

A scenic view of a stone building with a waterfall cascading over rocks in the foreground. The building is multi-story with many windows, some of which are boarded up or have missing panes. The waterfall is in the center, flowing over large, dark rocks. The background shows trees and a bridge.

# Previsioni AI per alluvioni: nuovi modelli per monitorare fiumi minori

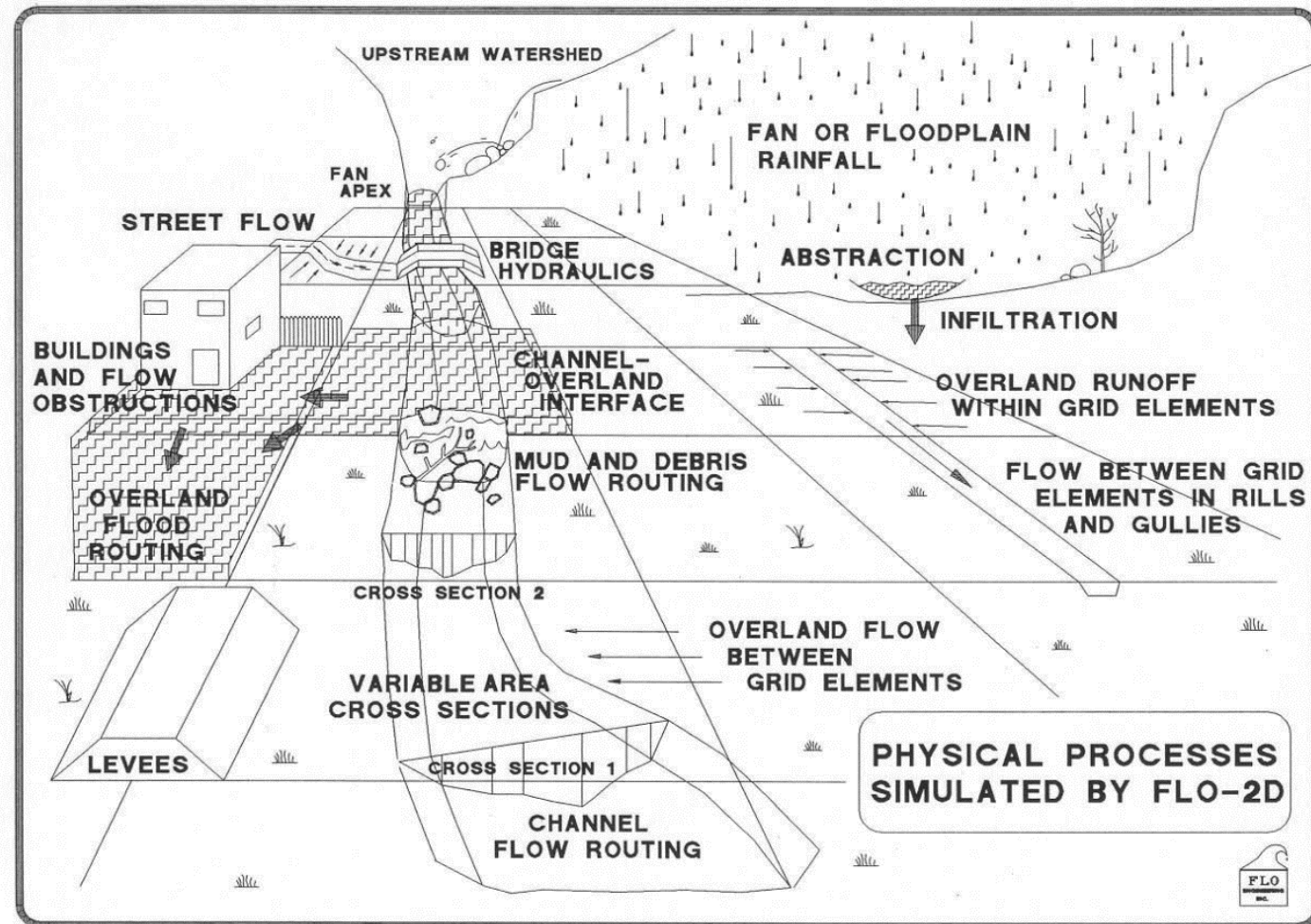
---

Dott. Marco Luppichini

11 Giugno 2025

Empoli

# Metodi «tradizionali» di modellistica idraulica



# Le difficoltà nei metodi tradizionali



Come inserire un processo fisico in uno strumento computazionale (equazioni, approssimazioni, metodi di risoluzione)



Reperimento e qualità dei dati per la quantificazione dei processi fisici

# Un mare di dati

---

201 stazioni idrometria (frequenza 15 minuti)

---

380 stazioni pluviometriche (frequenza 15 minuti)

---

250 stazioni termometriche (frequenza 15 minuti)

---

142 stazioni di anemometria (frequenza 15 minuti)

---

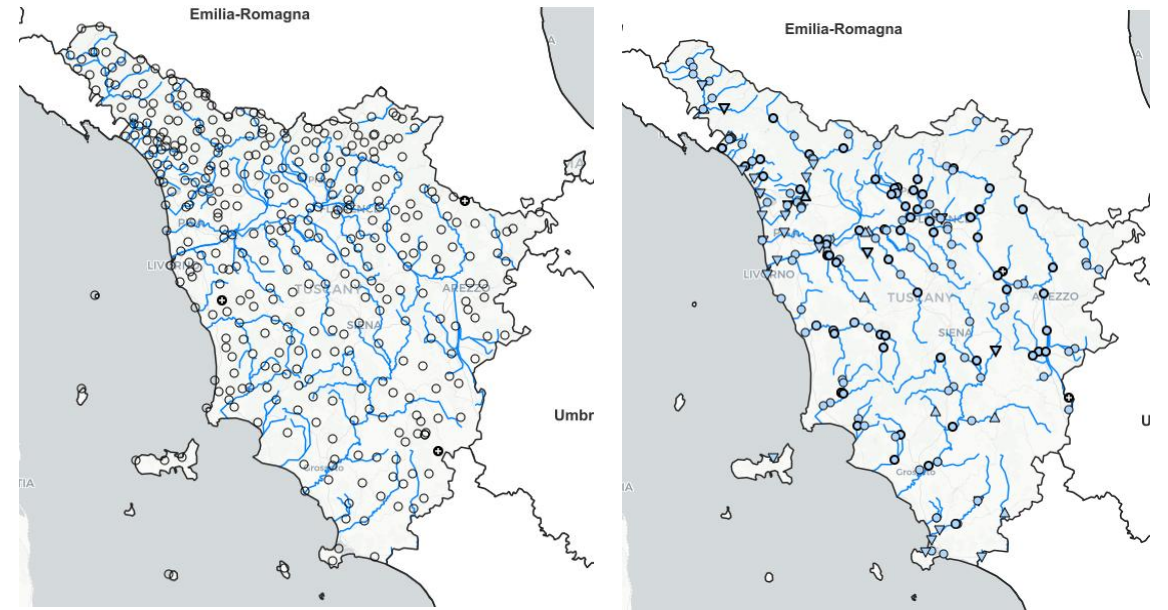
204 stazioni di igrometria (frequenza 15 minuti)

---

E molte altre

---

Fonte: Site web - Servizio idrologico Regionale (23-05-2024)



Stima di circa  
40,000,000 dati/anno

Come possiamo utilizzare e sfruttare  
questi dati?



