

Genova, 22 maggio 2013

## **Simulare conviene!**

*I modelli ambientali strumento di previsione e pianificazione*

### La modellistica idrologica di piena in Liguria: configurazioni probabilistiche operative

- La previsione delle piene in Liguria
  - Il modello DRiFt
  - Le catene modellistiche: dall'approccio deterministico a quello probabilistico
  - RainFARM
  - Applicazioni e visualizzazione dei risultati
- L'evento del 25 Ottobre 2011 (5 terre e bacino del Magra)
- L'evento del 4 Novembre 2011 (Genova)
- Conclusioni e prospettive



*Ing. Andrea Cavallo – ARPA Liguria*  
Centro Funzionale Meteo Idrologico  
di Protezione Civile della Regione Liguria



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Il modello DRiFt (Discharge River Forecast)

DRiFt (*Giannoni et al., 2000, 2005*) è un modello di piena, basato su una struttura a serbatoio lineare, semidistribuito (input distribuito, output concentrato), a scala di evento.

E' ottimizzato per bacini con dimensioni spaziali ridotte, la cui parte montana risulta preponderante nei processi di formazione della piena rispetto alla parte valliva

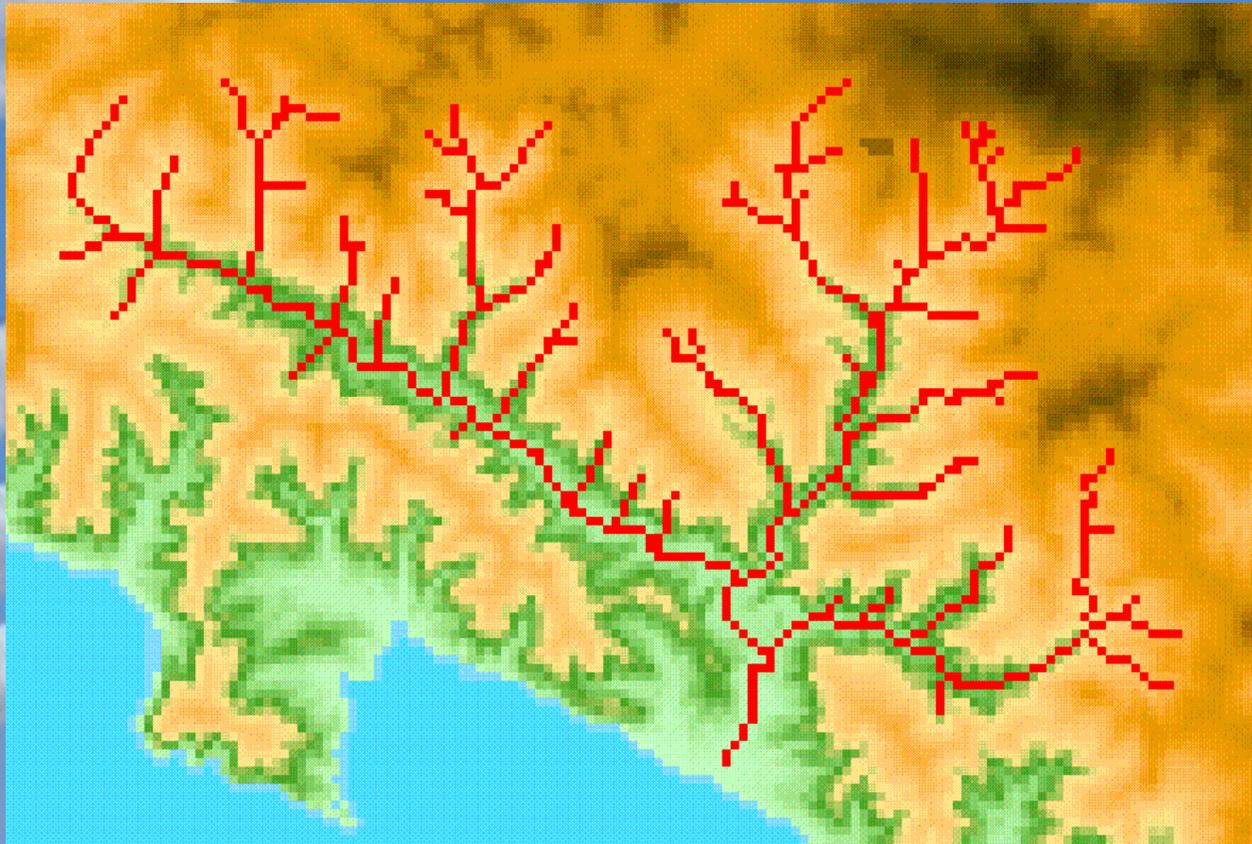
Il modello ha 5 parametri: 2 di tipo morfologico per individuare della rete di drenaggio e la distinzione canali-versanti; 2 di tipo cinematico (velocità in canale e velocità in versante), ed uno di tipo fisico (stato di umidità del terreno ad inizio run)

# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Il modello DRiFt (Discharge River Forecast)

Il modello è costituito da tre moduli distinti:

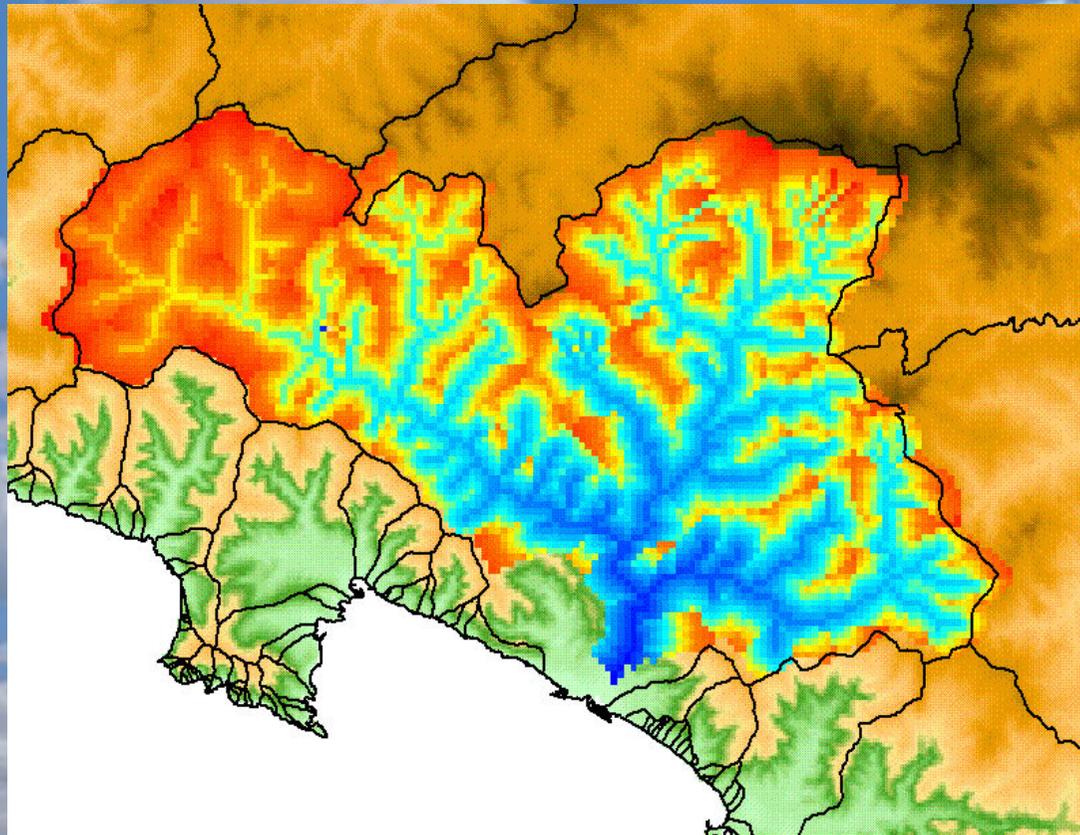
1. individuazione della rete di drenaggio



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Il modello DRiFt (Discharge River Forecast)

Il modello è costituito da tre moduli distinti:  
2. determinazione dei tempi di corrivazione;



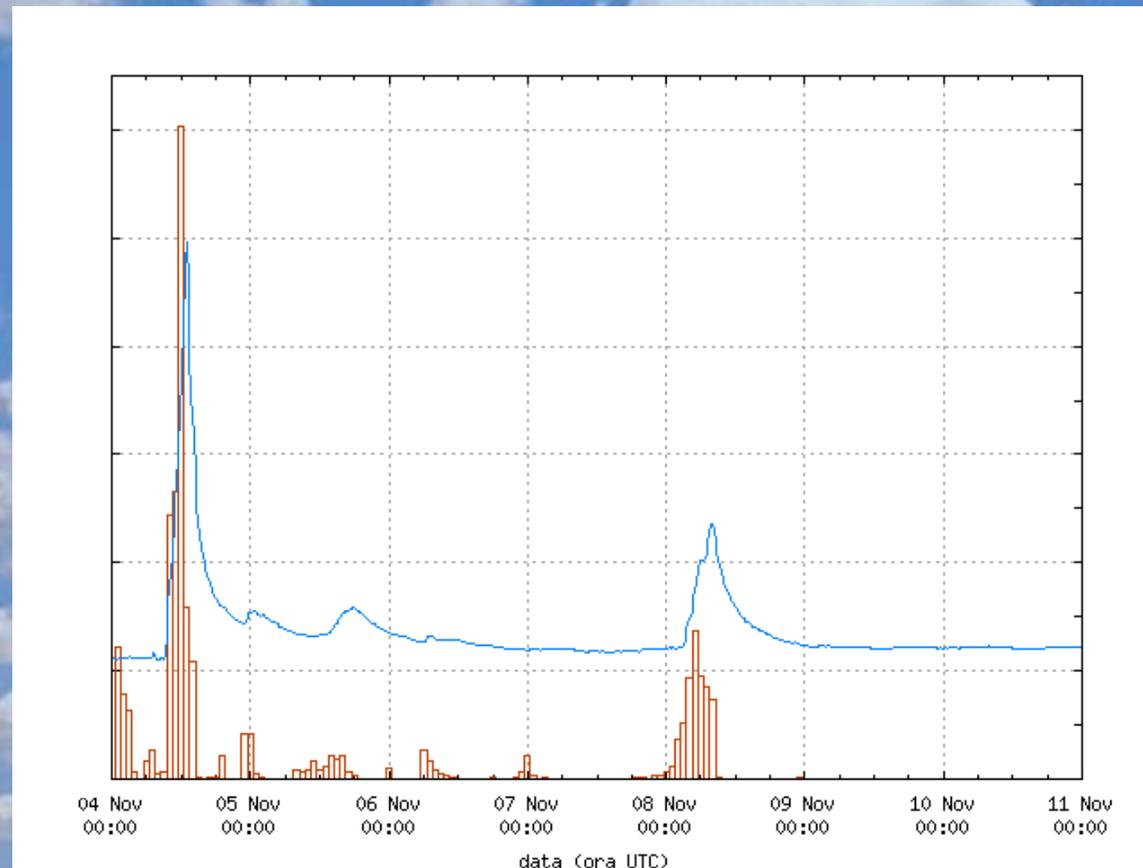
L'IUH (idrogramma istantaneo unitario) è calcolato sommando il contributo di ogni cella, alla quale è associato un tempo di corrivazione calcolato come somma dei tempi trascorsi dal ruscellamento prodotto in quella cella rispettivamente sul versante e nel canale lungo il tragitto che lo collega alla sezione di chiusura.

# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Il modello DRiFt (Discharge River Forecast)

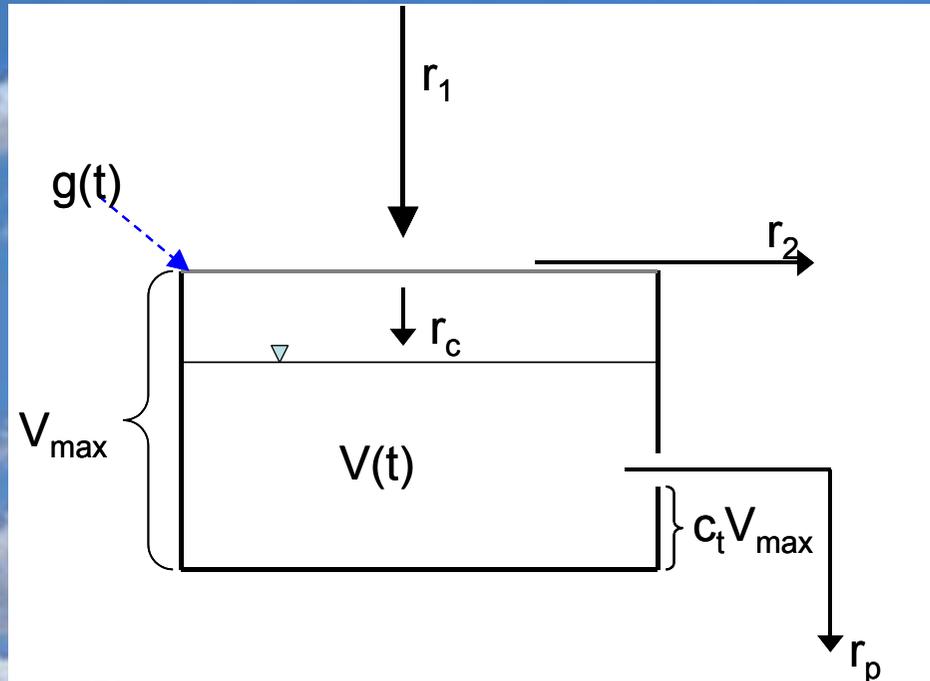
Il modello è costituito da tre moduli distinti:

3. calcolo dell'idrogramma di piena attraverso la convoluzione dell'idrogramma unitario istantaneo.



