

Creazione di scenari di inondazione in tempo reale per scopi di protezione civile in piccoli e medi bacini



Relatore
Ch.mo Prof. Ing.
FRANCESCO DE PAOLA

Correlatori
Ch.mo Prof. Ing.
MAURIZIO GIUGNI
Ch.mo Prof. Ing.
LUCA FERRARIS

Ing. SIMONE GABELLANI

Candidato
ROCCO MASI
matricola M67/324

cima
RESEARCH
FOUNDATION



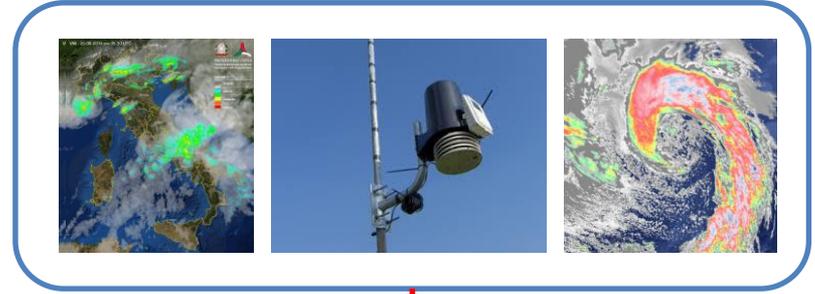
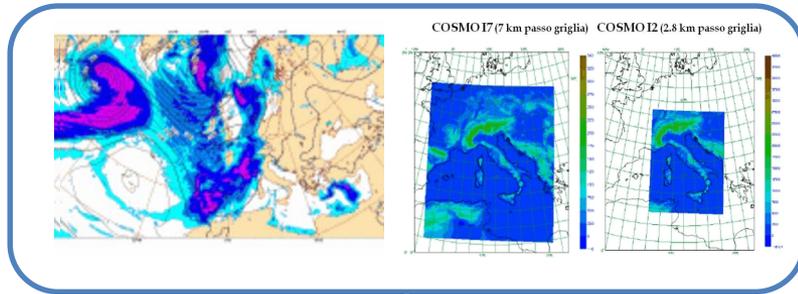
Obiettivi

- Integrare la catena idrometeorologica operativa del CF Liguria con ulteriori moduli che permettono di:
1. Prevedere scenari di inondazione sulla base delle previsioni/osservazioni
 2. Creare scenari di inondazione in near-real-time riducendo i tempi di calcolo al minimo per supportare le attività di Protezione Civile
 3. Prevedere scenari di impatti dell'evento sulle infrastrutture



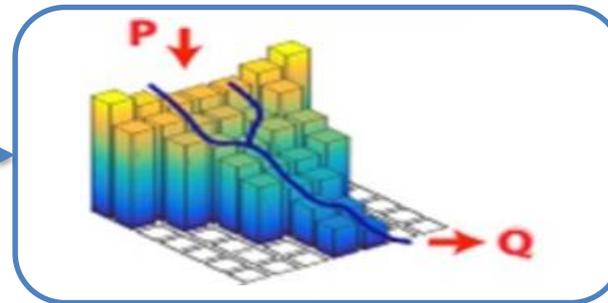
Previsione

Osservazioni



Modello Idrologico

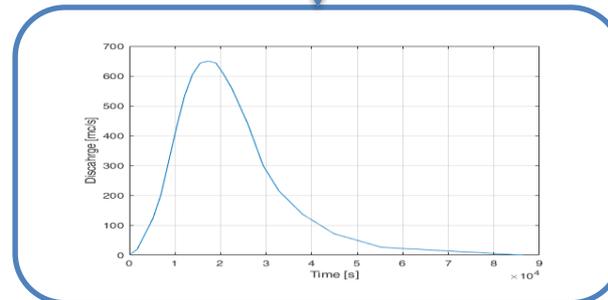
Corsa sulle previsioni



Corsa sulle osservazioni

Le catene idro-meteo rientrano nelle attività di Prevenzione e Previsione. Il monitoraggio viene svolto dalla rete dei Centri Funzionali e Centri di Competenza

Idrogramma

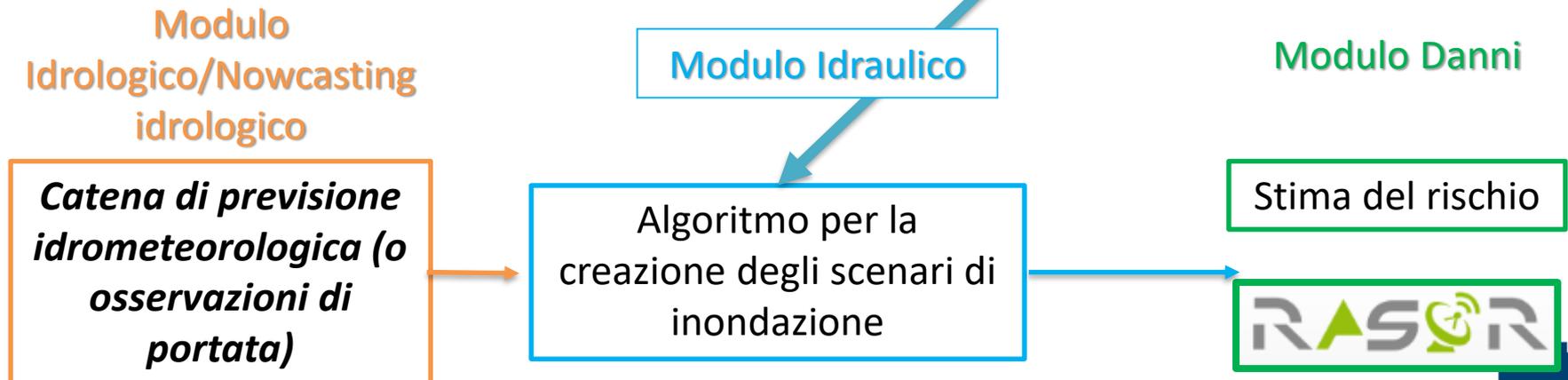


Scopo principale di questa tesi è stato:

