



FREIE UNIVERSITÄT BOZEN
LIBERA UNIVERSITÀ DI BOLZANO
FREE UNIVERSITY OF BOZEN · BOLZANO

Fakultät für Naturwissenschaften und Technik | Facoltà di Scienze e Tecnologie | Faculty of Science and Technology



Ripartizione Opere Idrauliche
Provincia Autonoma di Bolzano



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Workshop
PERICOLOSITÀ IDRAULICA NEL TERRITORIO MONTANO ITALIANO
ED APPLICAZIONE DELLA DIRETTIVA EUROPEA "ALLUVIONI"

INCERTEZZA ASSOCIATA ALLA
MODELLAZIONE DEI FENOMENI DI
ALLUVIONE



Prof. Giuseppe T. Aronica
Dipartimento di Ingegneria Civile
Università di Messina
garonica@unime.it

Bolzano, 9-10 giugno 2011



Sommario

- **La mappatura degli allagamenti nella Direttiva 2007/EC/60**
- **L'incertezza nella modellazione idraulica: cause**
- **Stima dell'incertezza**
- **Le mappe di pericolosità e di rischio "incerte"**
- **Conclusioni**





La Direttiva 2007/60/EC - definizioni

Art. 6

La **mappe della pericolosità da alluvione** contengono la perimetrazione delle aree geografiche che potrebbero essere interessate da alluvioni secondo i seguenti criteri:

- a) alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento (bassa probabilità);
- b) alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità);
- c) alluvioni frequenti: tempo di ritorno 20-50 anni (elevata probabilità)

evidenziando anche le aree in cui possono verificarsi fenomeni alluvionali con elevato volume di sedimenti trasportati e colate detritiche (**significativo nei bacini montani**).

Per ogni scenario vanno indicati almeno i seguenti elementi:

1. Estensione dell'inondazione;
2. Altezza idrica o livello;
3. Caratteristiche del deflusso (velocità della corrente).



La Direttiva 2007/60/EC - definizioni

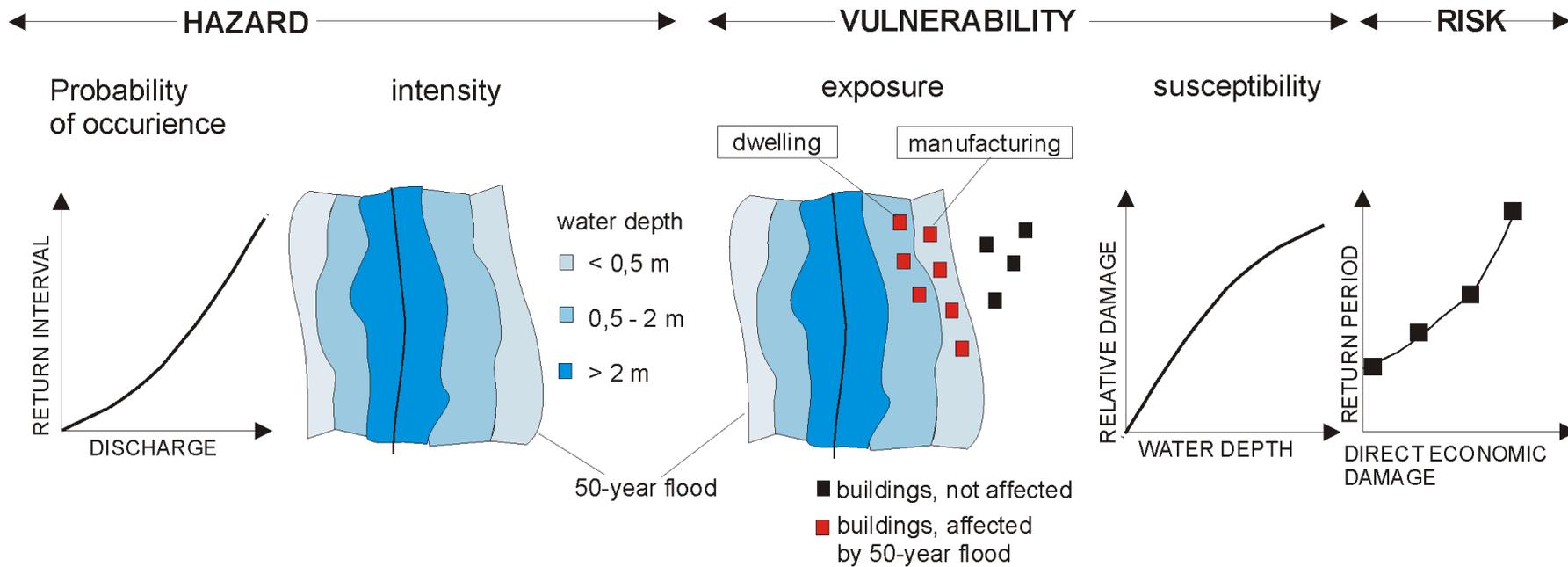
Art. 6

Le **mappe del rischio di alluvioni** indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni, nell'ambito degli scenari di cui alle mappe di pericolosità e adottando le 4 classi di rischio già definite dal DPCM 29 Settembre 1998, espresse in termini di:

- a) numero indicativo degli abitanti potenzialmente interessati;
- b) beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse presenti nell'area potenzialmente interessata;
- c) distribuzione e tipologia delle attività economiche insistenti sull'area potenzialmente interessata;
- d) impianti di cui all'allegato I della direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento, e successive modificazioni e integrazioni, che potrebbero provocare inquinamento accidentale in caso di alluvione e aree protette potenzialmente interessate, individuate nell'Allegato IV, paragrafo 1, punti i), iii) e v) della direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000;
- e) altre informazioni considerate utili dalle Autorità di Bacino distrettuali, come le aree soggette ad alluvioni con elevato volume di trasporto solido e colate detritiche o informazioni su fonti rilevanti di inquinamento.



La Direttiva 2007/60/EC - definizioni



$$R = \int_0^{+\infty} H[P(\zeta), I(\zeta)] \cdot v(\zeta) d\zeta$$

EQUAZIONE DI NATURA STOCASTICA





Il ruolo della modellazione idraulica

MODELLAZIONE
IDROLOGICA

MODELLAZIONE
IDRAULICA



MAPPE DI ALLUVIONE



NECESSITA' DI APPROCCI MODELLISTICI COMPLESSI

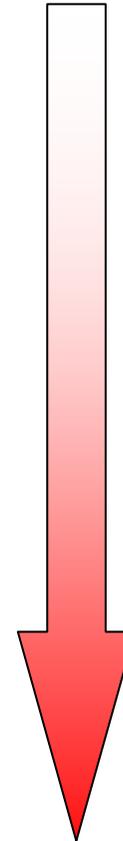




La catena modellistica



Catena modellistica complessa



INCERTEZZA



Fonti di incertezza nella modellazione idraulica

- Modellazione idraulica del processo fisico
- Struttura modello idraulico (modelli 0-D, 1-D, 2-D)
- Parametrizzazione del modello (scabrezze idrauliche, reologia, concentrazioni)
- Risoluzione ed accuratezza dei Modelli Digitali del Terreno
- Influenza elementi infrastrutturali (arginature, ponti, tombini, ecc.)
- Calibrazione (disponibilità e qualità dei dati, funzioni di verosimiglianza)
- Analisi statistica variabili idrologiche (campioni ridotti, scelta CDF, inferenza, modellazione afflussi-deflussi)





Caso studio (incertezza parametrica)

