



Evoluzione delle previsioni meteo in tempo reale

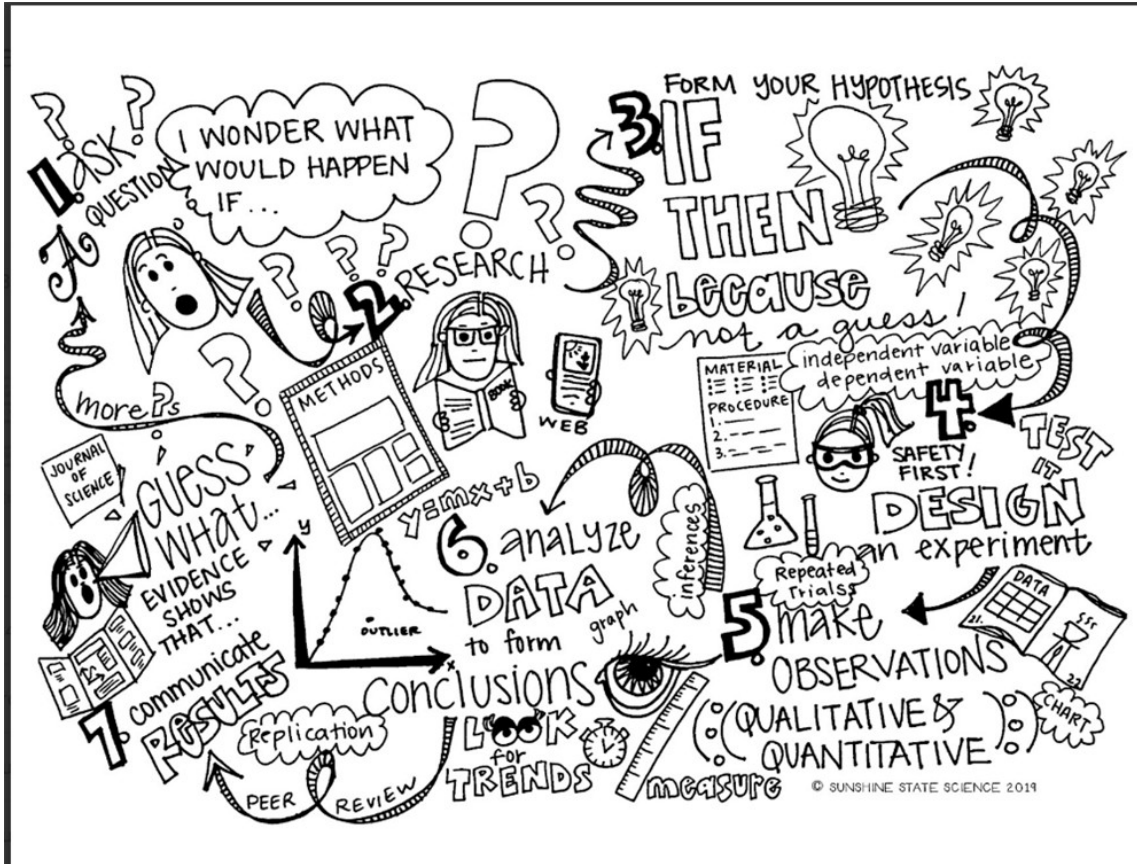
**“Non posso credere nemmeno per un attimo che Dio giochi a dadi!”
A. Einstein (pronunciata attorno al 1926-1927)**

Roberto Cremonini
Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali
Arpa Piemonte

Conoscenza e metodo

Conoscere bene le cose, al contrario, è quasi sempre scoprire in esse dei significati e dei valori insospettati, percepire relazioni e dimensioni nuove; è correggere quell'immagine piatta, convenzionale e sommaria che ci creiamo degli oggetti che non abbiamo esaminato da vicino.

M. Yourcenar



$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p'}{\partial x} - \frac{1}{\sqrt{\gamma}} \frac{\partial p_0}{\partial x} \frac{\partial p'}{\partial \zeta} \right) - \left(\frac{\partial K}{\partial x} - vV \right) - \zeta \frac{\partial u}{\partial \zeta} - \frac{1}{\rho} (\nabla \cdot \underline{F}) \cdot \underline{e}_1 + M_u^{LB} + M_u^{UB} + D_u \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p'}{\partial y} - \frac{1}{\sqrt{\gamma}} \frac{\partial p_0}{\partial y} \frac{\partial p'}{\partial \zeta} \right) - \left(\frac{\partial K}{\partial y} + uV \right) - \zeta \frac{\partial v}{\partial \zeta} - \frac{1}{\rho} (\nabla \cdot \underline{F}) \cdot \underline{e}_2 + M_v^{LB} + M_v^{UB} + D_v \quad (2)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{g}{\sqrt{\gamma}} \frac{\rho_0}{\rho} \frac{\partial p'}{\partial \zeta} + g \frac{\rho_0}{\rho} \left\{ \frac{(T - T_0)}{T} - \frac{T_0 p'}{T p_0} + \left(\frac{R_v}{R_d} - 1 \right) q^v - q^l \right\} - \left(u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} \right) - \zeta \frac{\partial w}{\partial \zeta} - \frac{1}{\rho} (\nabla \cdot \underline{F}) \cdot \underline{e}_3 + M_w^{UB} + D_w \quad (3)$$

$$\frac{\partial p'}{\partial t} = g \rho_0 w - \frac{c_{pd}}{c_{vd}} p \left(D_H - \frac{g \rho_0}{\sqrt{\gamma}} \frac{\partial w}{\partial \zeta} \right) - \left(u \frac{\partial p'}{\partial x} + v \frac{\partial p'}{\partial y} \right) - \zeta \frac{\partial p'}{\partial \zeta} + M_{p'}^{LB} + M_{p'}^{UB} \quad (4)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{p}{\rho c_{vd}} \left(D_H - \frac{g \rho_0}{\sqrt{\gamma}} \frac{\partial w}{\partial \zeta} \right) - \left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) - \zeta \frac{\partial T}{\partial \zeta} + Q_T - \frac{1}{\rho c_{pd}} \nabla \cdot \underline{H} + M_T^{LB} + M_T^{UB} + D_T \quad (5)$$

$$\frac{\partial q^k}{\partial t} = - \left(u \frac{\partial q^k}{\partial x} + v \frac{\partial q^k}{\partial y} \right) - \zeta \frac{\partial q^k}{\partial \zeta} + Q_k - \frac{1}{\rho} \nabla \cdot \underline{F}_{q^k} + M_{q^k}^{LB} + M_{q^k}^{UB} + D_{q^k} \quad (6)$$

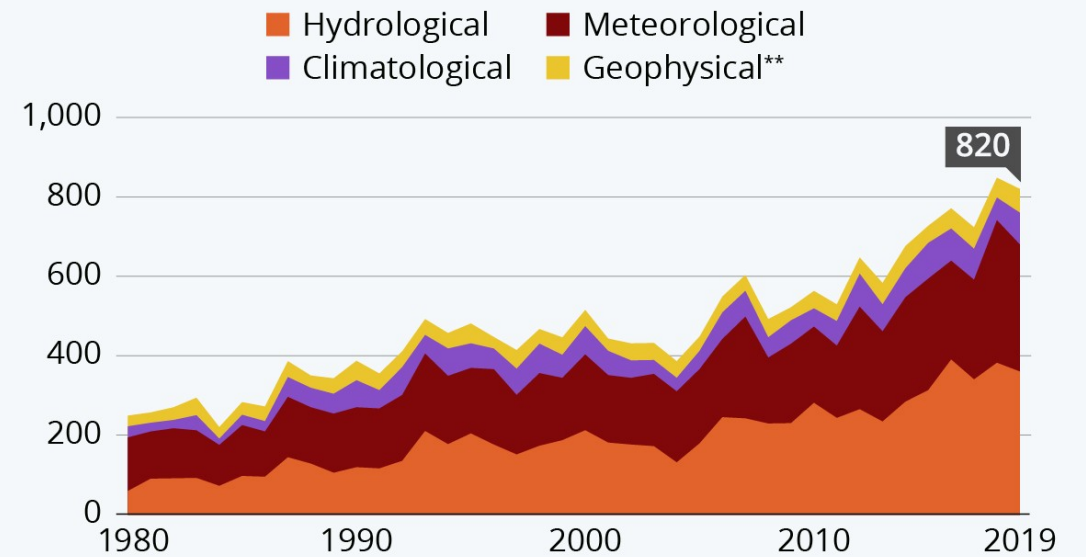
Disastri naturali

Natural disasters account for US\$65bn in losses for first half of 2022



Natural Disasters on the Rise Around the Globe

Number of natural disasters* by type of event (1980-2019)



* Registered as relevant loss events by MunichRe

** Volcanic/tectonic activity

Source: MunichRe



statista

<https://www.meteorologicaltechnologyinternational.com/>

PRINCIPALI EVENTI ALLUVIONALI IN PIEMONTE

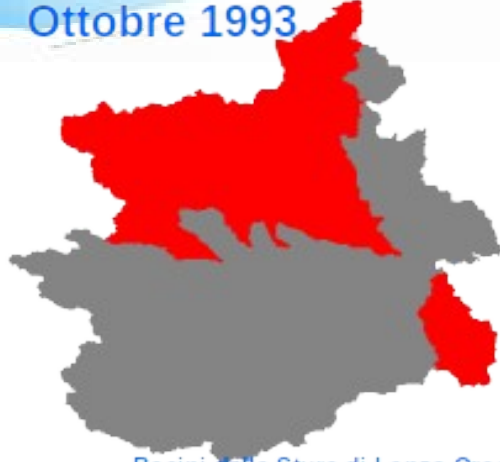
Agosto 1978



Bacino del Toce:
Valli Vigezzo, Anzasca, Strona ed Antrona
Bacini del Sesia, Dora Baltea ed

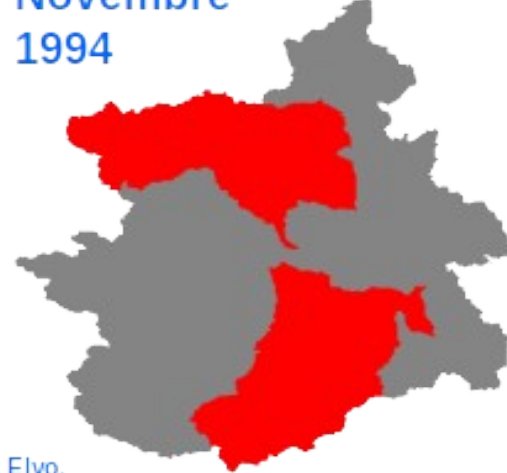


Settembre-
Ottobre 1993



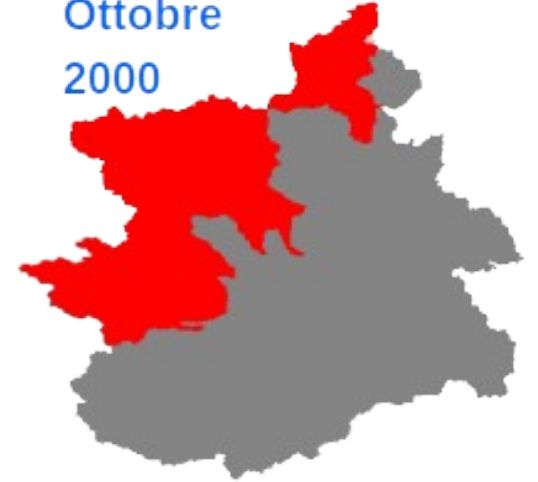
Bacini della Stura di Lanzo Orco, Dora Baltea, Elvo,
Cervo, Sesia, Alto Toce.
Il bacino lacustre del Verbano, Scrivia, Borbera, Curone

Novembre
1994



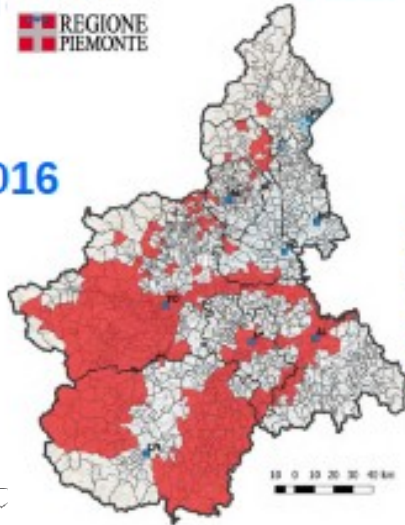
L'intero bacino del Tanaro, la Dora Baltea,
Belbo, Bormida, Cervo e il Sesia

Ottobre
2000



Bacini coinvolti: Po, Dora Riparia, Stura di
Lanzo Orco, Dora Baltea, Toce, bacino
lacustre del Verbano

Novembre 2016



Tanaro, Bormida,
Po, Maira, Varaita,
Pellice, Dora R.
Stura di Lanzo

Novembre 2019

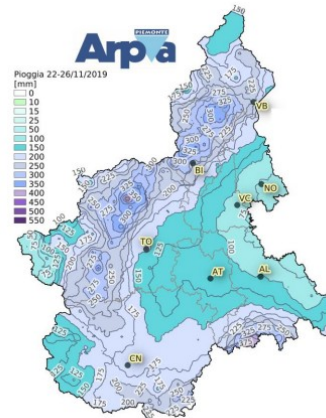
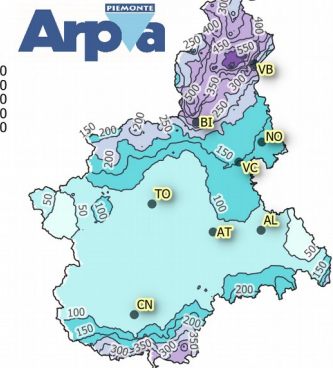


Figura 34. Pioviggia cumulata dal 22 al 26 novembre 2019

Pioviggia 1-4/10/2020
[mm]





CODICE DI PROTEZIONE CIVILE (D.LGS 1/2018)

ART. 2

4. Sono attività di prevenzione non strutturale di protezione civile quelle concernenti:

a) l'allertamento del Servizio nazionale, articolato in attività di preannuncio in termini probabilistici, ove possibile e sulla base delle conoscenze disponibili, di monitoraggio e di sorveglianza in tempo reale degli eventi e della conseguente evoluzione degli scenari di rischio;

b) la pianificazione di protezione civile, come disciplinata dall'articolo 18;

c) la formazione e l'acquisizione di ulteriori competenze professionali degli operatori del Servizio nazionale;

d) l'applicazione e l'aggiornamento della normativa tecnica di interesse;

e) la diffusione della conoscenza e della cultura della protezione civile, anche con il coinvolgimento delle istituzioni scolastiche, allo scopo di promuovere la resilienza delle comunità e l'adozione di comportamenti consapevoli e misure di autoprotezione da parte dei cittadini;

f) l'informazione alla popolazione sugli scenari di rischio e le relative norme di comportamento nonché sulla pianificazione di protezione civile;

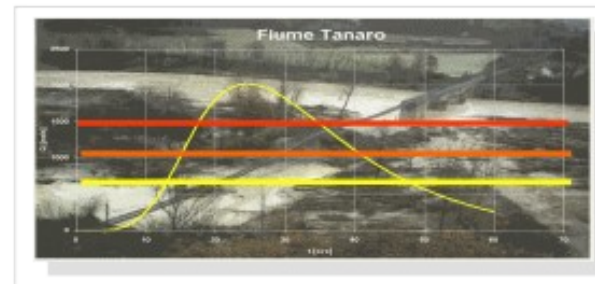
L'insieme degli elementi tecnico-scientifici di base che concorrono a definire il Sistema di Allertamento Regionale, proposti dal Centro Funzionale Regionale, sono:

Zone di Allerta



Livelli di Criticità e Scenari di Rischio

Sistema di Soglie



Documenti informativi e Procedure



Arpa Piemonte **BOLLETTINO ALLERTA REGIONALE**

ALERTAMENTO REGIONALE: 11/01/2014 08:00 - 11/01/2014 18:00

ZONA	SITUAZIONE	SITUAZIONE PRECEDENTE		SITUAZIONE SUCCESSIVA		COMENTARI
		ALLERTA	CRITICITÀ	ALLERTA	CRITICITÀ	
A	ALLERTA	ALLERTA	CRITICITÀ	ALLERTA	CRITICITÀ	...
B	ALLERTA	ALLERTA	CRITICITÀ	ALLERTA	CRITICITÀ	...
C	ALLERTA	ALLERTA	CRITICITÀ	ALLERTA	CRITICITÀ	...
D	ALLERTA	ALLERTA	CRITICITÀ	ALLERTA	CRITICITÀ	...
E	ALLERTA	ALLERTA	CRITICITÀ	ALLERTA	CRITICITÀ	...
F	ALLERTA	ALLERTA	CRITICITÀ	ALLERTA	CRITICITÀ	...
G	ALLERTA	ALLERTA	CRITICITÀ	ALLERTA	CRITICITÀ	...
H	ALLERTA	ALLERTA	CRITICITÀ	ALLERTA	CRITICITÀ	...
I	ALLERTA	ALLERTA	CRITICITÀ	ALLERTA	CRITICITÀ	...
L	ALLERTA	ALLERTA	CRITICITÀ	ALLERTA	CRITICITÀ	...
M	ALLERTA	ALLERTA	CRITICITÀ	ALLERTA	CRITICITÀ	...

