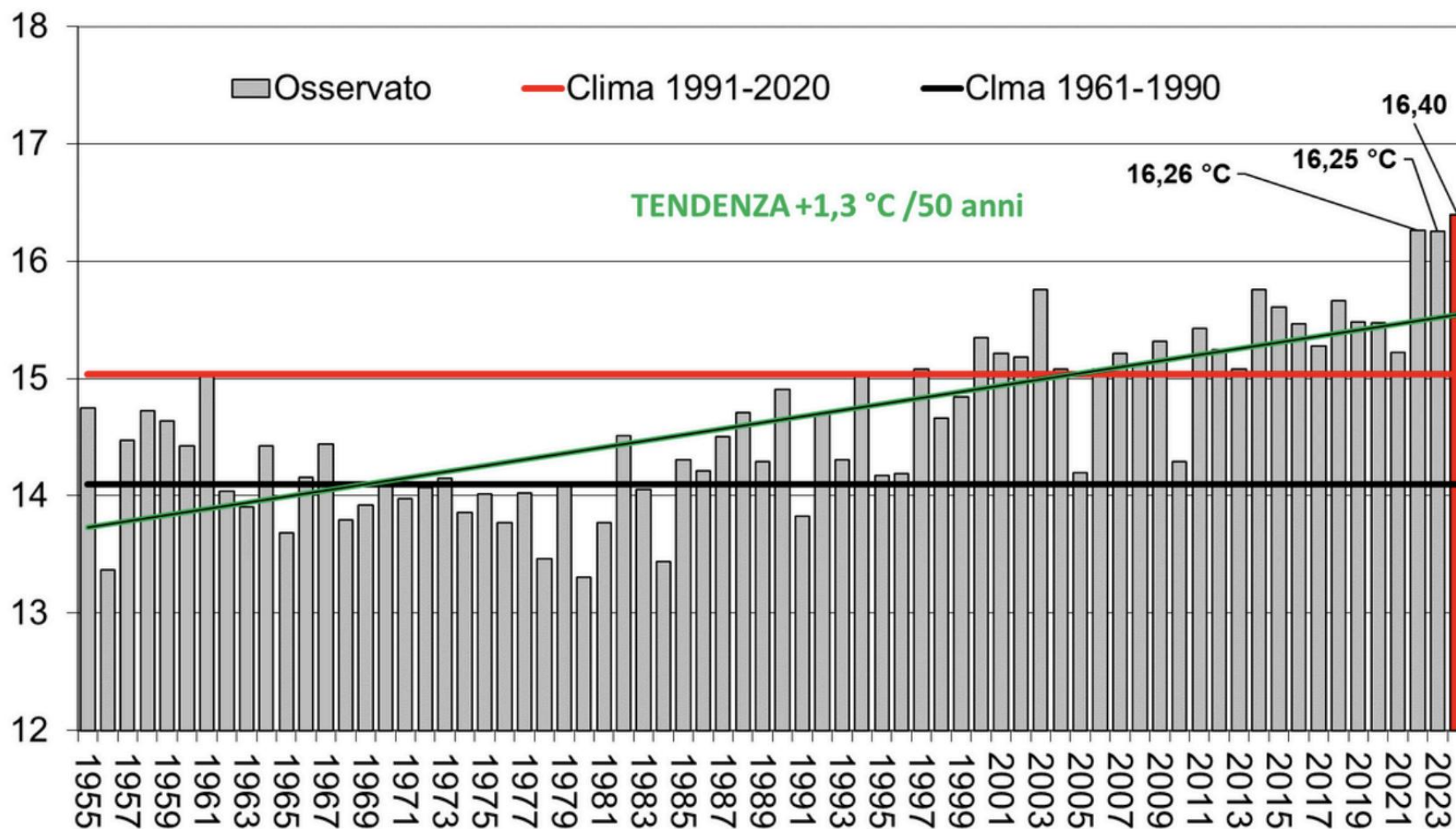
**2024:** il più caldo  
**MAX:** il più caldo + 1,48°  
**MIN:** il più caldo + 1,33°

**Clima calcolato sul periodo 1991-2020**



# Temperature medie annue 1955-2024

## Toscana (AR, FI, GR, PI)

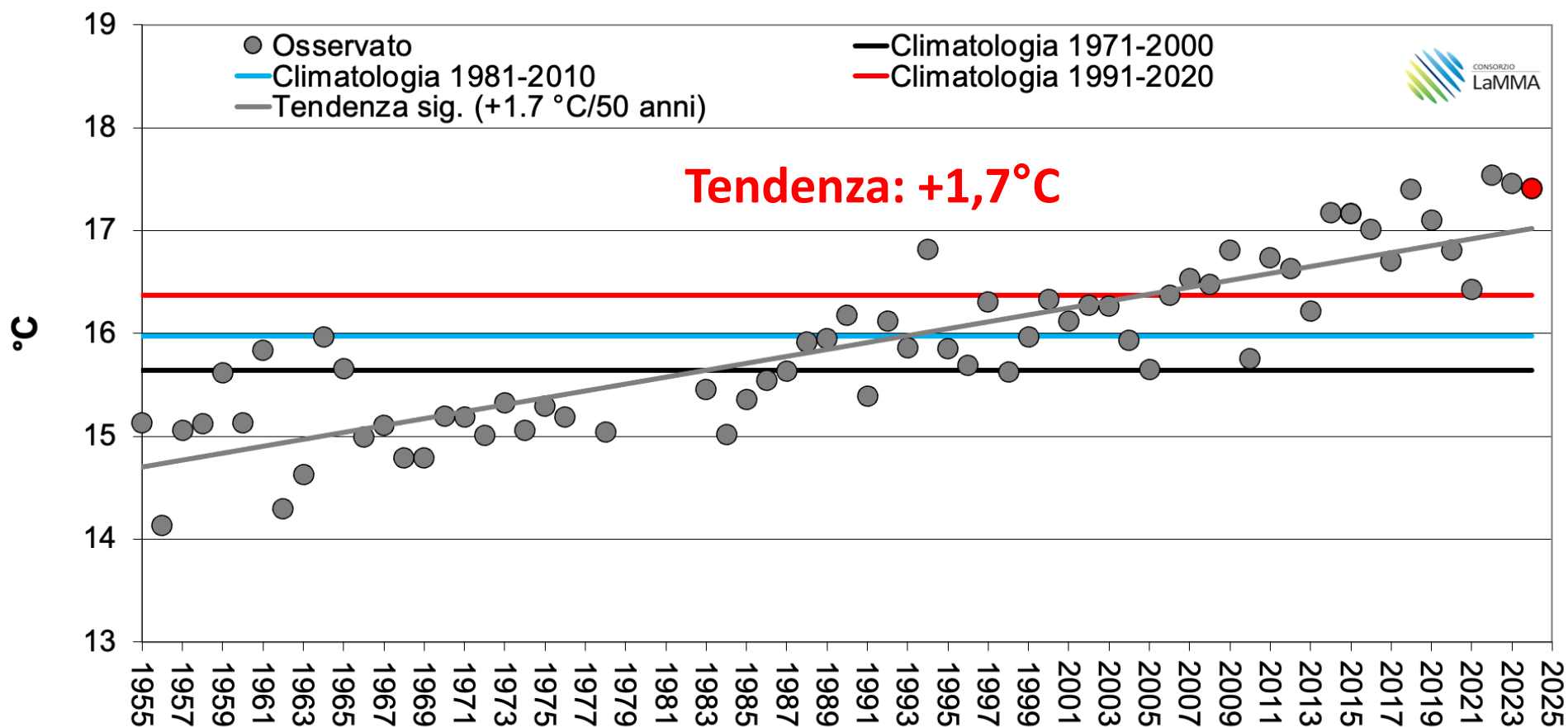


Trend (50 anni): Medie +1,3°, Massime +1,5°, Minime +1,0° (rec 2023)

# Temperature medie annue 1955-2024

## MASSA-CARRARA

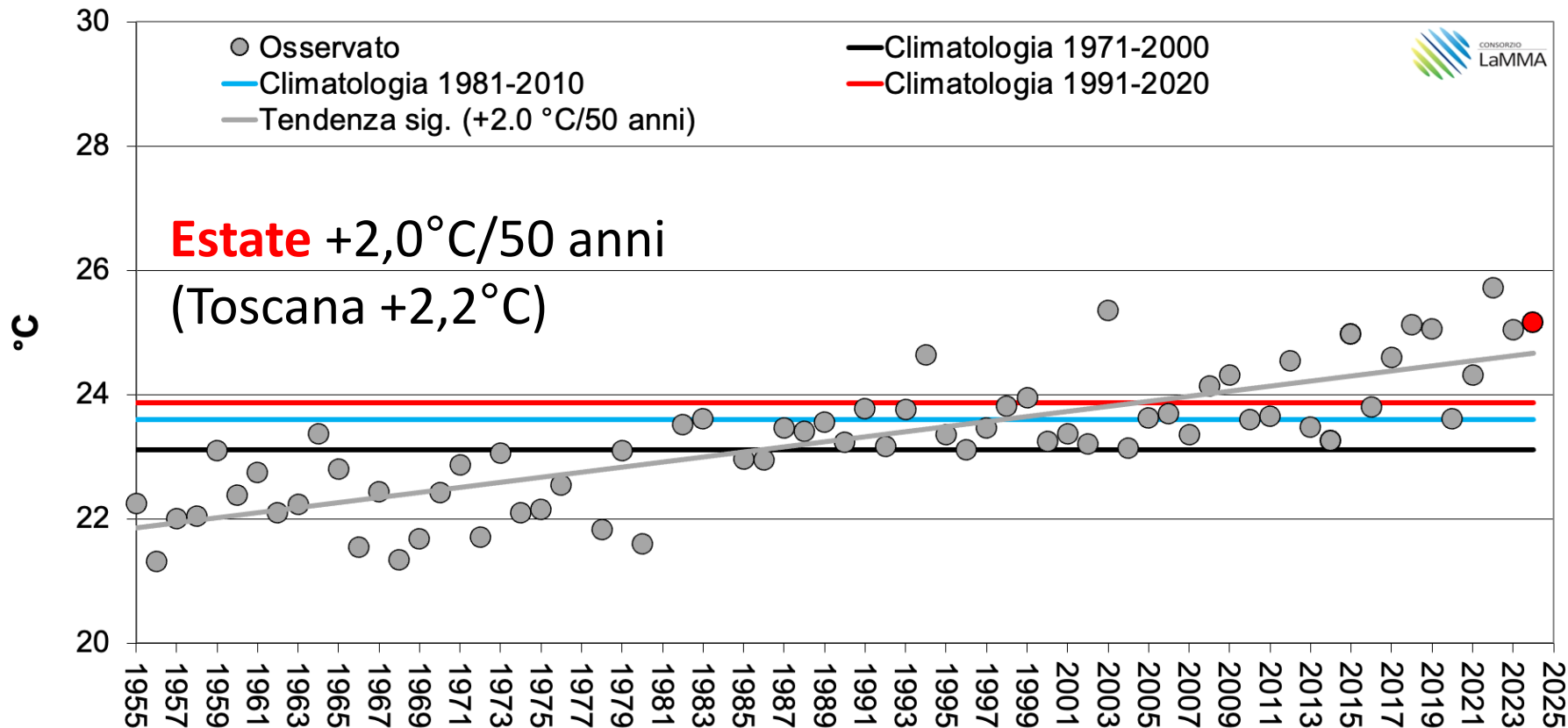
Temperatura media annua (Massa-Carrara)



# Temperature medie estate 1955-2024

## MASSA-CARRARA

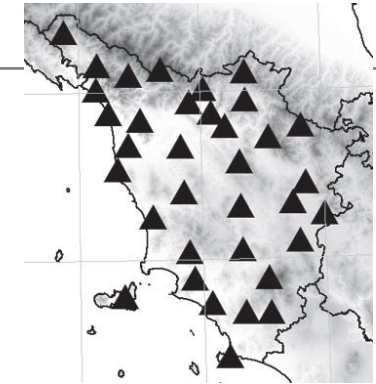
Temperatura media estate (Massa-Carrara)



