

27 Giugno 2019

Pietro Prestininzi

# La modellazione idraulica: complessità vs robustezza

Quale è il modello “migliore”?

# METTIAMOCI IN RIGA

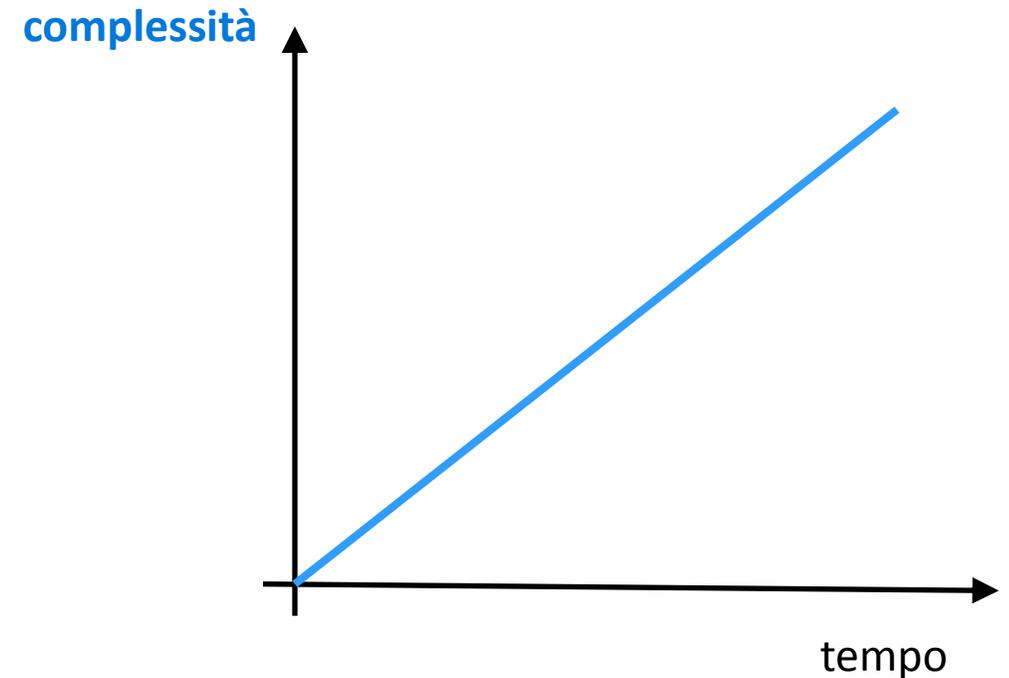




# Evoluzione della modellistica idraulica tecnica

## ***MIGLIORI APPROCCI MODELLISTICI:***

- **Anni '70-'80:**  
Modellazione 1D, moto stazionario, sezioni ideali, scabrezze «da manuale»
- **Anni '80-'90:**  
Modellazione 1D , moto stazionario, sezioni «realistiche», scabrezze «da manuale»
- **Anni '90-'10:**  
Modellazione 1D+2D, **moto vario**, sezioni **reali**, topografia golenale «**cruda**», scabrezze «da manuale»
- **Anni '00-'20:**  
Modellazione 2D, moto vario, sezioni reali, topografia golenale **accuratISSIMA**, scabrezze «da manuale»

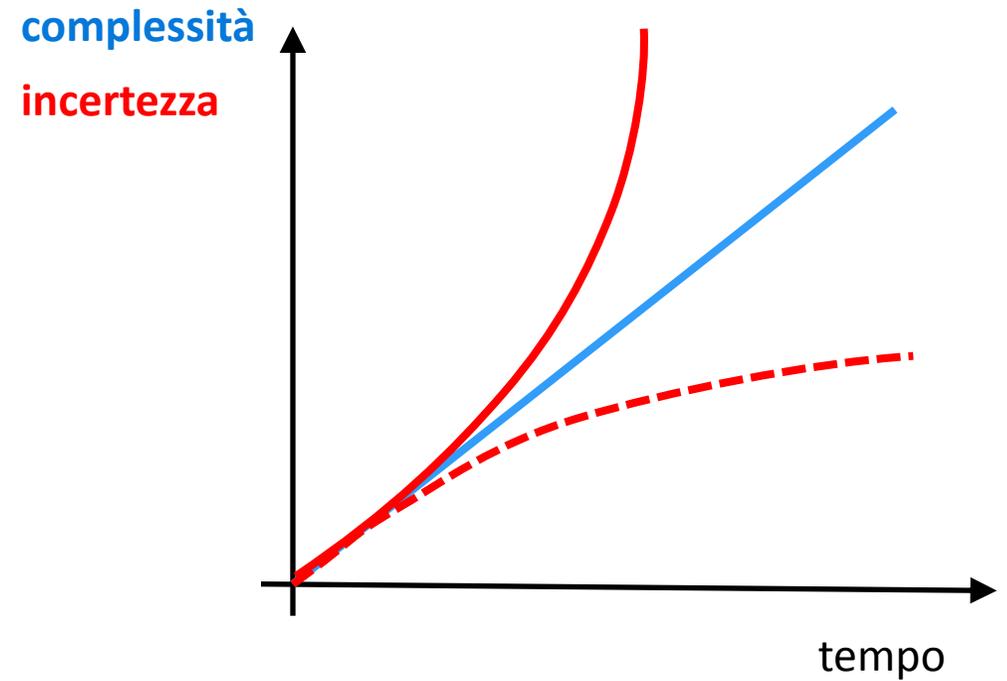




# Evoluzione della modellistica idraulica tecnica

Se c'è incremento di **dati** di buona qualità?

Se non c'è ...





# Di chi è la colpa?

SUA....



... ma anche SUA!



