





Associazione  
**AMPRO**  
Meteo Professionisti



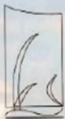
**ItaliaMeteo**

## Cambiamento climatico in Emilia-Romagna: un 2023 davvero estremo tra alluvione e tornado



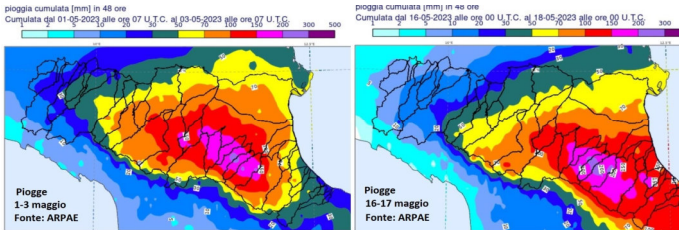
Ordine Geologi  
Emilia-Romagna



Associazione  
**Fulvio  
Ciancabilla**

*R. Mattei, 13/02/2024*

*P. Randi*  
*Meteorological T.*  
*Presidente AMPRO*  
*Consulente ItaliaMeteo*



pioggia cumulata (mm) in 48 ore  
Cumulata dal 01-05-2023 alle ore 07 U.T.C. al 03-05-2023 alle ore 07 U.T.C.

pioggia cumulata (mm) in 48 ore  
Cumulata dal 16-05-2023 alle ore 00 U.T.C. al 18-05-2023 alle ore 00 U.T.C.

Fonte: ARPAE

1



Associazione  
**AMPRO**  
Meteo Professionisti



**ItaliaMeteo**

## Professione meteorologo. In Italia boom di app e siti ma un albo non esiste

**AMPRO Unica associazione di Meteo Professionisti in Italia.**  
Si occupa del riconoscimento, valorizzazione e promozione della professione del Tecnico Meteorologo e del Meteorologo in Italia.  
Gli iscritti ad AMPRO devono rispettare il Codice Deontologico di AMPRO e sottoporsi a formazione continua e verifica annuale dei requisiti (**serve laurea a indirizzo specifico o certificazione**).

**Produce un Elenco Nazionale di Meteorologi e Tecnici Meteorologi**, aggiornato annualmente, utile all'utenza e alla Pubblica Amministrazione. Fa formazione e divulgazione.

**Associazione Professionale regolata dalla L.4 del 14 gennaio 2013**

Un passo fondamentale è rappresentato dalla nascita ed entrata in operatività dell'Agenda Nazionale **Italia Meteo**, ovvero il servizio meteorologico nazionale civile.

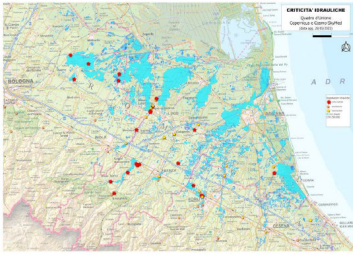


2

**ALLUVIONE MAGGIO 2023: 17 vittime**  
**Catastrofe più costosa nella storia d'Italia**  
 Swiss Re (fornitore mondiale assicurazioni): 10 miliardi di euri di danni, **di cui solo il 6% assicurato.**  
 Report Global Catastrophe Recap di Aon: **terzo peggior evento mondiale del 2023.**

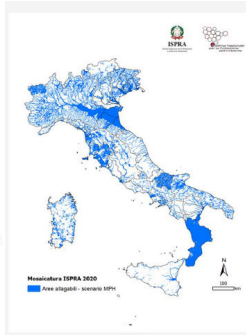
EXHIBIT 3: Top 10 Costliest Economic Loss Events in 1H 2023

| Date        | Event                      | Location                   | Deaths | Economic Loss (USD bn) |
|-------------|----------------------------|----------------------------|--------|------------------------|
| 02/06       | Turkey & Syria Earthquakes | Turkey & Syria             | 59,259 | 91.0                   |
| 01/01-06/30 | La Plata Basin Drought     | Brazil, Argentina, Uruguay | N/A    | 9.9                    |
| 05/13-05/17 | Emilia-Romagna Floods      | Italy                      | 15     | 9.7                    |
| 03/01-03/03 | Severe Convective Storm    | United States              | 13     | 6.1                    |
| 01/01-06/30 | Drought                    | Spain                      | N/A    | 5.6                    |
| 03/31-04/01 | Severe Convective Storm    | United States              | 37     | 5.5                    |
| 02/12-02/17 | Cyclone Gabriele           | New Zealand                | 11     | 3.9                    |
| 06/21-06/26 | Severe Convective Storm    | United States              | 7      | 3.8                    |
| 01/27-02/02 | Auckland Floods            | New Zealand                | 4      | 3.3                    |
| 06/10-06/15 | Severe Convective Storm    | United States              | 3      | 3.1                    |

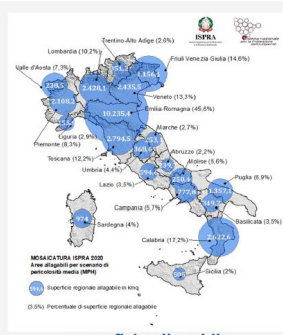


**Evento del 2-3 maggio**  
 14 corsi d'acqua contemporaneamente superano i livelli di allarme (138 superamenti di soglie idrometriche 2 e 3), in totale 23 piene

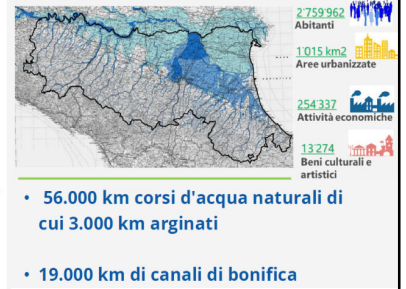
**Evento 16-17 maggio**  
 esondano 23 corsi d'acqua contemporaneamente. Non era mai successo. Altri 13 fiumi superano livelli d'allarme. Si verificano erosioni spondali, sovralluvionamenti, sormonti arginali. Almeno 15mila gli edifici allagati nelle campagne; si aggiungono quelli nelle città.



**aree allagabili**  
 L'Emilia-Romagna è la regione con la maggior superficie allagabile (scenario di pericolosità media): 45.6% del territorio



**superficie allagabile (kmq)**



- 56.000 km corsi d'acqua naturali di cui 3.000 km arginati
- 19.000 km di canali di bonifica



3

**Alluvione maggio 2023: partiamo da lontano..**

Grande scala: Anomalie di pressione al suolo e geopotenziale a 500 hPa 1-31 maggio 2023. **Situazione di blocco meteorologico (alte pressioni troppo a Nord).**

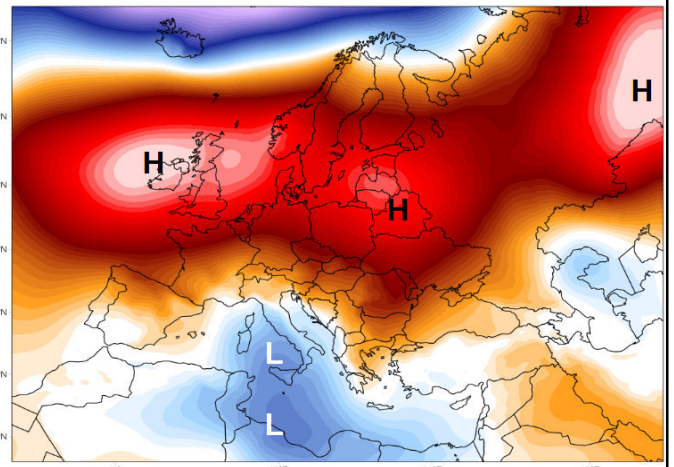
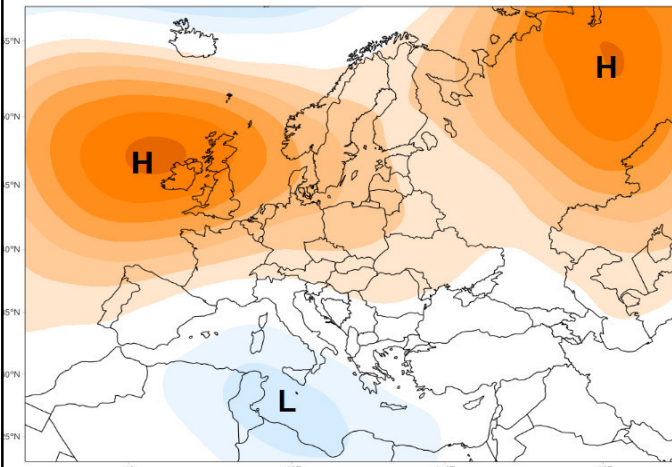


Geopot Hgt 500hPa Anomaly (dam)  
 May 2023 - 1981-2010

ECMWF ERA5 (0.5x0.5 deg)

Mean Sea Level Pressure Anomaly (hPa)  
 May 2023 - 1981-2010

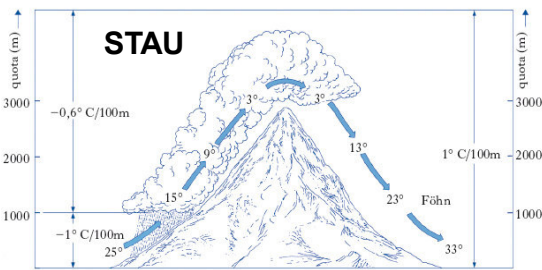
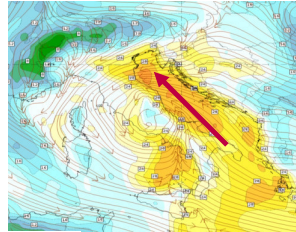
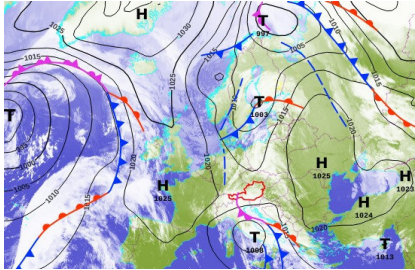
ECMWF ERA5 (0.5x0.5 deg)



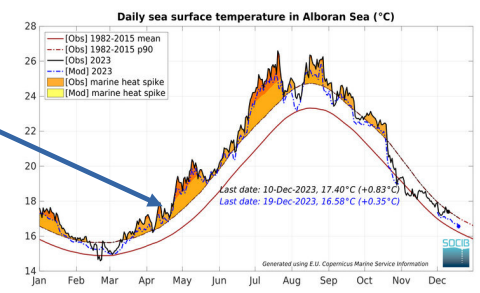
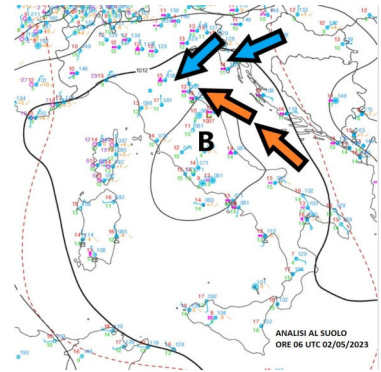
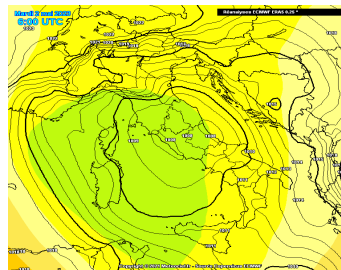
4

**Primo evento 1-3 maggio.**

Un'onda depressionaria proveniente dalla Spagna viene agganciata da una saccatura in quota in discesa dal nord Europa. Formazione di un ciclone extra-tropicale sul Mediterraneo centrale a lenta evoluzione poichè **intrappolato da due alte pressioni**.