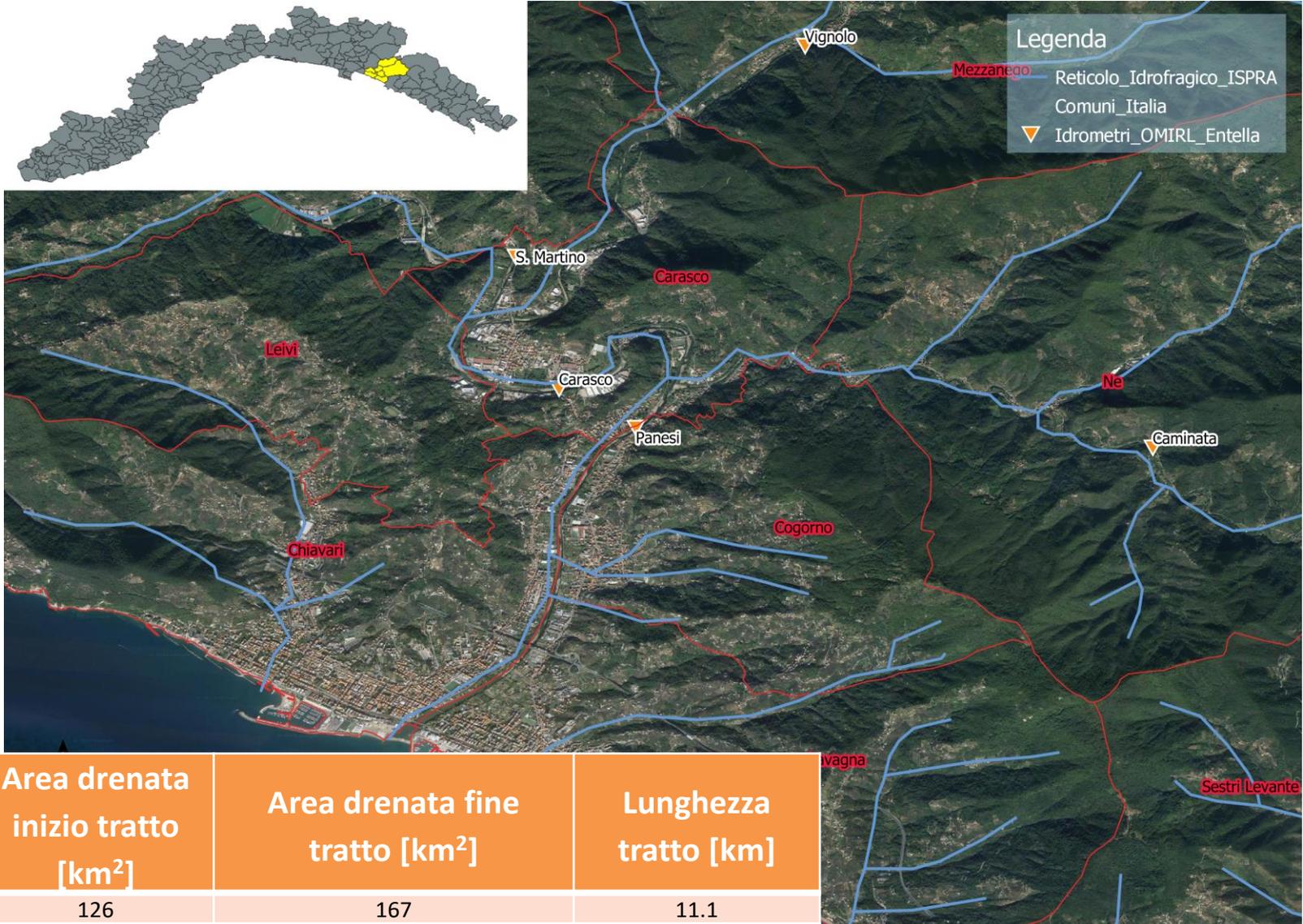
1. Creare un abaco di mappe di aree inondabili per numerosi tempi di ritorno a partire da un numero limitato di mappe di aree inondabili ottenute da modellistica idraulica di dettaglio



2. Creare una procedura (**Modulo Idraulico**) che collega l'abaco di mappe di aree inondabili con osservazioni idrometriche o previsioni di portata e crea scenari di aree inondate.



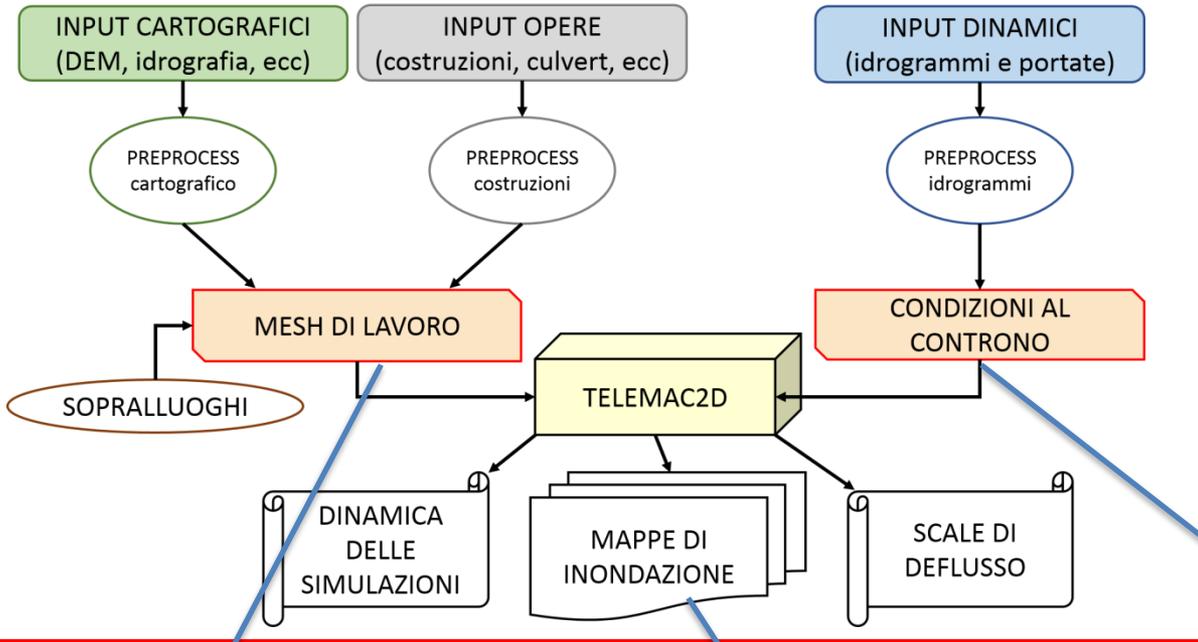
Area di studio: bacino del fiume Entella



| Sotto bacino | Area drenata inizio tratto [km ²] | Area drenata fine tratto [km ²] | Lunghezza tratto [km] |
|--------------|---|---|-----------------------|
| T. Lavagna | 126 | 167 | 11.1 |
| T. Penna | 33.5 | 39.5 | 1.3 |
| T. Sturla | 31 | 132 | 12.1 |
| T. Graveglia | 29 | 62.5 | 10 |
| F. Entella | 299 | 375.5 | 8.8 |

Modello idraulico per la creazione di 12 mappe di aree inondabili

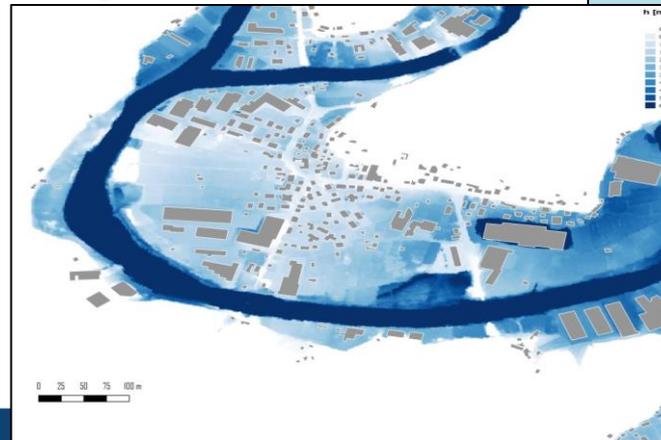
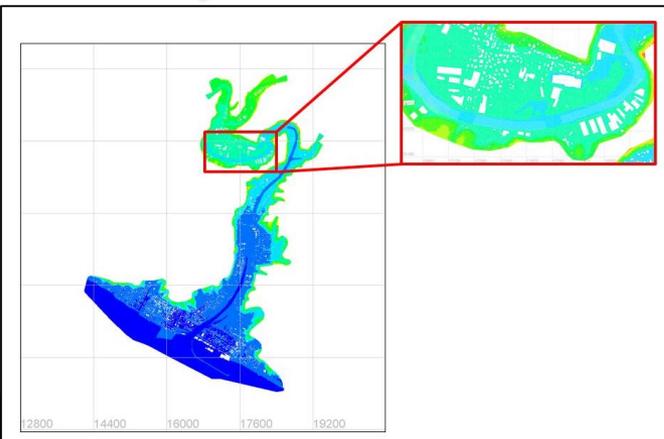
Modello bidimensionale TELEMAC - MASCARET



| Torrente | N°nodi |
|-----------|---------|
| Sturla | 982338 |
| Graveglia | 317213 |
| Lavagna | 1303486 |
| Entella | 2899578 |

*Risoluzione Dominio=2m
Risoluzione Fiume=1m
Risoluzione Punti Critici=1m*

| Percentile | Lavagna m ³ /s | Sturla m ³ /s | Graveglia m ³ /s |
|------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 80 | 391 | 229 | 53 |
| 90 | 636 | 372 | 86 |
| 95 | 881 | 515 | 119 |
| | 960 | 561 | 130 |
| | 1024 | 599 | 138 |
| | 1126 | 658 | 153 |
| | 1205 | 703 | 164 |
| | 1324 | 773 | 180 |
| | 1450 | 846 | 197 |
| | 1593 | 930 | 217 |
| | 1695 | 989 | 231 |
| | 2019 | 1178 | 274 |