**Primavera:** Toscana +1,2°C/50 anni, Massa-Carrara +1,5°C/50 anni

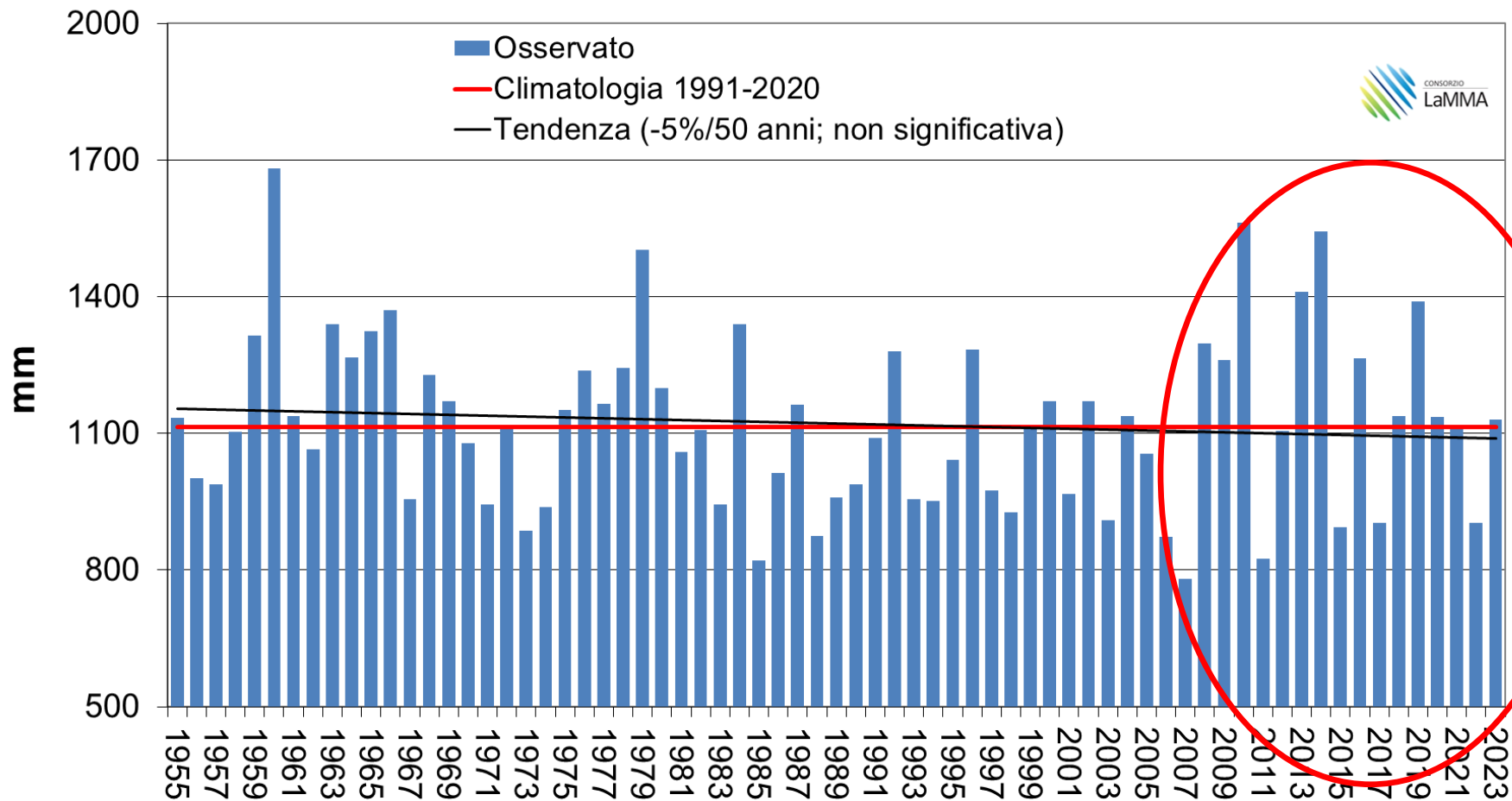
**Autunno:** Toscana +1,2°C/50 anni, Massa-Carrara +1,9°C/50 anni

**Inverno** Toscana +0,9°C/50 anni, Massa-Carrara +1,4°C/50 anni

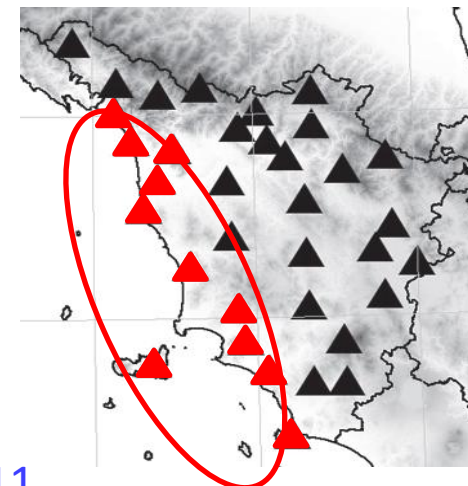
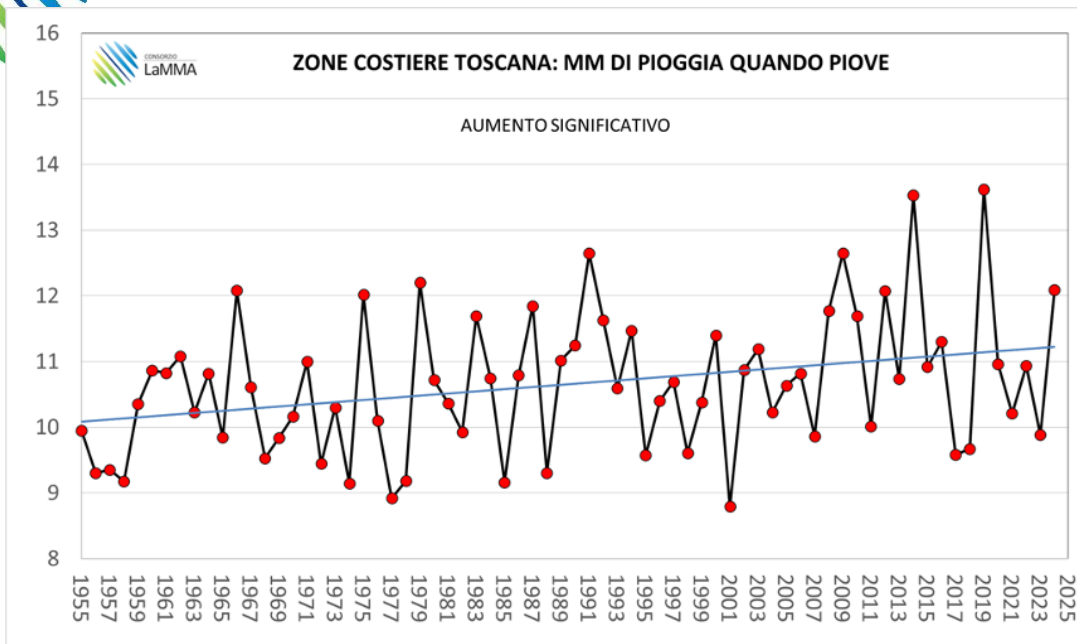


## PIOGGIA CUMULATA ANNUALE

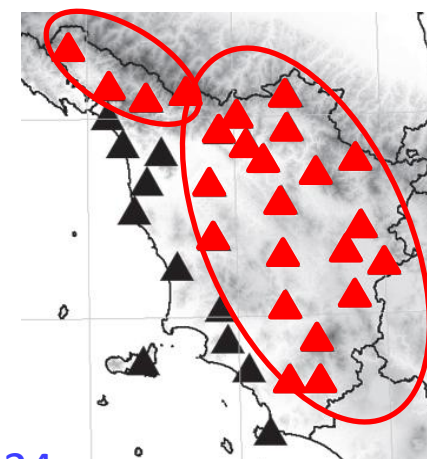
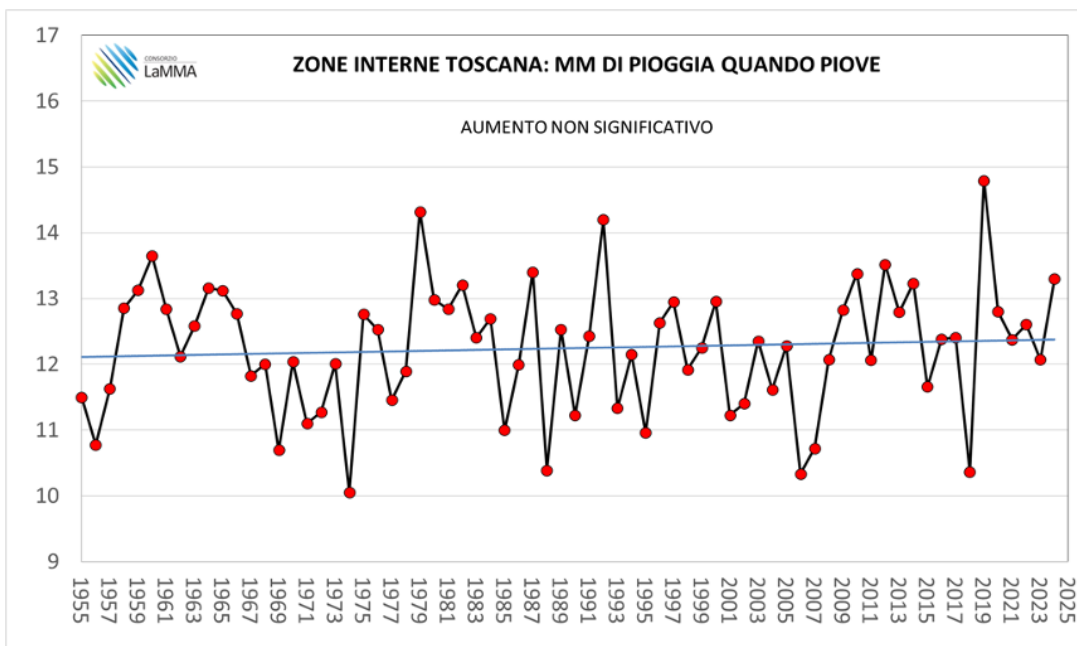
Pioggia annuale



# Quanto piove quando piove! (1955-2024)



Costa 11

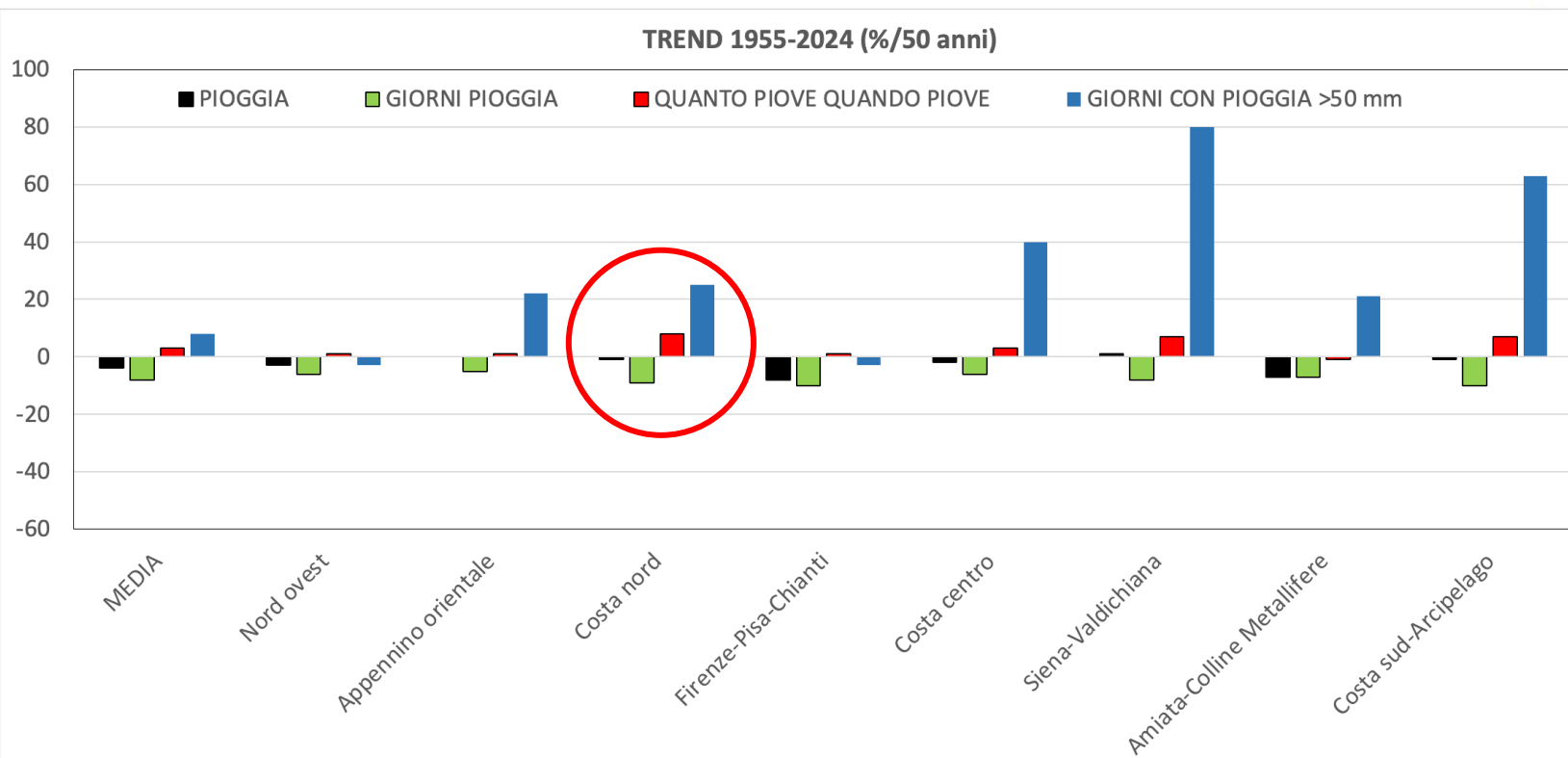
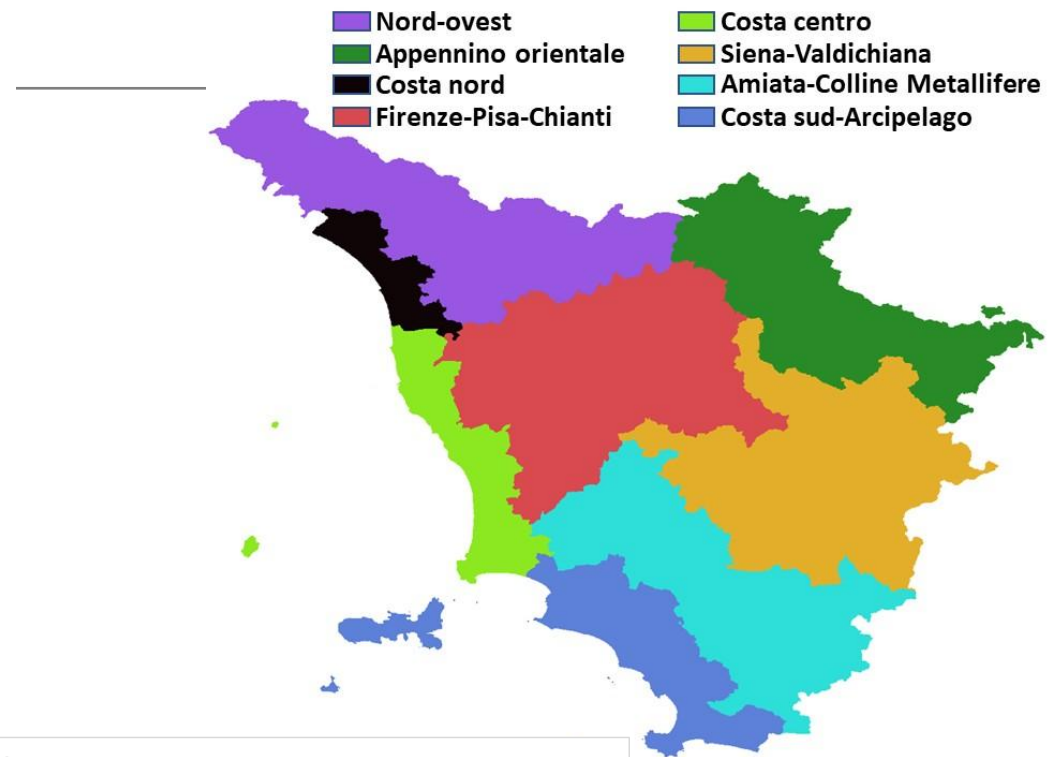