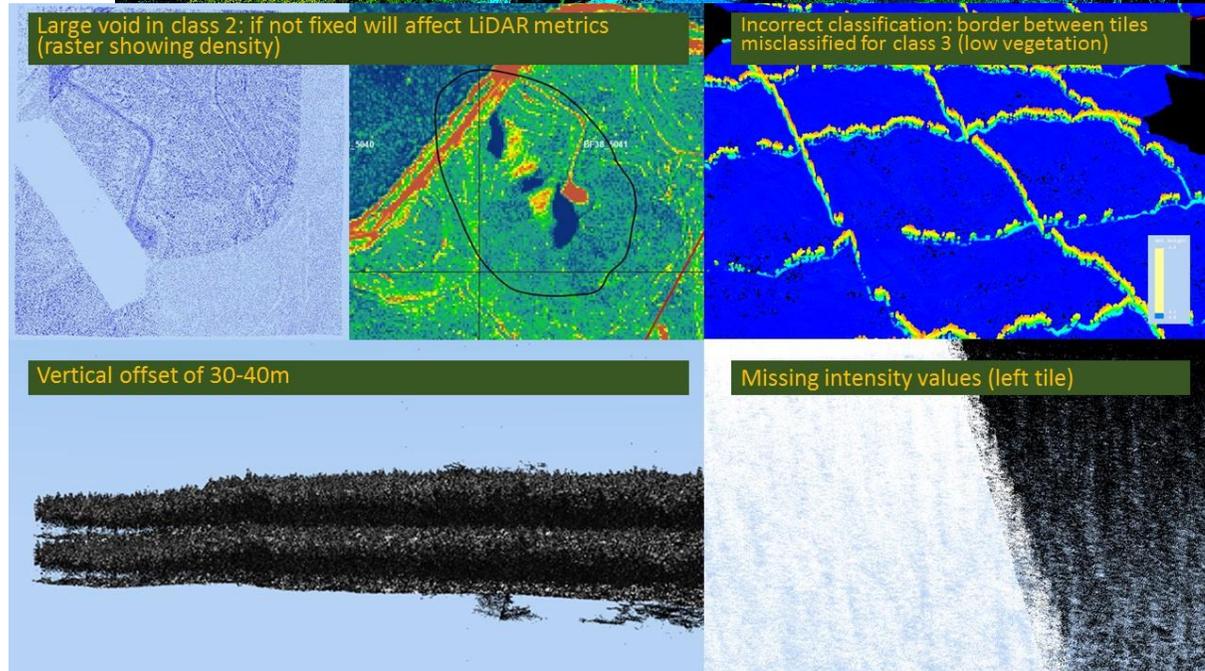
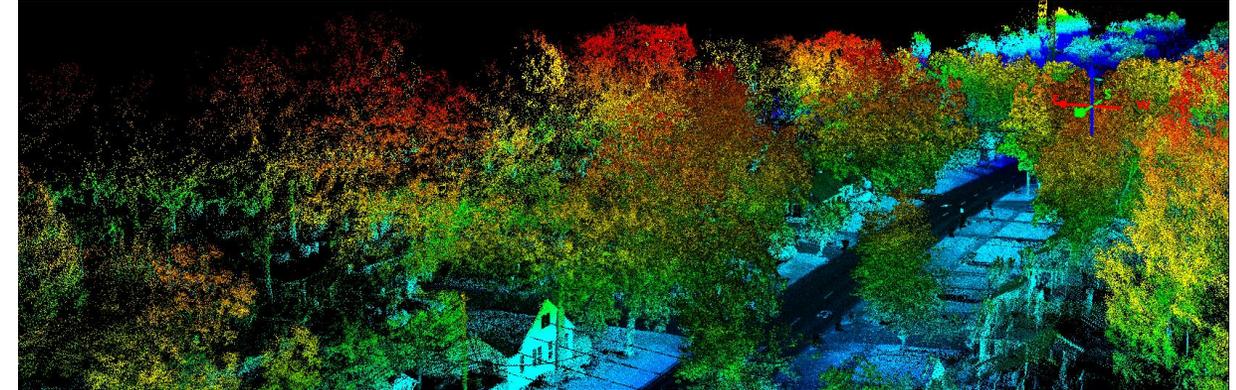


# Di chi è la colpa?

L'aumento di risorse computazionali a costo sempre più contenuto ha reso accessibili modelli idraulici **molto complessi**

Solo i dati topografici hanno avuto un incremento di qualità **apparentemente** straordinario

Grandi quantità di dati richiedono validazione!





# Di chi è la colpa?

Si è preferito investire risorse  
computazionali per

supportare la **complessità**

invece di ridurre

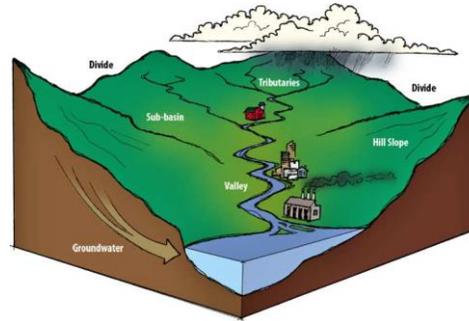
l'**incertezza** del risultato



# Di chi è la colpa?



Precipitazione



Concentrazione



Propagazione



Interazione

Si è sempre dato per scontato che, nella catena di modellazione del rischio idraulico, le fonti di incertezza della **propagazione** dell'onda fossero trascurabili rispetto alle altre



# Tale congettura è fondata?

Non lo so....

...ma letteratura scientifica insista da anni sulla necessità di includere una qualche stima dell'incertezza associata alla modellazione della propagazione di una onda di piena

Nat Hazards (2016) 83:S117–S132  
DOI 10.1007/s11069-016-2382-1

ORIGINAL PAPER

**Flood inundation mapping sensitivity to riverine spatial resolution and modelling a**

G. Papaioannou<sup>1</sup> · A. Loukas<sup>1</sup> · L. V. G. T. Aronica<sup>2</sup>

ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Advances in Water Resources 29 (2006) 1430–1449

www.elsevier.com/locate/advwatres

inundation

King Zheng<sup>d</sup>, Michael L. Follum<sup>b</sup>,

Influence of uncertain boundary conditions and model structure on flood inundation predictions

Florian Pappenberger<sup>a,\*</sup>, Patrick Matgen<sup>b</sup>, Keith J. Beven<sup>a</sup>, Jean-Baptiste Henry<sup>c,d</sup>, Laurent Pfister<sup>b</sup>, Paul Fraipont de<sup>d</sup>

journal homepage: www.elsevier

Journal of Hydrology

www.elsevier.com/locate/jhydro

HYDROLOGICAL PROCESSES  
*Hydrol. Process.* 30, 2014–2032 (2016)  
Published online 29 January 2016 in Wiley Online Library  
(wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/hyp.10749