Fiume Mulde

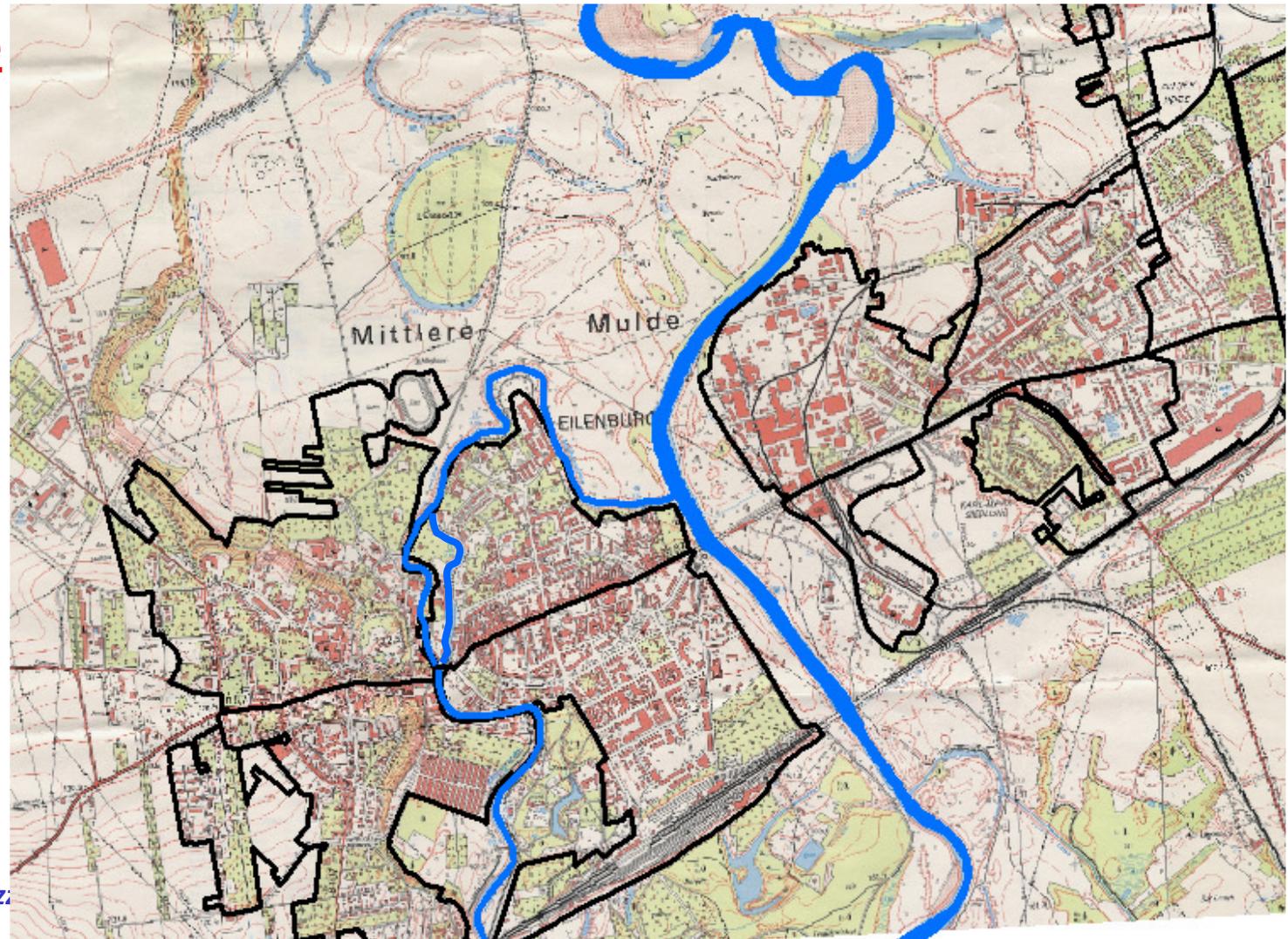


DEM

risoluzione
di 25 m

Mesh di

46417 nodi e
87945
elementi
triangolari



Incertezza parametrica

Fiume Mulde



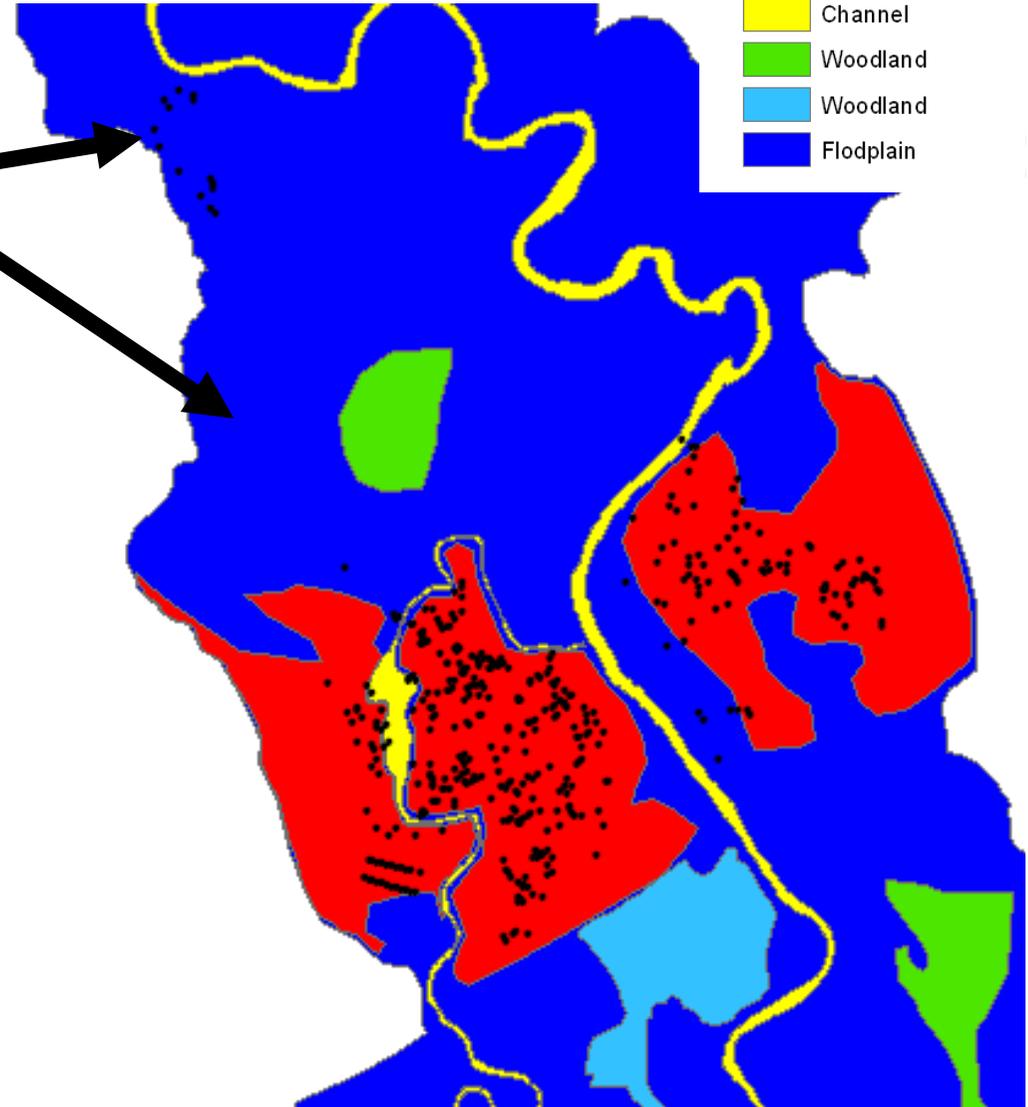
390 tiranti osservati

2 strategie di calibrazione

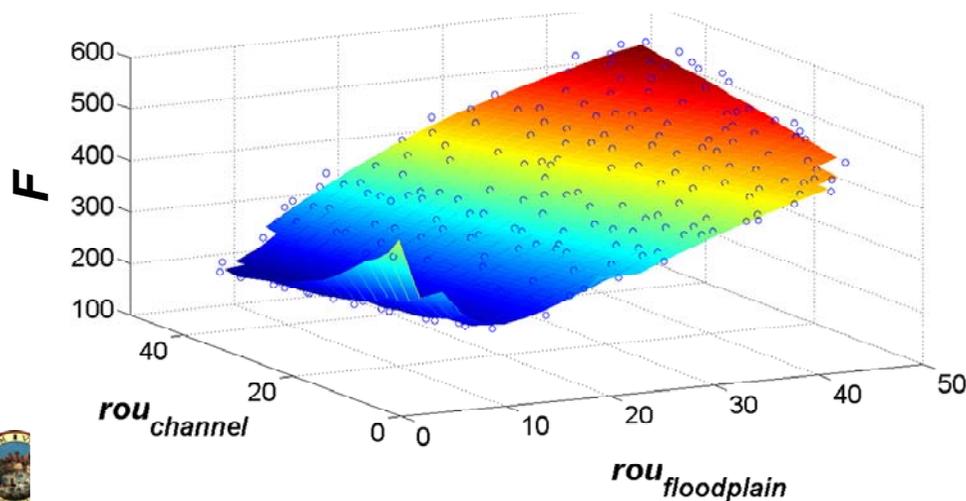
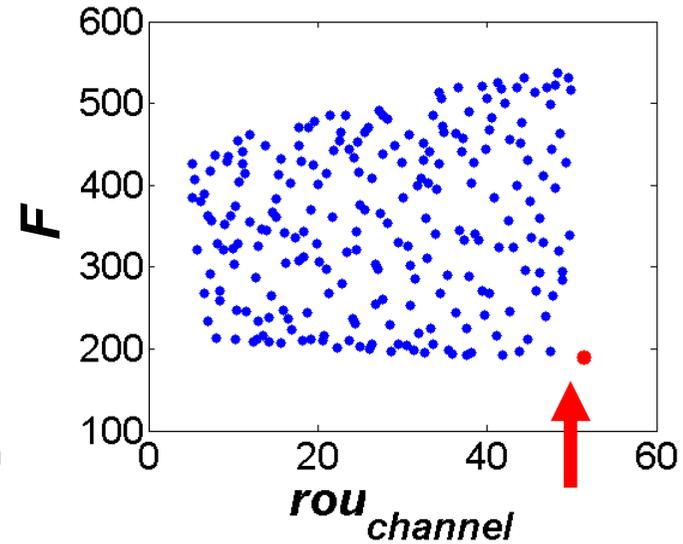
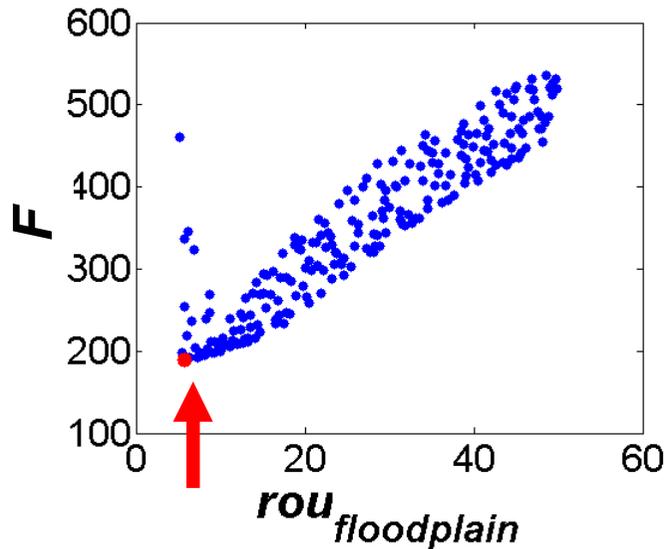
Range* ($m^{1/3}s^{-1}$)	Condizione imposta
5 - 90	Scabrezza in alveo inferiore a quella nella floodplain
5 - 90	Nessuna