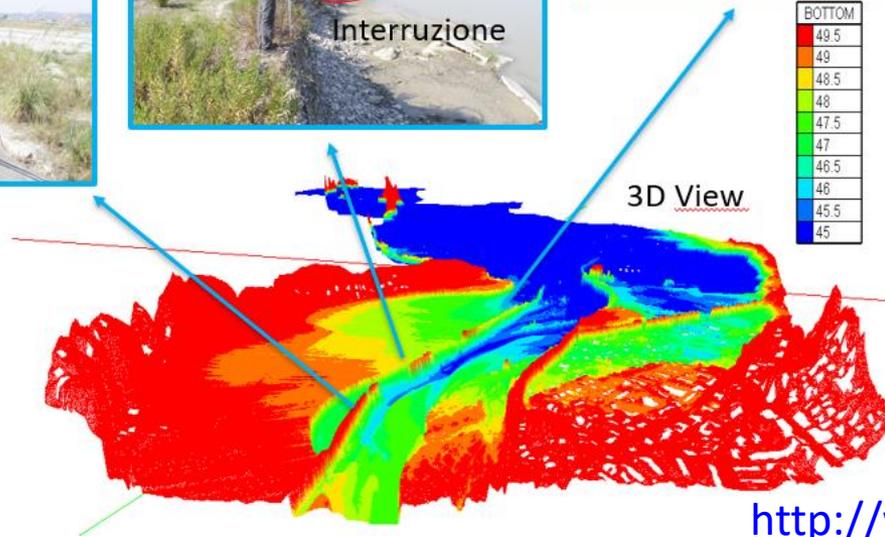
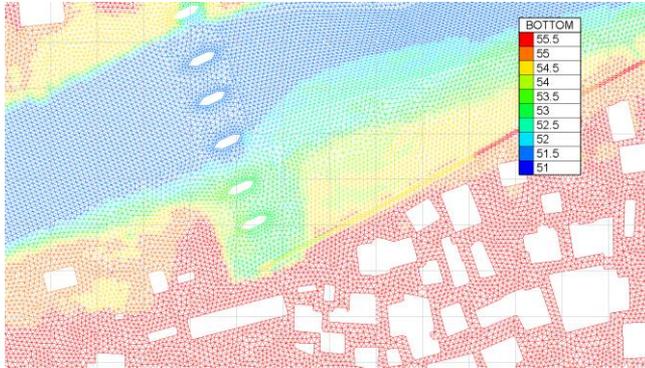


Modello bidimensionale TELEMAC - MASCARET

Modello bidimensionale per la risoluzione delle equazioni di De Saint-Venant

$$\begin{cases} \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{u}{g} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} = i - J \\ \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \end{cases}$$

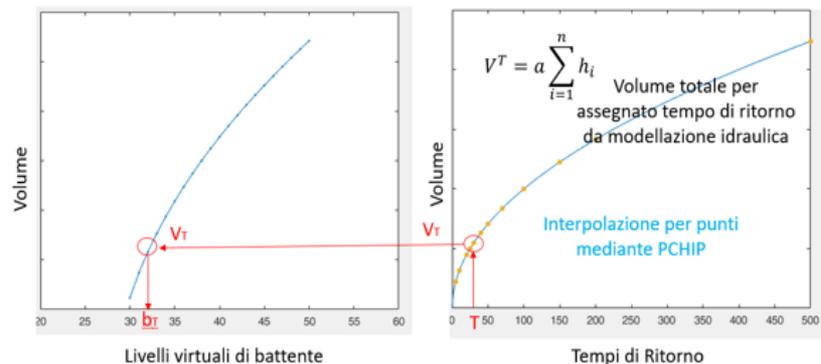
Q portata
A area
u velocità
h altezza d'acqua
i gradiente idraulico
J cadente idraulica



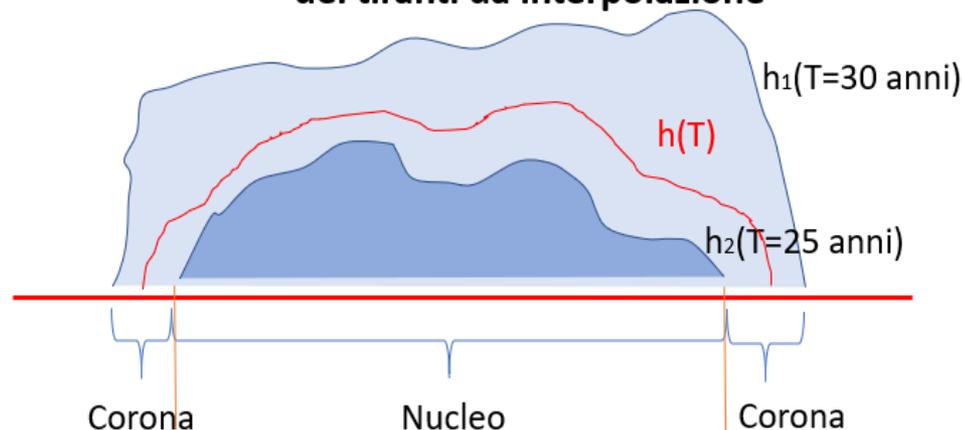
- Criteri di scelta:**
- Open Source
 - Estesa comunità di users e sviluppatori
 - Adatto alle modellazioni in ambiente urbano