variazione della temperatura con la quota

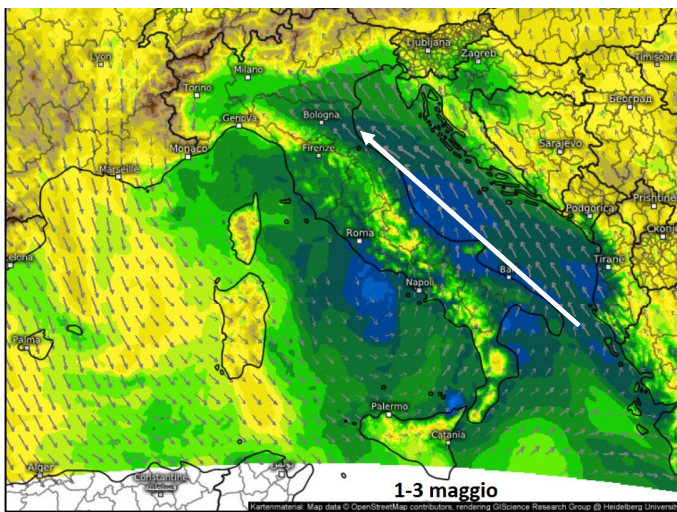


5

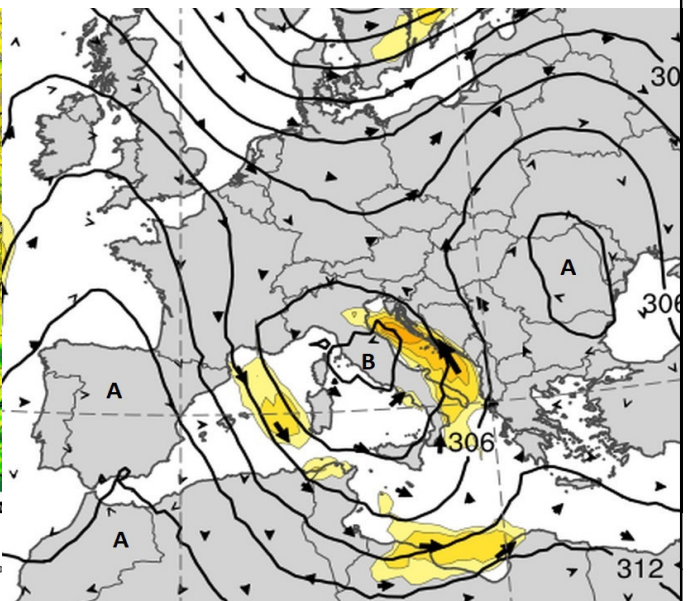
**Primo evento 1-3 maggio.**

Fin qui tutto normale; una tipica depressione mediterranea primaverile. Dove sta l'anomalia? **Nelle immagini sottostanti**