Roughness Areas

- Urban area
- Channel
- Woodland
- Woodland
- Floodplain



Incertezza parametrica



Valori stimati con PEST

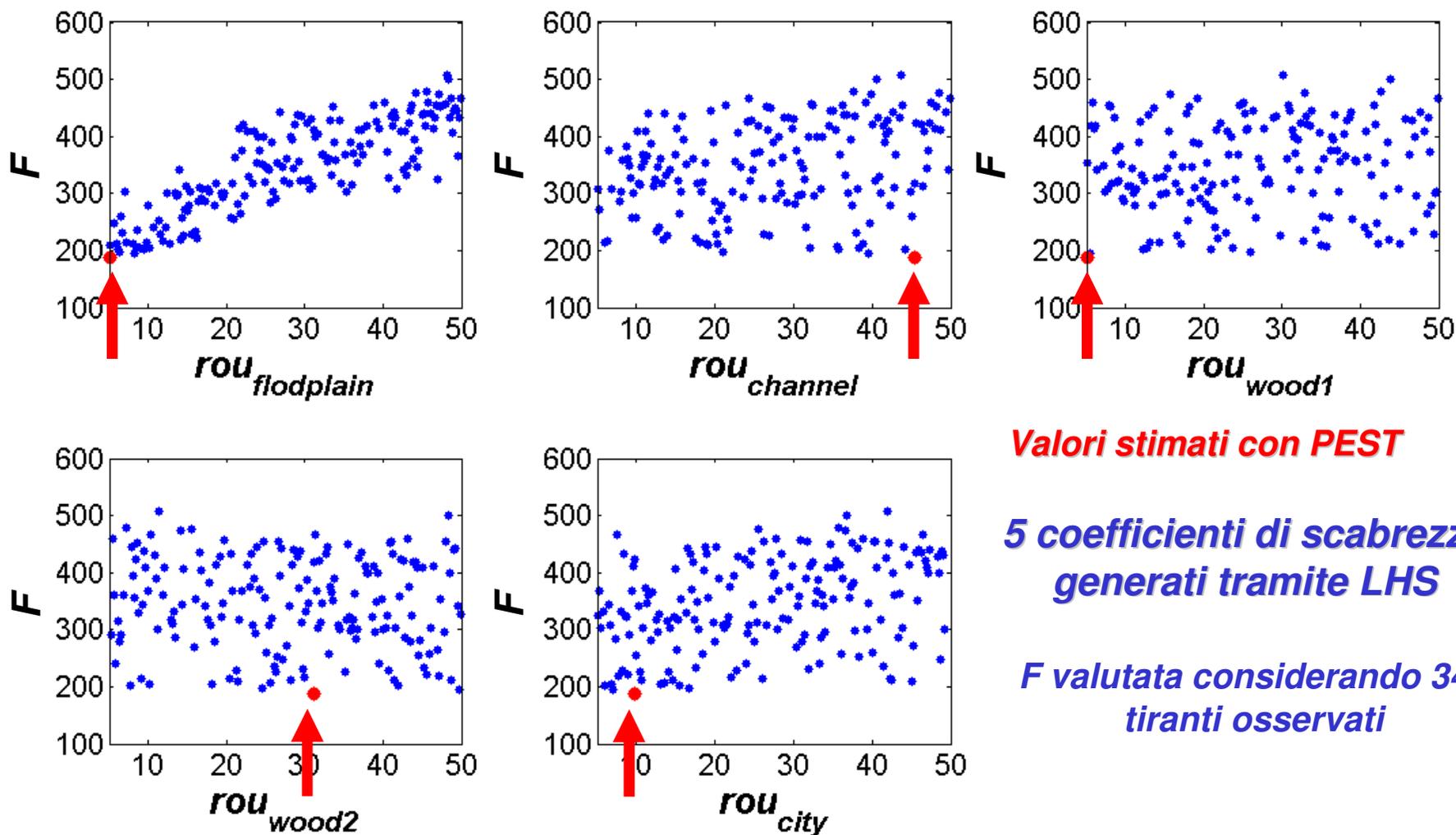
2 coefficienti di scabrezza generati tramite LHS

F valutata considerando 343 tiranti osservati

3 fenomeni di alluvione



Incertezza parametrica



Valori stimati con PEST

5 coefficienti di scabrezza generati tramite LHS

F valutata considerando 343 tiranti osservati

Incertezza parametrica

Confronto tra le calibrazioni:

Equifinalità ?

Numero di parametri	Parametri condizionati?	<i>F</i>	<i>BIAS</i>	<i>MAE</i>	<i>RMSE</i>
1	-	282.1	0.145	0.669	0.851
2	yes	268.3	0.109	0.622	0.829
2	no	264.9	<u>0.083</u>	0.594	0.824
4	yes	268.4	0.111	0.614	0.830
5	yes	265.7	0.106	0.609	0.825
5	no	263.4	<u>0.089</u>	0.589	0.822

$$OF(\theta) = \text{Objective Function} = \sum_{i=1}^m w_i \cdot (\varepsilon_i)^2$$

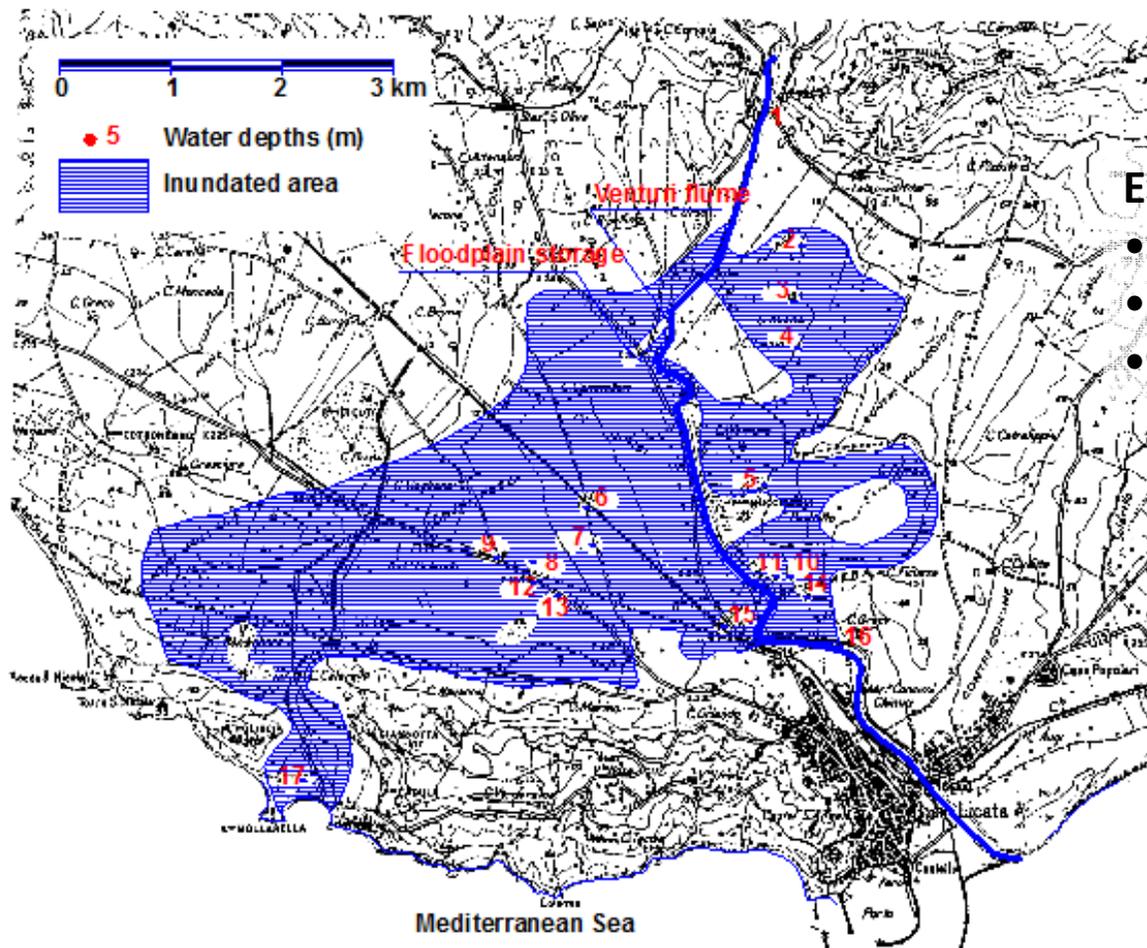
$$MAE = \text{Mean Absolute Error} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |\varepsilon_i|$$

