



Interreg



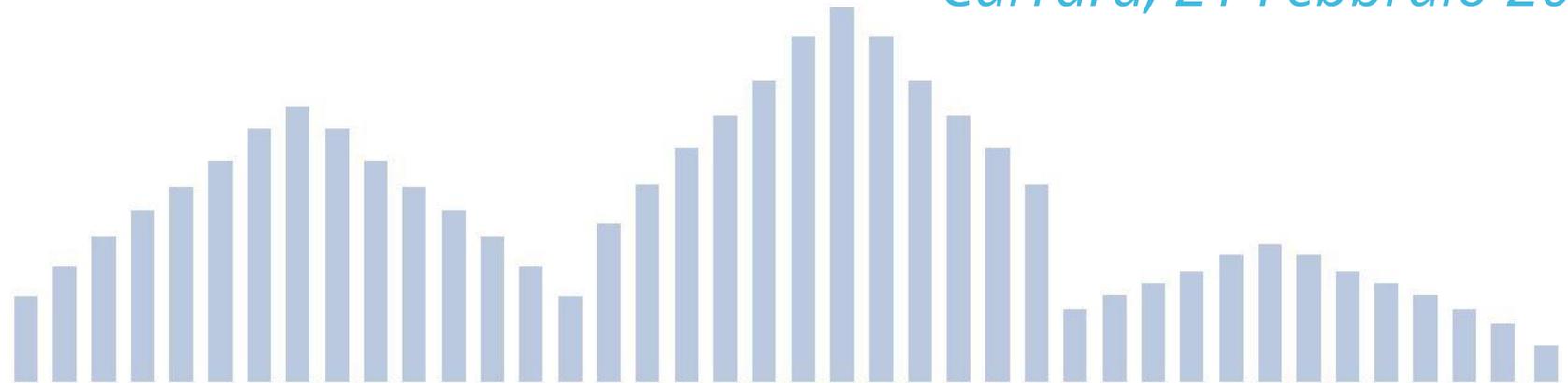
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

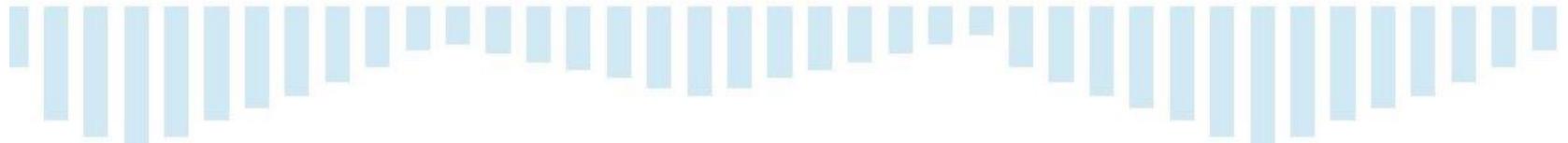


Carrara, 21 Febbraio 2020



Analisi delle pericolosità e dei rischi connessi ai cambiamenti climatici

Descrizione metodologica e applicazione al comune di La Spezia



Mauro Rossi

Ivan Marchesini, Paola Salvati, Francesca Ardizzone, Massimiliano Alvioli

Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica

Consiglio Nazionale delle Ricerche

La Cooperazione al cuore del Mediterraneo
La Coopération au coeur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Stima suscettibilità da frana



Interreg



UNIONE EUROPEA

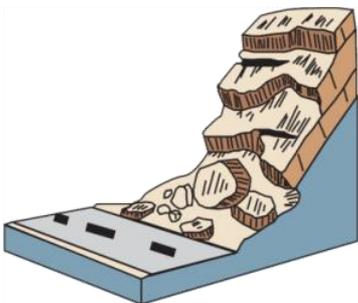
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

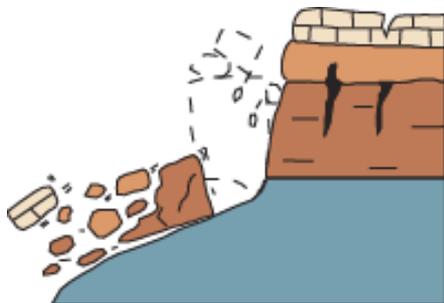


Con il termine «**FRANA**» si intende un **insieme** di **processi** fisici **estremamente eterogeni** difficilmente descrivibili con un singolo modello.

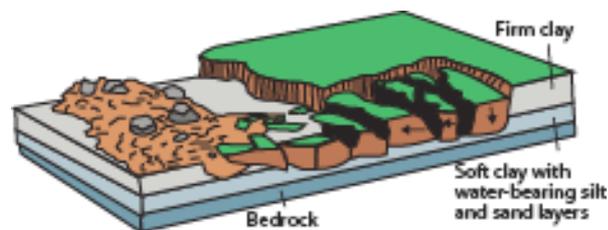
CROLLO



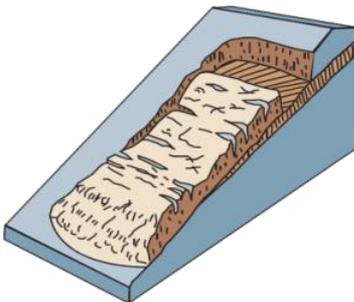
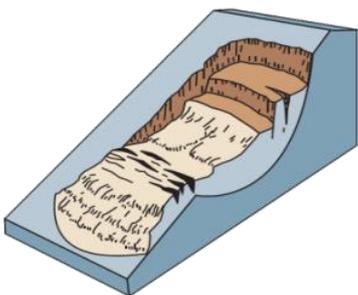
RIBALTAMENTO



ESPANDIMENTO



SCORRIMENTOSCORRIMENTO



COLATA





Interreg



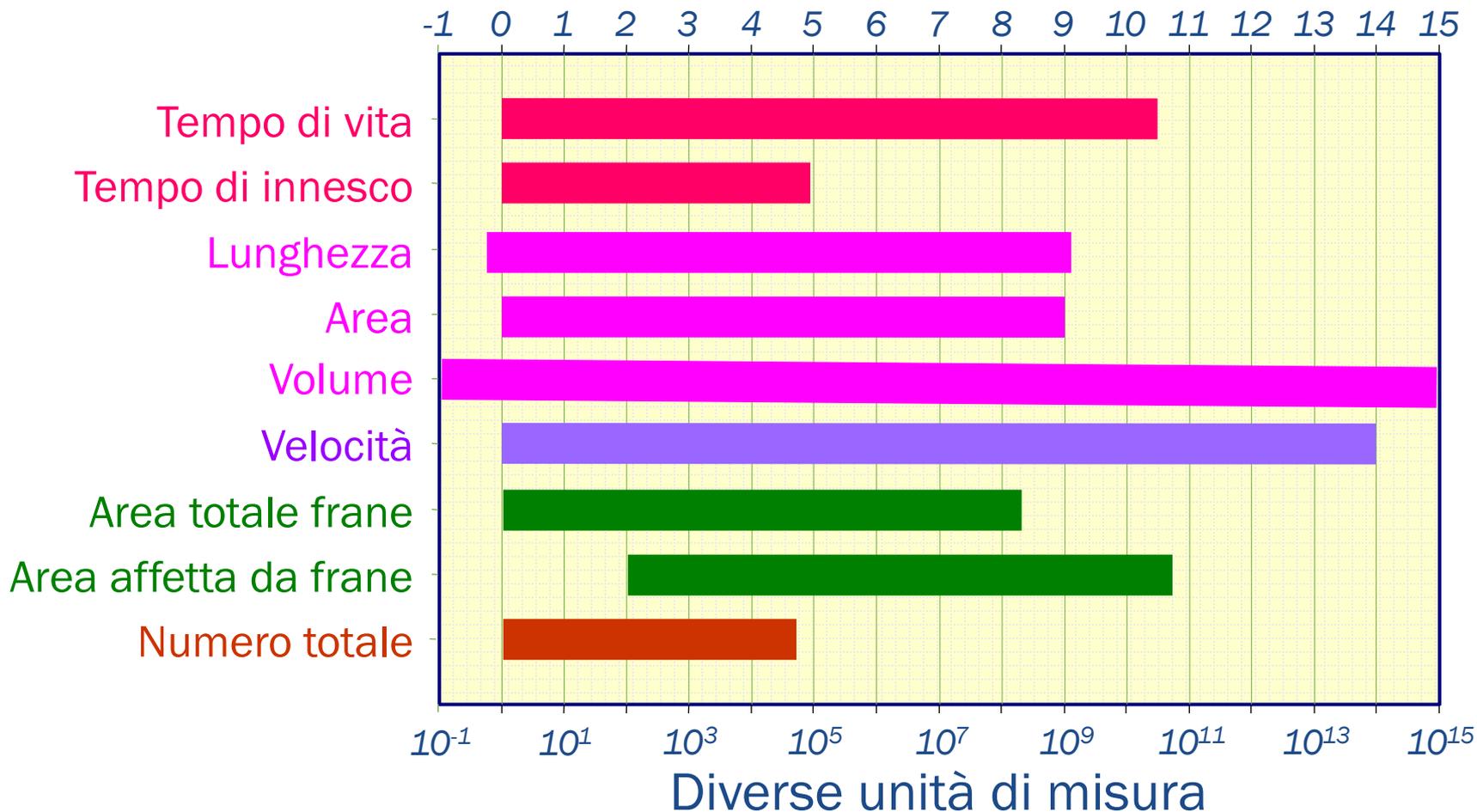
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Eterogeneità delle caratteristiche di una frana





Interreg 
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Modellazione suscettibilità

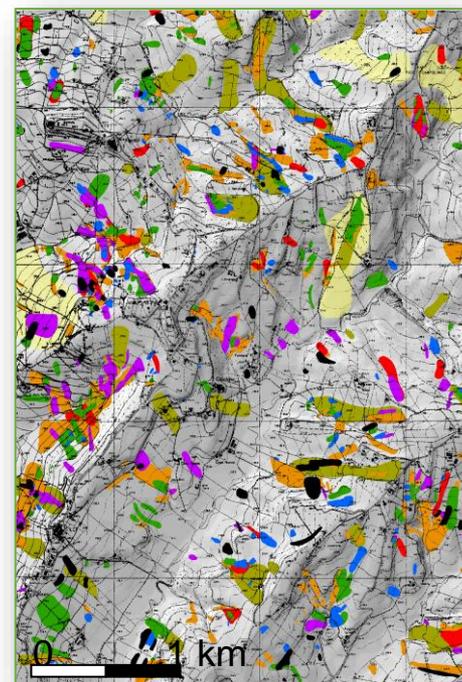
Frane *singole* (su singoli versanti)



La Conchita, California, US.
Fotografia: Robert L. Schuster,
USGS

Geologia applicata

Frane *multiple* (popolazioni di frane)



Carta inventario, Collazzone,
Umbria.
CNR-IRPI

Geomorfologia



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Suscettibilità da frana

La **suscettibilità** da frana è una **probabilità spaziale** è cioè la **probabilità** che una **frana** si **verifichi** in una **data area** sulla base di determinate condizioni ambientali.