Commentari aggiuntivi:

PROCESSO DI ALLERTA

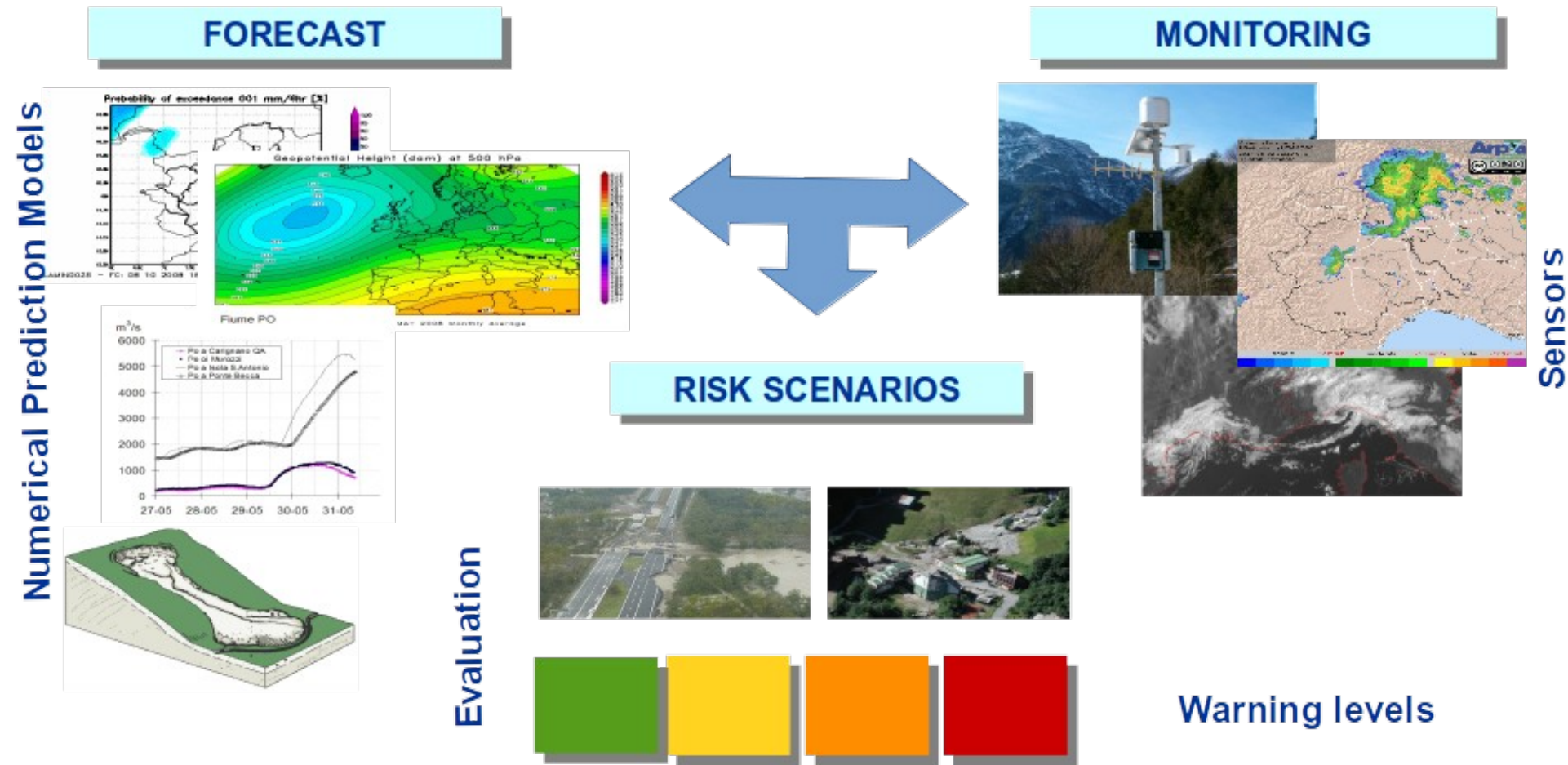


Tabella delle allerte e delle criticità meteo-idrogeologiche e idrauliche

- scenari di riferimento: “scenari di evento” ed “effetti e danni” (no forzante/fenomeno)
- scenari predefiniti individuati a livello nazionale, progressivi, integrabili
- al codice colore verde “nessuna allerta” non sono esclusi eventi ed effetti e danni
- introduzione di effetti e danni specifici dovuti a fenomeni temporaleschi (*incertezza*)
- predicibilità associata alla sola criticità idraulica
- estensione e numerosità degli eventi crescente



Nessuna allerta				
Allerta gialla	Criticità ordinaria	idrogeologica	Idrogeologica per temporali	idraulica
Allerta arancione	Criticità moderata	idrogeologica	Idrogeologica per temporali	idraulica
Allerta rossa	Criticità elevata	idrogeologica		idraulica

Fase previsionale

Fase monitoraggio e sorveglianza

ALLERTA DI TIPO

FASI OPERATIVE

VERDE

ATTENZIONE

GIALLA

PREALLARME

ARANCIONE

ALLARME

ROSSA

Scenari d'evento

Azioni di protezione civile

CONCETTO DI "FASE MINIMA"

CODICE COLORE ALLERTA

FASE MINIMA

CODICE COLORE ALLERTA

FASE MINIMA

ALLERTA GIALLA

ALLERTA ARANCIONE

FASE DI ATTENZIONE

ALLERTA ROSSA

FASE DI PREALLARME

PREVISIONE - BOLLETTINI QUOTIDIANI DEL SISTEMA DI ALLERTA

Arpa **BOLLETTINO** 468754682
ALLERTA REGIONALE

BOLLETT. N° 27/09/2014
DATA EMISSIONE 26/09/2014 ore 13:00
VALIDITÀ 36 ore
AGGIORNAMENTO 27/09/2014 ore 13:00
SERVIZIO A CURA DI Arpa Centro Funzionale
AMBITO TERRITORIALE Regione Piemonte

ZONA DI ALLERTA	LIVELLI DI ALLERTA								SINTESI dello SCENARIO ATTESO	
	oggi				domani					
	LIVELLO ALLERTA MASSIMO	IDROLOGICO	IDROLOGICO PER TEMPERALI	NEVE	VALANGHE	IDROLOGICO	IDROLOGICO PER TEMPERALI	NEVE		VALANGHE
A	ARANCIONE				Arancione				Arancione	Valanghe di medie dimensioni con possibile interessamento della stabilità di fondovalle
B	ARANCIONE				Giallo			Giallo	Arancione	Valanghe di medie dimensioni con possibile interessamento della stabilità di fondovalle. Diffusi problemi alla viabilità e ai servizi essenziali. Quota neve 700-800 m. slm.
C	GIALLA									Locali problemi alla viabilità
D	VERDE									Assenza o bassa probabilità di fenomeni significativi prevedibili
E	VERDE									Assenza o bassa probabilità di fenomeni significativi prevedibili
F	VERDE									Assenza o bassa probabilità di fenomeni significativi prevedibili
G	VERDE									Assenza o bassa probabilità di fenomeni significativi prevedibili
H	VERDE									Assenza o bassa probabilità di fenomeni significativi prevedibili
I	ROSSA	Arancione	Arancione							Numerosi ed estesi fenomeni di frana, estesi fenomeni di inondazione ed interazione di aree anche distanti dai corsi d'acqua. Quota neve 700-800 m. slm.
L	GIALLA									Locali fenomeni di erosione, frana, colate di fango e locali fenomeni di inondazione dei corsi d'acqua minori e delle fagugate. Quota neve 1200 m. slm.
M	GIALLA									Locali fenomeni di erosione, frana, colate di fango e locali fenomeni di inondazione dei corsi d'acqua minori e delle fagugate. Quota neve 1000 m. slm.

Commento aggiuntivo:

CAVITÀ DI SINTESI

LIVELLI DI ALLERTA

ZONE DI ALLERTA

Attenzione: per una corretta interpretazione ed approfondimenti consultare sempre il disciplinare
 Diffusione: <http://www.ruparpiemonte.it/ntecol/> - <http://ntecol.ruparpiemonte.it/ntecol/> con password di accesso www.arpa.piemonte.it

Arpa **BOLLETTINO** 468754682
VIGILANZA METEOROLOGICA

BOLLETT. N° 27/09/2016
DATA EMISSIONE 27/09/2016 ore 13:00
VALIDITÀ 48 ore
AGGIORNAMENTO 28/09/2016 ore 13:00
SERVIZIO A CURA DI Arpa Centro Funzionale
AMBITO TERRITORIALE Regione Piemonte

SINTESI METEOROLOGICA

Forti diminuzioni delle temperature sulle zone di pianura, con formazione di nebbie e gelate diffuse per la notte prime ore di domani, temporali anche forti sulle zone montane mercoledì.

PREVISIONI

27/09/2016 pomeriggio

28/09/2016

29/09/2016

LEGENDA

AREE DI VIGILANZA E ALLERTA

INTENSITA' PRECIPITAZIONI

FENOMENI TEMPORALESCHI

NEVE

ANOMALIA TERMICA

VENTO

GELATE

Per una corretta interpretazione e per approfondimenti consultare la guida al bollettino di vigilanza.
 Diffusione: www.arpa.piemonte.it

Arpa **BOLLETTINO** 468754682
PREVISIONE DELLE PIENE

BOLLETTINO N° 223/2018
DATA EMISSIONE 04/11/2018 ore 10:00
VALIDITÀ 36 ore
AGGIORNAMENTO 05/11/2018
SERVIZIO A CURA DI ARPA - Rischi Naturali e Ambientali
AMBITO Regione Piemonte

Corso d'acqua	Stazione	Massimo storico			Portate di riferimento			Valori osservati			Previsione di criticità		Tendenza	
		Data	Valore (mca)		1	2	3	Intensità ultime 6h	portata attuale	Criticità attuale	Coppl	domani ore 0-12		dopodomani ore 12-24
		Mare	Maccagno	n.d.	n.d.	190	190	300	alluvione	83	A	O		O
Verdello	Potenza	20/05/2009	220	150	220	350	creosote	11	A	A	O	O	alluvione	
Palica	Vilfredda	29/05/2009	1800	220	430	730	creosote	91	A	O	M	O	alluvione	
Dono Sighele	Torino	20/05/2009	398	190	290	400	alluvione	30	A	A	O	O	alluvione	
Stura di Lanzo	Torino	15/05/2009	1200	520	720	1400	alluvione	80	A	O	O	O	alluvione	
Orco	S. Benigno	14/10/2009	1500	450	800	1200	diminuzione	77	A	A	O	O	alluvione	
Dono Delfino	Belvedere	15/10/2009	2100	540	800	1200	diminuzione	90	A	A	A	O	creosote	
Stura	Palazzo	15/10/2009	4250	910	2000	3200	diminuzione	187	A	A	O	O	alluvione	
Isce	Castello	15/10/2009	2840	730	980	1600	alluvione	180	A	A	A	O	alluvione	
Stura di Demonte	Prosecco	12/05/2009	835	250	370	670	creosote	83	A	A	A	O	alluvione	
Belbo	Castellonovo	27/04/2009	432	180	250	400	diminuzione	2	A	A	A	A	alluvione	
Bormida	Casale	06/11/2004	1500	340	670	1400	diminuzione	121	A	A	A	A	alluvione	
Orco	Caval Carmello	20/11/2002	1280	525	700	1050	diminuzione	30	A	A	A	A	alluvione	
Tanaro	Pangliano	15/10/2009	2200	530	730	1050	alluvione	180	A	A	A	A	alluvione	
Tanaro	Alba	06/11/2004	4200	910	1100	2000	alluvione	225	A	A	A	A	alluvione	
Tanaro	Asti	28/04/2009	2800	1000	1300	2100	alluvione	290	A	A	A	A	alluvione	
Tanaro	Mare	28/04/2009	2800	870	1300	2000	diminuzione	300	A	A	A	A	alluvione	
Tanaro	Montecalvito	06/11/2004	4400	1400	1750	3000	diminuzione	347	A	A	A	A	alluvione	
Stura	Castello	20/11/2002	1300	600	800	1050	alluvione	34	A	A	A	A	alluvione	
Pa	Campagna	16/10/2009	1970	440	620	1150	creosote	211	A	O	M	M	alluvione	
Pa	Torino - Murato	16/10/2009	2200	580	800	1050	alluvione	192	A	O	M	M	alluvione	
Pa	San Sebastiano	07/11/2011	3300	1000	1000	2000	alluvione	280	A	O	M	M	alluvione	
Pa	Cresatello	16/10/2009	8150	1900	2000	4000	alluvione	922	A	A	O	M	alluvione	
Pa	Casale Monferrato	07/11/2011	4000	1000	2000	4000	alluvione	490	A	A	O	O	creosote	
Pa	Isola S. Antonio	16/10/2009	12100	4000	5000	8000	alluvione	1408	A	A	A	O	creosote	
Lago Maggiore *	Verbania	16/10/2009	7.24	4.5	5	5	alluvione	4.52	O	O	M	M	creosote	

Legenda di criticità

A Assente: Valori di portata minori del valore di riferimento 1

O Criticità: la portata eccede solo la soglia del corso d'acqua con livelli sostanzialmente al di sotto dei piani di allerta. Basse probabilità di fenomeni di inondazione, creata a discrezione dell'ufficio della situazione. Valori di portata compresi tra i livelli di riferimento 1 e 2. Con riferimento alla permeazione del PAI (Piano per l'Assetto idrogeologico) la piena rientra generalmente al di sotto della fascia d'allerta 1.

M Moderata: la portata eccede l'area sezione fucine con livelli d'allerta prossimi al piano campagna, alta probabilità di fenomeni di inondazione estesi anche a zone periferiche e a valle. Valori di portata compresi tra i livelli di riferimento 2 e 3. Con riferimento alla permeazione del PAI la piena rientra generalmente al di sotto della fascia d'allerta 2.

R Grave: la portata non può essere contenuta nell'area, alta probabilità di fenomeni di inondazione estesi anche a zone distanti e a valle. Aree di inondazione di estensione e di allungamento. Valori di portata maggiori del valore di riferimento 3. Con riferimento alla permeazione del PAI la piena può interessare anche porzioni della fascia d'allerta 3.

* per il Lago Maggiore tutti i valori sono espressi in metri (m) anziché in metri cubici (m³).

Attenzione: per una corretta interpretazione ed approfondimenti consultare sempre il disciplinare
 Diffusione: <http://www.ruparpiemonte.it/meteor/> - <http://ntecol.ruparpiemonte.it/meteor/> con password www.arpa.piemonte.it





Le previsioni meteorologiche

Sistema fisico

Modello matematico
(*verifica*)

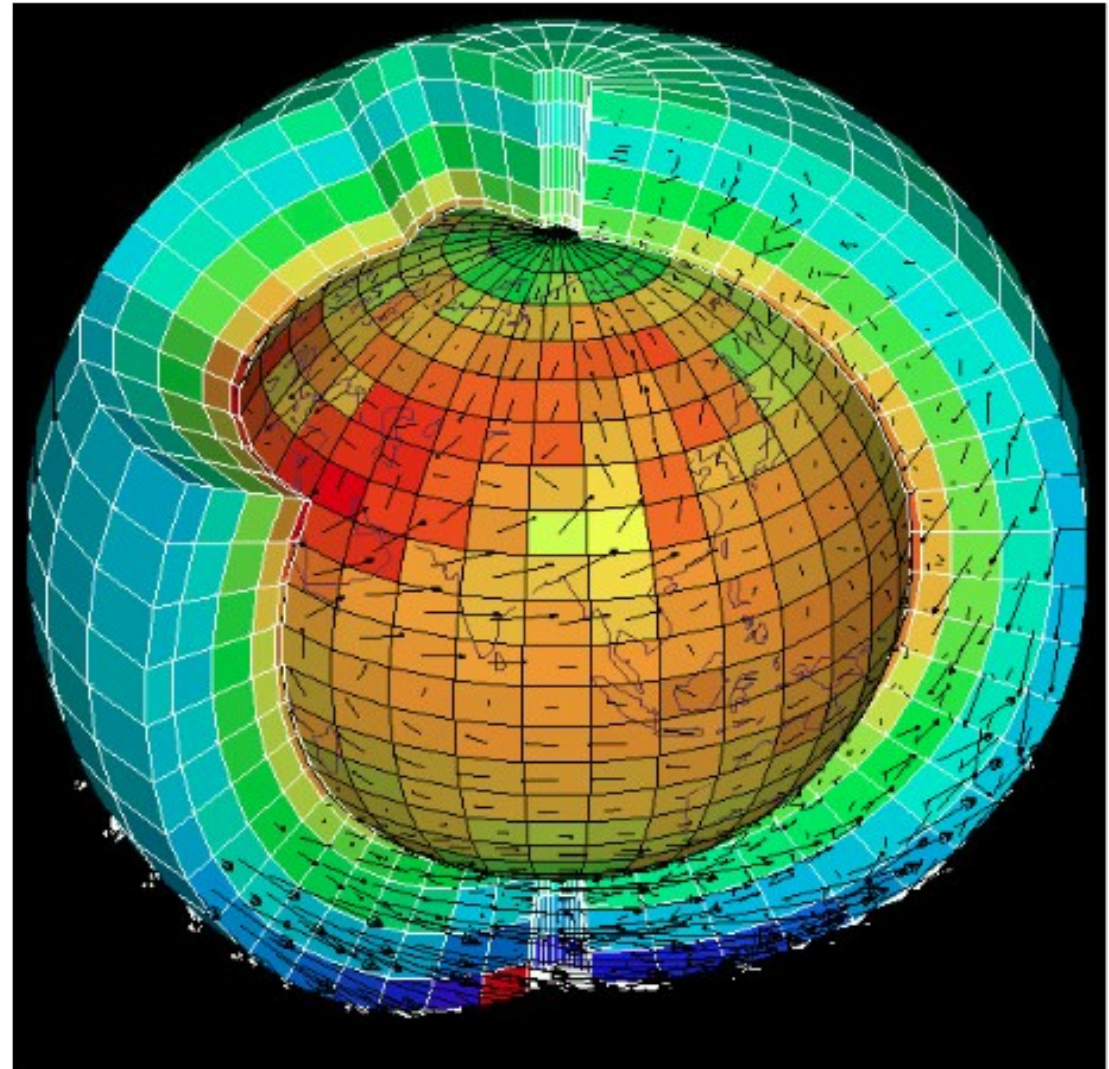
Simulazione
(*validazione*)