$$RMSE = \text{Root Mean Squared Error} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\varepsilon_i)^2}$$

$$BIAS = \text{Average Error} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \varepsilon_i$$



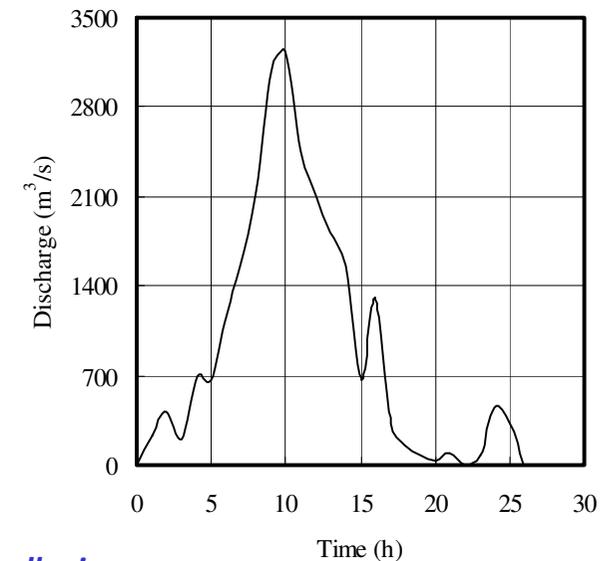
Incertezza parametrica



Piana di Licata (Fiume Imera Meridionale, Sicilia)

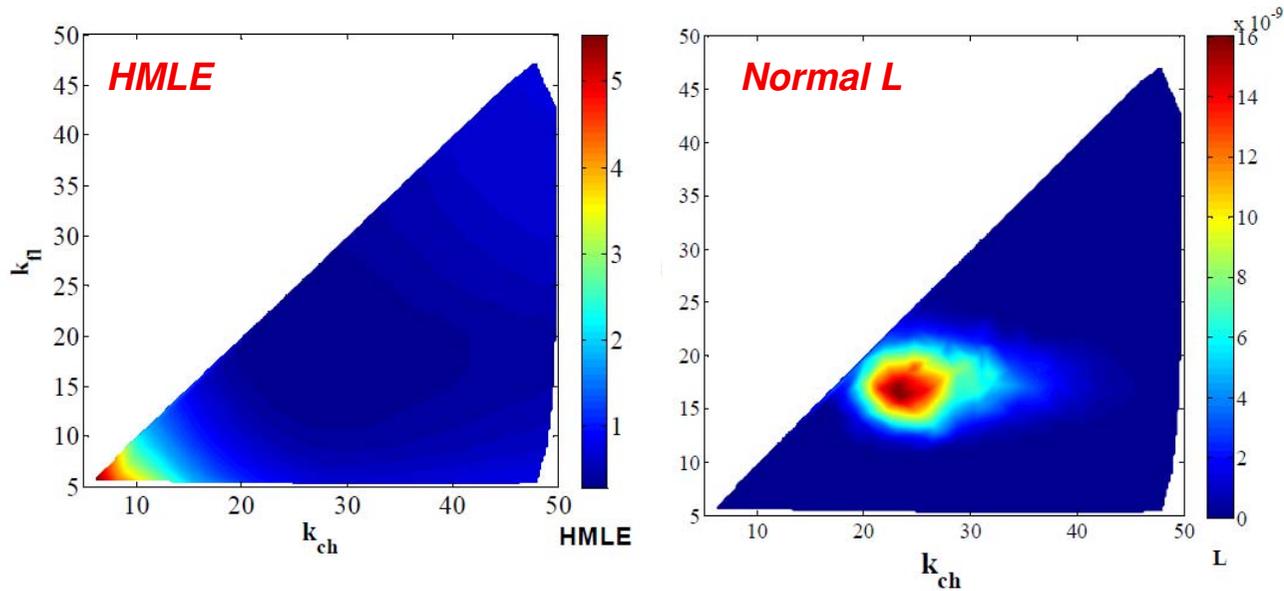
Evento 12 Ottobre 1991

- Estensione area inondata
- Altezze allagamento post evento
- Idrogrammi di piena





Incertezza parametrica



$$HMLE(\theta) = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i \varepsilon_i^2}{\left[\prod_{i=1}^n w_i \right]^{1/n}}$$

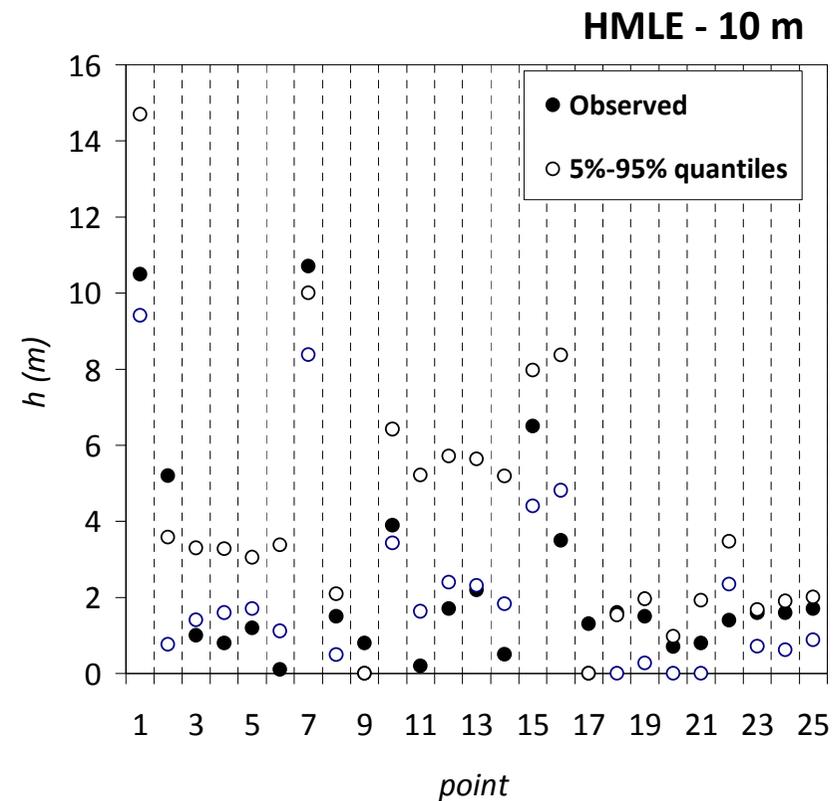
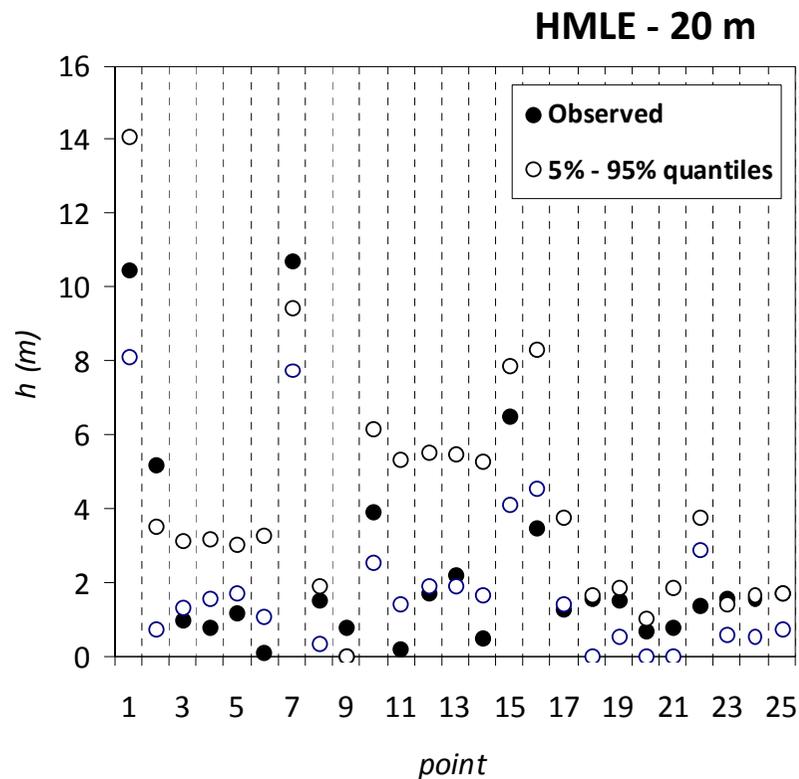
$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2}} \exp\left(-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i^2}{\sigma_i^2}\right)$$