**When does spatial resolution become spurious in probabilistic flood inundation predictions?**

James Thomas Steven Savage,<sup>1\*</sup> Paul Bates,<sup>1</sup> Jim Freer,<sup>1</sup> Jeffrey Neal<sup>1</sup> and Giuseppe Aronica<sup>2</sup>

G. Aronica,<sup>1</sup> P. D. Bates<sup>2\*</sup> and M. S. Horritt<sup>2</sup>

calibration of effective roughness parameters in inundation and downstream level observations

enberger<sup>a,\*</sup>, K. Beven<sup>a</sup>, M. Horritt<sup>b</sup>, S. Blazkova<sup>c</sup>

a-Pintado<sup>c,d</sup>,

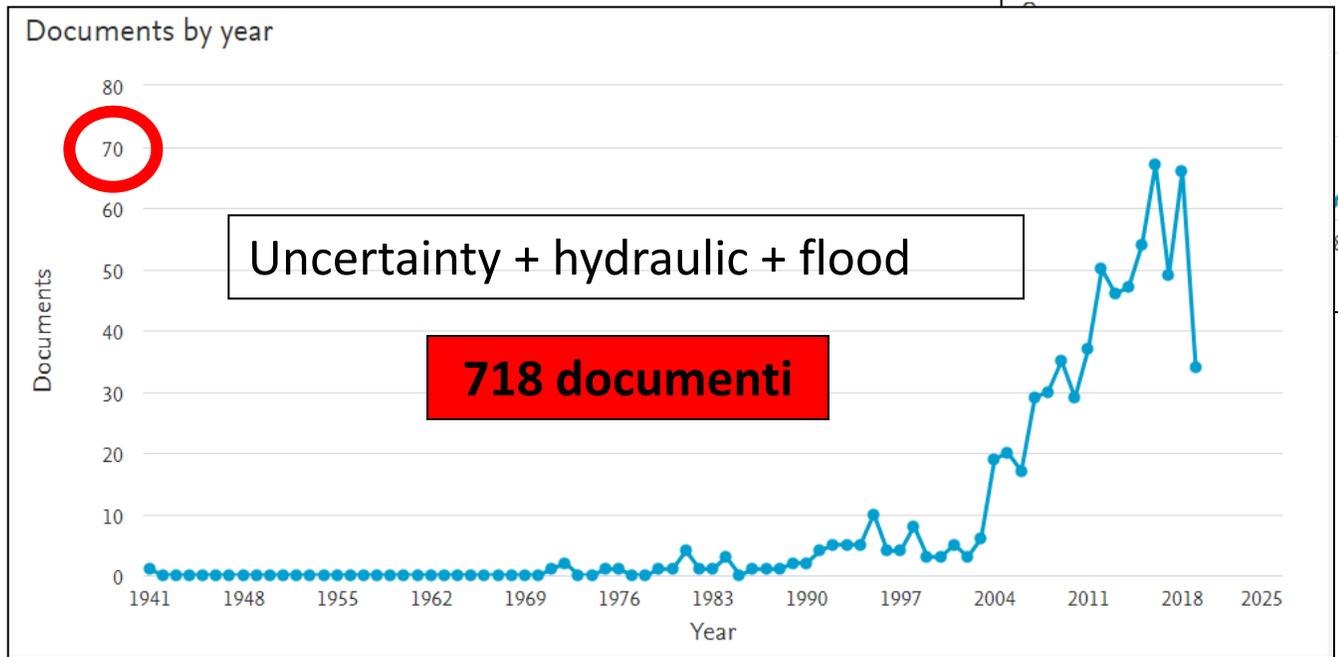
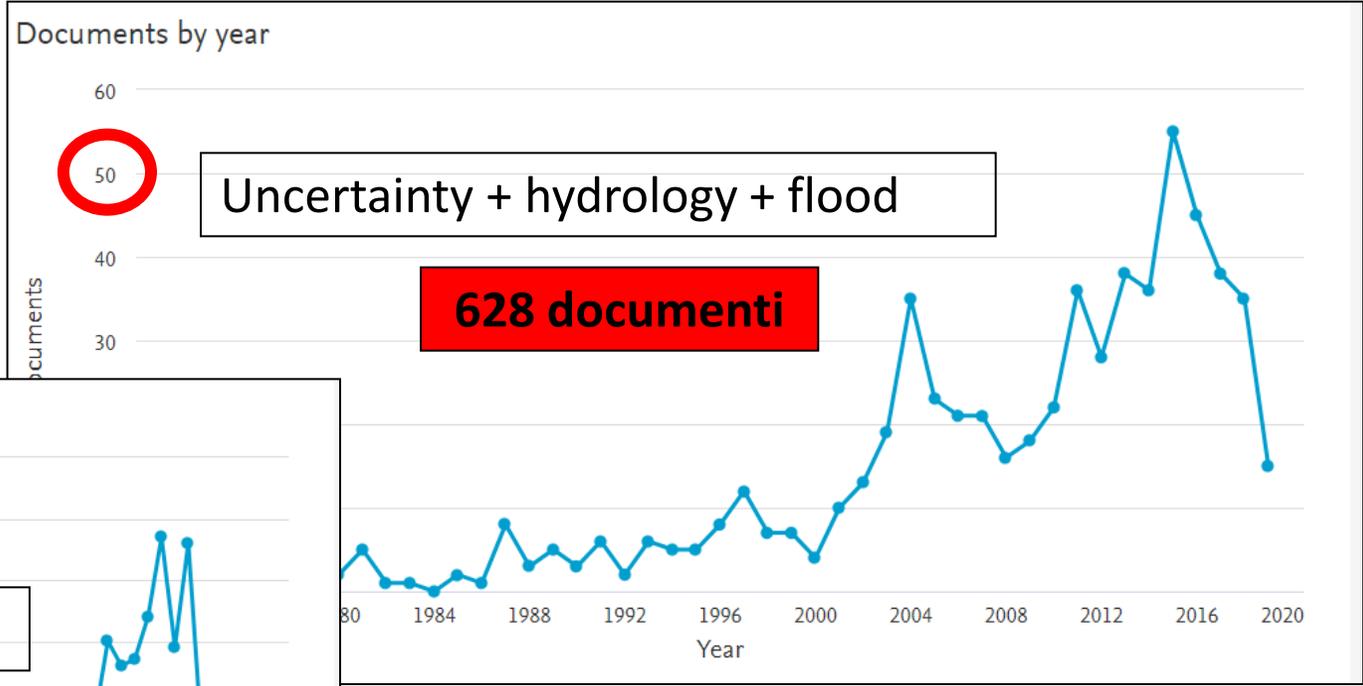
puted model predictions

ary pattern information within GLUE



# Tale assunzione è fondata?

Da Scopus:





# Cosa non conosciamo?

Fonti di incertezza associata alla modellazione della propagazione di una onda di piena:

- condizioni al contorno idrauliche (inflow e outflow)
- scabrezza
- dinamica: (1D, 1D+2D, 1D+2D+3D)
- topografia: alveo (forma, stabilità, scale di deflusso) + strutture



# Cosa non conosciamo?

IN CHE ORDINE?

- condizioni al contorno idrauliche (inflow e outflow)

- scabrezza

- dinamica: (1D, 1D+2D, 1D+2D+3D)

- topografia: alveo (forma, stabilità, scale di deflusso) + strutture



# Cosa non conosciamo?

La scabrezza ha un effetto minimo **nel campo dei suoi valori «fisicamente plausibili»**



**EQUIFINALITA'**

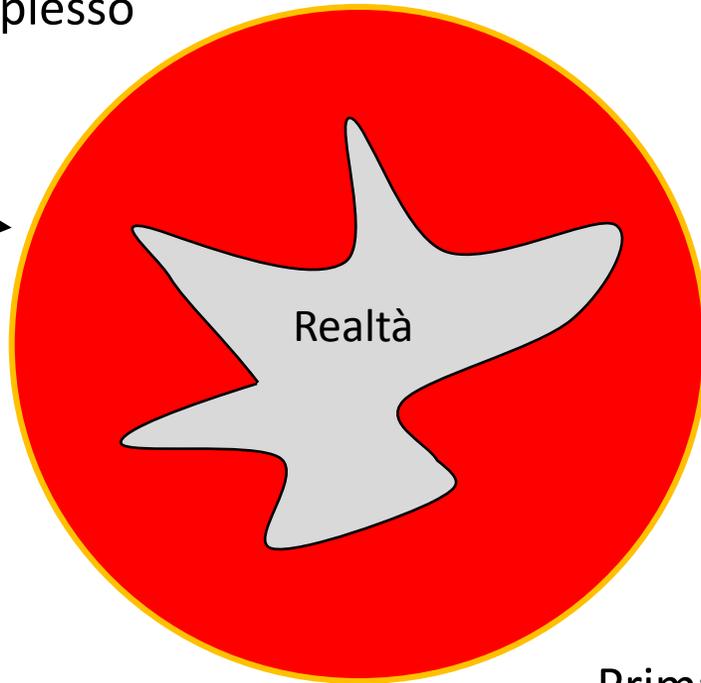
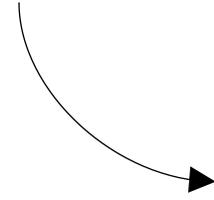
forzare un modello a riprodurre dei dati (**calibrazione**) fa sì che la variazione dei suoi parametri sia solo parzialmente riconducibile alla fisica del processo che essi rappresentano: per la restante parte essi si fanno carico di «rappresentare» processi fisici non (o mal) inclusi nel modello stesso

- scabrezza

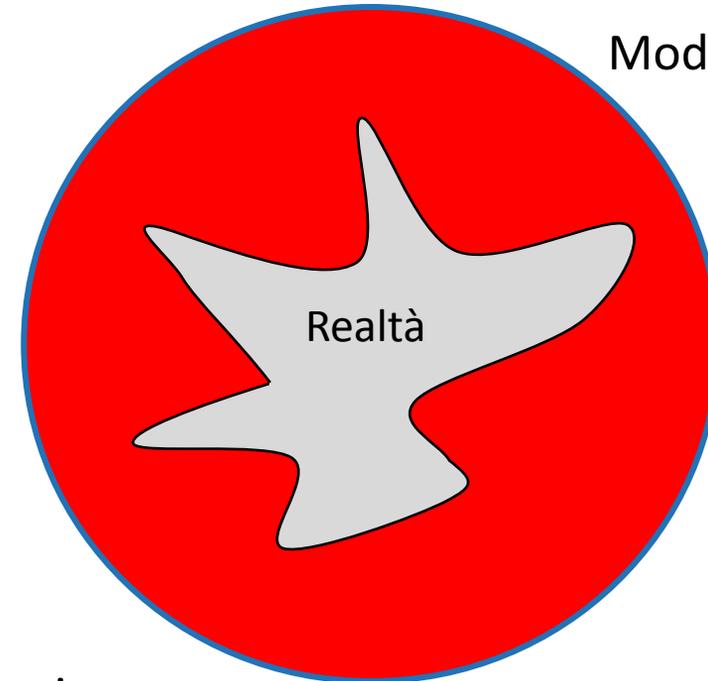
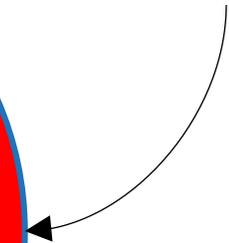