È una **stima** di "**dove**" è probabile che si verifichino frane.

La **suscettibilità** da frana **NON CONSIDERA** né la **probabilità temporale**, né la **magnitudo** di una frana.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ADAPT

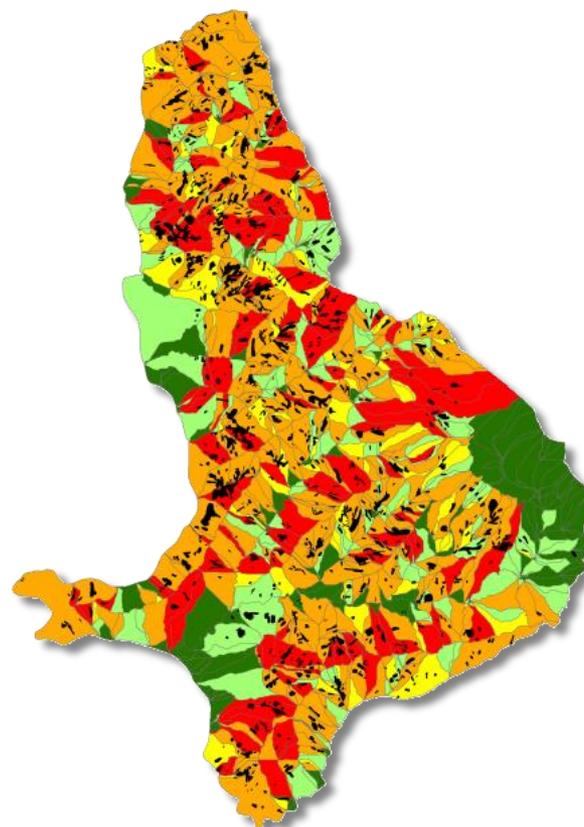
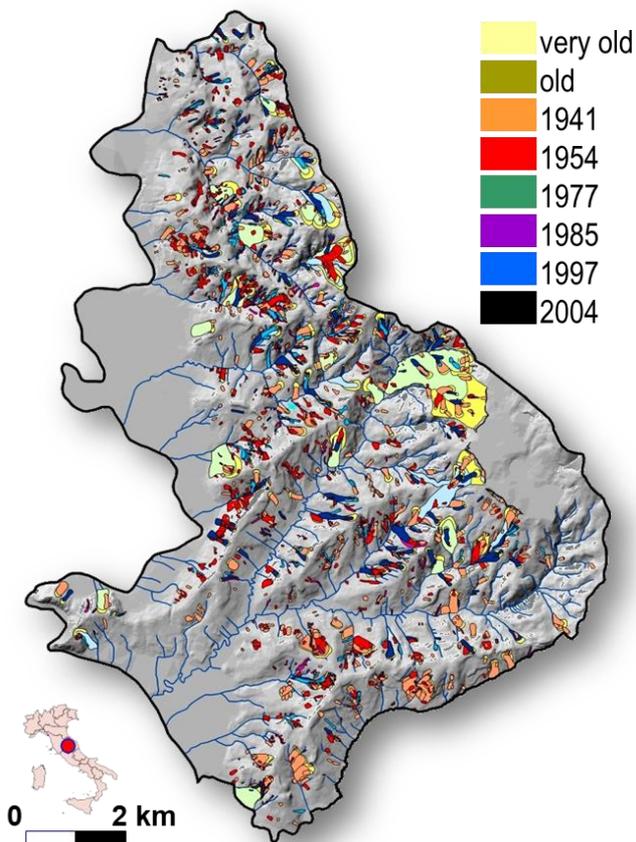
Carte inventario VS Carte suscettibilità

Carta inventario

Risultato di una mappatura

Carte suscettibilità

Risultato di una modellazione



Non fornisce informazioni nelle zone non mappate

Fornisce informazioni anche nelle zone non mappate



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Metodi VS Unità di mappatura

Unità di mappatura	Approccio modellistico				
	Mappatura geomorfologica	Analisi degli inventari	Approcci euristici	Approcci statistici	Modelli concettuali o fisicamente basati
Celle/Pixel		✱	✱	✱	✱
Unità territoriali	✱			✱	
Unità Condizioni Univoche			✱	✱	
Unità di versante				✱	
Unità topografiche					✱
Unità amministrative		✱	✱	✱	



Interreg



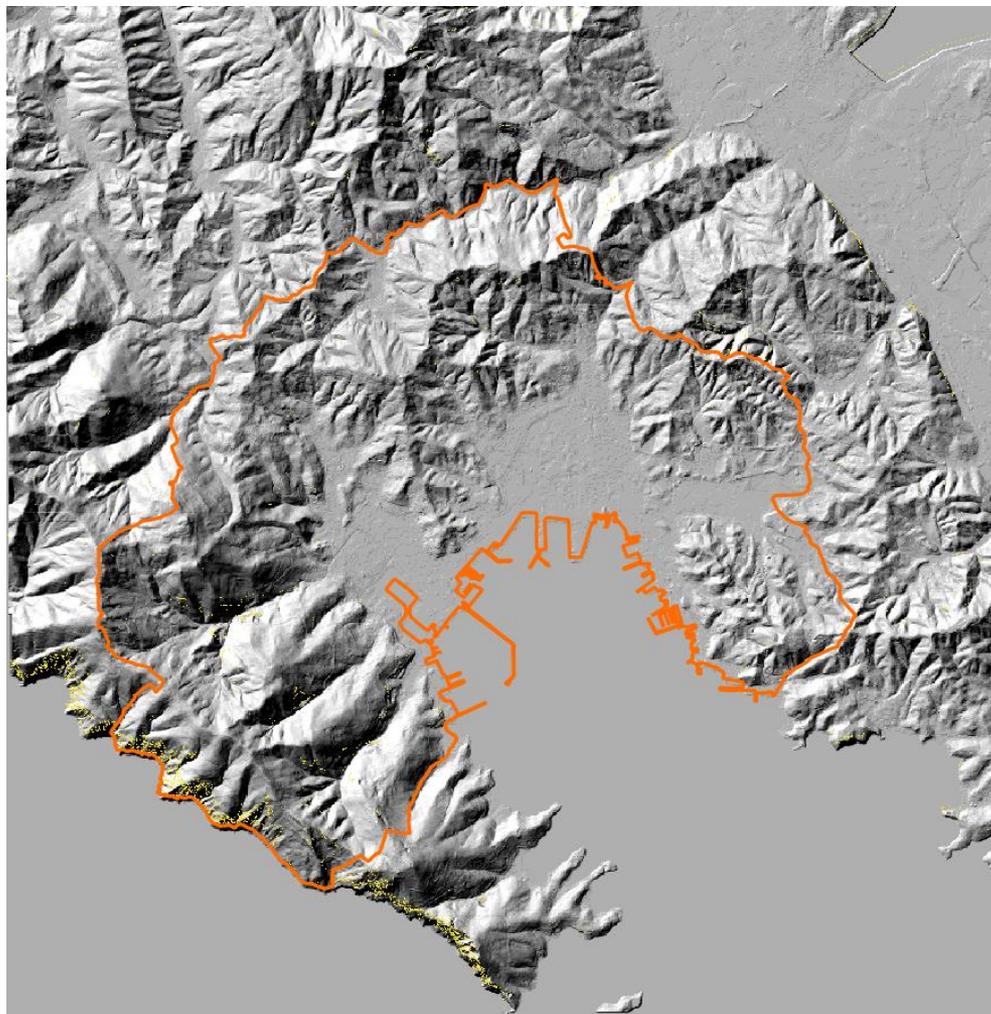
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



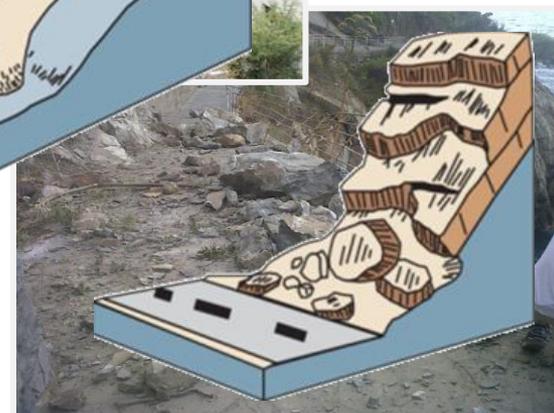
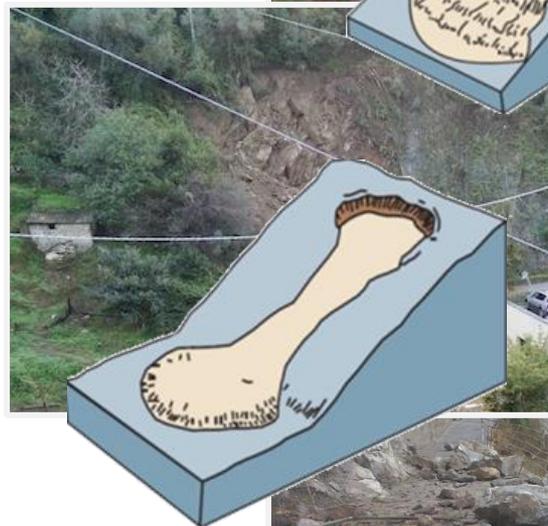
Area di studio



Scivolamenti



Colate



Crolli

La Cooperazione al cuore del Mediterraneo
La Coopération au coeur de la Méditerranée



