



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# Il rischio alluvioni in un mondo che cambia

Progetto europeo H2020 SYSTEM-RISK

18 aprile, Liceo Sant'Alberto Magno  
Bologna

**Attilio Castellarin**

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica,  
Ambientale e dei Materiali  
DICAM

# Argomenti Trattati

- I Danni da Alluvione, Evidenze Sperimentali a Scala:
  - Globale
  - Europea
  - Italiana
- Rischio Alluvionale
  - Definizione
  - Quantificazione
- Il rischio Alluvionale sta Cambiando?
  - Impatto delle variazioni climatiche
  - Impatto delle alterazioni antropiche





## Alluvione

Allagamento temporaneo di aree normalmente non allagate dovuto a straripamento di corsi d'acqua, all'accumulo di grandi quantità d'acqua per le forti piogge o a seguito di un significativo innalzamento del livello del mare





## Alluvione

Allagamento temporaneo di aree normalmente non allagate dovuto a straripamento di corsi d'acqua, all'accumulo di grandi quantità d'acqua per le forti piogge o a seguito di un significativo innalzamento del livello del mare

### Sitografia di interesse:

[https://it.wikipedia.org/wiki/Lista\\_di\\_alluvioni\\_e\\_inondazioni\\_in\\_Italia](https://it.wikipedia.org/wiki/Lista_di_alluvioni_e_inondazioni_in_Italia)