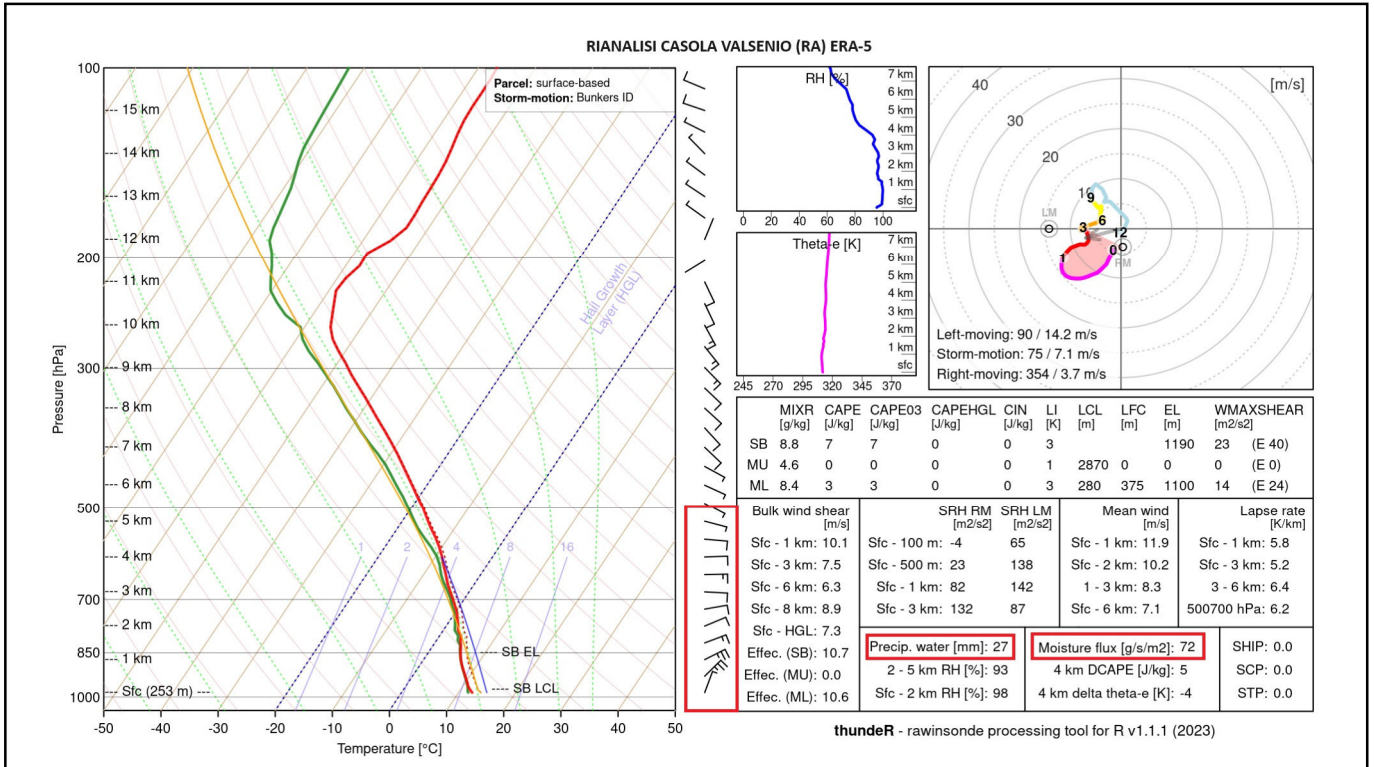
*Acqua precipitabile*



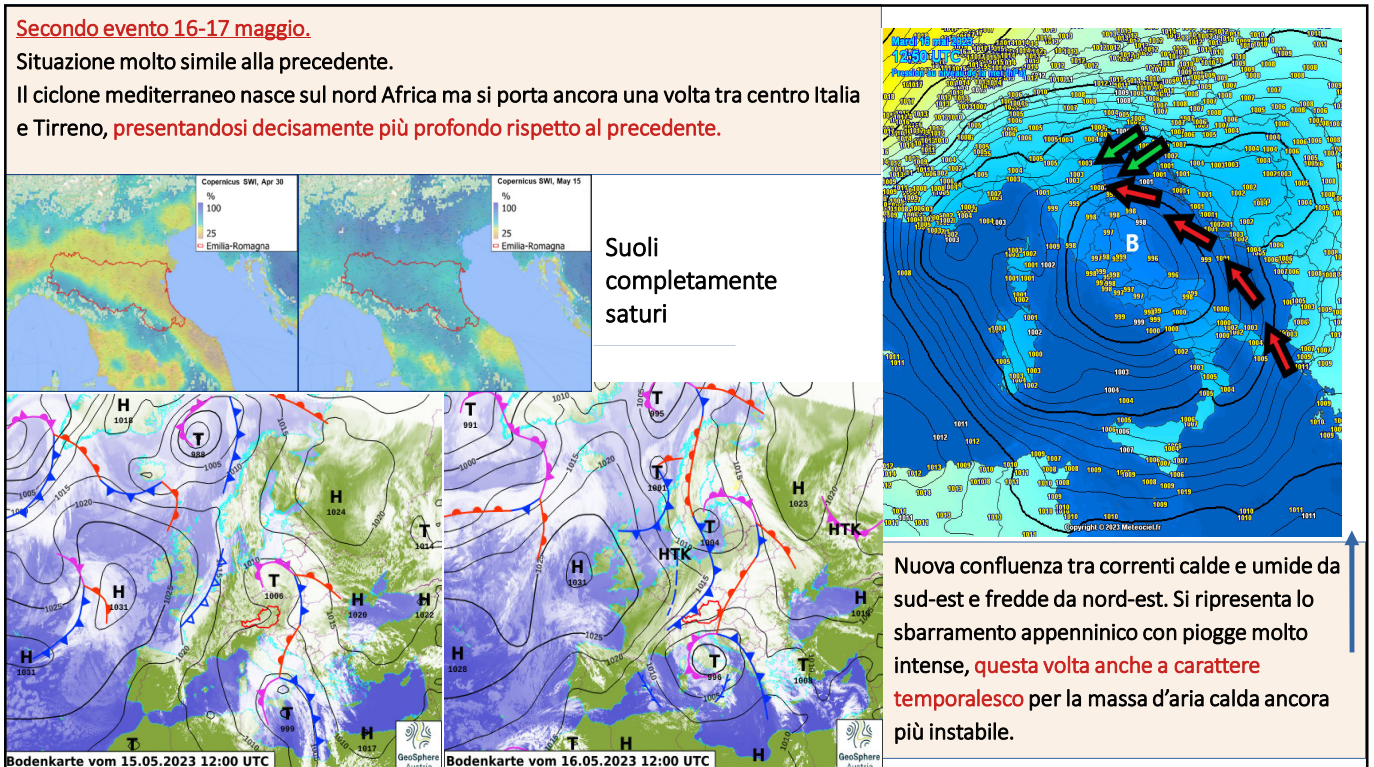
*Trasporto integrato di vapore acqueo*



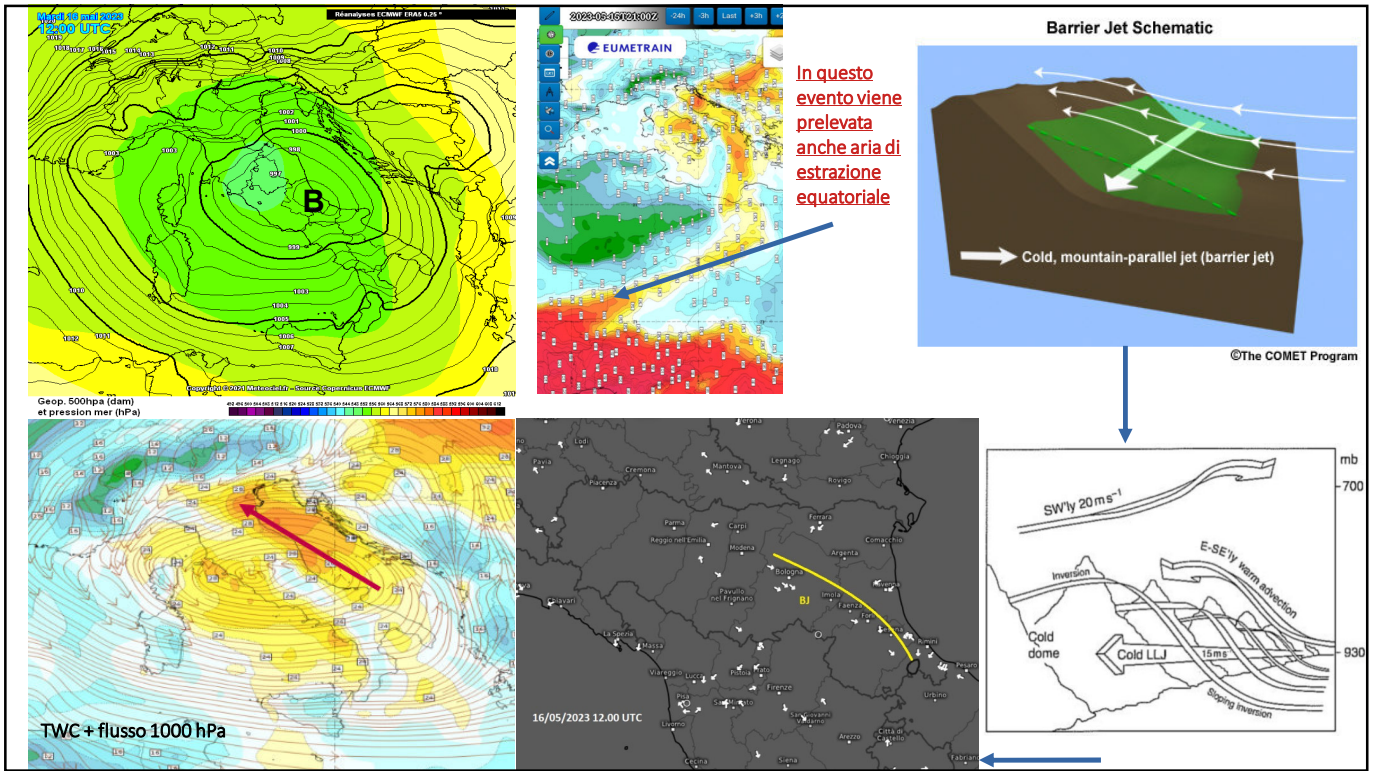
6



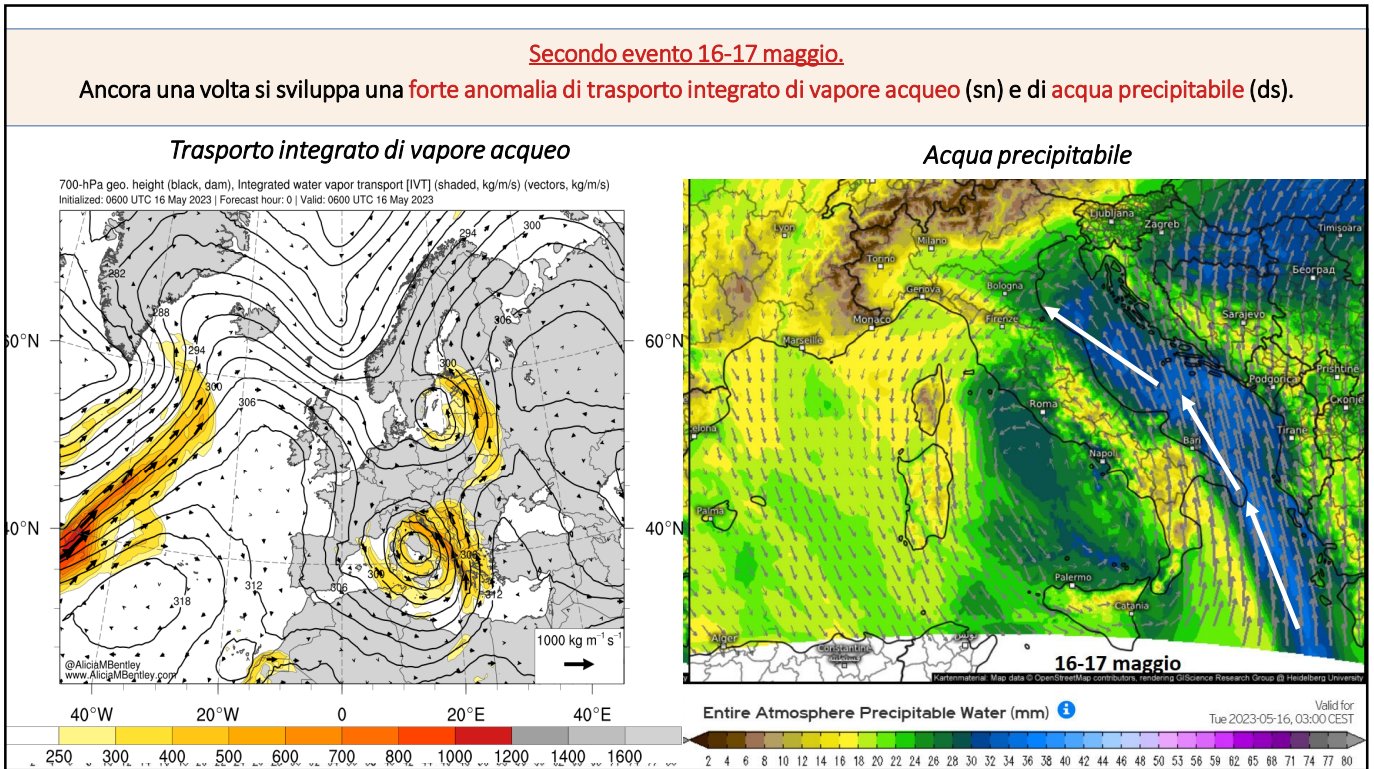
7



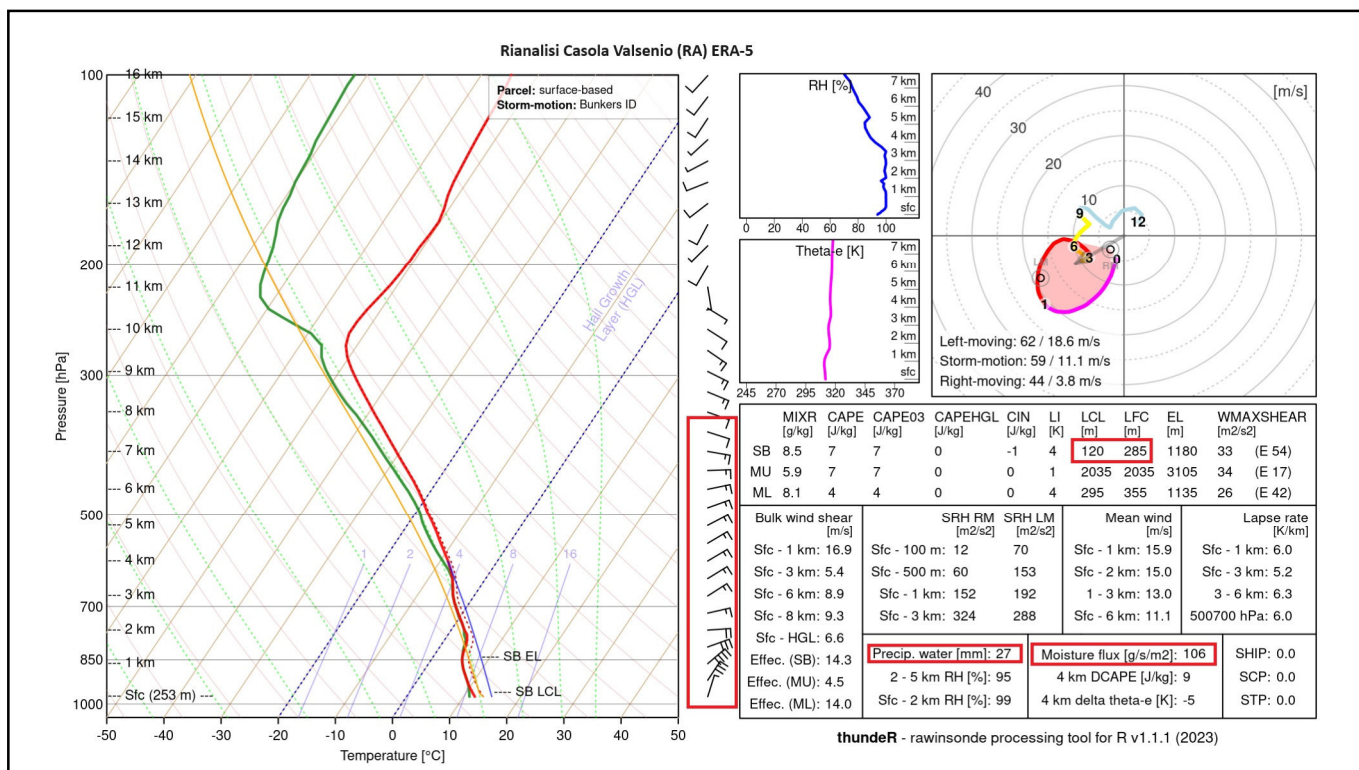
8



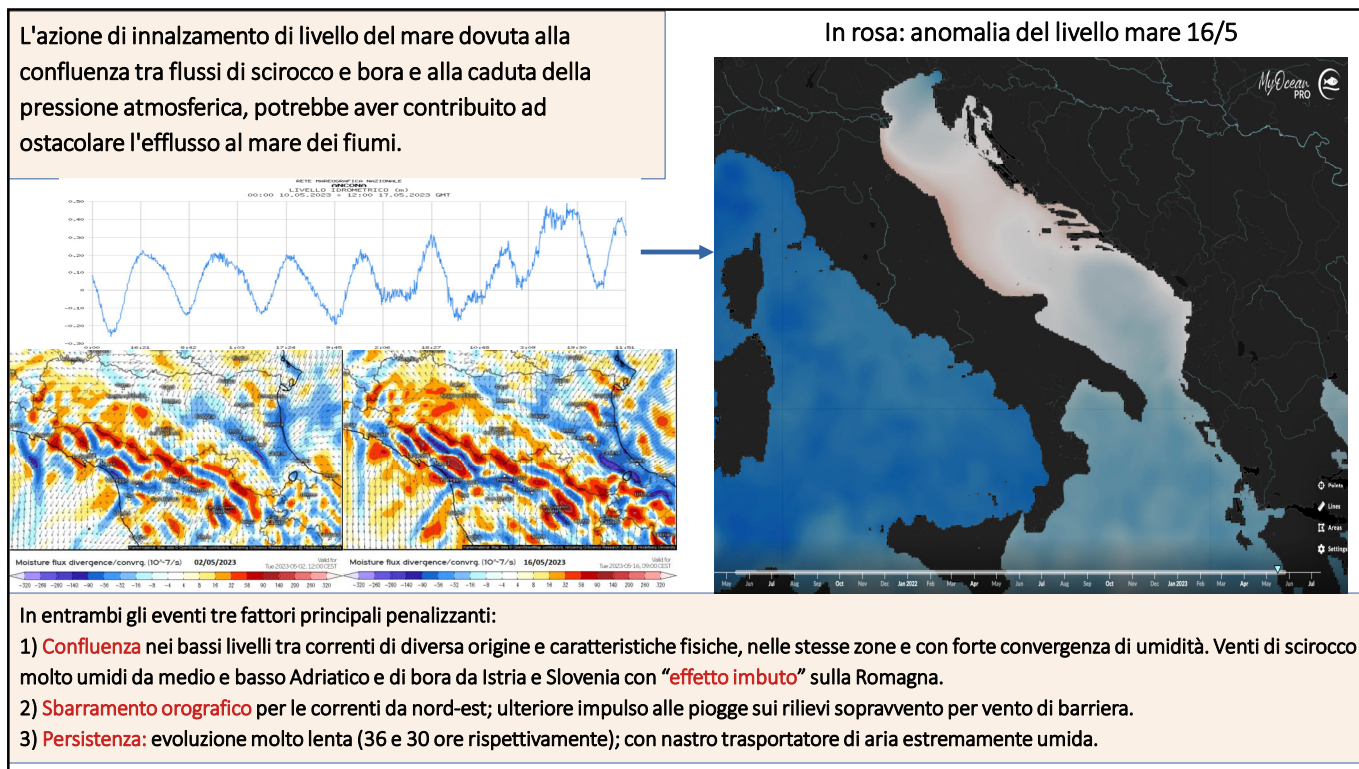
9



10



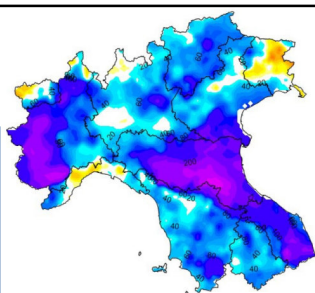
11



12

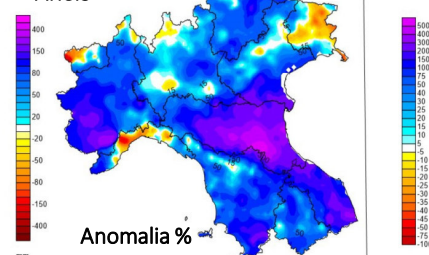
In estrema sintesi....

Oltre il 65% dei pluviometri dei bacini del settore centro-orientale della regione ha registrato il **record di pioggia caduta, sia nelle 24 ore sia totale (primo e secondo evento)**, e alcuni di questi hanno una serie di dati superiore ai 100 anni. Su un territorio occupato da 3-4 province della regione sono caduti localmente **più di 500 millimetri di pioggia nei due eventi; oltre la metà del valore normale annuo.**



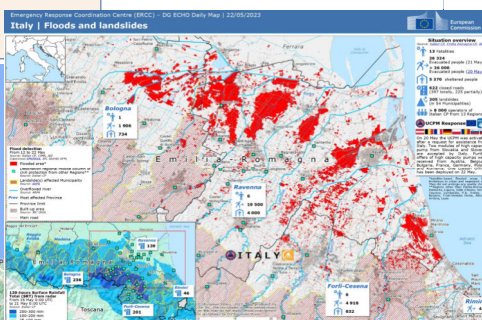
Cumulate maggio 2023

ARCIS



Anomalia %

Aree inondate 18/05



| Località             | Pioggia maggio 2023 mm | Clima maggio 91-20 20 mm | Clima anno 91-20 mm |
|----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| Trebbio (FC)         | 609,8                  | 82,6                     | 925,5               |
| Modigliana (FC)      | 597,0                  | 75,0                     | 916,9               |
| S. Cassiano (RA)     | 573,2                  | 87,5                     | 980,9               |
| Casola Valsenio (RA) | 564,4                  | 79,9                     | 913,7               |
| Monte Albano (RA)    | 530,0                  | 83,3                     | 920,8               |
| Riolo Terme (RA)     | 530,0                  | 68,0                     | 836,6               |
| Monzuno (BO)         | 501,0                  | 88,7                     | 988,3               |

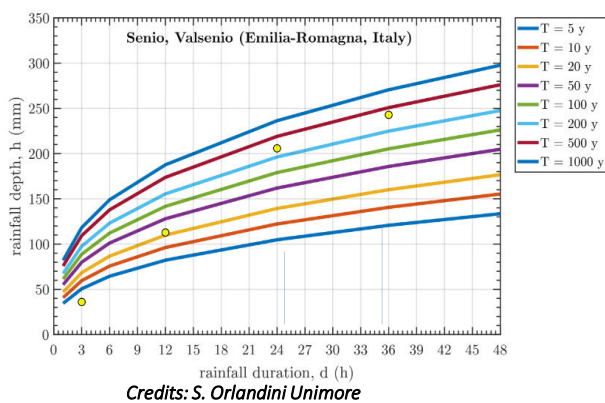
13

Romagna, 16-18 Maggio 2023

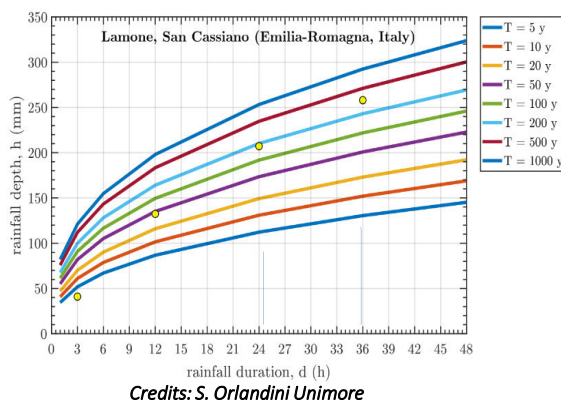
Analisi di frequenza delle precipitazioni,  $h = V/A$ .