Previsione

T_0

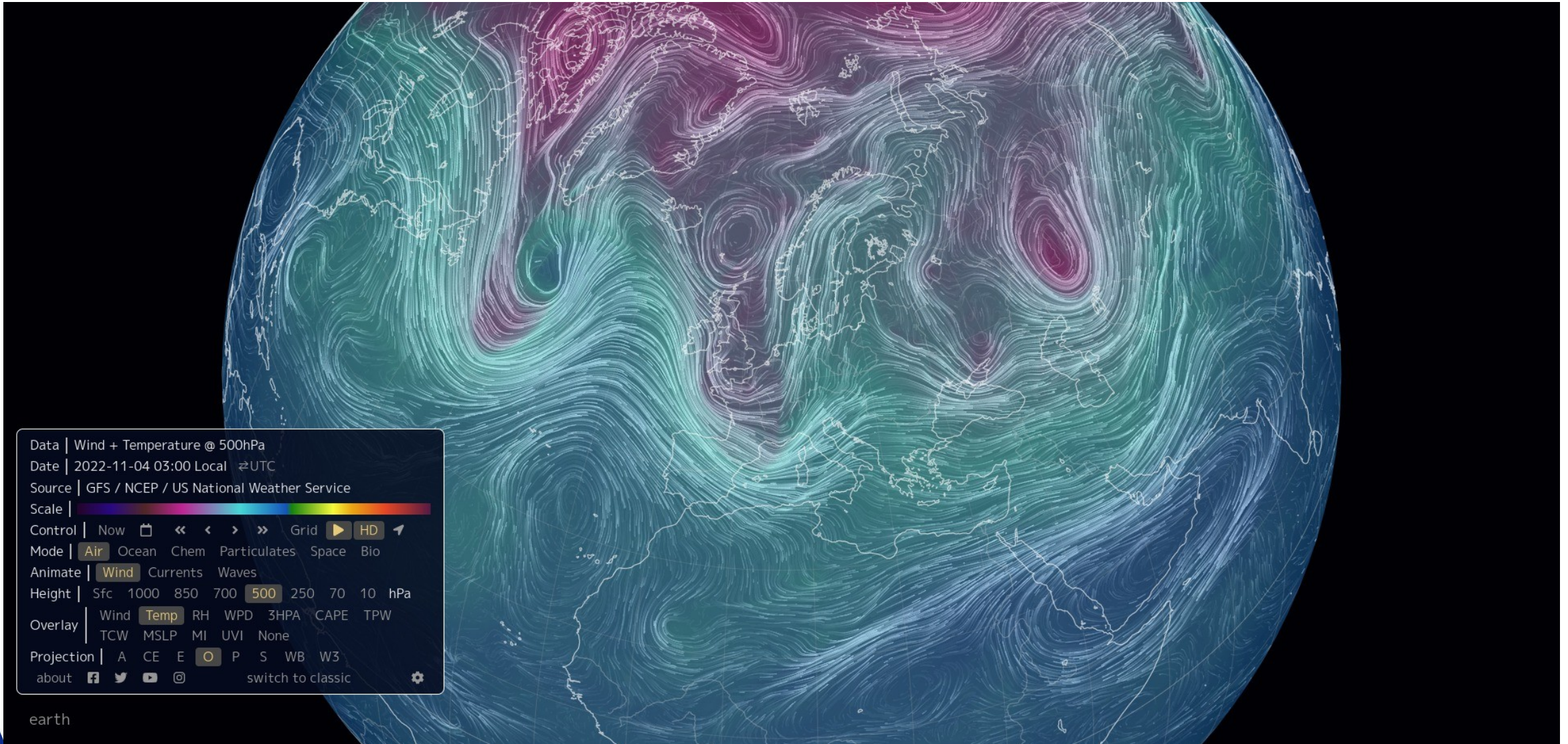


$T_0 + \Delta T$



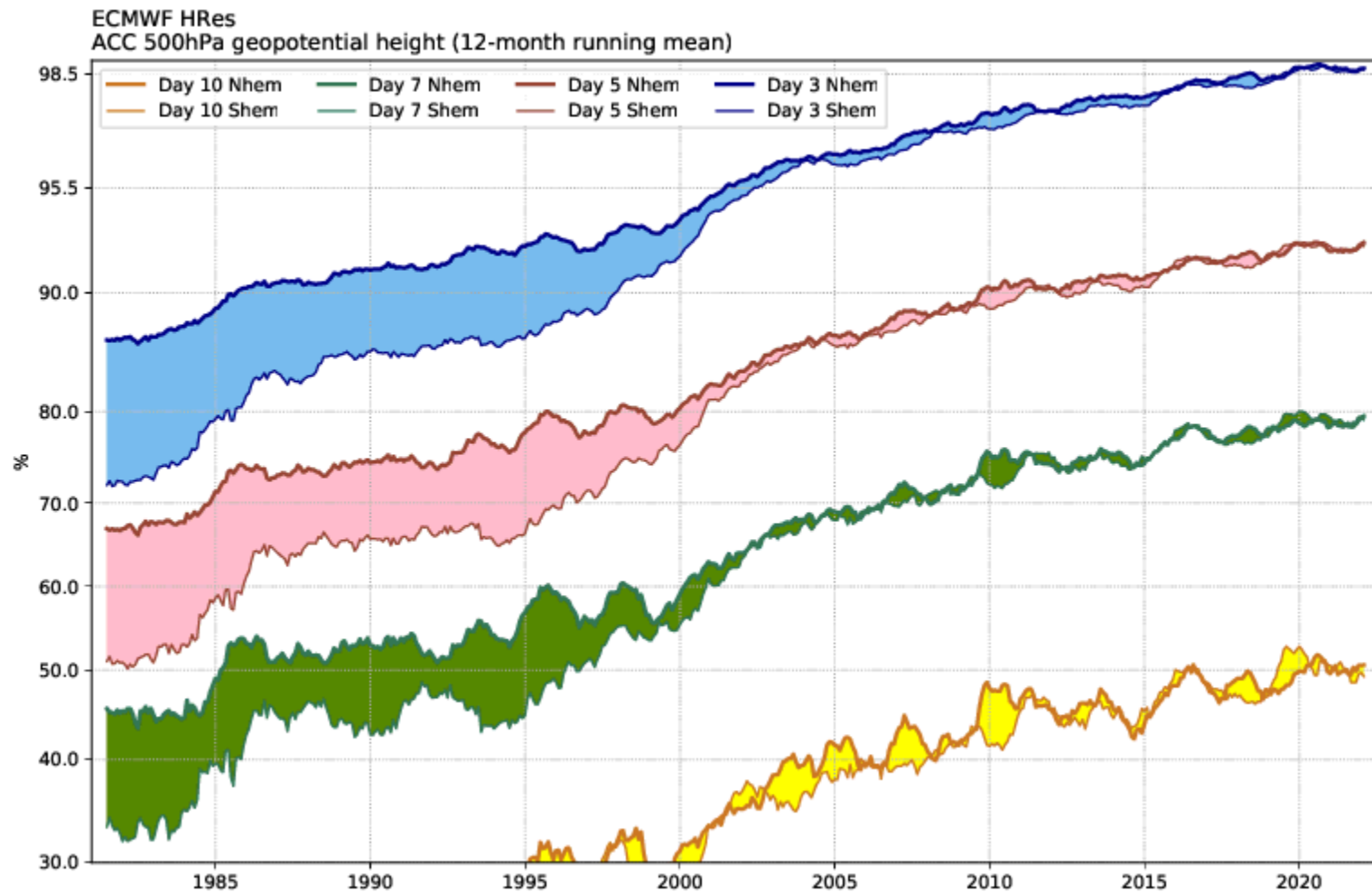


Le previsioni meteorologiche






Affidabilita' delle previsioni



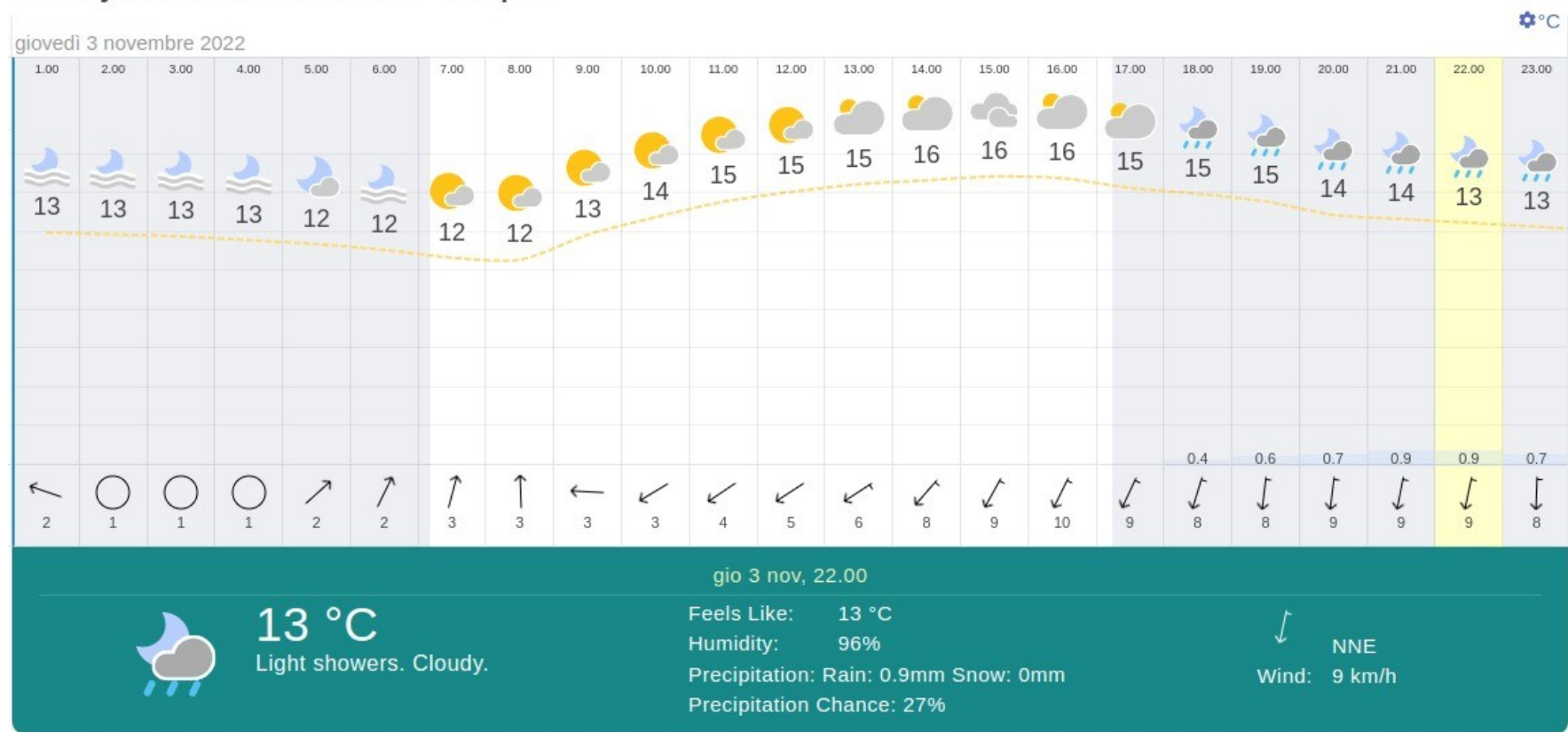


Le previsioni meteorologiche

Weather Today **Weather Hourly** 14 Day Forecast Yesterday/Past Weather Climate (Averages)

 **Currently:** 10 °C. Fog. (Weather station: Turin / Caselle, Italy). [See more current weather >](#)

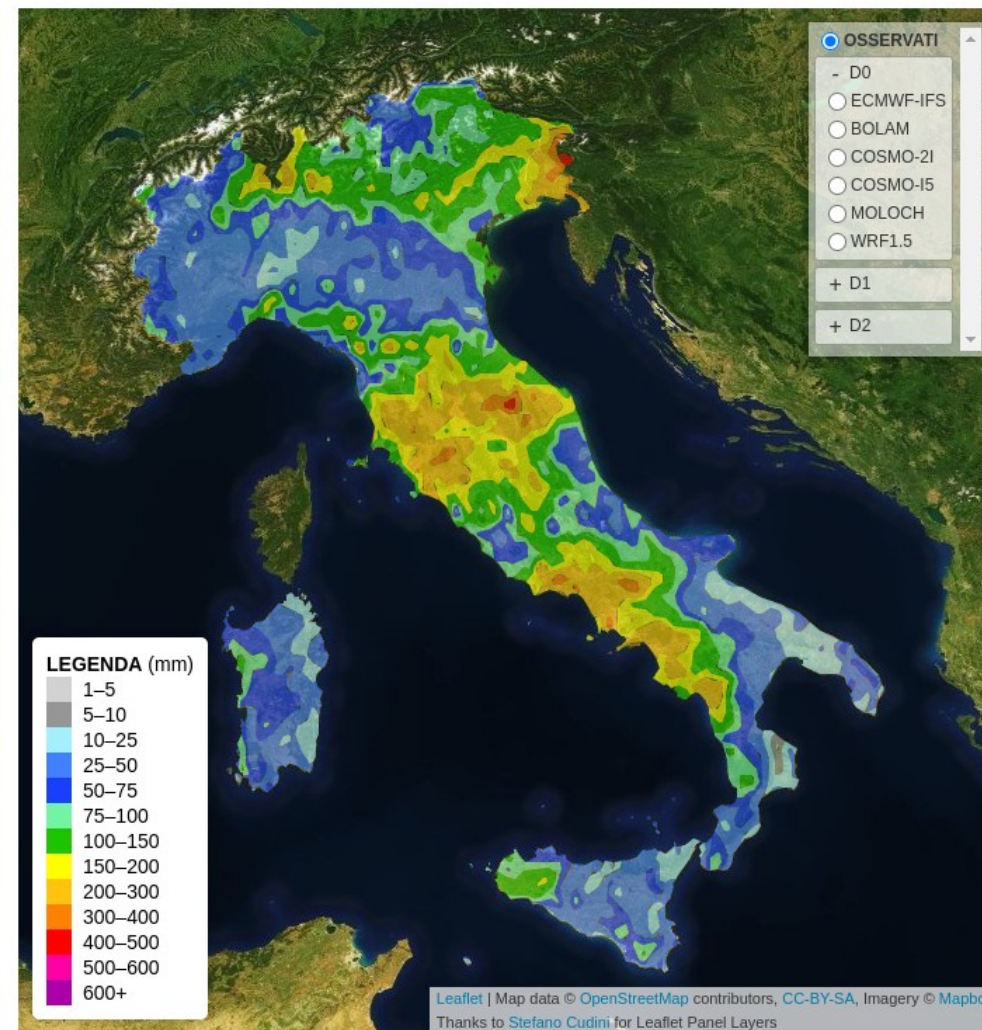
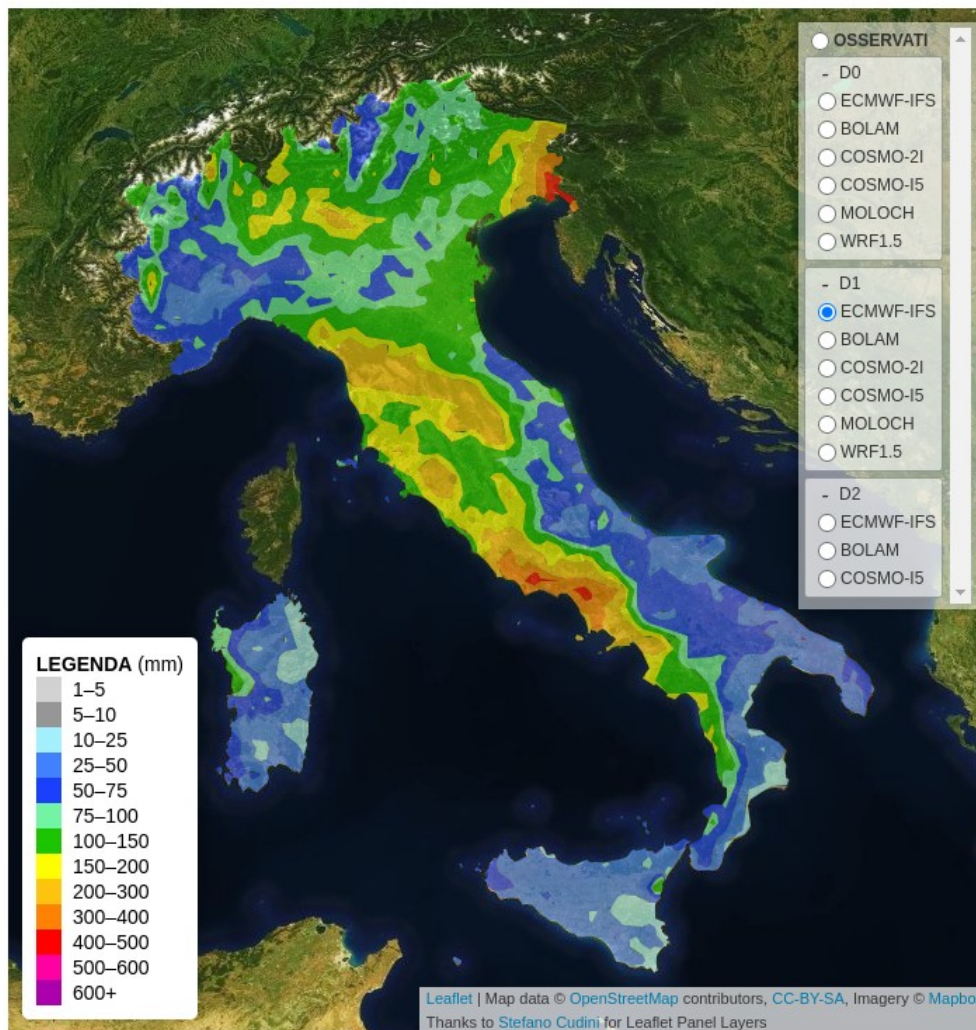
Hour-by-hour Forecast in Turin — Graph