Algoritmo di creazione abaco di 495 mappe di aree inondabili

Creazione delle curve di volume



Definizione della distribuzione spaziale 3d dei tiranti da interpolazione



Equazioni utilizzate

$$h_1 = \max(h_{NOMINALE\ INFERIORE})$$

$$h_2 = \max(h_{NOMINALE\ SUPERIORE}(\text{Corona}))$$

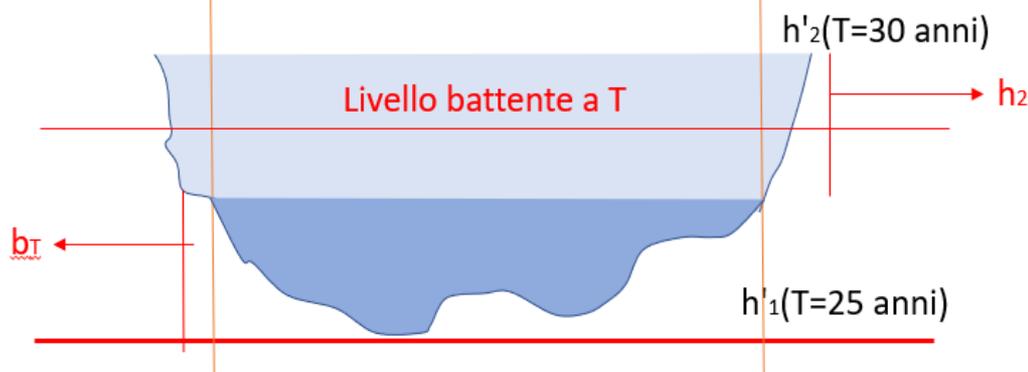
$$h_T(\text{Corona}) = h_2 - b_T$$

$$h_T(\text{Nucleo}) = (h_{nucleo} - b_{T,nucleo} - h_1)\gamma + h_1$$

$$\gamma = \frac{h_1'}{(h_{1,nucleo}) + (h_{2,nucleo}) - b_{T,nucleo}}$$

Coefficiente correttivo
applicato nel nucleo

Creazione del Virtual Lake



Esempio mappa creata dall'algorithmo con T assegnato

Input

12 Mappe di inondazione

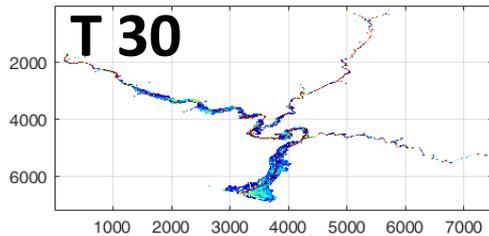
Elaborazione

Algorithmo per la creazione del data set di mappe di inondazione

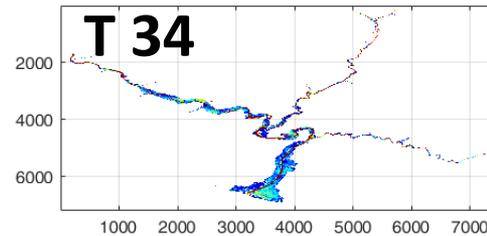
Output

Abaco di 495 mappe di inondazione da T=5 a T=500

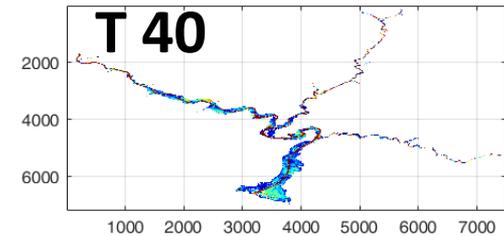
Simulazione Idraulica T=30 Anni



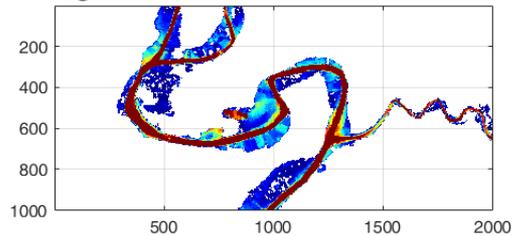
Data Set Abaco T=34 Anni



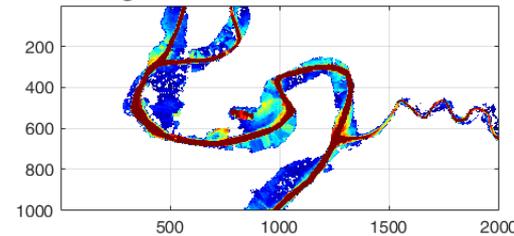
Simulazione Idraulica T=40 Anni



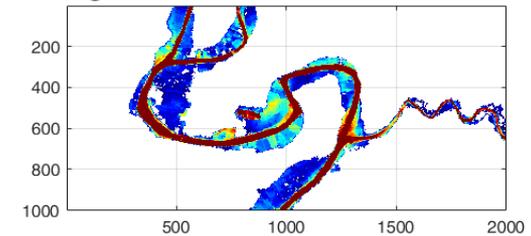
Dettaglio Simulazione Idraulica T=30 Anni



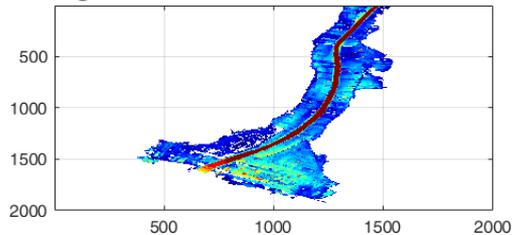
Dettaglio Data Set Abaco T=34 Anni



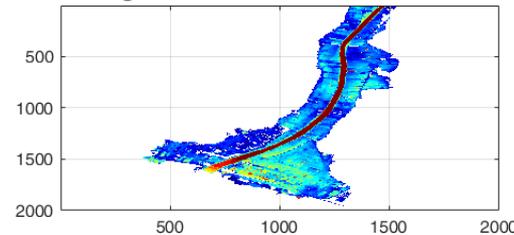
Dettaglio Simulazione Idraulica T=40 Anni



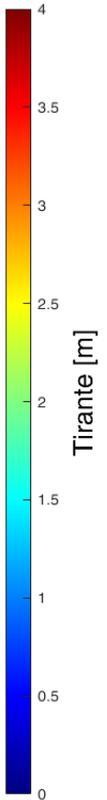
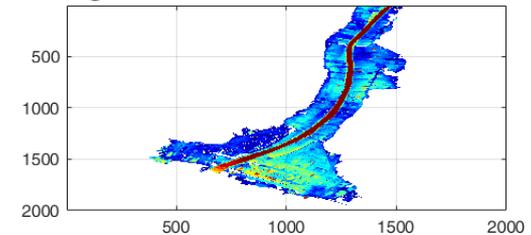
Dettaglio Simulazione Idraulica T=30 Anni



Dettaglio Data Set Abaco T=34 Anni

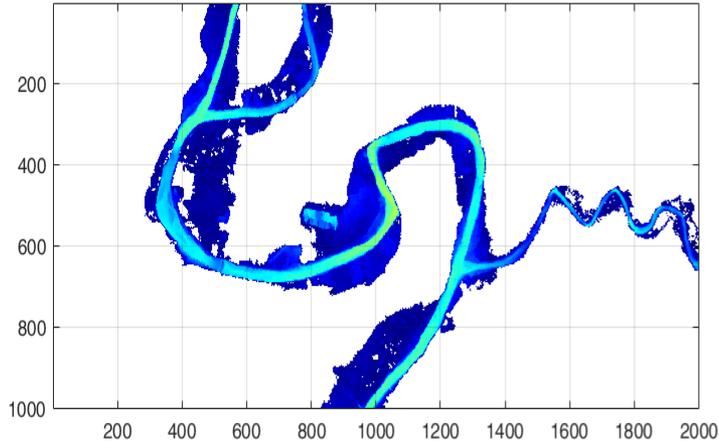


Dettaglio Simulazione Idraulica T=40 Anni

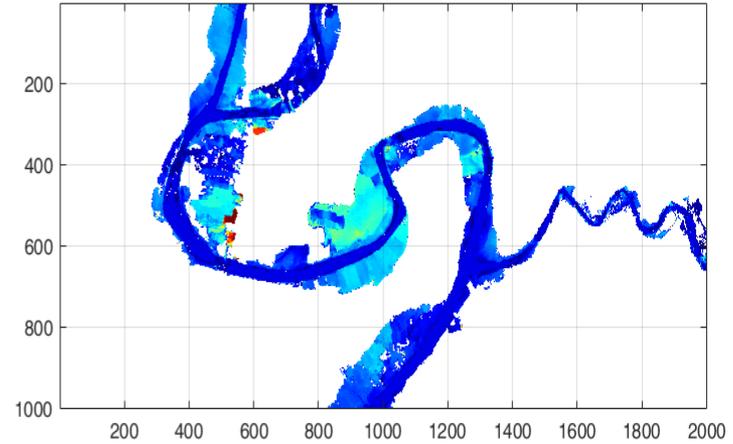


Esempio mappa creata dall'algoritmo con T assegnato

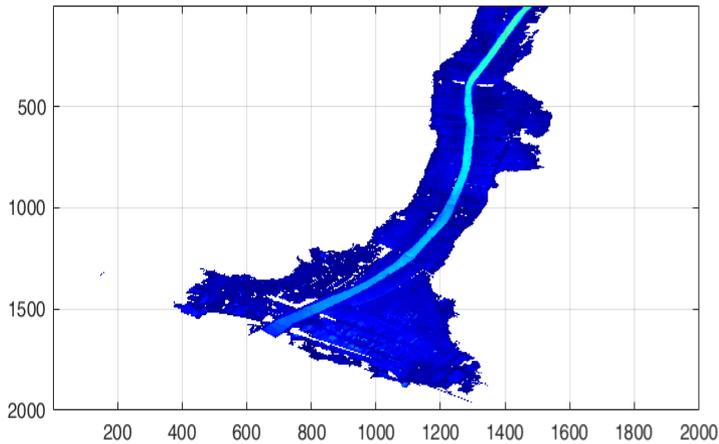
Differenza tra Simulazione a T=40 e Mappa Abaco a T=34