Romagna, 16-18 Maggio 2023

Analisi di frequenza delle precipitazioni,  $h = V/A$ .



Credits: S. Orlandini Unimore



Credits: S. Orlandini Unimore

Le precipitazioni cumulate nelle 3-6-12 ore non sono particolarmente anomale (tempi di ritorno tra 5 e 20 anni). Diversa l'analisi sulle 24 e soprattutto 36 ore, con tempi di ritorno rispettivamente di 200-300 anni e quasi di 500 anni. L'evento è quindi eccezionale in merito alla **persistenza** e non all'intensità (es. alluvione Marche settembre 2022 con oltre 400 mm in 4 ore).

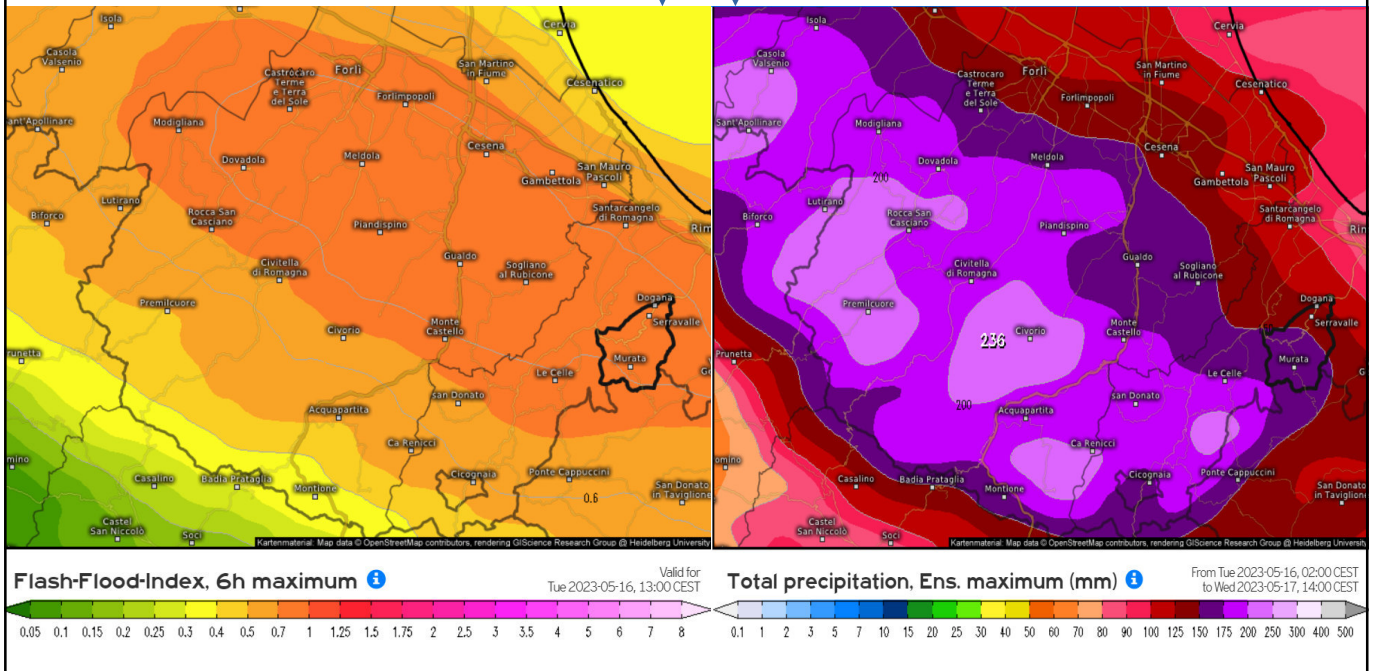


14

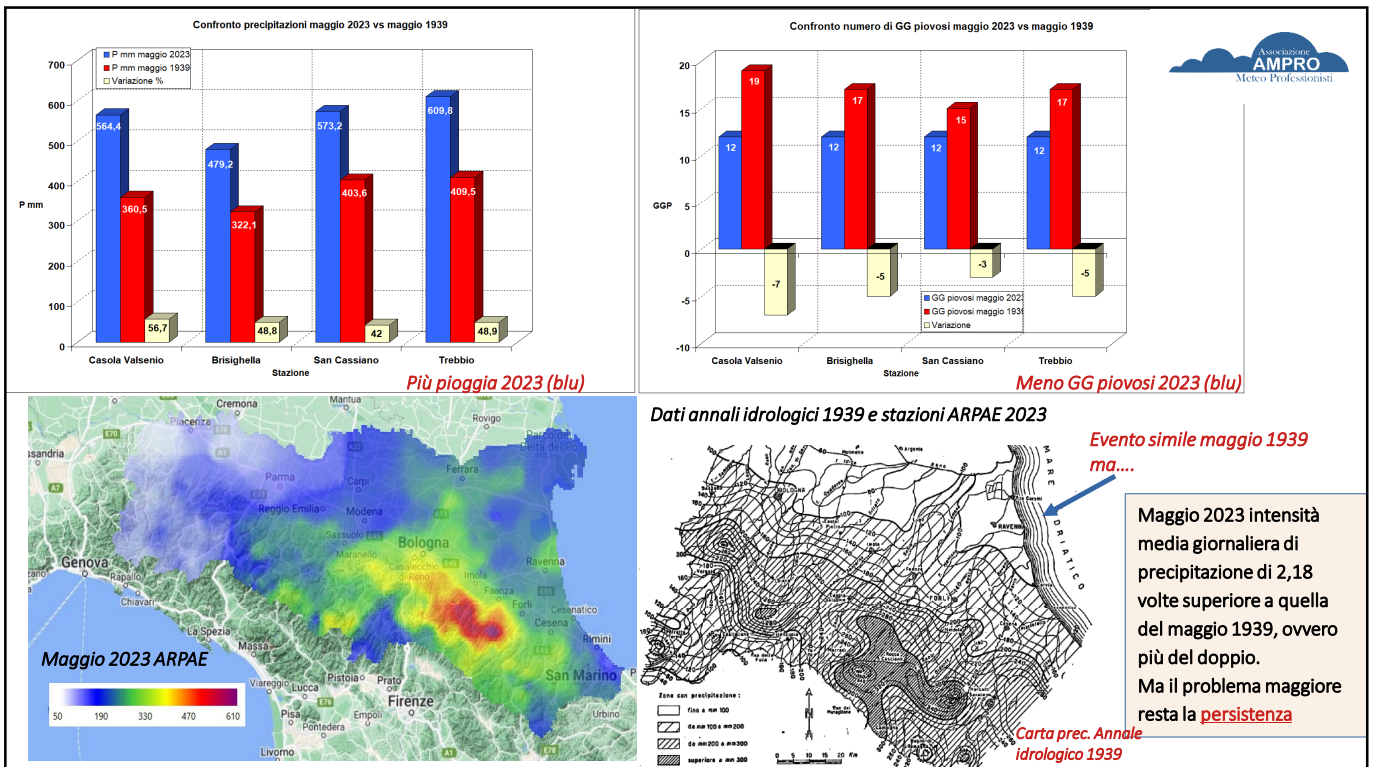
Ottima abilità di previsione (skill) con l'approccio d'insieme

Indice di alluvione 16/5 (ensemble multimodel)

Precipitazioni totali 16/5 (ensemble multimodel)



15



16



## ALLUVIONI ANCHE NEL LONTANO PASSATO?

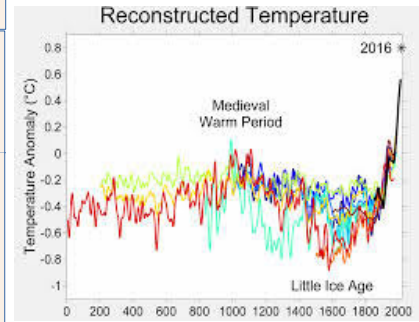
Sì, tra il '700 e l'800 in particolare, la regione fu colpita da pesanti alluvioni fluviali ma...

**Diverse!**

Eravamo in un clima più freddo (all'uscita della PEG) e si trattava di eventi in prevalenza autunnali (pur con alcuni episodi primaverili) portati da diversi giorni (3-6) con piogge moderate e continue.

L'evento del 2023 si è manifestato in due episodi di 36 e 30 ore rispettivamente (assai più breve).

**La novità non sta nell'alluvione in sé, ma nel tipo di alluvione!**



Ravenna 1636: tra il 27 e il 28 maggio l'acqua dei fiumi Ronco e Montone sommerse la città per oltre due metri, dopo sei giorni ininterrotti di pioggia

Pericolosità idraulica, ER "in testa"



## Dopo 2 mesi: TORNADO IF 2/3 Voltana -Alfonsine -Savarna (RA) 22/07/2023

**Non una prima volta, ma una prima volta così severo**



|  |  | Sturdiness class for building (in brackets: building with vulnerable 3D geometry) |                         |                       |                         |                       |                    |   |
|--|--|---|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|---|
|  |  | Wall Thickness ->   | 10 – 20 cm              | 20 – 40 cm            | 40 – 80 cm              | > 80 cm               |                    |   |
| Wall Quality   | stacked hollow masonry units without reinforcement and with little to no connections   |   | AB (A)                  | B (AB)                | C (B)                   | D (C)                 |                    |   |
|  | stacked heavy masonry units such as solid brick or stones, with little to very poor connections                                    |   | B (AB)                  | C (B)                 | D (C)                   | E (D)                 |                    |   |
|  | weak brick masonry, unreinforced cast concrete   |   | C (B)                   | D (C)                 | E (D)                   | F (E)                 |                    |   |
|  | strong brick masonry, filled concrete masonry units, steel reinforced filled concrete blocks, or cast-in-place reinforced concrete |   | D (C)                   | E (D)                 | F (E)                   | F (E)                 |                    |   |
| Degree of Damage (DoD) to walls or frame:                                      |  | Sturdiness  |                         |                       |                         |                       |                    |   |
|  |  | A   | AB                      | B                     | C                       | D                     | E                  | F |
| DoD 0<br>Negligible damage to structure except to gables above highest ceiling | ≤IF0.5<br>≤ 33<br>≤ 120  | ≤IF1<br>≤ 40<br>≤ 150   | ≤IF1.5<br>≤ 50<br>≤ 180 | ≤IF2<br>≤ 60<br>≤ 220 | ≤IF2.5<br>≤ 70<br>≤ 250 | ≤IF3<br>≤ 80<br>≤ 290 | *                  |   |
| DoD 1A<br>Some damage to structure destruction of less than 1/10               | IF0.5<br>33<br>120   | IF1<br>40<br>150  | IF1.5<br>50<br>180      | IF2<br>60<br>220      | IF2.5<br>70<br>250      | IF3<br>80<br>290      | IF4<br>105<br>380  |   |
| DoD 1B<br>Partial destruction but not more than 2/3                            | IF1<br>40<br>150   | IF1.5<br>50<br>180  | IF2<br>60<br>220        | IF2.5<br>70<br>250    | IF3<br>80<br>290        | IF4<br>105<br>380     | IF5<br>130<br>470  |   |
| DoD 2<br>Near complete destruction more than 2/3                               | ≥IF1.5<br>50<br>180  | ≥IF2<br>60<br>220   | ≥IF2.5<br>70<br>250     | ≥IF3<br>80<br>290     | ≥IF4<br>105<br>380      | ≥IF5<br>130<br>470    | ≥IF5<br>130<br>470 |   |

# Cos'è un tornado?

**Tornado:** colonna d'aria **rotante** estesa verticalmente dalla superficie alla base di un torte temporale (i tornado severi sono sempre causati da violenti temporali), normalmente associata a una **nube a imbuto** e con velocità minima del vento pari a **104,4 km/h (29 m/s)**.