Interreg



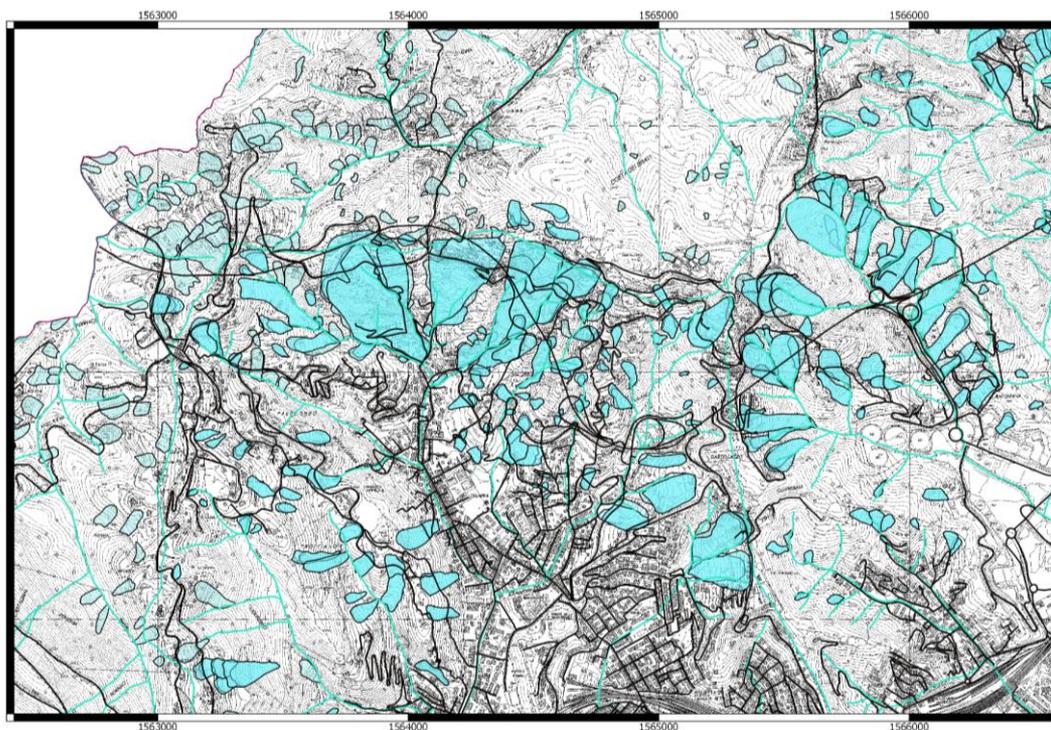
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

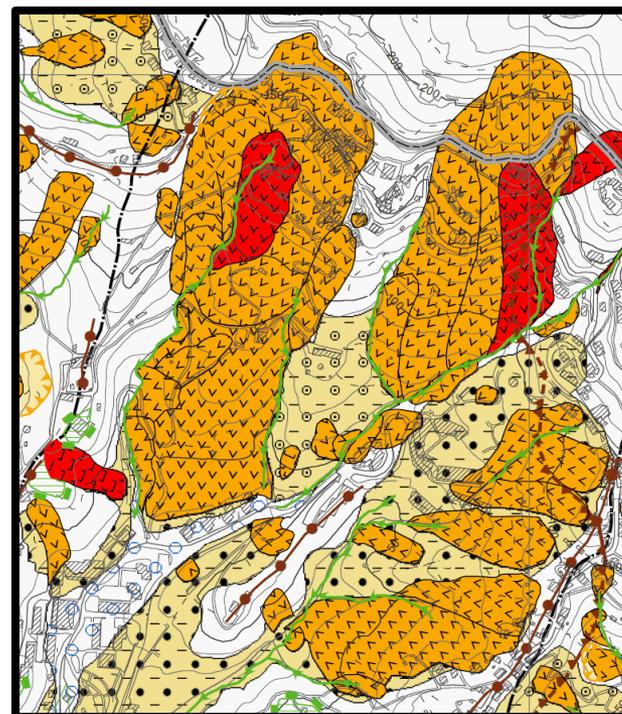
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Dati di frana



Inventario IFFI



Carta geomorfologica del
Comune della Spezia



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Quadro delle attività di modellazione

Sono stati utilizzati **approcci di modellazione differenti** per ottenere le mappe di **suscettibilità per ciascun tipo di frana** con tool/software modellistici sviluppati o co-sviluppati dal CNR IRPI.

I singoli **modelli di suscettibilità** sono stati **sottoposti** a specifiche **fasi di calibrazione** e di **test/verifica** dove erano disponibili informazioni sufficientemente accurate sull'occorrenza di frana.

Le **diverse mappe di suscettibilità** saranno **combinare** per ottenere una **mappa di suscettibilità «composita»**.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Suscettibilità frane di scivolamento

Tipo modellazione: approccio statistico multivariato di classificazione (software **LAND-SE**).

Unità di mappatura: pixel con risoluzione 5m x 5m del modello digitale del terreno (DTM) della Regione Liguria derivato da CTR 1:5000 del 2007 II ed. 3D/DB Topografico.

Variabile dipendente: frane di tipo scivolamento estratte dall'IFFI della Regione Liguria (utilizzate in calibrazione e validazione).

Variabili tematiche: pendenza, aspetto, curvatura lungo il profilo, curvatura trasversale, accumulo, classi geomorfiche e variabili quantitative derivate, geologia.



Interreg



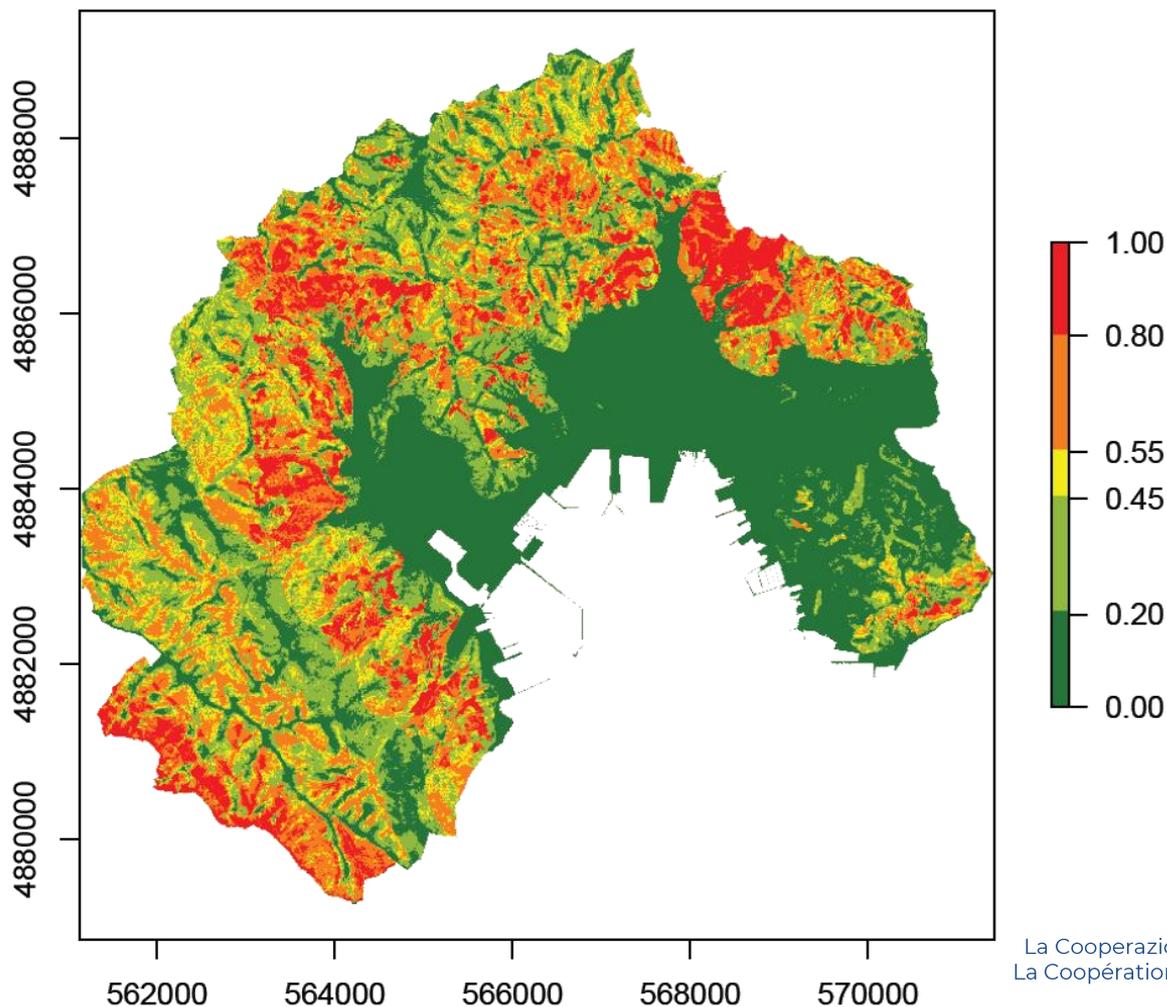
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Suscettibilità frane di scivolamento



La Cooperazione al cuore del Mediterraneo
La Coopération au coeur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Suscettibilità frane di crollo

Tipo modellazione: approccio deterministico semplificato (software **STONE**).

Unità di mappatura: pixel con risoluzione 5m x 5m del modello digitale del terreno (DTM) della Regione Liguria derivato da CTR 1:5000 del 2007 II ed. 3D/DB Topografico.

Variabile di controllo: nessuna (crolli non mappati nell'IFFI della Regione Liguria).

Variabili tematiche: elevazione per simulare il runout, pendenza per derivare le aree sorgenti di crollo (pendenza > valore soglia), geologia per derivare i coefficienti di attrito dinamico, di restituzione normale e tangenziale.



Interreg



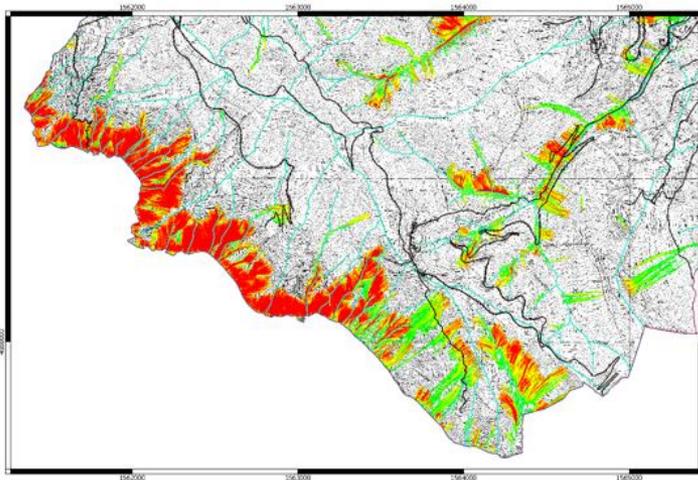
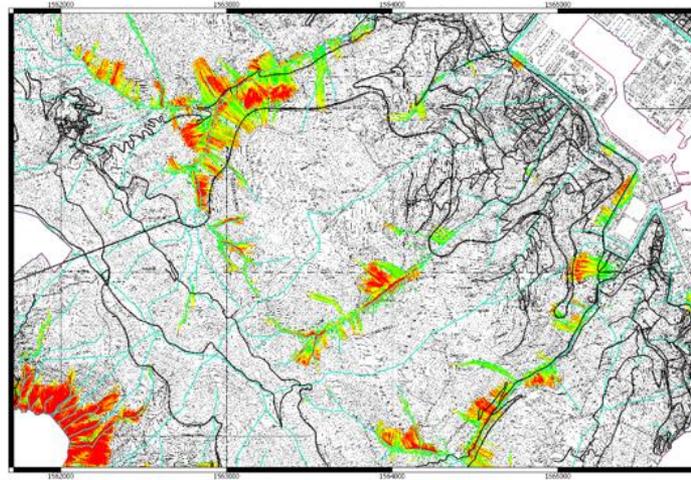
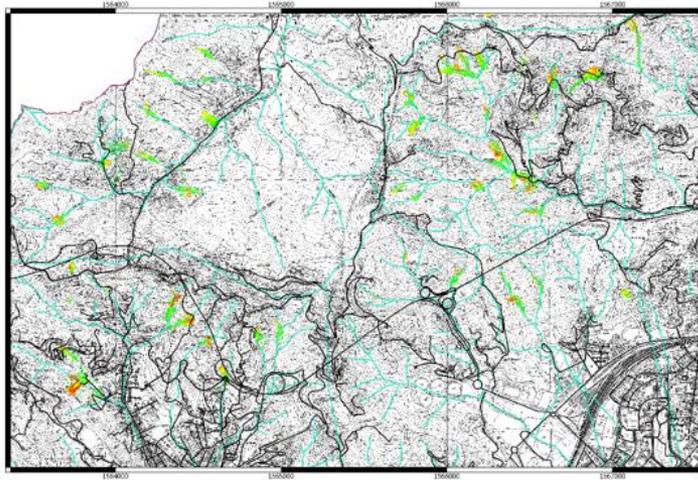
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