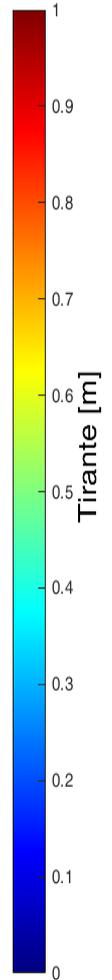
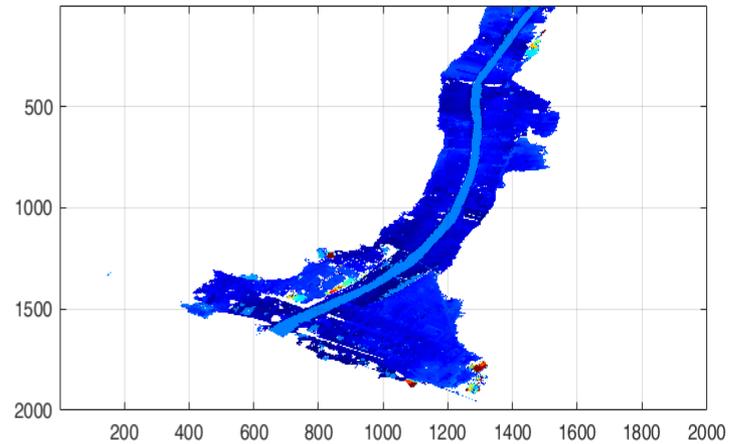
Differenza tra Mappa Abaco a T=34 e Simulazione a T=30



Differenza tra Simulazione a T=40 e Mappa Abaco a T=34



Differenza tra Mappa Abaco a T=34 e Simulazione a T=30



Applicazione all'evento del 12.11.2014

Immagine Rete Radar Nazionale - SRT (Surface Rainfall Total) dalle 00:00 del 09.11.2014 alle 00:00 del 12.11.2014

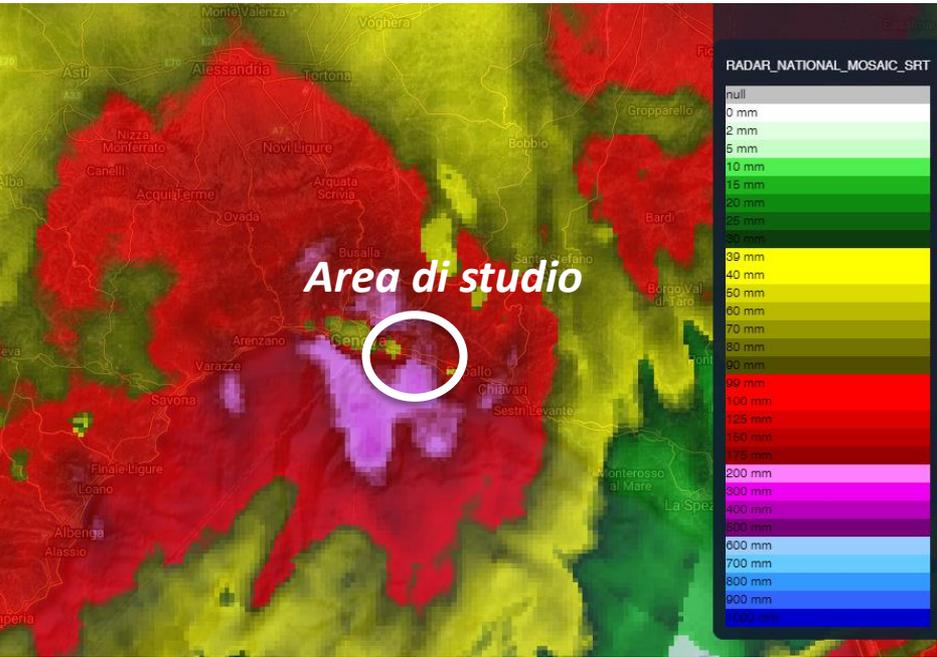
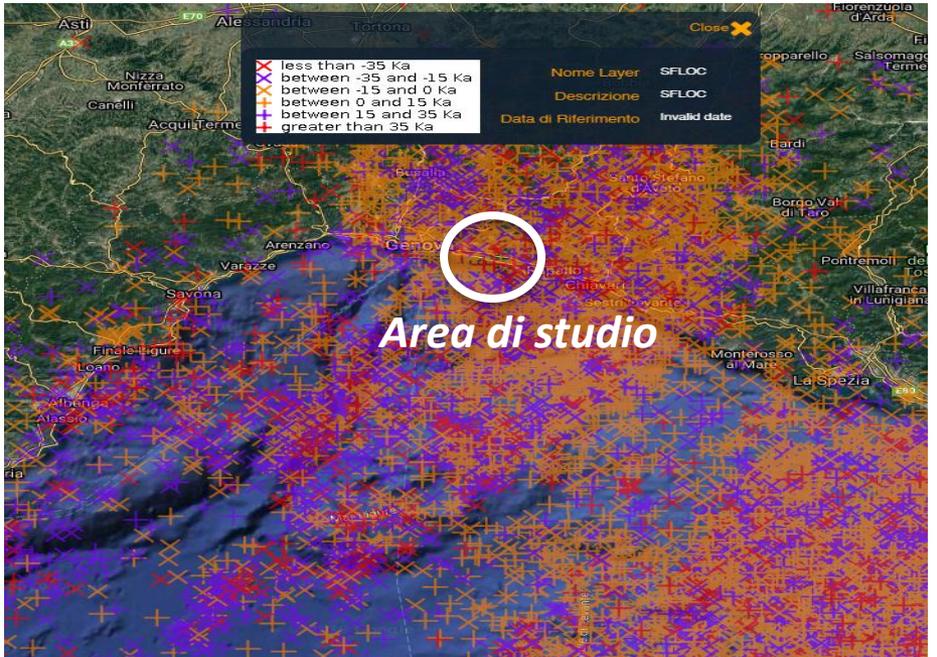


Immagine Rete LAMPI Aeronautica Militare - SFLOC dalle 00:00 del 09.11.2014 alle 00:00 del 12.11.2014



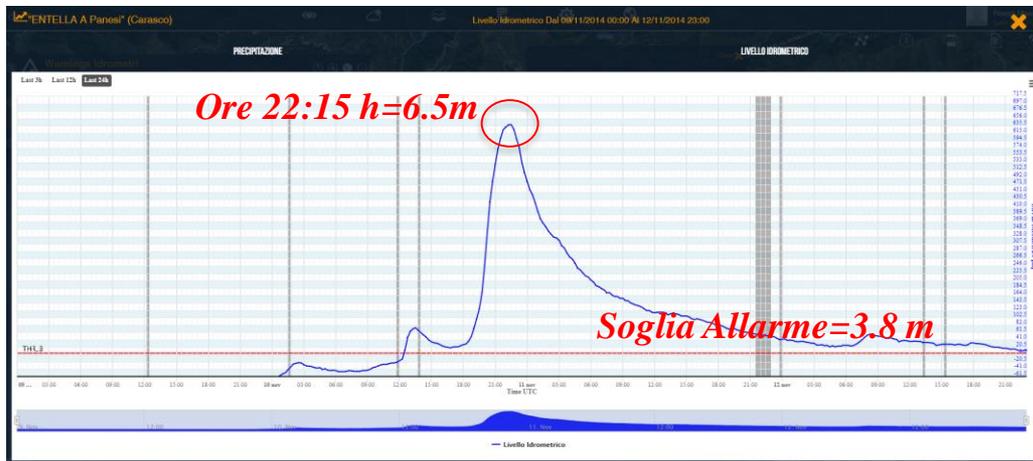
Valori di pioggia cumulata su 24h registrata dalla rete dell'Osservatorio Meteo Idrologico della Regione Liguria

| Stazione Pluviometrica | 09/11 [mm/24h] | 10/11 [mm/24h] | 11/11 [mm/24h] | 12/11 [mm/24h] | Cumulata Totale su 4 giorni |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|
| Chiavari | 27.2 | 162.0 | 22.8 | 23.6 | 235.6 |
| Panesi | 27.0 | 194.2 | 27.4 | 26.2 | 274.8 |
| Cichero | 23.6 | 171.4 | 49.6 | 30.6 | 275.2 |
| Rapallo | 27.8 | 83.2 | 64.4 | 33.6 | 209.0 |
| Statale | 25.6 | 166.0 | 26.4 | 14.0 | 232.0 |