L'imbuto o il cono del tornado sono in genere ben visibili, tuttavia, in alcuni casi, il vortice, e rispettivo cono, vengono completamente avvolti dalle precipitazioni, e diventano quasi invisibili.

**Purtroppo, è stato il caso del tornado del 22 luglio 2023.**

Il tornado è osservabile su tutti i continenti ad eccezione dell'Antartide.

**Tornado e tromba d'aria sono sinonimi (una volta accertato il moto vorticoso)**



CAT

GATTO

TORNADO

TROMBA D'ARIA



**Windshear rotazione**

**Temporale a supercella**

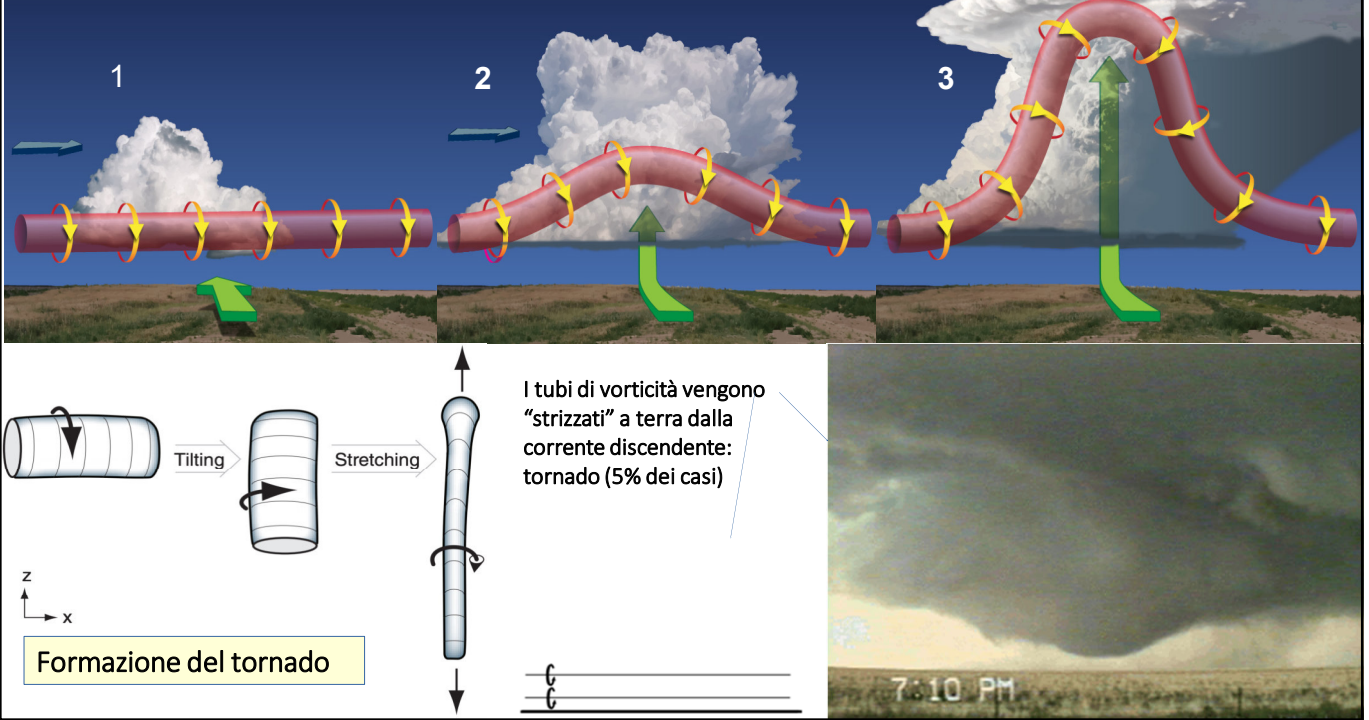
**"Supercell alleys of Europe"**

Solo il 5% delle supercelle produce tornado mesociclonici, i più pericolosi

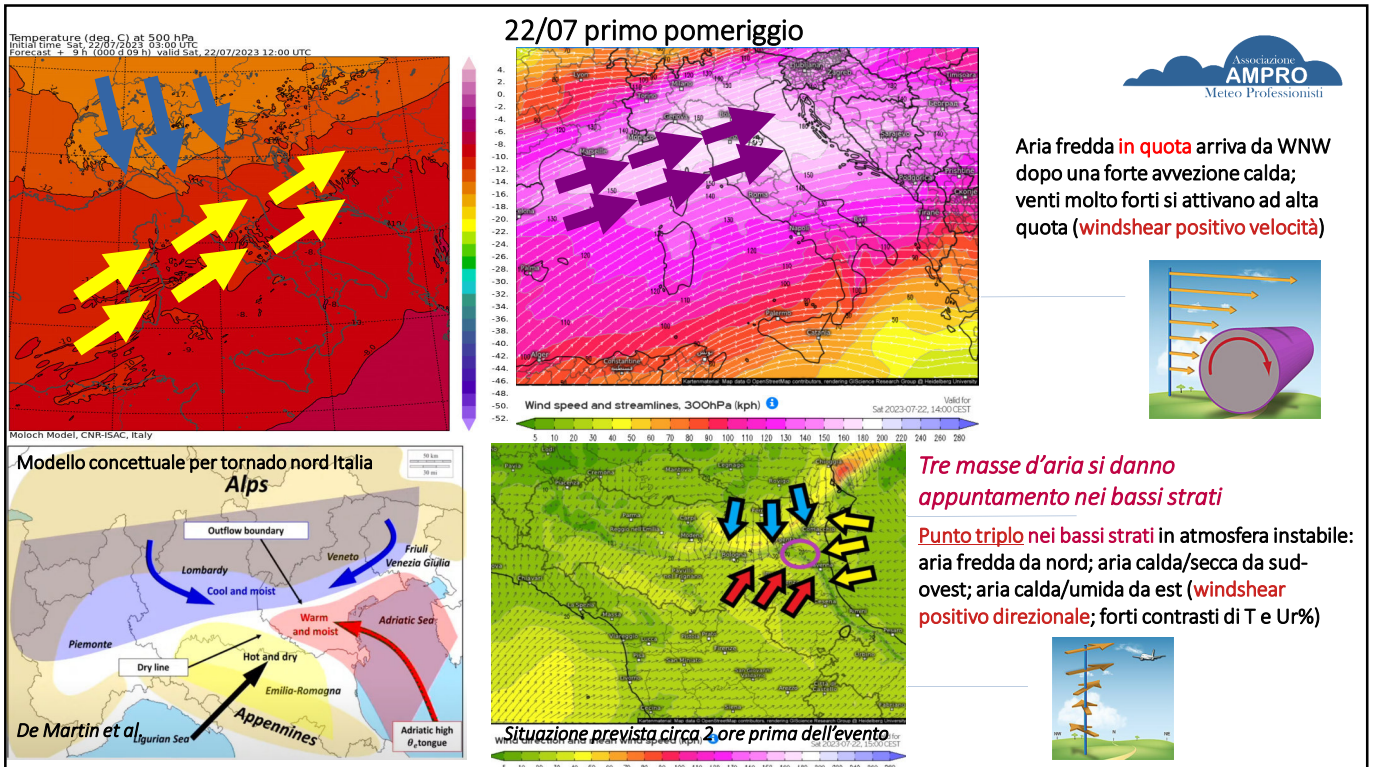
Temporale a supercella: aria instabile ma soprattutto un particolare profilo del vento: il **WINDSHEAR**

**Le supercelle in Europa**

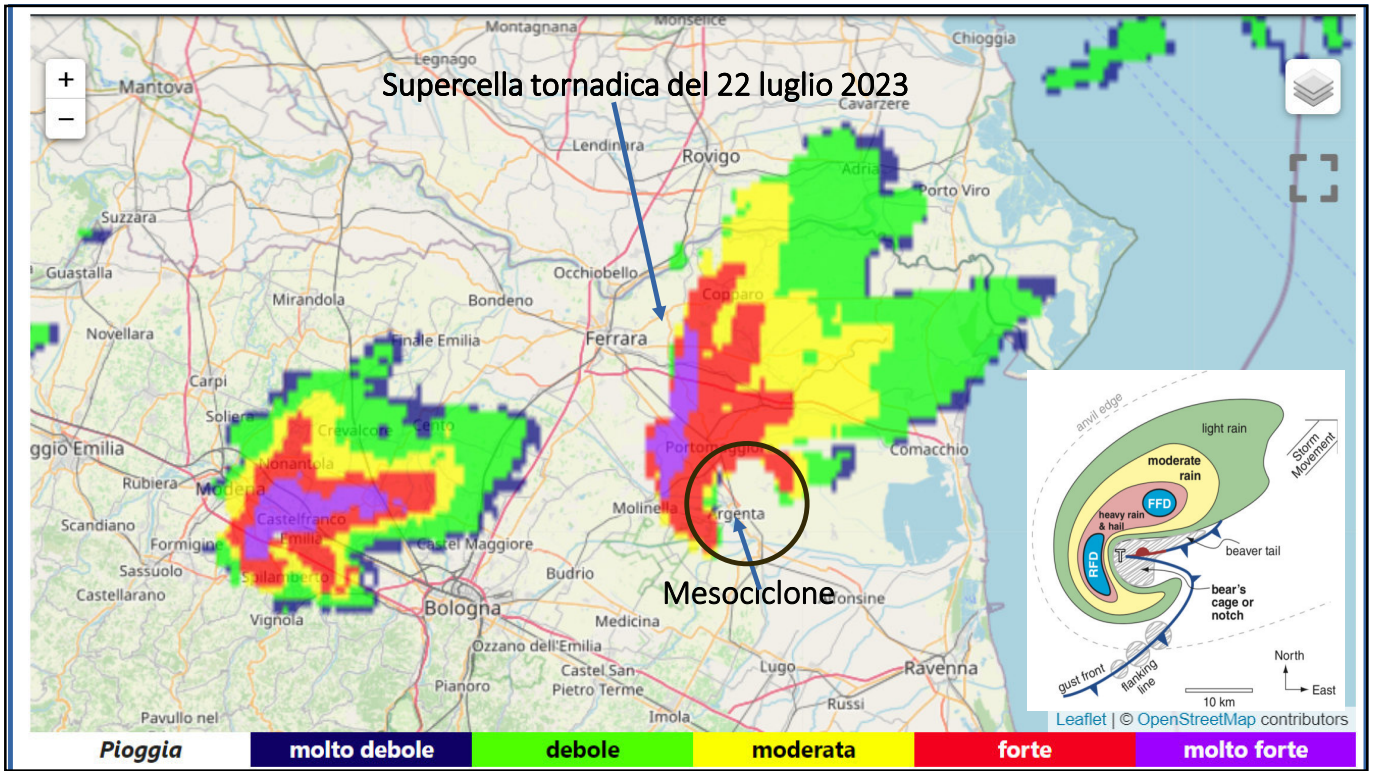
Formazione del temporale a supercella e del mesociclone