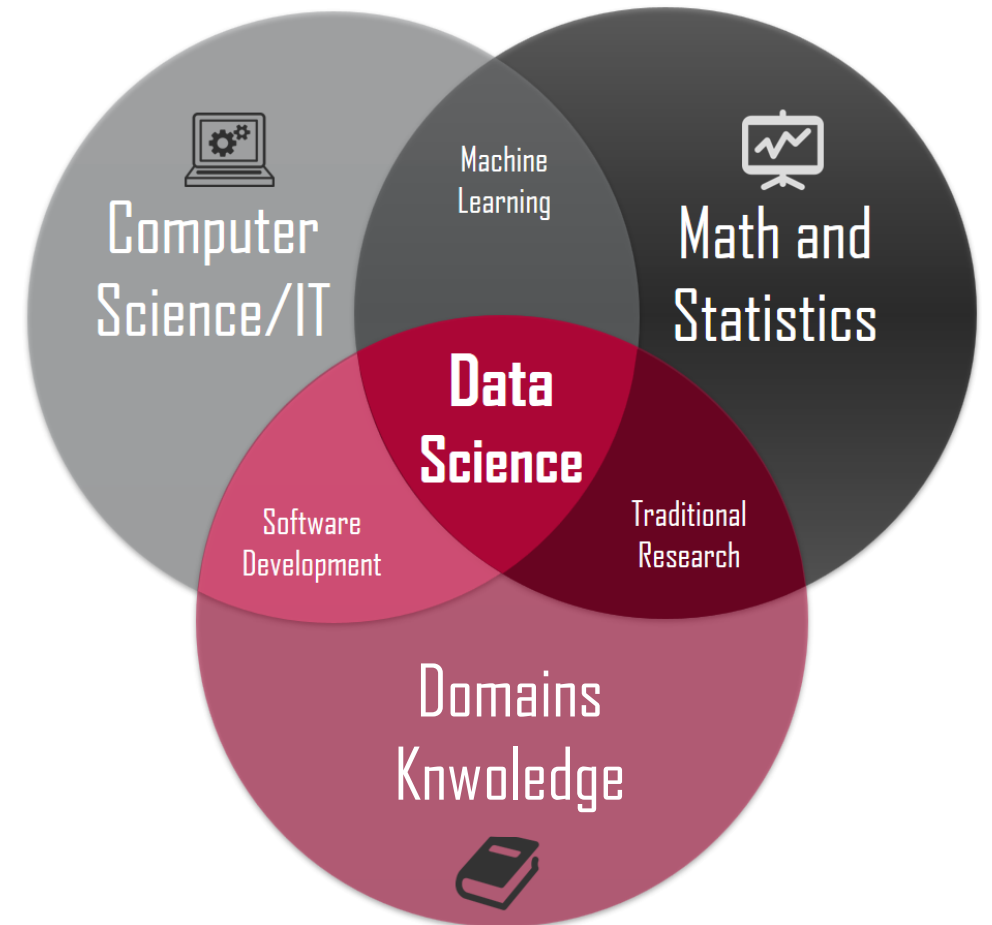
# Data sciences

La data science è l'interdisciplinare studio scientifico di dati strutturati e non strutturati per ottenere insights e informazioni utili.

Gli utilizzi possono esser molti come la Previsione di trend, Analisi dei sentimenti, Ottimizzazione dei processi, Raccomandazioni personalizzate, etc.

I principali step:

1. Acquisizione dei dati
2. Preparazione dei dati
3. Analisi dei dati
4. Modellazione dei dati
5. Valutazione e interpretazione
6. Comunicazione dei risultati



# Procedimento logico



**Dati**



**Modello**

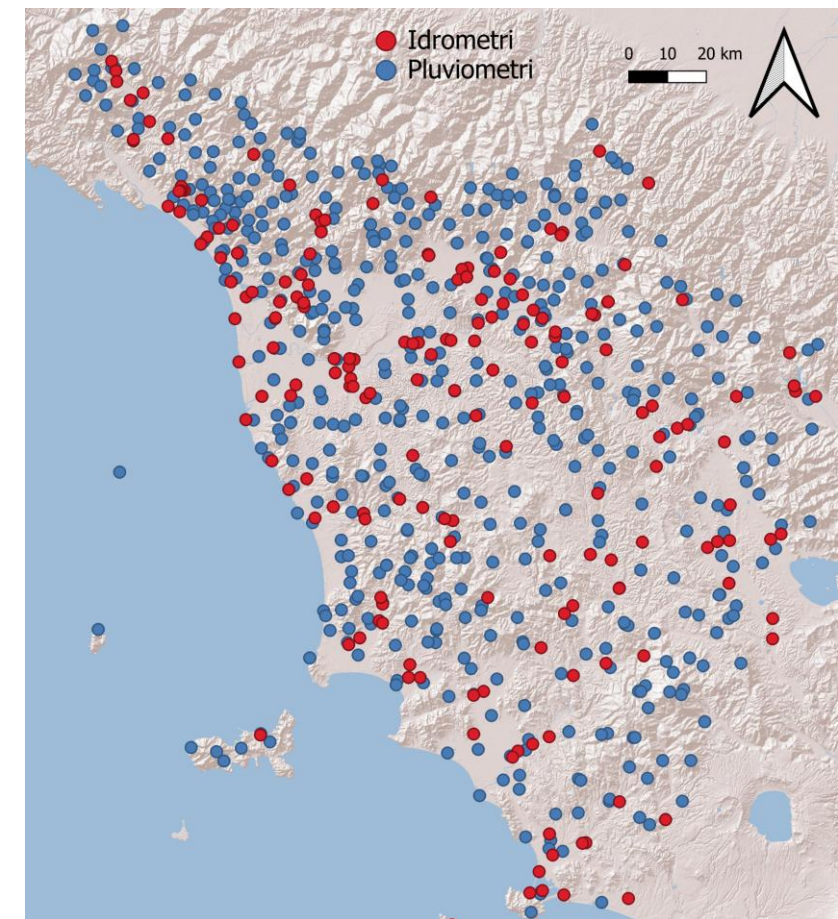
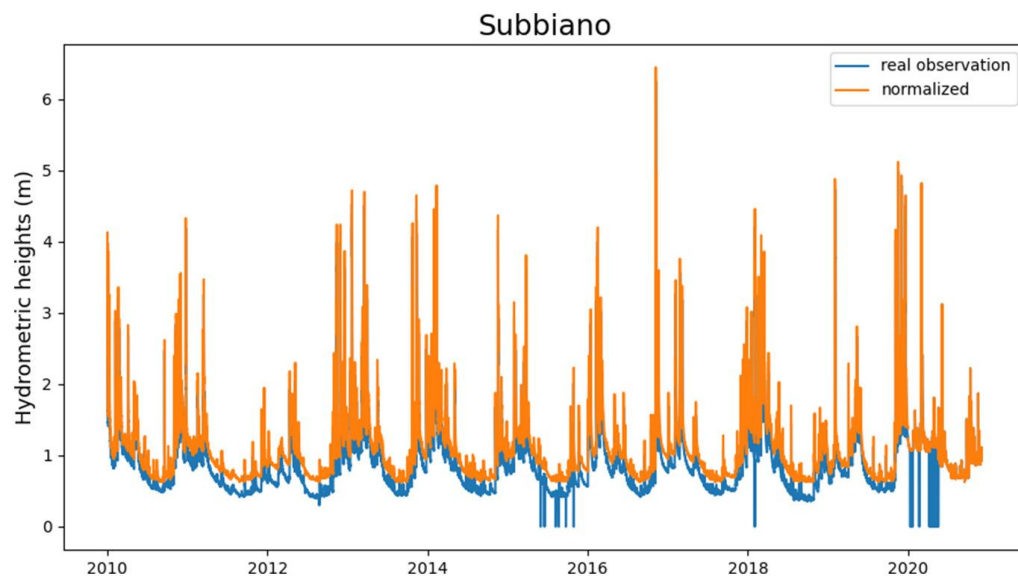