Interno 24

# Pioggia: Suddivisione Toscana in 8 aree

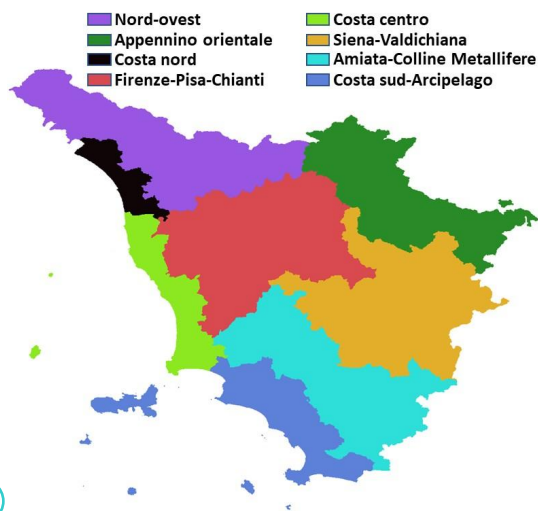
Trend in % ogni 50 anni (1955-2024)

1. Pioggia media
2. Giorni di pioggia
3. Quanto piove quando piove
4. Giorni di pioggia superiori a 50mm



## Trend annuali e stagionali sulle 8 aree 1955-2024

AREE	ANNUALE	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO	INVERNO
Nord ovest	-3	-15	-20	3	-4
Appennino orientale	0	-6	-17	9	-1
Costa nord	-1	-10	-19	10	0
Firenze-Chianti	-8	-16	-25	4	-6
Costa centro	-2	-14	-21	8	1
Siena-Valdichiana	1	-5	-1	6	-5
Amiata-Colline Metallifere	-7	-15	-6	-1	-11
Costa sud-Arcipelago	-1	-11	1	12	-7



Non ci sono trend significativi se non diminuzione in:

PRIMAVERA: Costa Centro

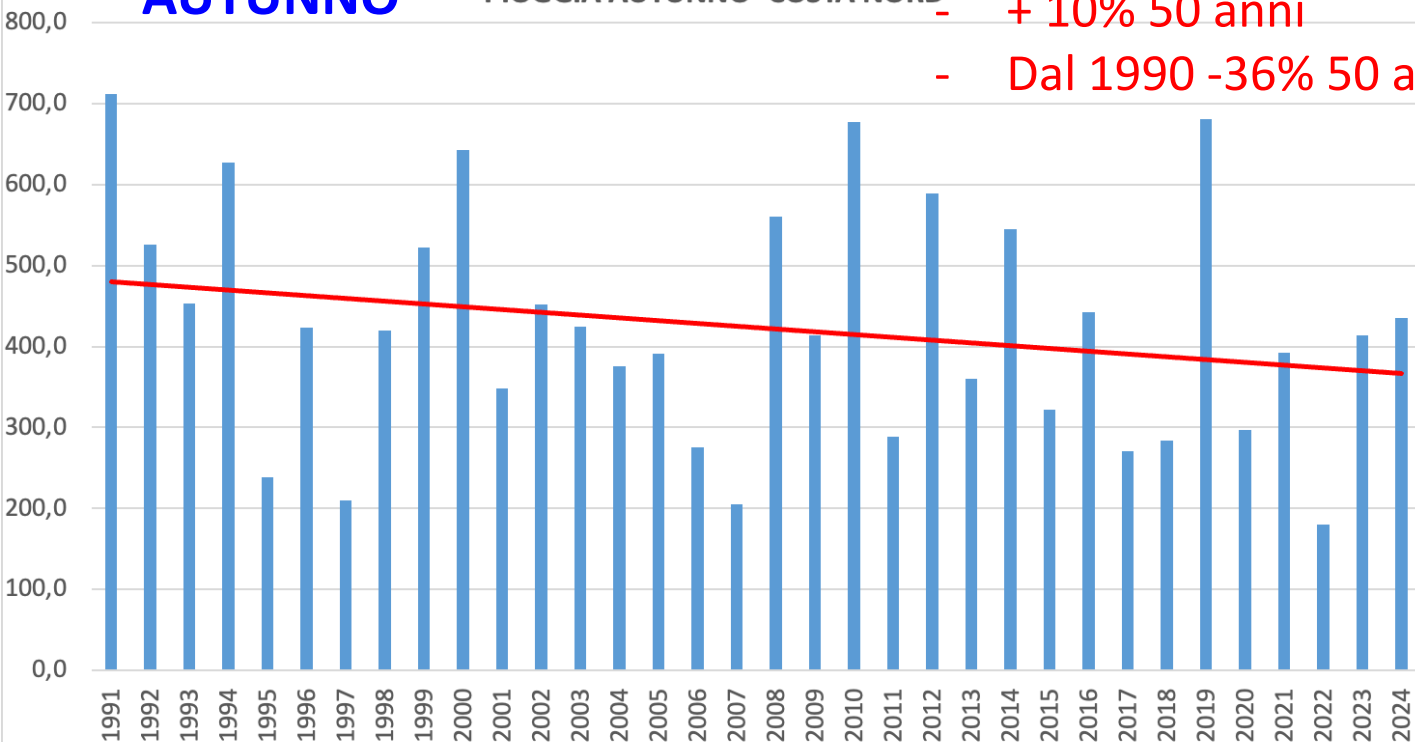
ESTATE: Nord-Ovest, Appen. Orient., Fi-Chianti  
minore attività temporalesca?

# AUTUNNO

PIOGGIA AUTUNNO- COSTA NORD

+ 10% 50 anni

- Dal 1990 -36% 50 anni



# COSTA NORD

- Estate calo
- Autunno deciso calo dagli anni 90
- Inverno calo fino agli anni 90 poi deciso aumento nella seconda parte (tutte le aree)

+ 0,3% 50 anni

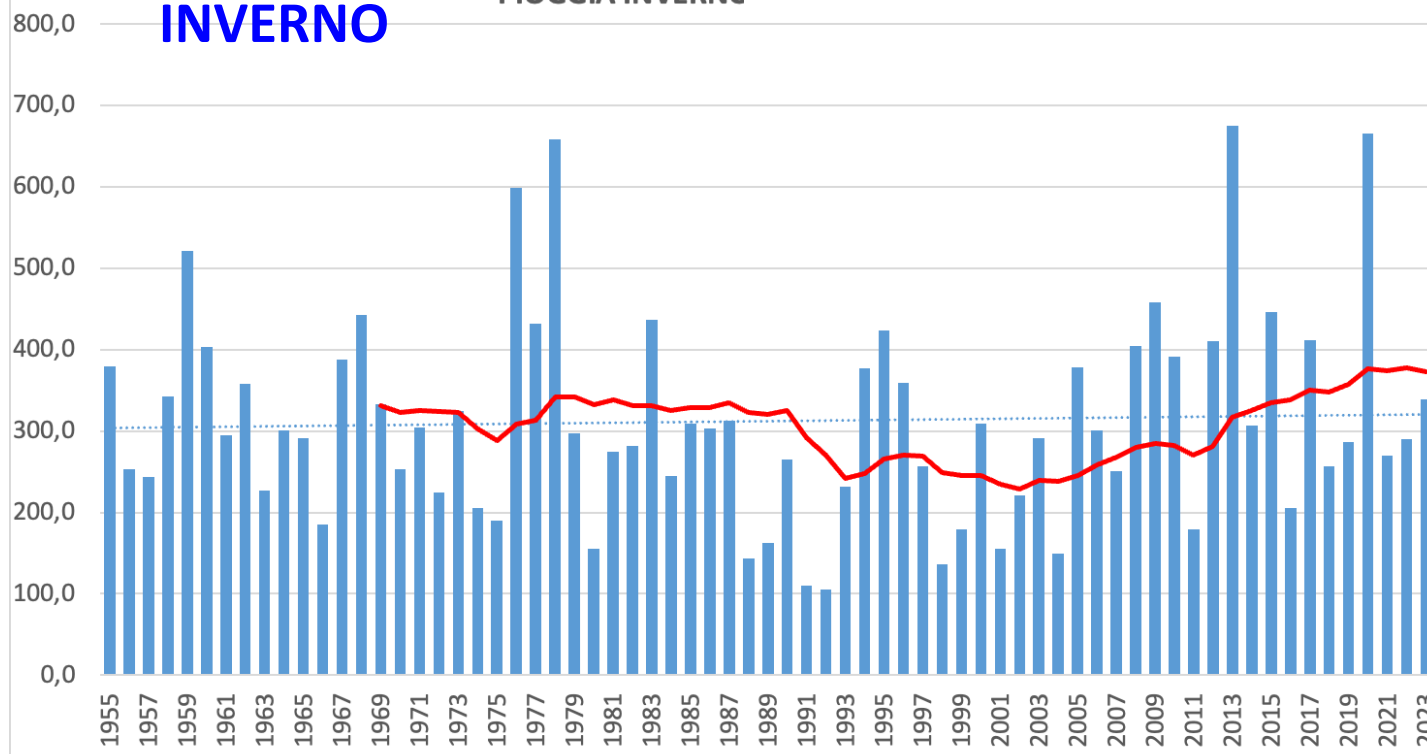
Dal 1990 + 100% 50 anni

## Media Mobile 15 anni



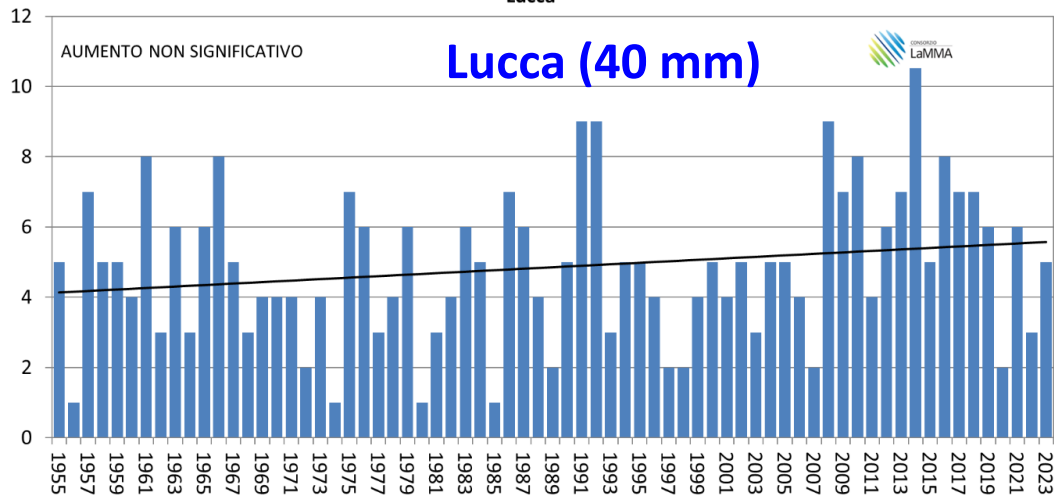
# INVERNO

PIOGGIA INVERNOC

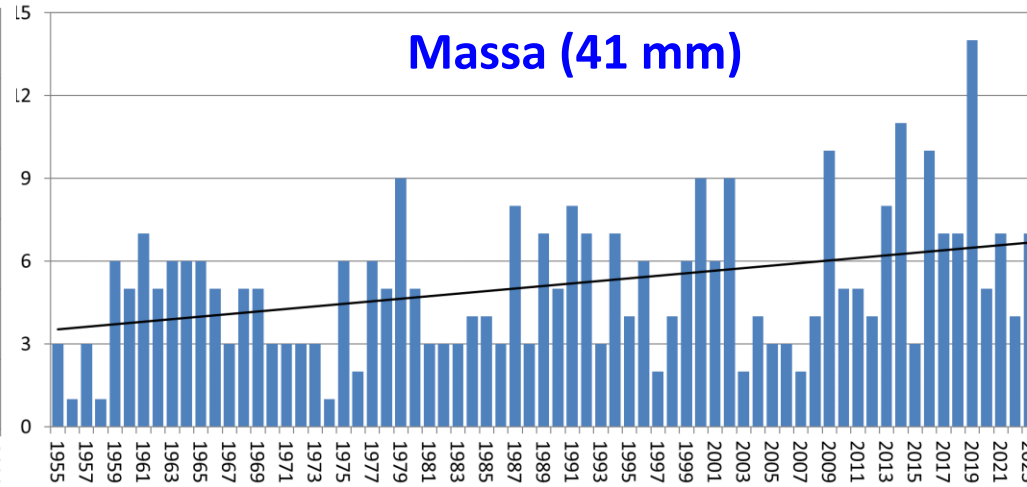


# Numero di giorni con precipitazione maggiore del 95° percentile 1955-2023

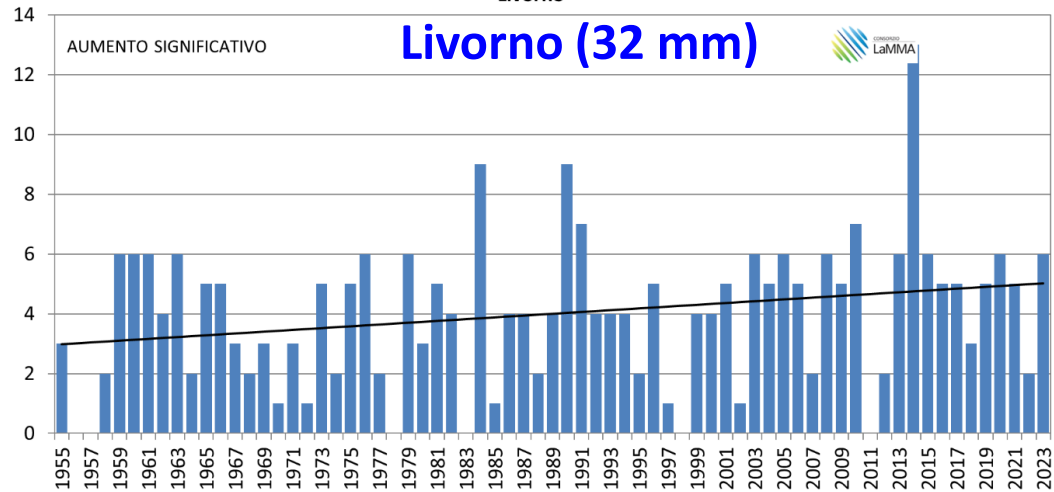
Giorni annui con pioggia giornaliera > 40 mm (95 percentile)  
Lucca