Le previsioni meteorologiche

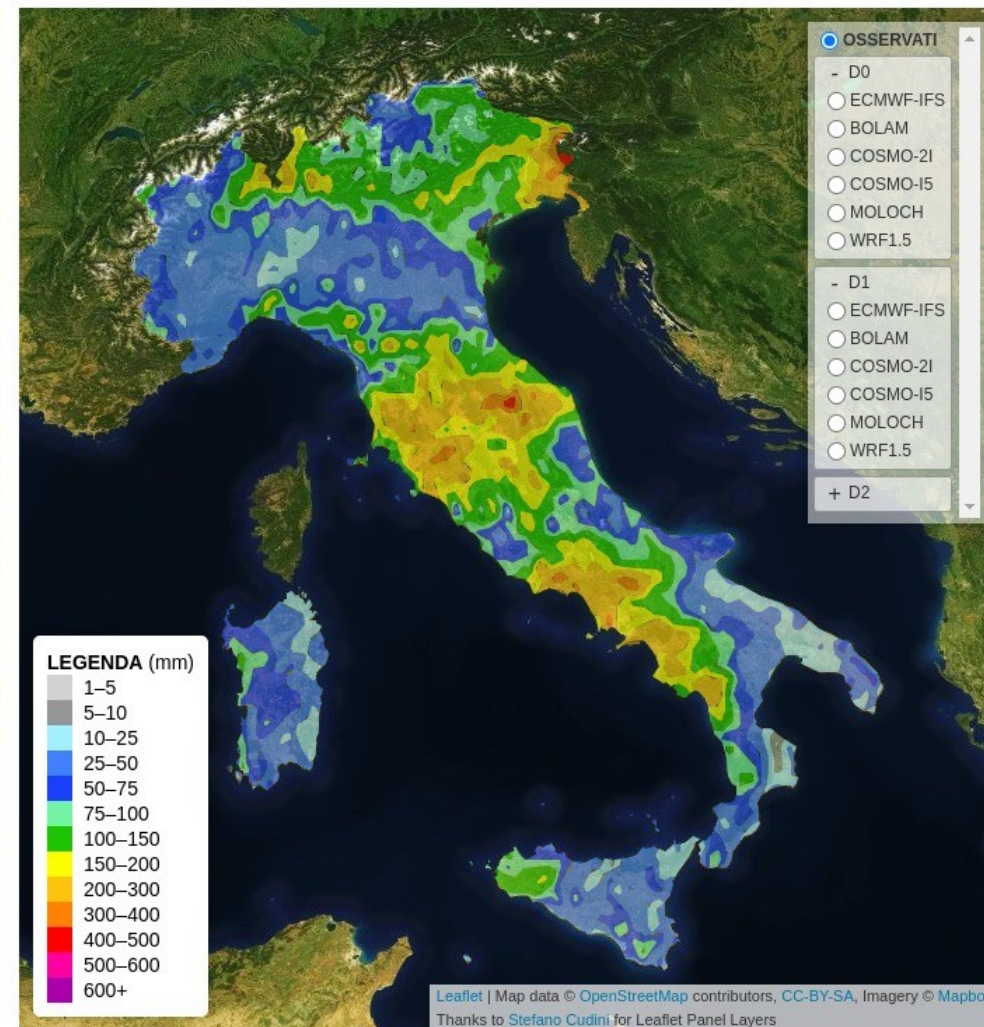
Anno: 2022 - Mese: SETTEMBRE





Le previsioni meteorologiche

Anno: 2022 - Mese: SETTEMBRE

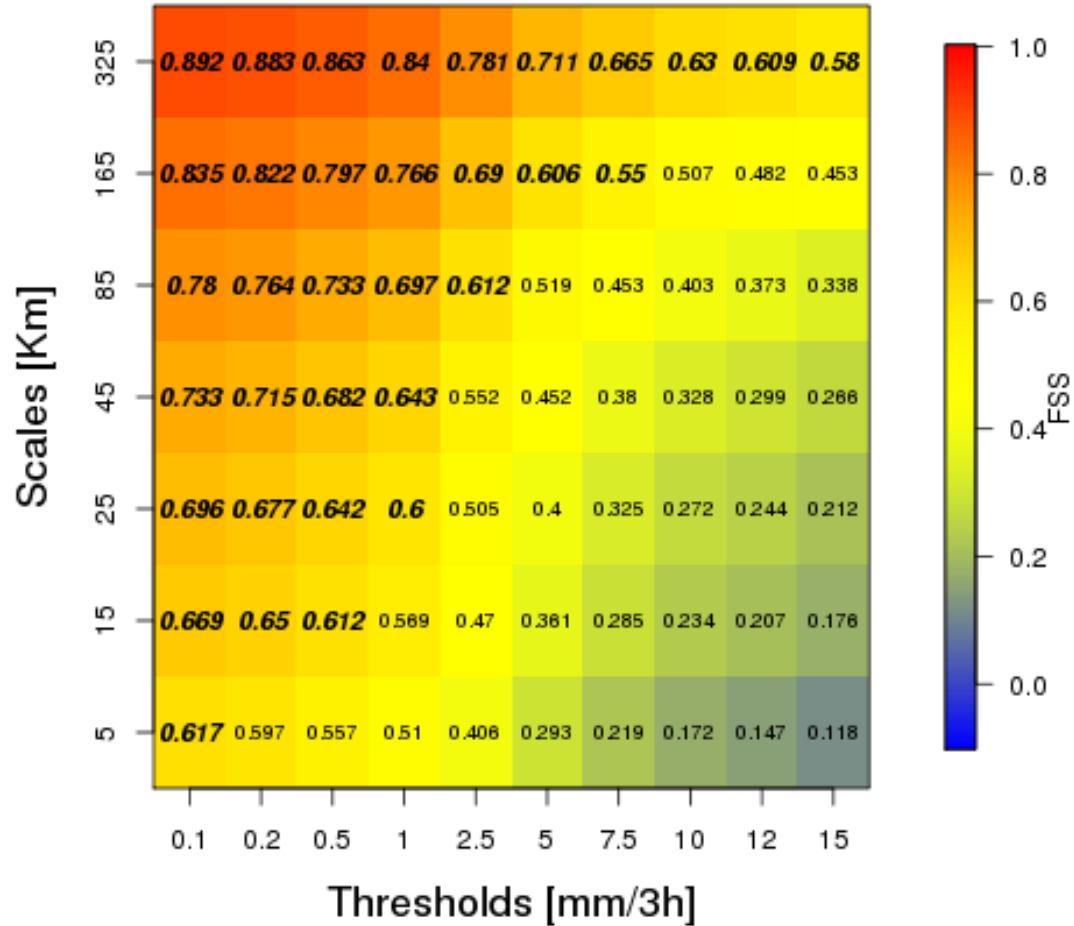




Scale e stagionalità

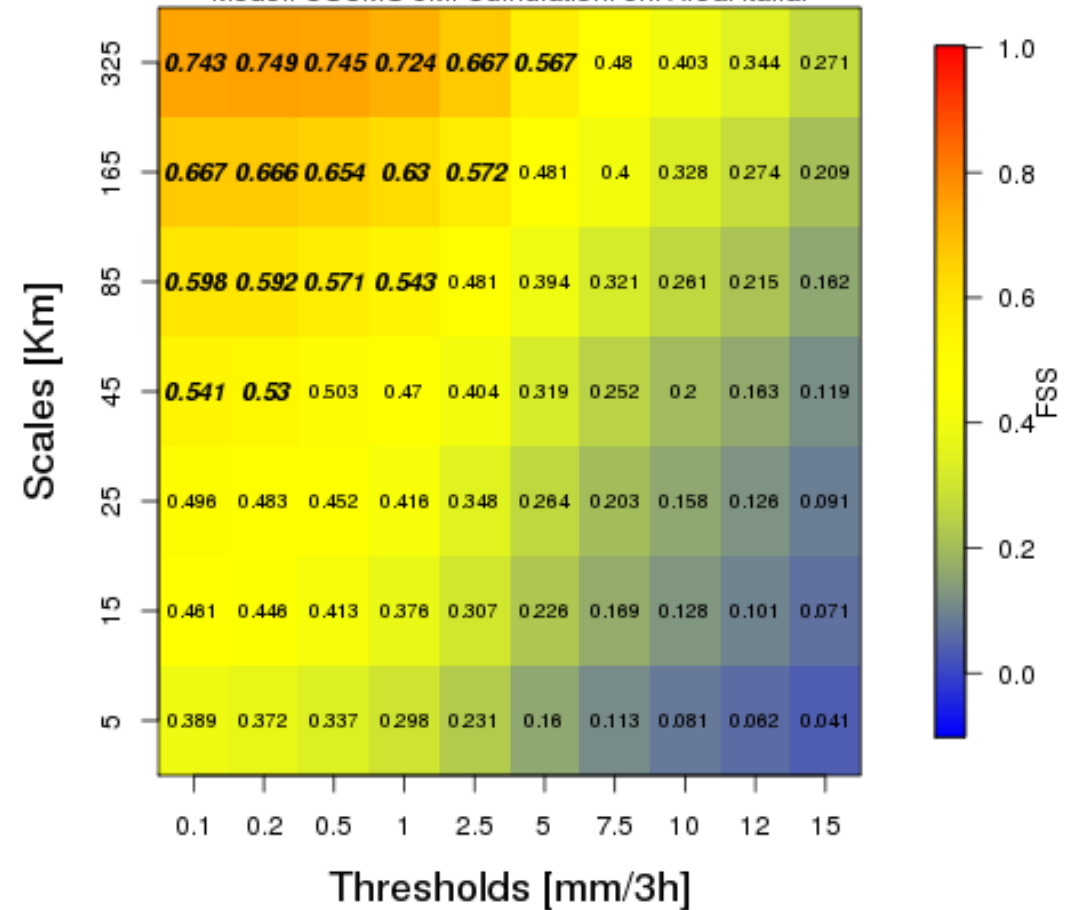
Fractions Skill Score DJF2021 - d1 - 1 Tsteps

Model: COSMO 5M. Cumulation: 3h. Area: Italia.



Fractions Skill Score JJA2021 - d1 - 1 Tsteps

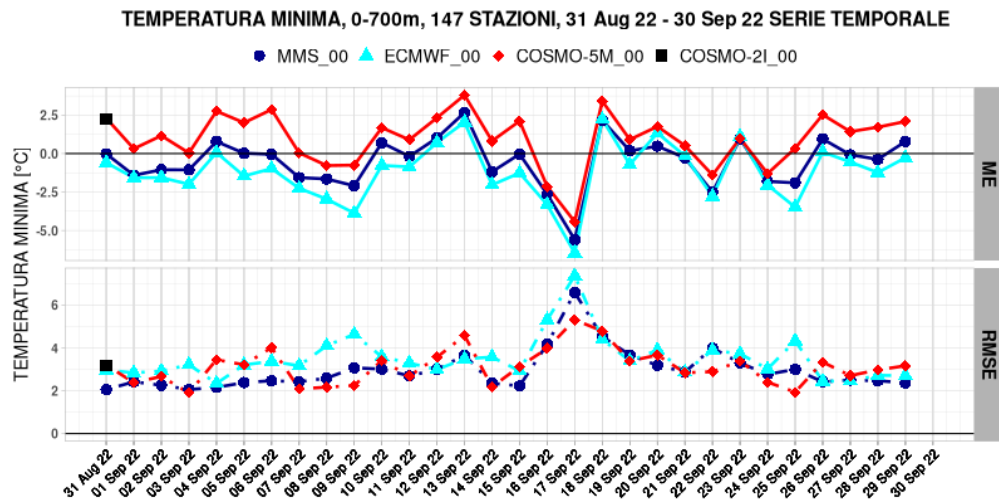
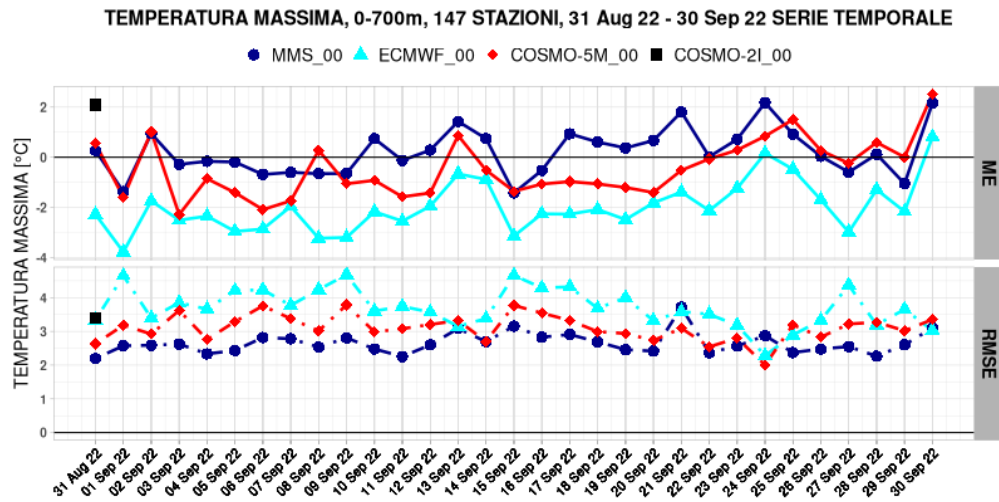
Model: COSMO 5M. Cumulation: 3h. Area: Italia.



Fonti di errori

Forecast models can produce incorrect results because of:

- initial condition uncertainties (also originating from errors in the first guess forecast):
 - Lack of observations.
 - Observation error.
 - Errors in the data assimilation.
- model uncertainties:
 - Limited resolution.
 - Weaknesses in parameterisation of physical processes.
- boundary condition uncertainties:
 - Insufficient detail of sub-grid scale orography.
 - Insufficient knowledge of changing surface characteristics.
 - Parameterised derivation of surface fluxes.