**Output**

Si utilizzano dati di pioggia e di idrometria con una frequenza di campionamento di 15 minuti

Si selezionano le serie storiche idrometriche (output) per le quali vogliamo avere un modello predittivo

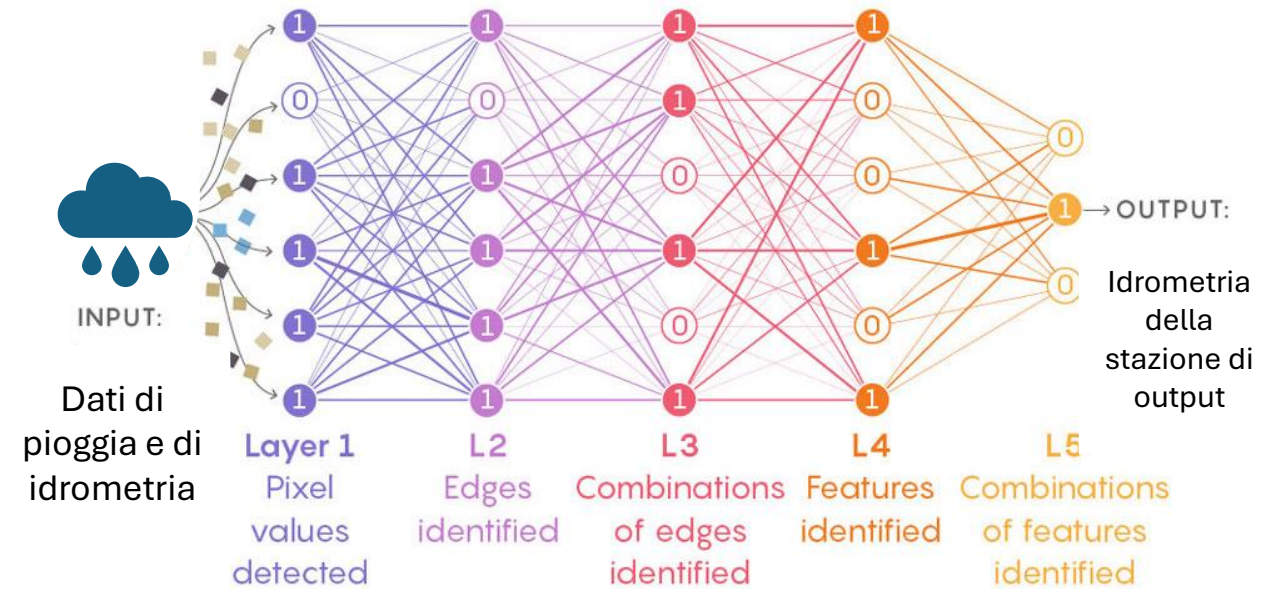
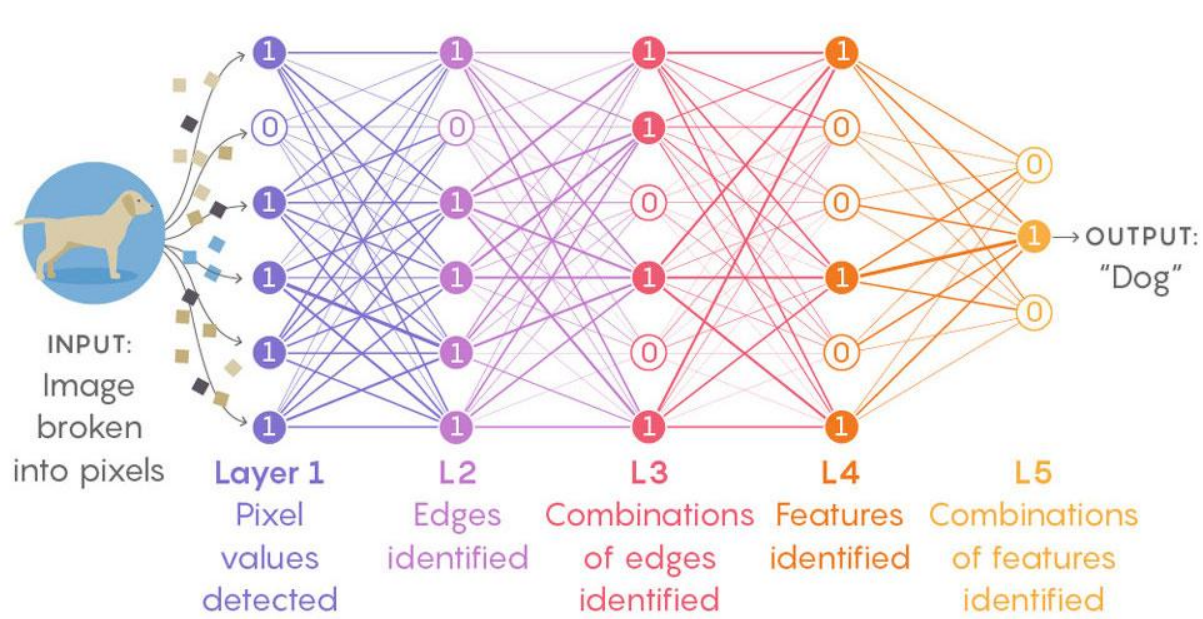
Si gestiscono e manipolano le serie storiche correggendo le derive e valori errati



- Per ogni modello si selezionano gli idrometri e i pluviometri che possano essere utili per la costruzione del modello

# Il modello




- Si applica un modello di Deep Learning con specificità per l'analisi di serie storiche
- L'addestramento è basato su una rete neurale profonda
- Viene costruito un modello per ogni tempo di preavviso