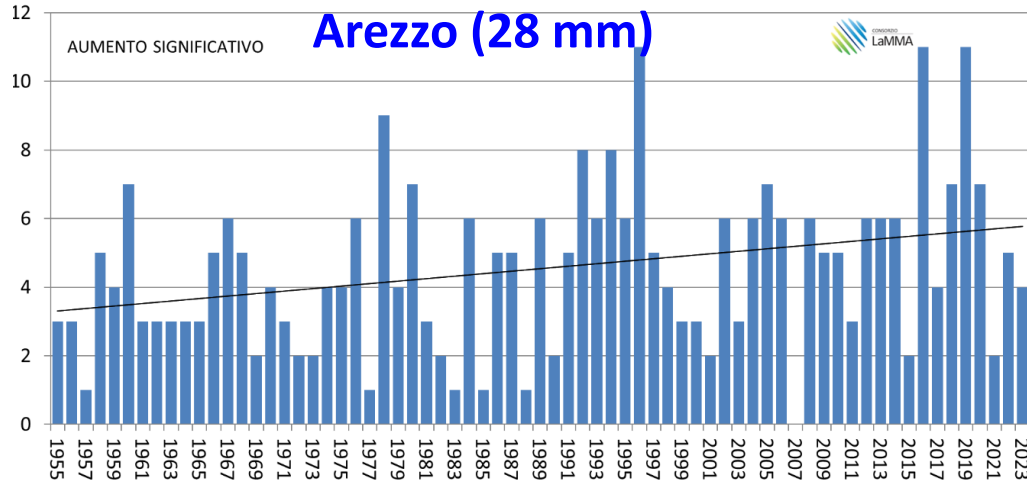
Giorni annui con pioggia giornaliera > 41 mm (95 percentile)  
Massa-Carrara



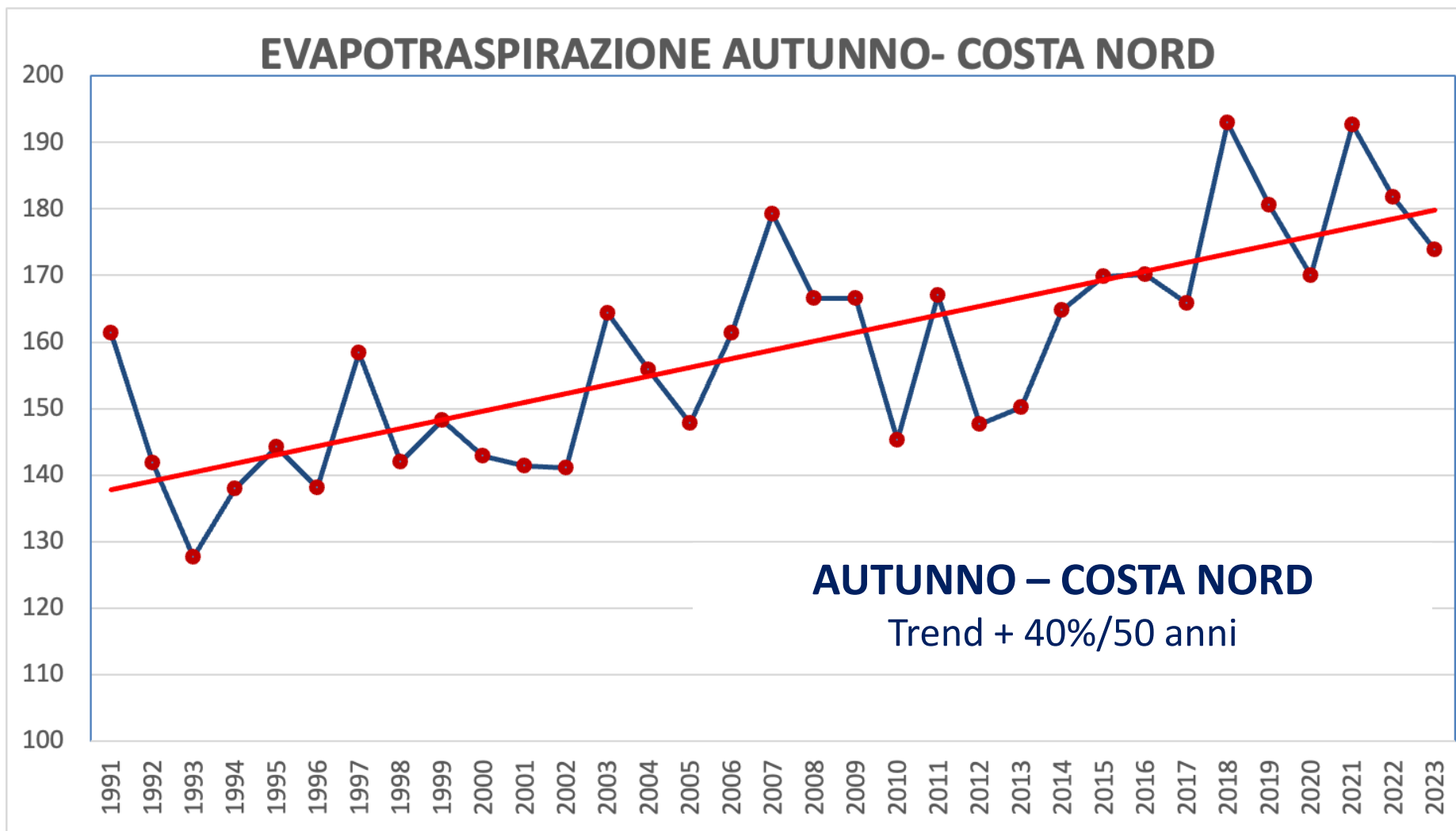
Giorni annui con pioggia giornaliera > 32 mm (95 percentile)  
Livorno



Giorni annui con pioggia giornaliera > 28 mm (95 percentile)  
Arezzo

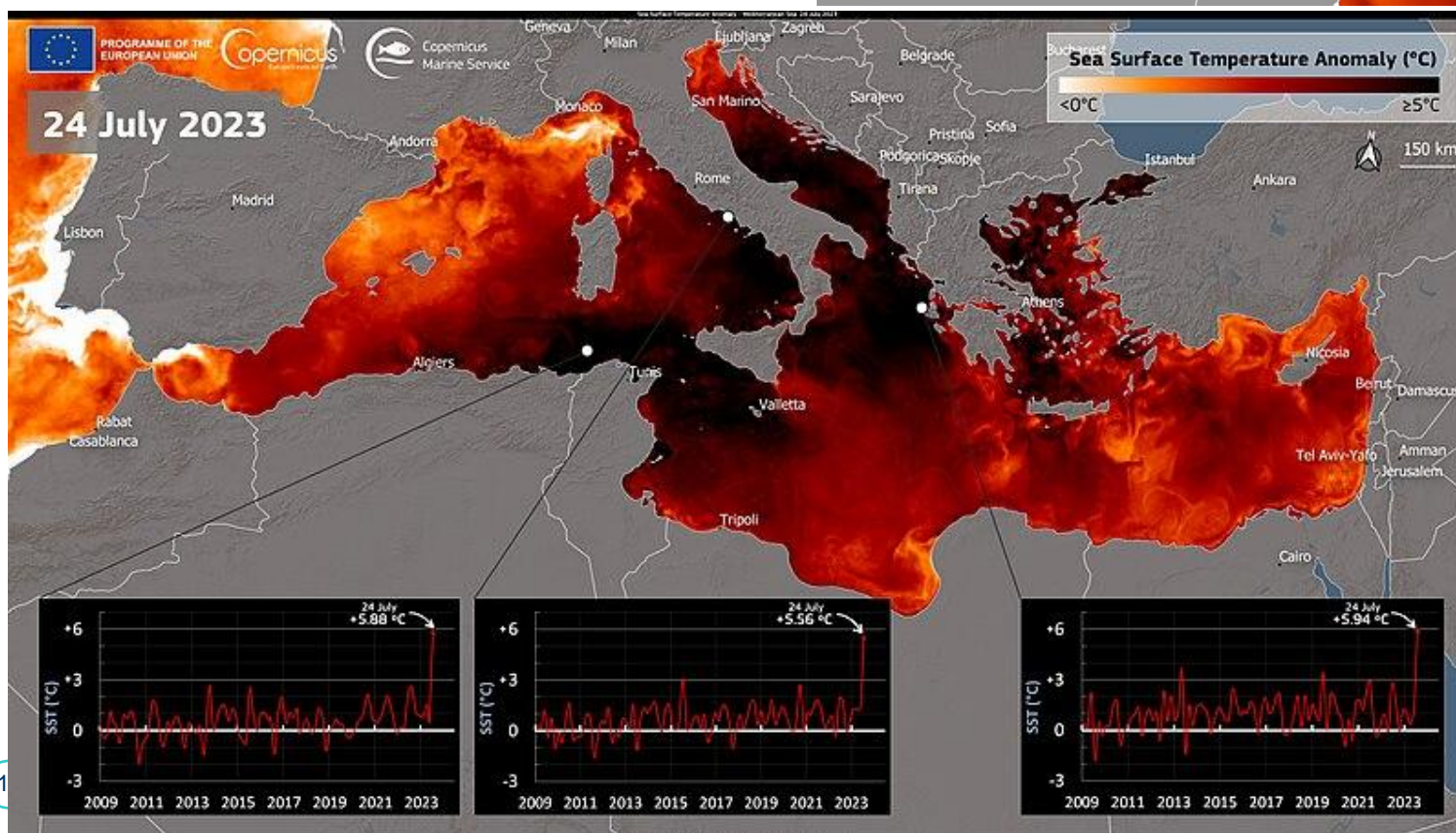
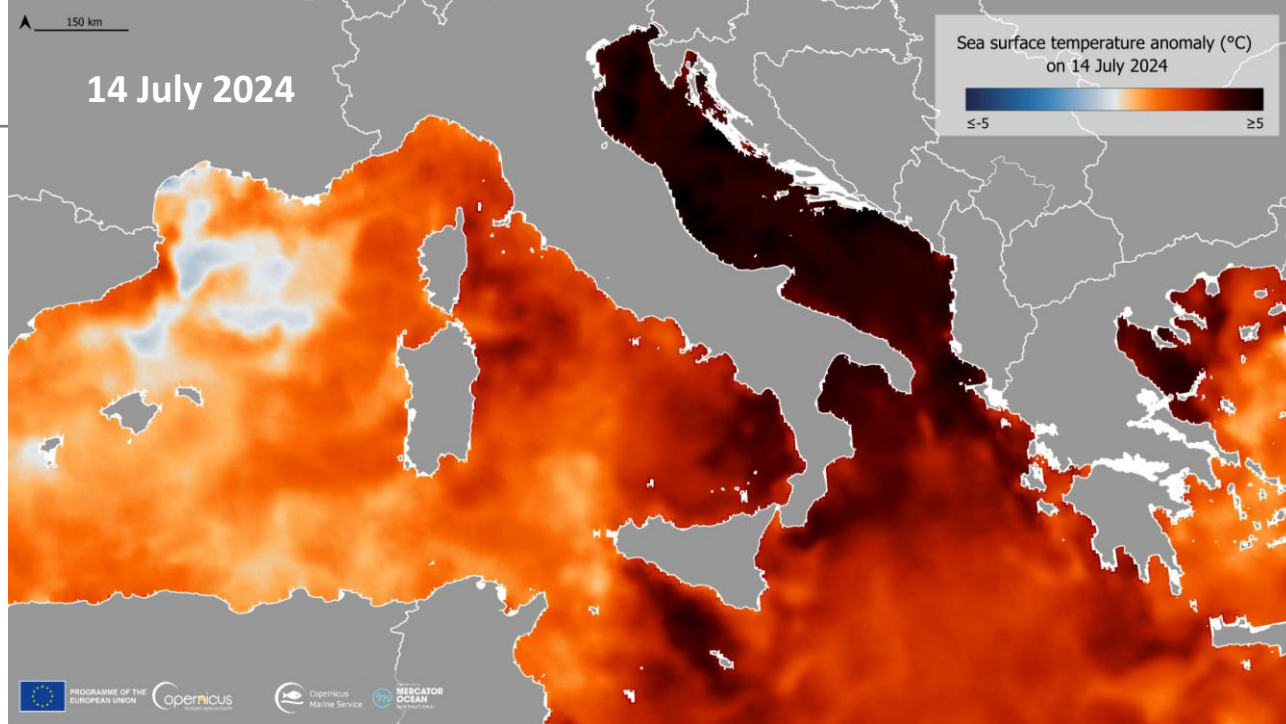


SEGNALI DI UN AUMENTO DELL'INTENSITA'