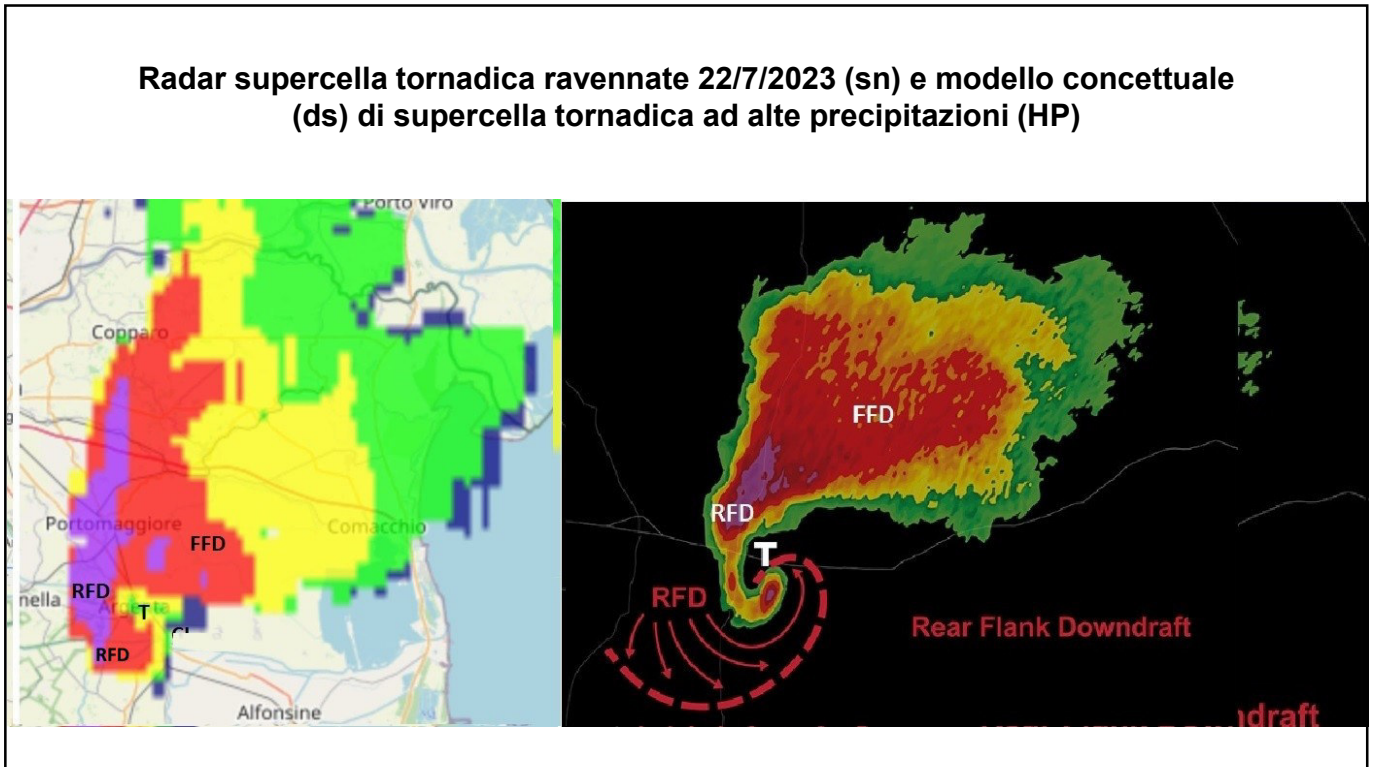
21



22



23



24

Percorso: 17 km circa, larghezza 1,3 km: una dimensione che in Italia è stata osservata molto raramente e l'unico precedente noto di simili dimensioni in Pianura Padana risale al 4 luglio 1965 tra parmense e ferrarese. Anche allora nascosto dalle precipitazioni.

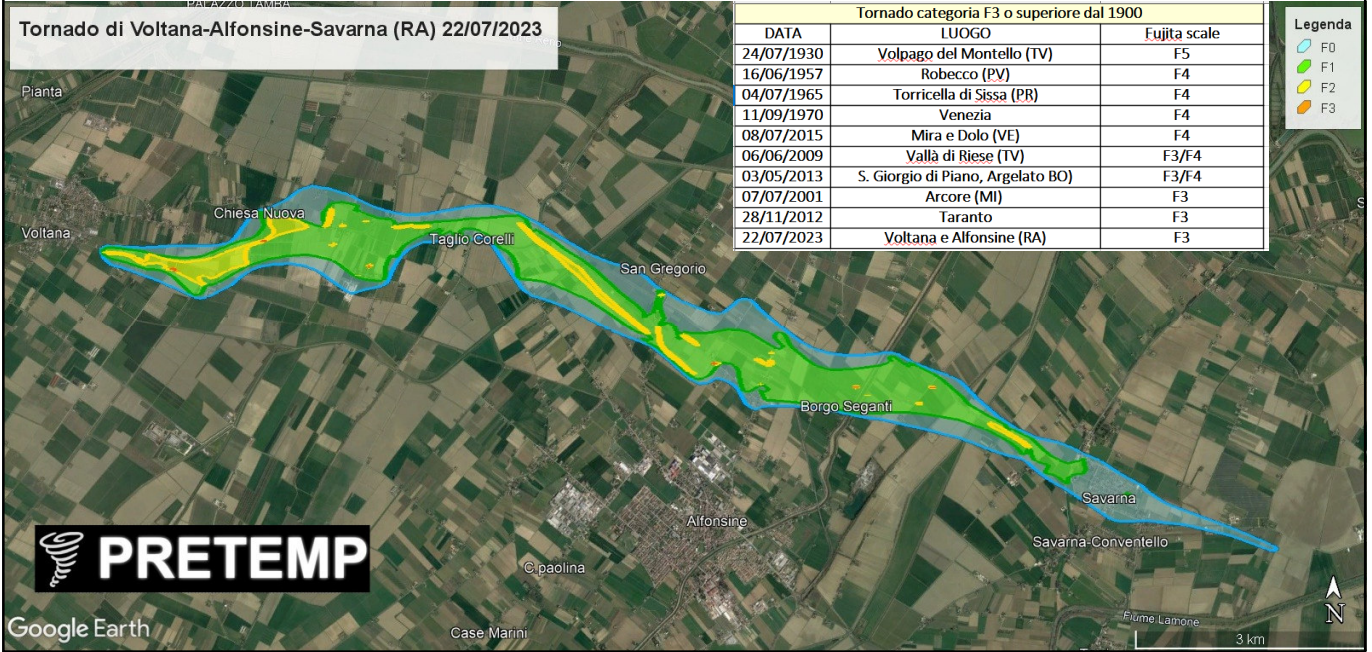
**Tornado di Voltana-Alfonsine-Savarna (RA) 22/07/2023**

Tornado categoria F3 o superiore dal 1900

| DATA       | LUOGO                              | Fujita scale |
|------------|------------------------------------|--------------|
| 24/07/1930 | Volpago del Montello (TV)          | F5           |
| 16/06/1957 | Robecco (PV)                       | F4           |
| 04/07/1965 | Toricella di Sissa (PR)            | F4           |
| 11/09/1970 | Venezia                            | F4           |
| 08/07/2015 | Mira e Dolo (VE)                   | F4           |
| 06/06/2009 | Vallà di Riese (TV)                | F3/F4        |
| 03/05/2013 | S. Giorgio di Piano, Argelato (BO) | F3/F4        |
| 07/07/2001 | Arcore (MI)                        | F3           |
| 28/11/2012 | Taranto                            | F3           |
| 22/07/2023 | Voltana e Alfonsine (RA)           | F3           |

**Legenda**

- F0
- F1
- F2
- F3



25

**Tipici danni da tornado.**

**Traliccio abbattuto e accartocciato;**

**copertura di lattina conficcata nel legno**

**vento >280 Km/h**

26

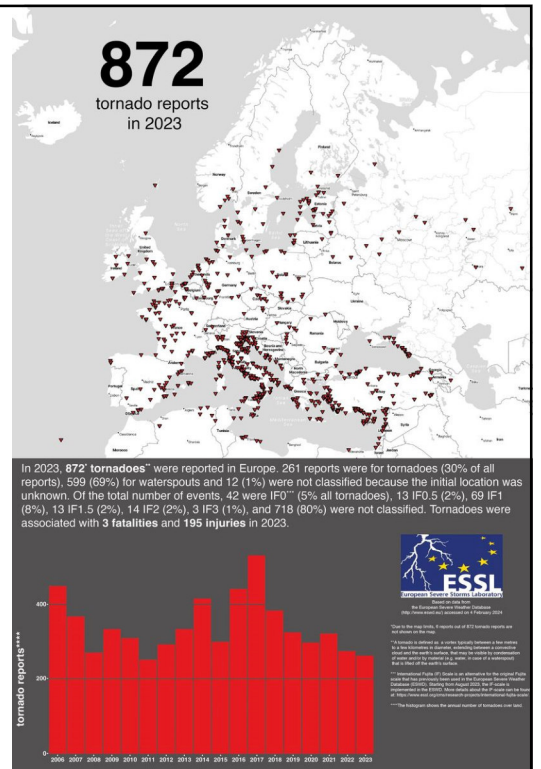
**Table 1. The IF-scale. Classificazione ESSL tornado Voltana-Alfonsine**

| Class      | speed m/s | error m/s   | speed km/h | error km/h  | Speed mph  | error mph   | speed knots | error knots |
|------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| IF0-       | 20        | ± 6         | 72         | ± 22        | 45         | ± 14        | 39          | ± 12        |
| IF0        | 25        | ± 7         | 90         | ± 27        | 56         | ± 17        | 48          | ± 15        |
| IF0+       | 30        | ± 9         | 108        | ± 32        | 67         | ± 20        | 58          | ± 18        |
| IF1-       | 36        | ± 11        | 128        | ± 38        | 70         | ± 24        | 69          | ± 21        |
| IF1        | 41        | ± 12        | 149        | ± 45        | 92         | ± 28        | 80          | ± 24        |
| IF1+       | 47        | ± 14        | 170        | ± 51        | 106        | ± 32        | 92          | ± 28        |
| IF2-       | 54        | ± 16        | 193        | ± 58        | 120        | ± 36        | 104         | ± 31        |
| IF2        | 60        | ± 18        | 217        | ± 65        | 135        | ± 40        | 117         | ± 35        |
| IF2+       | 67        | ± 20        | 241        | ± 72        | 150        | ± 45        | 130         | ± 39        |
| <b>IF3</b> | <b>81</b> | <b>± 24</b> | <b>293</b> | <b>± 88</b> | <b>182</b> | <b>± 55</b> | <b>158</b>  | <b>± 47</b> |
| IF4        | 105       | ± 31        | 376        | ± 113       | 234        | ± 70        | 203         | ± 61        |
| IF5        | 130       | ± 39        | 466        | ± 140       | 290        | ± 87        | 252         | ± 76        |

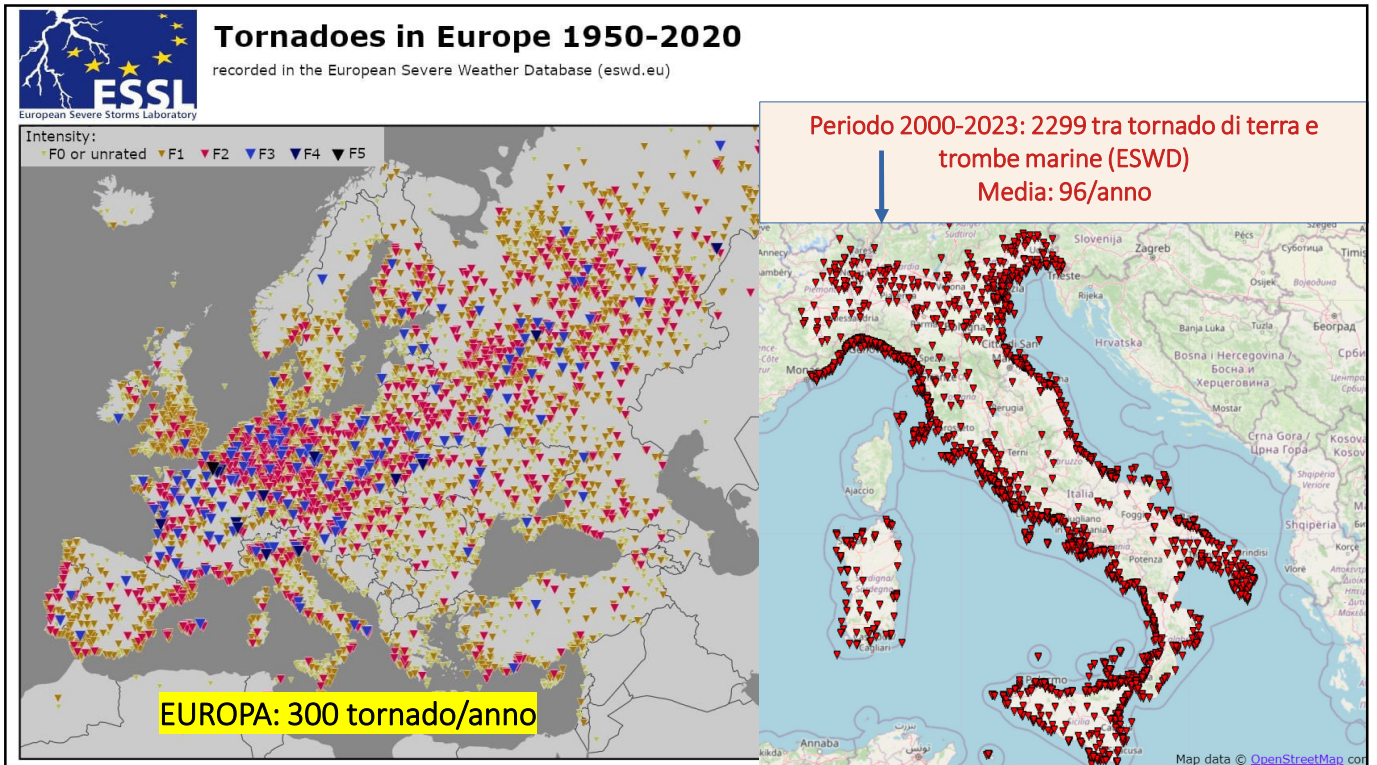
**Emilia-Romagna a rischio medio-elevato**  
**Province più colpite: RE-MO-BO-FE (tornado di terra)**  
**Coste di RA e RN per trombe marine.**

■ di formazione di tornado, a volte intensi e distruttivi.  
 ■ zone con alta probabilità di formazione di tornado, a volte moderati, raramente distruttivi.  
 ■ zone con media probabilità di formazione di tornado, spesso deboli o moderati, raramente distruttivi.  
 ■ zone non particolarmente soggette a tornado, ma dove eventi deboli (raramente "sporadici") possono avvenire.  
 ■ clima espone a tornado marini (tornado sopra o vicino, raramente moderati o intensi, occasionalmente distruttivi).