Livello idrometrico del Fiume Entella a Carasco



Livello idrometrico del Fiume Entella a Panesi



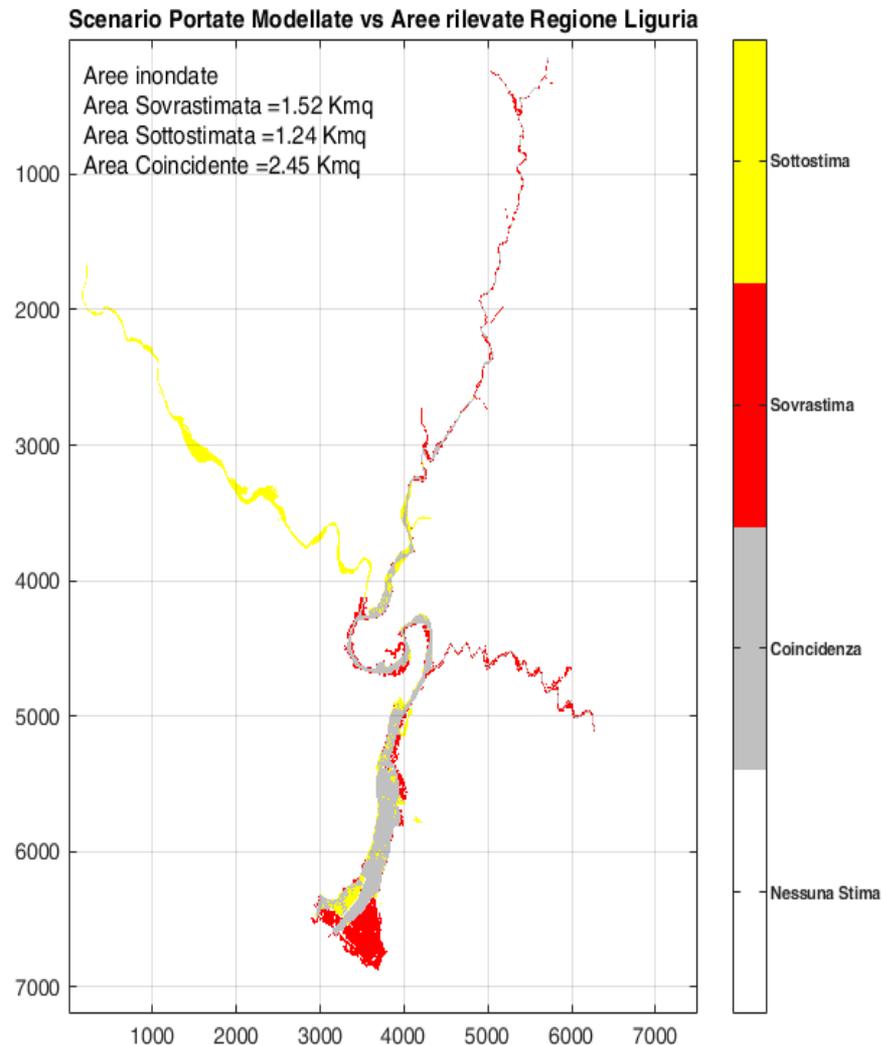
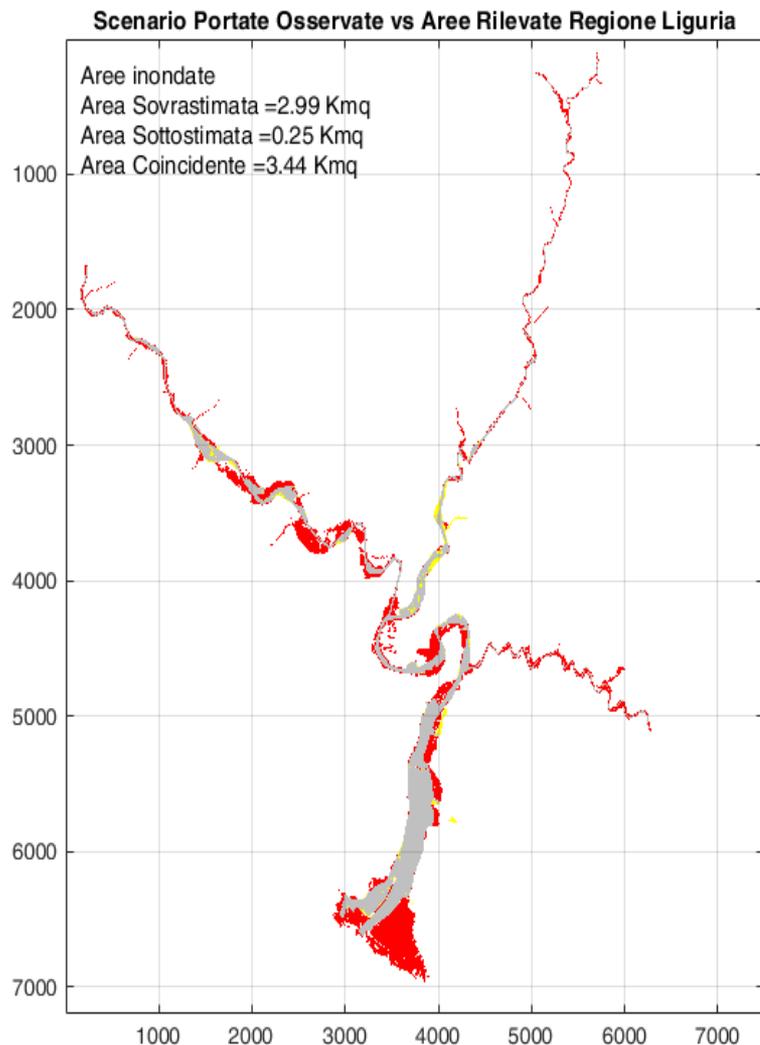
Caso di studio: Effetti al suolo



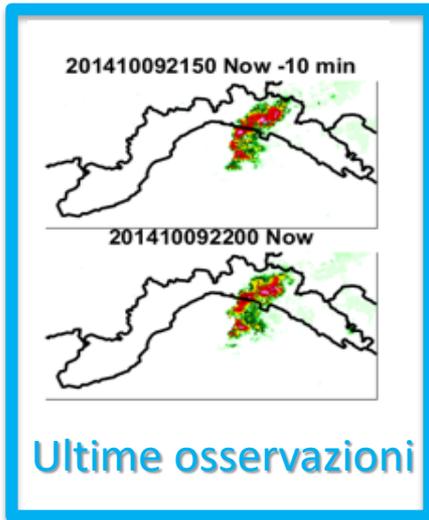
Alluvione Liguria, a Levi trovati corpi dei due dispersi. A Chiavari arriva l'esercito



Confronto tra scenari modellati in 2 configurazioni con le aree inondate rilevate da Regione Liguria