Aumenti in tutte le aree: >30% Costa N, Costa C, Costa S. e Nord-Ovest

# Temperatura superficiale del mare 24 luglio 2023 14 luglio 2024



+ evaporazione,  
+ energia,  
+ umidità

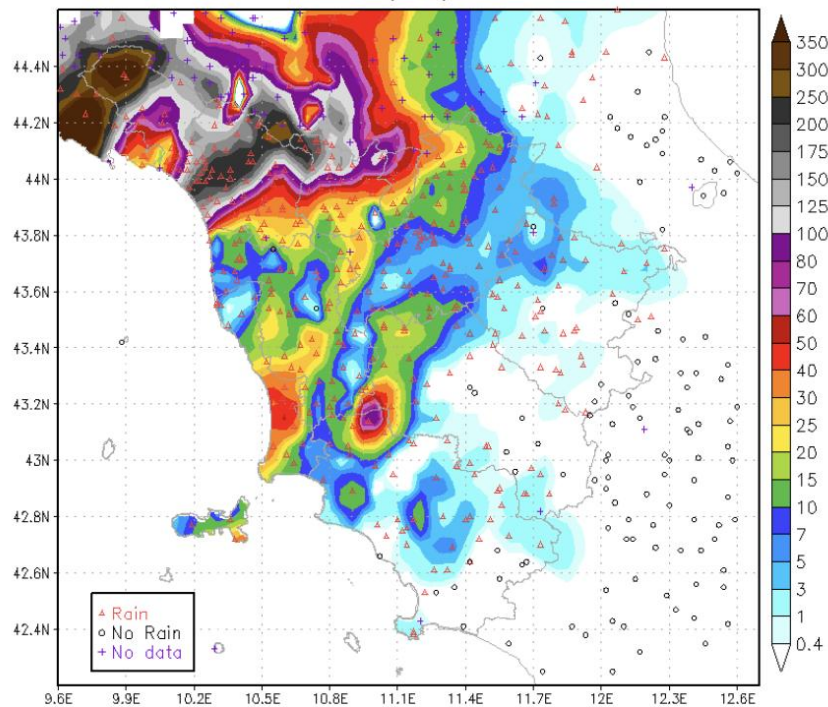


CONSORZIO

# Alcuni eventi estremi

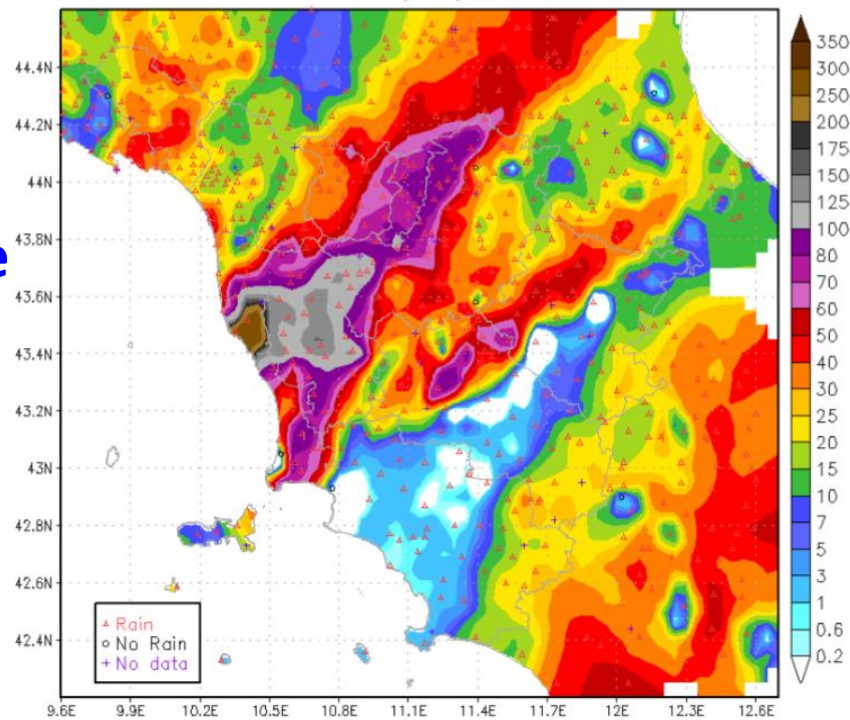
## Lunigiana 25/10/2011

Tue, 25/10/2011

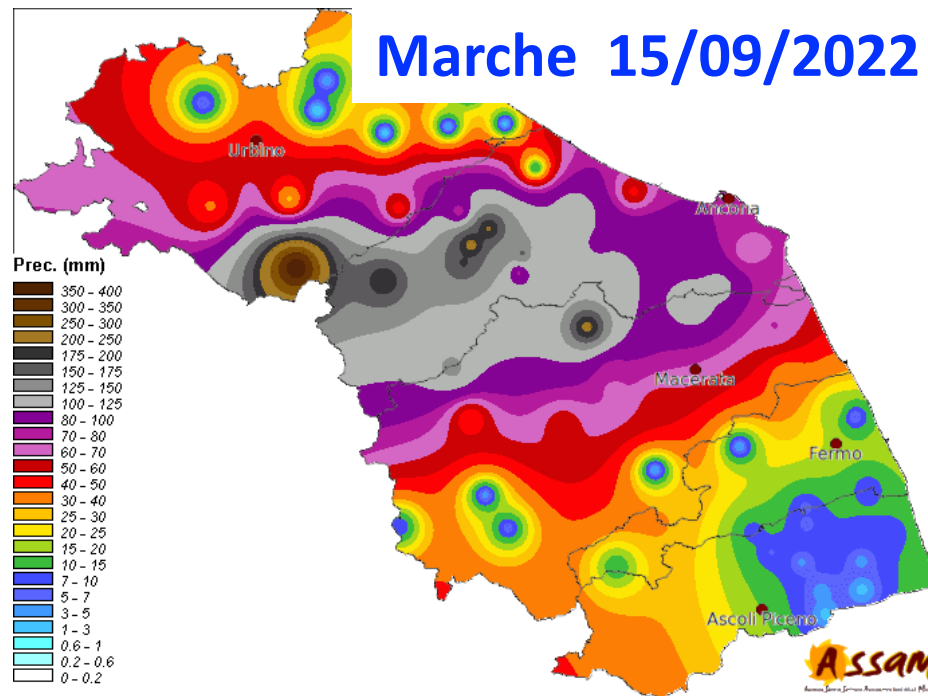


## Livorno 9 - 10 Settembre 2017

Total Precipitation [mm] cumulated on  
Sun, 10/09/2017



## Marche 15/09/2022

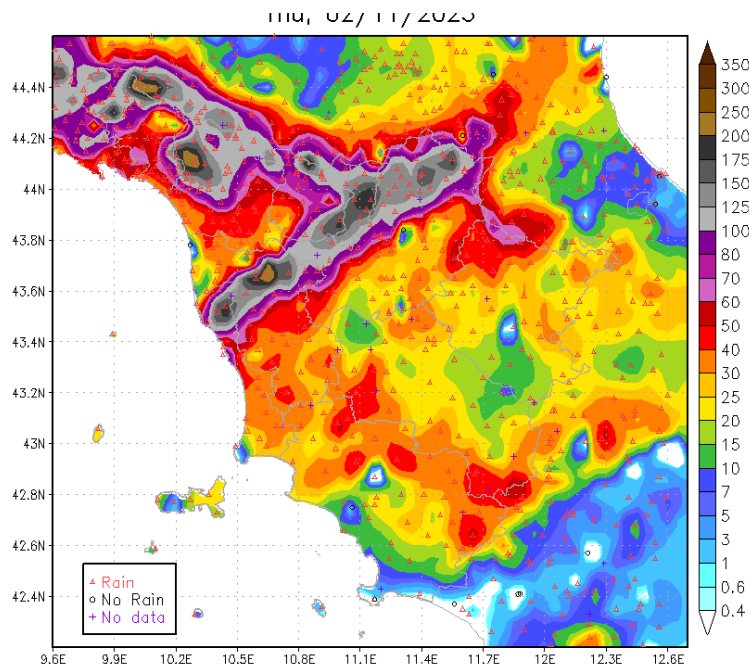


## Firenze 01/08/2015



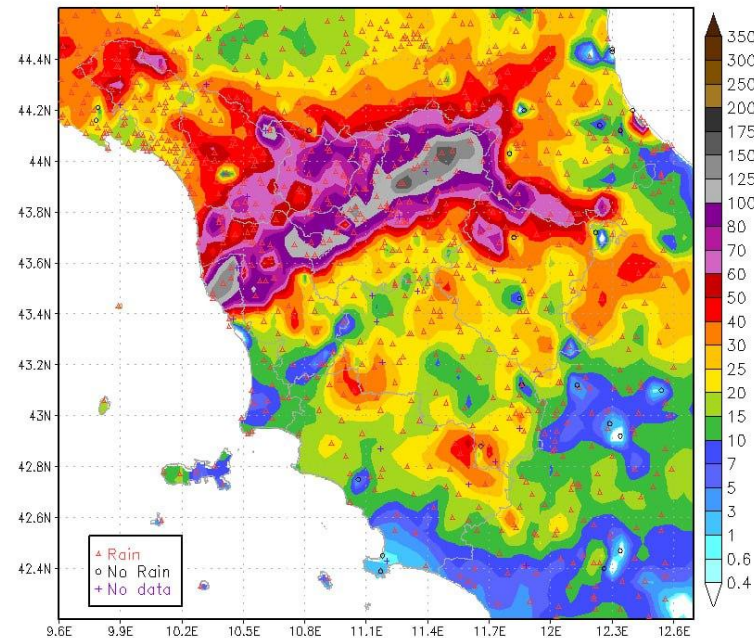
# Alcuni eventi estremi

## 2 NOVEMBRE 2023



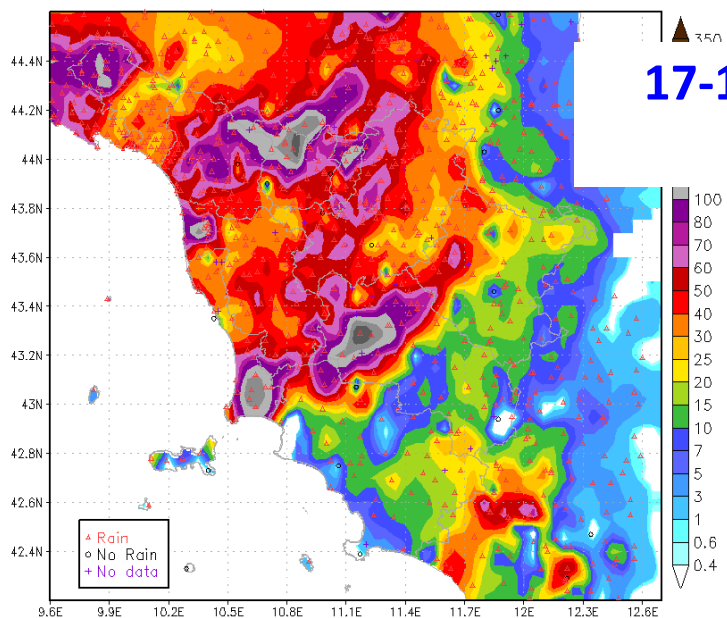
Station Number 834/860 Interpolation Grid: 0.05 deg