Associazione **AMPRO** Meteorologi Professionisti



27



28

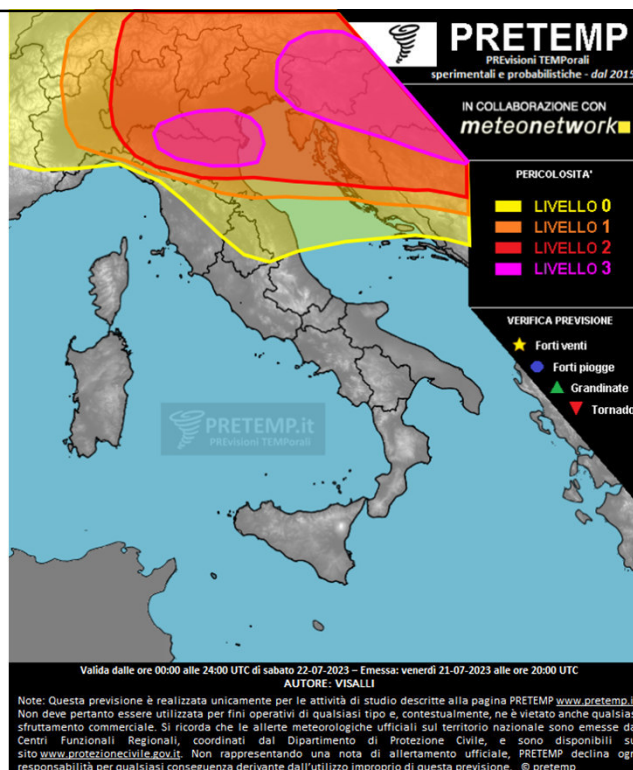
SI POSSONO PREVEDERE I TORNADO?

**Assolutamente no**, se non circa 15-30 minuti prima che abbiano luogo, ciò perché il tornado è un fenomeno, per quanto violento, **molto piccolo e di breve durata**.

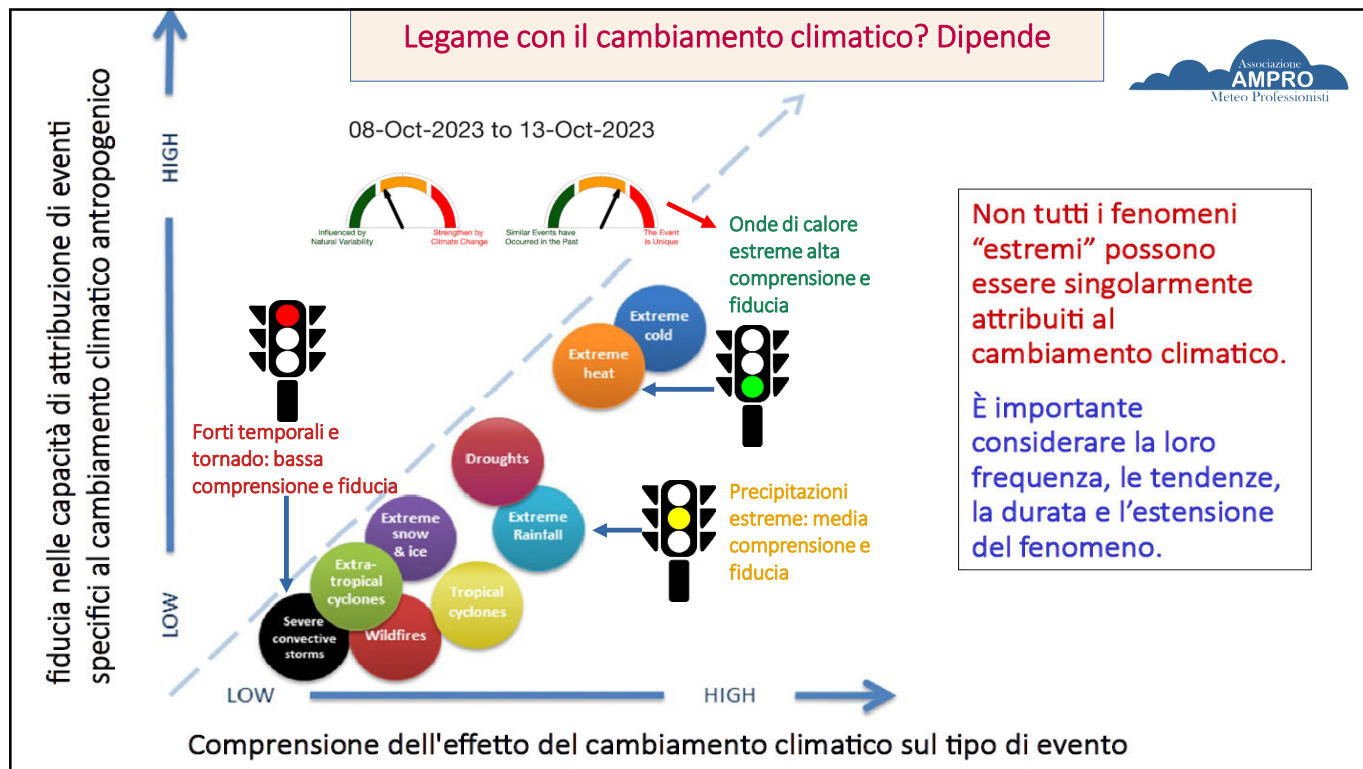
A destra la previsione del rischio di temporali violenti emessa il giorno 21 dal team di PRETEMP (Previsione Temporali, prodotto SPERIMENTALE).

L'area a rischio massimo (livello 3 con rischio grandine severa e forti venti, anche vorticosi) era piuttosto vasta (colore viola) e oltre a questo non è possibile andare.

A differenza dell'abilità di previsione per piogge abbondanti, **che è ottima** (alluvione 2023); quella sui tornado è estremamente bassa.



29



30

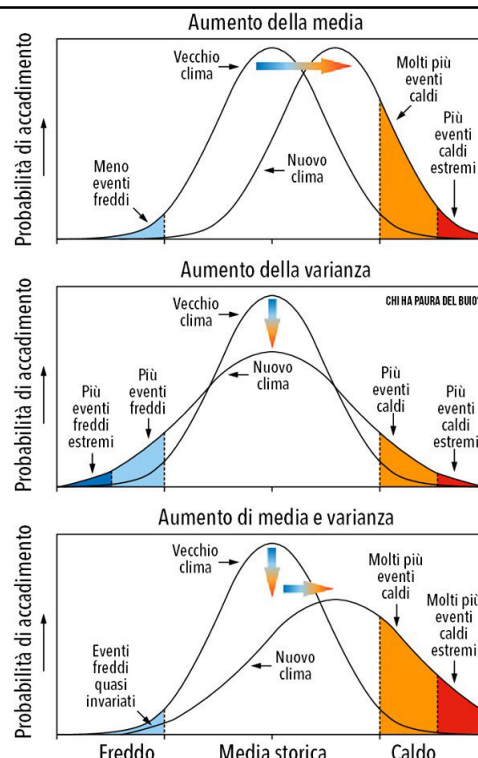
“Le due alluvioni e il tornado che hanno colpito in sequenza l’Emilia Romagna sono eventi meteorologici estremi, *“Da soli non possono stabilire una tendenza climatica”*, ma *“rientrano a pieno titolo all’interno di una tendenza climatica dimostrata da decenni di dati”*.”



31

## Eventi “estremi”

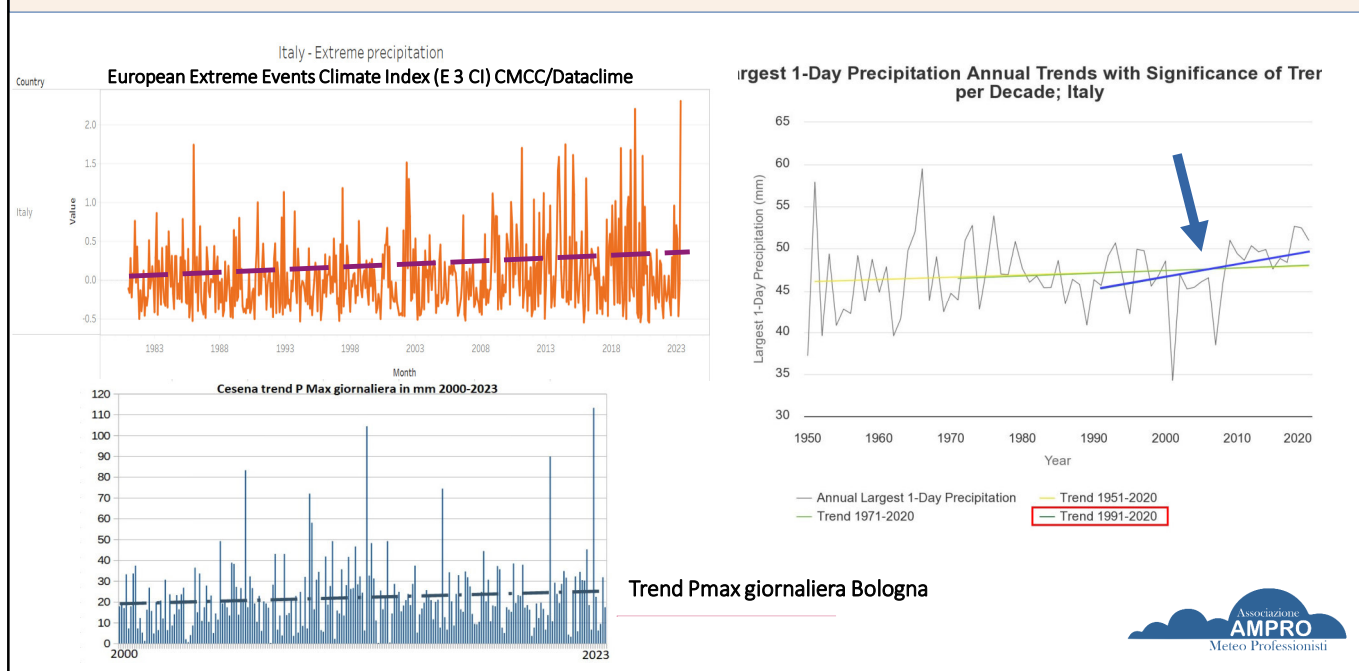
- Gli eventi ‘intensivi’ stanno diventando sempre più ‘estremi’.
- Questi due termini non sono affatto sinonimi, ma nascondono una fondamentale differenza: un evento meteo intenso è un qualsiasi fenomeno atmosferico che mette a rischio vite umane; un evento meteo estremo è sì intenso quanto raro, in base alla statistica che descrive la probabilità che possa accadere in un determinato luogo.
- Il cambiamento climatico sta **variando la statistica degli**



32



Per ogni grado di aumento della temperatura, l'atmosfera può trattenere il 7% di acqua in più sotto forma di vapore acqueo. **Piogge più intense.**