Previsioni di precipitazione e Machine Learning

EXPERIMENT SETUP

Dataset

- Spatial domain: Piedmont, VDA
- Spatial resolution: 2km
- Time step: 24h
- Time horizon: 24h
- Data from 2018 to 2022

- **Observations:** Optimal Interpolation of rain gauges observations
- **Weather models:** BOLAM, ECMWF-IFS, COSMO-5M, COSMO-2I
- **99 cases study**
 - TRAINING SET: 80
 - TEST SET: 19

Simulation: linear regression

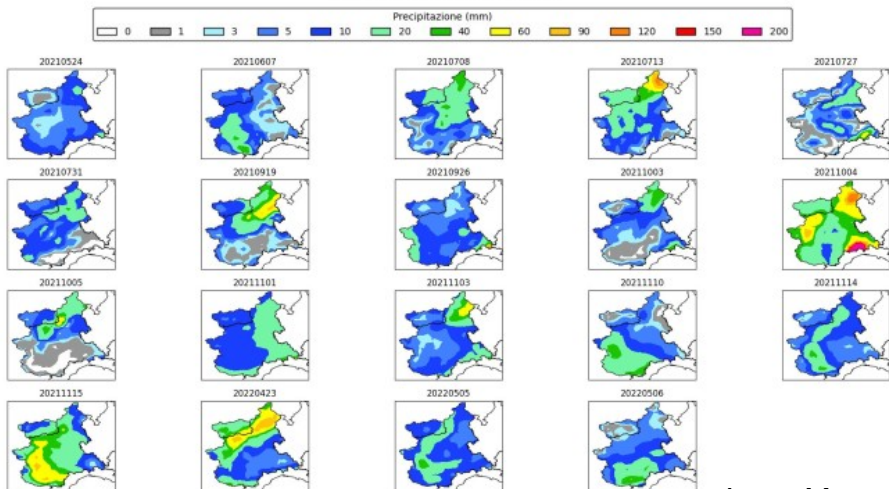
$$y = w^T x + b$$

- y = observations
- w = weights vector to be learnt
- x = weather models forecasts
- b = bias to be learnt

- **Optimizers:** SGD and Adam
- **Epochs:** 10, 30, 50
- **Learning rates:** 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3}
- **Total simulations:** 285 (114+171)
- **Verification:** Mean Absolute Error

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |for_i - obs_i|$$

TEST SET: PIEMONTE+VDA



Il campo di precipitazione è tra i più difficili da prevedere (alta variabilità spaziale e temporale)

Questo ha portato allo sviluppo di svariate tecniche di post-processing che in generale

- ◆ Portano un basso valore aggiunto perchè troppo semplicistiche (e.g. PoorMan's Ensemble)
- ◆ Portano un alto valore aggiunto ma possono avere un campo di azione limitato (e.g. ECPPoint, usata per le previsioni di piena)

Approccio black-box: imparare dai dati i pattern che forniscono, senza ipotesi a priori

Tecniche di machine learning non parametriche possono

- ◆ Fornire un aiuto decisivo nel predire la variabilità del campo di precipitazione (eg. Convolutional Neural Networks)
- ◆ Portare verso una generalizzazione in termini di utilizzo e scopo dei tool di post-processing



Determinismo e Caos

“Noi dobbiamo considerare lo stato presente dell’universo come l’effetto di un dato stato anteriore e come la causa di ciò che sarà in avvenire. Una intelligenza che, in un dato istante, conoscesse tutte le forze che animano la natura e la rispettiva posizione degli esseri che la costituiscono, e che fosse abbastanza vasta per sottoporre tutti i dati alla sua analisi, abbraccerebbe in un’unica formula i movimenti dei più grandi corpi dell’universo come quello dell’atomo più sottile; per una tale intelligenza tutto sarebbe chiaro e certo e così l’avvenire come il passato le sarebbero presenti.”

Laplace, Théorie Analytique des probabilités, 1812

“Una causa piccolissima che sfugga alla nostra attenzione determina un effetto considerevole che non possiamo mancar di vedere, e allora diciamo che l’effetto è dovuto al caso. Se conoscessimo esattamente le leggi della natura e la situazione dell’universo all’istante iniziale, potremmo prevedere esattamente la situazione dello stesso universo in un istante successivo.

Ma se pure accadesse che le leggi naturali non avessero più alcun segreto per noi, anche in tal caso potremmo conoscere la situazione iniziale solo approssimativamente. Se questo ci permettesse di prevedere la situazione successiva con la stessa approssimazione, non ci occorrerebbe di più e dovremmo dire che il fenomeno è stato previsto, che è governato da leggi.

Ma non sempre è così: può accadere che piccole differenze nelle condizioni iniziali ne producano di grandissime nei fenomeni finali. Un piccolo errore nelle prime produce un errore enorme nei secondi. La previsione diviene impossibile e si ha un fenomeno fortuito’.

Poincaré, Science et méthode, 1908

La natura caotica dell'atmosfera

Lorenz Equations

$$\begin{aligned} \dot{x} &= p(y-x) && \text{Prandtl Number} \\ \dot{y} &= -xz - y + rx && \text{Rayleigh Number} \\ \dot{z} &= xy - bz && \text{Nonlinear Terms} \end{aligned}$$

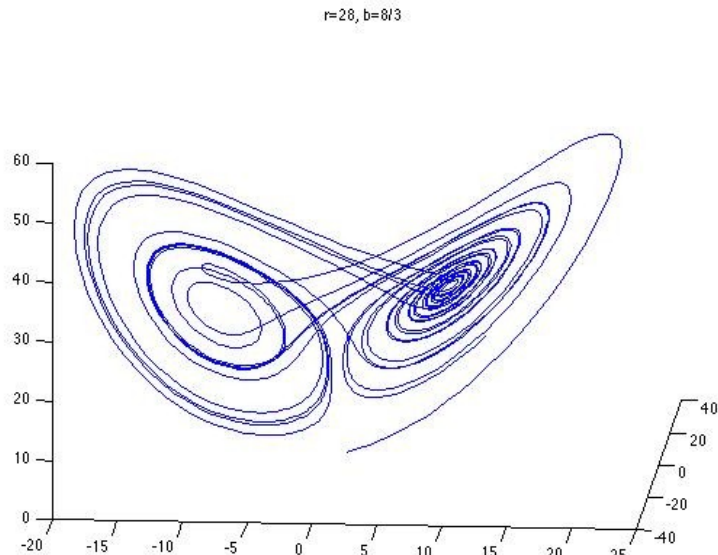
Stream Function $\rightarrow \dot{x}$

Change in Temperature $\rightarrow \dot{y}$

Deviation in Linear Temperature $\rightarrow \dot{z}$

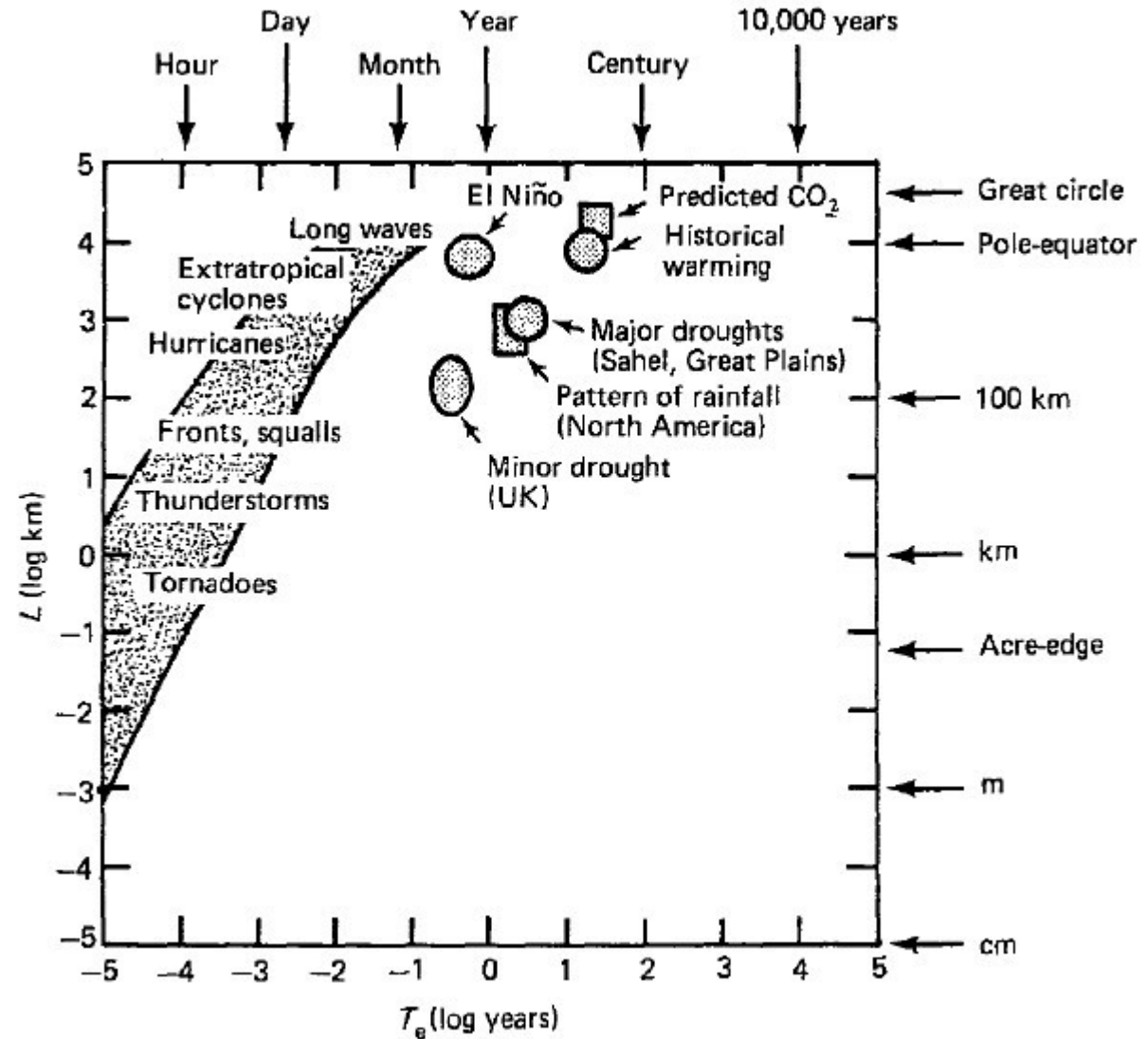
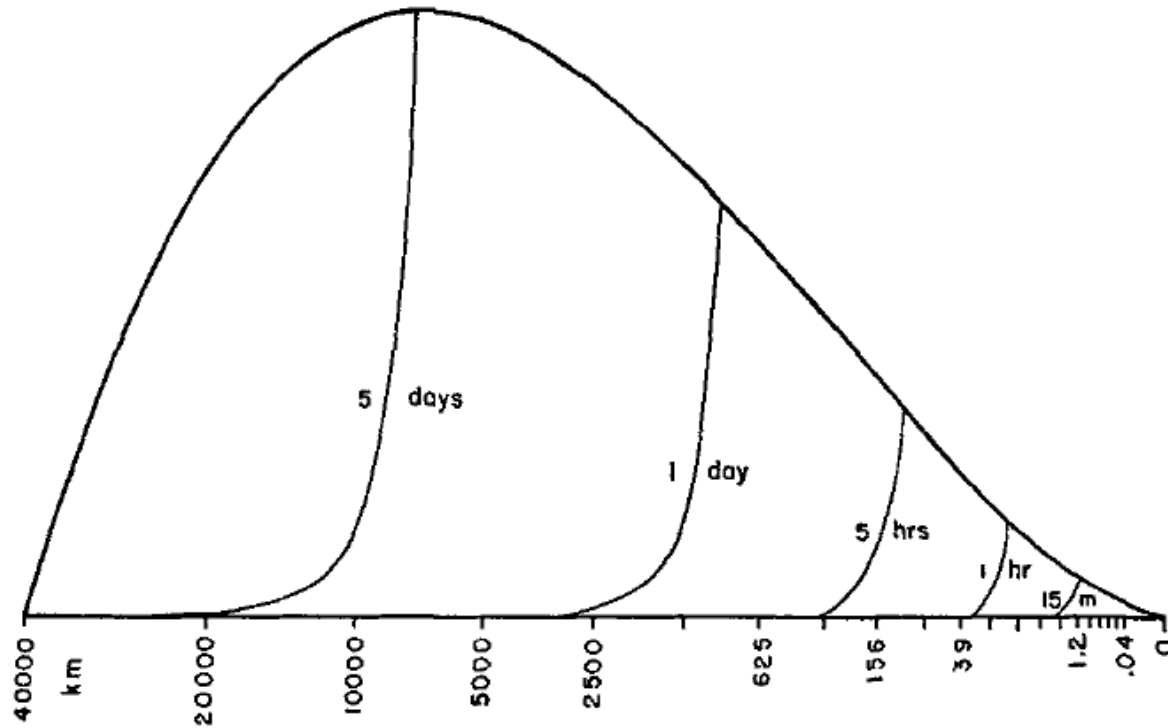
Forecast models can produce incorrect results because of:

- initial condition uncertainties (also originating from errors in the first guess)
- ...
- **the chaotic nature of the atmosphere:**
 - Small uncertainties grow to large errors (unstable flow)
 - Small-scale errors will affect the large-scale (non-linear dynamics)
 - Error-growth is flow dependant.



Lorenz, Edward N. (March 1963).
"Deterministic Nonperiodic Flow". *Journal of the Atmospheric Sciences*. **20** (2): 130–141. Bibcode:1963JAtS...20..130L. doi:
[10.1175/1520-0469\(1963\)020<0130:dnf>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1963)020<0130:dnf>2.0.co;2).

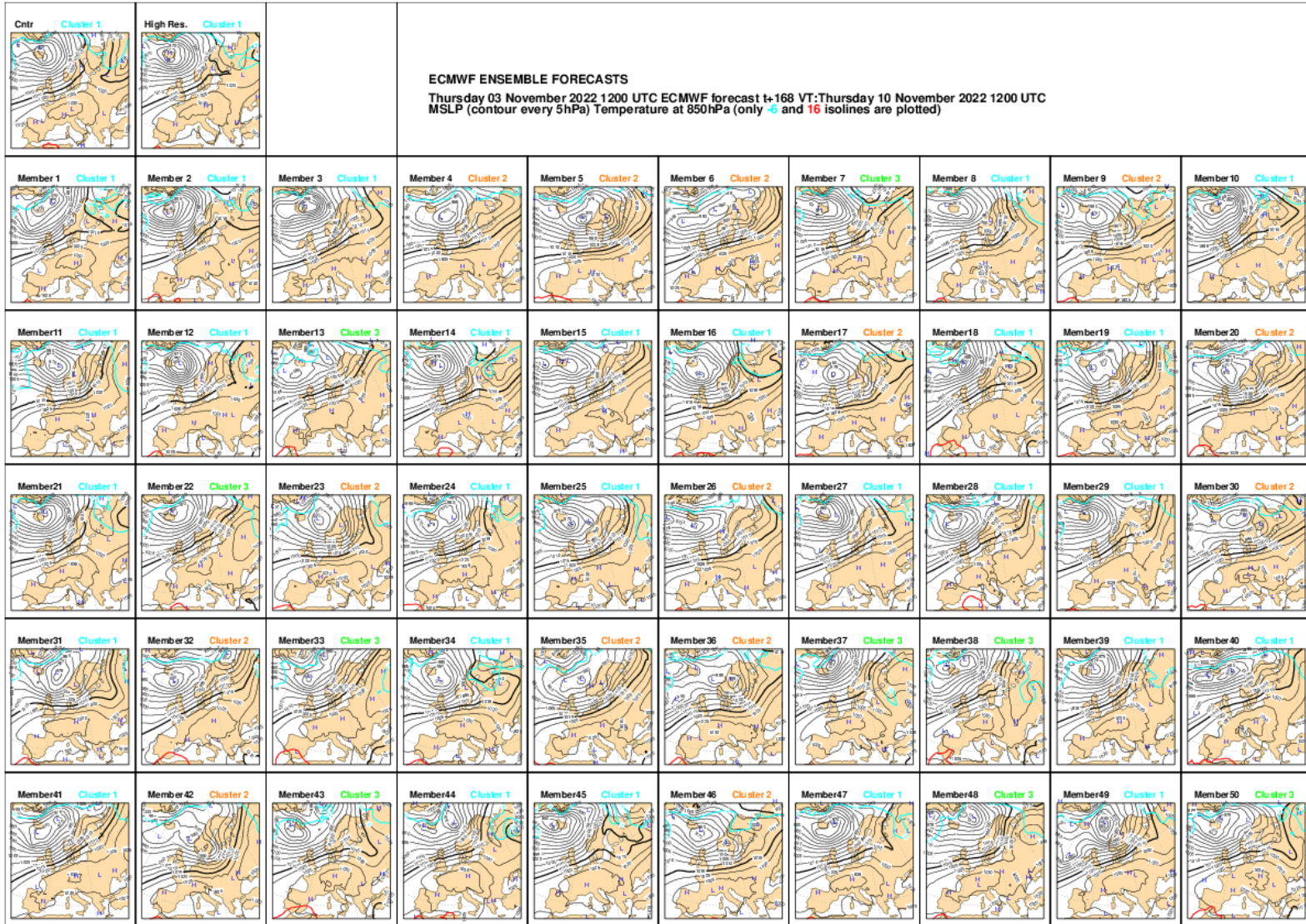
E. N. Lorenz: predicibilità atmosferica alle diverse scale



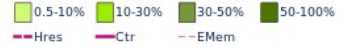
E. N. Lorenz, The predictability of a flow which possesses many scales of motion. *Tellus*, 21, 19 pp. 1969



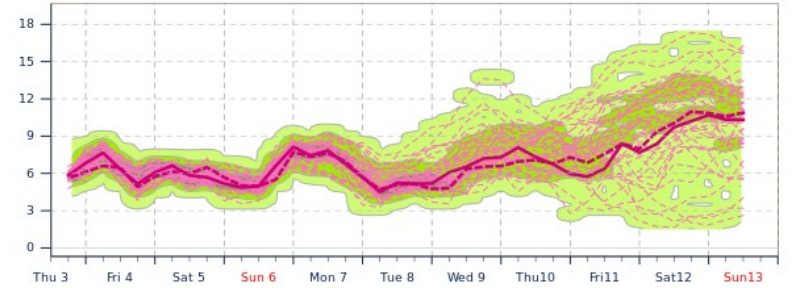
Ensemble prediction system



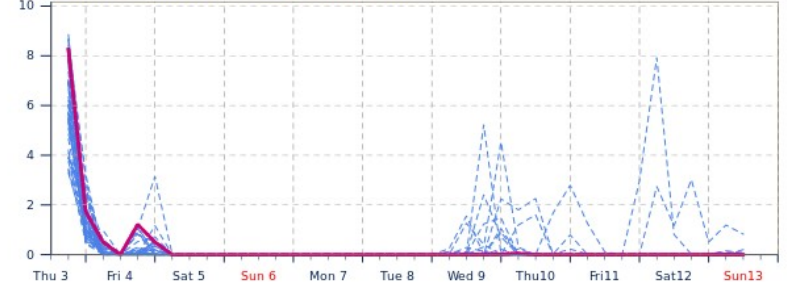
ECMWF Ensemble forecasts
 Torino - Piedmont - Italy 45.05°N 7.78°E (ENS land point) 205 m
 High Resolution Forecast and ENS Distribution
 Thursday 3 November 2022 12 UTC