## Total 14 MARZO 2025

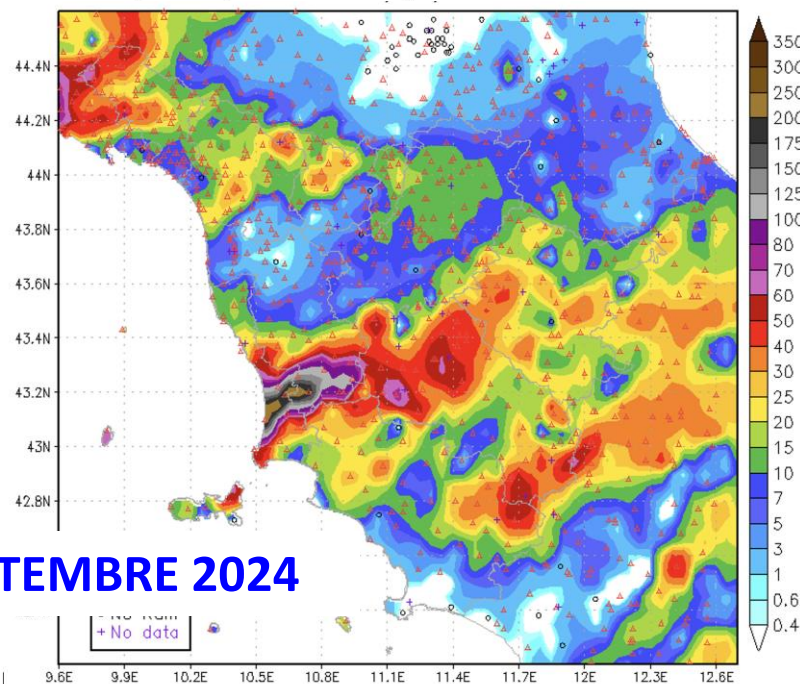


Station Number 975/995 Interpolation Grid: 0.05 deg

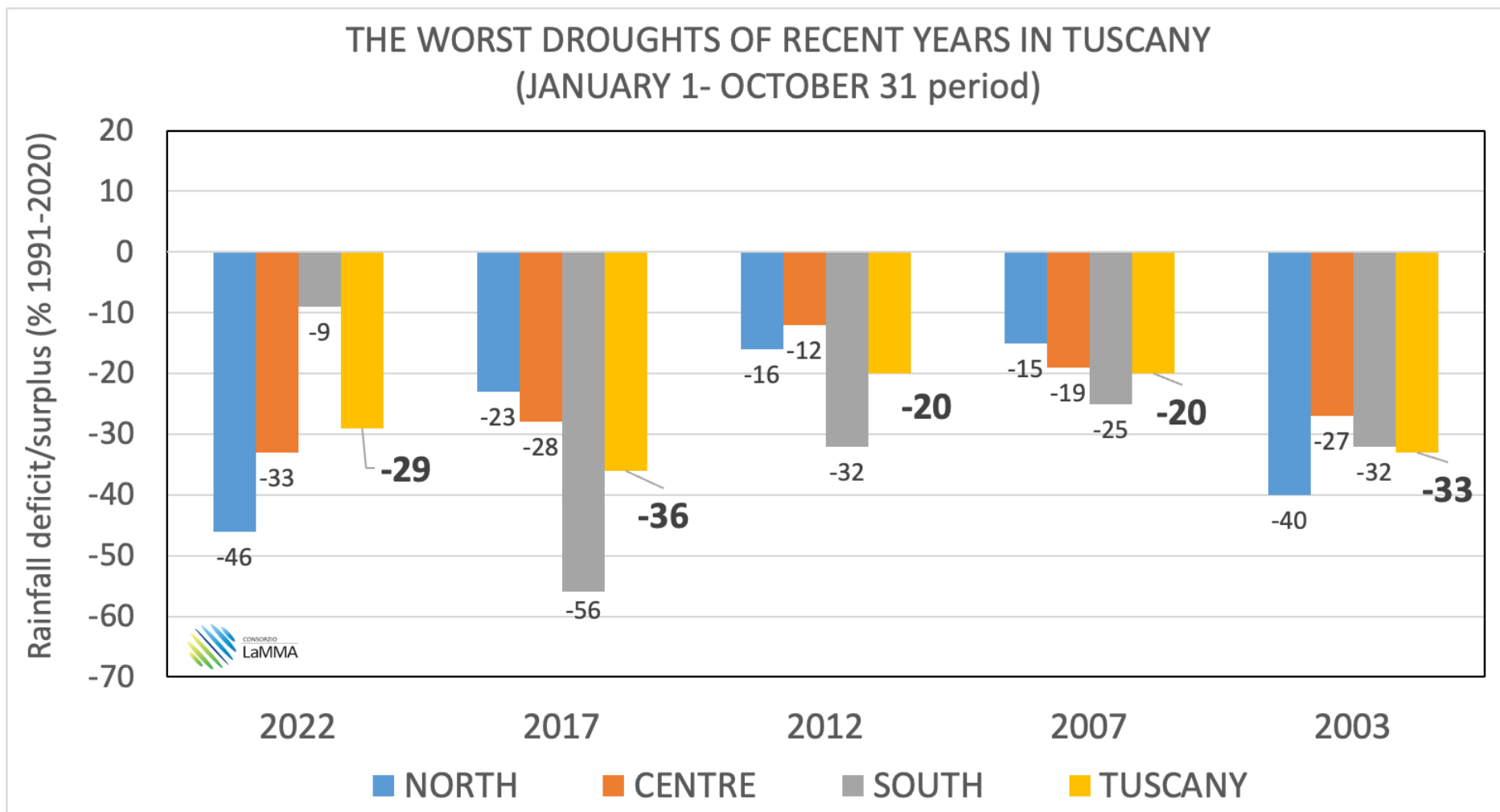
## 17-18 OTTOBRE 2024



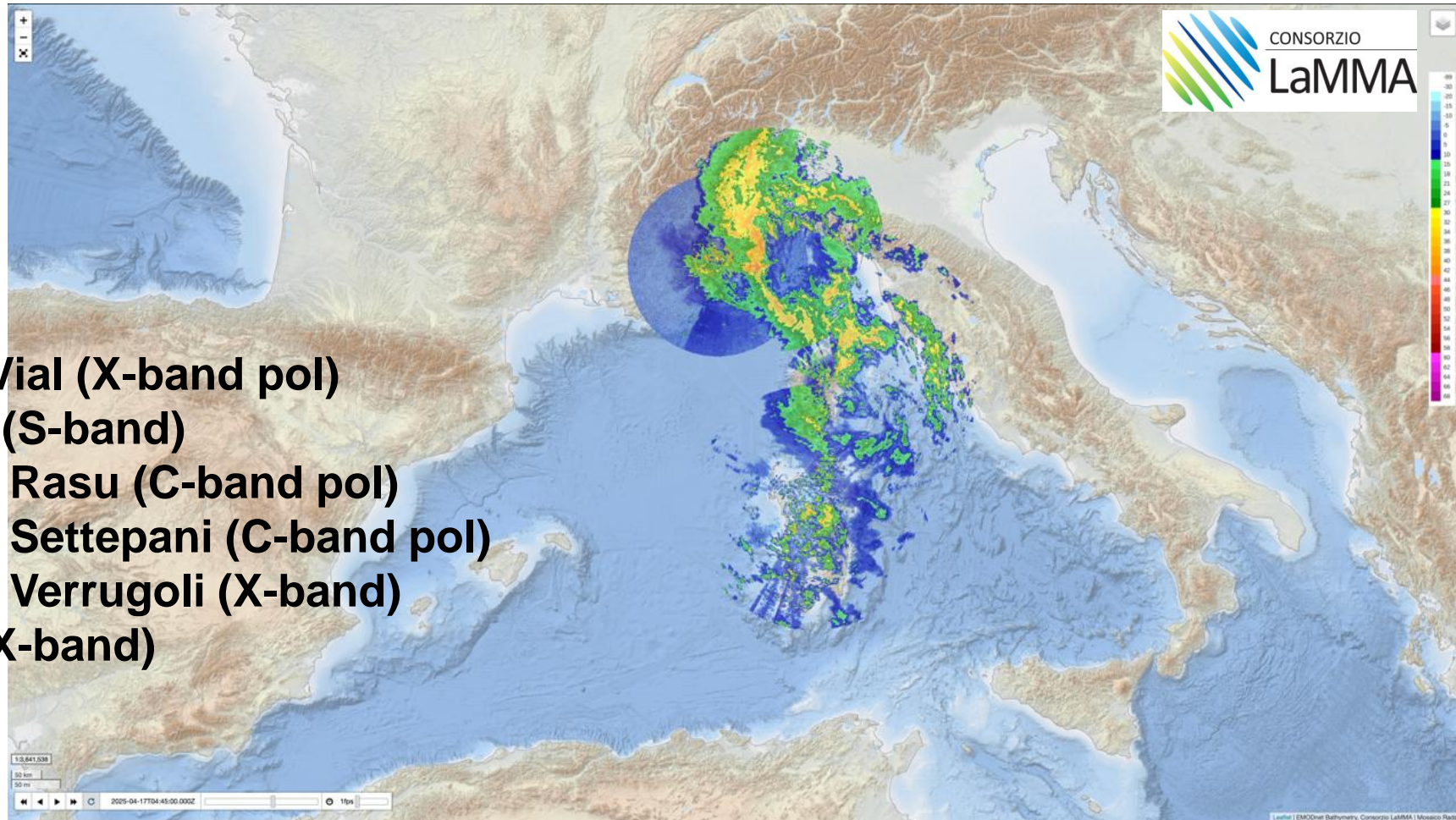
## 23 SETTEMBRE 2024



# Forti siccita' in Toscana Gennaio-Ottobre (2000-2022)



## MOSAICO RADAR TRANSFRONTALIERO



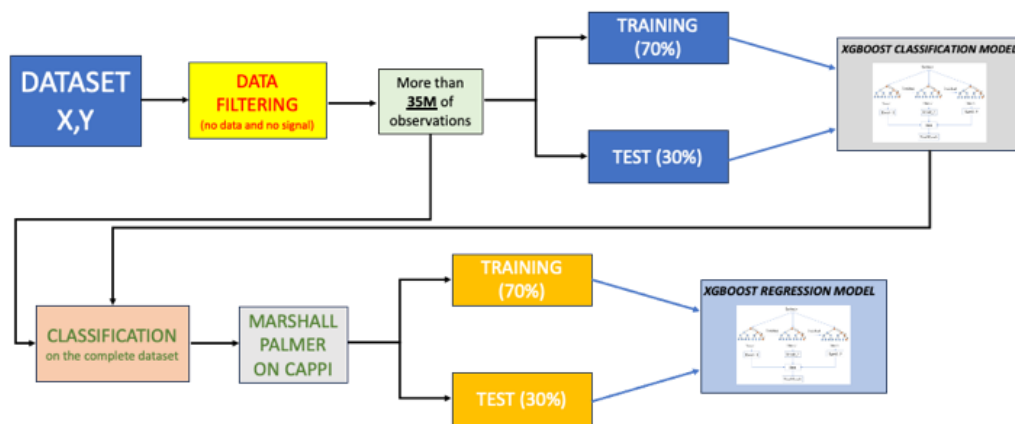
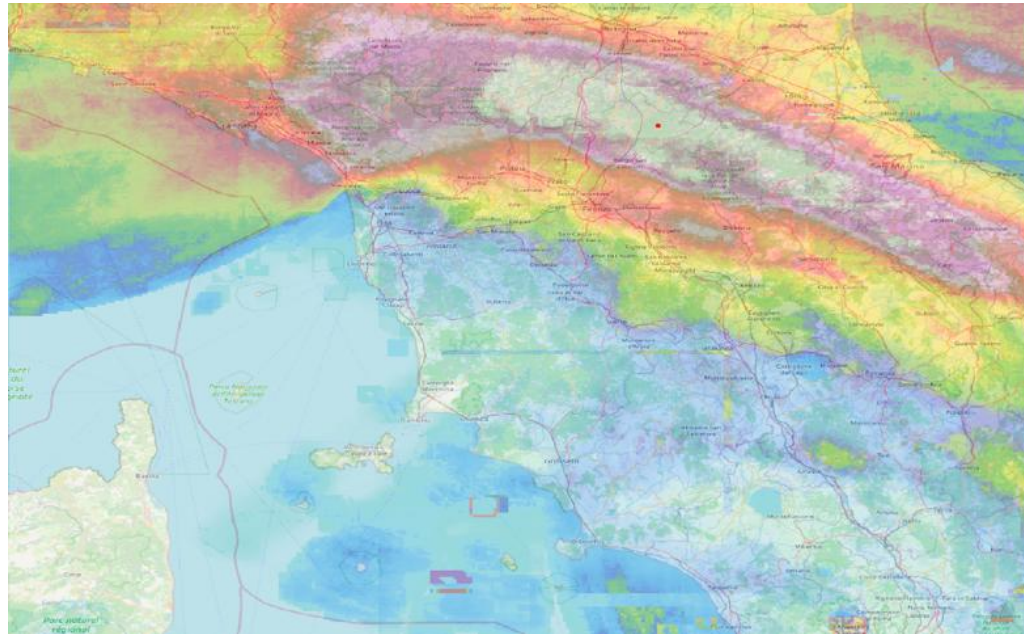
**Mont Vial (X-band pol)**  
**Aleria (S-band)**  
**Monte Rasu (C-band pol)**  
**Monte Settepani (C-band pol)**  
**Monte Verrugoli (X-band)**  
**Elba (X-band)**

Mosaico operativo da oltre 5 anni:  
Composito di 6 radar

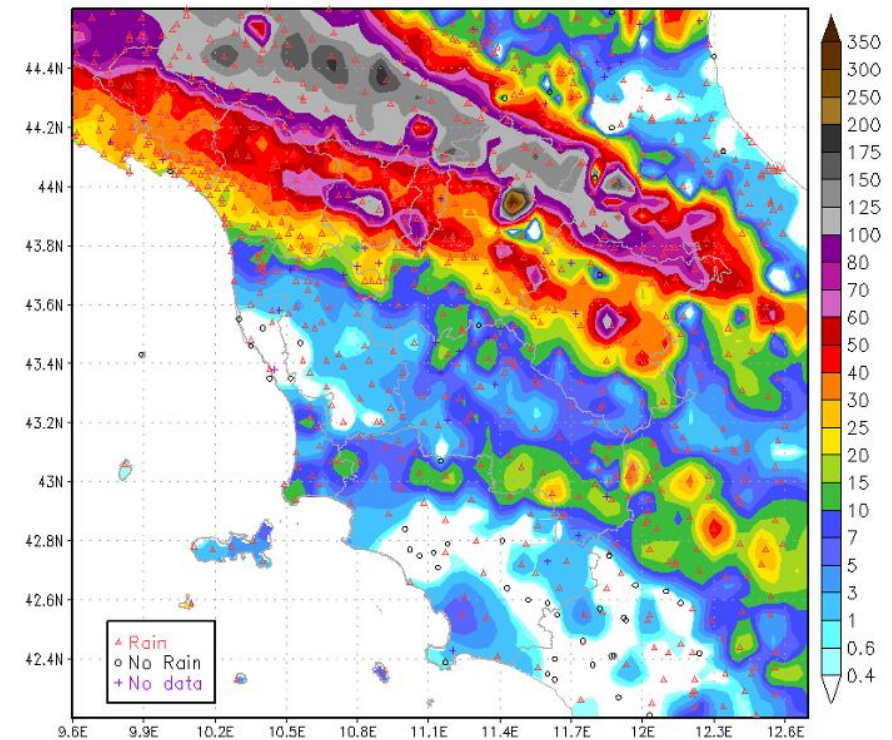
[https://geoportale.lamma.rete.toscana.it/radar\\_mosaico/index.html](https://geoportale.lamma.rete.toscana.it/radar_mosaico/index.html)