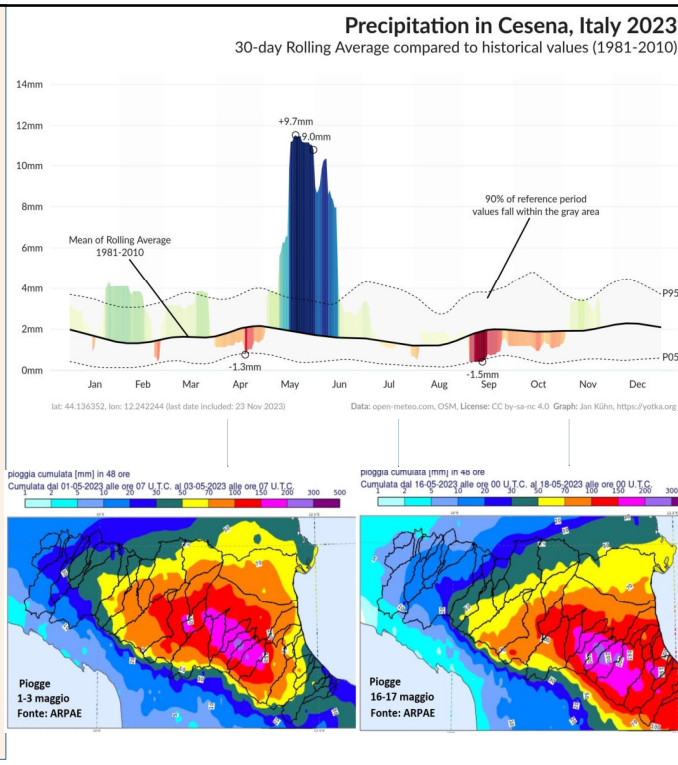
33

**“Precipitation whiplash”** = colpo di frusta delle precipitazioni.

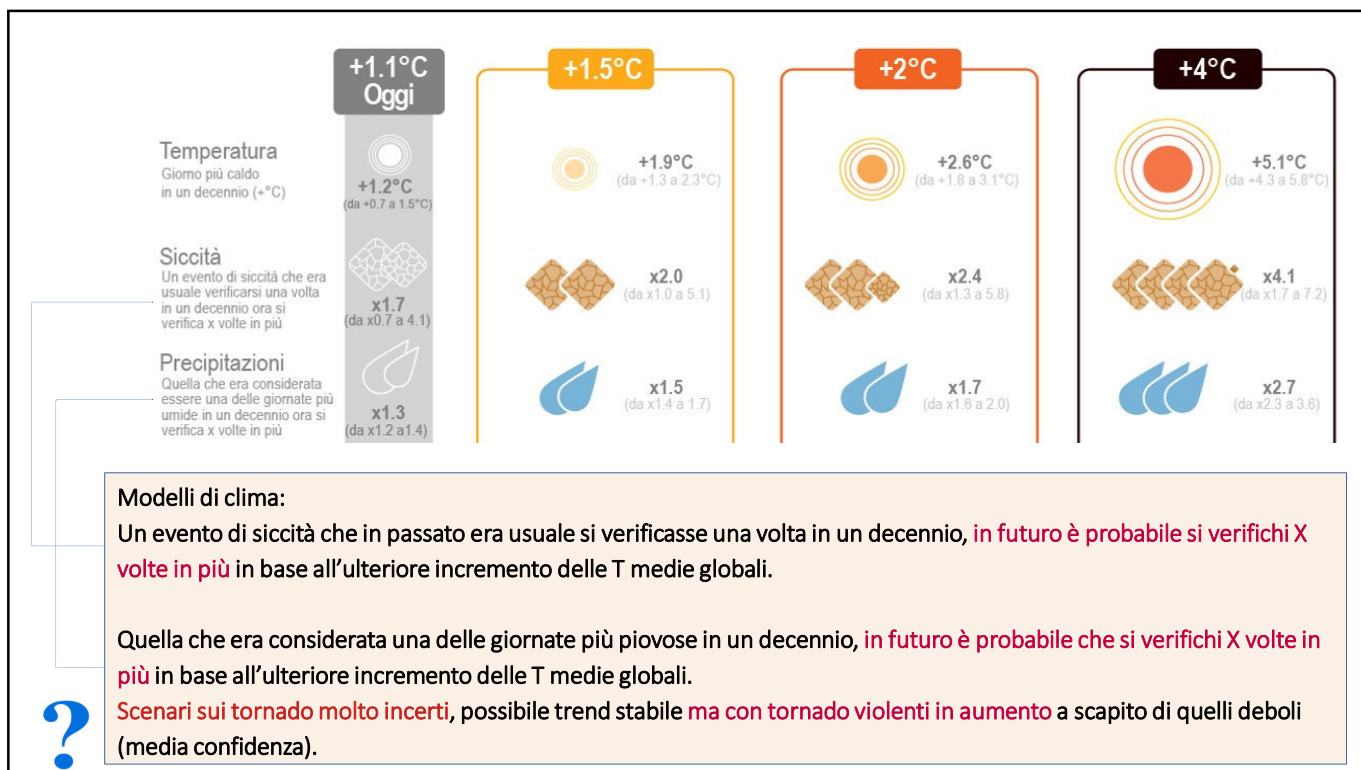
Repentini passaggi tra estremi di pioggia e siccità che causano gravi impatti sui sistemi naturali e umani.

Entro la fine del XXI secolo, in uno scenario con elevate emissioni (RCP8,5) la frequenza di questi eventi **potrebbe aumentare di 2,56 ± 0,16 volte** rispetto al periodo 1979-2019, **con transizioni sempre più rapide e intense tra i due estremi.**

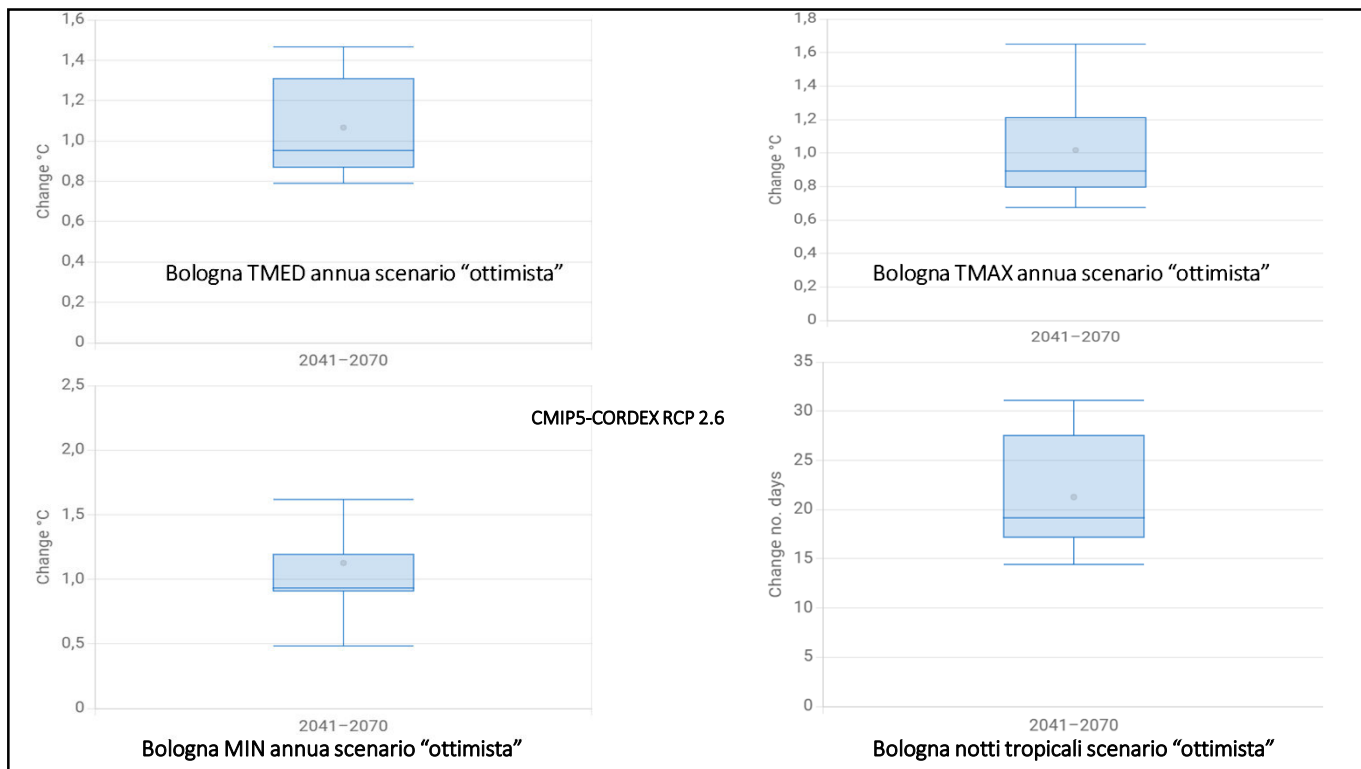
In futuro minore numero di depressioni sulla regione mediterranea, meno pioggia in generale, ma con una **maggior intensità** degli eventi piovosi associati a questi sistemi nel Mediterraneo centro-occidentale, inclusa l'Italia (*Xuezhi Tan et. al, 2023, Nature*)



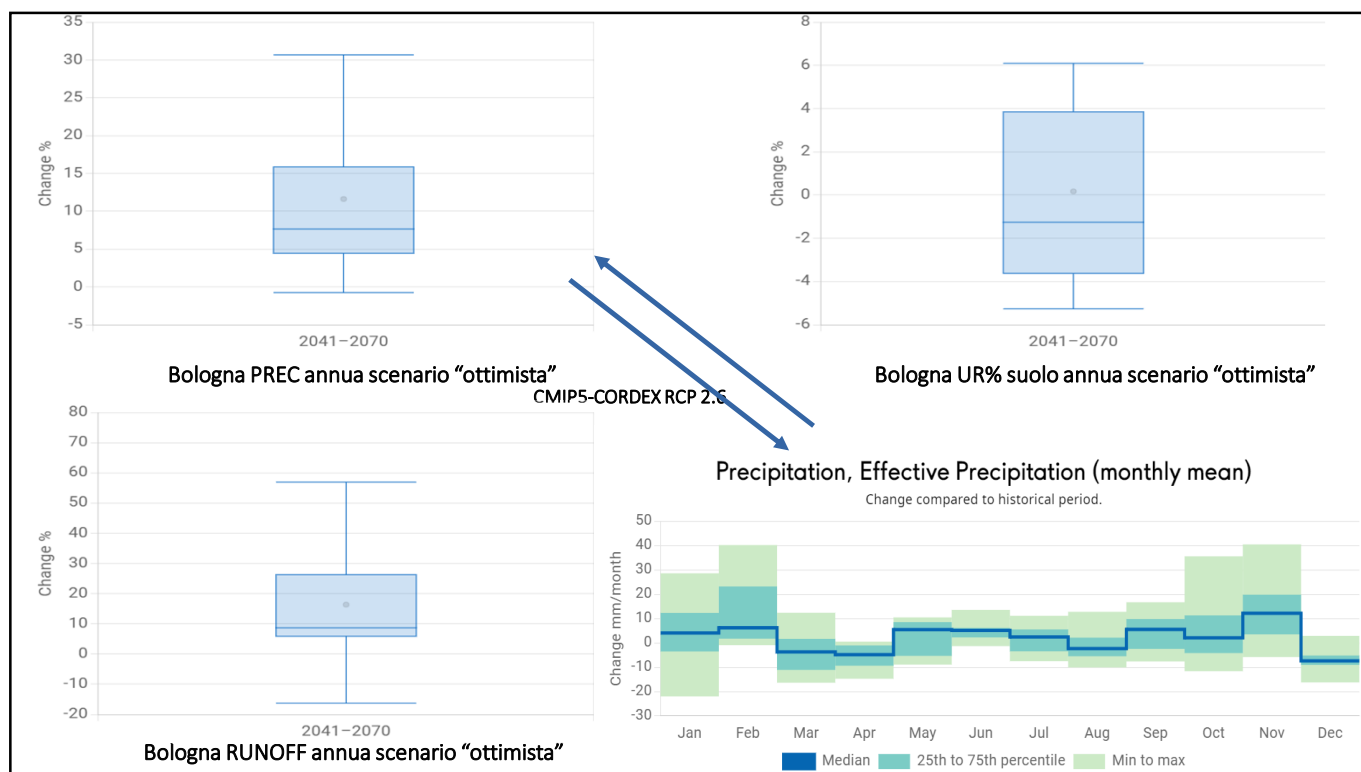
34



35



36



37


Associazione **AMPRO**  
Meteo Professionisti

## "L'equazione dei disastri"

$$R = P \times V \times E$$

✓ Il rischio R è il prodotto di 3 fattori:

- ✓ P = pericolosità degli eventi estremi, che aumenta con i cambiamenti climatici
- ✓ V = vulnerabilità dei territori, tipica della loro composizione e struttura ma aumentata dall'antropizzazione
- ✓ E = esposizione, che dipende da dove ci ubichiamo (noi e le nostre strutture) e che ovviamente rimanda al problema dell'abusivismo.
- ✓ E' l'aumento di questi 3 fattori che crea la "tempesta perfetta"



38



# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

*R. Mattei, 13/03/2024*



*P. Randi  
Meteorological T.  
Presidente AMPRO  
Consulente ItaliaMeteo*