# Calibrazione e validazione

Modello più complesso



Modello meno complesso

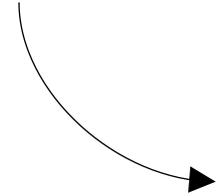


Prima della calibrazione:  
potenzialmente  
commettono lo stesso  
errore

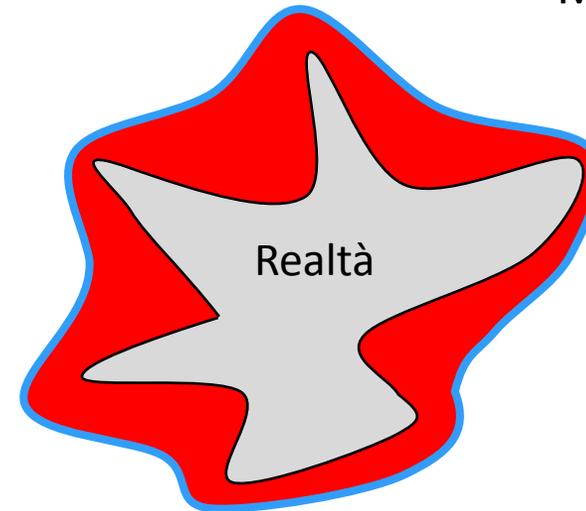
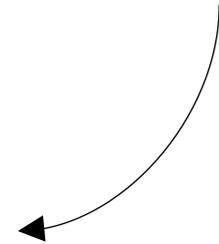


# Calibrazione e validazione

Modello più complesso



Modello meno complesso

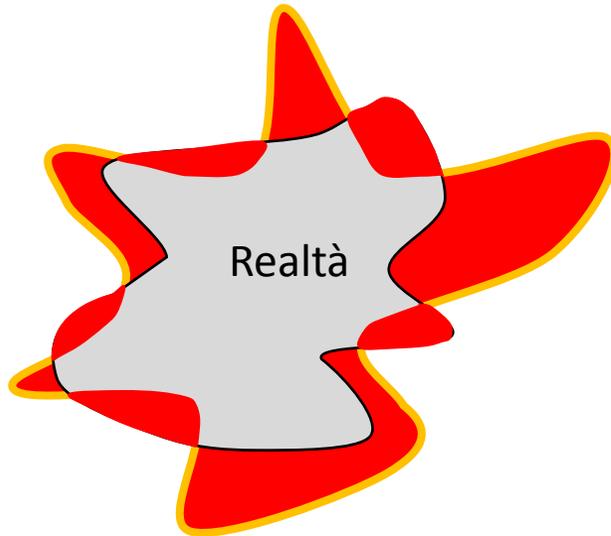


Dopo calibrazione

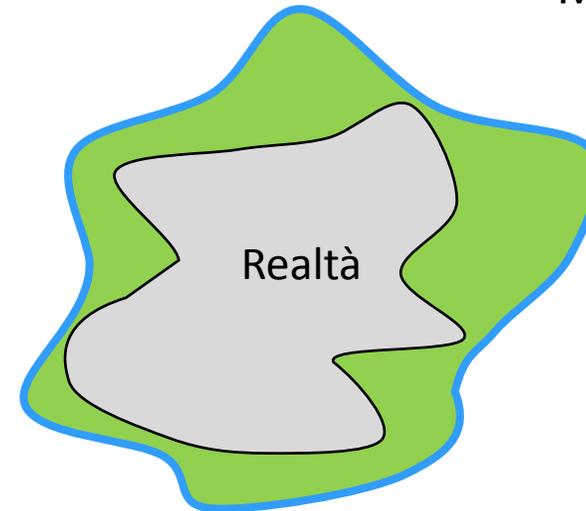


# Calibrazione e validazione

Modello più complesso



Modello meno complesso



In previsione:

Il modello complesso, calibrato su poche realizzazioni, è in «overfitting»



# Calibrazione e validazione

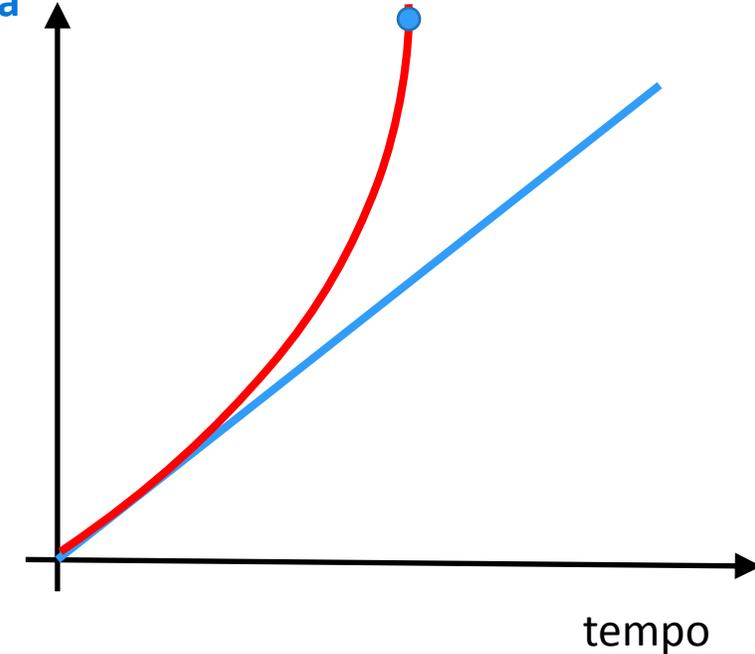


Le risorse di calcolo sono buone ma non infinite.

E' meglio scegliere il modello più complesso che però ci consente di affrontare processi di:

- calibrazione – validazione
- analisi di sensibilità

complessità  
incertezza

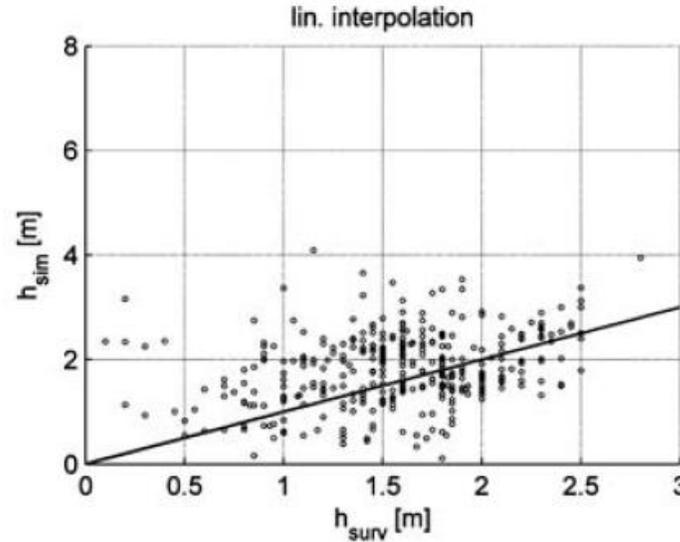




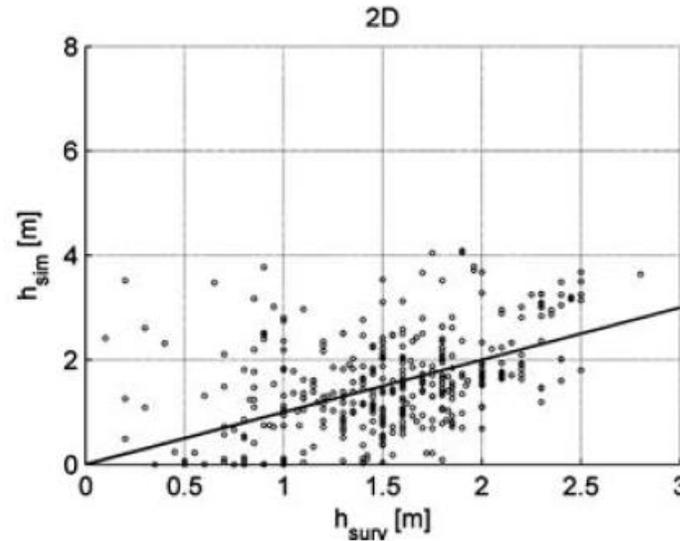
# Calibrazione e validazione

Quando i dati a disposizione sono pochi, ci sono studi che dimostrano come modelli semplici garantiscono risultati

**molto più robusti di modelli complessi**



← Interpolazione lineare tra punti delle scale di deflusso



← Modellazione completamente 2D

*Apel et al. 2009*



# Cosa è auspicabile che accada?

E' auspicabile che si riconosca l'importanza di acquisire **dati numerosi e buoni**  
(il **catasto degli eventi** è un'ottima iniziativa)

E' auspicabile che il committente richieda che uno studio di pericolosità idraulica fornisca un **risultato associato ad un intervallo di confidenza** che tenga conto delle **assunzioni fatte in sede di modellazione idraulica**.