- HMLE, Heteroscedastic Maximum Likelihood Estimator, (Sorooshian & Dracup, 1980)
- Normal Gaussian Joint Probability



Incertezza topografia

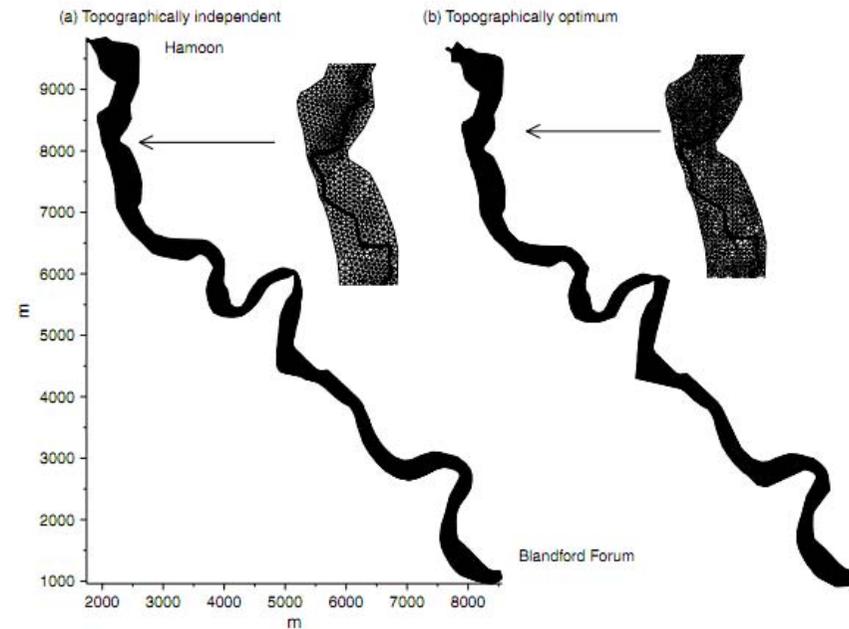
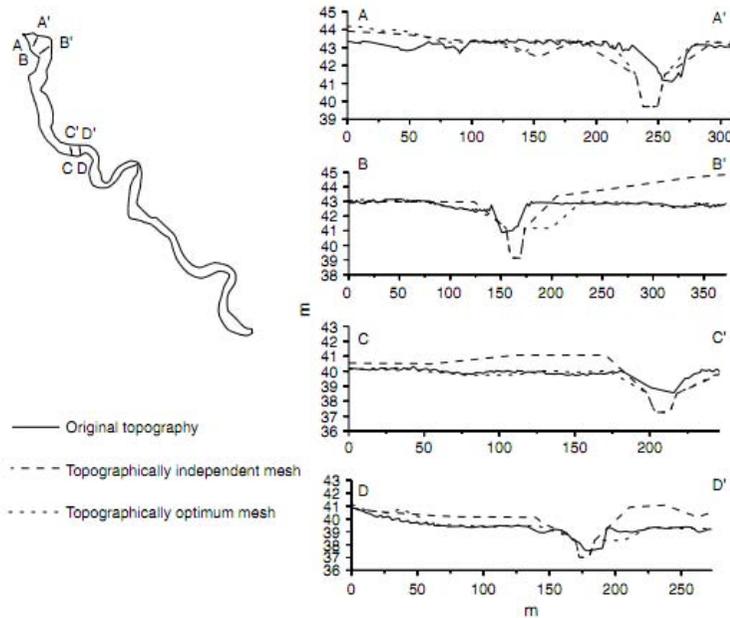
Effetto risoluzione DEM





Incerteza topografica

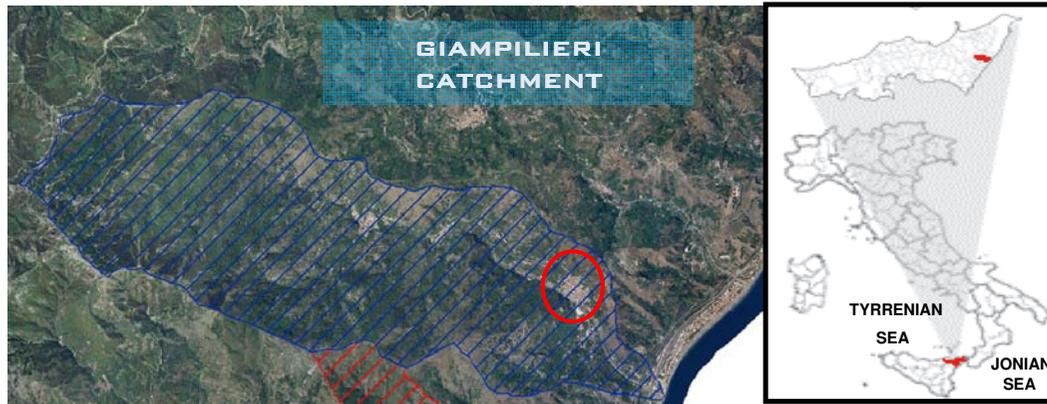
Effetto risoluzione mesh



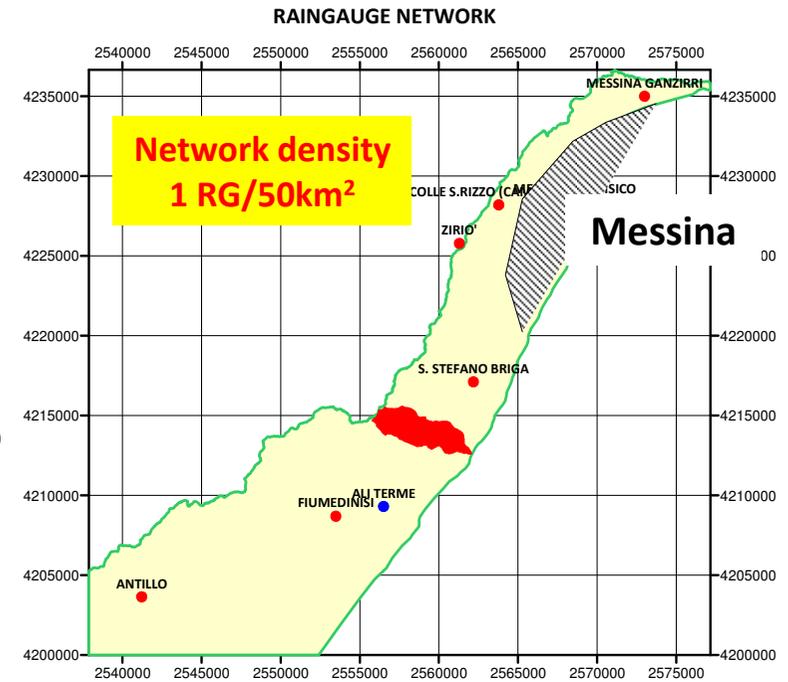
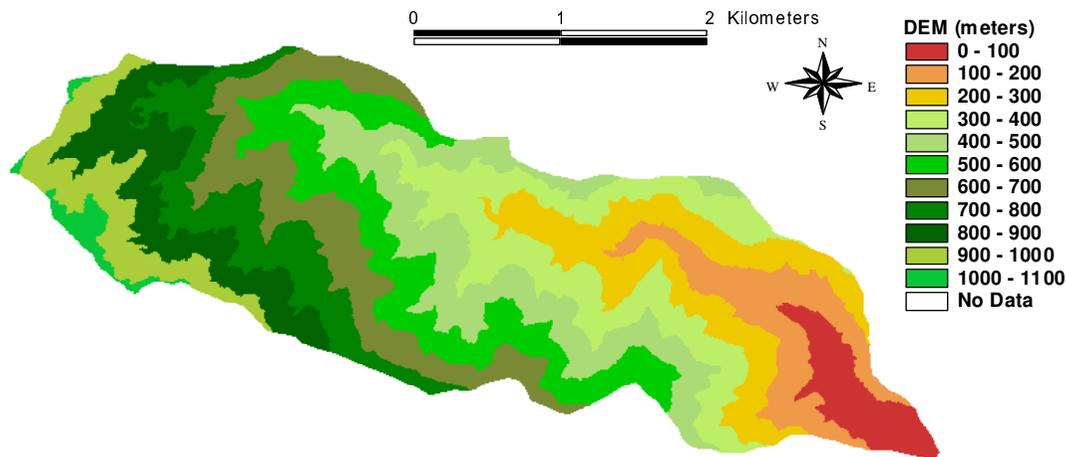
da Bates et al., 2003



