

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

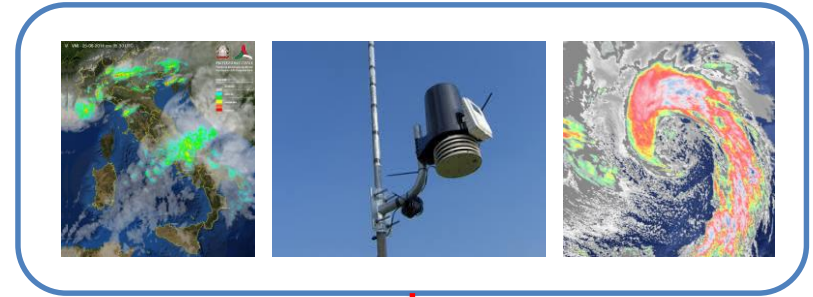
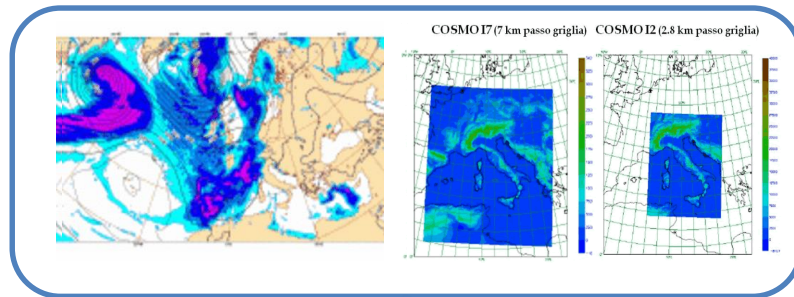


1. Prevedere scenari di inondazione sulla base delle previsioni/osservazioni
2. Creare scenari di inondazione in near-real-time riducendo i tempi di calcolo al minimo per supportare le attività di Protezione Civile
3. Prevedere scenari di impatti dell'evento sulle infrastrutture



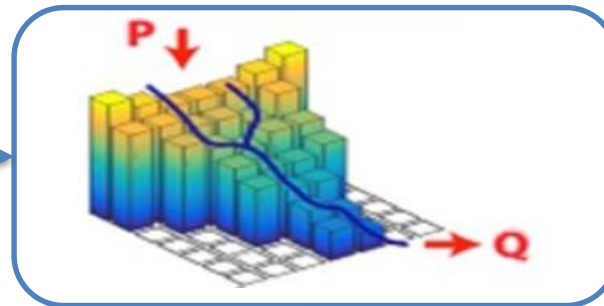
Previsione

Osservazioni



Modello Idrologico

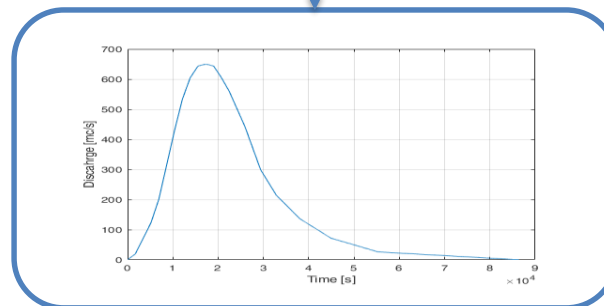
Corsa sulle
previsioni



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

12 mappe $Q(T)$ da
modello Idraulico 2D

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

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.

Modulo
Idrologico/Nowcasting
idrologico

***Catena di previsione
idrometeorologica (o
osservazioni di
portata)***

Modulo Idraulico

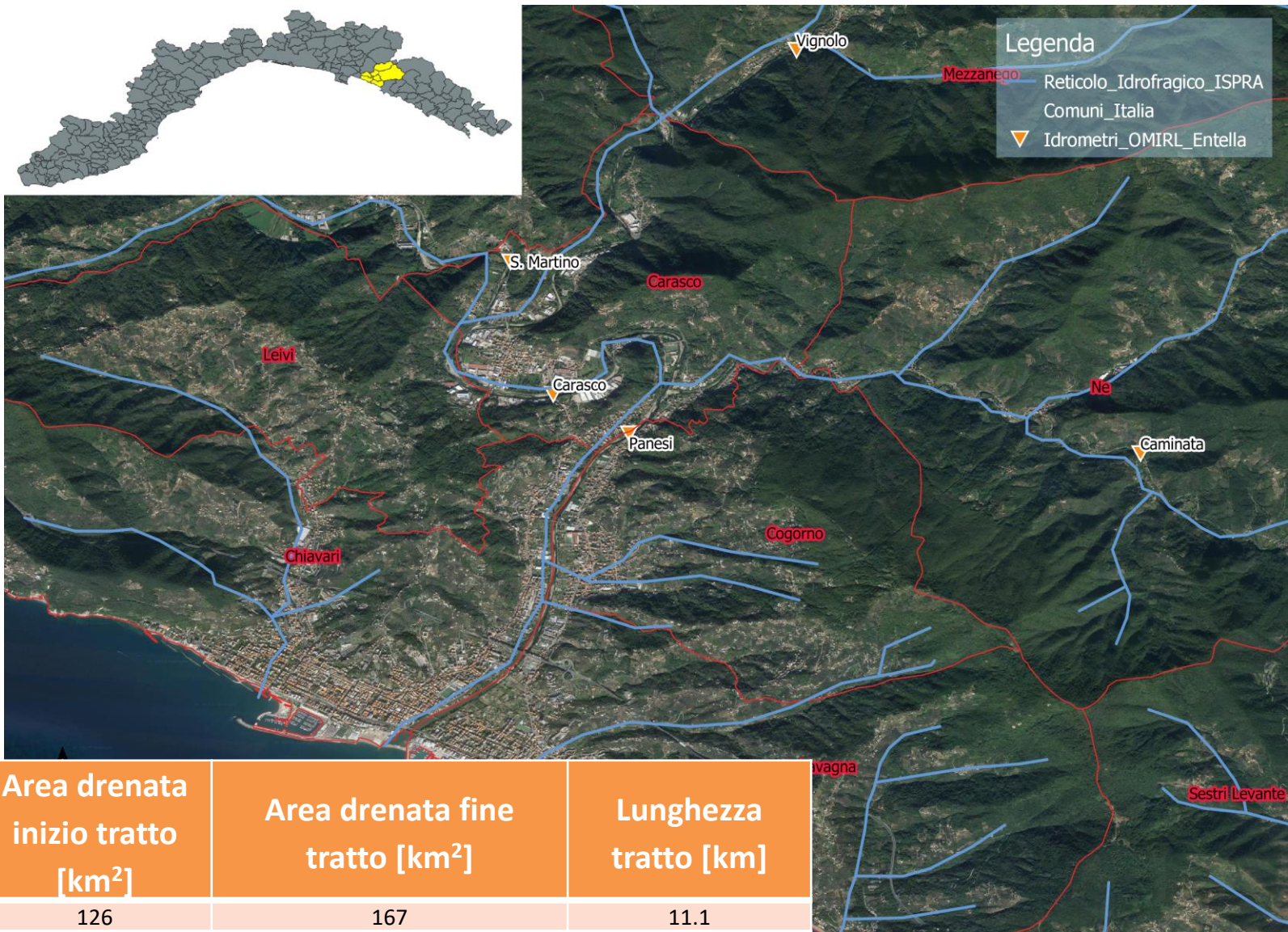
Algoritmo per la
creazione degli scenari di
inondazione