E' auspicabile che si interrompa la **rincorsa all'utilizzo del modello più complesso**, riconoscendo ad esempio, l'impossibilità di includere alcune grandezze nella quantificazione della pericolosità idraulica  
(e.g. le **velocità di flusso** sono un concentrato di fonti di incertezza)



# Come dovrebbe cambiare la perimetrazione delle aree?

Si dovrebbe avviare la transizione verso una probabilità di inondazione che **tenga conto ANCHE dell'incertezza della modellazione idraulica...**

...associando a ciascun pixel  $i$  della mappa una probabilità di essere inondato  $P_i^{flood}$

....come?



# Come dovrebbe cambiare la perimetrazione delle aree?

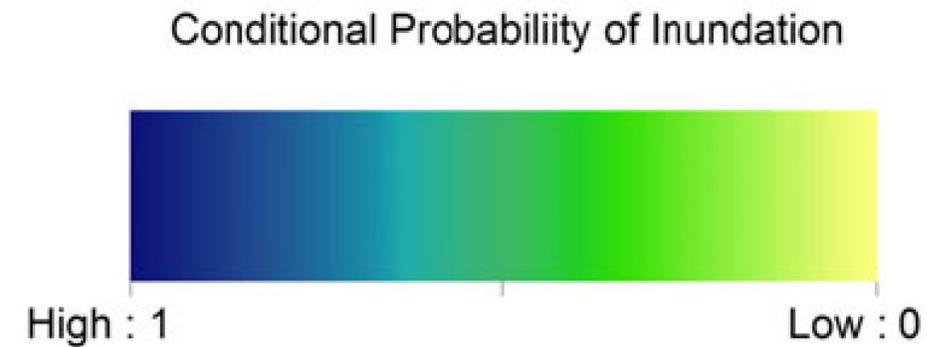
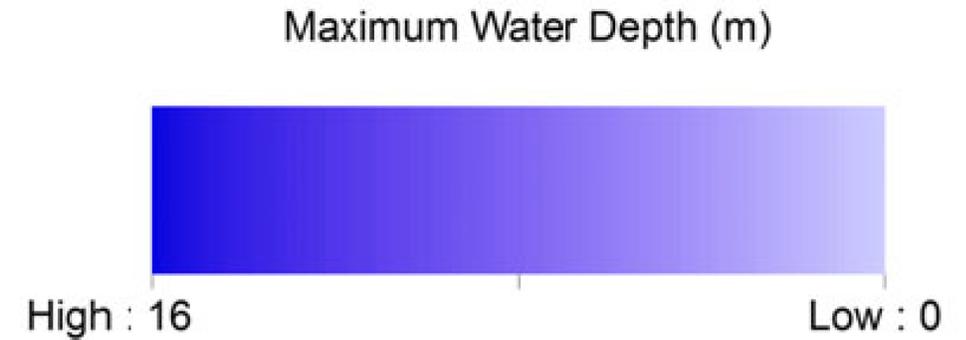
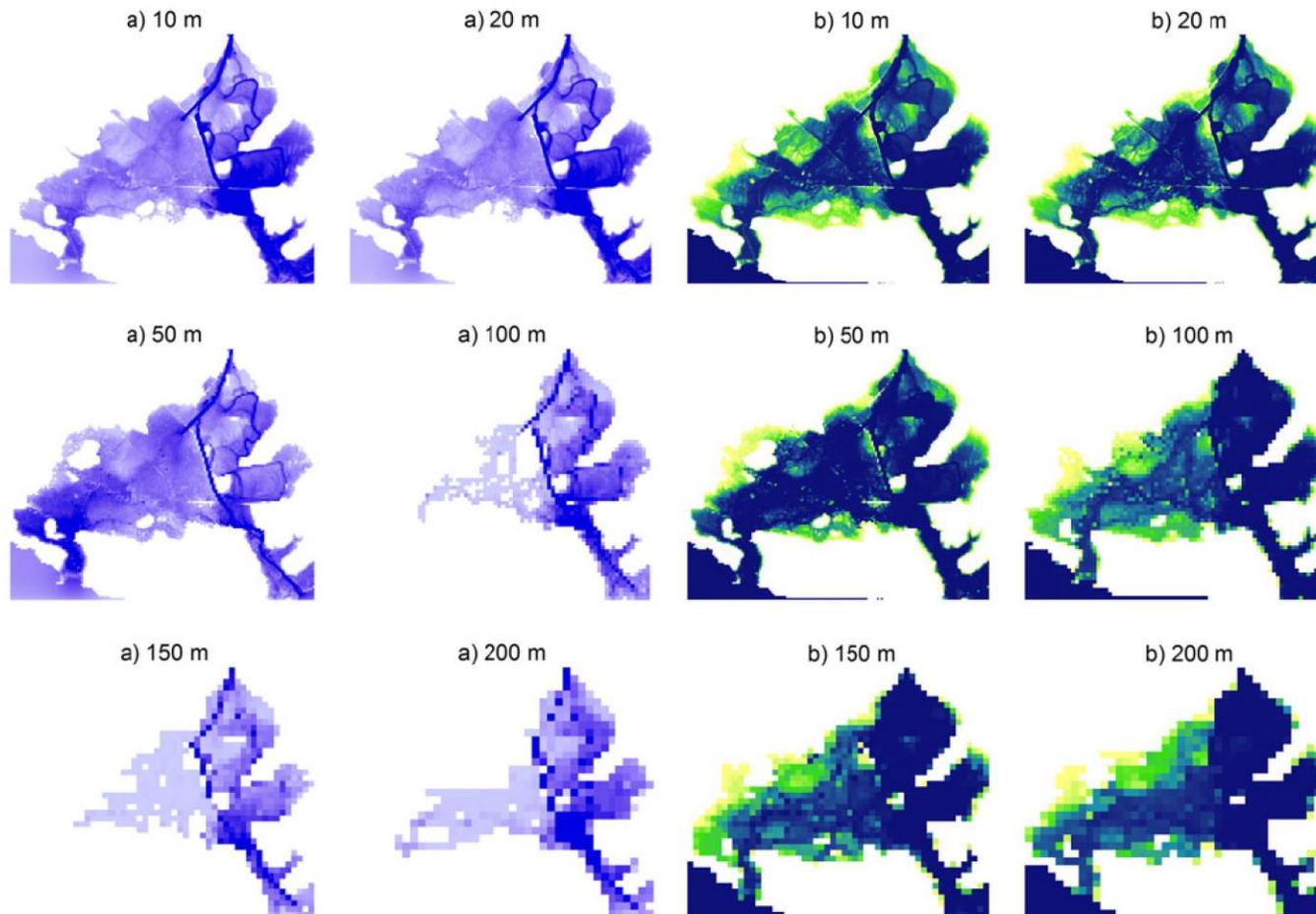
Se voglio stimare l'incertezza associata ad un certo parametro, lo faccio variare e quantifico l'**accordo** di ogni modello  $j$  risultante **con le osservazioni** attraverso una metrica  $F_j$  (MAE, RMSE, NS, ecc..)