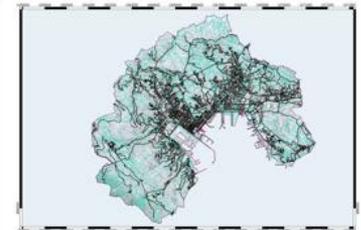


Suscettibilità frane di crollo



Legenda

- Non calcolata
- Classe 1 MB: Molto Bassa
- Classe 2 MB: Bassa
- Classe 3 M: Media
- Classe 4 MA: Medio Alta
- Classe 5 A: Alta



- Reticolo idrografico
- Viabilità



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Suscettibilità frane di colata

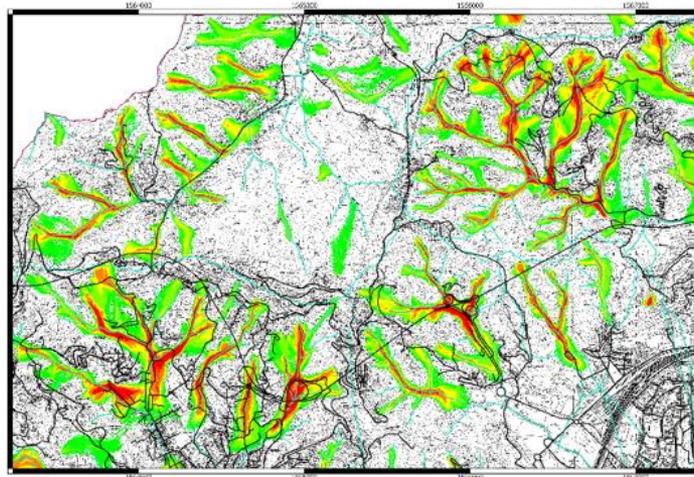
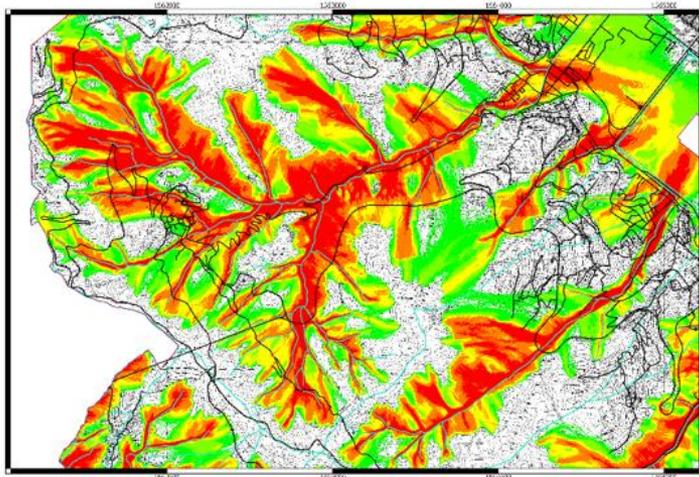
Tipo modellazione: approccio concettuale semplificato (modulo **GRASS GIS r.randomwalk**).

Unità di mappatura: pixel con risoluzione 5m x 5m del modello digitale del terreno (DTM) della Regione Liguria derivato da CTR 1:5000 del 2007 II ed. 3D/DB Topografico.

Variabile di controllo: frane di tipo colata estratte dall'inventario IRPI costruito nel bacino del torrente Pogliaschina (utilizzate in calibrazione).

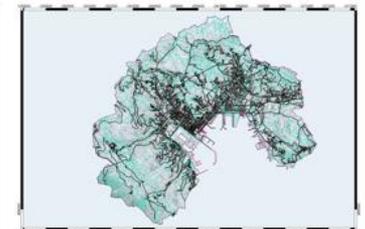
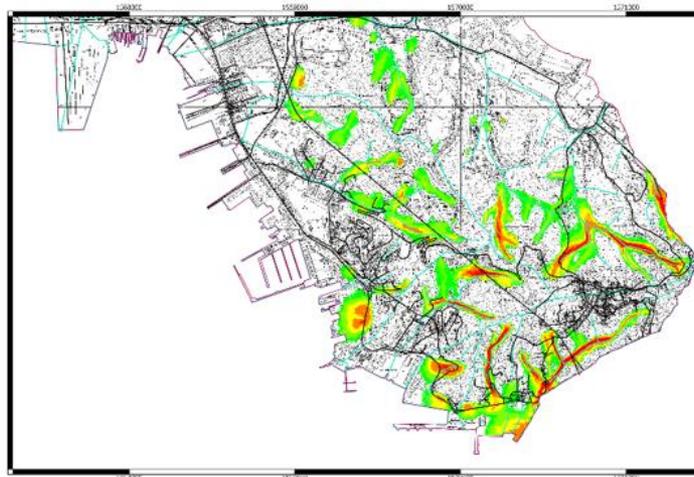
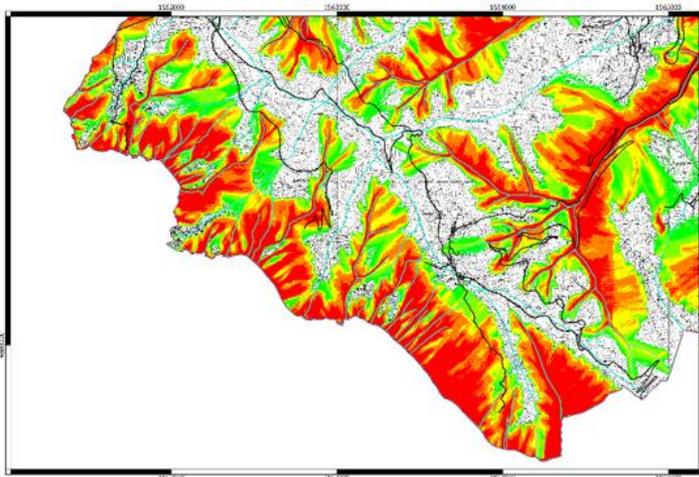
Variabili tematiche: elevazione per simulare il runout, pendenza e accumulo per derivare le aree sorgenti di colata.

Suscettibilità frane di colata



Legenda

-  Non calcolata
-  Classe 1 MB: Molto Bassa
-  Classe 2 MB: Bassa
-  Classe 3 M: Media
-  Classe 4 MA: Medio Alta
-  Classe 5 A: Alta



-  Reticolo idrografico
-  Viabilità



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Suscettibilità composita

Tipo modellazione: combinazione mappe di suscettibilità singole classificate in 5 classi (MB: molto bassa, B: bassa, M: media, MA: medio alta, A: alta) a livello di pixel e aggregazione a livello di unità di versante:

- Mappa conteggio** modelli singoli con suscettibilità maggiore o uguale a media
- Mappa del valore minimo** di **suscettibilità** raggiunto da uno dei modelli
- Mappa del valore massimo** di suscettibilità raggiunto da uno dei modelli

Unità di mappatura: pixel con risoluzione 5m x 5m, unità di versante.



Interreg



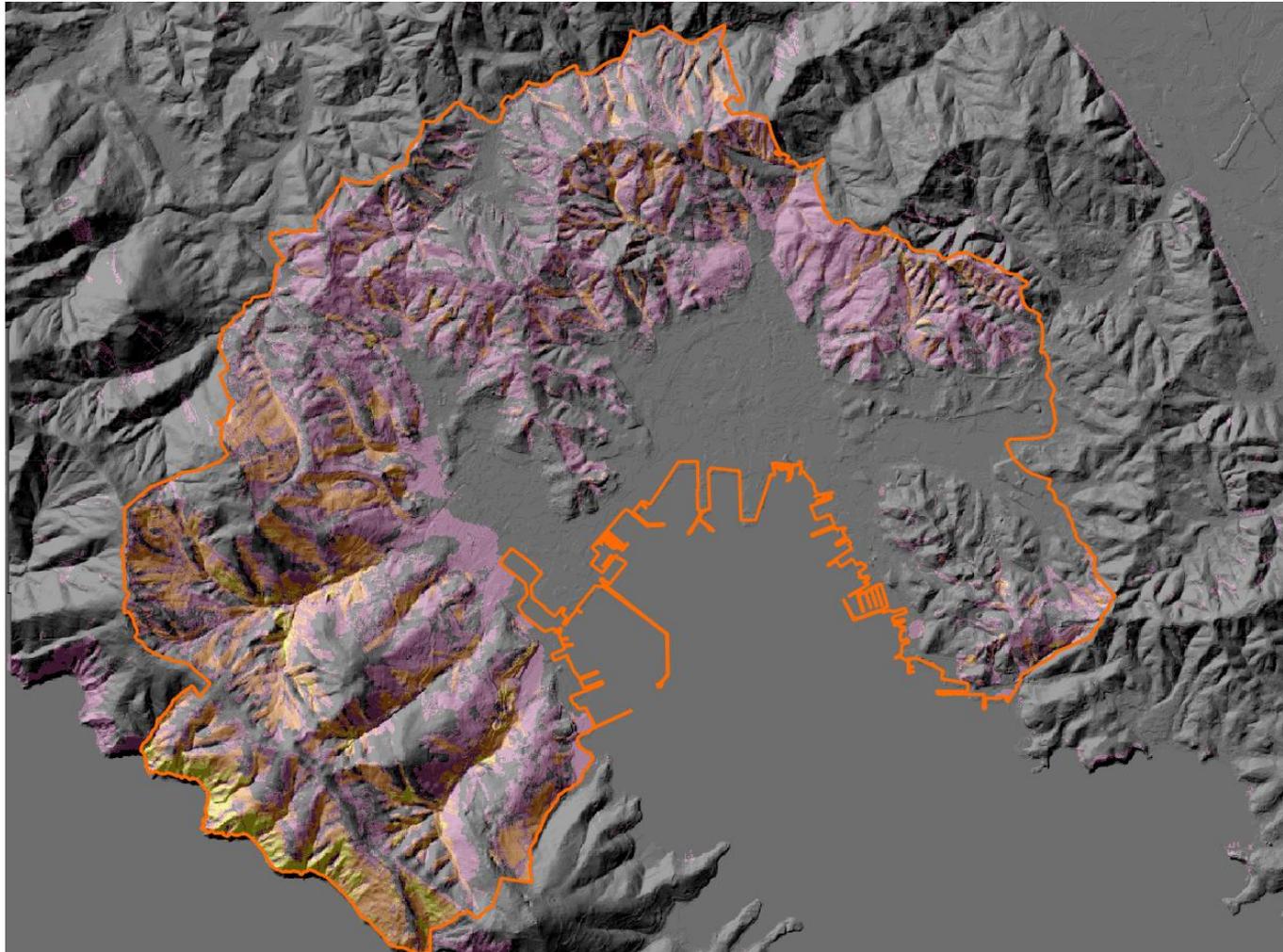
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Suscettibilità composita: Conteggio