Modulo Danni

Stima del rischio

RASOR

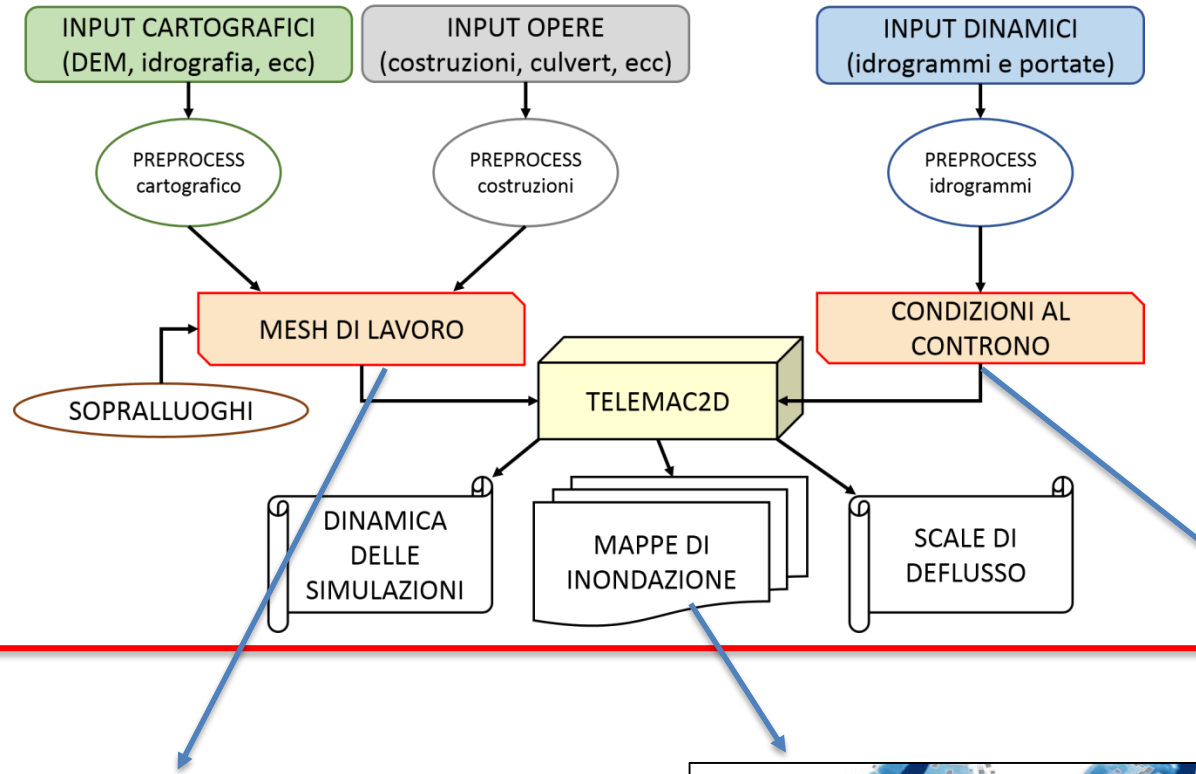
Area di studio: bacino del fiume Entella



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

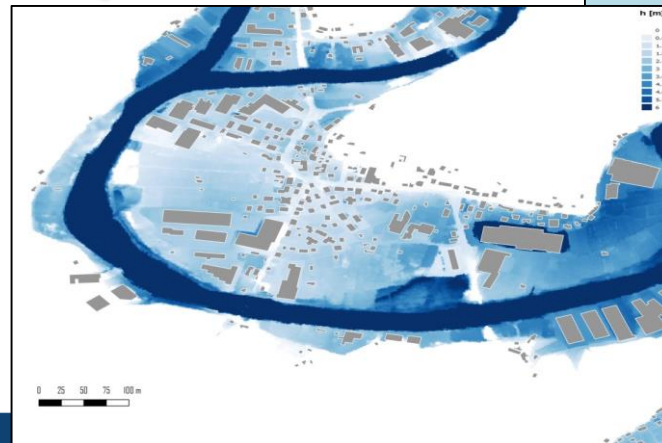
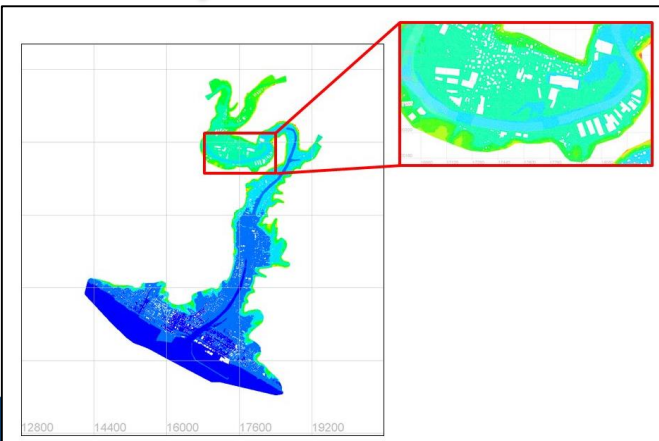
Modello bidimensionale TELEMAC - MASCARET

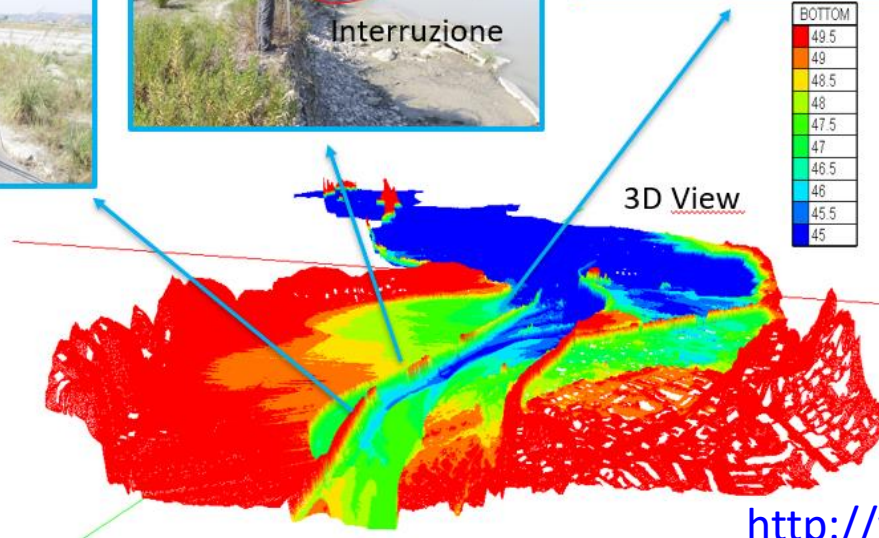
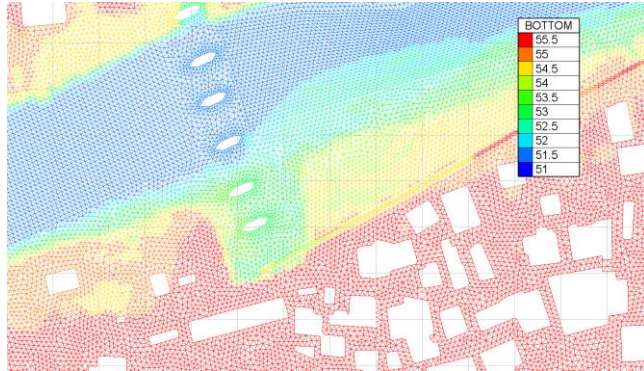