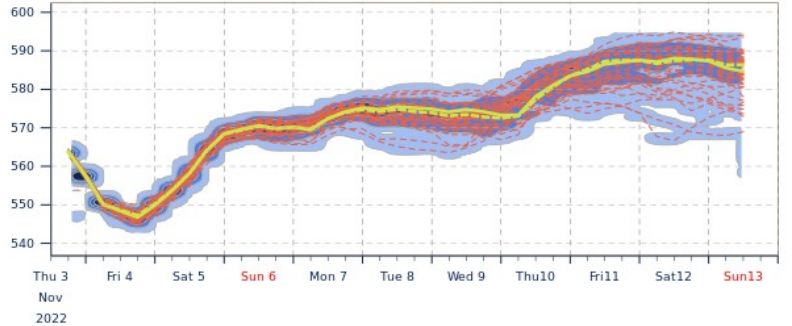
Temperature at 850 hPa - Probability for 1°C intervals



Ensemble members of Total Precipitation (mm/6h)

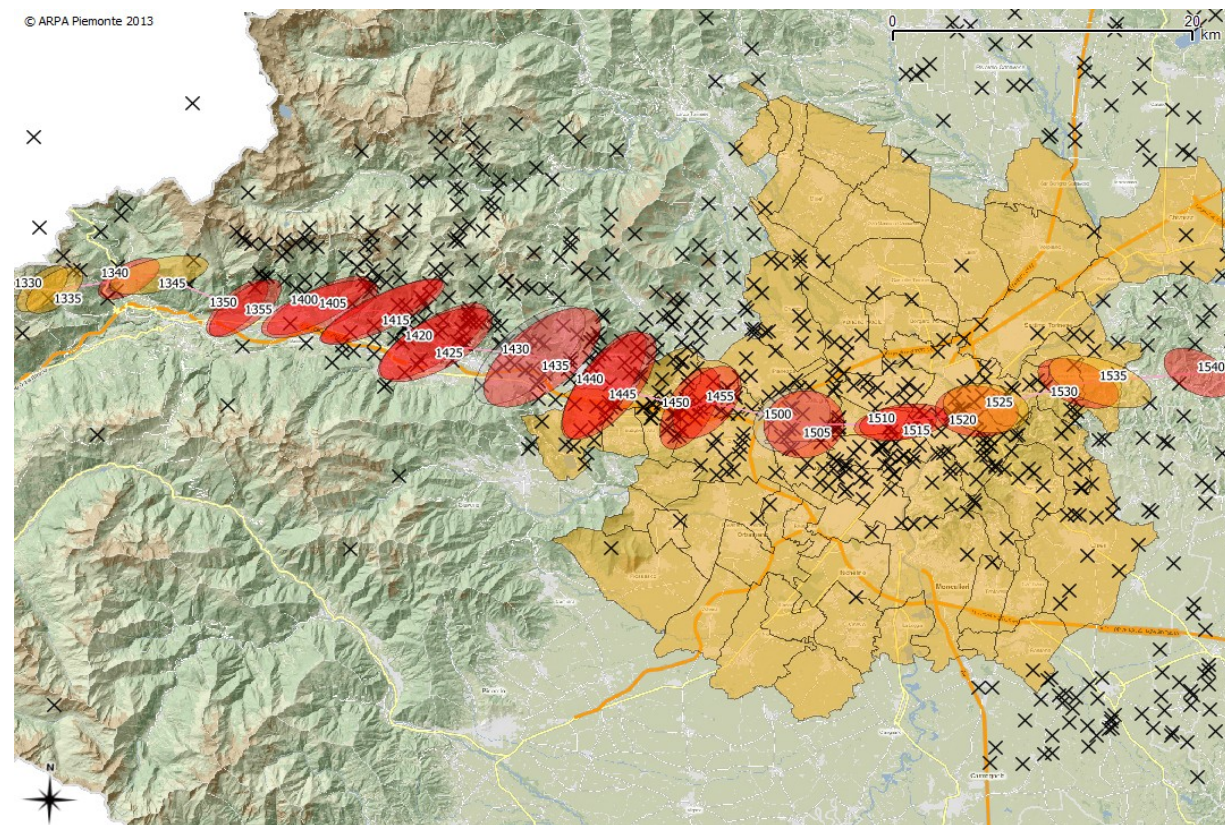
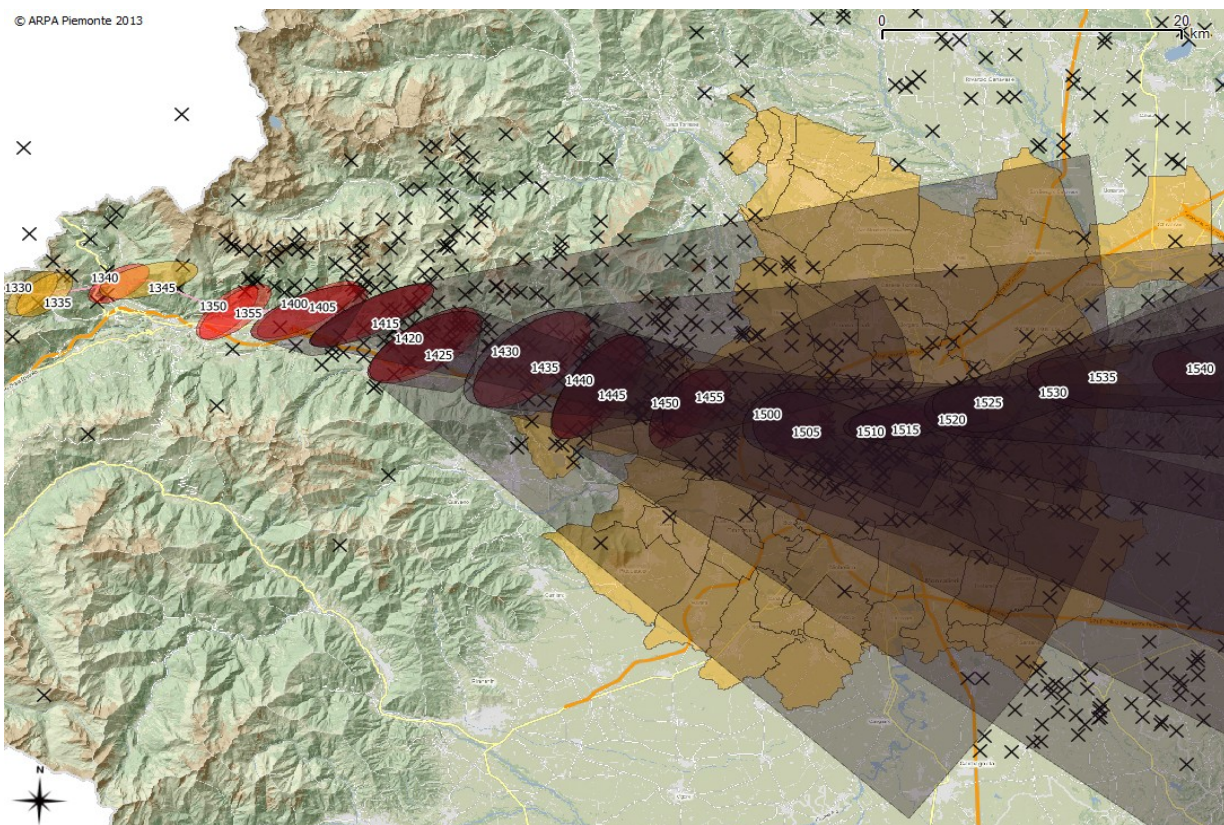


Geopotential at 500 hPa -- Probability for 2.5dam intervals





Nowcasting - Spostamento temporali

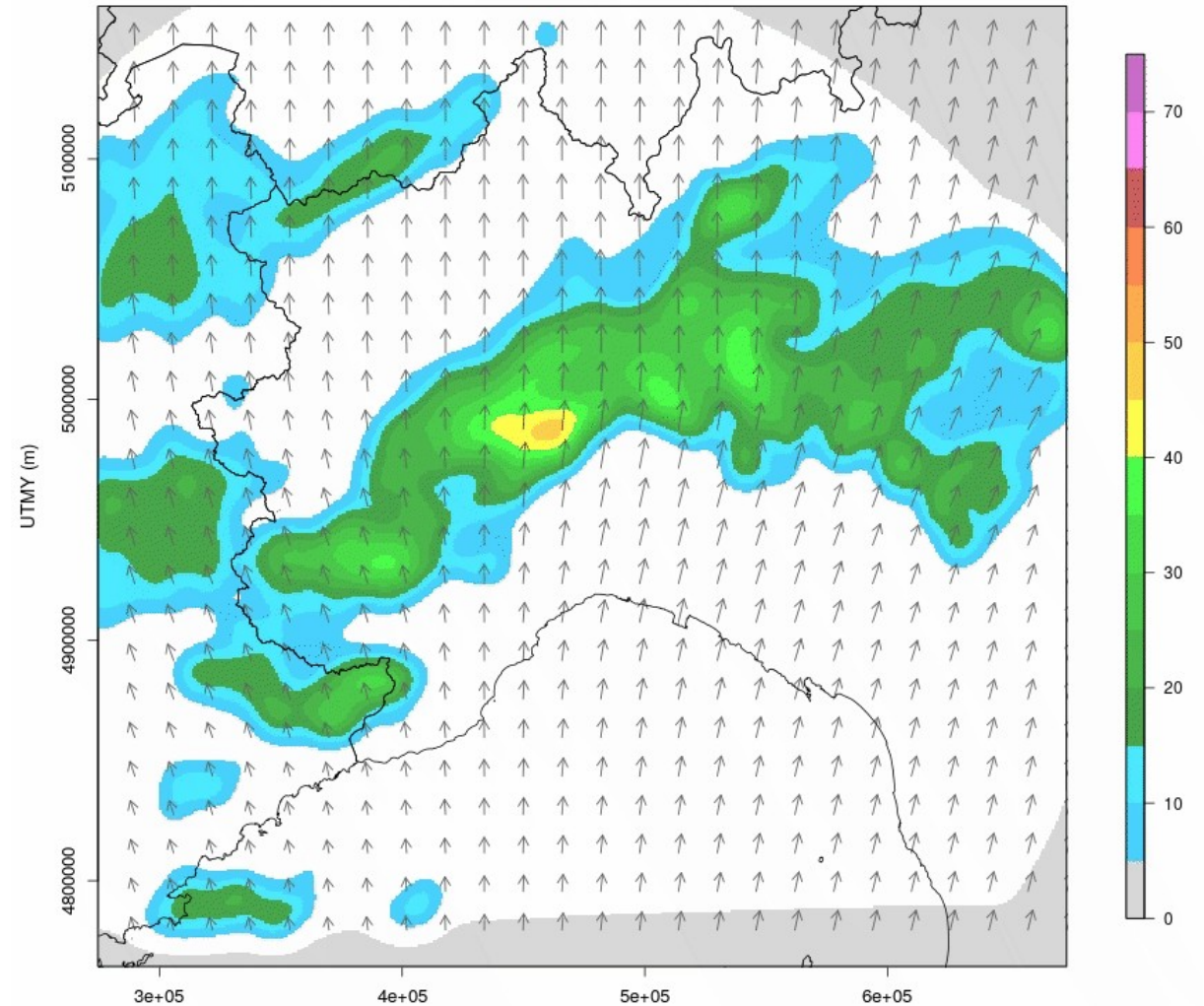




Nowcasting - previsione di precipitazione

2020-05-14 20:30:00

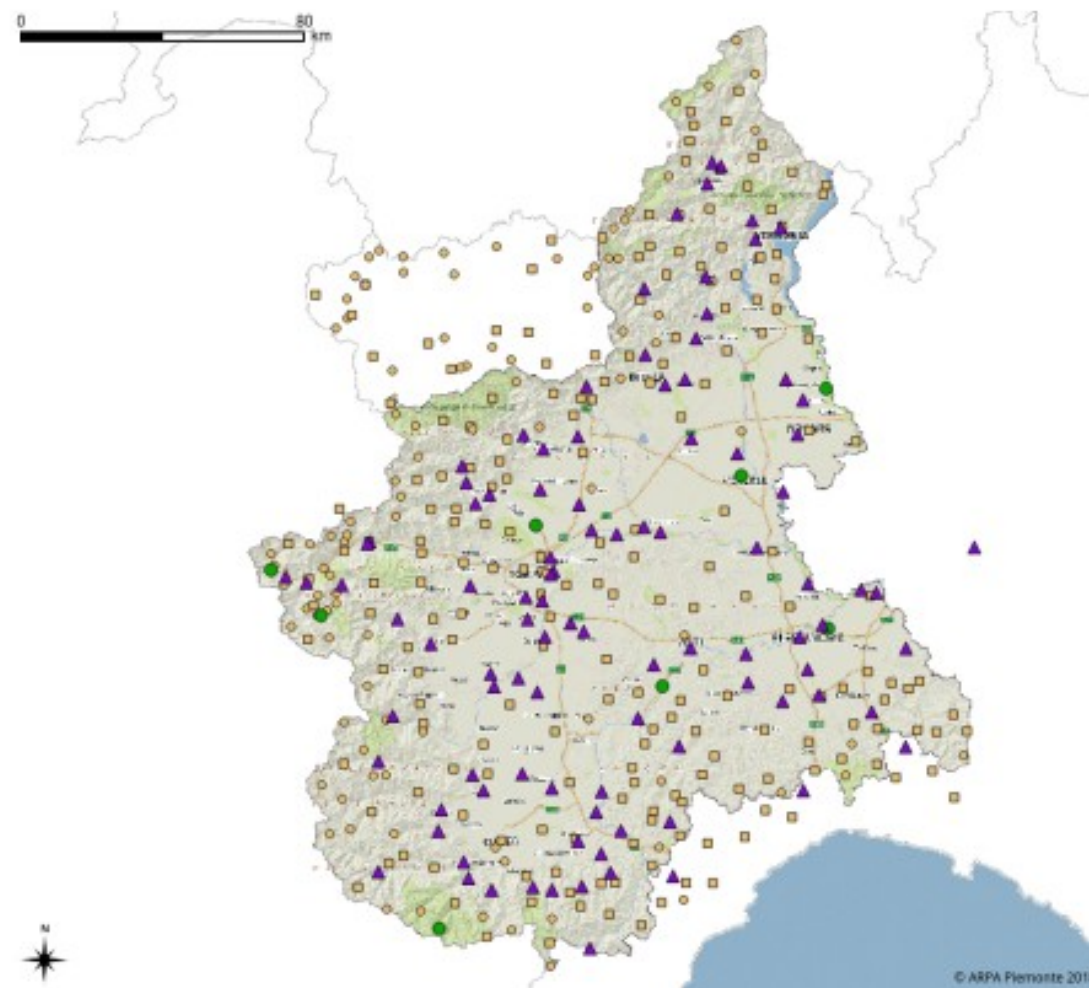
Previsione a breve termine (0 - 3h) del campo di precipitazione con metodi di propagazione delle osservazioni ed integrazione con previsioni numeriche



AVVISI AUTOMATICI DI SUPERAMENTO SOGLIE

A partire dai superamenti di soglie rilevati in tempo reale dai sensori pluviometrici e/o idrometrici della rete meteo idrografica regionale, sono generati avvisi automatici, veicolati tramite WCM:

- **IDRO** nel caso di superamento di soglia idrometrica
- **PLUVIO** nel caso di superamento di soglia da parte di precipitazione cumulata per durate di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h

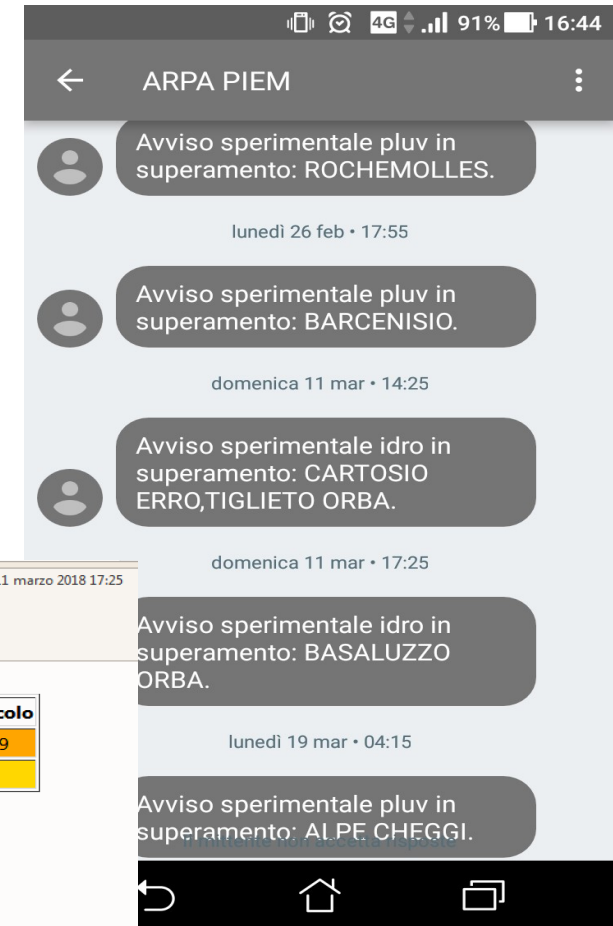


Avvisi automatici per operatori

Per superamenti sono compilati messaggi ed avviata una campagna di invio notifiche agli indirizzi di competenza. Il processo è completamente automatico. Gli eventi avviati del server WCM:

- invio mail di avviso
- invio SMS di avviso

I destinatari degli avvisi sono stati definiti in base al territorio di competenza (comunale, provinciale o regionale).