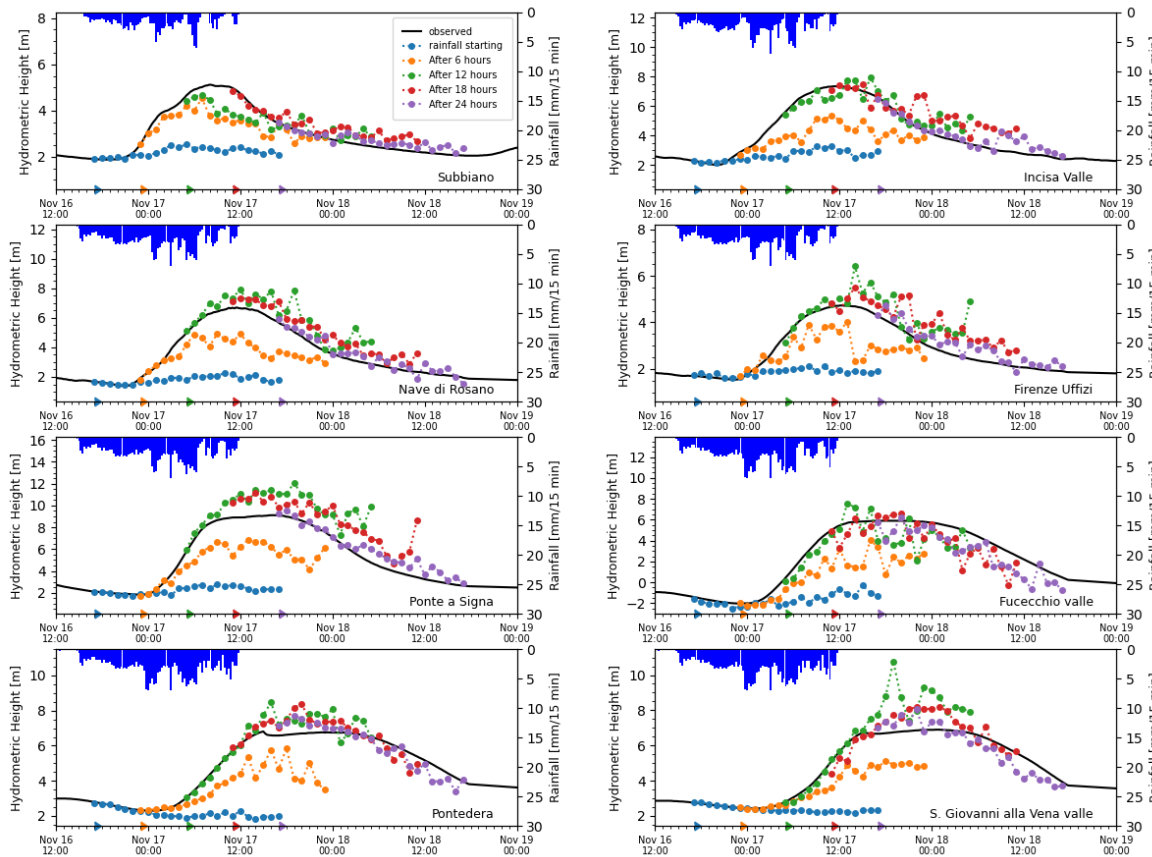


# Una sperimentazione nata sul F. Arno

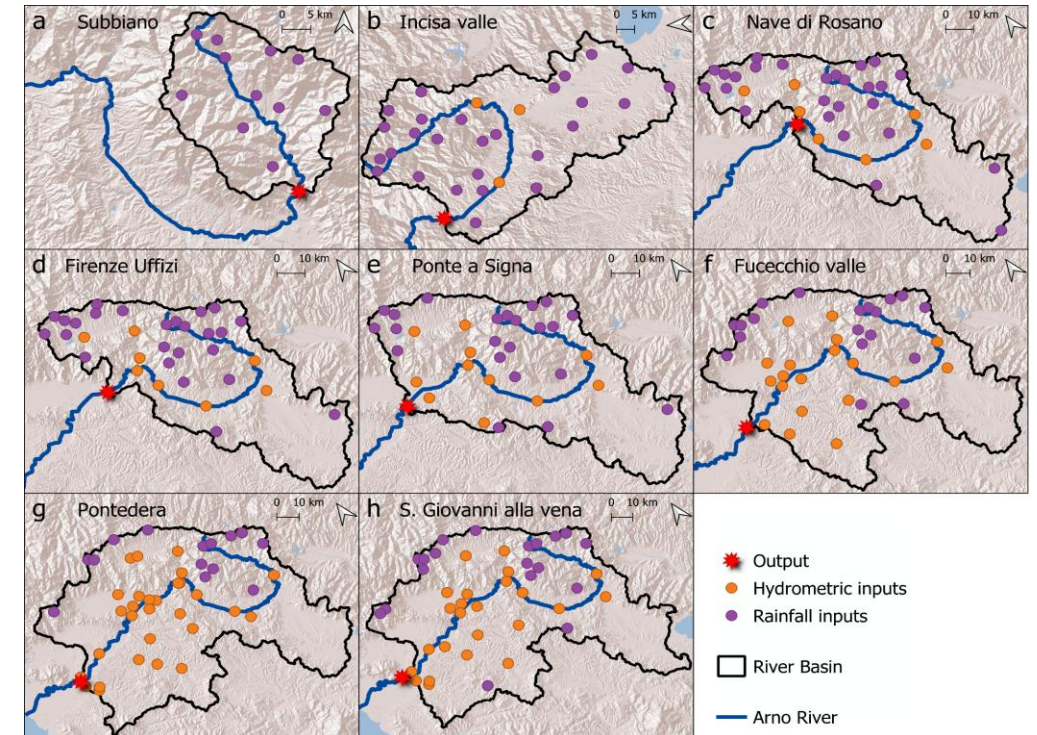
Research Paper

## Deep learning models to predict flood events in fast-flowing watersheds

Marco Luppichini<sup>a b</sup>  , Michele Barsanti<sup>c</sup> , Roberto Giannecchini<sup>b d e</sup> ,  
Monica Bini<sup>b d f</sup> 



Esempio: 17 Novembre 2019



# La sfida del Consorzio di Bonifica 1 Toscana Nord

Studio finalizzato alla realizzazione di modelli su bacini di piccole dimensioni:

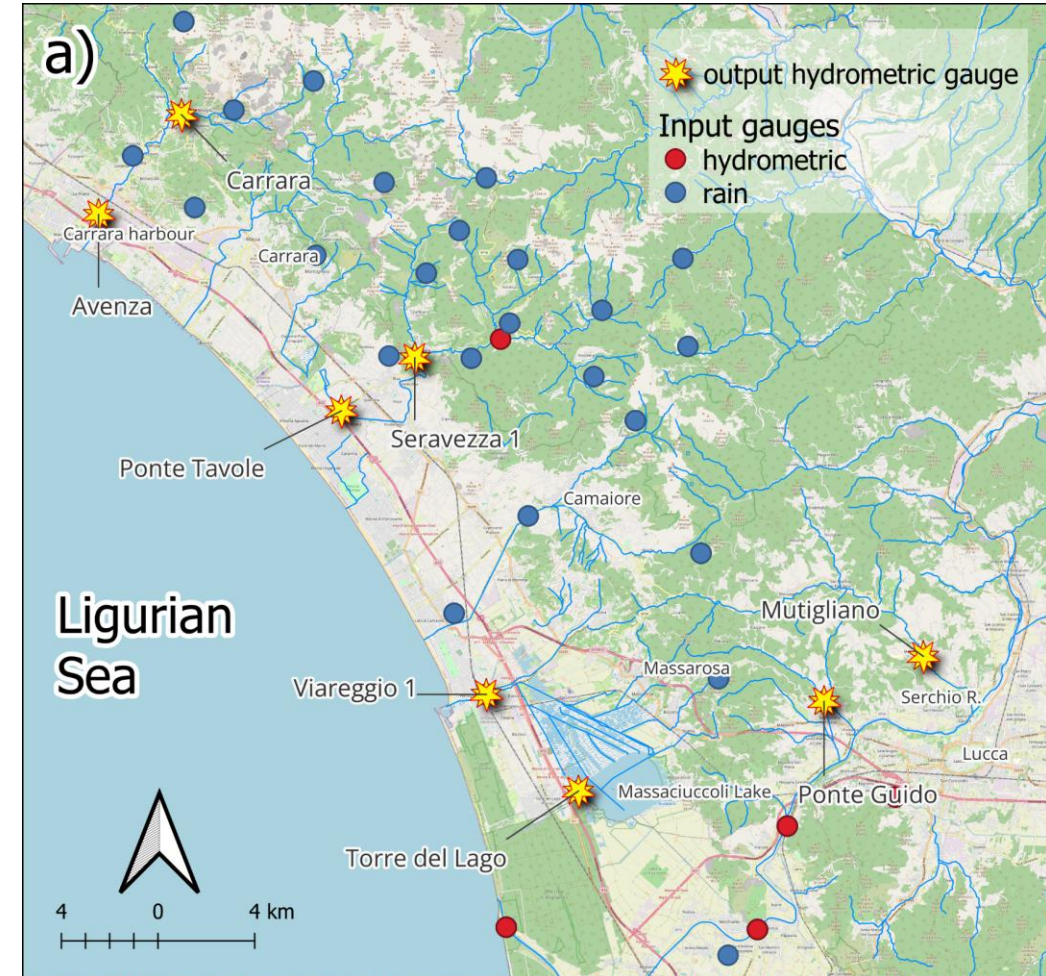
- F. Carrione (output: Carrara e Avenza)
- F. Versilia (output: Seravezza e Ponte Tavole)
- Lago di Massaciuccoli (output: Viareggio e Torre del Lago)
- Bacini della Freddana (output Mutigliano e Ponte Guido)

Article | [Open access](#) | Published: 05 November 2024

## Machine learning models for river flow forecasting in small catchments

[Marco Luppichini](#) , [Giada Vailati](#), [Lorenzo Fontana](#) & [Monica Bini](#)

[Scientific Reports](#) **14**, Article number: 26740 (2024) | [Cite this article](#)





# Modelli sviluppati

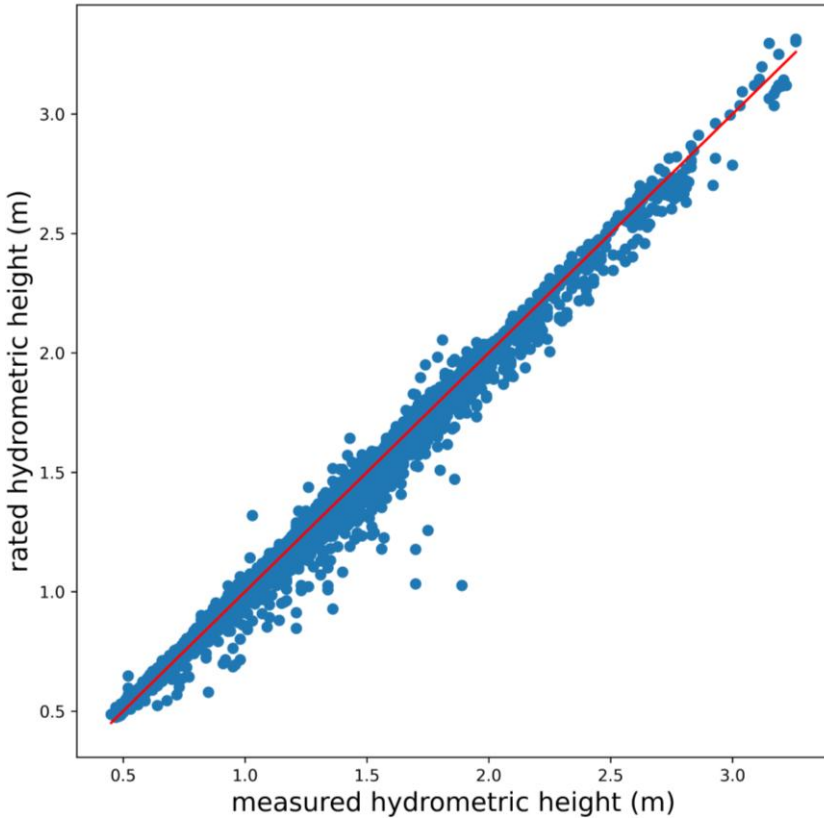
Sono stati realizzati 4 modelli (25t → 0h a 6 h) per ciascuna stazione (25 x 8 x 4) ripetendo la procedura per 10 volte (25 x 8 x 4 x 10):

1. **OOM** (Only Output Model): questo modello sfrutta solo la stazione di output compiendo una regressione sfruttando questa sola serie storica
2. **SM** (Standard Model): questo modello è sviluppato utilizzando le migliori serie storiche pluviometriche e idrometriche utili per ciascuna stazione di output
3. **NM** (Normalized Model): questo modello è basato su SM e in aggiunta i dati in input vengono normalizzati in un intervallo 0-1 sfruttando i valori massimi e minimi registrati per ciascuna serie storica
4. **ORM** (Only Rainfall Model): questo modello utilizzati solo pluviometri in ingresso

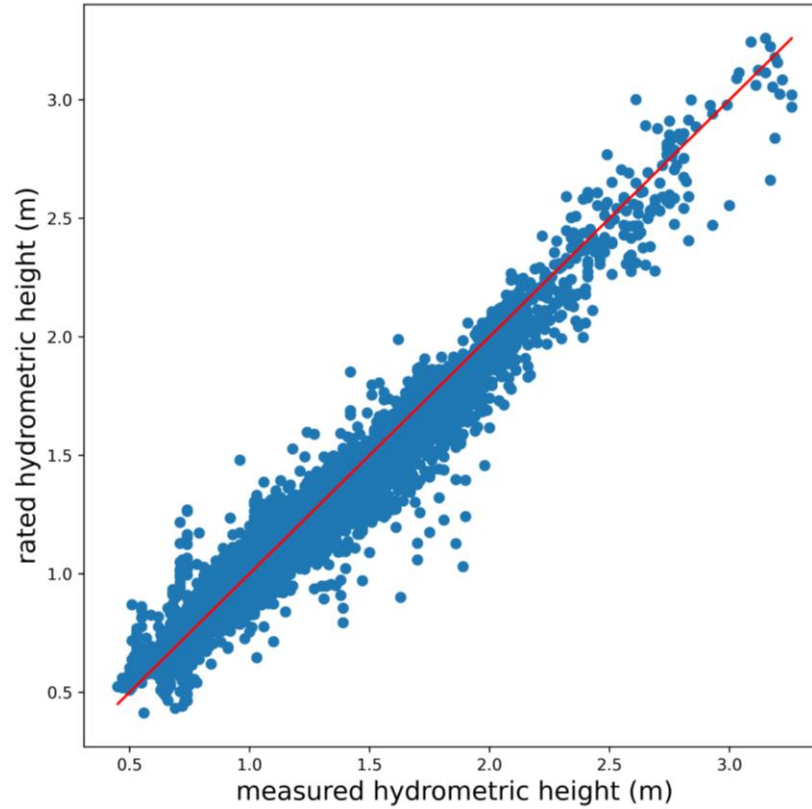
Una combinazione sperimentale ma che possono anche risolvere ed anticipare problematiche durante la messa in esercizio dei modelli