<http://www.floodbook.it>

**Floodbook:** Mappiamo le alluvioni in Italia raccogliendo segnalazioni dai cittadini



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

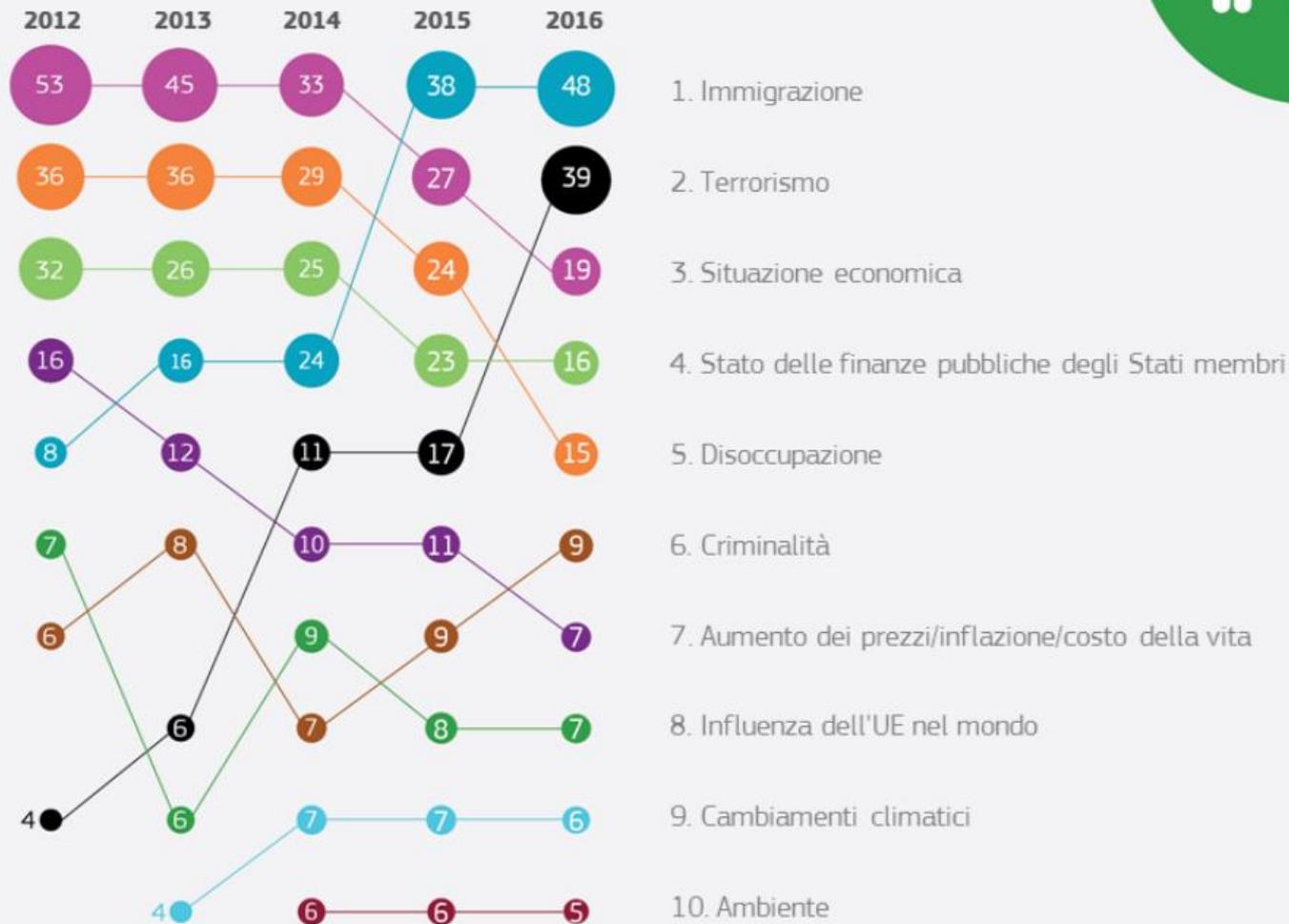
# Preoccupazioni dei cittadini EU

DOCUMENTO DI RIFLESSIONE SUL FUTURO DELLA DIFESA EUROPEA

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52017DC0315>



## Che cosa ci preoccupa di più?



# DANNI DA ALLUVIONE

Macrodati a scala mondiale, europea ed italiana



# EM-DAT Database internazionale dei disastri naturali



|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |
| <b>Geophysical</b>  | <b>Hydrological</b>   | <b>Meteorological</b>   | <b>Climatological</b>   | <b>Biological</b>   | <b>Extra-terrestrial</b>  |
| Earthquake<br>Mass Movement (dry)<br>Volcanic activity                            | Flood<br>Landslide<br>Wave action   | Storm<br>Extreme temperature<br>Fog   | Drought<br>Glacial lake outburst<br>Wildfire  | Animal accident<br>Epidemic<br>Insect infestation                                   | Impact<br>Space weather   |