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Il modello DRiFt (Discharge River Forecast)



- $r_1$ : precipitazione
- $r_2$ : ruscellamento
- $r_c$ : infiltrazione
- $r_p$ : percolazione
- $V_{\max}$ : massimo volume infiltrabile
- $c_t V_{\max}$ : capacità di campo
- $g(t)$ : funzione di filtro

$$g(t) = f_0 - (f_0 - f_1) \frac{V(t)}{V_{\max}}$$

$f_0$  capacità di infiltrazione in condizioni secche

$f_1$  capacità di infiltrazione in condizioni sature

$$f_1 = c_f f_0$$

# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Il modello DRiFt (Discharge River Forecast)

L'inizializzazione del modello è eseguita ad ogni run, con 4 passi:

1. Determinazione delle piogge antecedenti, a step giornaliero, per i precedenti 40 giorni;
2. Pesatura delle piogge precedenti (le più "antiche" pesano via via di meno);
3. Sommatoria delle piogge pesate e loro interpolazione spaziale;
4. Determinazione del grado di saturazione iniziale, tenuto conto che, nel frattempo, l'acqua si è anche propagata verso valle (moto subsuperficiale), e tenuta conto la stagione dell'anno.

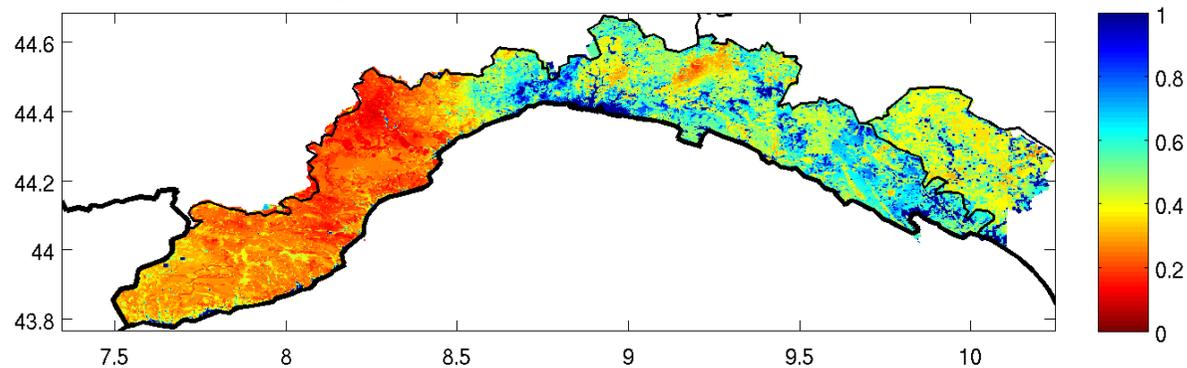
# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Il modello DRiFt (Discharge River Forecast)

La procedura di inizializzazione del modello crea una matrice del grado di saturazione.

Per i run del giorno X, la procedura considera le piogge fino al giorno [X-2], dopodichè vengono direttamente utilizzate le piogge osservate, con 48 ore di *start-up* (in tutte le chiusure, per  $t=0$  vale  $Q=0$ )

20130107- Mappa di grado di saturazione del suolo per inizializzazione DRIFT

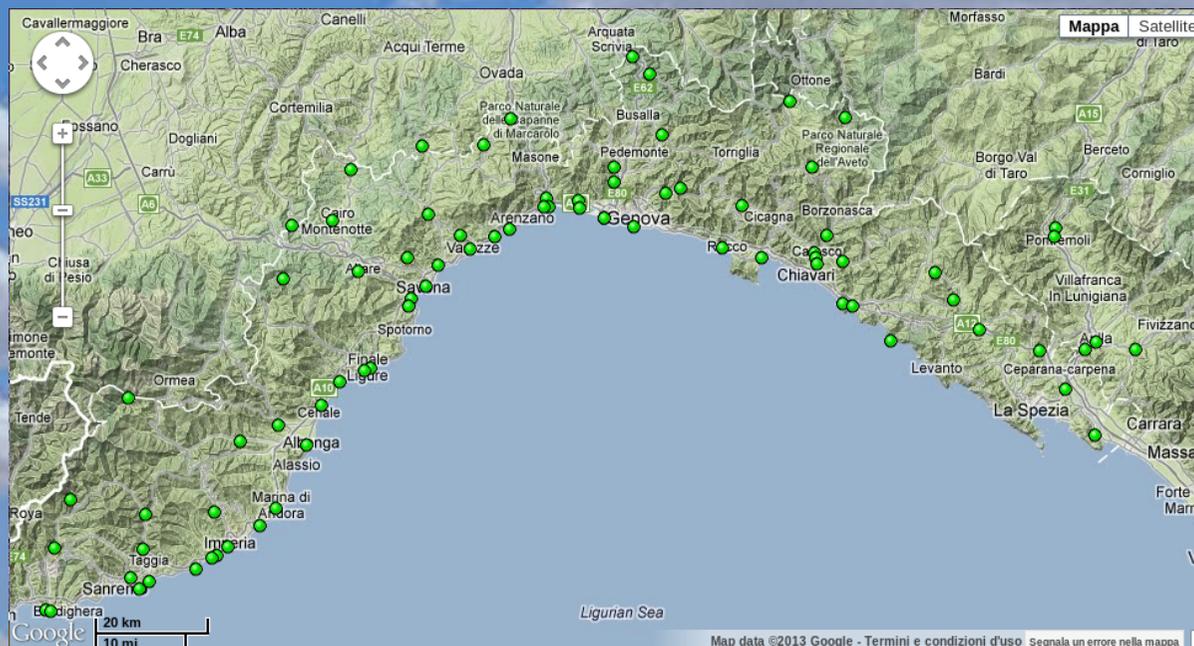


# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Il modello DRiFt (Discharge River Forecast)

Con questa schematizzazione, DRiFt "tende" verso un modello continuo (non lo è: mancano completamente l'evapotraspirazione, il deflusso profondo...).

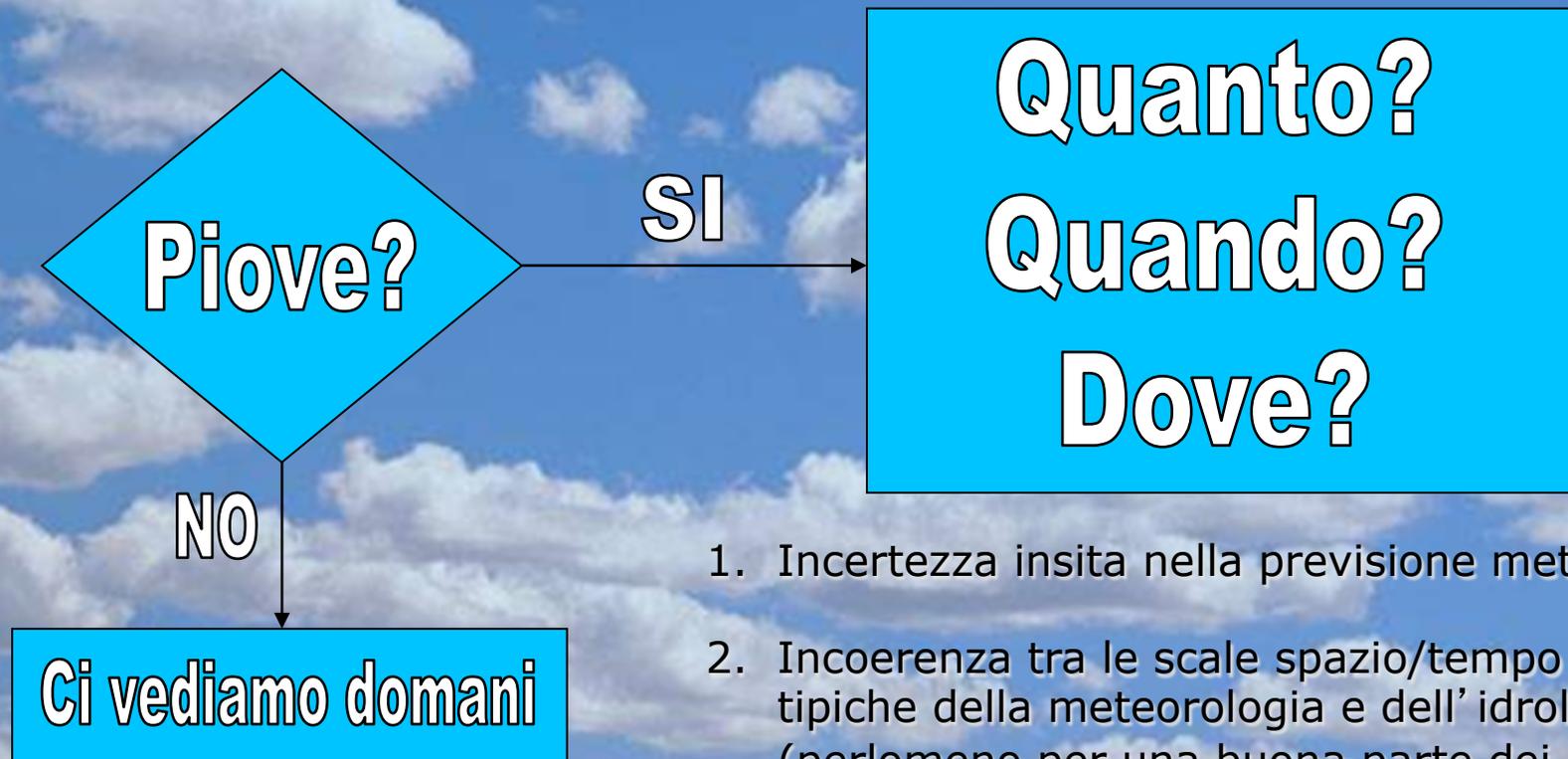
Al momento si può comunque definire un modello *multi-evento*, nel senso che è applicabile su finestre temporali fino a circa 5-7 giorni. I run operativi sono fatti su 81 sezioni di chiusura.



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

Le catene modellistiche: dall' approccio deterministico a quello probabilistico

Che cosa vuole (vorrebbe...) un idrologo ???

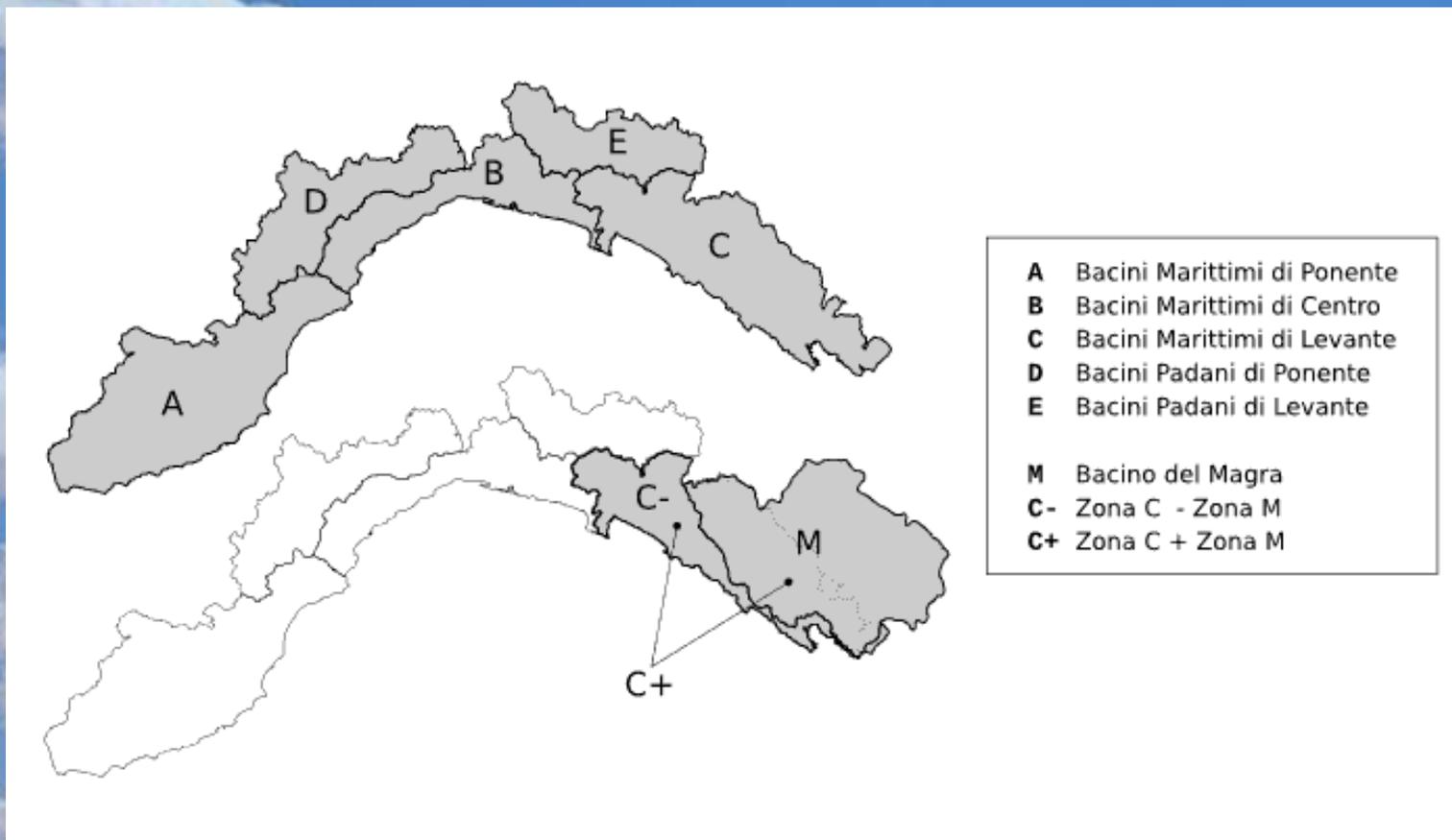


1. Incertezza insita nella previsione meteo
2. Incoerenza tra le scale spazio/tempo tipiche della meteorologia e dell' idrologia (perlomeno per una buona parte dei bacini liguri)