# Risultati (es. Ponte Tavole t= 0)

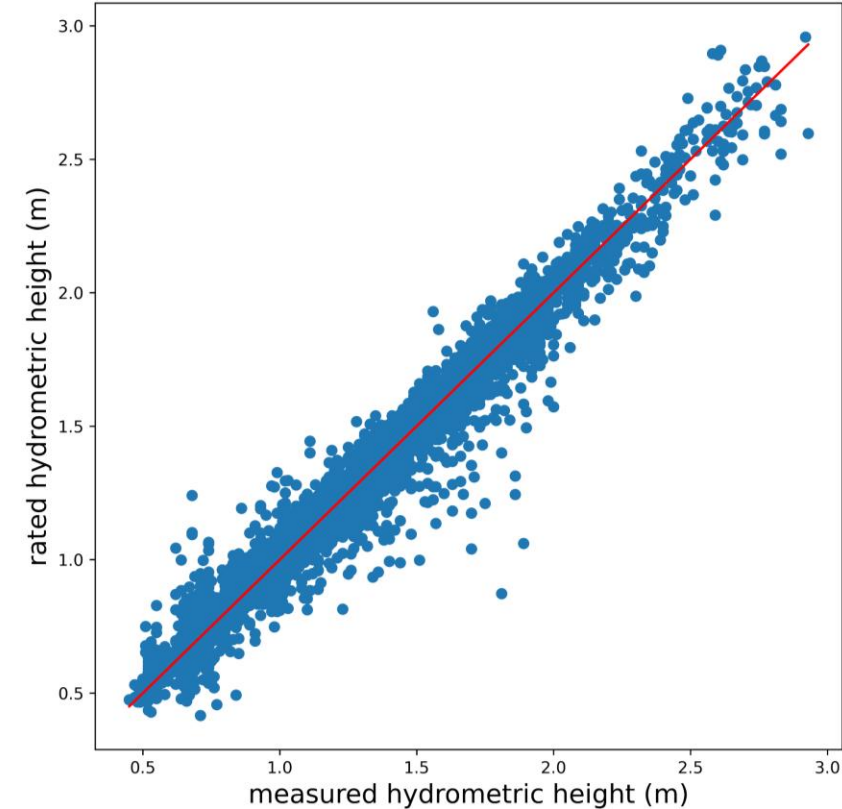
OOM



SM

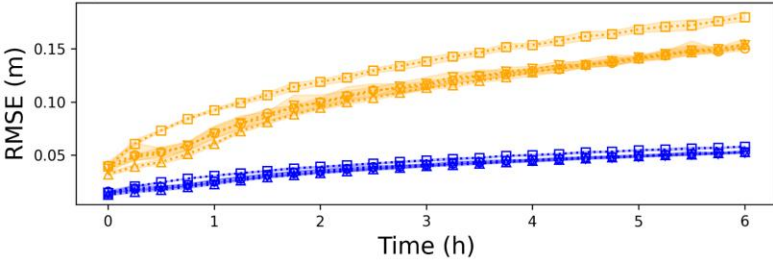


ORM

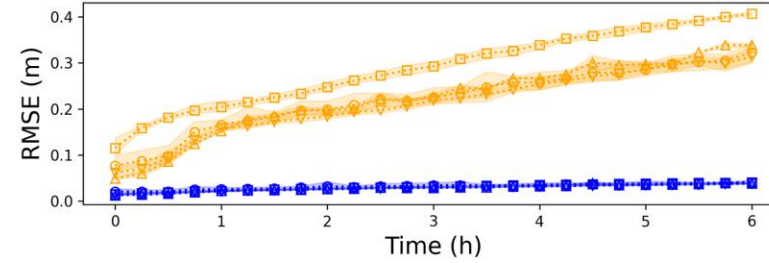


# Risultati - Metriche di Analisi

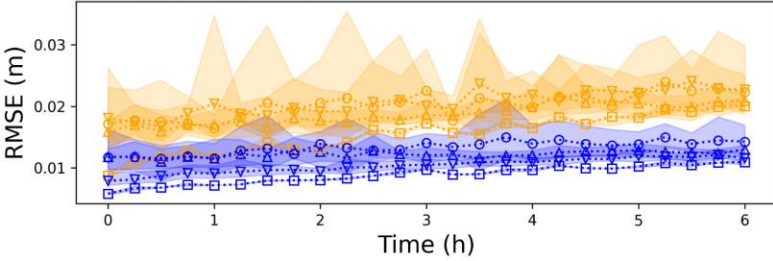
a) Avenza



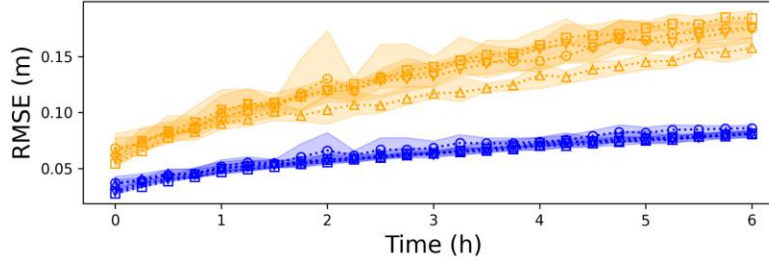
b) Carrara



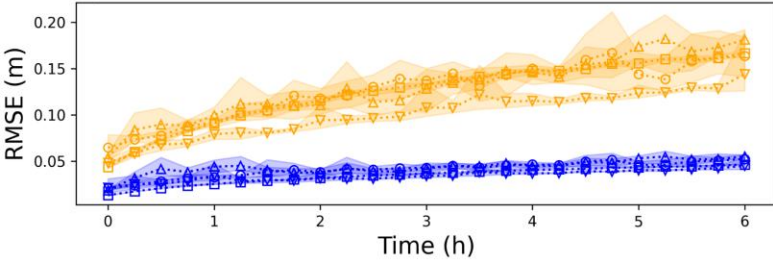
c) Massaciucoli



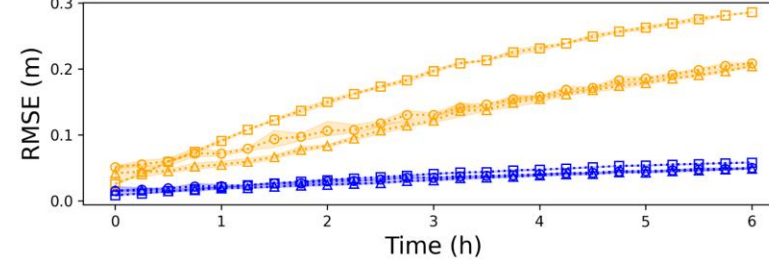
d) Mutigliano