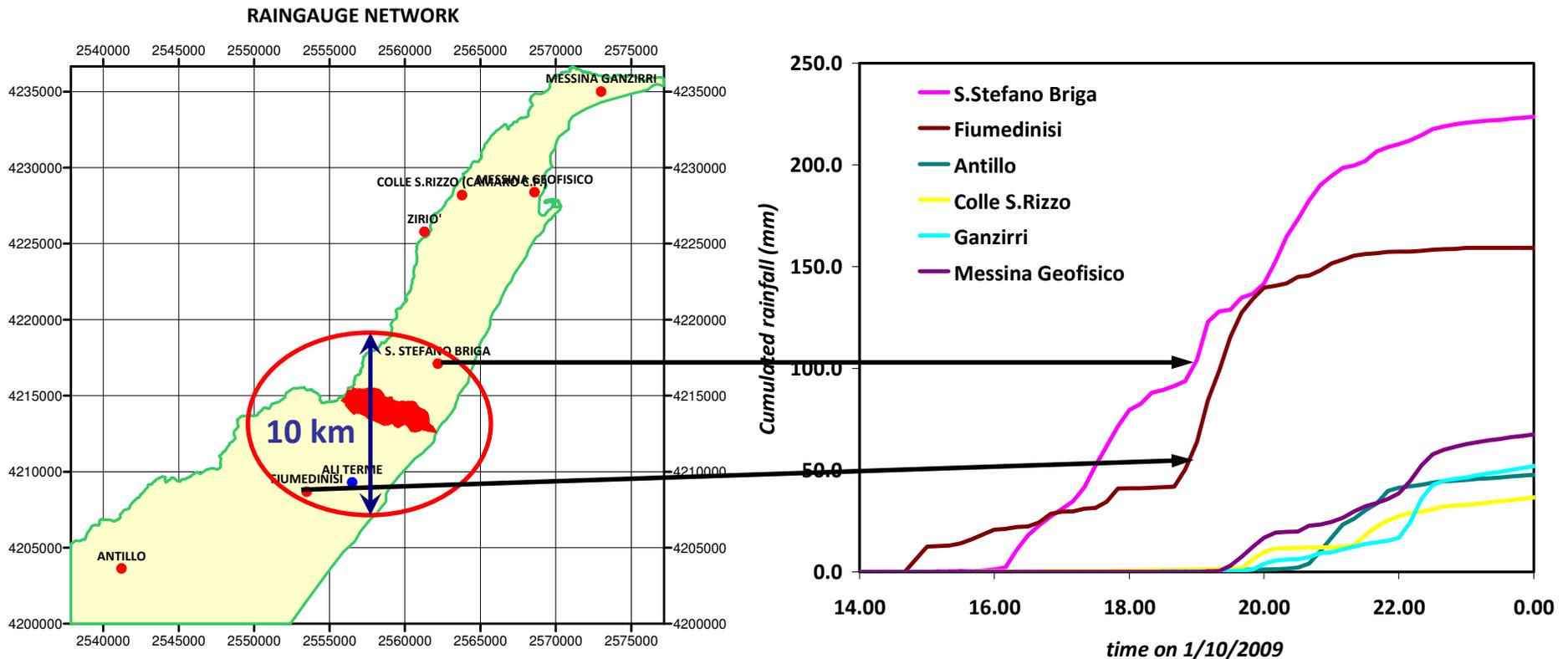
Incerteza forzanti idrologiche



Area (km ²)	9.8
Main branch (km)	8.5



Incertezza forzanti idrologiche

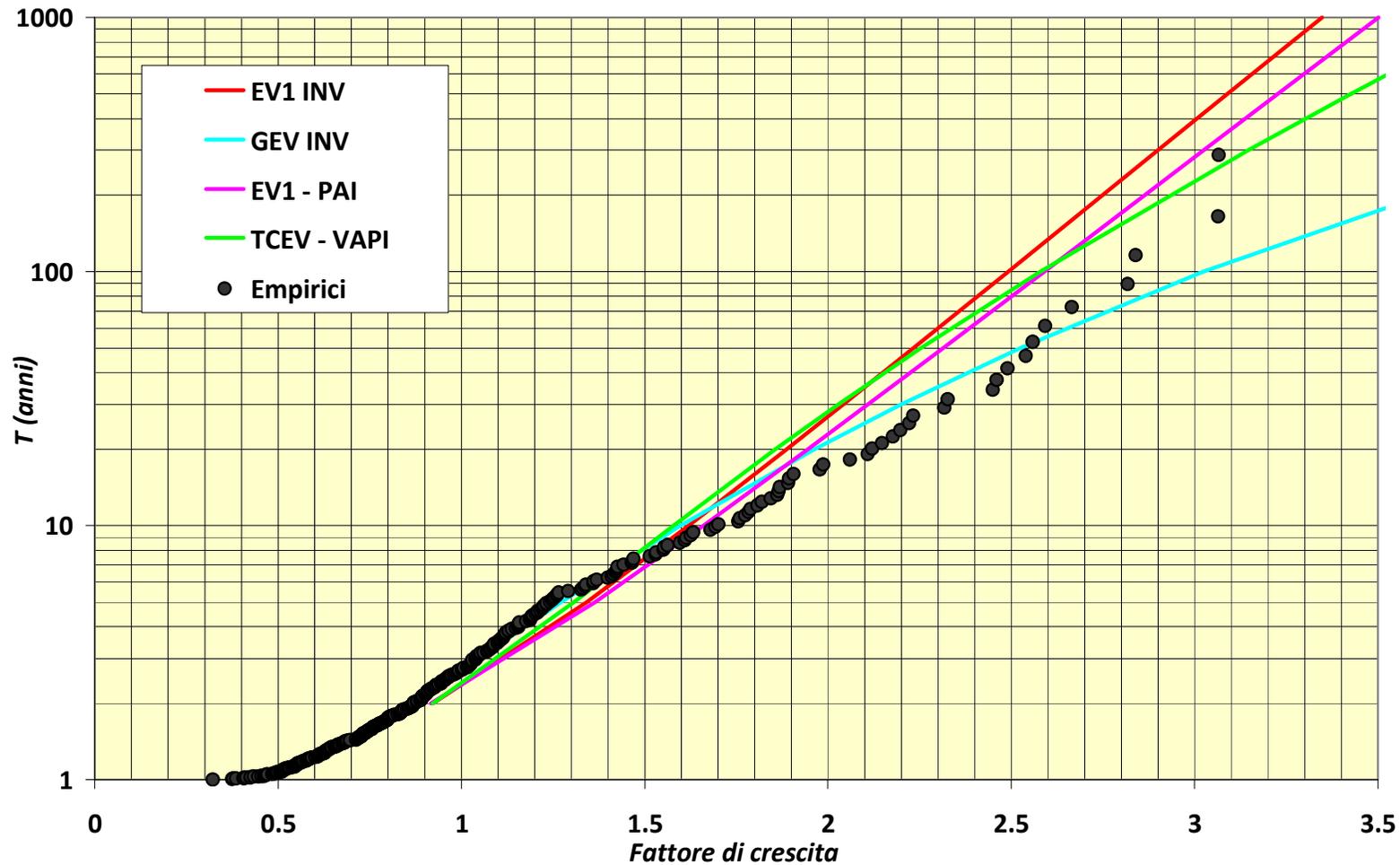


L'analisi dell'evento verificatosi l'1 Ottobre ha suggerito che più di 200 mm di pioggia si sono abbattuti in meno di 6 ore con un valore di picco di oltre 120 mm/h in 10 minuti.