# La modellistica idrologica di piena in Liguria

Le catene modellistiche: dall' approccio deterministico a quello probabilistico

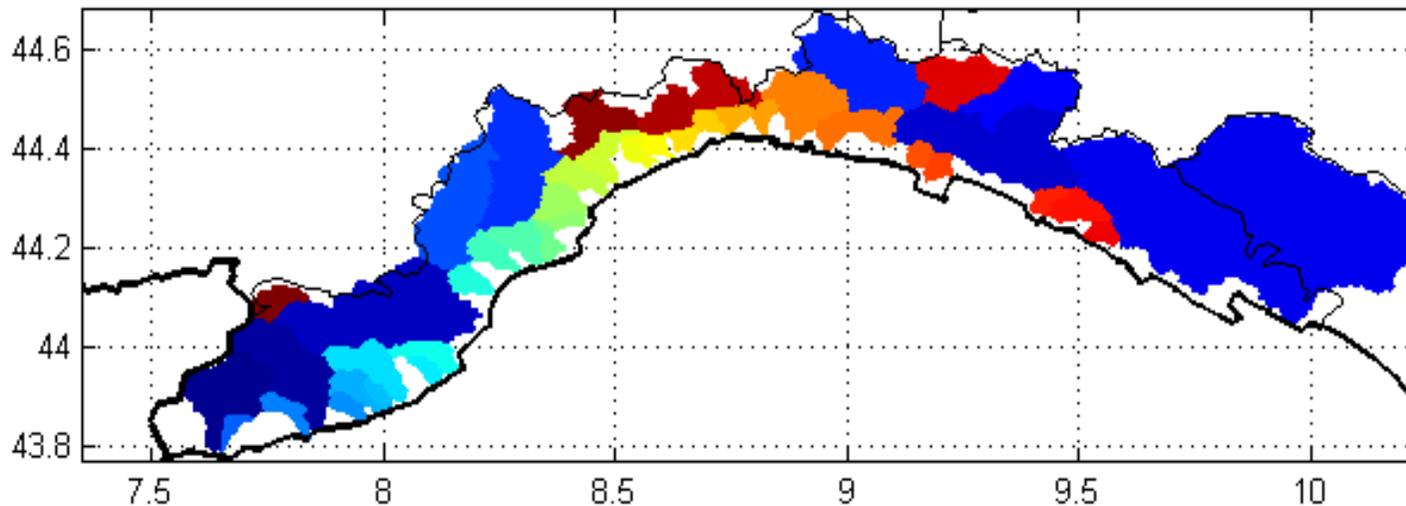
## Le zone di allertamento in Liguria



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

Le catene modellistiche: dall' approccio deterministico a quello probabilistico

## I "grandi" bacini ( $A > 15 \text{ km}^2$ ) in Liguria

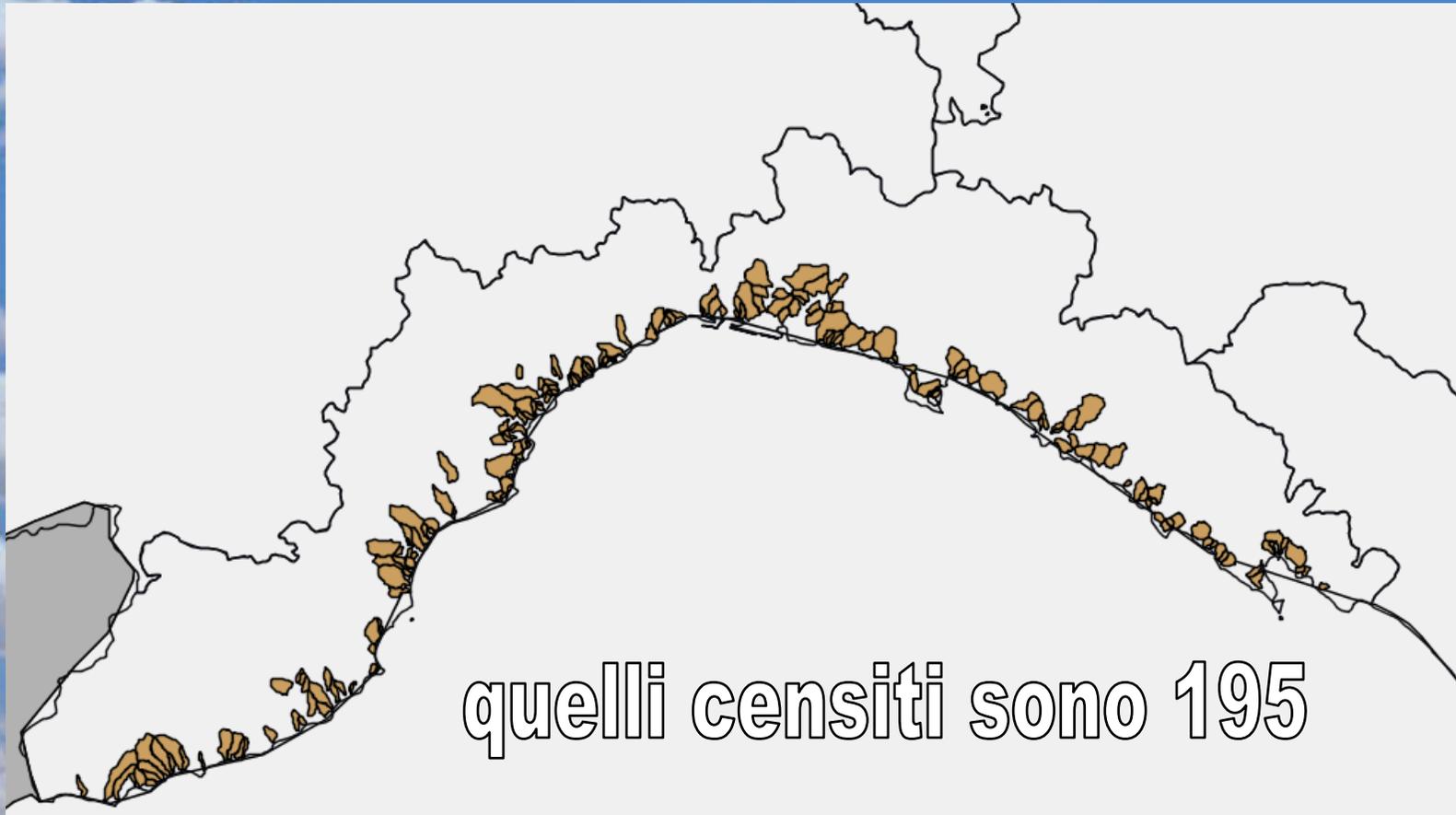


43 chiusure (foci a mare + torrenti chiusi al confine regionale)

# La modellistica idrologica di piena in Liguria

Le catene modellistiche: dall' approccio deterministico a quello probabilistico

I piccoli bacini ( $1 \text{ km}^2 < A < 15 \text{ km}^2$ ) in Liguria



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

Le catene modellistiche: dall' approccio deterministico a quello probabilistico

**Quanto?**  
**Quando?**  
**Dove?**

Per quanto precisa al massimo delle possibilità (umane e modellistiche), la risposta a queste domande, utilizzando la previsione meteo DETERMINISTICA non arriva comunque a discriminare il singolo bacino in un territorio come quello ligure

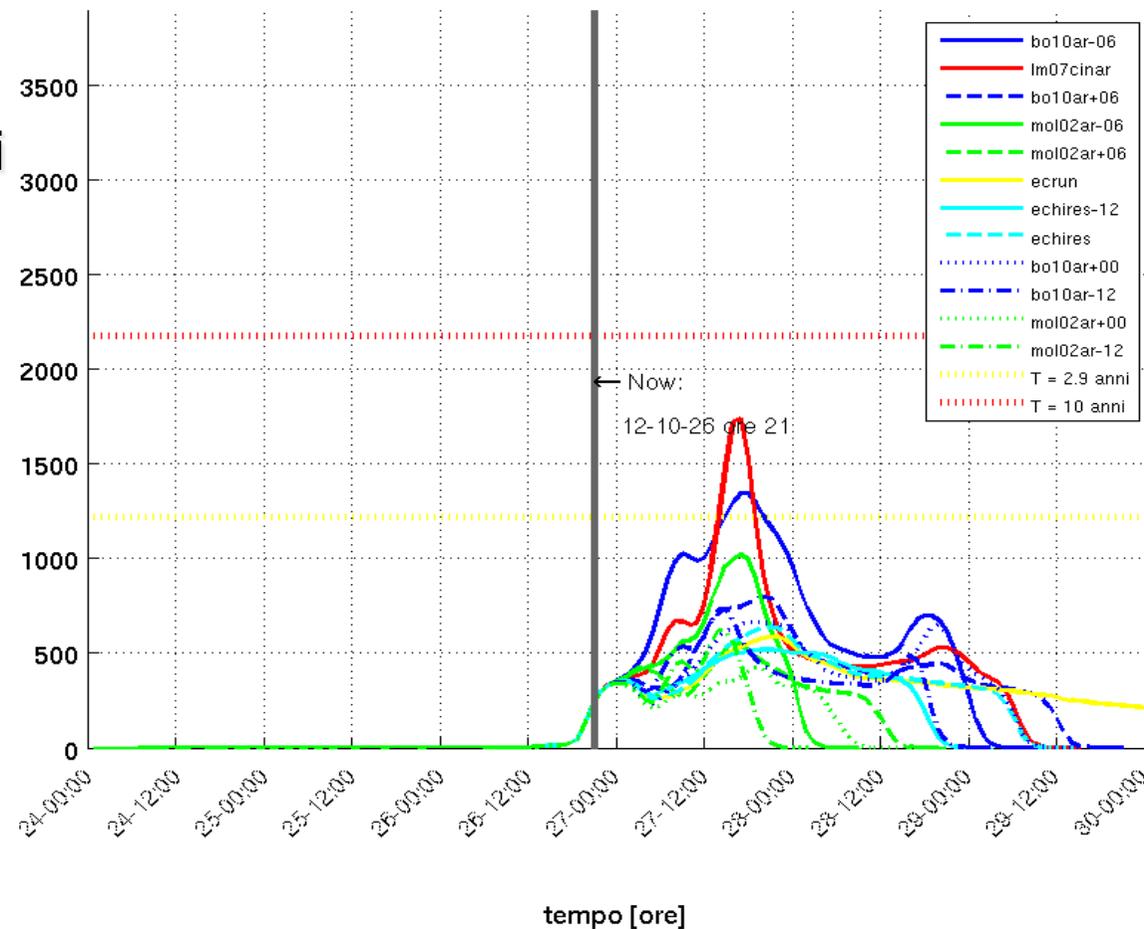
# La modellistica idrologica di piena in Liguria

Le catene modellistiche: dall'approccio deterministico a quello probabilistico

Per l'approccio "deterministico" sono usati i campi di precipitazione dei modelli disponibili (in tutto 12 corse),  $Q$  [ $m^3/s$ ] facendone un *multi-model ensemble*

Questa catena gira ogni 3 ore

Run deterministico su: PCOLOM del 201210262100



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

Approccio probabilistico: RainFARM

Approccio probabilistico si concretizza attraverso il downscaling dell'informazione meteo alla scala spazio/tempo tipica dell'idrologia ligure: *RainFARM* (*Rainfall Filtered AutoRegressive Model*)

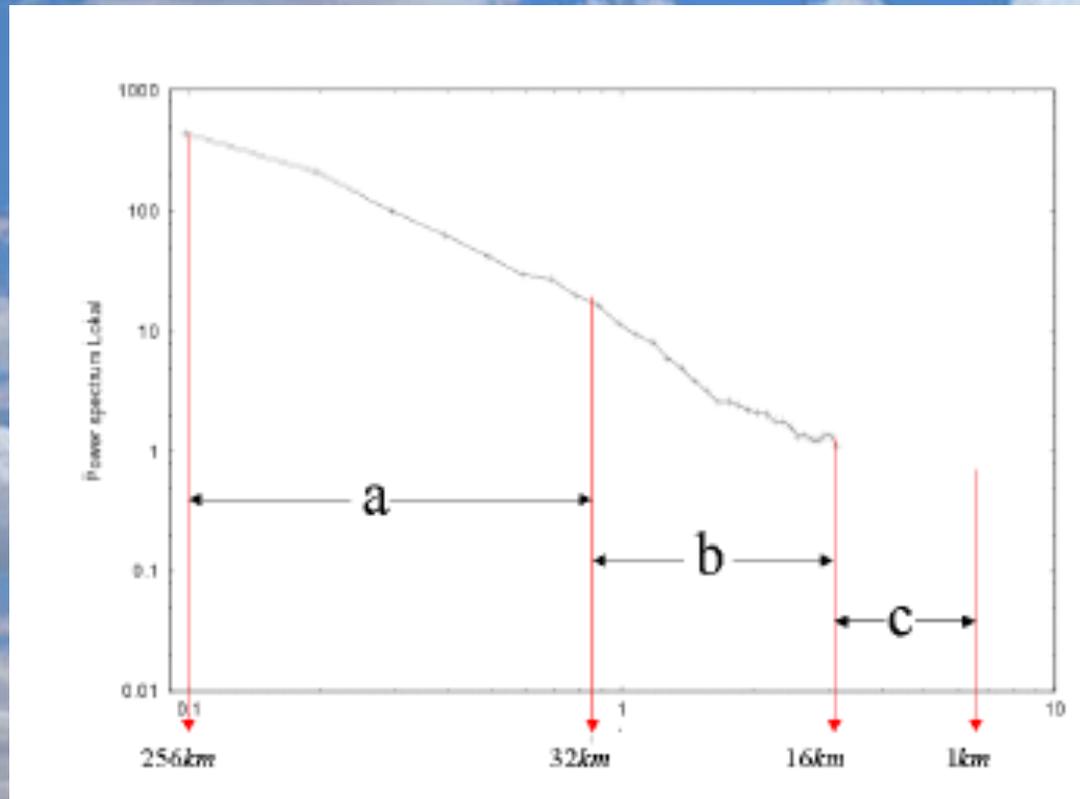
Sviluppato da Fondazione CIMA, è un modello stocastico di disaggregazione che:

- 1. Riproduce le caratteristiche dei campi di pioggia osservati a piccola scala (da radar);*
- 2. E' legato in modo semplice alle caratteristiche del campo di pioggia a larga scala, che si assume ben risolto dai modelli meteo*

# La modellistica idrologica di piena in Liguria

Approccio probabilistico: RainFARM

E' un algoritmo il cui scopo è del tutto analogo a quello dell'EPS in campo meteo → tende a quantificare l'incertezza.