Avviso idro - Regione Piemonte 11 marzo 2018 17:25

Da: virtcsi-iris@arpa.piemonte.it

A:

TEST! Idrometri in superamento:

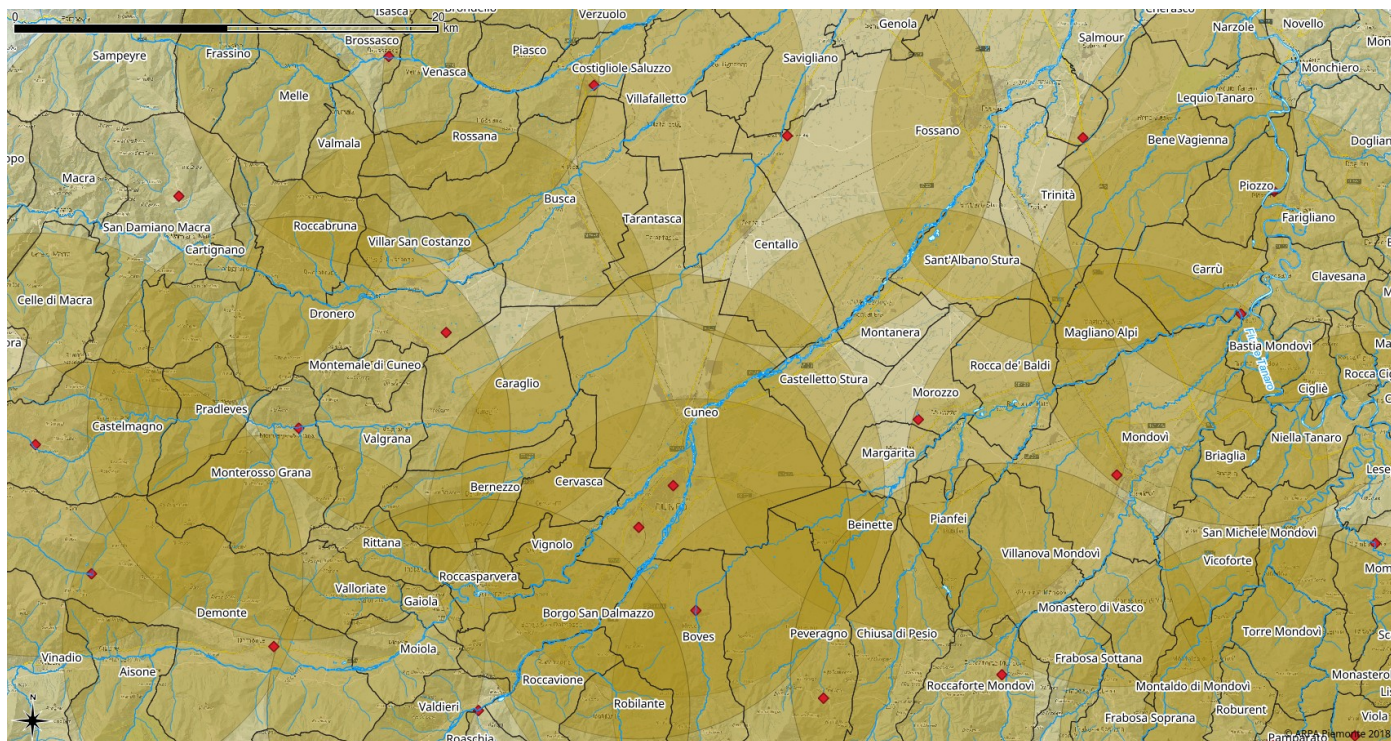
#	Stazione	Data-ora	Valore	Pre-soglia	Guardia	Pericolo
1	BASALUZZO ORBA	2018-03-11 16:00	2.1	1.8	2.1	2.9
2	PIANA CRIXIA BORMIDA	2018-03-11 16:00	3.05	3.0	4.0	-

Superamento soglia 1
Superamento soglia 2
Superamento soglia 3

Località in allerta:
[VAI ALLA MAPPA](#)

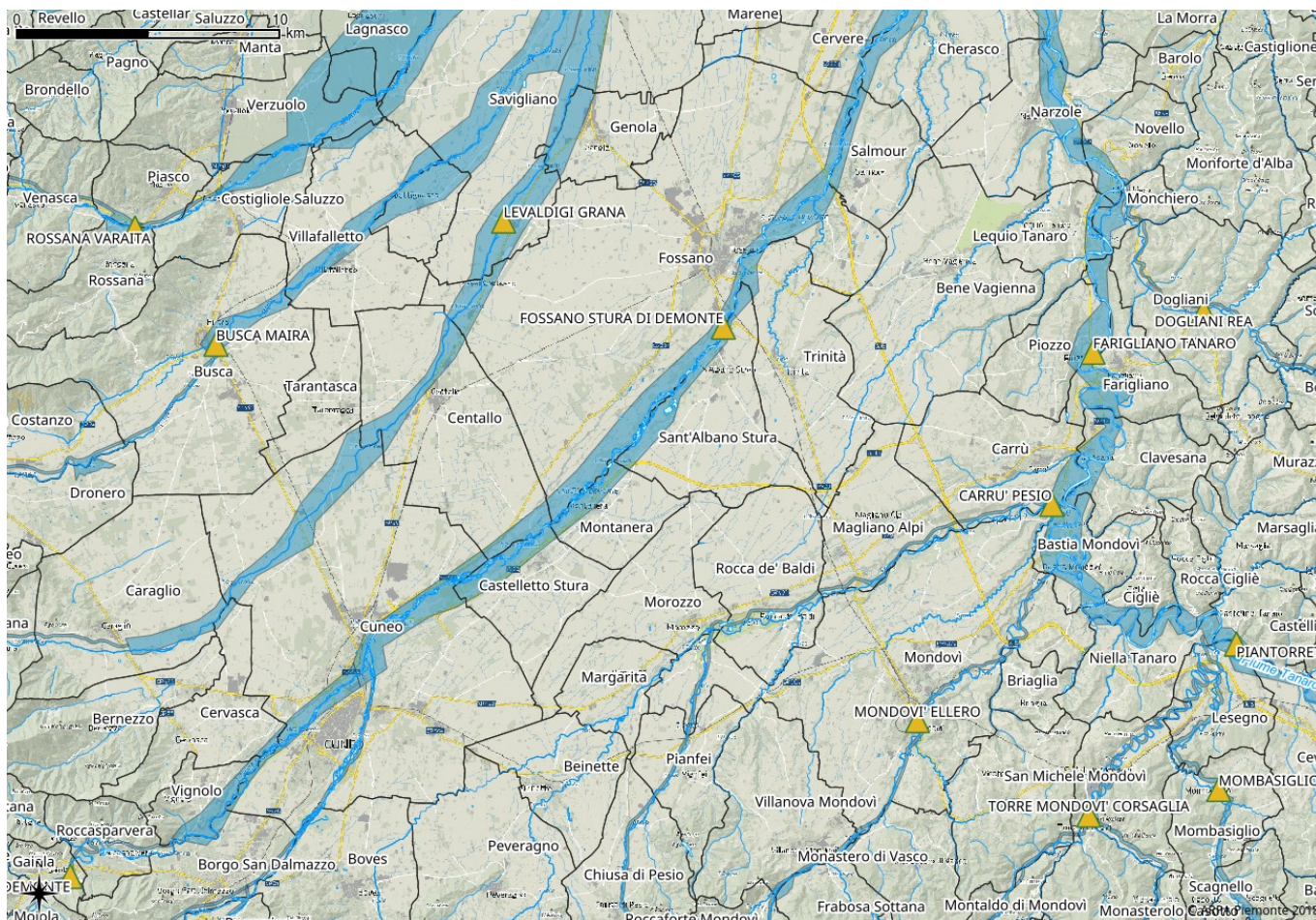
** la mail viene inviata solo al passaggio di 'stato' dell'idrometro da uno stato inferiore ad uno superiore. Lo stato si 'azzerà' non appena l'idrometro ritorna sotto la soglia **

AVVISI DI SUPERAMENTO SOGLIE IDROMETRICHE



- La ripartizione territorio in aree d'influenza per pluviometri è stata eseguita tramite **un buffer circolare attorno al sensore di 10 km** e per intersezione sono stati individuati i Comuni afferenti.
- Alla mail viene allegata la tabella di sintesi dei livelli pluviometrici, così come pubblicata sul servizio istituzionale in Rupart Piemonte (<http://www.rupartpiemonte.it/meteo/>)
- La permanenza del sensore nel medesimo stato non determina l'invio di ulteriori notifiche.

AVVISI DI SUPERAMENTO SOGLIE IDROMETRICHE



Per ogni corso d'acqua piemontese strumentato, sono stati individuati i Comuni che intersecano le relative fasce fluviali e lacustri definite nel Piano di Assetto Idrogeologico (PAI). A ciascun corso d'acqua sono stati associati uno o più idrometri con soglie definite (119 sensori).

Alla mail viene allegata la tabella di sintesi dei livelli idrometrici, così come pubblicata sul servizio istituzionale in RuparPiemonte

(<http://www.ruparpiemonte.it/meteo/>)

La permanenza del sensore nel medesimo stato non determina l'invio di ulteriori notifiche.

Early warnings

- Superamenti strumentali da idrometri e pluviometri
- Sistemi di rilevamento ed inseguimento automatici di temporali
- Diffusione multi-canale (Web, Twitter, App Android e iOS)

23:41 allertameteoPIE bot 3 novembre

#allertameteoPIE
0 pericoli nelle zone monitorate

Comuni monitorati 1/5 **GESTISCI**

Torino
0 Pericoli

Radar **MODIFICA** **RIMUOVI**

Intensità Tipologia Temporalità

22:35

Comune	Intensità	Tipologia	Temporali
A	---	---	---
B	---	---	---
C	---	---	---
D	---	---	---
E	---	---	---
F	---	---	---
G	---	---	---
H	---	---	---
I	---	---	---
L	---	---	---
M	---	---	---

Per maggiori informazioni https://www.arpa.piemonte.it/rischi_naturali/snippets_arpa/allerta/index.html

www.arpa.piemonte.it
Arpa Piemonte
Sito Ufficiale dell'Arpa Piemonte

Oggi Domani

Messaggio **Arpa**

Allerta Vigilanza Pien

Impostazioni Info



Tecnologia e cultura

William F. Ogburn è stato un sociologo statunitense, elaboratore della legge del ritardo culturale (cultural lag) all'interno della sua opera "Il cambiamento sociale rispetto alla cultura e alla natura originale", nel 1922. Ogburn suggeriva una distinzione tra due tipi di culture e i cambiamenti che si verificano all'interno di queste ultime:

una **cultura "non materiale"**, di cui fanno parte i cambiamenti che avvengono all'interno della sfera delle idee, della religione, dell'arte, dei costumi, degli ordinamenti sociali, della filosofia, etc;

una **cultura "materiale"**, di cui fanno parte i cambiamenti della tecnologia, degli oggetti e dei loro processi immediati di produzione e d'uso, etc.

*La differenza che si crea tra trasformazione della cultura materiale e reazione della cultura non materiale è detta **ritardo culturale**.*

Fill the gap

- Conoscenza
- Consapevolezza
- Capacità di valutazione e reazione (comportamenti appropriati)

IN CASO DI ALLUVIONE



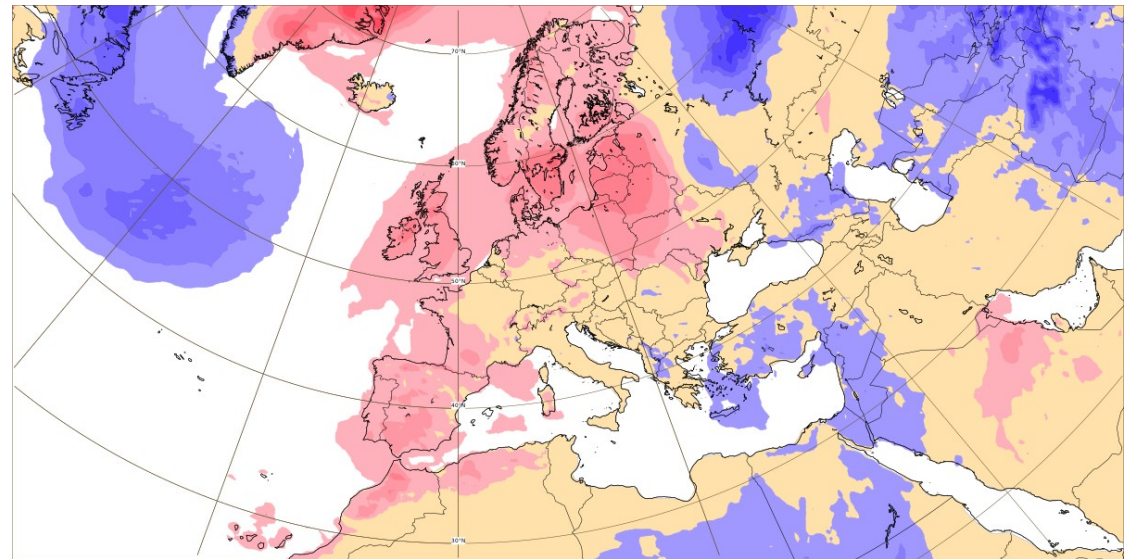
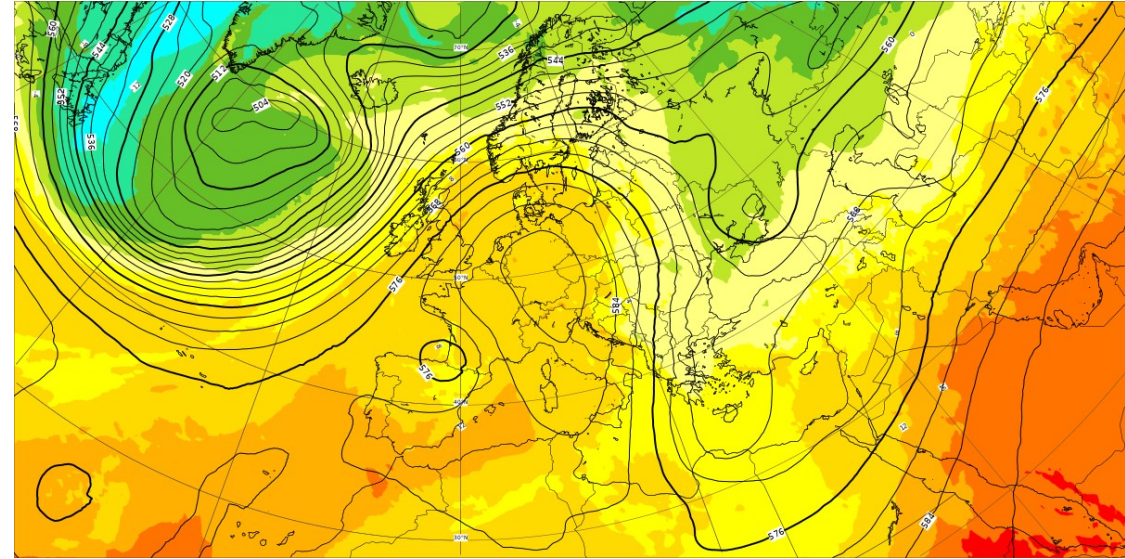
IN CASA		FUORI CASA		DOPO
 <p>Chiudi il gas, l'impianto di riscaldamento e quello elettrico. Evita la confusione e mantieni la calma</p>	 <p>Non scendere nelle cantine e nei garage per salvare oggetti o scorte. Non cercare di mettere in salvo la tua auto</p>	 <p>Evita l'uso dell'automobile se non necessario. Se sei in auto trova riparo nello stabile più vicino e sicuro</p>	 <p>Allontanati verso i luoghi più elevati e non andare mai verso il basso. Usa il telefono solo se necessario</p>	 <p>Raggiungere la zona sicura, presta la massima attenzione alle indicazioni fornite dalle autorità di Protezione Civile, attraverso radio, tv e automezzi ben identificabili della Protezione Civile</p>
 <p>Sali ai piani superiori senza usare l'ascensore. Aiuta i disabili del tuo edificio a mettersi al sicuro</p>	 <p>Non bere acqua del rubinetto di casa</p>	 <p>Evitare di transitare o sostare lungo gli argini o sopra i ponti. Fai attenzione ai sottopassi. Evita di passare sotto le scarpe naturali o artificiali</p>	 <p>Non ripararti solo gli alberi isolati. Se sei in gita o in escursione affidati a chi è del luogo</p>	 <p>Evita il contatto con le acque. Evita le zone dove vi sono ancora correnti in movimento. Fai attenzione alle zone dove l'acqua si è ritirata. Getta i cibi che sono stati a contatto con l'acqua dell'alluvione</p>



Take-home messages

- Miglioramento continuo della qualità' delle previsioni meteorologiche e idrologiche
- Nuove sfide (Machine Learning, Nowcasting, ensemble forecast)
- Incertezza intrinseca (caos deterministico)

Perché la meteorologia, aldilà dei modelli matematici, non è una scienza esatta, mentre l'alluvione, questa sì, come la matematica, non è un'opinione.