Torrente	N°nodi
Sturla	982338
Graveglia	317213
Lavagna	1303486
Entella	2899578

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

Percentile	Lavagna m³/s	Sturla m³/s	Graveglia m³/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

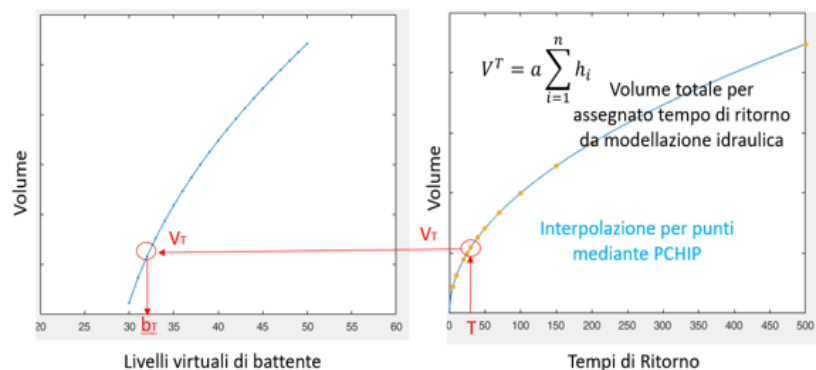
J cadente idraulica

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



Equazioni utilizzate

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

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

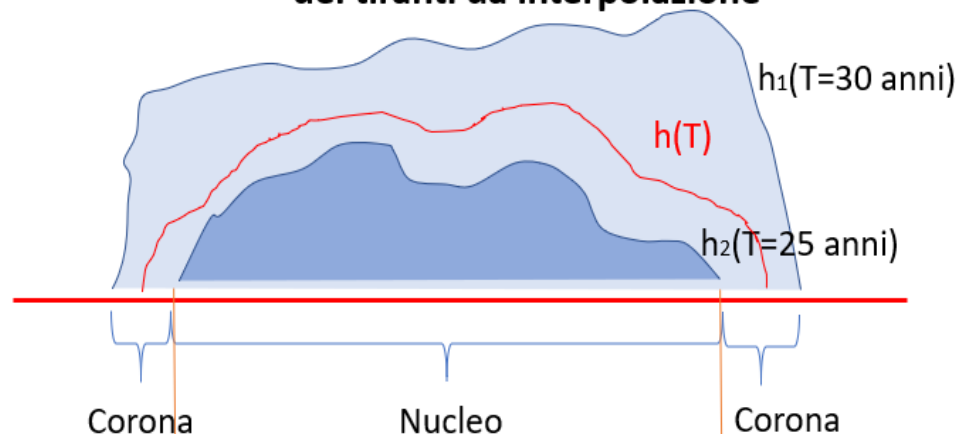
$$h_T(Corona) = h_2 - b_T$$

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

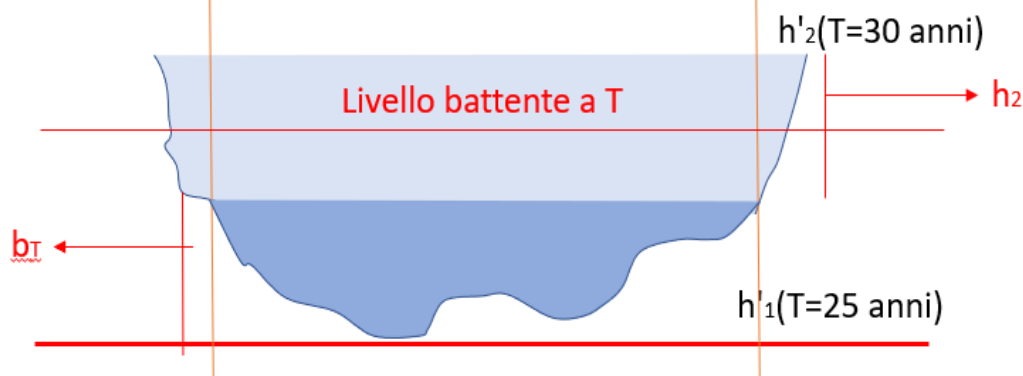
$$\gamma = \frac{h_1'}{(h_{1,nucleo}) + (h_{2,nucleo}) - b_{T,nucleo}}$$