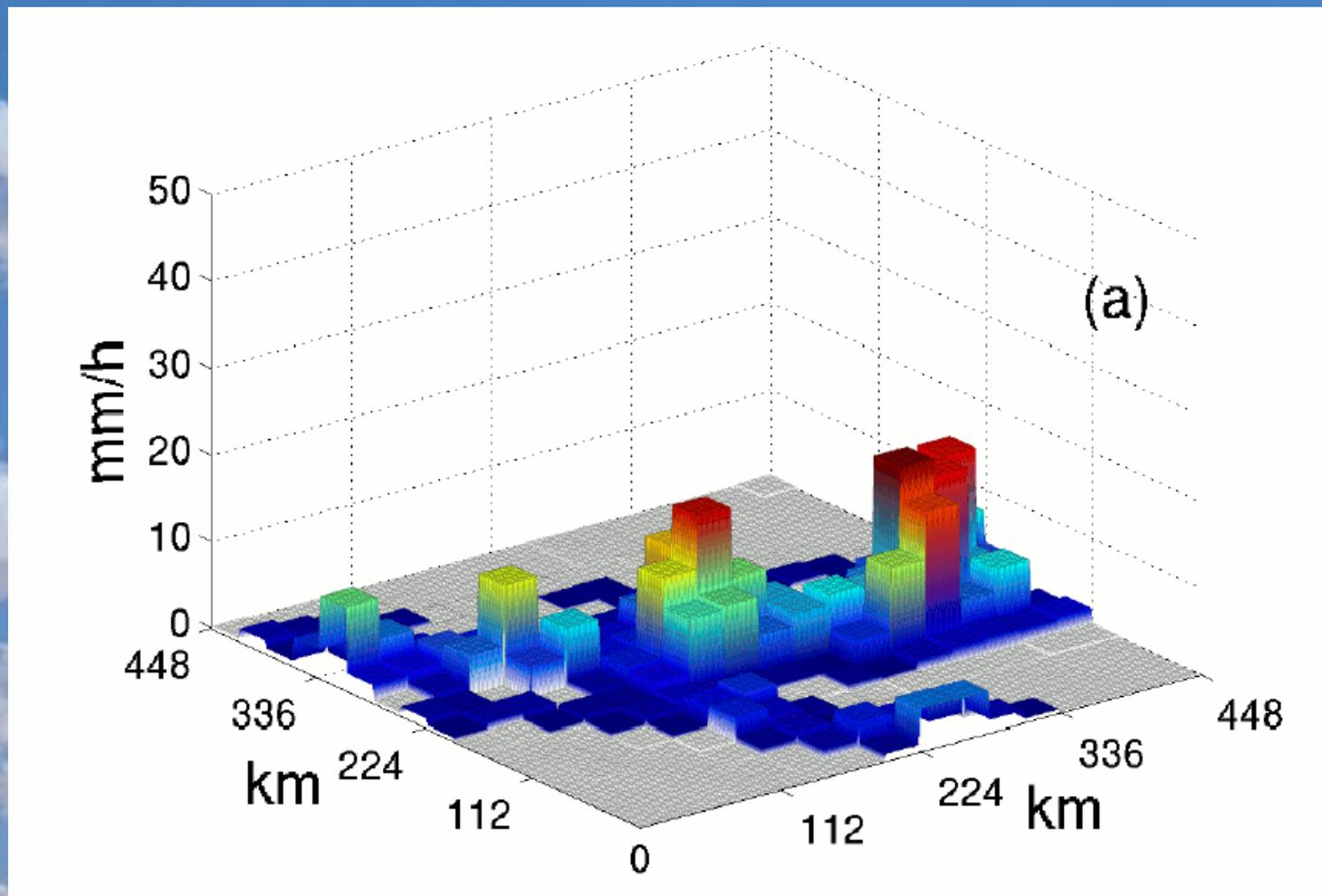
a: scale (spazio/tempo) risolte dai modelli meteo in modo affidabile

b: scale (spazio/tempo) risolte dai modelli meteo in modo "meno" affidabile

c: scale modellate da RainFARM

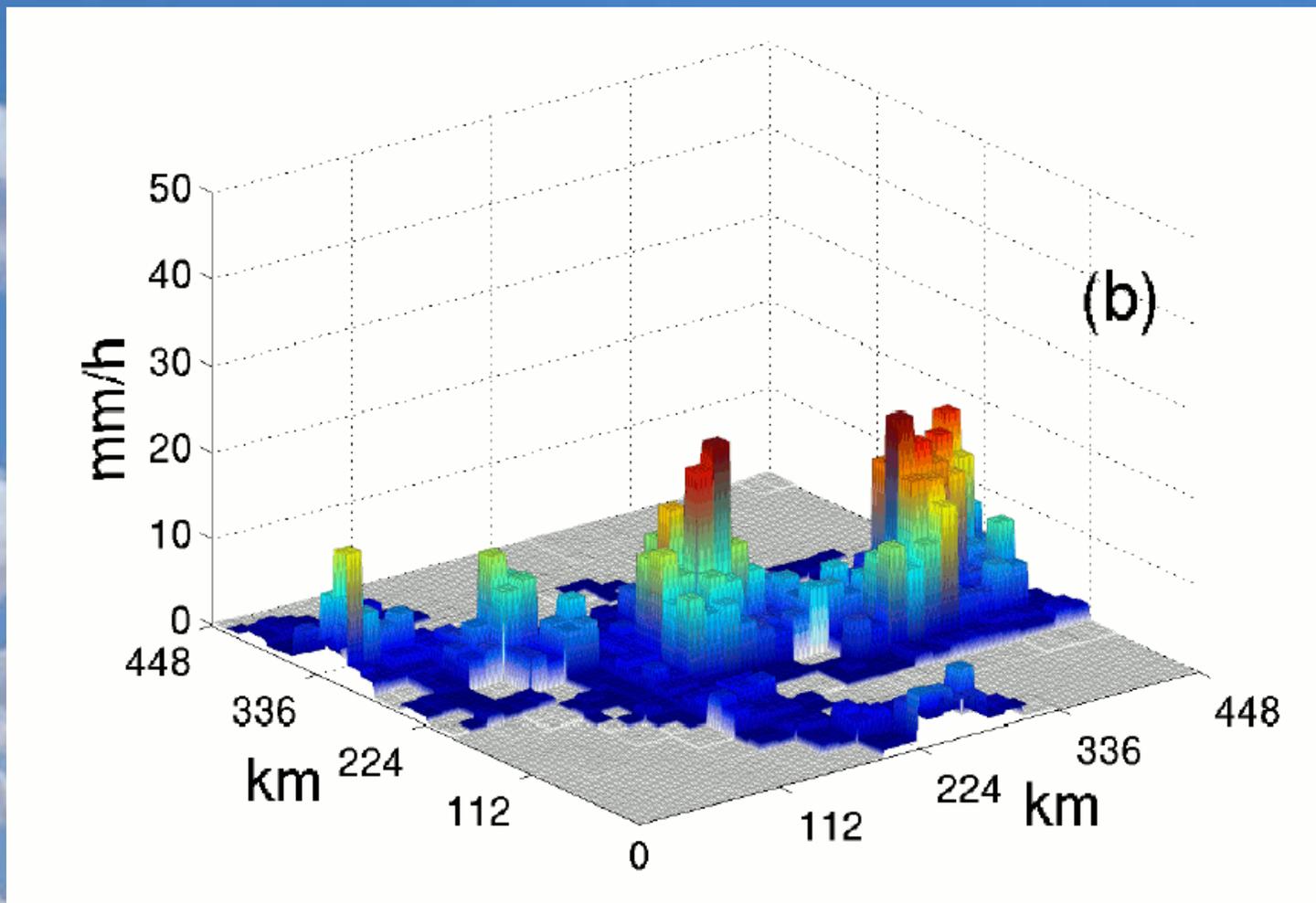
# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Approccio probabilistico: RainFARM



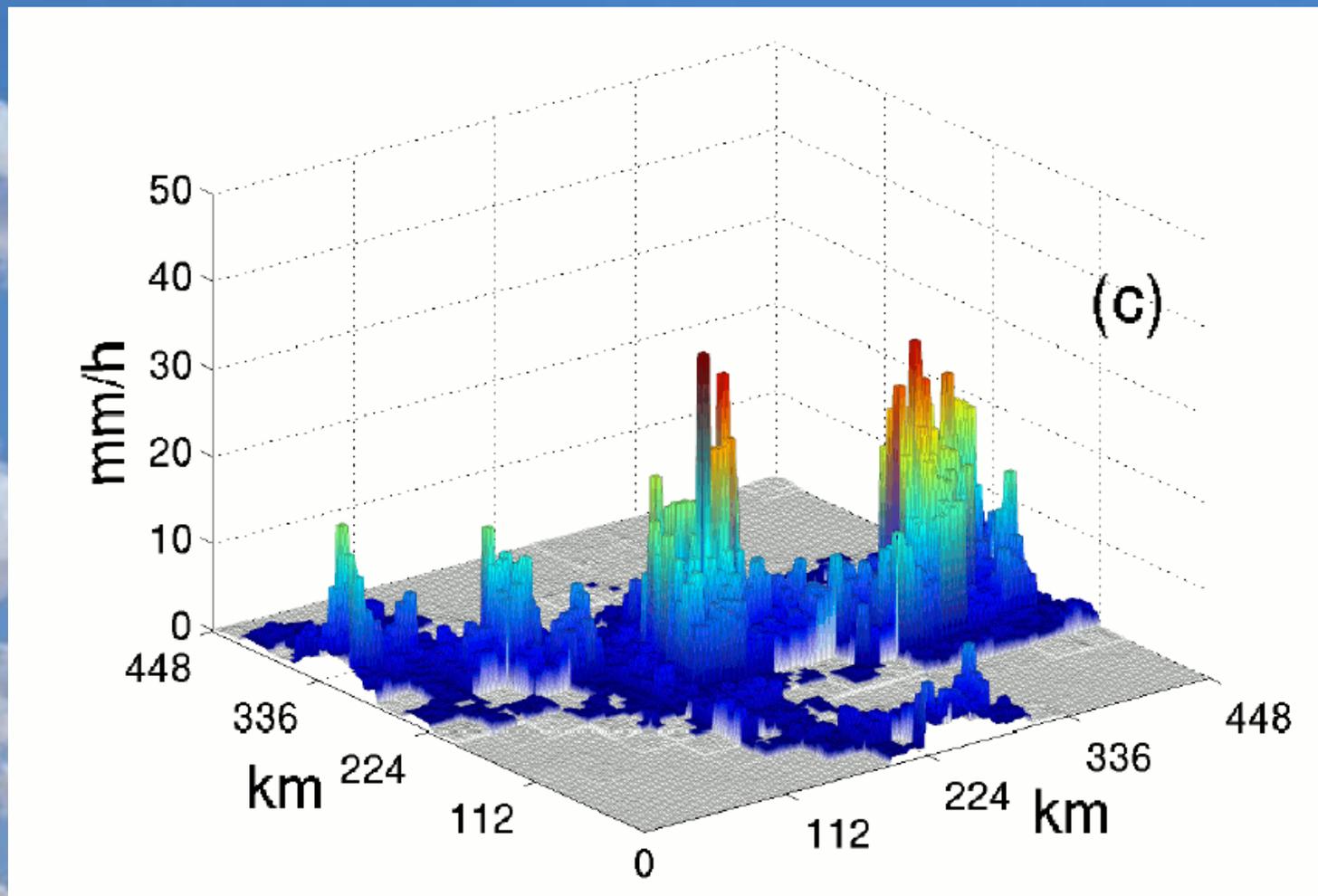
# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Approccio probabilistico: RainFARM



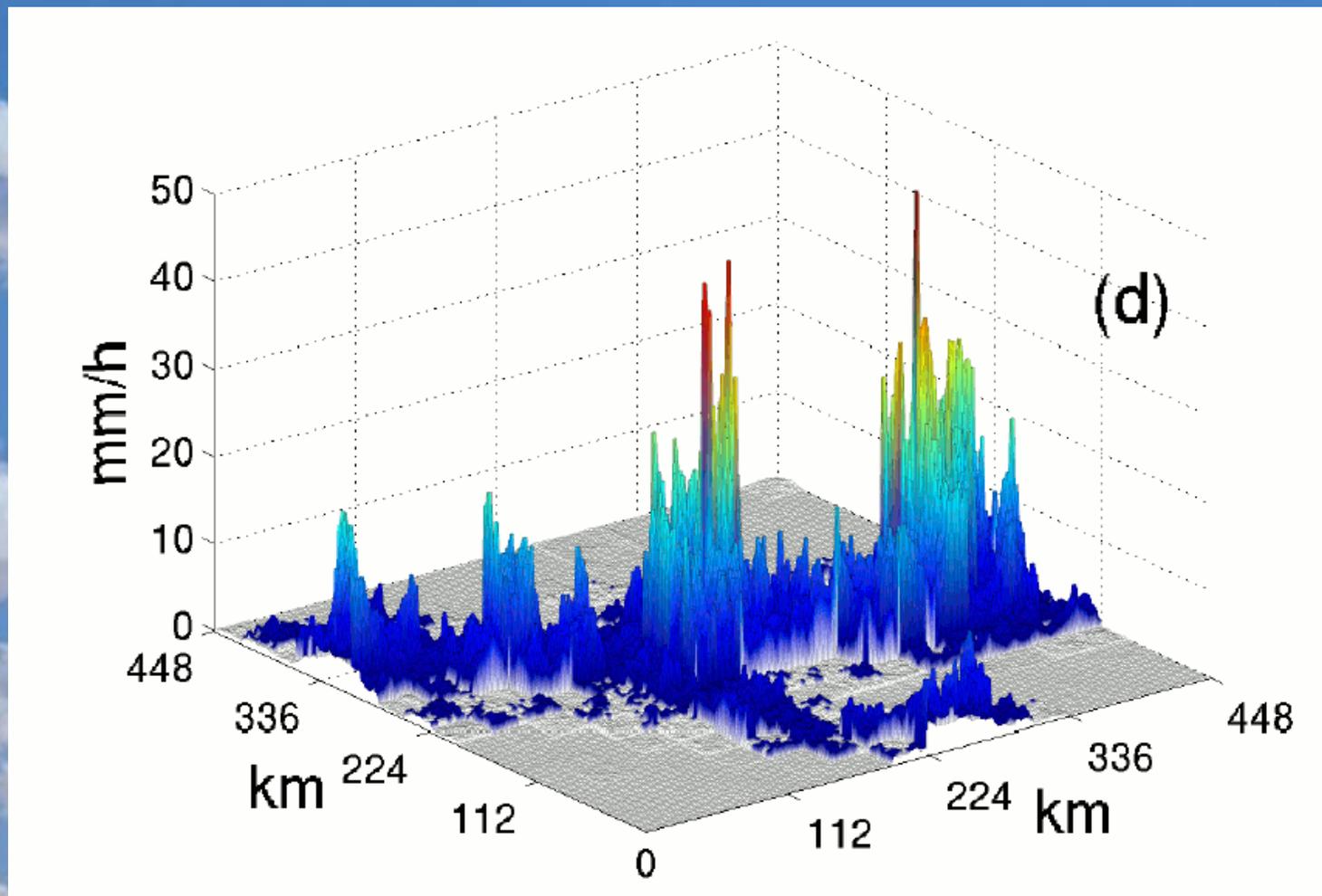
# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Approccio probabilistico: RainFARM