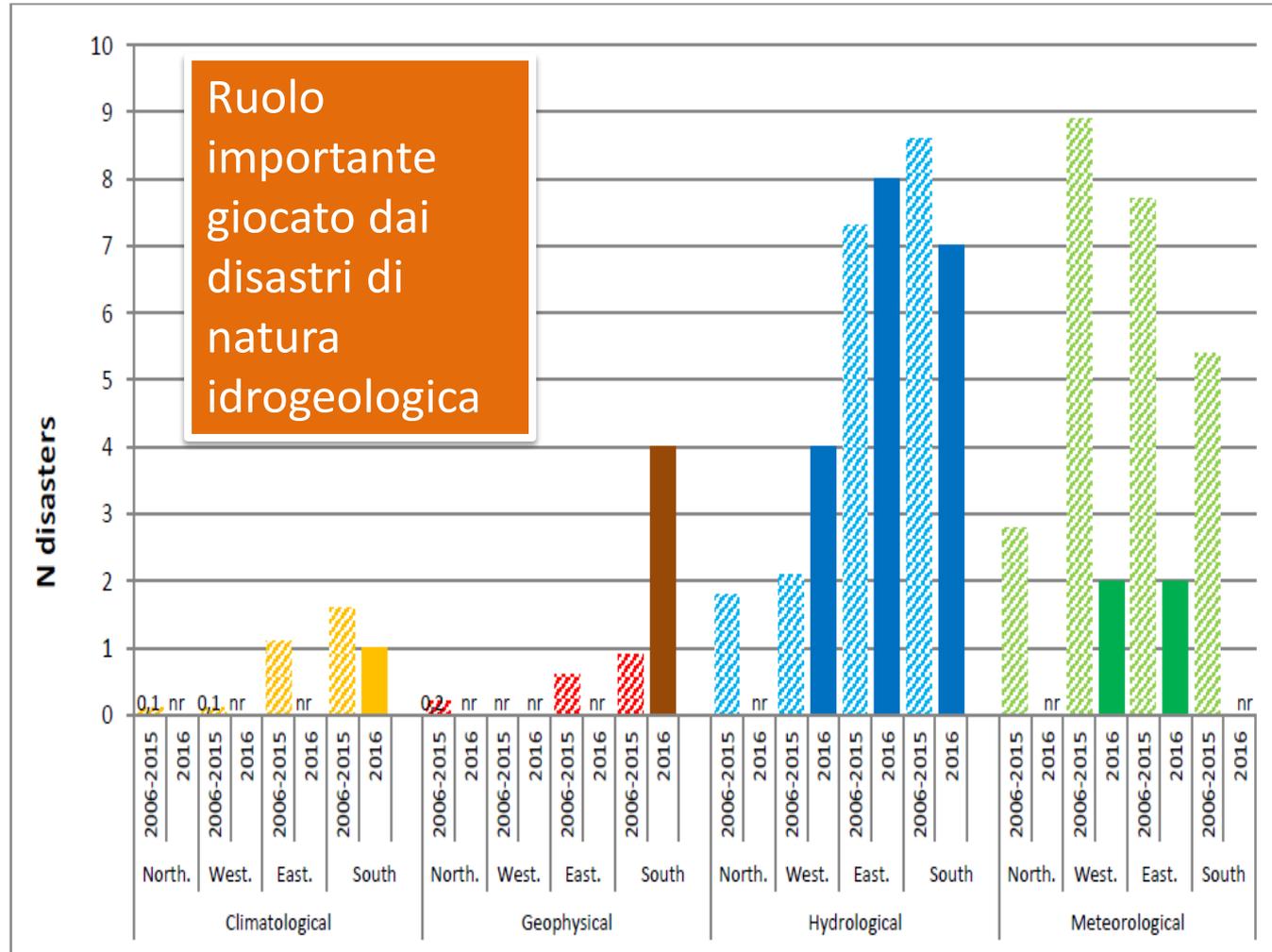
<http://www.emdat.be/>



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# Disastri naturali: Europa