Incerteza forzanti idrologiche





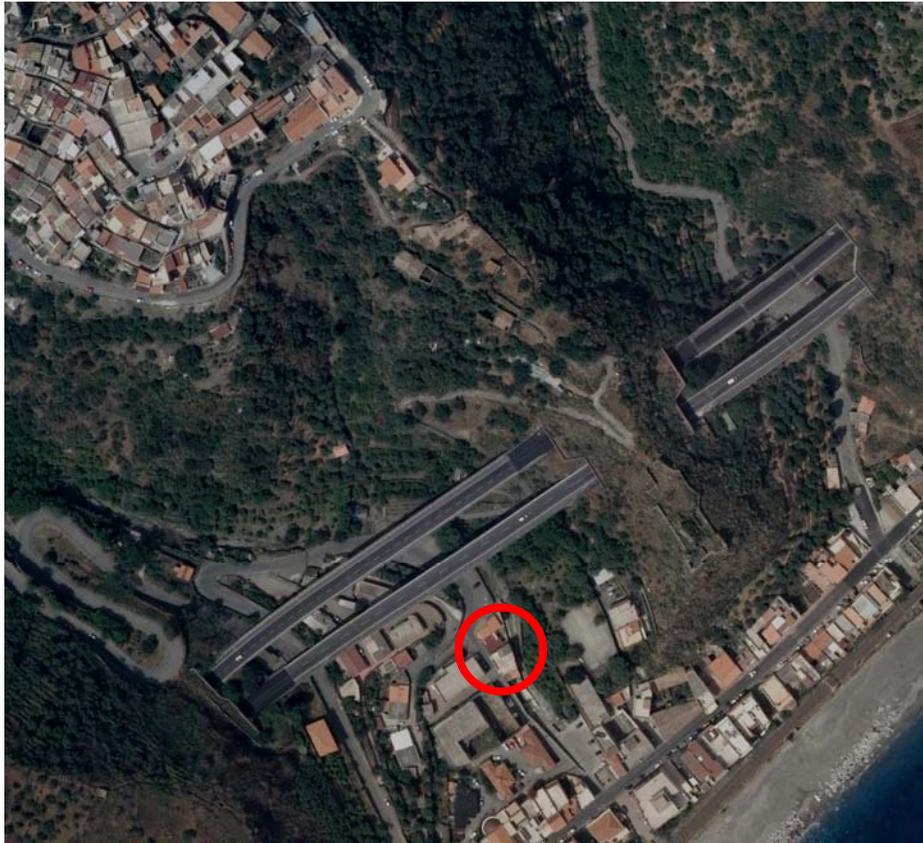
Pericolosità idraulica nel territorio montano italiano ed applicazione della Direttiva Europea "alluvioni", Bolzano 9-10 giugno 2011

Complicazioni geometriche.....





Complicazioni geometriche.....



before



after





Complicazioni geometriche.....

La casa nel cerchio....



prima



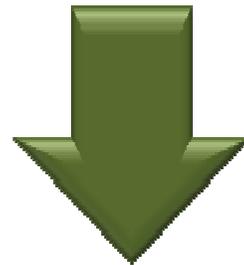
dopo



Incertezza nelle mappe

Gli utenti finali (soprattutto se ingegneri!) tendono a percepire le mappe in maniera esatta e deterministica ma...

le mappe dovrebbero includere tutti i possibili scenari di eventi, le loro probabilità associate ed i corrispondenti tempi di ritorno, ed i potenziali danni conseguenti ad essi, così come dovrebbe includere la valutazione dell'incertezza associata.

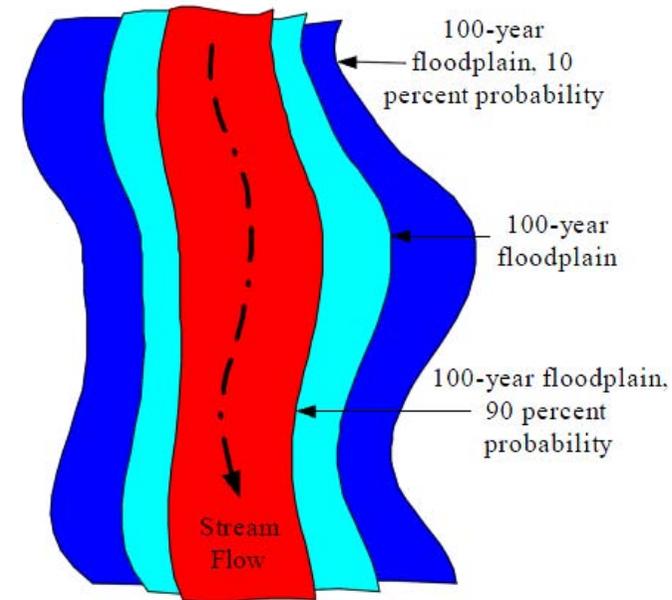
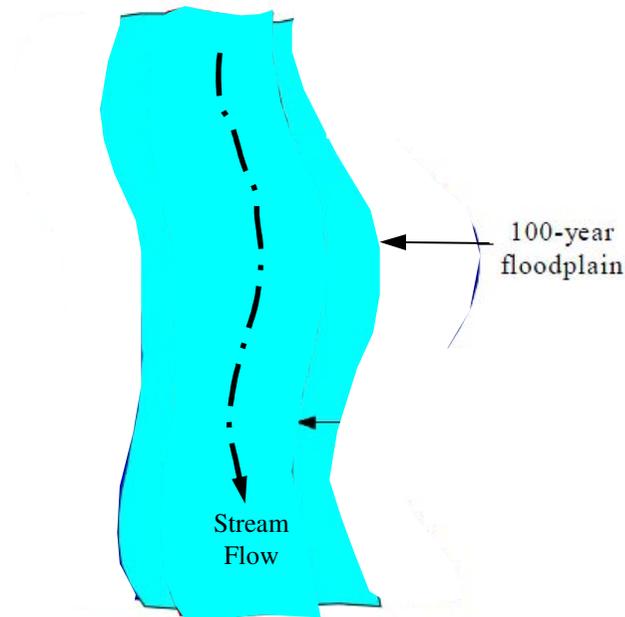


Approccio stocastico alla catena modellistica (simulazioni di "ensemble")

MAPPE DI PERICOLOSITA' "INCERTE"

Incertezza nelle mappe

Flood probabilities

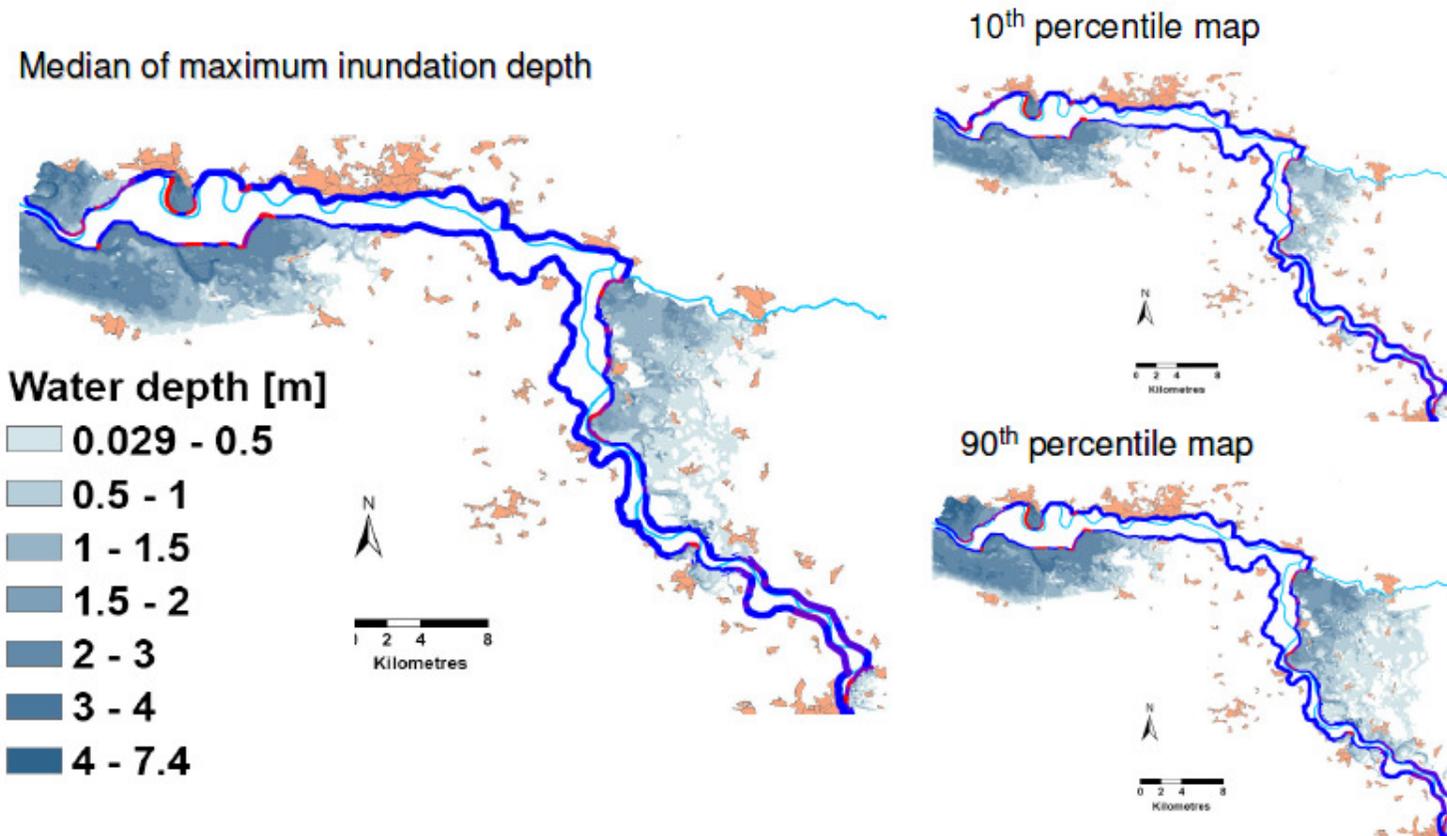


Necessità di passare da valutazioni deterministiche....