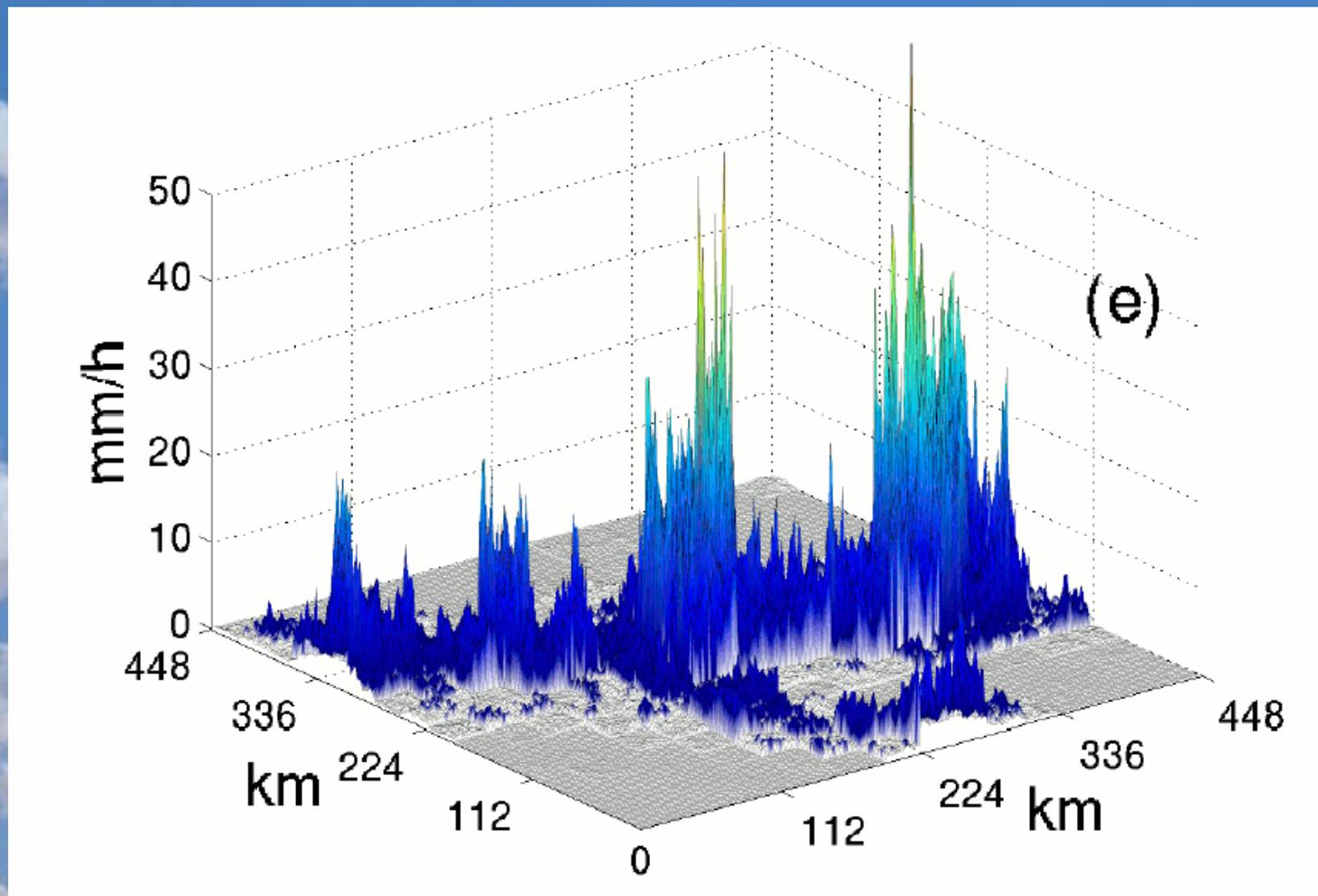
# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Approccio probabilistico: RainFARM



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Approccio probabilistico: RainFARM



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Visualizzazione di risultati

Per ognuna delle 81 sezioni di chiusura sono disponibili operativamente 40 run disaggregati che forniscono 40 idrogrammi di piena "equiprobabili"

Per ognuna delle 81 sezioni di chiusura sono disponibili operativamente 40 run disaggregati che forniscono 40 idrogrammi di piena "equiprobabili"

RainFARM è applicato sia ai singoli modelli, sia alle piogge areali sulle zone di allertamento regionali, secondo una tabella fornita dai previsori in caso di richiesta di valutazioni idrologiche



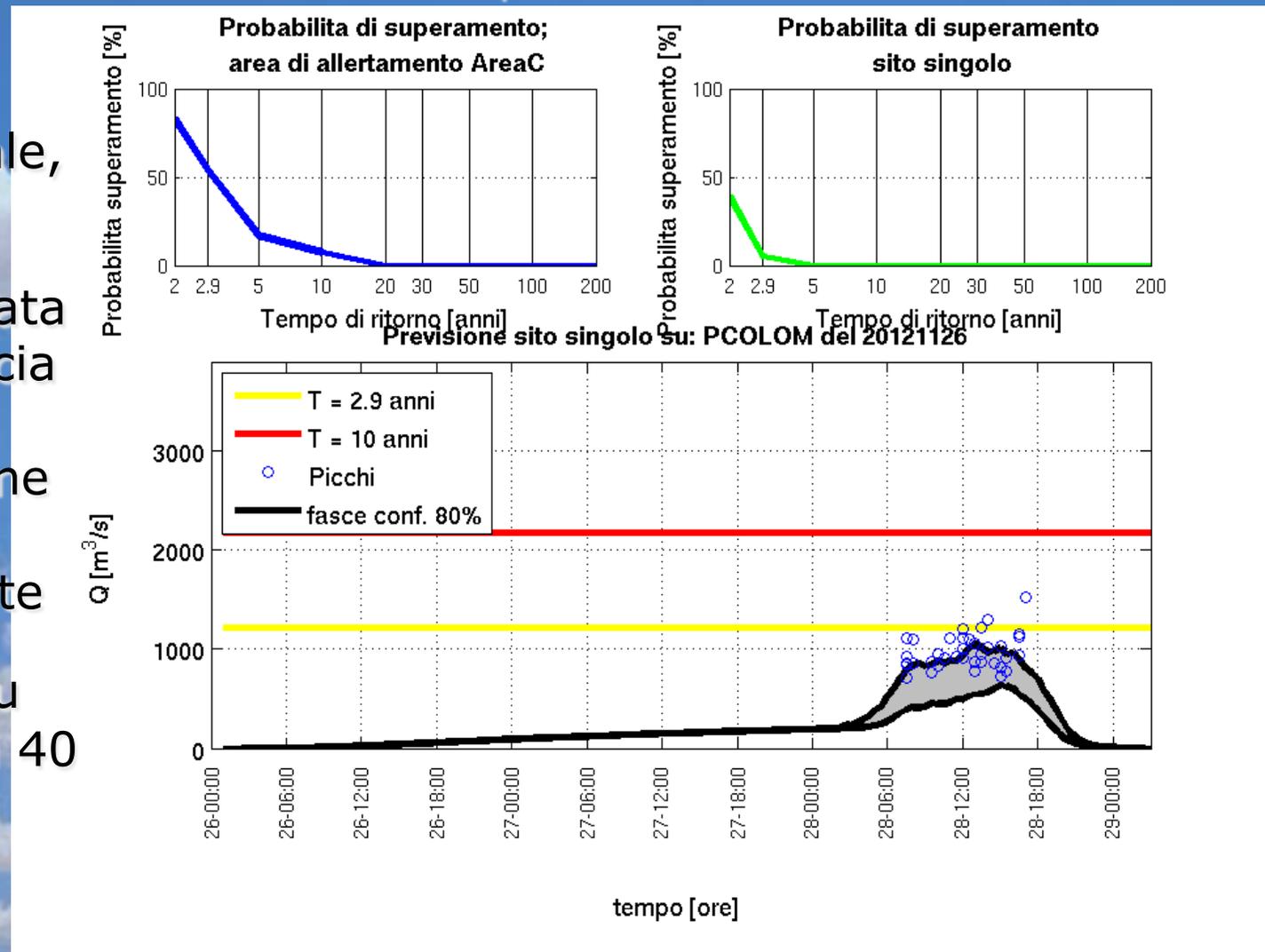
# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Visualizzazione di risultati in forma probabilistica

Figura principale, in basso:

viene evidenziata in grigio la fascia che, per ogni istante, contiene l'80% delle portate simulate

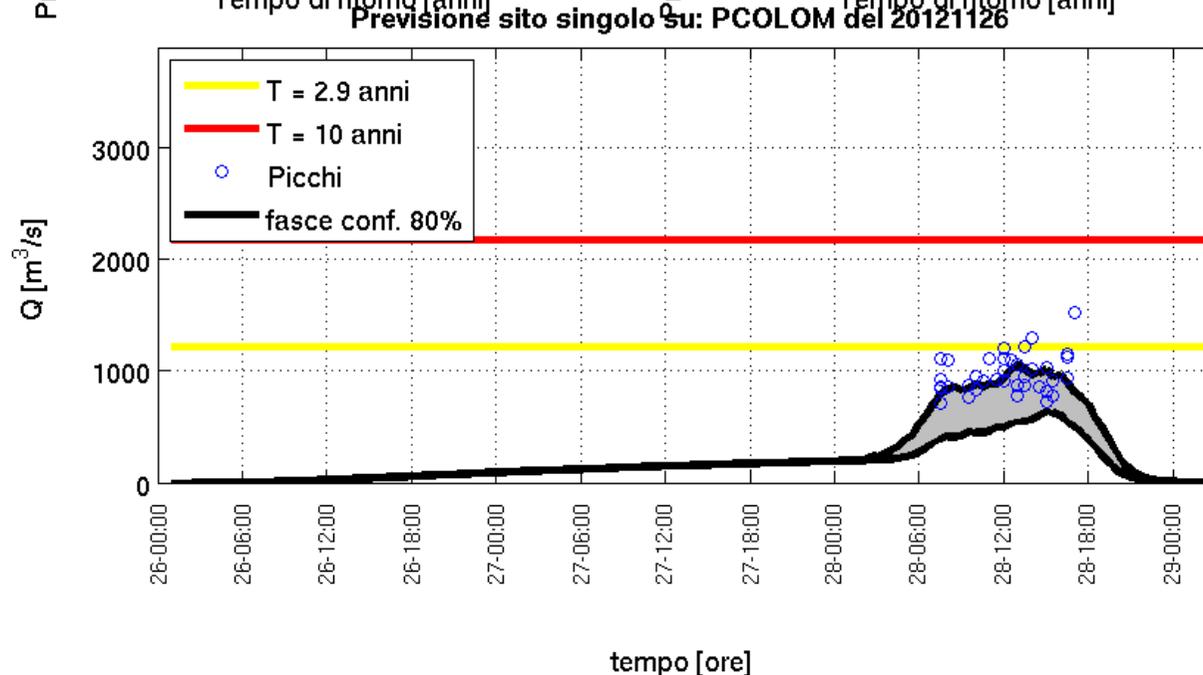
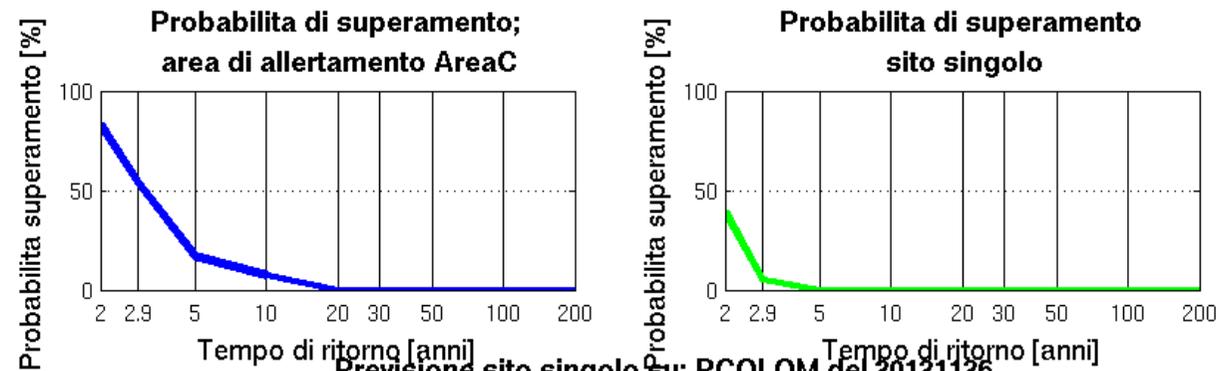
Con i cerchi blu sono riportati i 40 colmi di piena modellati



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Visualizzazione di risultati in forma probabilistica