Coefficiente correttivo
applicato nel nucleo

Definizione della distribuzione spaziale 3d dei tiranti da interpolazione



Creazione del Virtual Lake



Esempio mappa creata dall'algoritmo con T assegnato

Input

12 Mappe di
inondazione

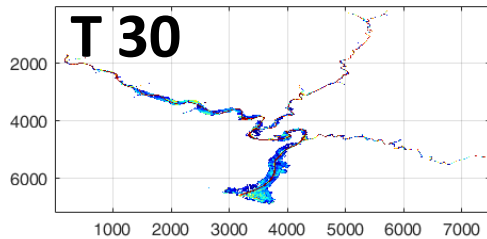
Elaborazione

Algoritmo per la creazione del
data set di mappe di
inondazione

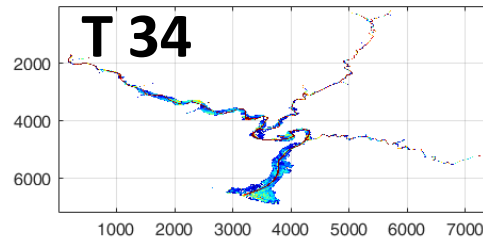
Output

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

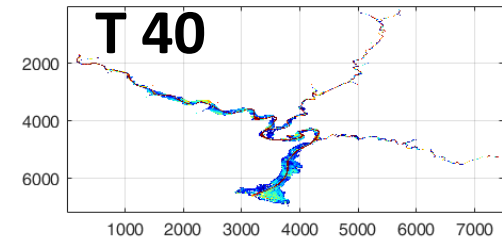
Simulazione Idraulica T=30 Anni



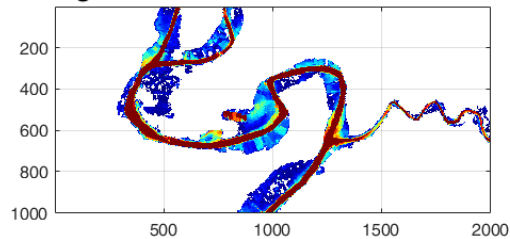
Data Set Abaco T=34 Anni



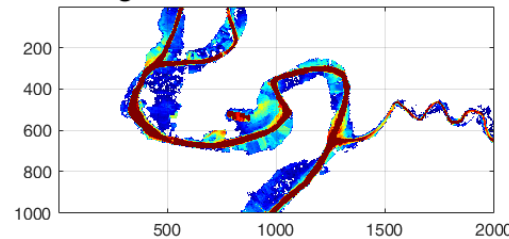
Simulazione Idraulica T=40 Anni



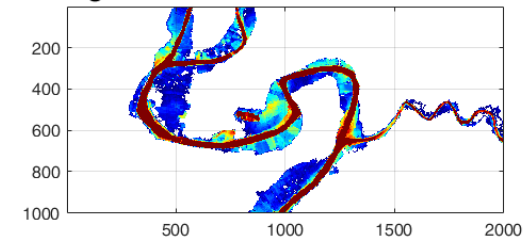
Dettaglio Simulazione Idraulica T=30 Anni



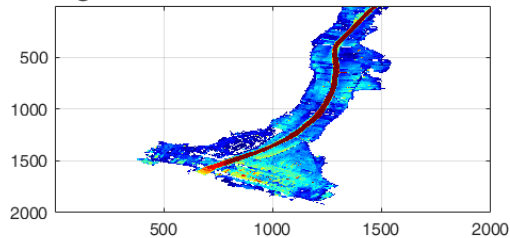
Dettaglio Data Set Abaco T=34 Anni



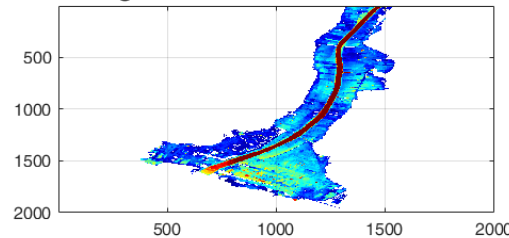
Dettaglio Simulazione Idraulica T=40 Anni



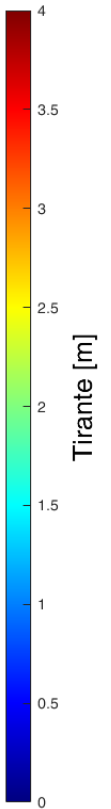
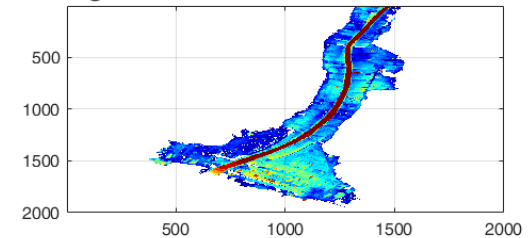
Dettaglio Simulazione Idraulica T=30 Anni



Dettaglio Data Set Abaco T=34 Anni

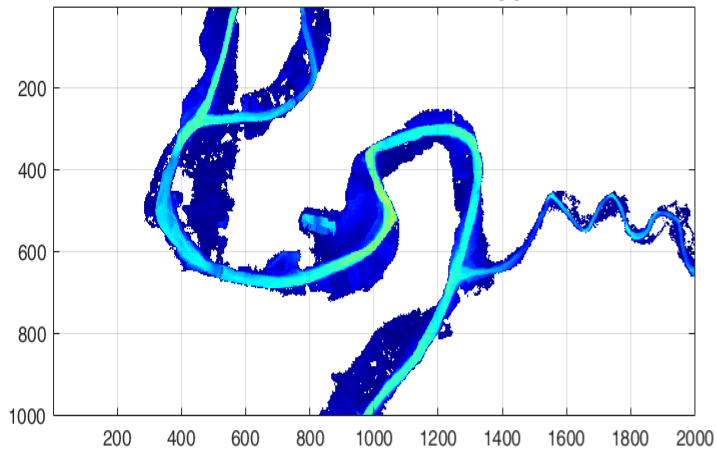


Dettaglio Simulazione Idraulica T=40 Anni

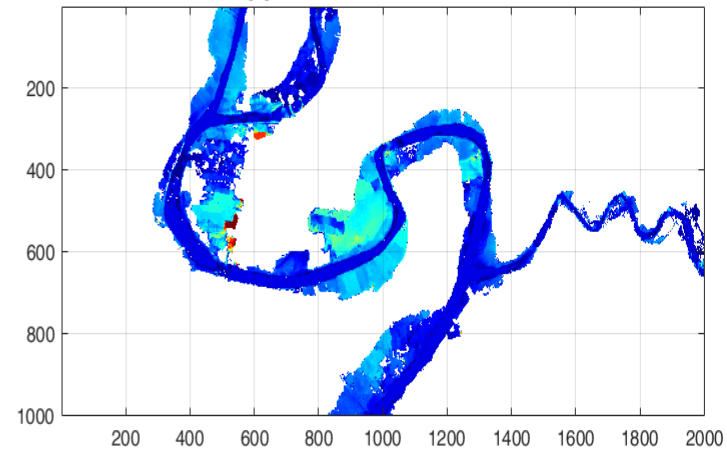


Esempio mappa creata dall'algoritmo con T assegnato

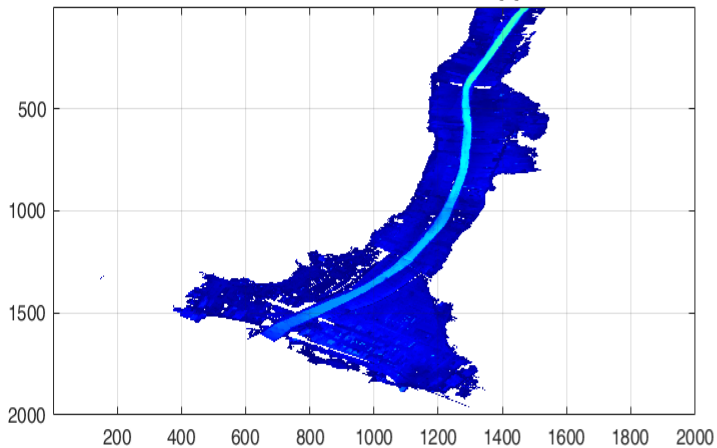
Differenza tra Simulazione a T=40 e Mappa Abaco a T=34