Catena operativa nowcasting idrologico

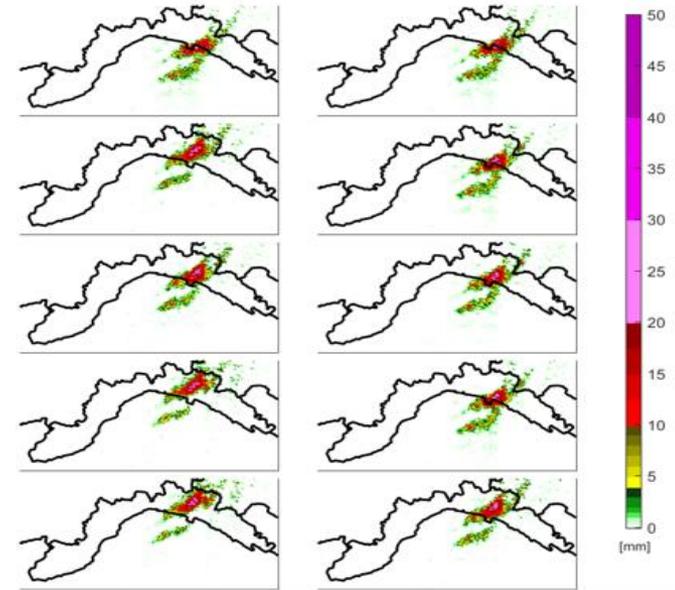


Intervallo: 2h dalle 10:00 del 10/11 alle 03:00 del 11/11

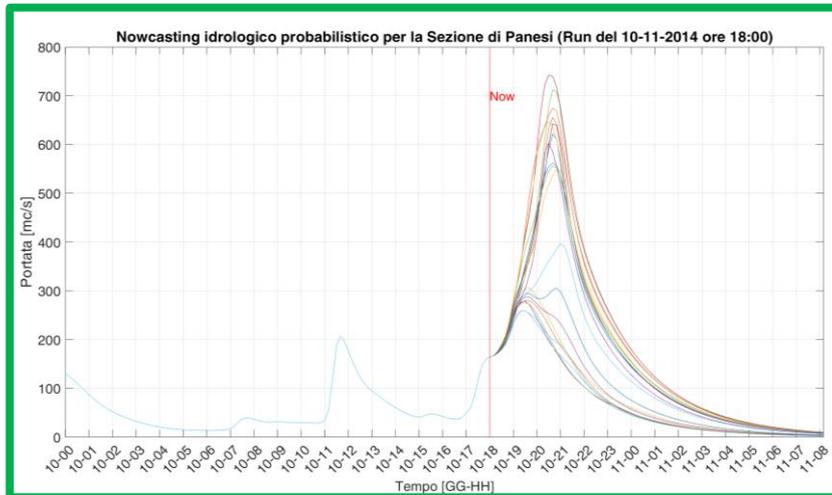
Tecnica di
Nowcasting

PhaSt (Phase Stochastic)
(Metta et al 2009)

Possibili scenari fra 2 ore



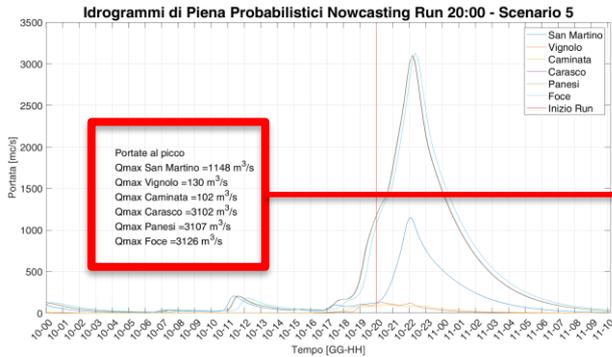
Scenari di portata



Continuum
(Silvestro et al.
2013)

Modello Afflussi Deflussi

Creazione dello scenario di inondazione data la previsione di portata della catena di nowcasting



Configurazioni utilizzate:

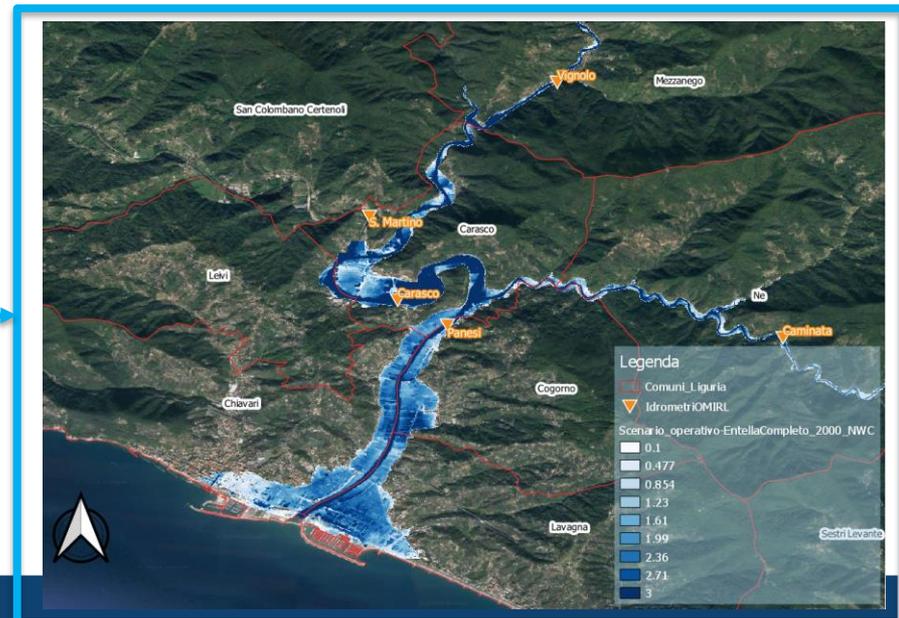
- Portata Massima
- Portata media
- Portata 75esimo percentile

Per 4 stazioni: Caminata, Panesi, Vignolo, Carasco

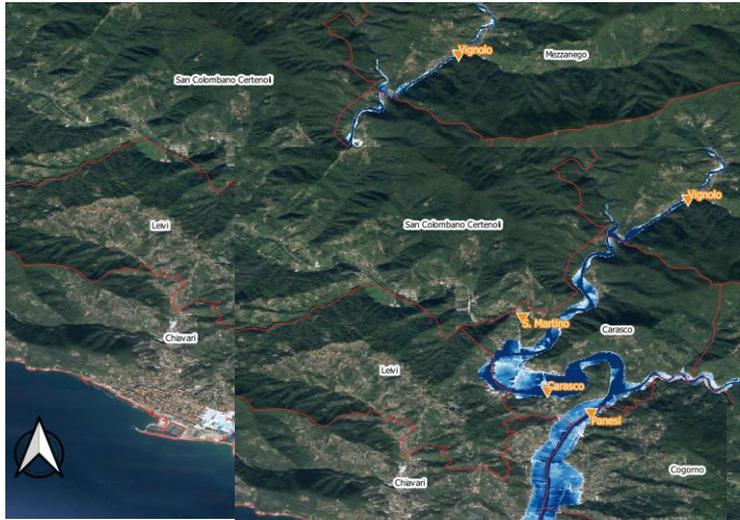
Scelta della mappa di inondazione per tratto e per assegnato T nell'abaco

Regionalizzazione delle Portate Regione Liguria
(Boni et al. 1999)

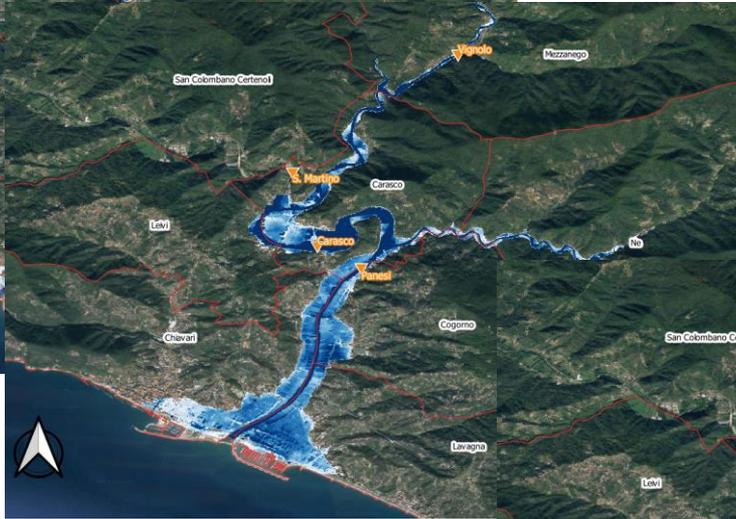
Creazione Scenario di area potenzialmente inondabile