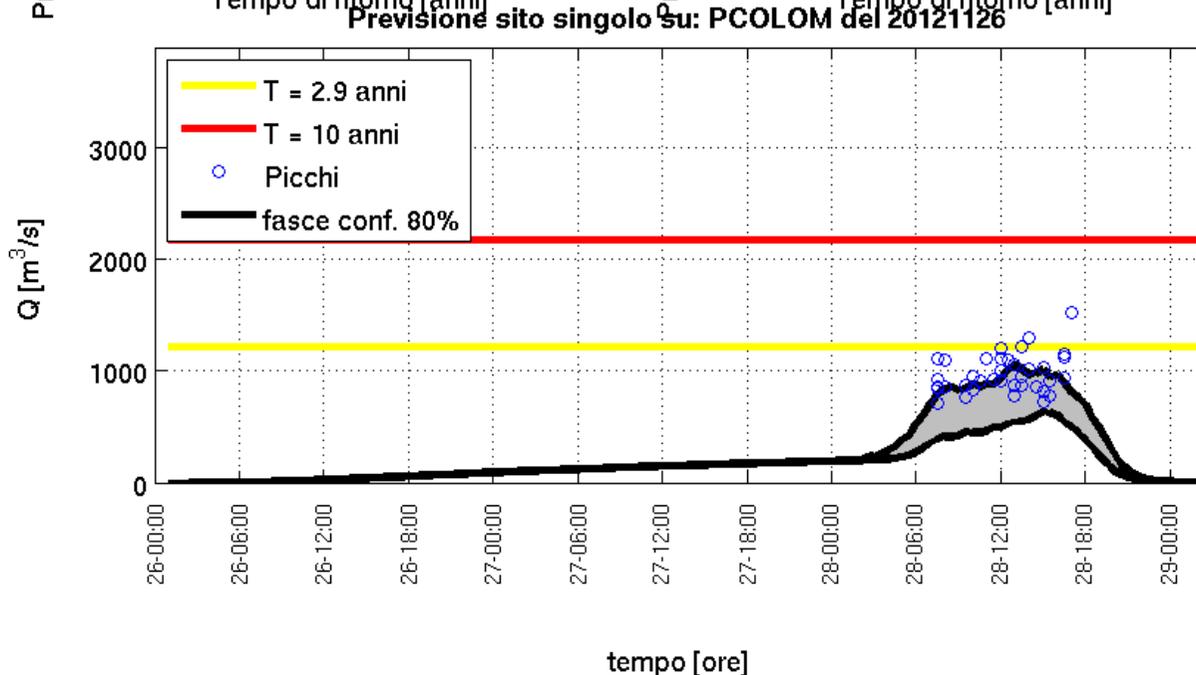
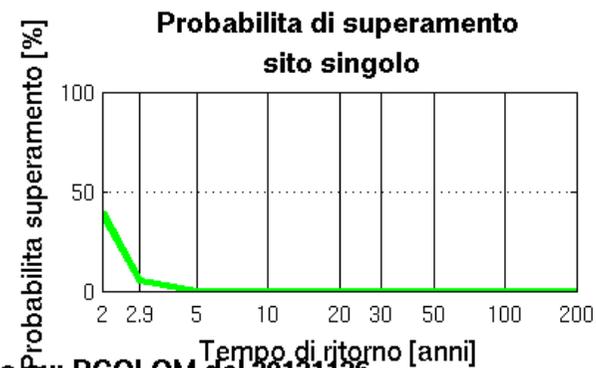
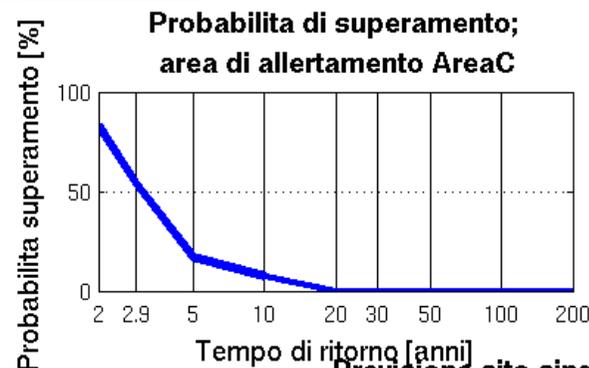
In alto a destra:  
viene evidenziata  
la probabilità di  
superamento  
della portata  
associata a  
diversi tempi di  
ritorno su quel  
determinato sito  
  
(Q da  
regionalizzazione  
delle portate –  
RL)



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Visualizzazione di risultati in forma probabilistica

In alto a sinistra:  
viene evidenziata  
la probabilità di  
superamento  
della portata  
associata a  
diversi tempi di  
ritorno su tutta la  
zona di  
allertamento  
  
(procedura multi-  
bacino)



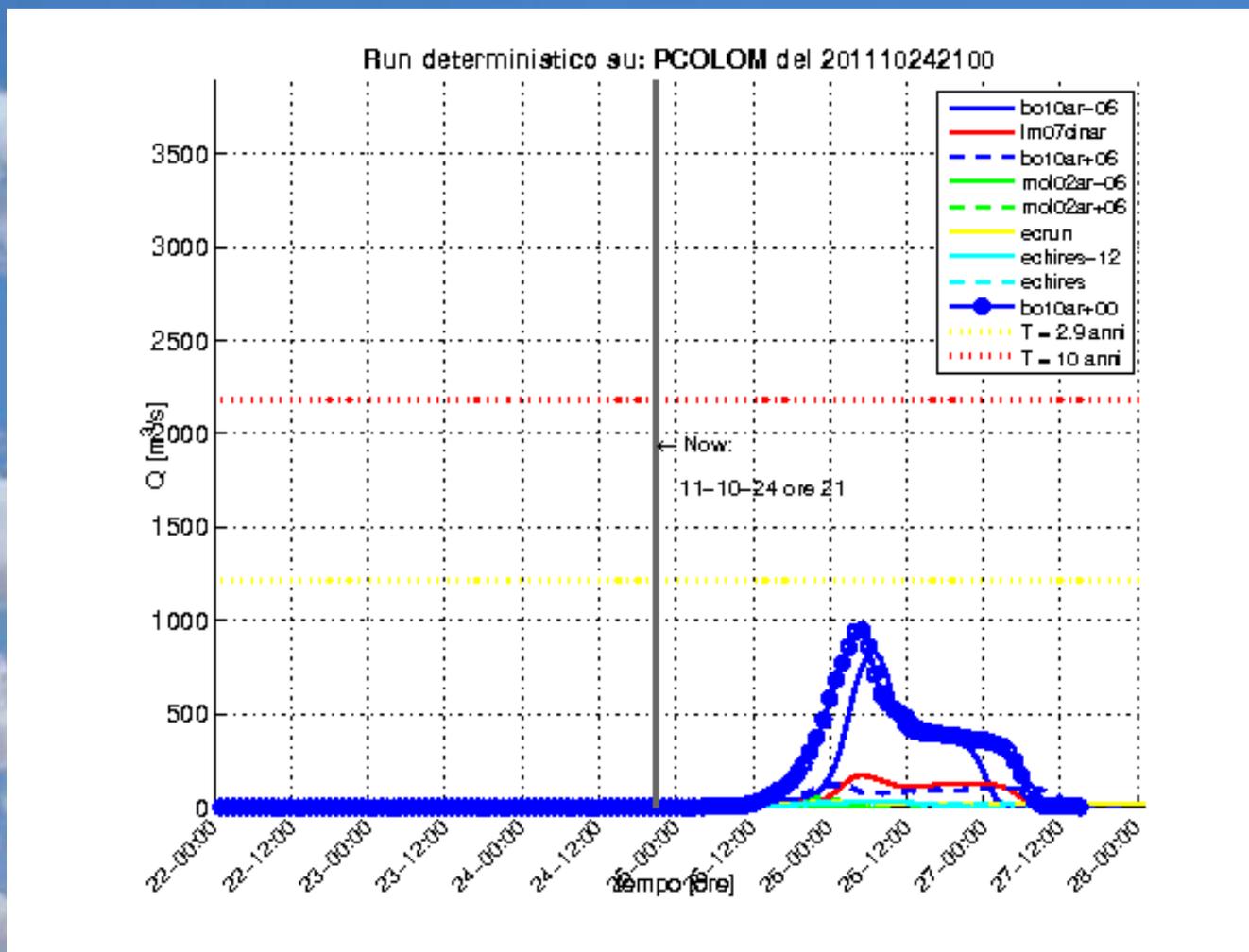
# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Conclusioni e prospettive

1. La performance della catena di previsione idrologica, naturalmente, dipende dalla qualità della previsione meteorologica;
2. Anche la determinazione delle condizioni iniziali di bagnamento può presentare criticità (mancano misure dirette di validazione) ed impatta molto sui risultati;
3. In generale i risultati, perlomeno a sito singolo, sono via via peggiori, perché sempre più dispersi, con il diminuire della superficie dei bacini (evento convettivo → errore crescente);
4. Per i piccoli bacini abbiamo introdotto una catena previsionale nuova, strutturata in direzione del *nowcasting*;
  - Monitoraggio via radar/GPRS + modelli speditivi

# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## L'evento del 25 Ottobre 2011 (5 terre e bacino del Magra)



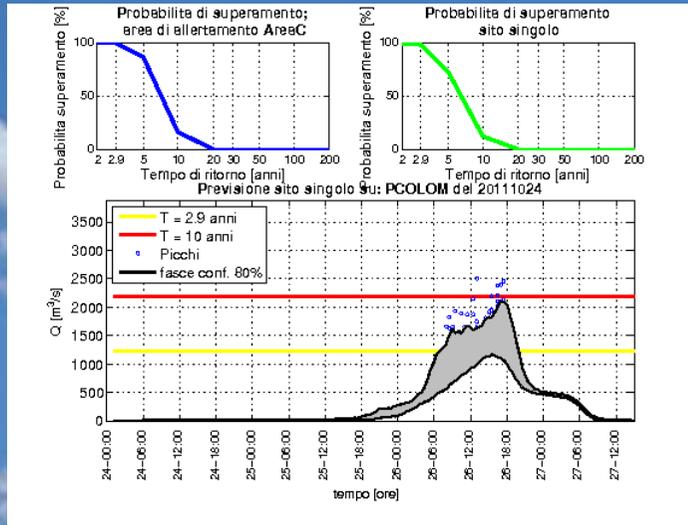
Previsione deterministica  
(ensemble-multimodel)



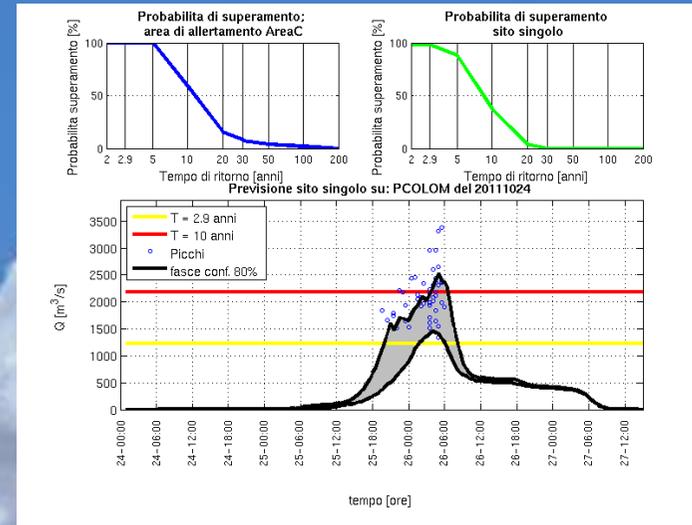
# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## L'evento del 25 Ottobre 2011 (5 terre e bacino del Magra)