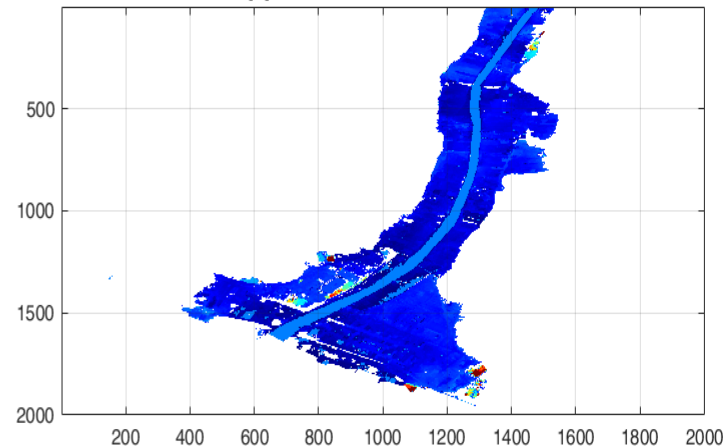
Differenza tra Mappa Abaco a T=34 e Simulazione a T=30



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

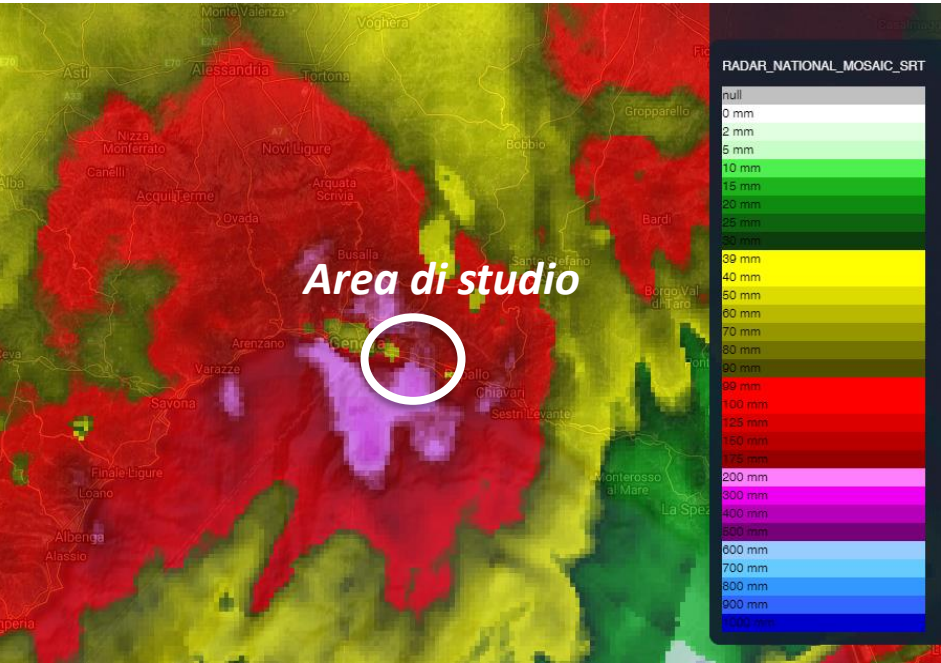
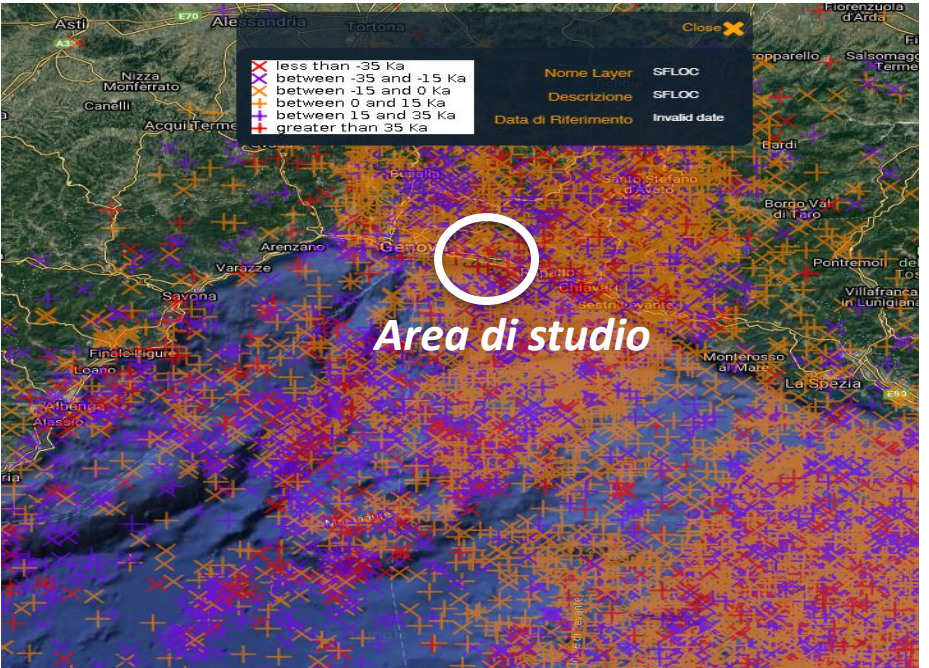


Immagine Rete LAMPI Aeronautica Militare - SFLOC dalle 00:00 del 09.11.2014 alle 00:00 del 12.11.2014



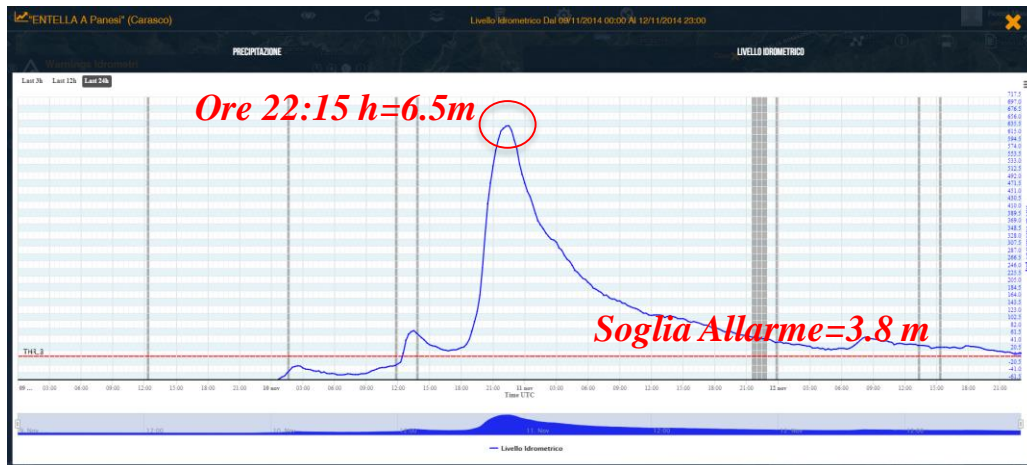
Valori di pioggia cumulata su 24h registrata dalla rete dell'Osservatorio Meteo Idrologico della Regione Liguria