Figure 19 - Disaster occurrence by type. Mean 2006-2015 vs 2016

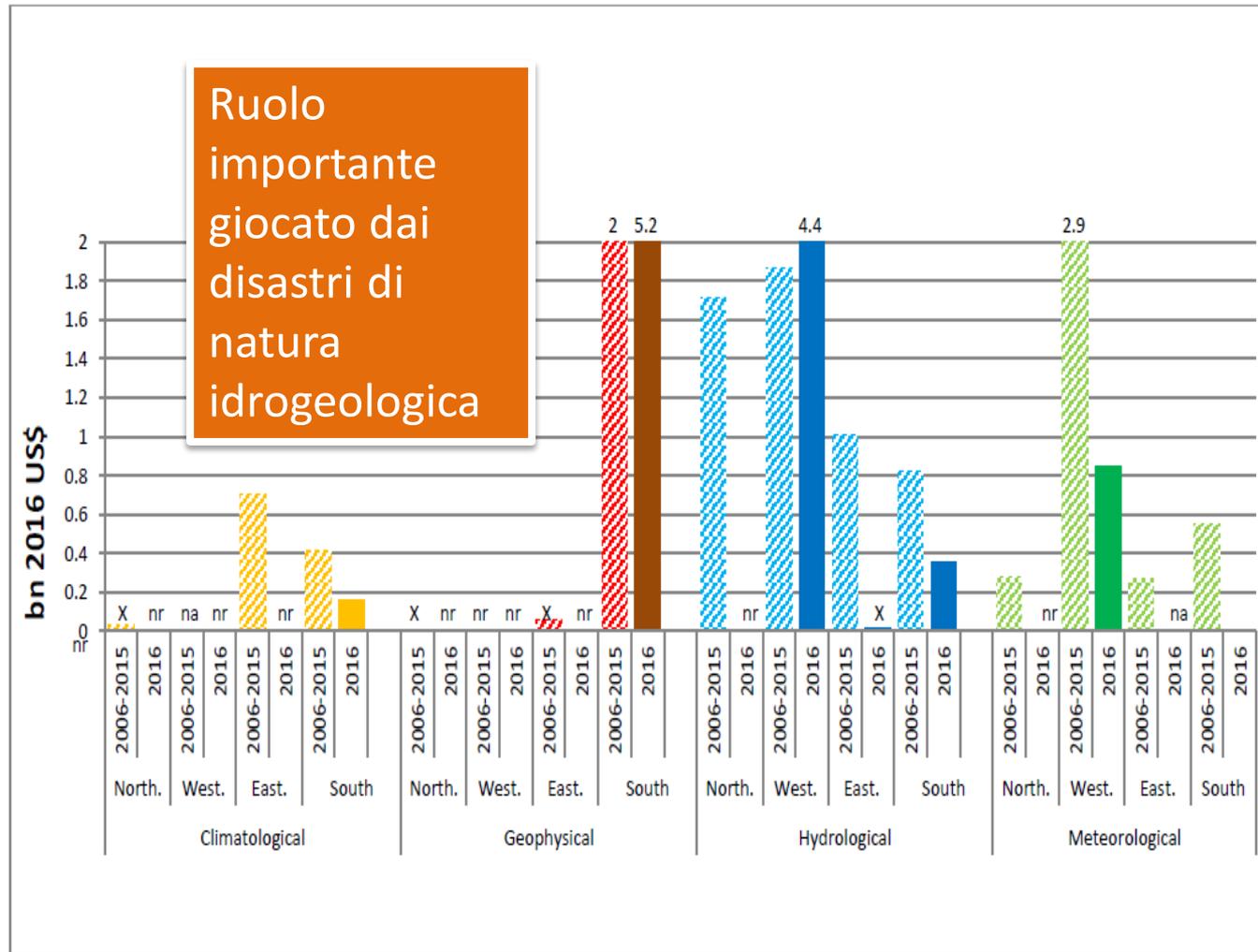


nr: no disaster reported



# Danni da Disastri Naturali: Europa