Utilizzo tale metrica per pesare la risposta **binaria** (inondata/non inondata)  $f_{ij}$  di ogni modello  $j$  in ogni punto  $i$

$$P_i^{flood} = \frac{\sum_j f_{ij} F_j}{\sum_j F_j}$$



# Come dovrebbe cambiare la perimetrazione delle aree?

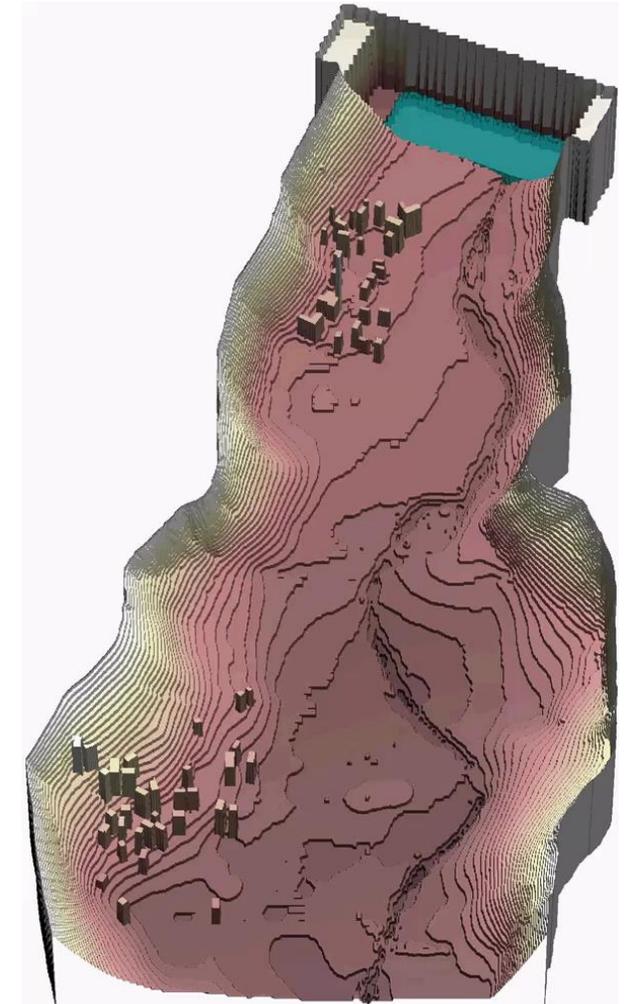


*Aronica et al. 2002*



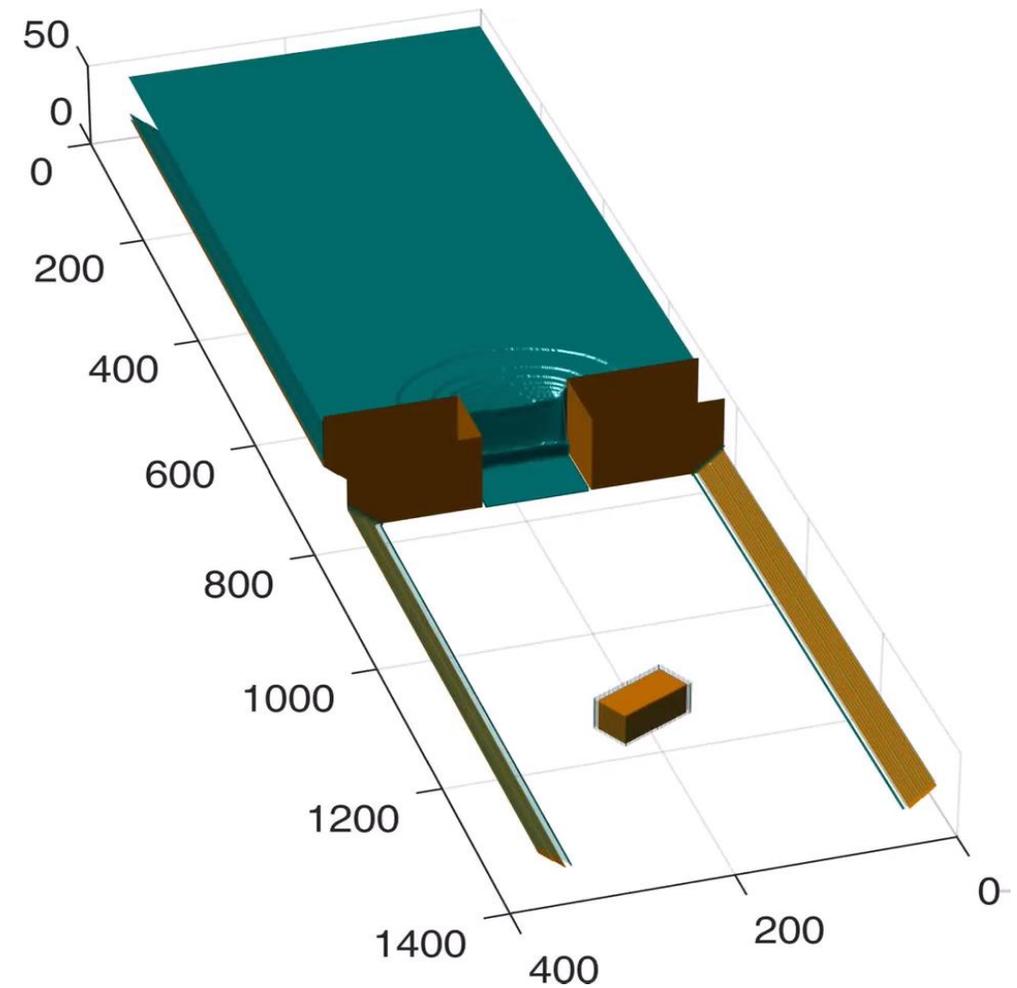
# Cosa facciamo noi (lato ricerca) nel frattempo?

Modellazione 3D a livello di bacino!





# Cosa facciamo noi (lato ricerca) nel frattempo?

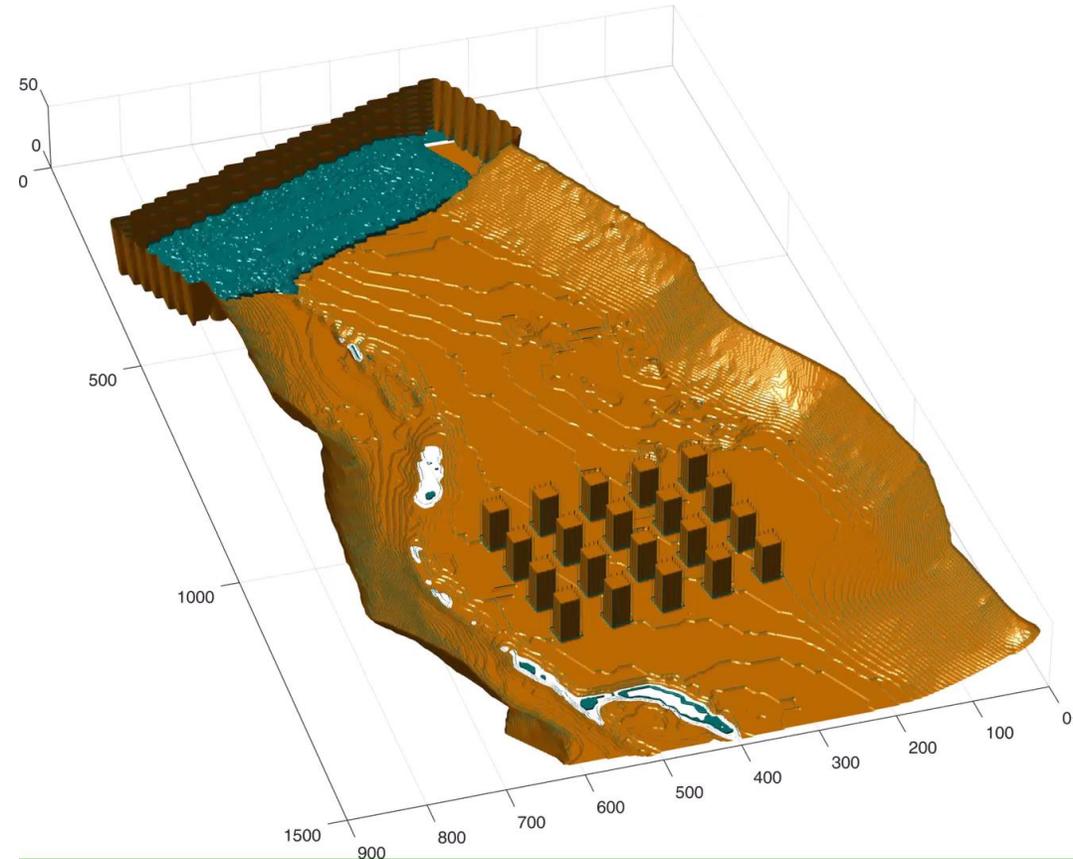


**METTIAMOCI  
IN RIGA**



# Cosa facciamo noi (lato ricerca) nel frattempo?

Modellazione 3D a livello di bacino!





Grazie per l'attenzione