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



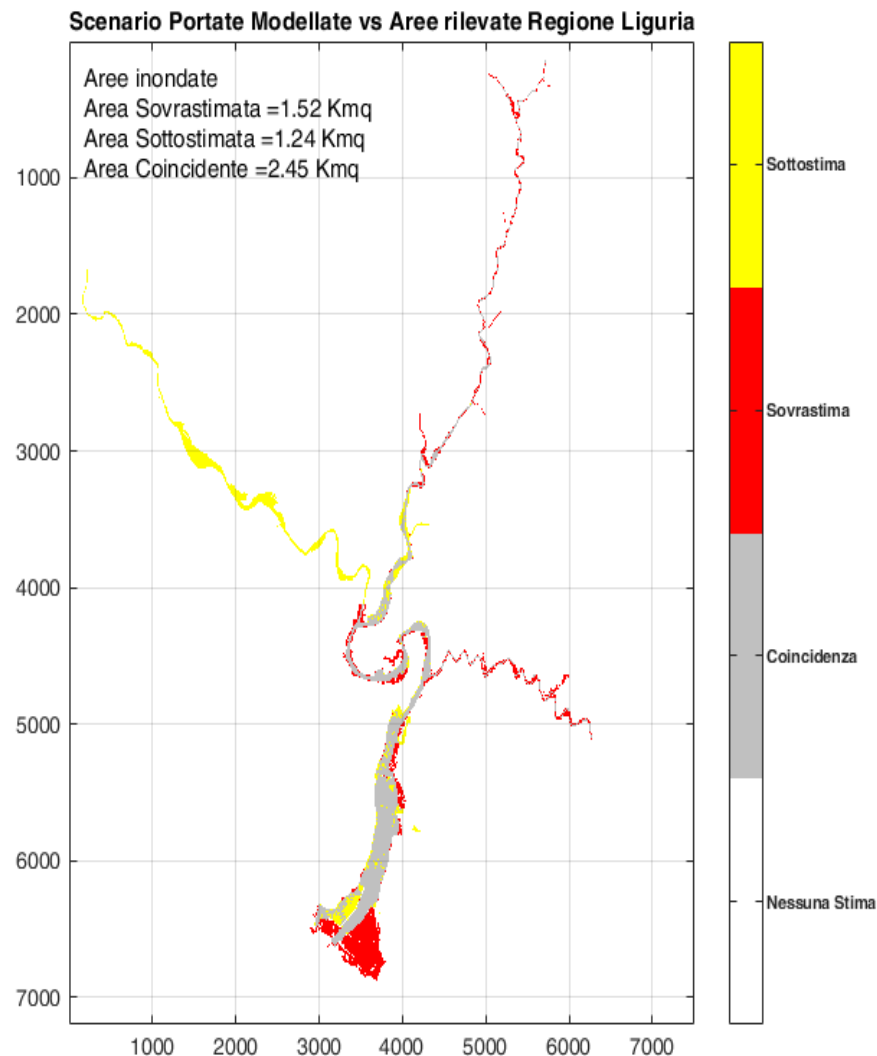
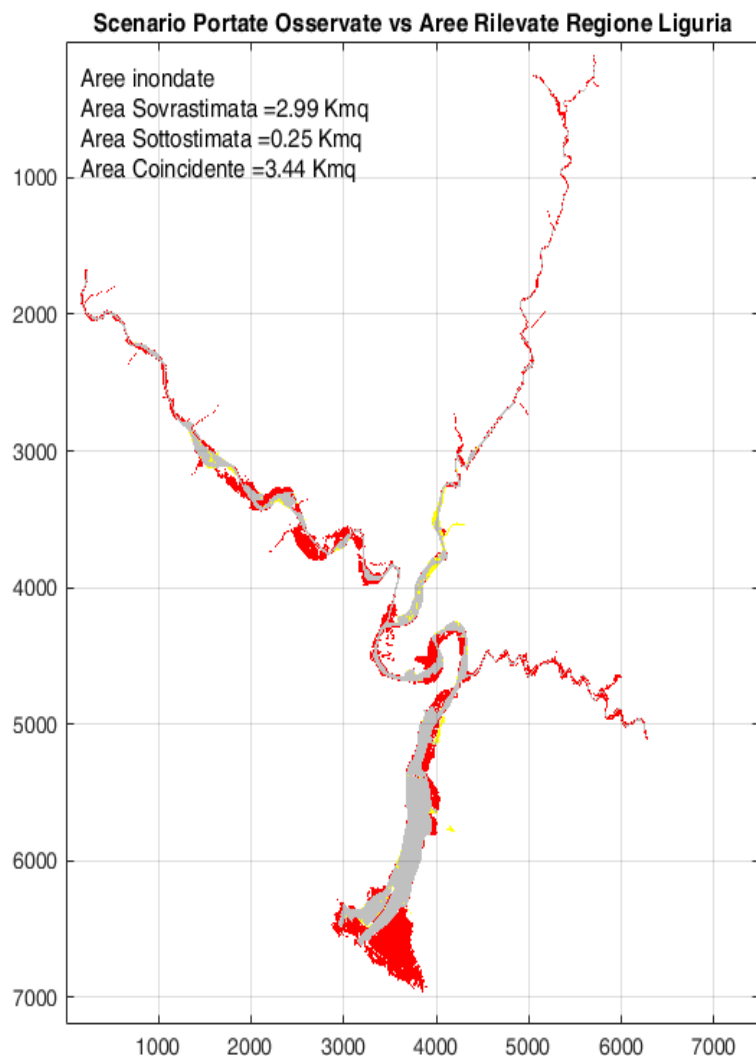
Caso di studio: Effetti al suolo



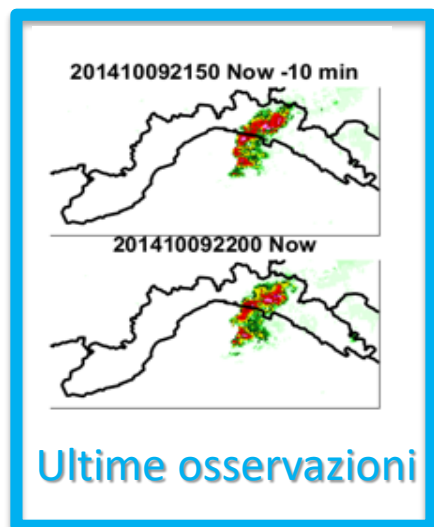
Alluvione Liguria, a Levi trovati corpi dei due dispersi. A Chiavari arriva l'esercito