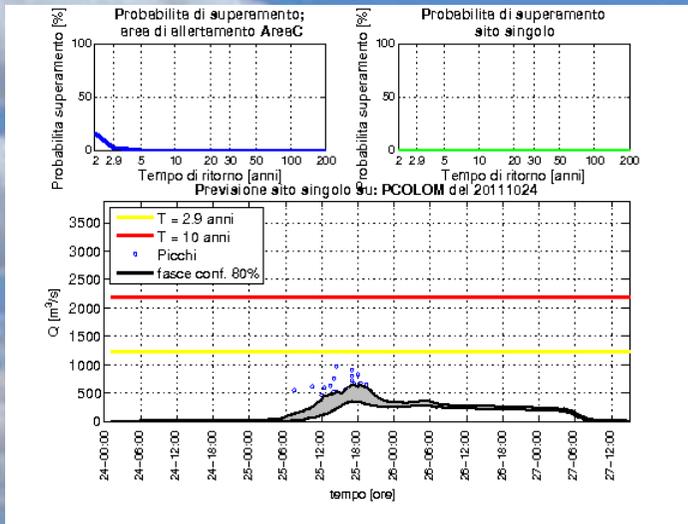
RainFARM su bo10-06



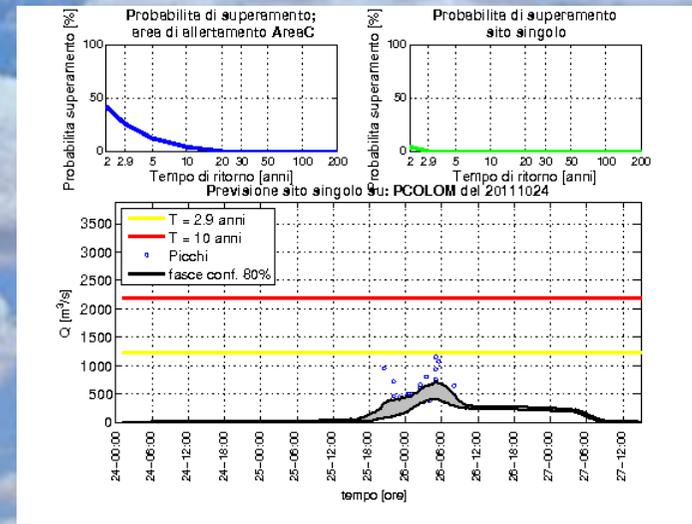
RainFARM su bo10-00



RainFARM su bo10+06

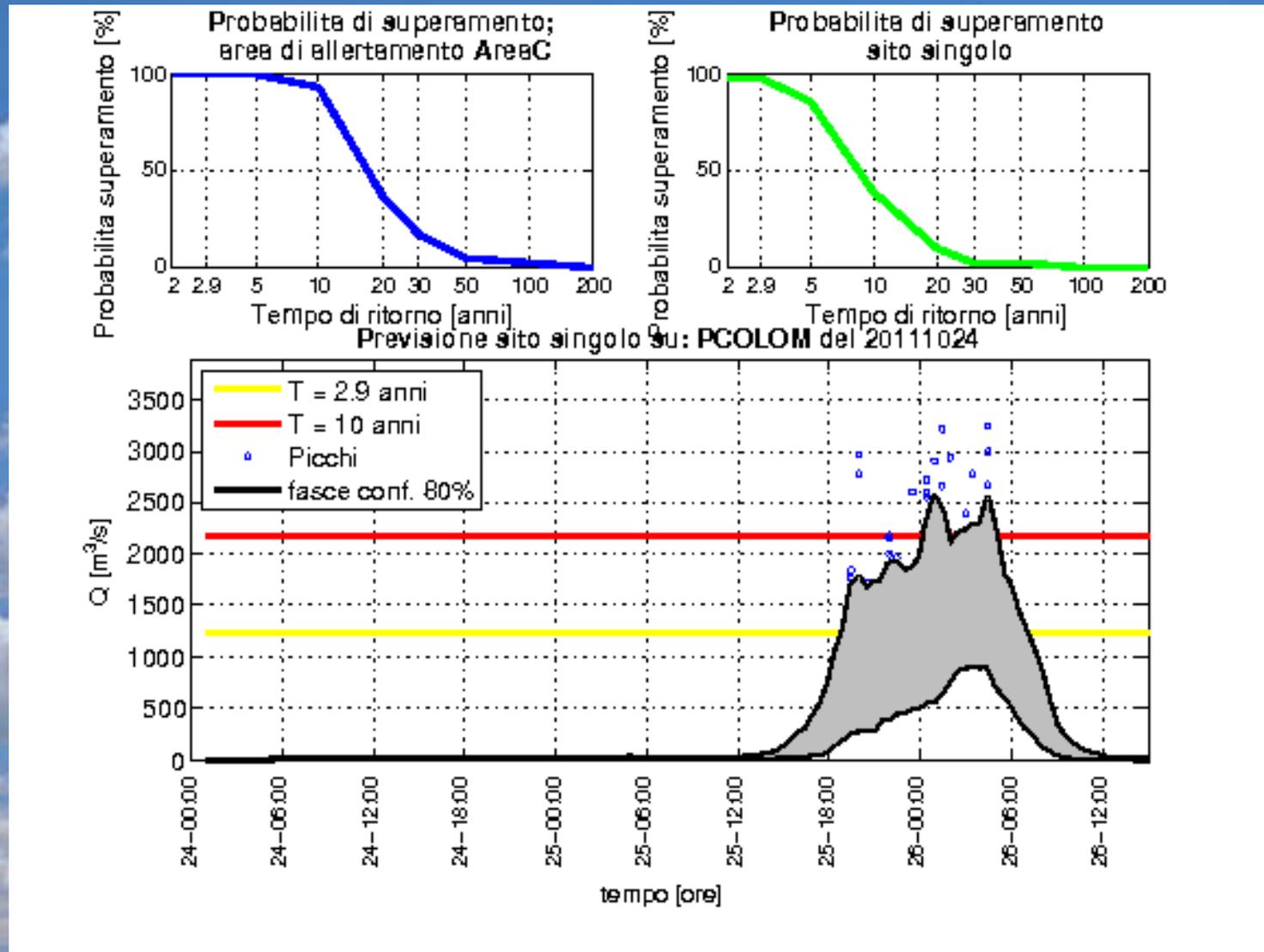


RainFARM su Im07+00



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## L'evento del 25 Ottobre 2011 (5 terre e bacino del Magra)



RainFARM su previsione  
soggettiva

# La modellistica idrologica di piena in Liguria

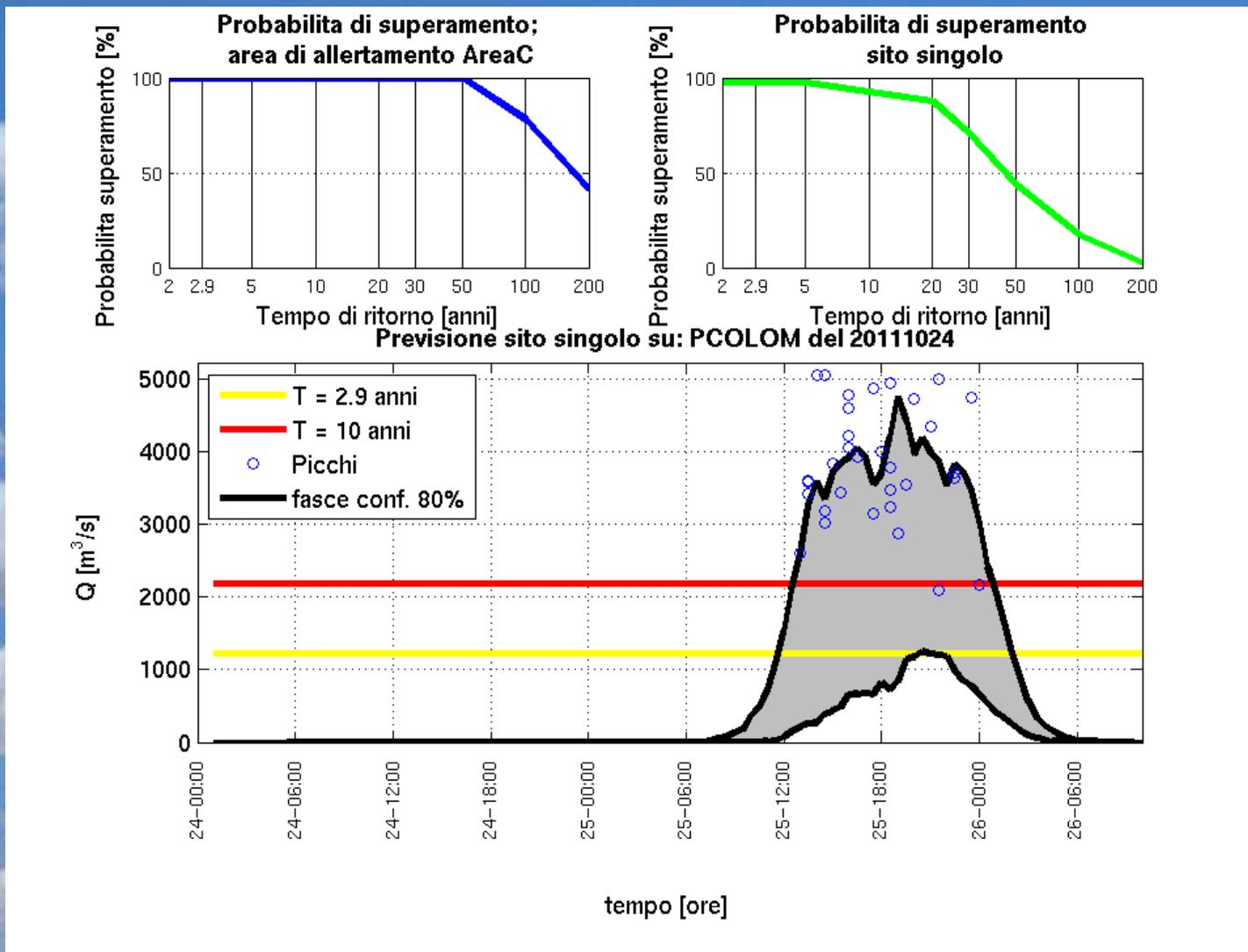
L'evento del 25 Ottobre 2011 (5 terre e bacino del Magra)

## Confronto tra piogge previste (il 24) ed osservate

Zona	Prevista	Osservata
A	80 mm (39h)+25 mm	85 mm (36h)+10 mm
B	70 mm (42h)+40 mm	42 mm (36h)+10 mm
C-	80 mm (45h)+30 mm	72 mm (39h)+19 mm
<b>Magra</b>	100 mm (48h)+45 mm	<b>148 mm (39h)+27 mm</b>
D	65 mm (42h)+15 mm	61 mm (36h)+18 mm
E	80 mm (45h)+25 mm	47 mm (39h)+14 mm
<b>Max 3h/100 km<sup>2</sup></b>	<b>60 mm</b>	<b>185 mm</b>

# La modellistica idrologica di piena in Liguria

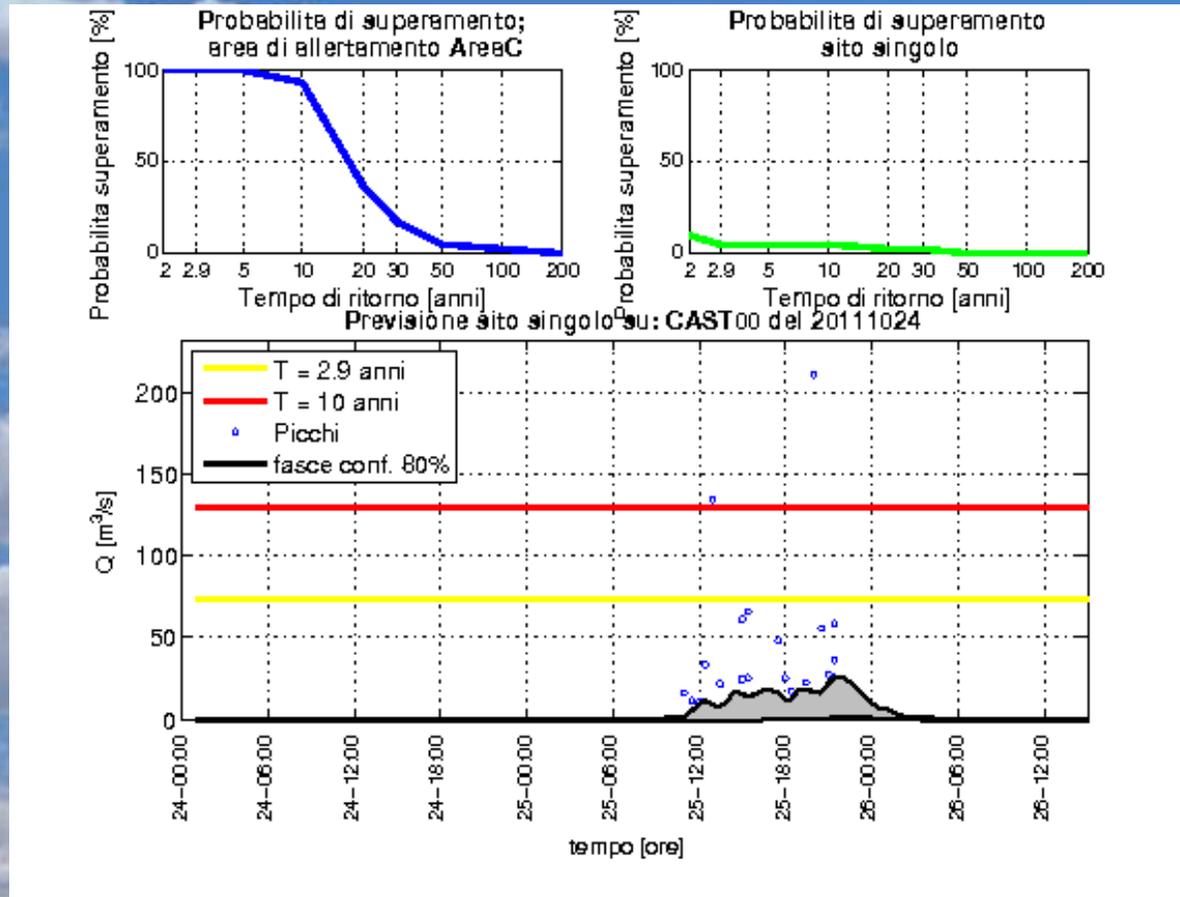
## Verifica previsione soggettiva 25 Ottobre 2011 (sezione foce Magra)



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## L'evento del 25 Ottobre 2011 (5 terre e bacino del Magra)

Ma cosa succede su bacini più piccoli?