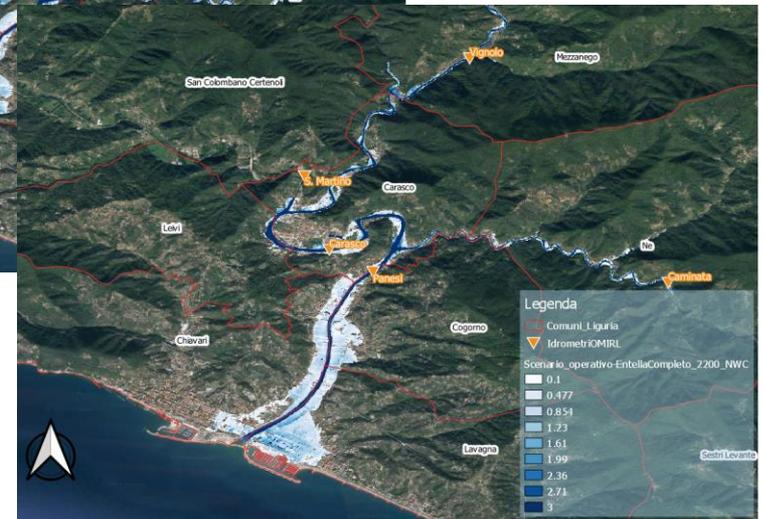
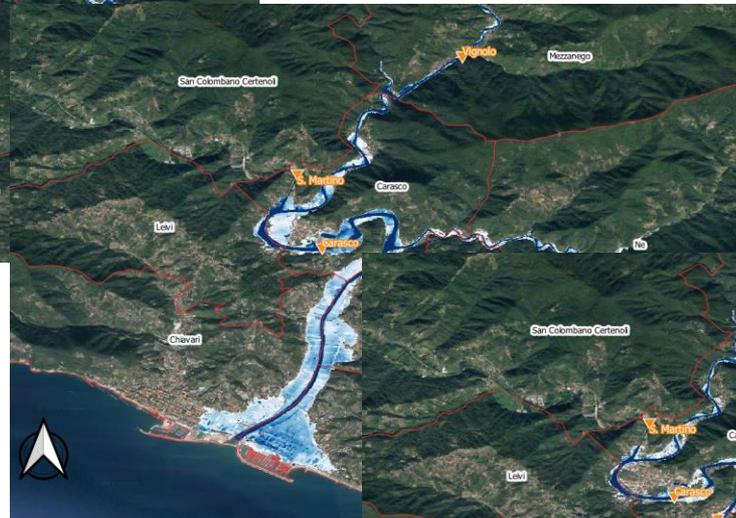
Scenario di inondazione 19:00



Scenario di inondazione 20:00



Scenario di inondazione 21:00

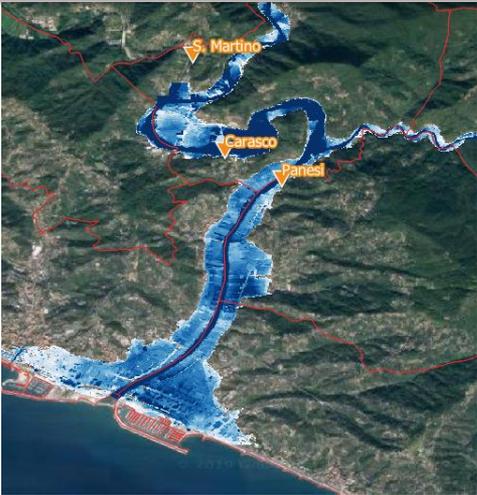


Scenario di inondazione 22:00

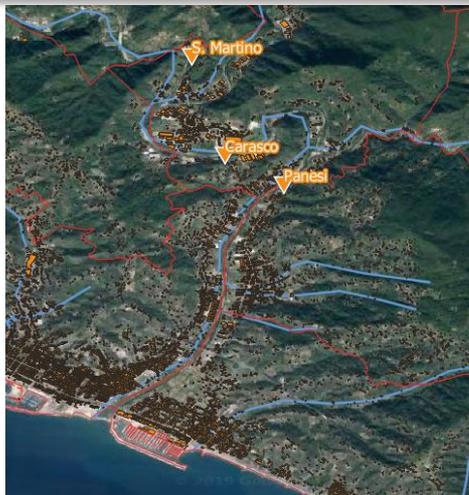


Cosa avrebbe visto l'operatore?

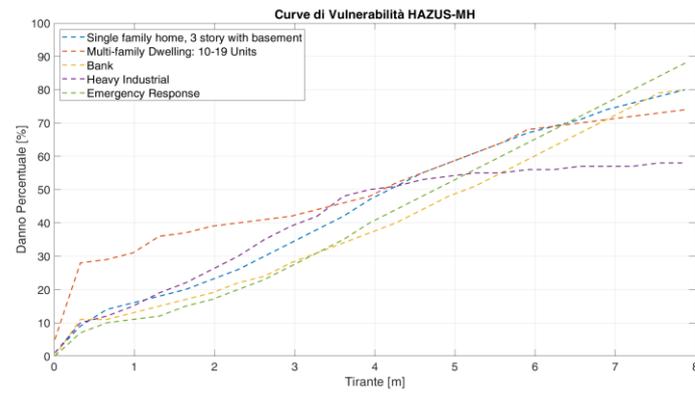
Stima del danno con piattaforma RASOR



Mappe di inondazione potenziale



Esposizione



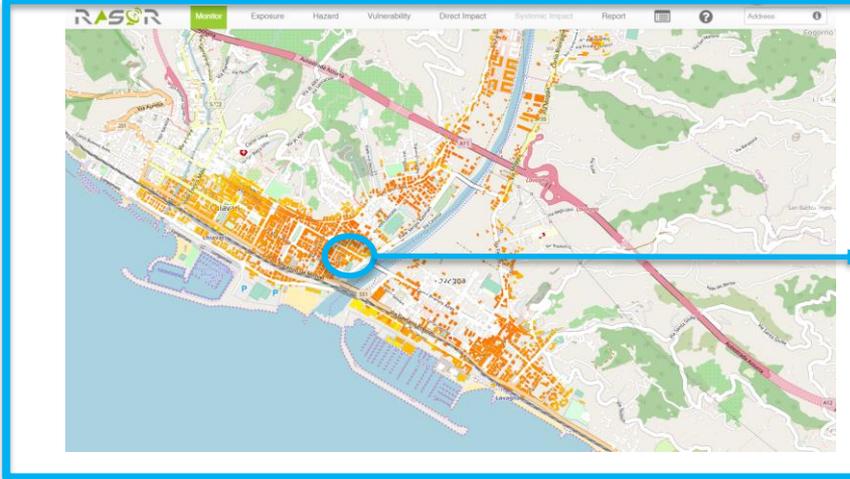
Curve di vulnerabilità HAZUS-MH

INPUT



<http://www.rasor.eu/rasor/>

OUTPUT



Conclusioni

- Nel corso di questa tesi è stato sviluppato un algoritmo per la creazione di un abaco di mappe di aree inondabili a partire da un numero limitato di mappe assegnato T
- Tale abaco permette la creazione di scenari previsti di aree inondate anche in bacini di piccolo e medie dimensioni utilizzando le previsioni di portata fornite dalle catene idrometeorologiche operative
- Il modulo idraulico sviluppato nel corso di questa tesi è stato accoppiato con una catena idrometeorologica operativa sul bacino dell'Entella e per l'evento del 10.11.2014 ha mostrato buone performance nel simulare l'estensione dell'inondazione
- Una catena idrometeorologica così configurata permette inoltre la stima di scenari di rischio in termini di numero persone potenzialmente coinvolte e danni attesi - oltre che di pericolosità
- La catena è utilizzabile operativamente, i tempi di elaborazione sono compatibili con le esigenze operative del decisore in materia di protezione civile

Sviluppi futuri

Messa in «sperimentazione operativa» presso il Centro Funzionale della Regione Liguria accoppiando il «modulo idraulico» di creazione di mappe di aree potenzialmente inondabili con la catena operativa in diverse configurazioni (Previsione COSMO 5M, WRF, Moloch, Nowcasting Phast)