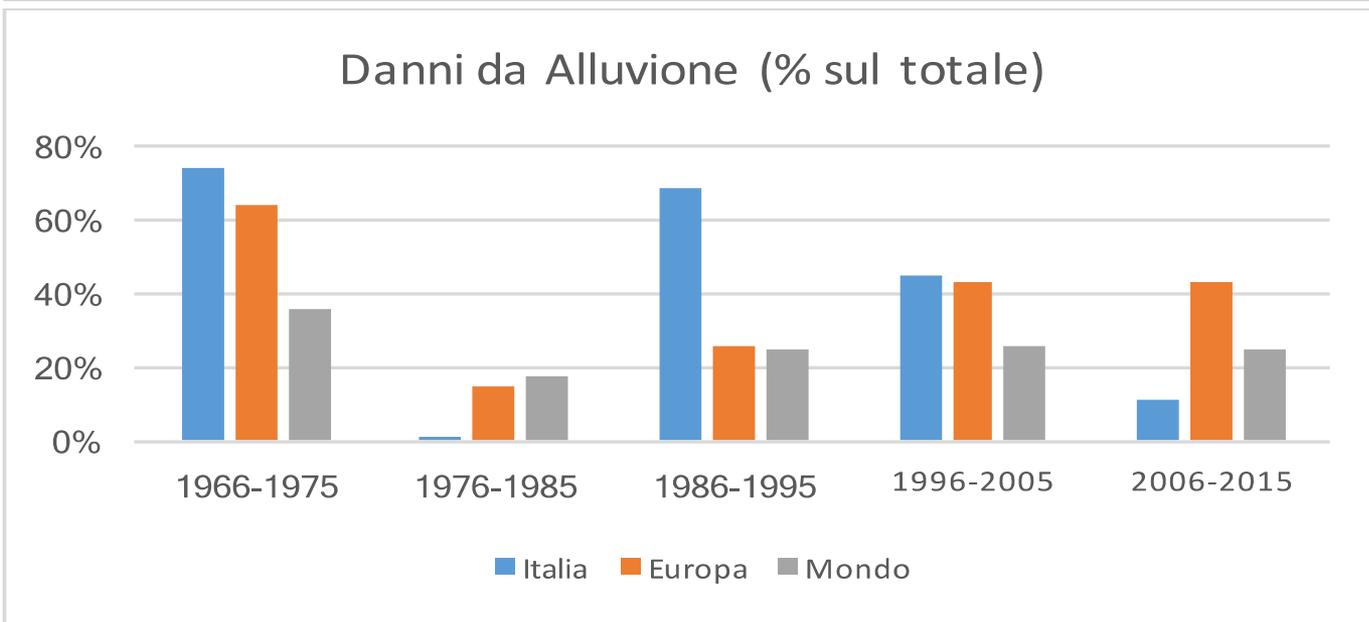
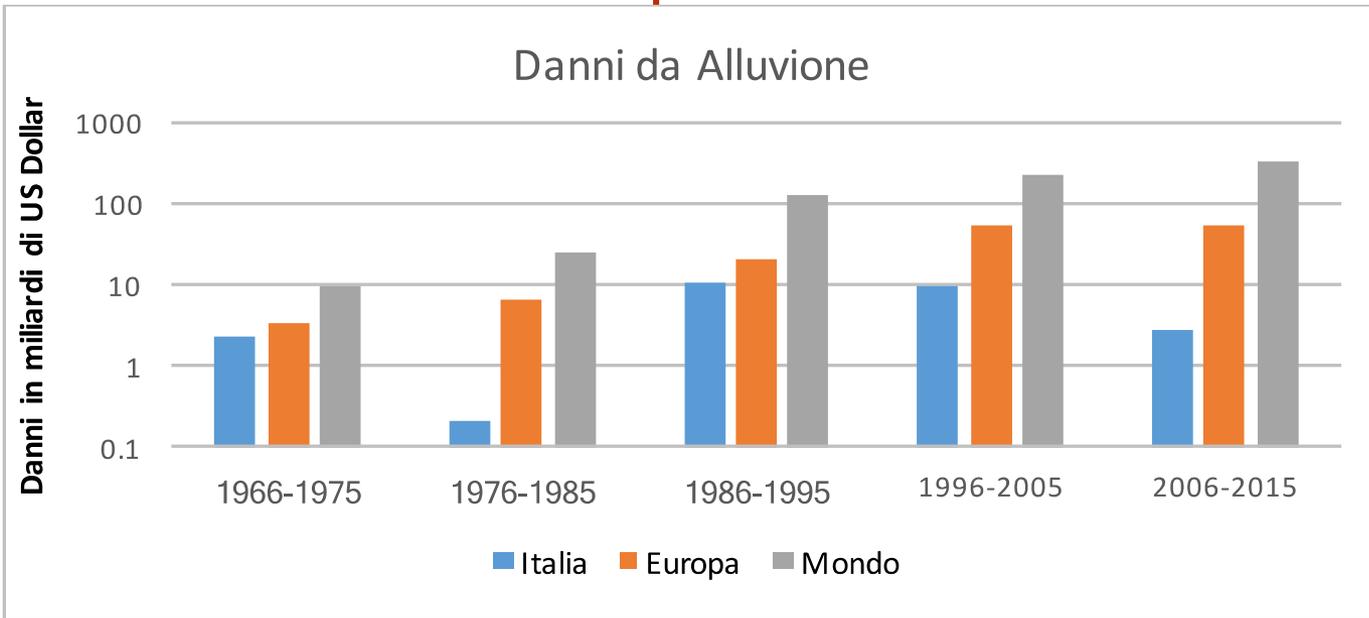
Figure 22 – Damages reported (US\$ bn) by disaster type. Mean 2006-2015 vs 2016.