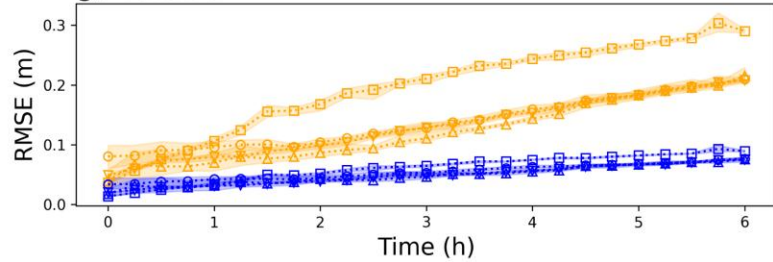
e) PonteGuido



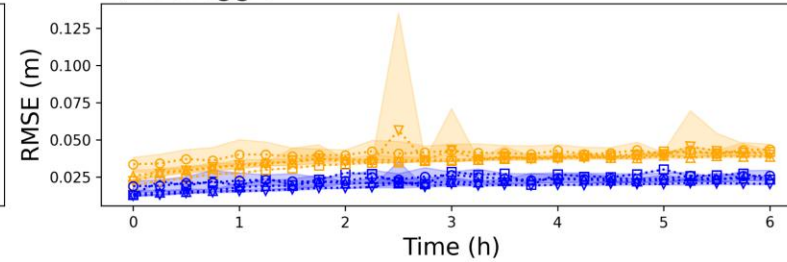
f) Seravezza



g) Versilia



h) Viareggio



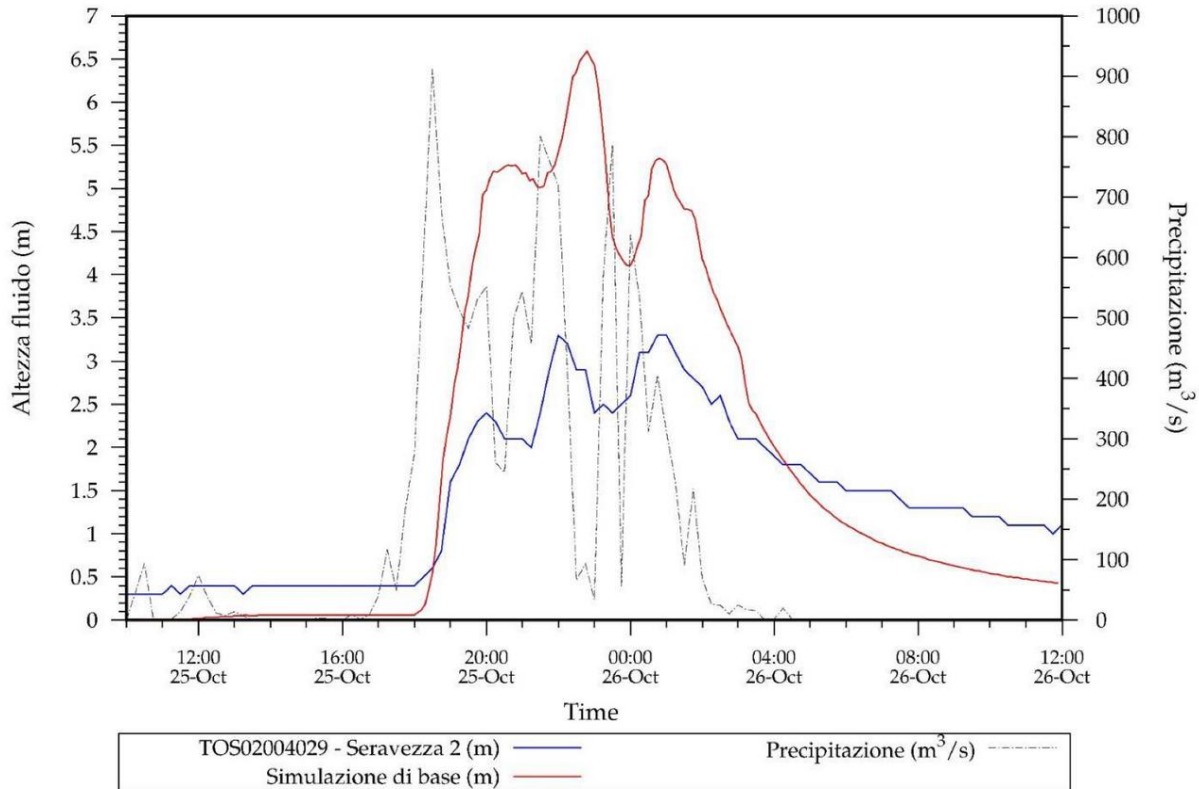
Gli errori dei modelli risultano accettabili e permettono una buona predizione dei deflussi anche con diverse ore di anticipo (4-6 ore)

Gli RMSE risultano essere di pochi centimetri e/o decimetri permettendo un'alta probabilità di dare con preavviso l'allerta per eventi estremi