# RADAR METEOROLOGIA

**QPE tramite basato su tecniche di Machine learning allenate con dati RADAR e raingauges**



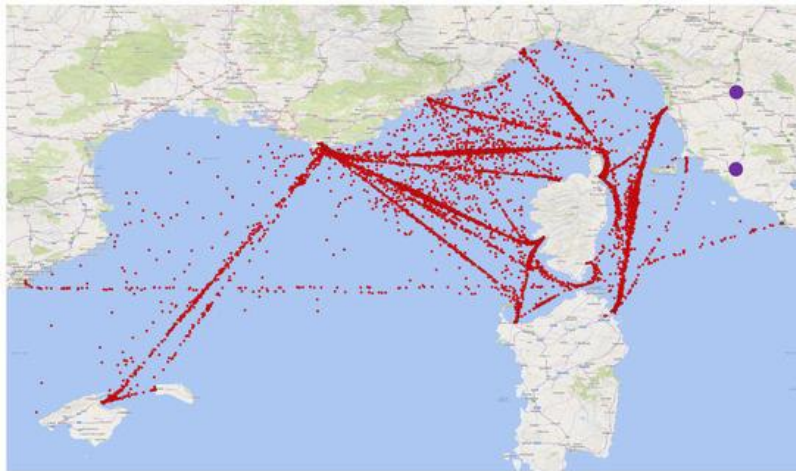
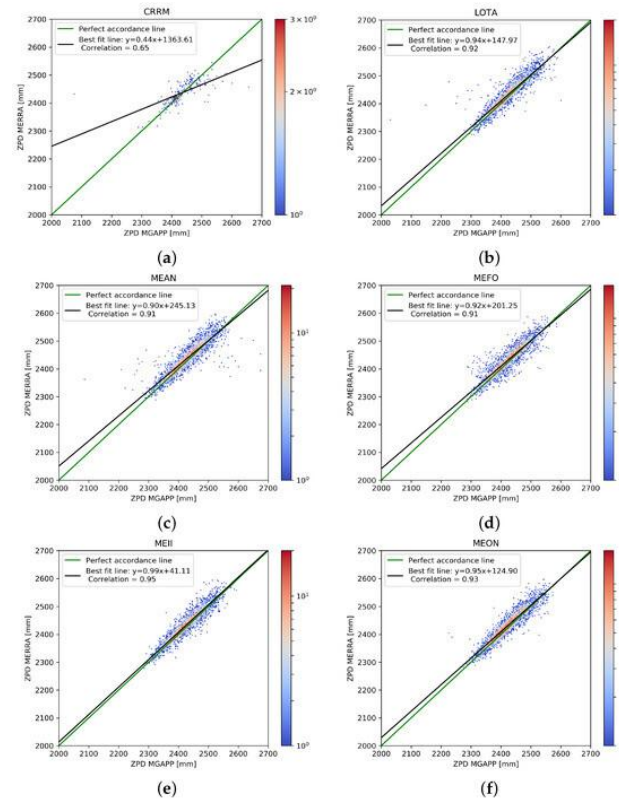
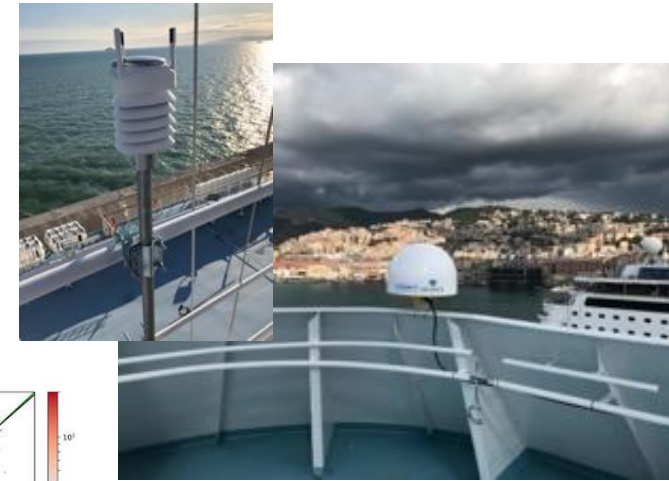
Total Precipitation [mm] cumulated on  
Mon, 24/06/2024



Station Number 941/980 Interpolation Grid: 0.05 deg

Infrastruttura operativa su 8 navi di Linea + 2 stazioni fisse (Grosseto e Sesto Fiorentino) che consente di stimare il contenuto colonnare di acqua precipitabile.

**Ulteriori 3 stazioni (2 fisse ed una mobile) saranno installate nel corso del progetto Proterina4F.**



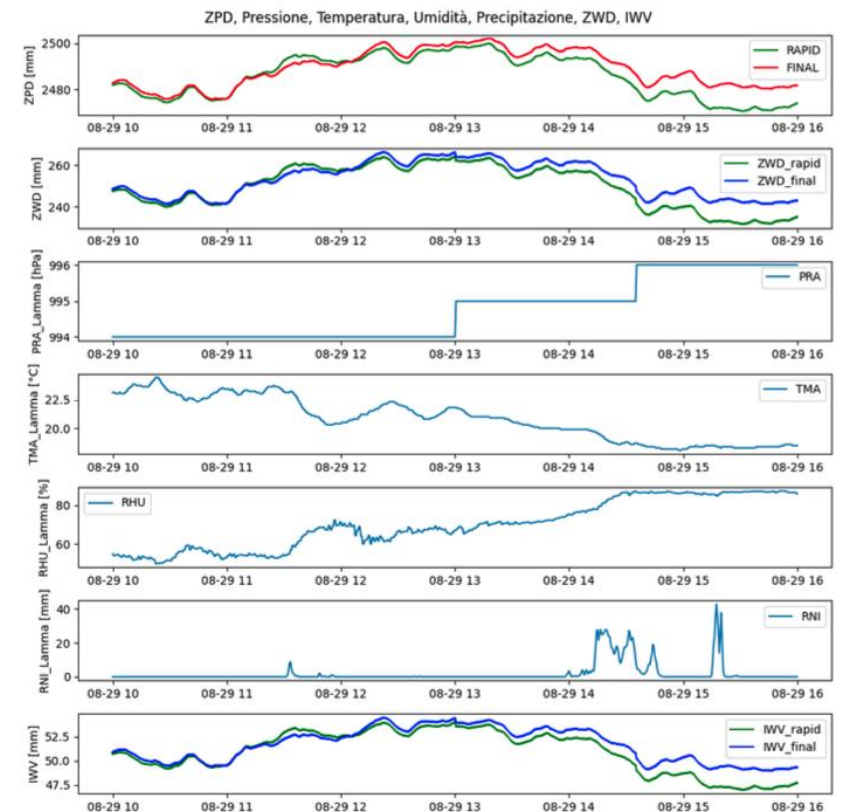
# GNSS METEOROLOGY

Studio di tecniche basate su ZPD (Zenit Wet delay), ZWD (Zenit Path Delay) o IWV (Integrated Water Vapour) per migliorare la capacità di previsione di eventi precipitativi estremi

Due tirocini curriculari + tesi presso il LAMMA:

- Laurea triennale in Scienze Marittime e Navali (UNUPI)

- Magistrale in ingegneria gestionale (UNISI)



Studio di tecniche basate su ZPD, ZWD o IWV per migliorare la capacità di previsione di eventi precipitativi estremi

**Sperimentazione di tecniche di machine learning per l'uso di serie temporali per la previsione a brevissimo termine (NOWCASTING)**

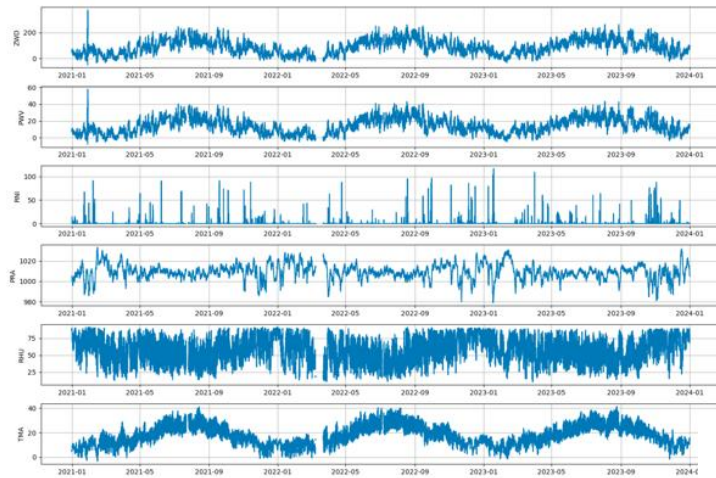
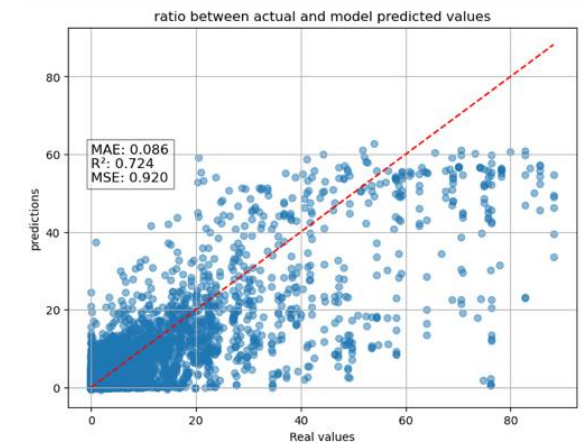
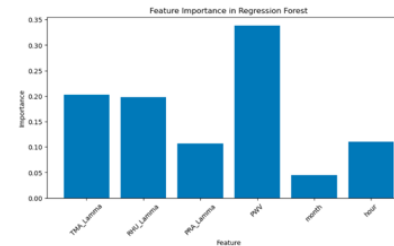
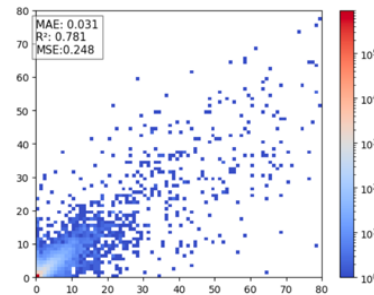
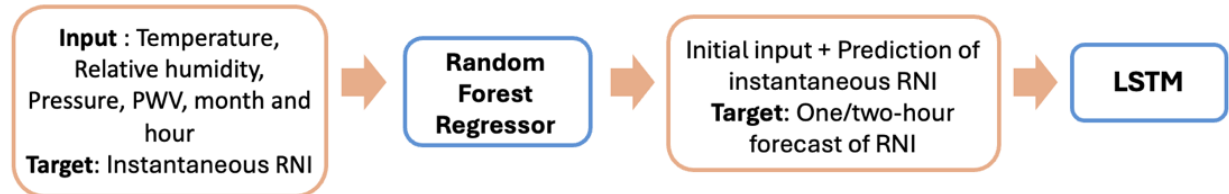
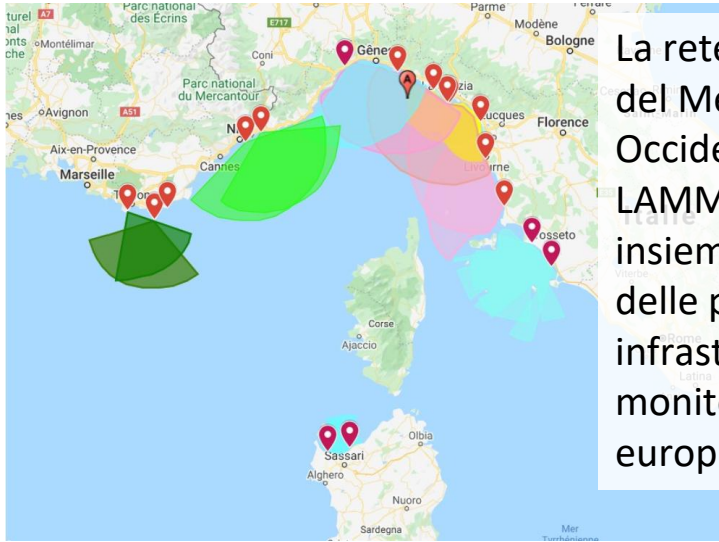
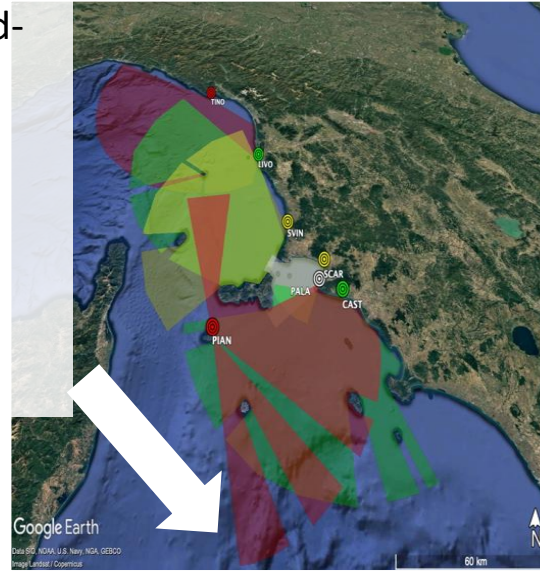


Figure 6.1: Trend of ZWD (mm), PWV ( $\text{kg m}^{-2}$ ), RNI (mm/h), PRA (mba), RHU (end TMA ( $^{\circ}\text{C}$ )) from 2021 to 2024

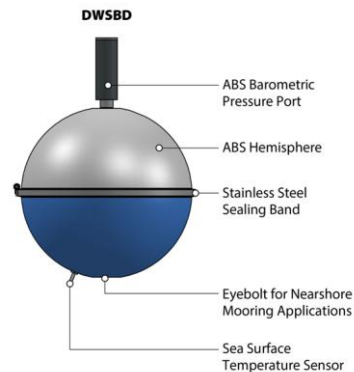




La rete radar HF costieri del Mediterraneo Nord-Occidentale, di cui il LAMMA è promotore insieme al CNR, è una delle più importanti infrastrutture di monitoraggio dei mari europei