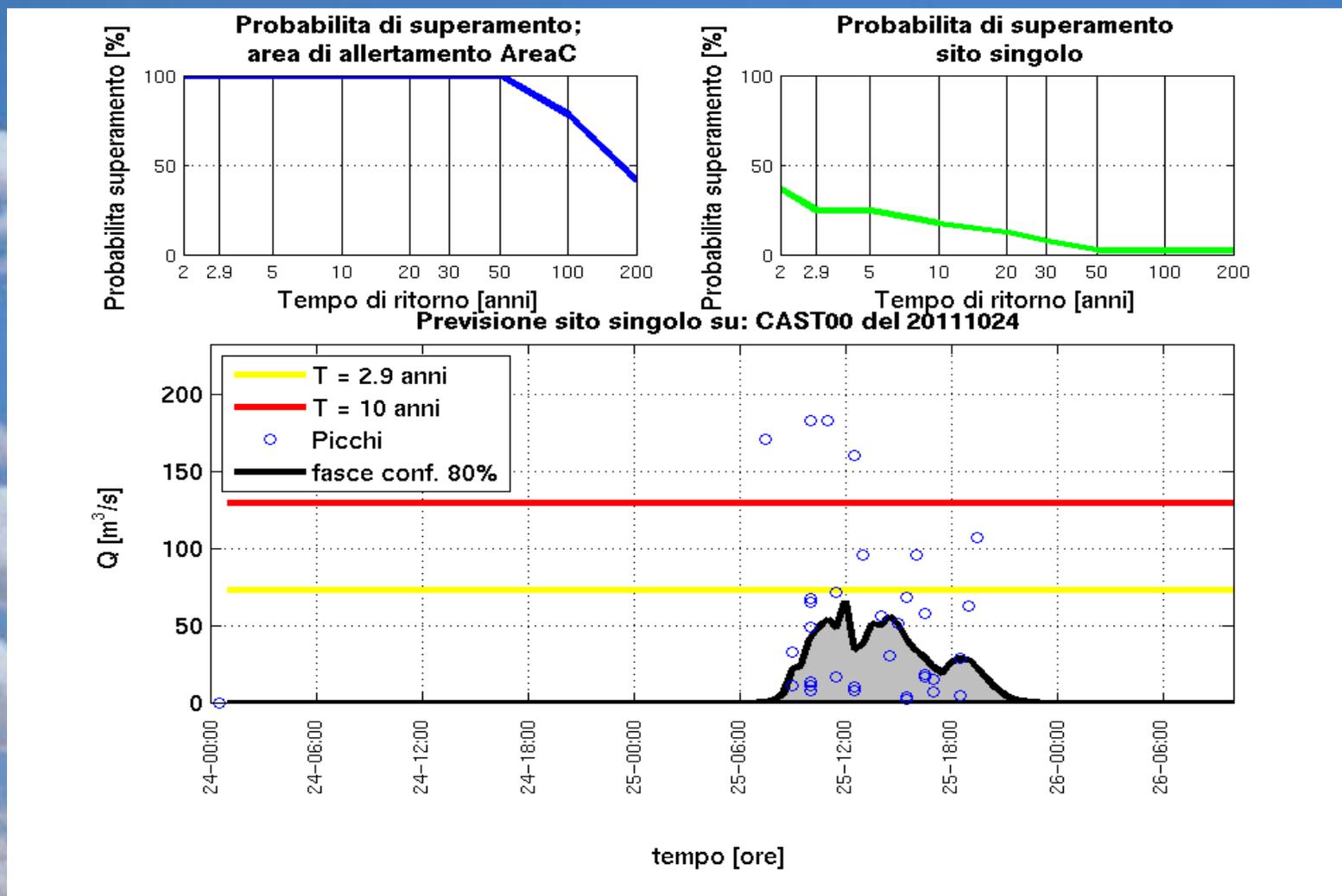


Torrente  
Castagnola  
 $A=25 \text{ km}^2$

Tipicamente i  
picchi  
simulati sono  
sempre  
molto più  
dispersi

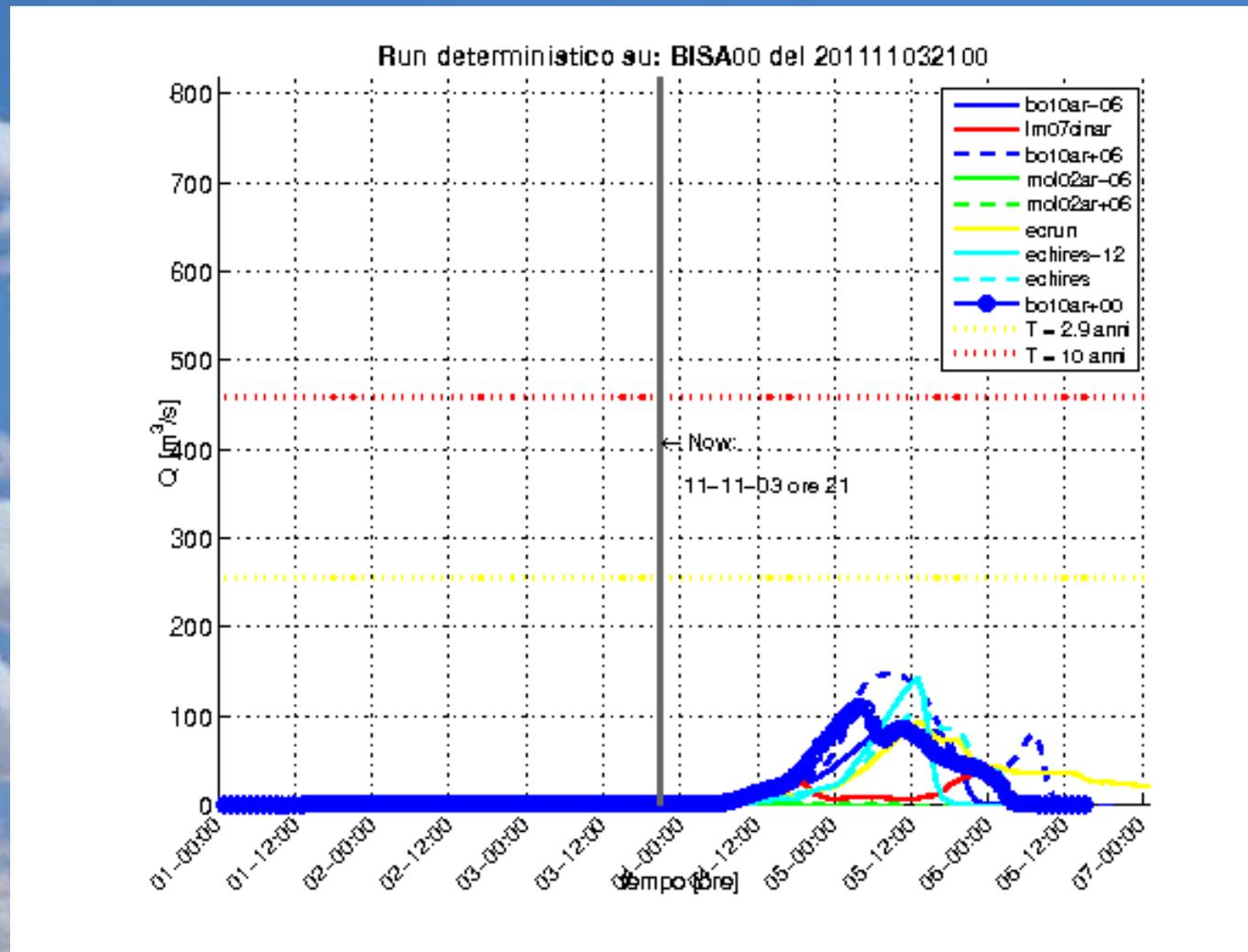
# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## Verifica previsione soggettiva 25 Ottobre 2011 (torrente Castagnola)



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## L'evento del 4 Novembre 2011 (Genova)

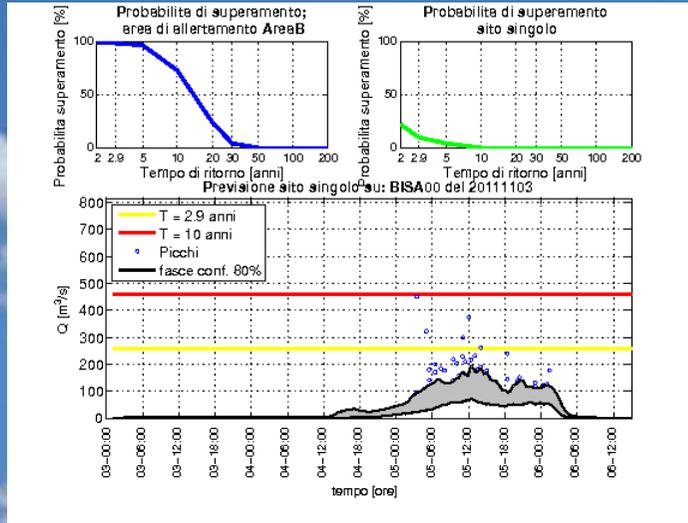


Previsione deterministica  
(ensemble-multimodel)

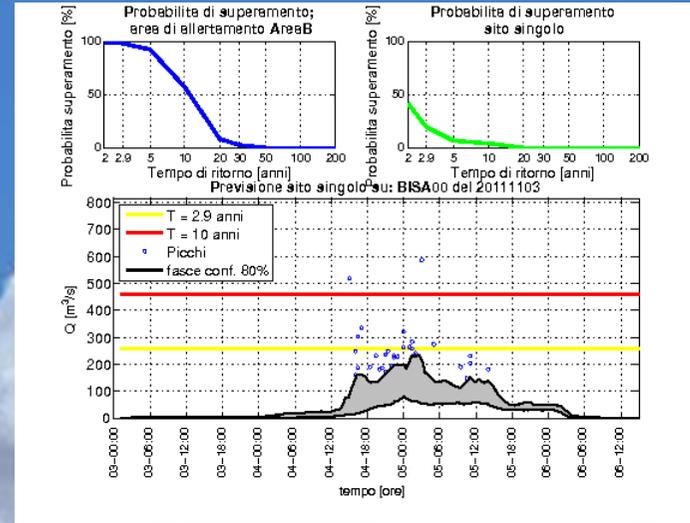
# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## L'evento del 4 Novembre 2011 (Genova)

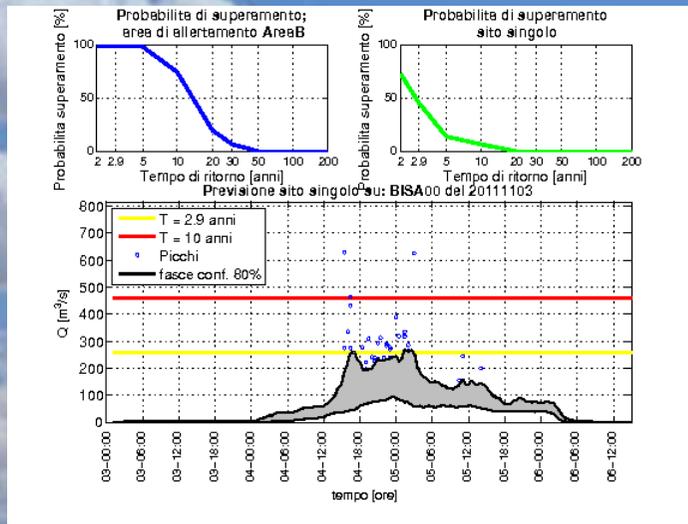
RainFARM su bo10-06



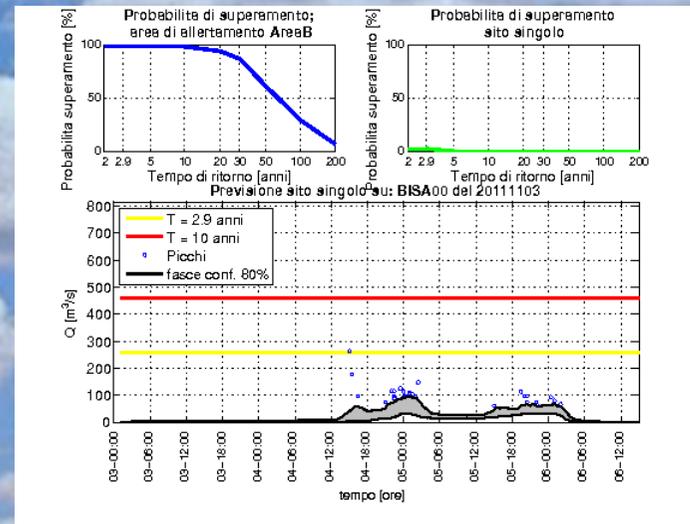
RainFARM su bo10-00



RainFARM su bo10+06

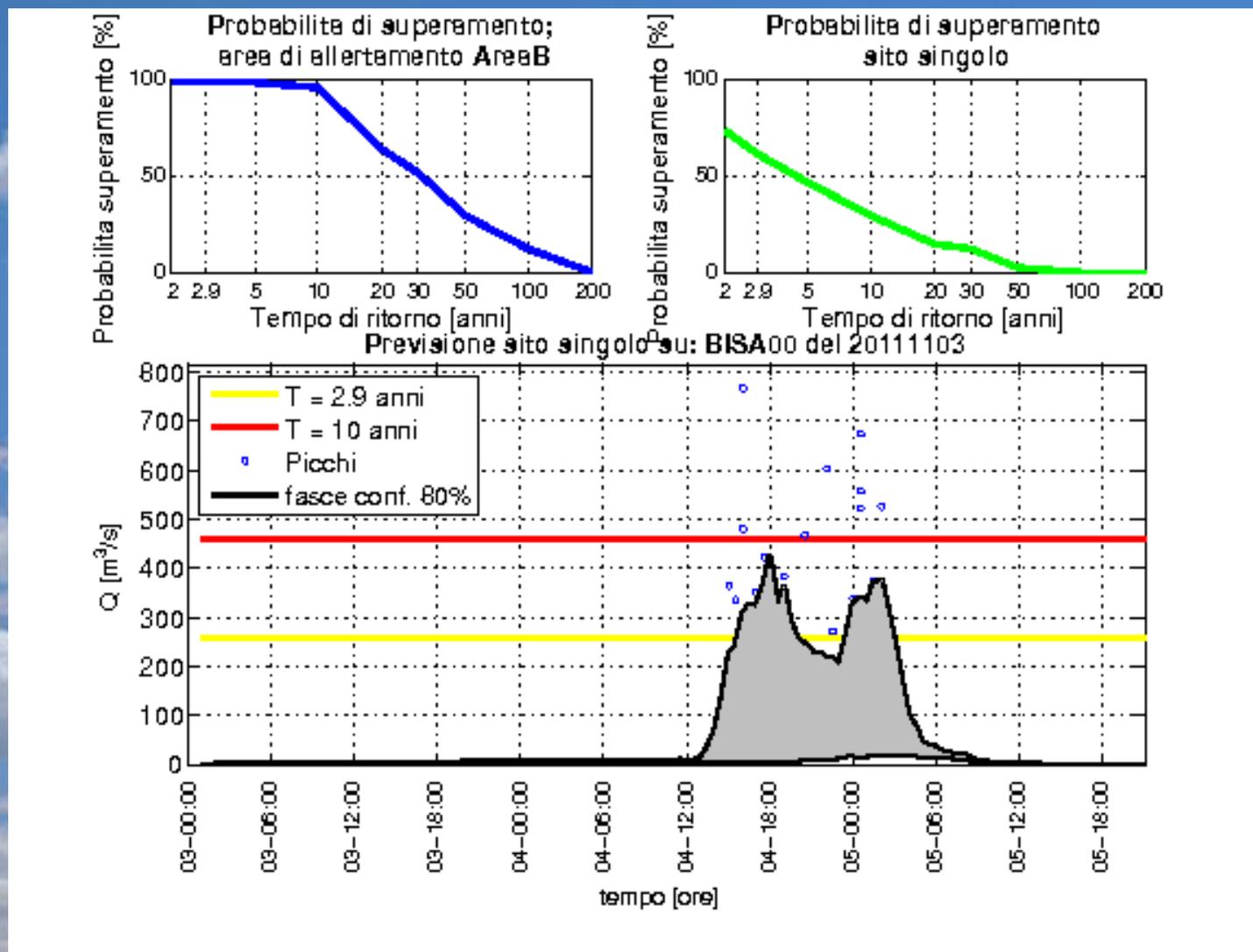


RainFARM su Im07+00



# La modellistica idrologica di piena in Liguria

## L'evento del 4 Novembre 2011 (Genova)



RainFARM su previsione  
soggettiva

# La modellistica idrologica di piena in Liguria

L'evento del 4 Novembre 2011 (Genova)

## Confronto tra piogge previste (il 3) ed osservate

Zona	Prevista	Osservata
A	100 mm (54h)+50 mm	48 mm (69h)+58 mm
B	90 mm (48h)+50 mm	<b>86 mm (42h)+38 mm</b>
C-	50 mm (45h)+10 mm	72 mm (63h)+40 mm
Magra	30 mm (45h)+10 mm	61 mm (63h)+25 mm
D	100 mm (51h)+40 mm	135 mm (48h)+23 mm
E	60 mm (45h)+10 mm	106 mm (36h)+30 mm
Max 3h/100 km <sup>2</sup>	90 mm	<b>148 mm</b>

# La modellistica idrologica di piena in Liguria

Verifica previsione soggettiva 4 Novembre 2011 (sezione foce Bisagno)