Conteggio modelli con suscettibilità da media a alta

- 0 modelli
- 1 modello
- 2 modelli
- 3 modelli



Interreg



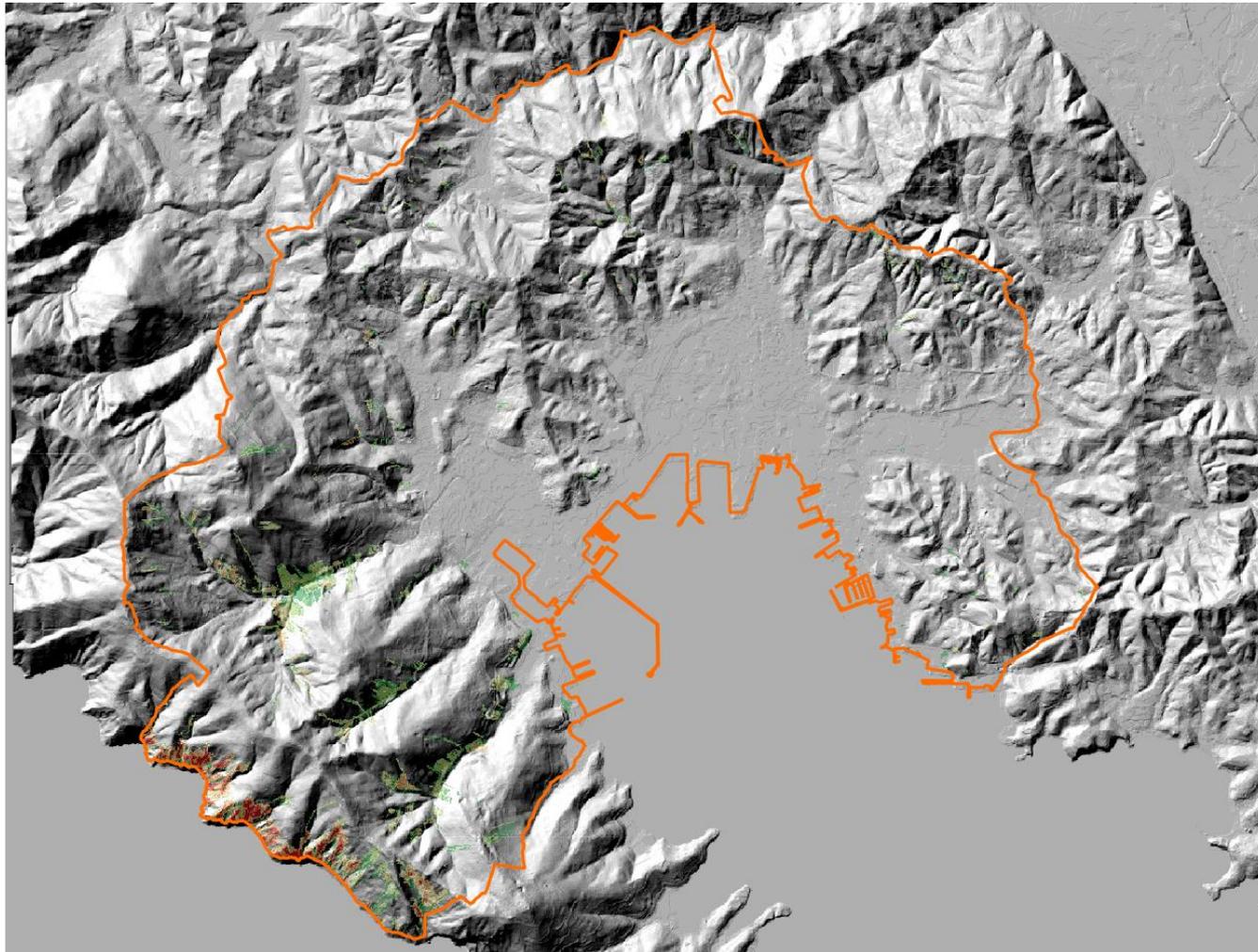
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Suscettibilità composita: Valore Minimo



-  Classe 1 MB: Molto Bassa
-  Classe 2 MB: Bassa
-  Classe 3 M: Media
-  Classe 4 MA: Medio Alta
-  Classe 5 A: Alta



Interreg



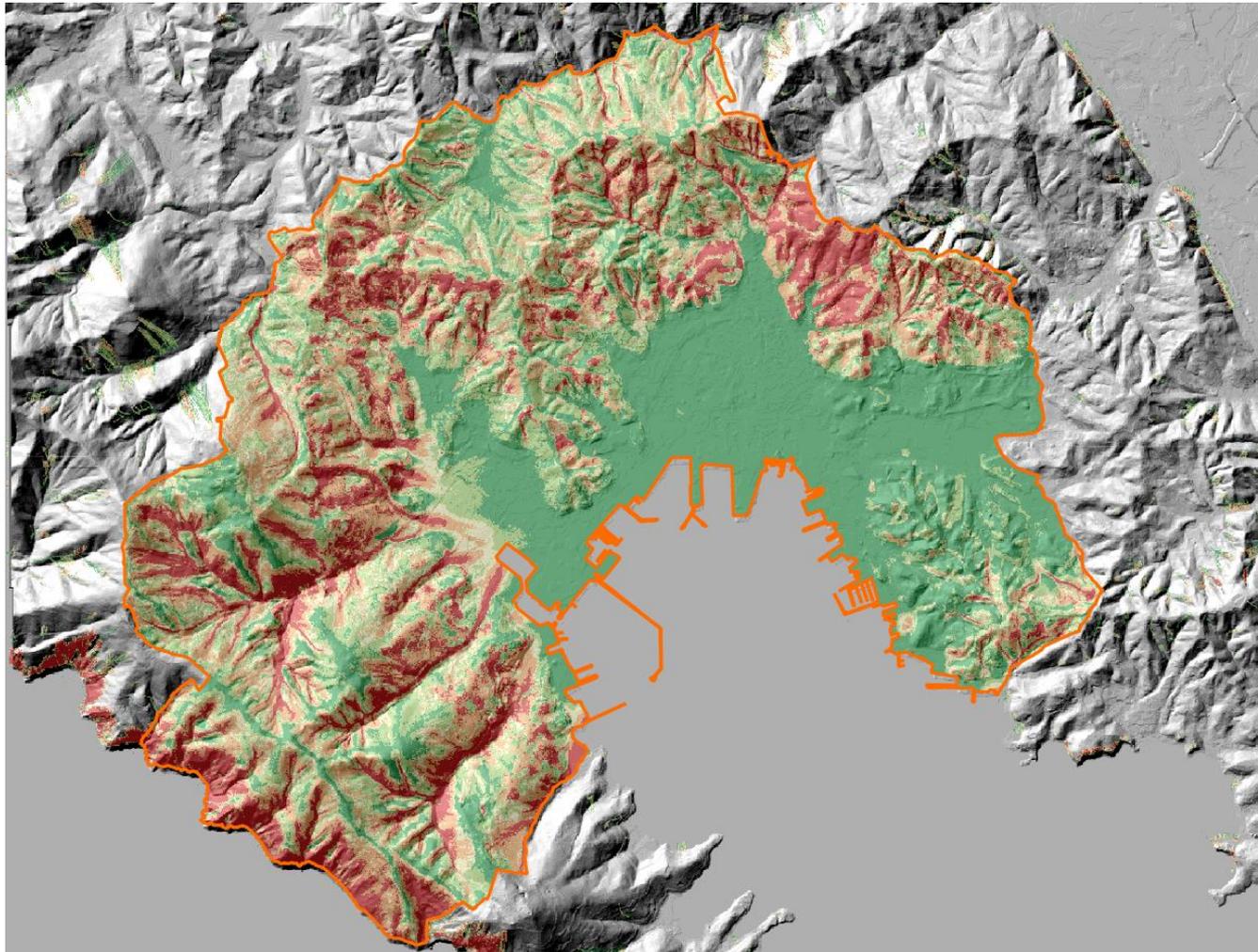
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Suscettibilità composita: Valore Massimo



-  Classe 1 MB: Molto Bassa
-  Classe 2 MB: Bassa
-  Classe 3 M: Media
-  Classe 4 MA: Medio Alta
-  Classe 5 A: Alta



Interreg



UNIONE EUROPEA

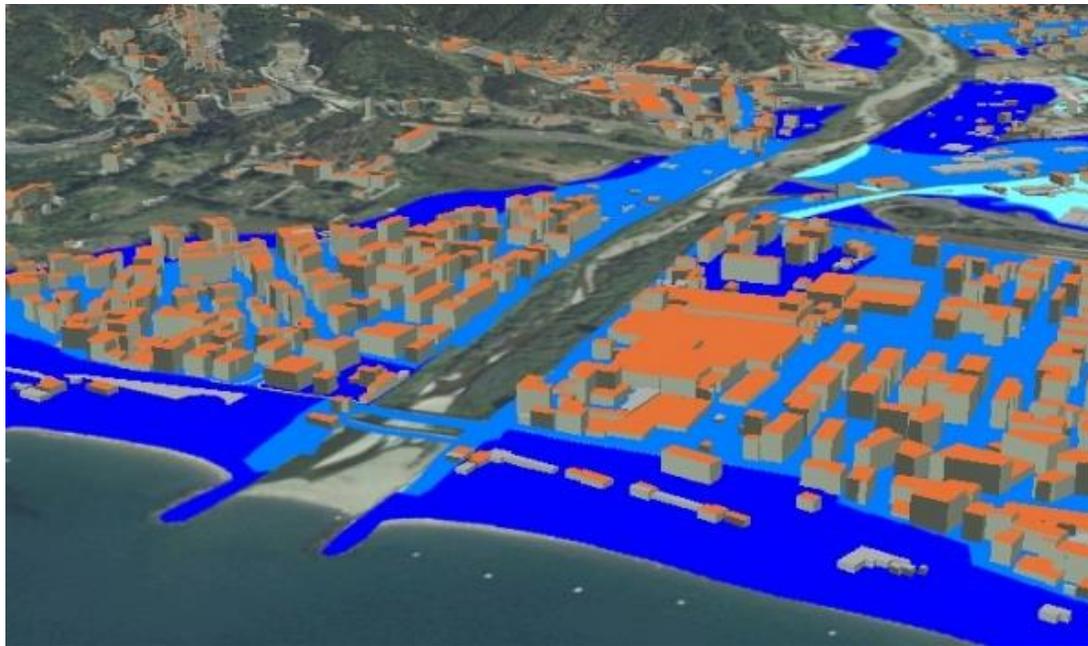
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