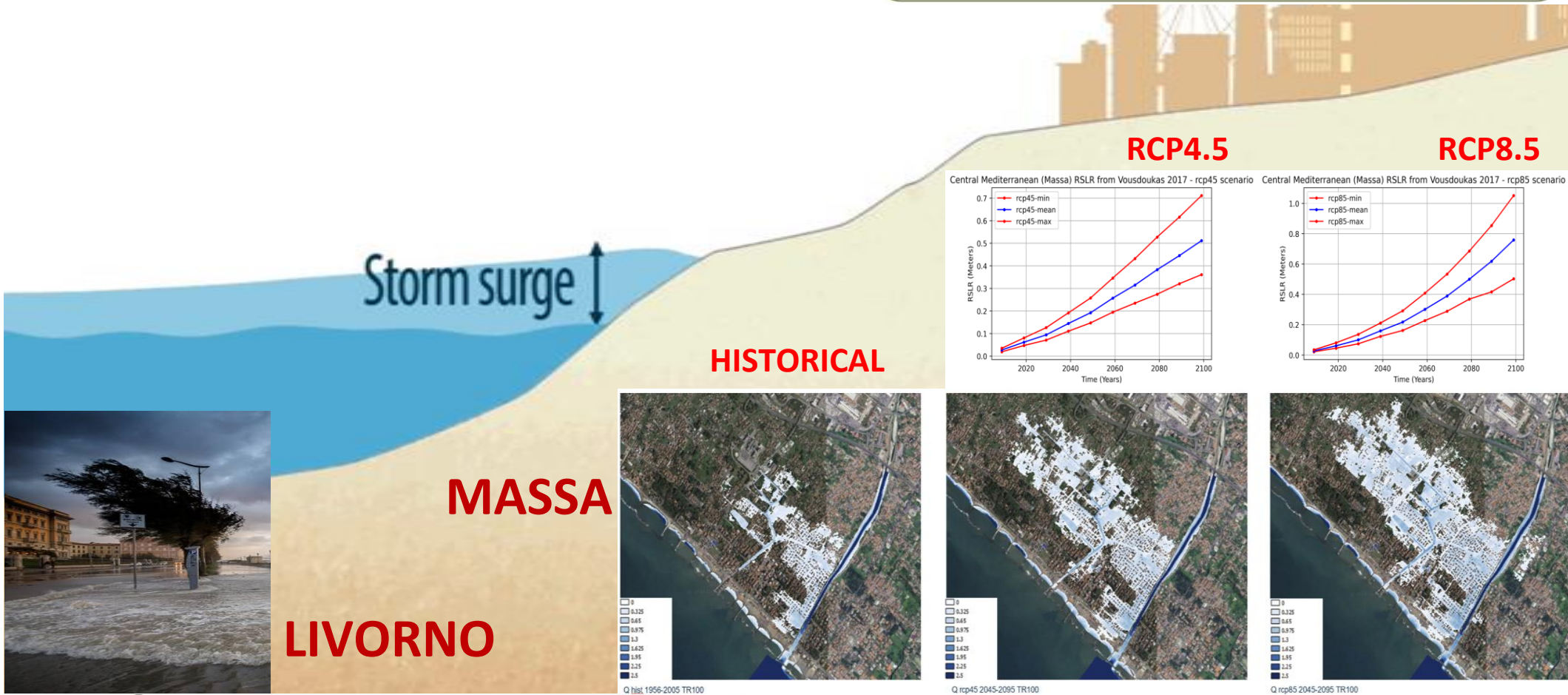
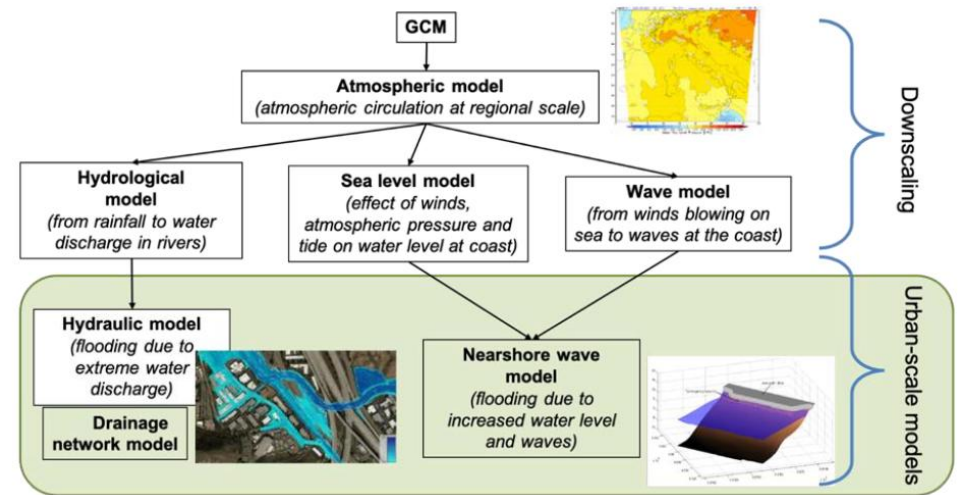
Installazione di boe a basso costo per verificare i modelli di previsione numerica, in collaborazione con Scripps Institution in Oceanography



L'utilizzo di robot marini autonomi (Wave Glider, ARGO floats) per campagne di osservazione per lunghi periodi e in qualunque condizione. Sperimentazione di prototipi di ricerca (collaborazione con Scuola Sant'Anna di Pisa)

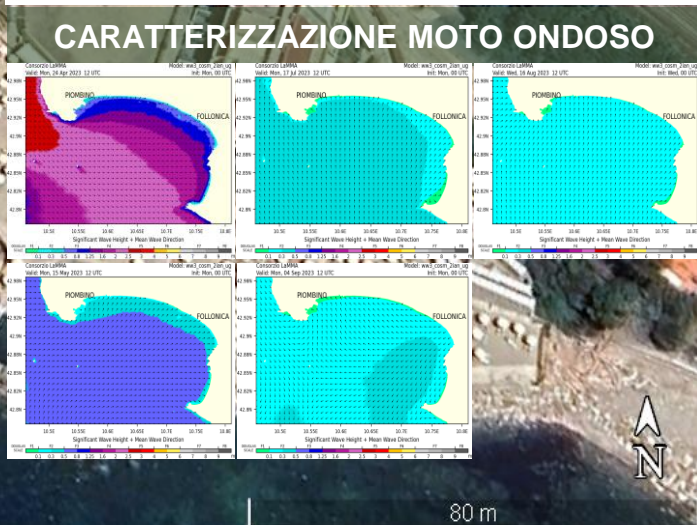
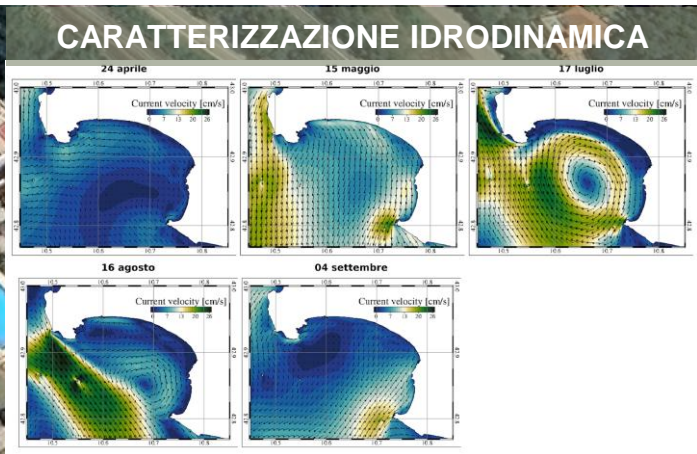
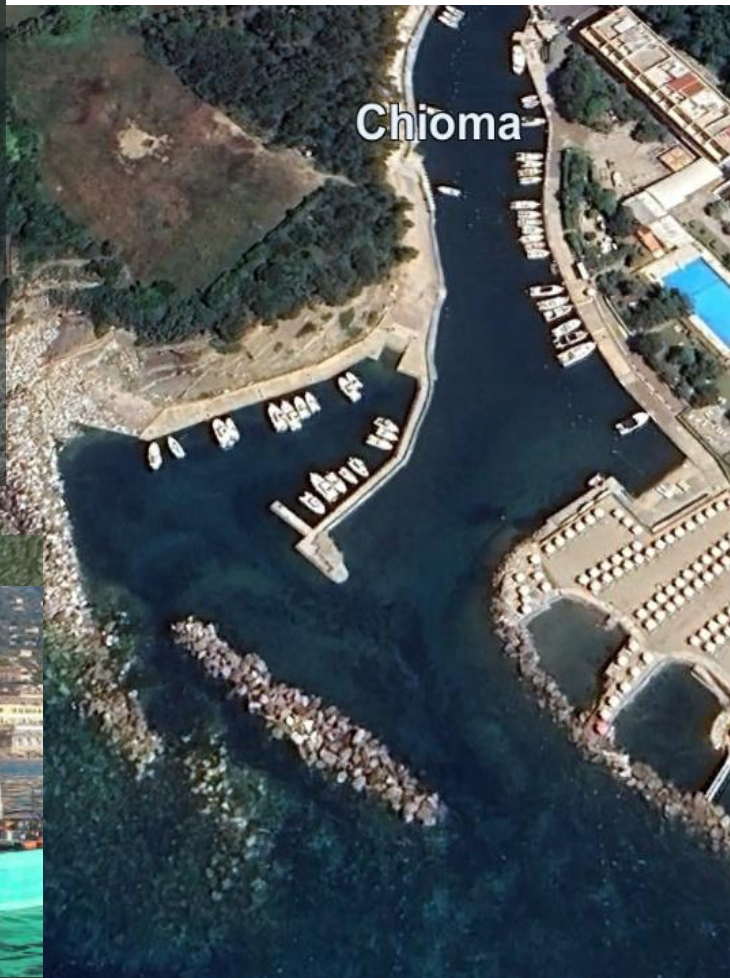
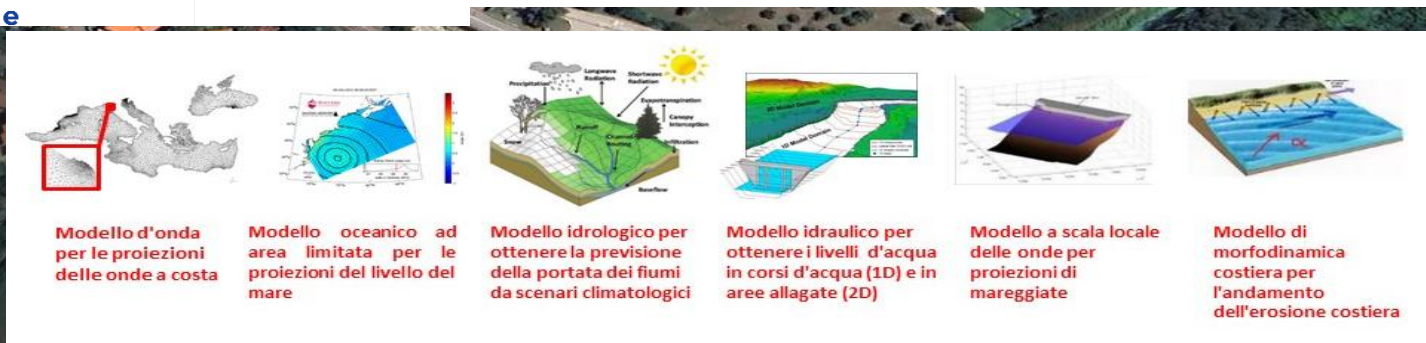


# Innalzamento del livello marino, eventi estremi ed alluvioni Progetto SCORE (H2020)



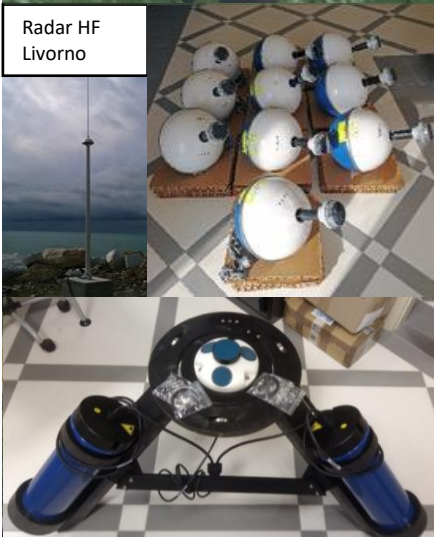
Utilizzo di moderne tecnologie: robotica marina, video monitoraggio, dati di osservazione remota, modelli predittivi a varie scale.

Gemelli digitali delle aree costiere che integrano dati geografici, climatici, ecosistemici e socio-economici, per supportare valutazione del rischio e pianificazione.

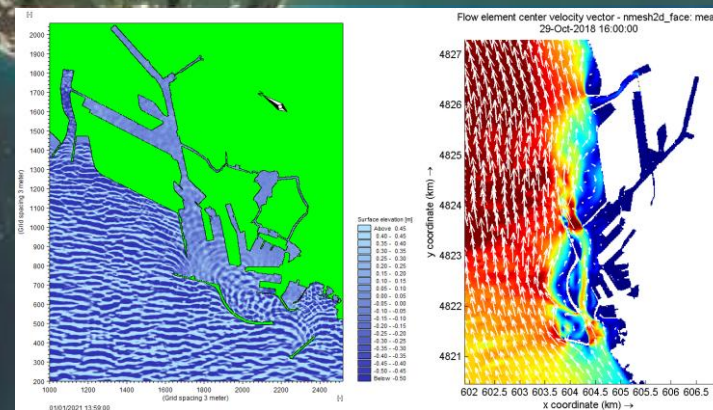


# SISTEMA MODELLISTICO PER LA CARATTERIZZAZIONE IDRODINAMICA E METEOMARINA COMPLETA E PER LA PREVISIONE DI EVENTI DI INQUINAMENTO A BREVE TERMINE

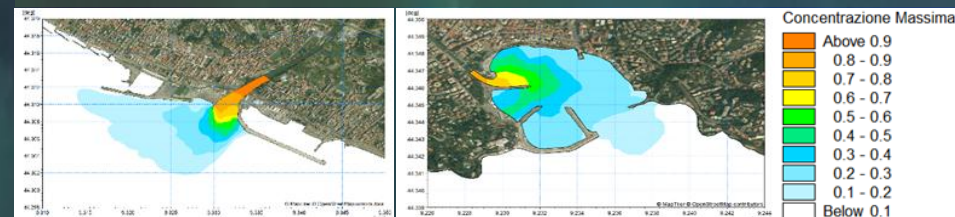
## STRUMENTAZIONE



## MODELLI AD ALTISSIMA RISOLUZIONE



## STIME CONCENTRAZIONE INQUINANTI



## Attività su area livornese:

- Monitoraggio dell'erosione costiera
- Caratterizzazione del porto (onde, correnti, trasporto sedimenti, dispersione inquinanti)
- Alluvionamento costiero
- Modellazione delle caratteristiche delle acque di balneazione
- Studio delle interazioni tra porto e area marina protetta della Meloria
- Servizi di previsione meteomarina operativa per il rigassificatore OLT
- Impatto onde sulla costa alta (Progetto AMIS)





**Grazie per l'attenzione**