..... a valutazioni di "ensemble" che tengano conto delle diverse cause di incertezza



Incertezza nelle mappe



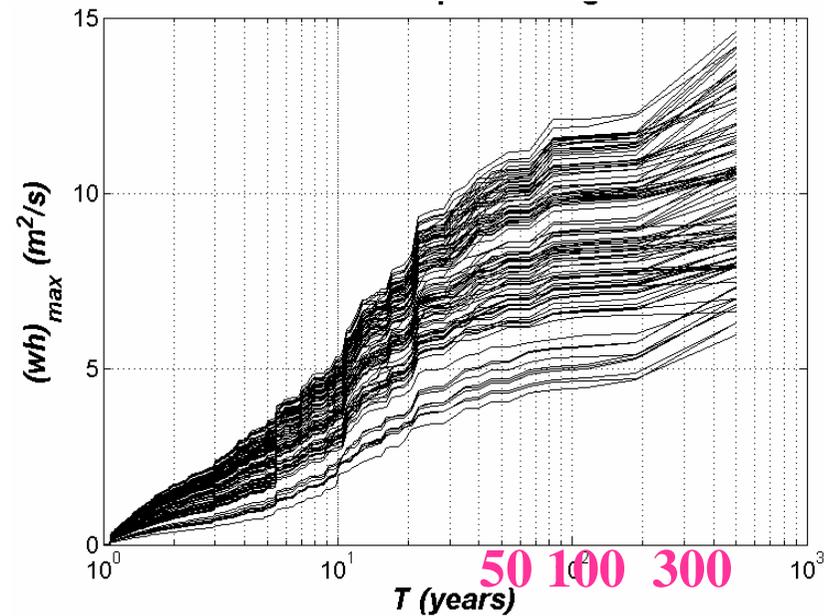
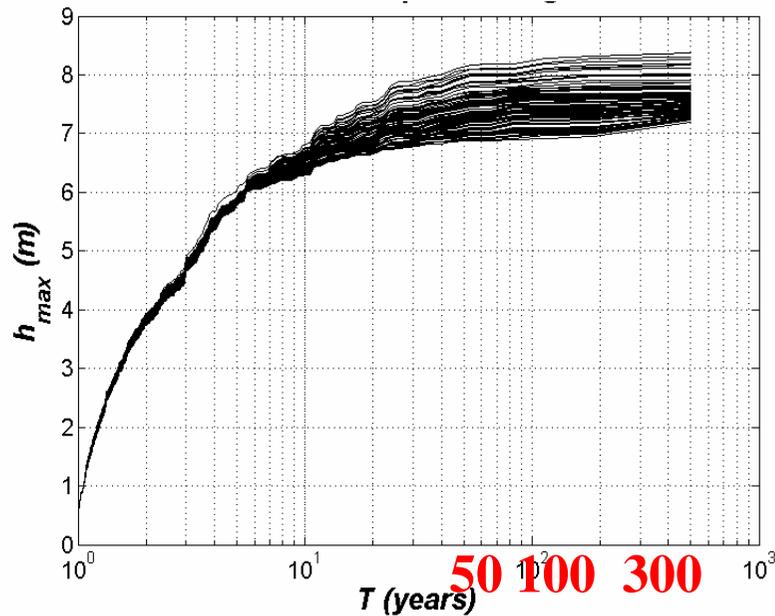
Flood probabilities (Vorogushin et al, 2007)



Incertezza nelle mappe

$$h_i^{flood} = \frac{\sum_{m=1}^n h_{i,m} L_m}{\sum_{m=1}^n L_m}; \quad (wh)_i^{flood} = \frac{\sum_{m=1}^n (wh)_{i,m} L_m}{\sum_{m=1}^n L_m}$$

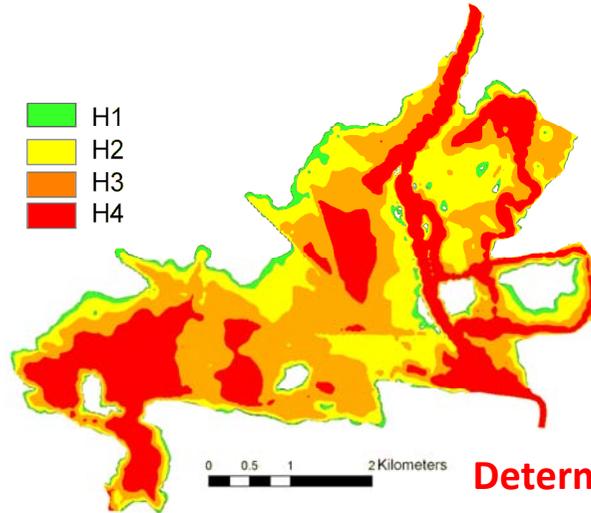
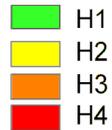
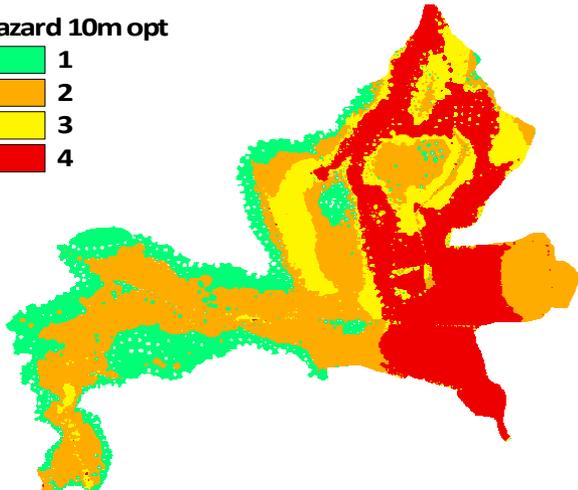
**Derivazione mappe in forma stocastica (Aronica et al, 2005)
 incertezza parametrica +
 incertezza forzanti idrologiche**





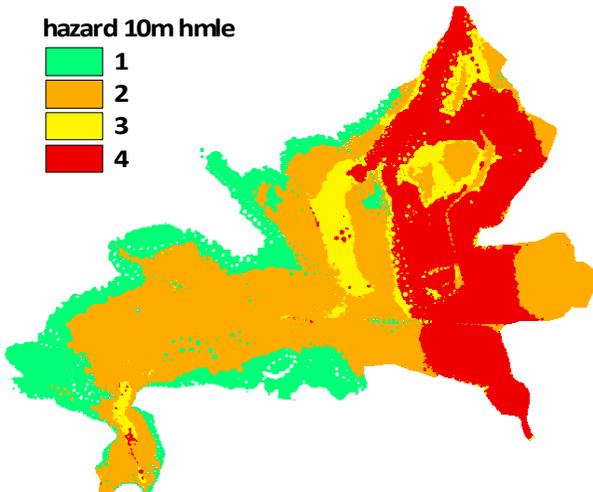
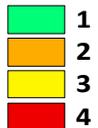
Incerteza nelle mappe

hazard 10m opt



Deterministica (PAI, Regione Sicilia)

hazard 10m hmle



	Pericolosità		
	50	100	300
$h < 0.3 \text{ m}$	H1	H1	H1
$w \cdot h < 0.7 \text{ m}^2/\text{s}$	H2	H2	H2
$w \cdot h > 0.7 \text{ m}^2/\text{s}$	H4	H3	H2
$h > 1.5 \text{ m}$	H4	H4	H3

da PAI Regione Sicilia (1999),
 Aronica et al., (2008)





FREIE UNIVERSITÄT BOZEN
LIBERA UNIVERSITÀ DI BOLZANO
FREE UNIVERSITY OF BOZEN - BOLZANO

Fakultät für Naturwissenschaften und Technik | Facoltà di Scienze e Tecnologie | Faculty of Science and Technology

Pericolosità idraulica nel territorio montano italiano ed applicazione della Direttiva Europea "alluvioni", Bolzano 9-10 giugno 2011



Grazie per la vostra attenzione