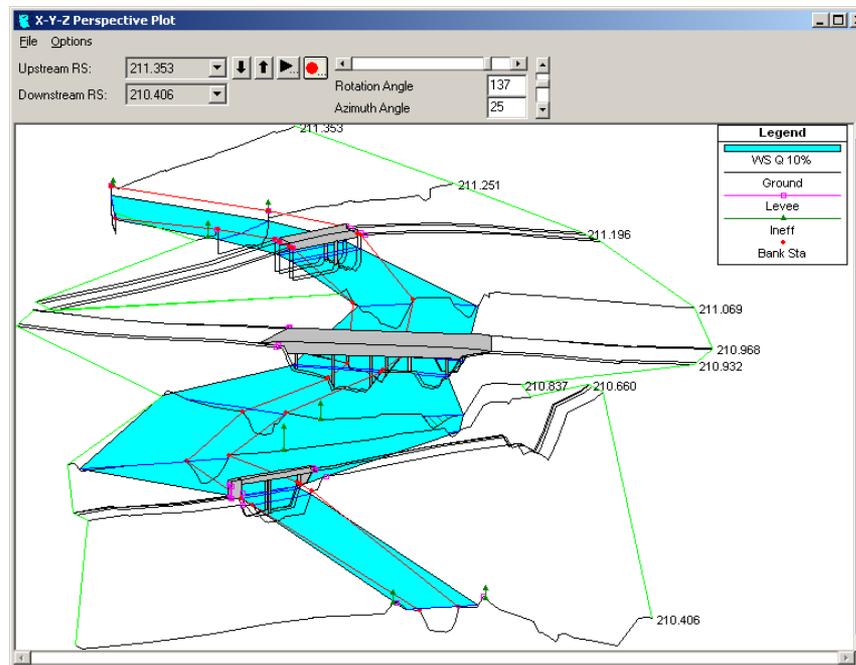
Stima pericolosità da piena

Create una cartografia delle aree inondabili significa **classificare** il territorio in funzione della sua propensione ad essere allagato

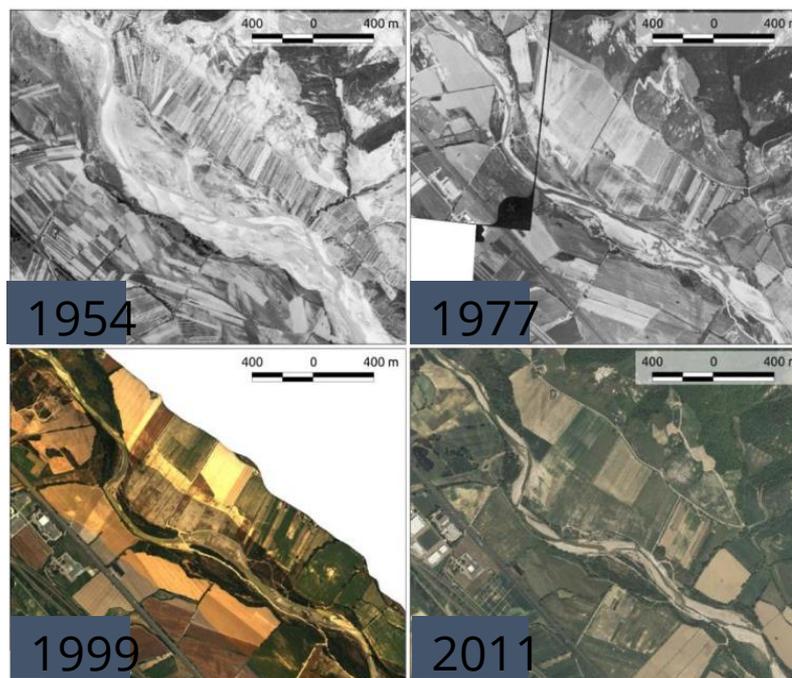


<http://www.landcity.it/index.php/k2-4/item/325-cave-e-aree-inondabili-in-3d-dalla-regione-liguria>

La propensione, di un territorio, a subire inondazioni viene tipicamente valutata mediante efficaci modelli idraulici mono- e bi-dimensionali

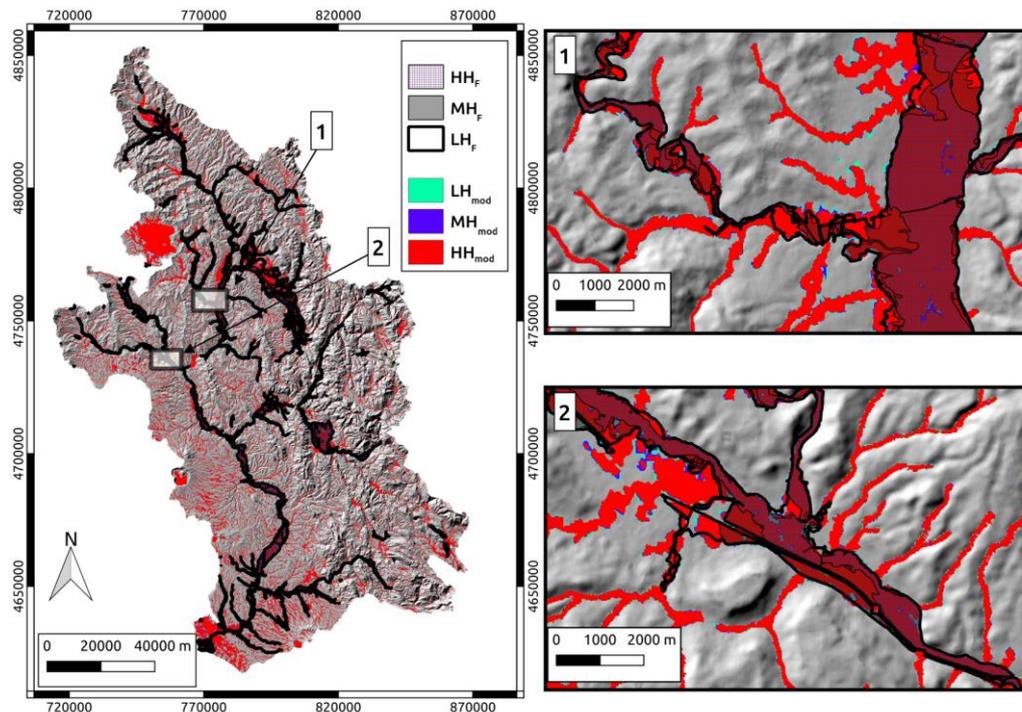
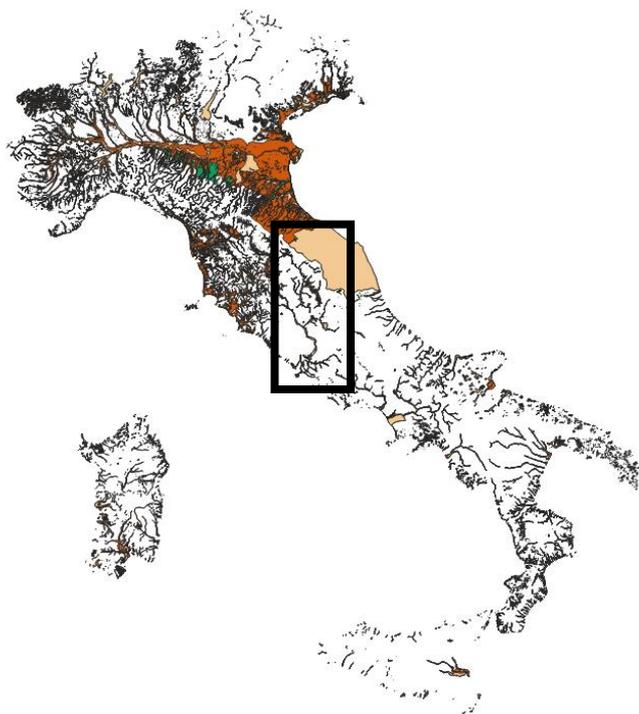


L'applicazione di questi modelli è condizionata dalla disponibilità di dati geometrici accurati, da riacquisire ciclicamente, perché la morfologia del territorio e dei fiumi è soggetta a forti variazioni, anche rapide



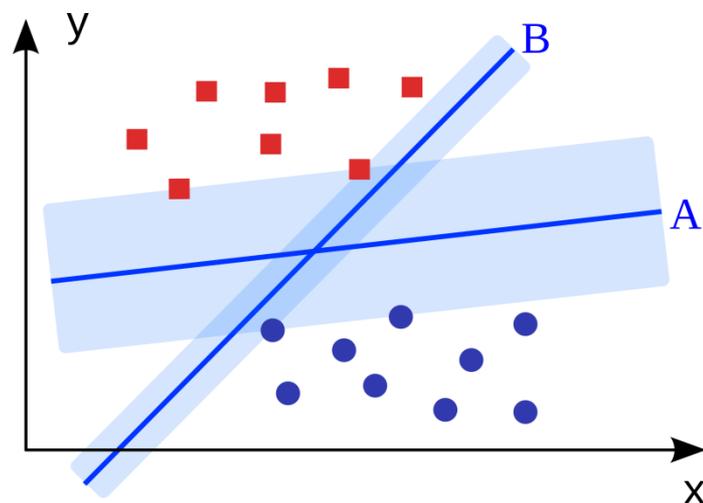
Cencetti et al. 2013

La necessità di dati accurati e frequenti ha limitato e limita la classificazione della propensione all'inondazione, soprattutto lungo le aste fluviali minori