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



Catena operativa nowcasting idrologico

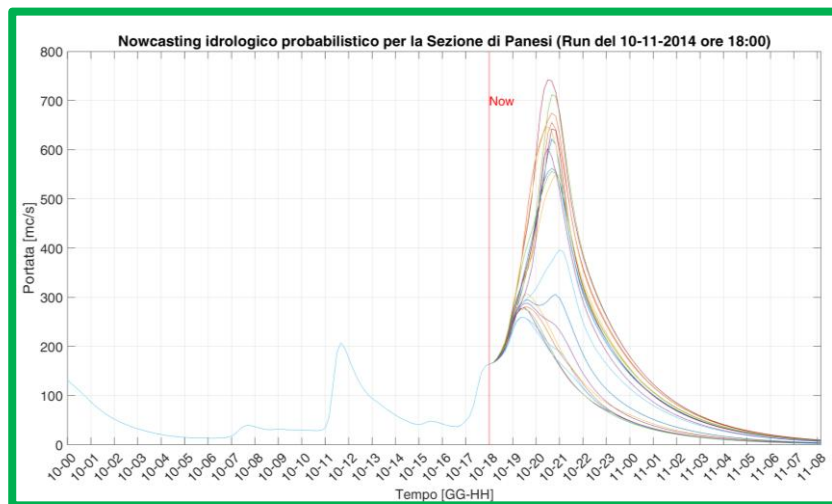


Intervallo: 2h dalle 10:00 del
10/11 alle 03:00 del 11/11

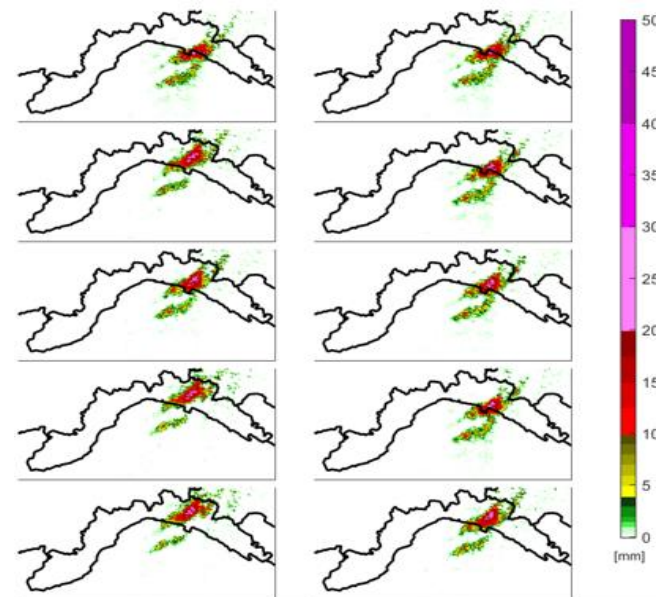
Tecnica di
Nowcasting

PhaSt (Phase Stochastic)
(Metta et al 2009)

Scenari di portata



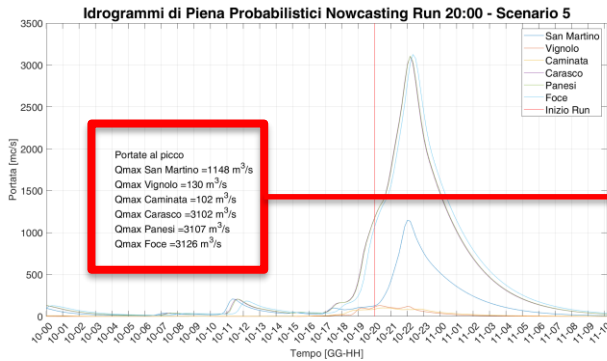
Possibili scenari fra 2 ore



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

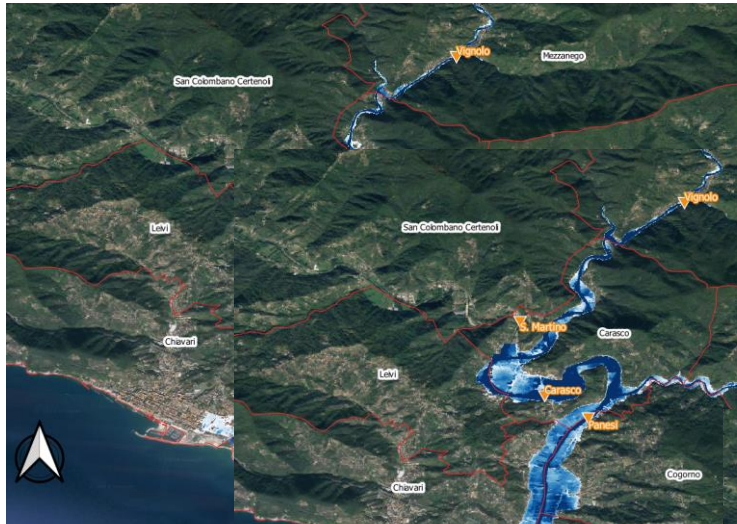
Scelta della mappa di inondazione per tratto e per assegnato T nell'abaco

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

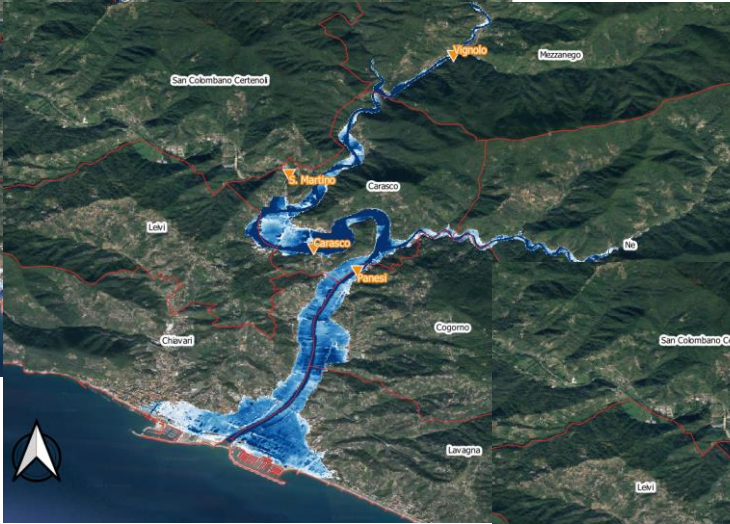
Creazione Scenario di area potenzialmente inondabile