# Un confronto tra diversi modelli

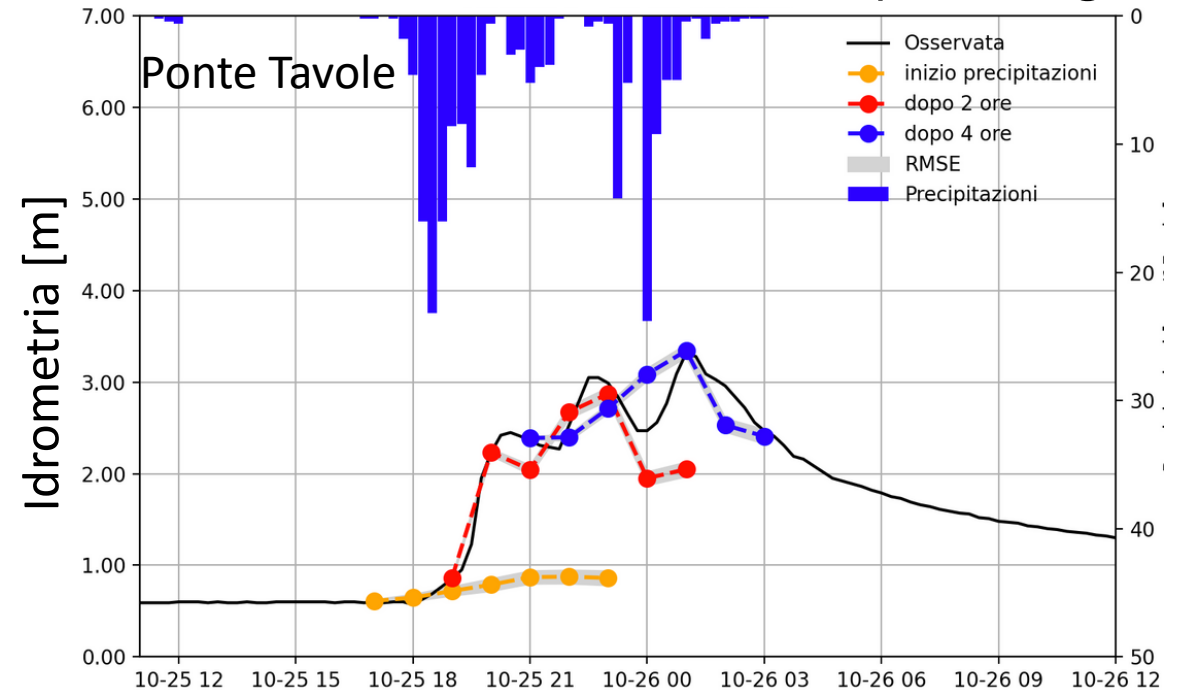
25-26/10/2011

## Ricostruzione evento - Modello fisico



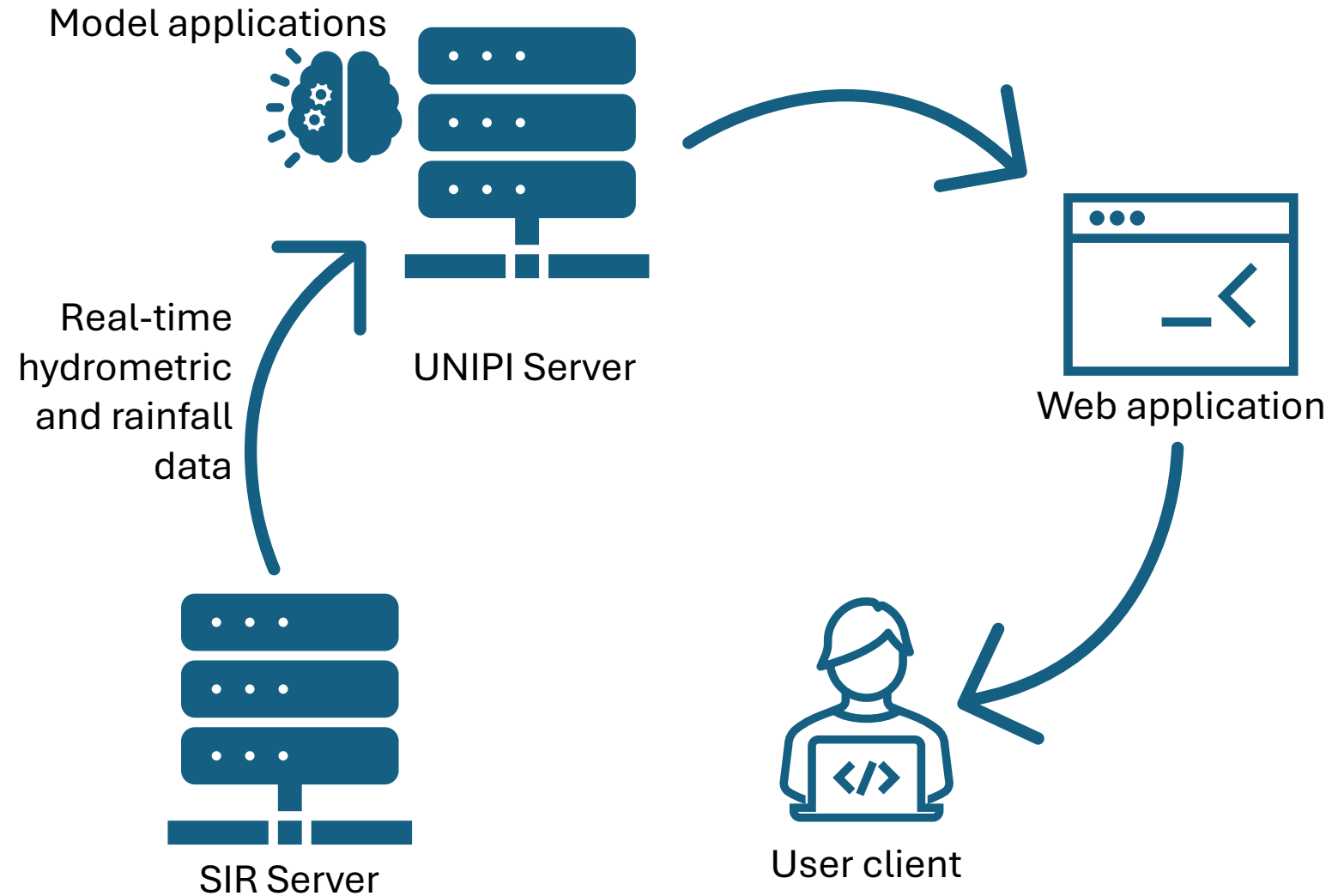
Luppichini (2018)

## Previsione evento – Modello Deep learning



Da tesi di Vailati Giada (2023)

# Application system



# Applicativo web



## Login to Your Account

Enter your username & password to login

Username

admin

Password

.....

Login

CleverRiver

Home

Mappa delle stazioni

Esegui le previsioni

Dashboard

Home / Dashboard

Fiume Versilia



Fiume Carriore



Fiume Freddana



Lago di Massaciuccoli



## Modelli di deflusso

Modelli / Modelli di deflusso

### Esegui i modelli predittivi

Seleziona la stazione

Ponte Tavole

Seleziona i modelli

SM1  
NM1  
ORM1  
MM2

Seleziona gli step di predizione (t= 15 min)

19  
20  
21  
22  
23

Seleziona tutto

Seleziona ad 1 ora

Time Estimation:

34.01s

ESEGUI LE PREVISIONI

# Conclusioni



I modelli di machine learning possono essere utilizzati per la modellistica idraulica



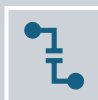
La loro applicazione, in linea teorica e preliminare, è poco influenzata dalla natura del bacino e dalla sua dimensione



I tempi di preavviso sono affidabili con una elevata precisione fino a 6h di anticipo



L'esecuzione dei modelli non richiede personale altamente qualificato e preparato, e soprattutto la definizione e la stima di parametri



Il sistema è facilmente integrabile con dati in real-time diventando a tutti gli effetti un **early-warning system**

# Corso di Formazione

10 – 11 e 12 Settembre 2025

**Presso**  
**Dipartimento di Scienze della Terra,**  
**Università di Pisa**



TerreLogiche®

## Corso di formazione Nuove tecnologie per la gestione delle aree di pianura

Pisa – 10, 11 e 12 settembre 2025

18 ore complessive

Corso breve rivolto a studenti, ricercatori, professionisti

### Temi trattati

- Fragilità e gestione sostenibile delle pianure alluvionali e costiere
- Telerilevamento e monitoraggio ambientale
- Intelligenza Artificiale e sensori per il rischio idrogeologico
- Modelli AI per la gestione idrica e costiera

### Docenti

- Monica Bini – Università di Pisa
- Samuele De Petris – Politecnico di Torino / TerreLogiche
- Domenico Capolongo – Università di Bari
- Giovanni Scicchitano – Università di Bari
- Marco Luppichini – Università di Pisa

### Organizzato da

- Università di Pisa – Dipartimento di Scienze della Terra
- Gruppo AiGEO GEOALL – Gestione sostenibile delle pianure
- Gruppo AiGEO GeomorphAI – Earth Observation & AI
- TerreLogiche s.r.l.

### Costo d'iscrizione

400 € – 300 € per soci AiGEO (iva escl.)