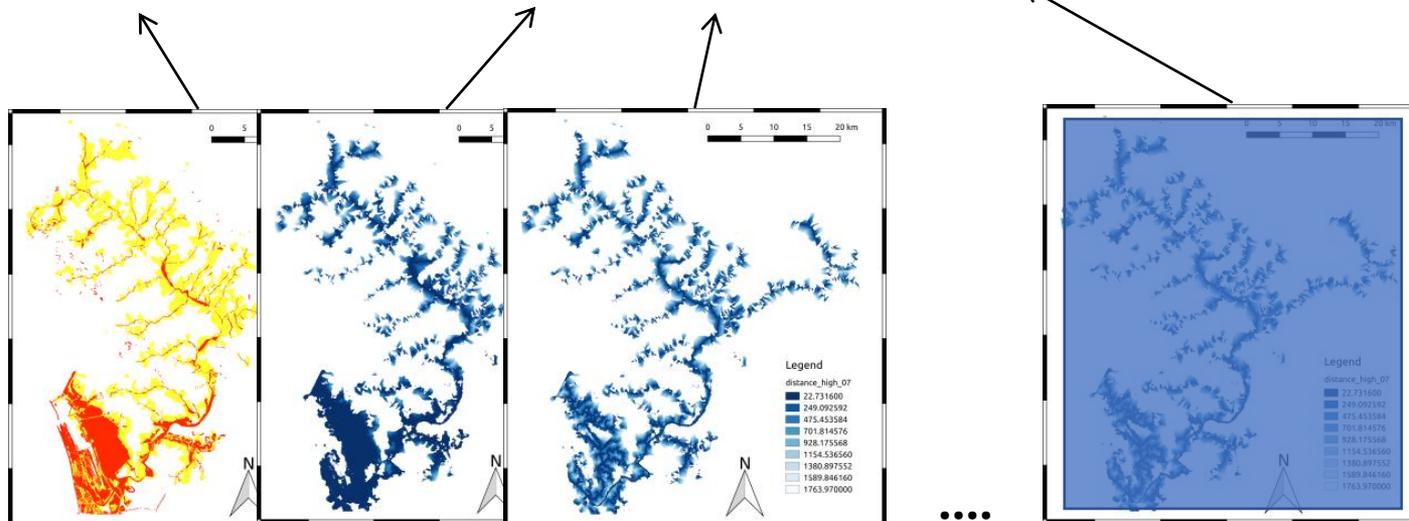
Mosaicatura delle aree a pericolosità idraulica (ISPRA-2015), recepimento Direttiva Alluvioni 2007/60/CE

Un approccio alternativo/complementare a quello basato sulla modellistica idraulica è quello che sfrutta algoritmi di classificazione statistica per effettuare la zonazione della propensione all'inondazione



Il modello classificativo utilizzato per il presente lavoro è la regressione logistica binomiale (osserva e impara solo nelle aree classificate come “allagabili” on “non allagabili”)

$$\text{logit}(p) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$



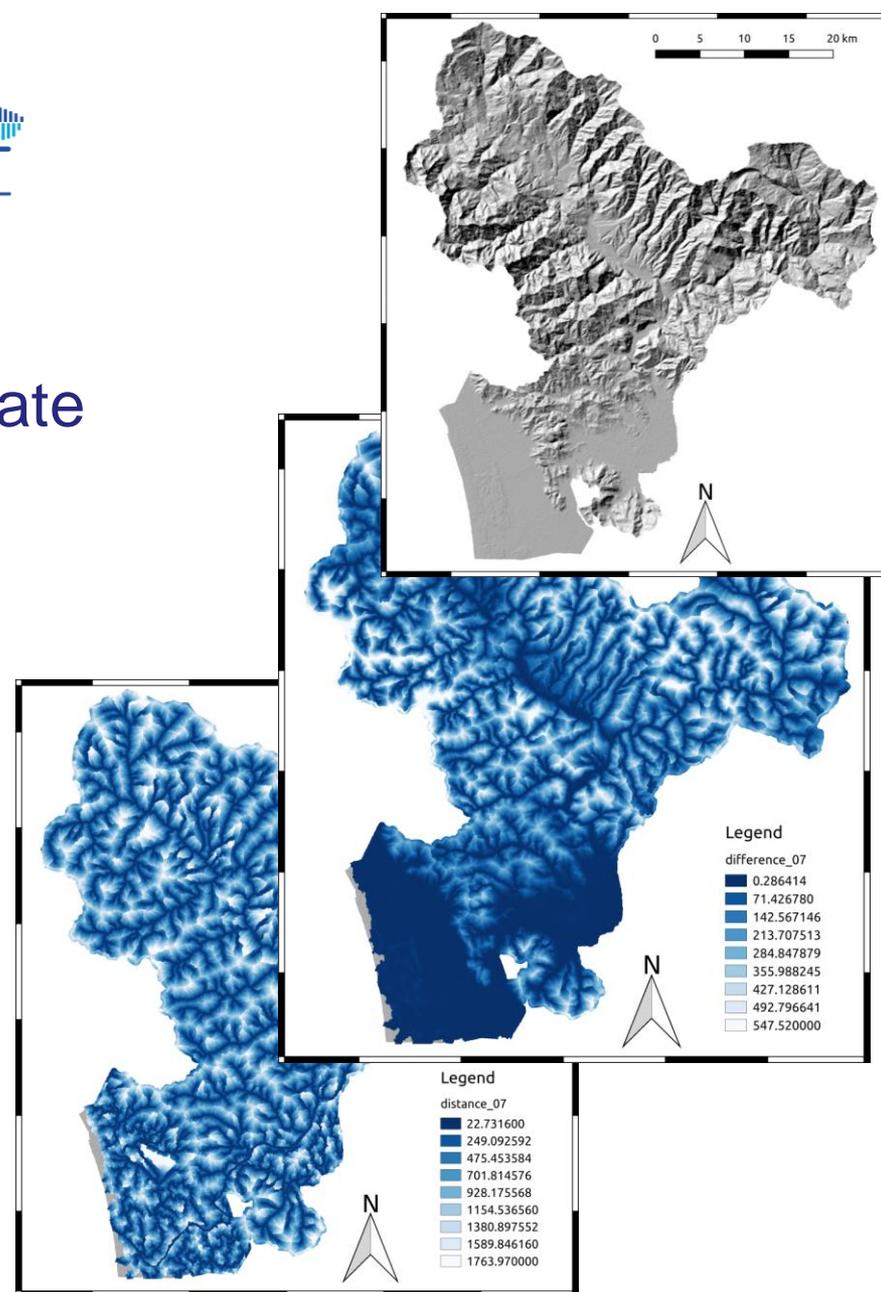
Aree inondabili e non-inondabili

Differenza di quota dai fiumi

Distanza dai fiumi

Le variabili indipendenti utilizzate nella modellazione sono:

- distanza idrologica dal fiume (L)
- altezza idrologica dal fiume (H)
- altezza idrologica dalla foce (Hd)
- pendenza (S)
- classificazione del bacino in base all'ordine del reticolo fluviale secondo (Shreve, 1966), (O)
- scabrezza (R).



Si può arrivare a questo risultato considerando in input le **tre cartografie** normalmente esistenti sul territorio italiano e riferite alle aree inondabili con tre diversi intervalli di tempi di ritorno:

- 30-50 anni (alta probabilità di inondazione) (**H**)
- 100-200 anni (media probabilità) (**M**)
- più di 200 anni (bassa probabilità) (**L**)

Si otterranno **tre cartografie modellate (binarie)** che possono essere poi composte assumendo che:

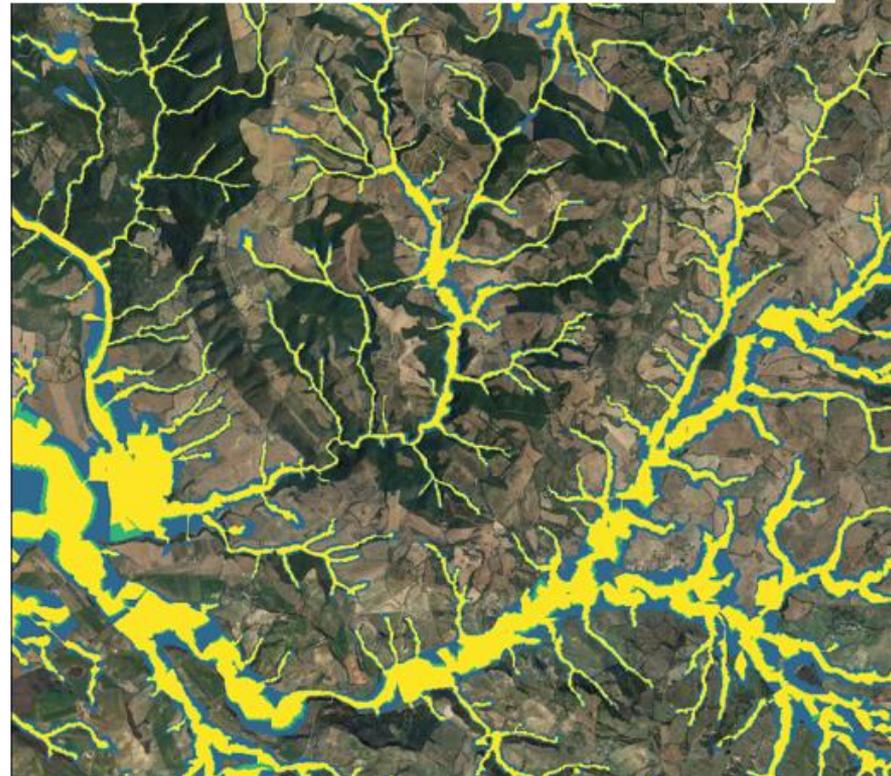
- Le aree interessate da H, M e L si classificano come H
- Le aree interessate da M, L si classificano come M
- Le aree interessate da L si classificano come L

Si ottiene quindi il risultato finale La **mappa degli scenari di pericolosità modellata**, ma