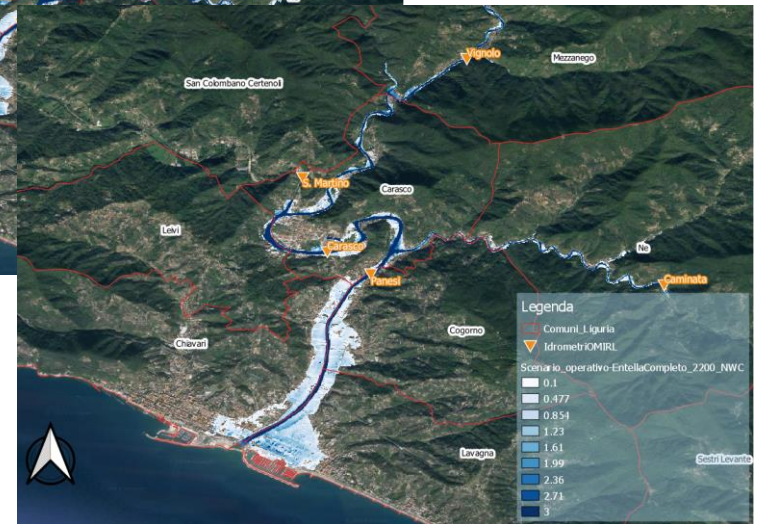
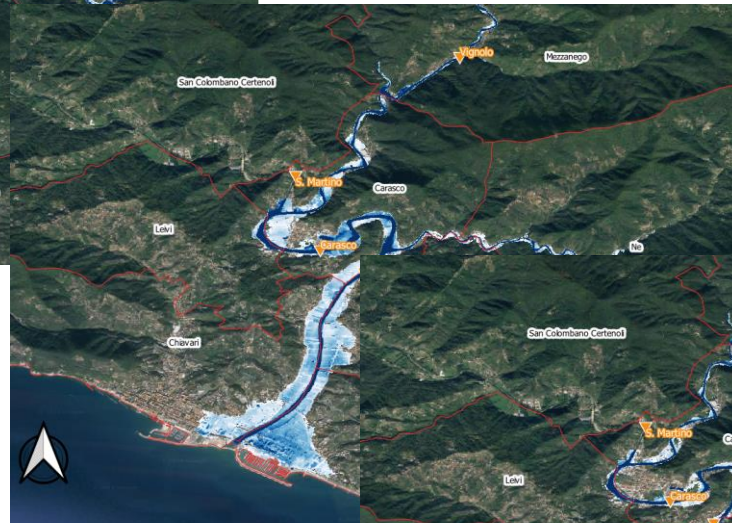
Scenario di inondazione 19:00



Scenario di inondazione 20:00



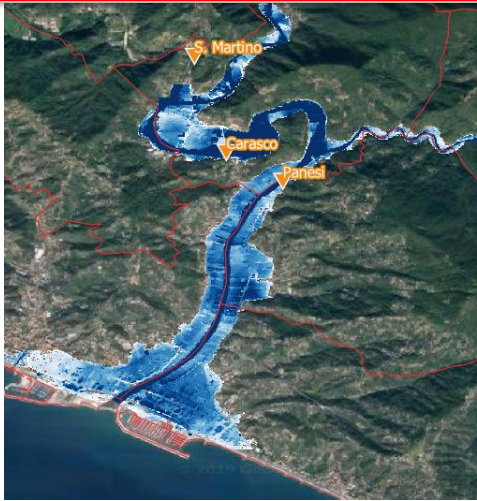
Scenario di inondazione 21:00



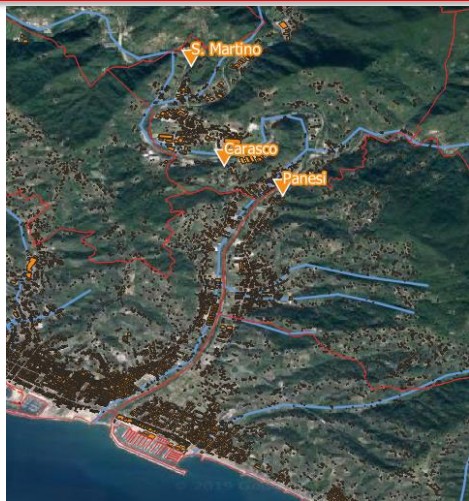
Cosa avrebbe visto l'operatore?

Scenario di inondazione 22:00

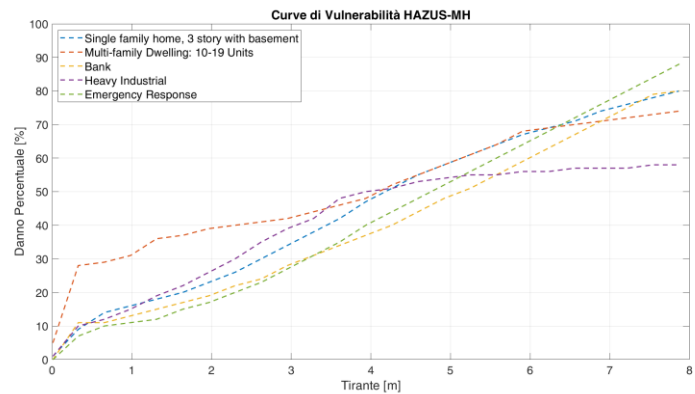
Stima del danno con piattaforma RASOR



Mappe di inondazione potenziale



Esposizione



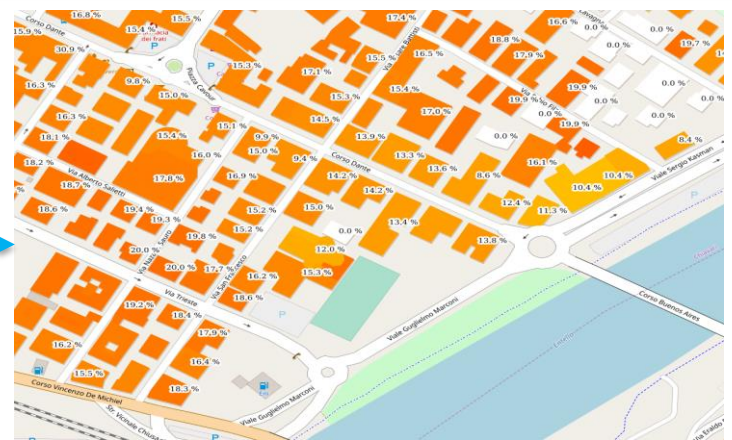
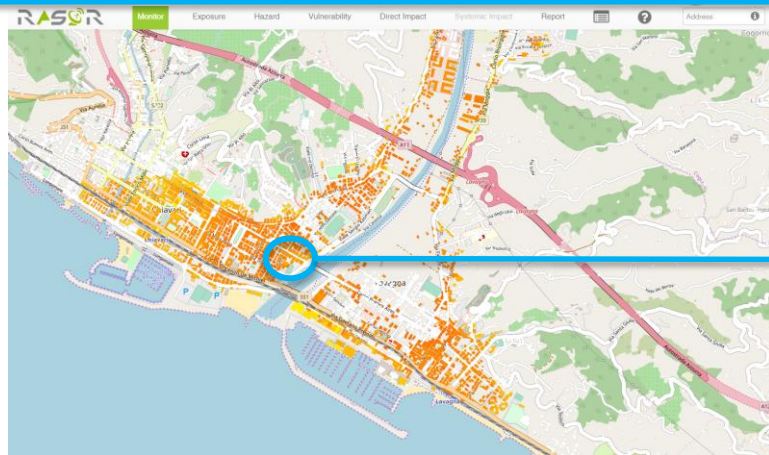
Curve di vulnerabilità HAZUS-MH

I
N
P
U
T



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

O
U
T
P
U
T



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)



GRAZIE

www.cimafoundation.org