F. Monteverde, La Repubblica, 2014



“Non solo Dio gioca a dadi, ma
li getta dove non possono
essere visti”

Stephen William Hawking
8 January 1942 – 14 March 2018



De astronom – J. Vermeer (1668)

con il contributo di Fondazione Compagnia di San Paolo e in collaborazione con ANCI Piemonte

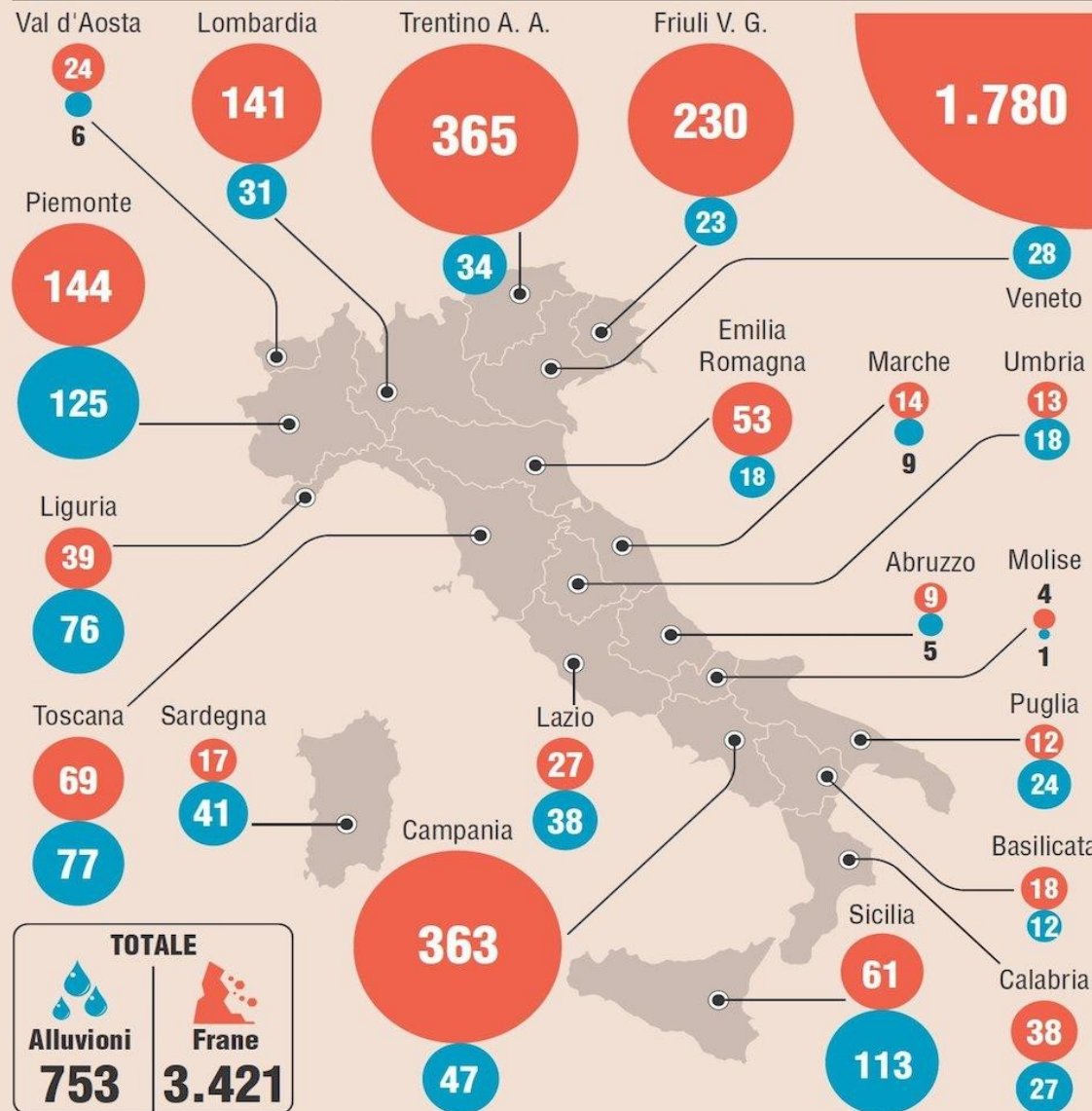




Morti per alluvioni e frane in Italia dal 1960 al 2012

Tutte le vittime

Tra l'1/1/1960 e il 13/11/2012 per alluvioni e frane



Fonte: Cnr-Irpi

ANSA centimetri

Fonte: Legambiente (Italia)

2018

2019

32

42

VITTIME

148

157

EVENTI ESTREMI

23

STOP INFRASTRUTTURE

66

ALLAGAMENTI

20

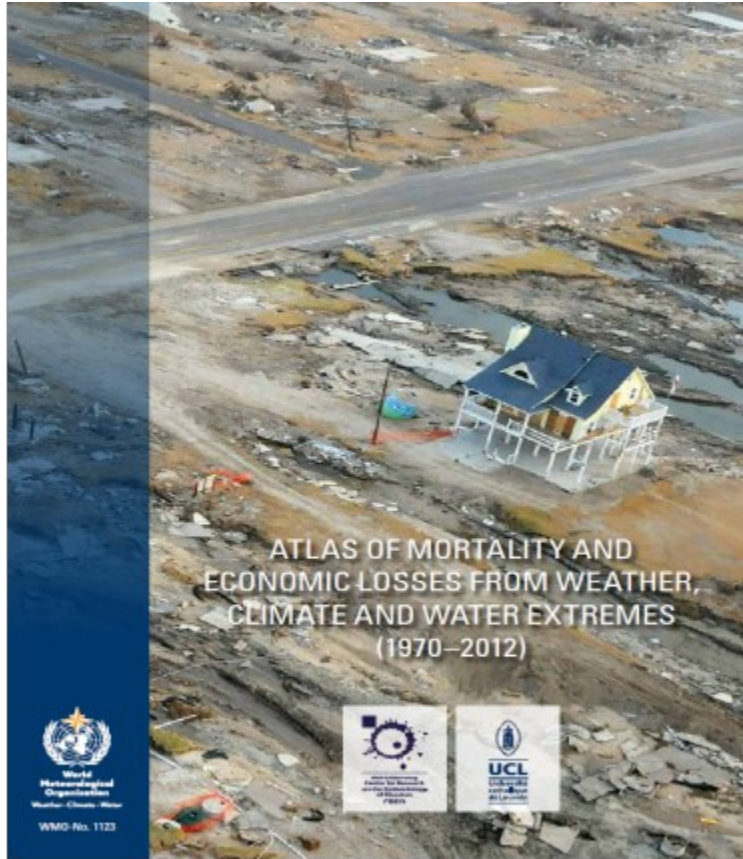
ESONDAZIONI FLUVIALI

41

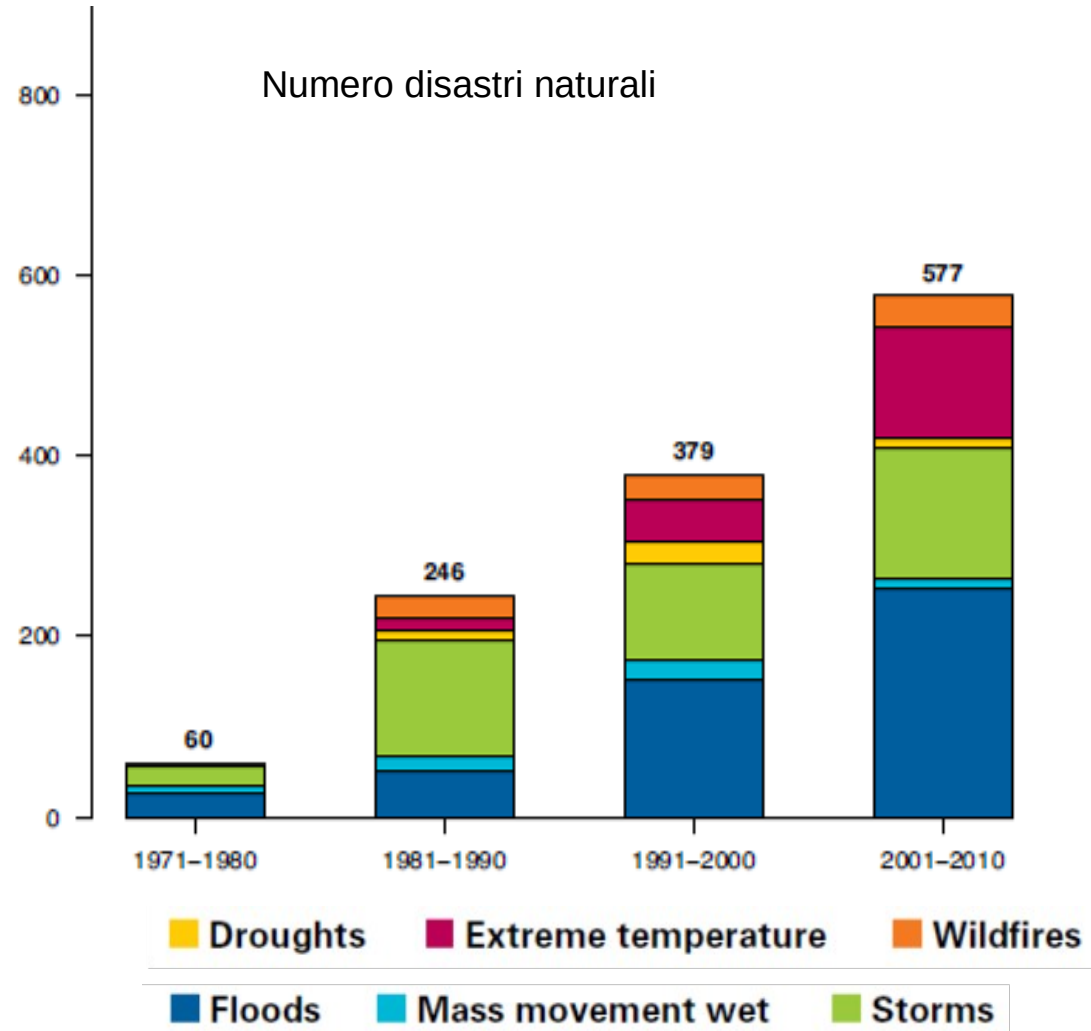
DANNI DA TROMBE D'ARIA



Catastrofi naturali



WMO - Atlante della mortalità e delle perdite economiche dovute al clima 1970-2012

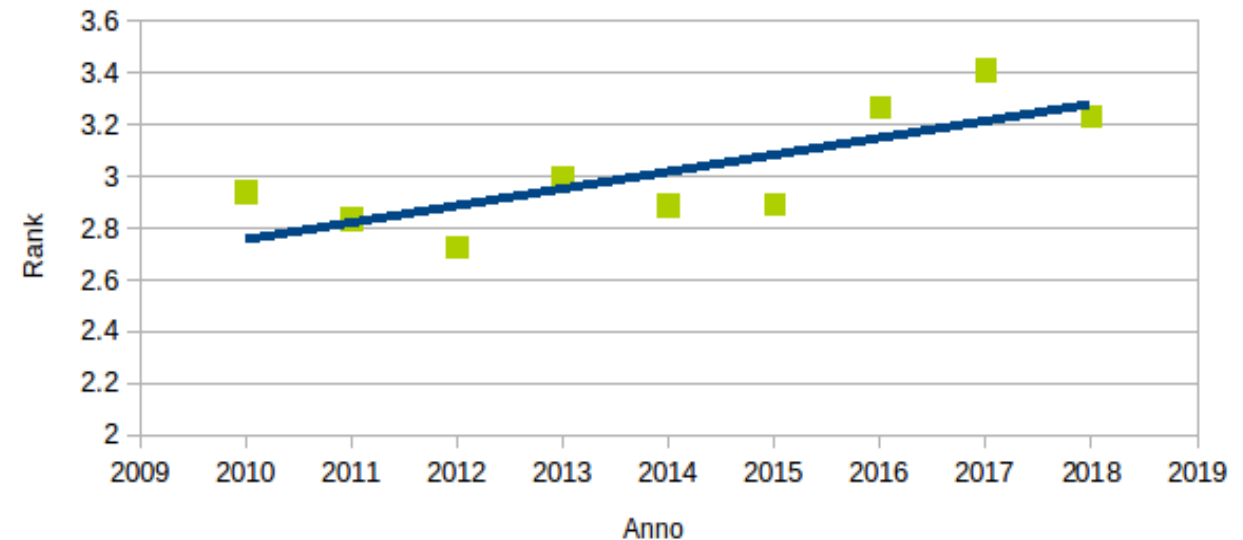


Piogge intense e temporali in Piemonte: cambiamenti in atto?

Periodo	Precipitazione media annua (mm)	Giorni piovosi
1971-2000	885	75
2001-2016	951	78

Severita' dei temporali (1-5)

2010-2018





ATTUALITA'



TWITTER

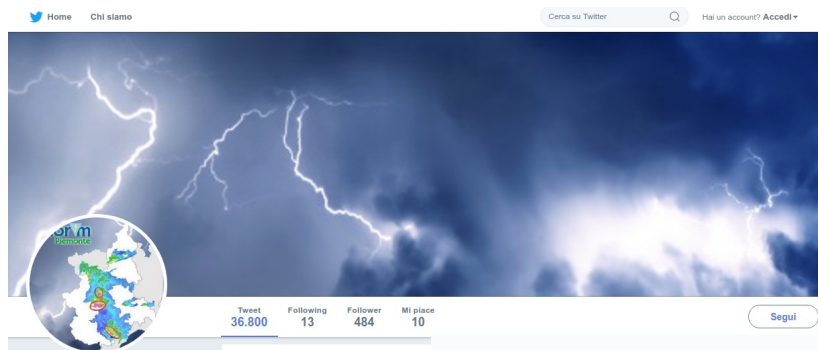


Canale twitter con avvisi automatici per temporali forti

Osservazioni radar in tempo reale con aggiornamento ogni 5 minuti

Follower: ~ 600

Visualizzazioni (2020): ~ 414k



Storm Piemonte
@pweatheradar

Segnalazione sperimentale automatica temporali forti (Italia nordoccidentale). Si declina ogni responsabilità. Weather radar, severe storms, hail, tornado

Torino, Italia

Iscrizione a gennaio 2013

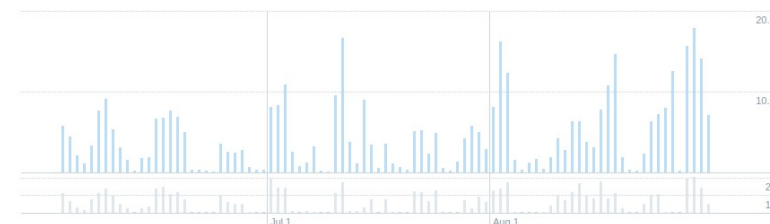
Foto e video

ora	tempo
L-1	23:20
L-2	23:15
L-3	23:10
L-4	23:05
L-5	23:00
L-6	22:55
L-7	22:50
L-8	22:45
L-9	22:40
L-10	22:35
L-11	22:30
L-12	22:25
L-13	22:20
L-14	22:15
L-15	22:10
L-16	22:05
L-17	22:00
L-18	21:55
L-19	21:50
L-20	21:45

Tweet | Tweet e risposte | Cont

- Storm Piemonte @pweatheradar · 24 ago 08:25 UTC #temporale forte a Men...
- Storm Piemonte @pweatheradar · 15 ago 09:20 UTC #temporale forte a Bese...
- Storm Piemonte @pweatheradar · 14 ago 10:40 UTC #temporale forte a Noce...
- Storm Piemonte @pweatheradar · 11 ago 16:15 UTC #temporale forte a Cast...

I tuoi Tweet hanno guadagnato 413.9K visualizzazioni in questo periodo di 91 giorni



I TUOI TWEET
In 91 giorni, hai guadagnato 4.5K visualizzazioni al giorno.

Tweet	Tweet più popolari	Tweet e risposte	Sponsorizzato	Visualizzazioni	Interazioni	Tasso di interazione
	Storm Piemonte @pweatheradar · 28 ago 14:05 UTC #temporale forte a Pianova D'Asti(AT) Padenghe Sul Garda(BS) Brissago-Valtravaglia(VA)	Visualizza attività Tweet		1.724	45	2,6%
	Storm Piemonte @pweatheradar · 11 lug 11:50 UTC #temporale forte a Locate Varesino(CO) Alpes-Maritimes(F) Garesio(CN)	Visualizza attività Tweet		1.658	30	1,8%
	Storm Piemonte @pweatheradar · 30 ago 11:10 UTC #temporale forte a Bergamo(BG)	Visualizza attività Tweet		1.549	36	2,3%
	Storm Piemonte @pweatheradar · 17 giu 14:35 UTC #temporale forte a Rodello(CN) Ronzone(Al)	Visualizza attività Tweet		1.486	34	2,3%

Interazioni
Visualizzazione di 91 giorni con frequenza giornaliera

Tasso di interazione
0.7%

0.4% tasso di interazione

Clic sul link
0

In media hai guadagnato 0 clic sul link al giorno