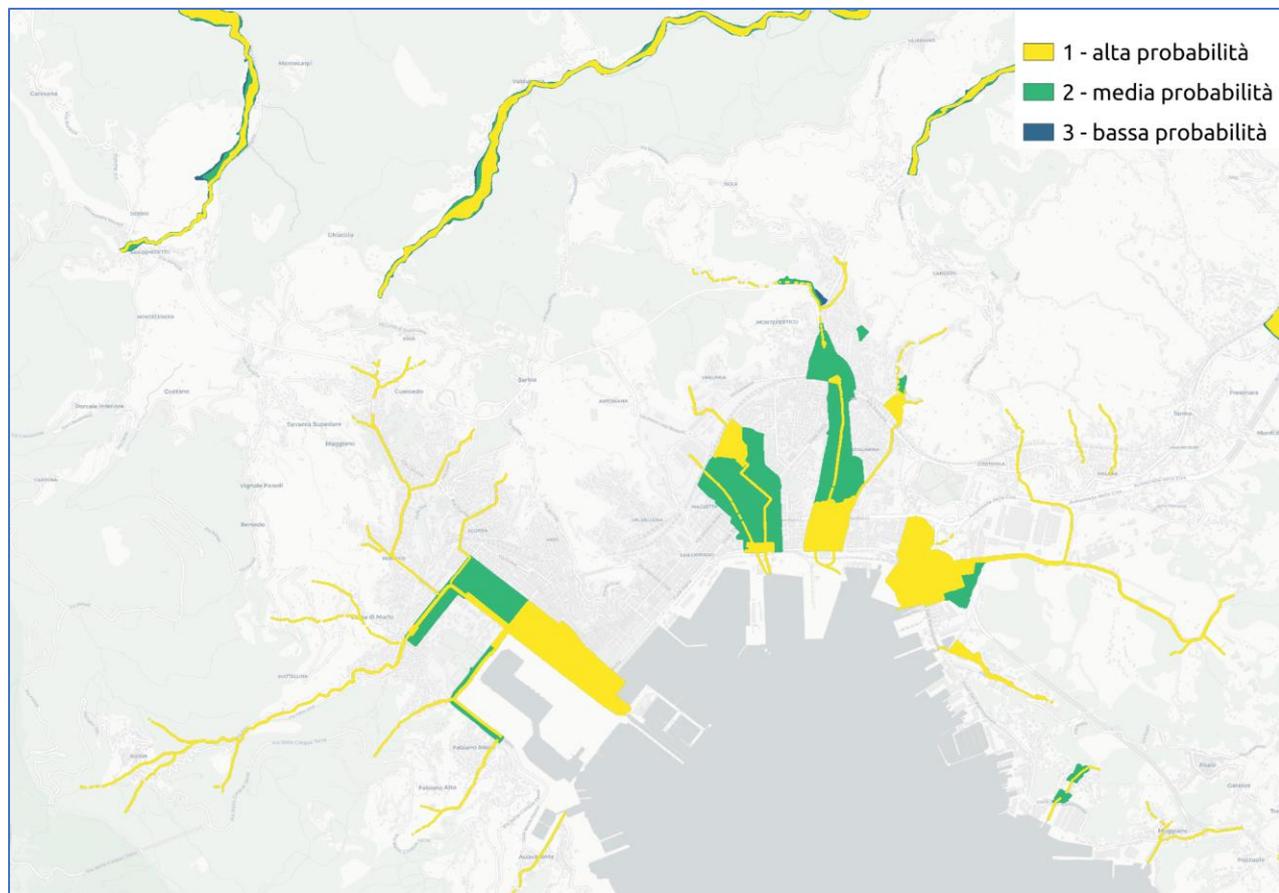
- Solamente sul reticolo per cui esistono anche i dati classificati originali

Mappe Scenari di Pericolosità Modellata

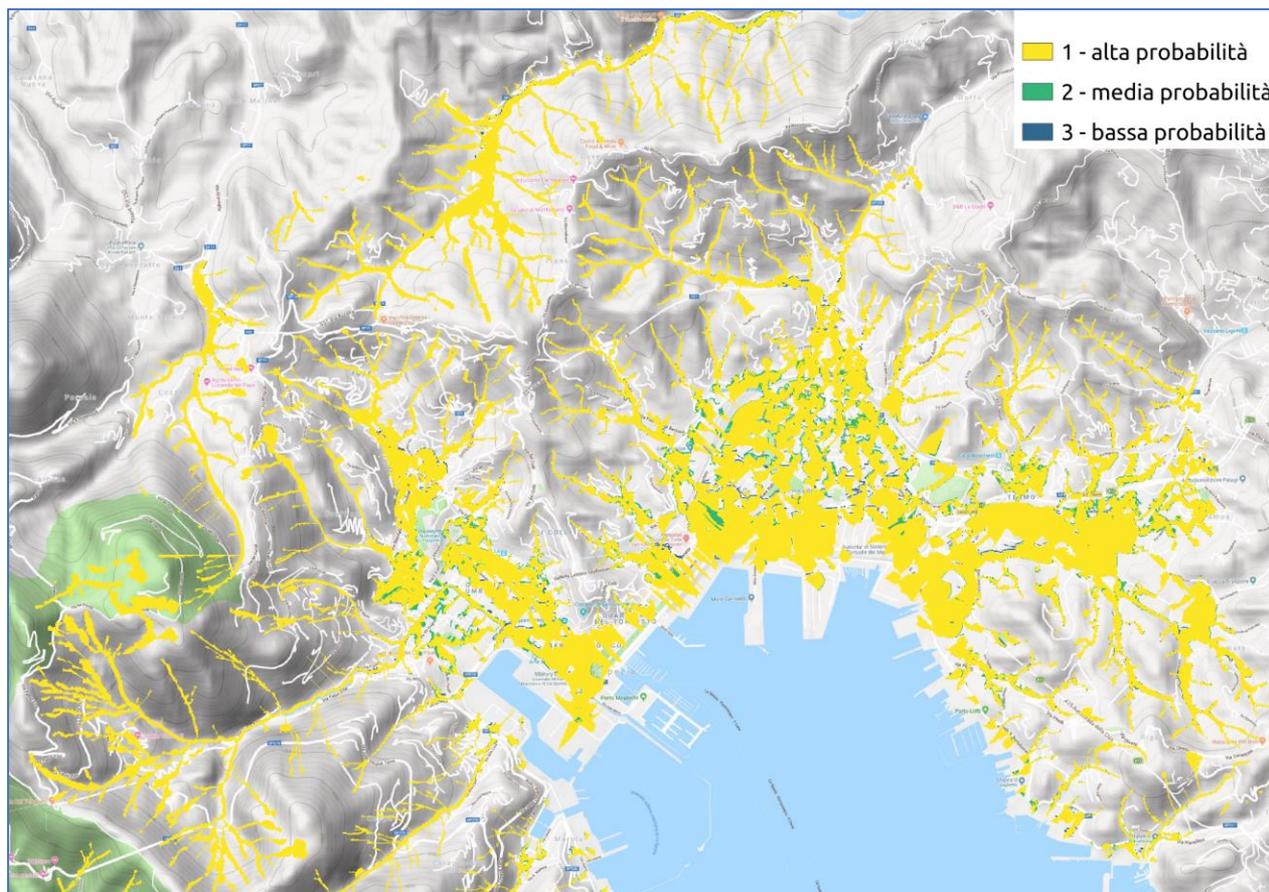
-  Probabilità alta - Tr 30-50 anni
-  Probabilità media - Tr 100-200 anni
-  Probabilità bassa - Tr >200 anni



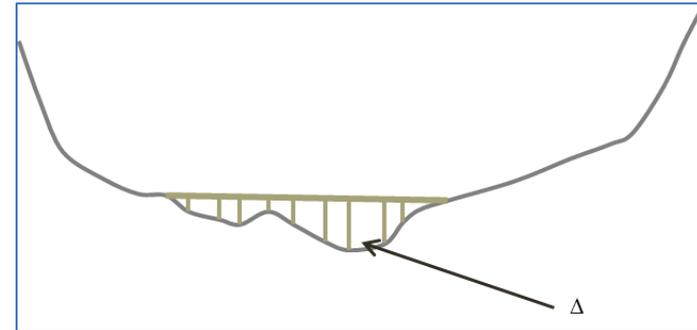
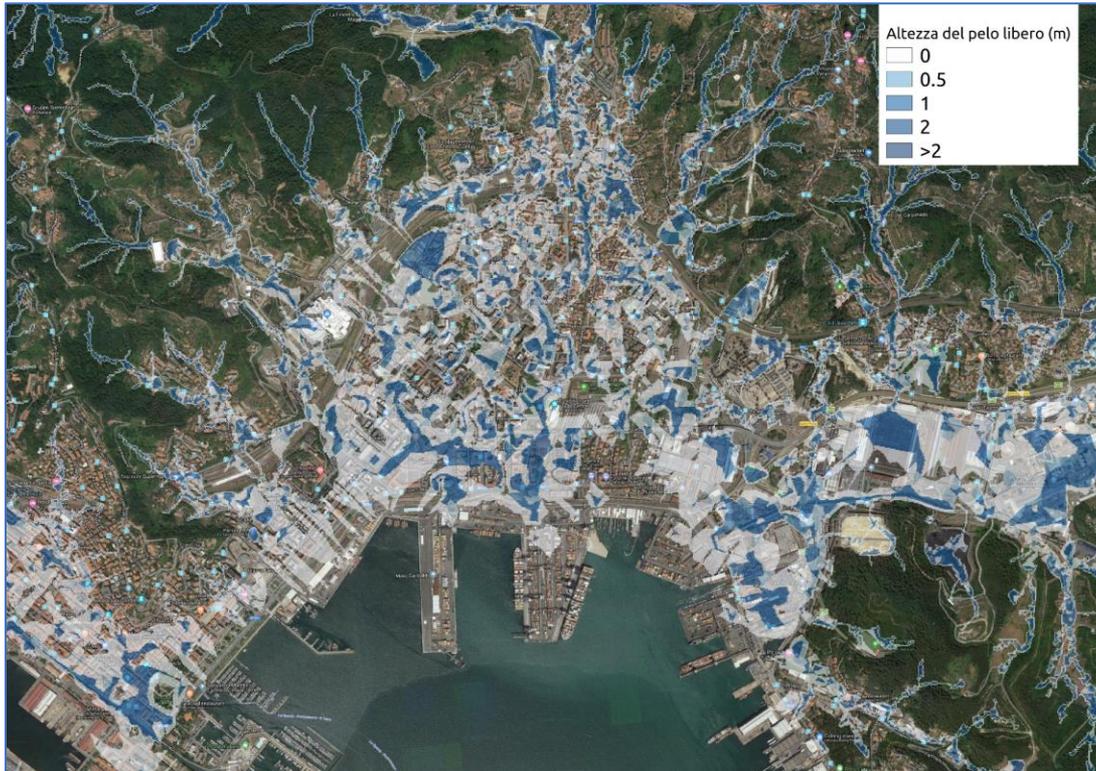
Nel comune di La spezia sono stati utilizzati in input i dati PAI



L'applicazione del modello ha prodotto la seguente mappa



A partire da tale mappa è stata *stimata* l'altezza del pelo libero dell'acqua atteso per i diversi tempi di ritorno





Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Grazie per l'attenzione
Merci pour l'attention



COMUNE DI
LIVORNO



COMUNE DI
ROSIGNANO MARITTIMO



CISPel CONF SERVIZI
TOSCANA



COMUNE DI
ALGHERO



COMUNE DI
SASSARI



COMUNE DI
ORISTANO



COMUNE DI
LA SPEZIA



COMUNE DI
SAVONA



COMUNE DI
VADO LIGURE



COMMUNAUTÉ
D'AGGLOMÉRATION
DE BASTIA



VILLE DE
AJACCIO



DÉPARTEMENT
DU VAR



FONDAZIONE
CIMA



www.interreg-maritime.eu/adapt

La Cooperazione al cuore del Mediterraneo
La Coopération au coeur de la Méditerranée