X: < 0,06; na: not available; nr: no disaster reported



# I Danni da Rischio Idraulico in: Italia - Europa - Mondo



# Esempi di alluvioni da fiume

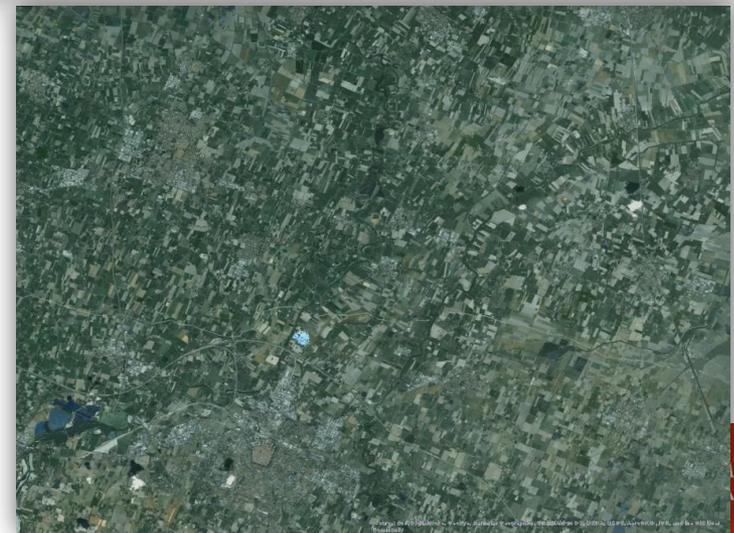
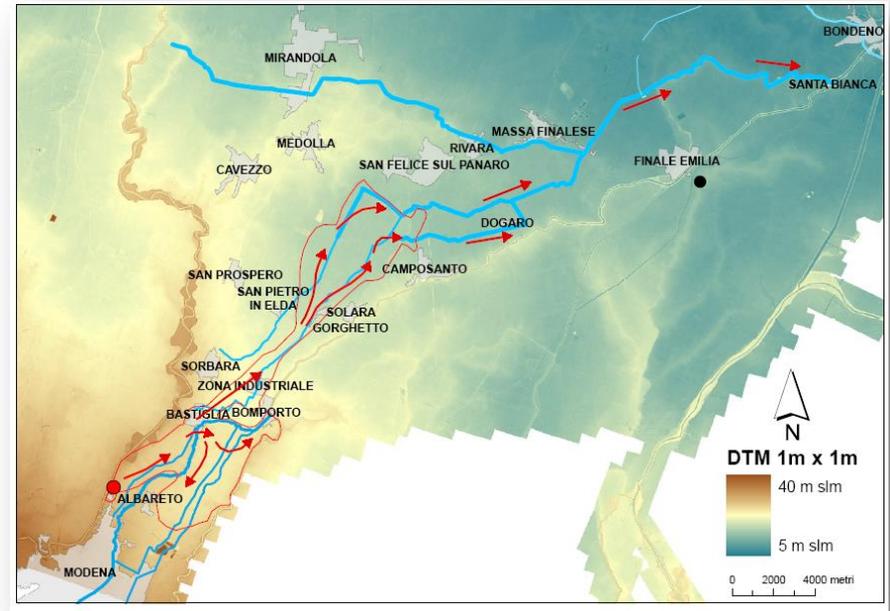
Rotta arginale sul Fiume Secchia  
19 gennaio 2014



# Rotta arginale sul fiume Secchia

19 gennaio 2014

- **Data e ora:**  
19 gennaio 2014, 06:30
- **Posizione della breccia:**  
S. Matteo (Modena, Italy)
- **Volume totale fuoriuscito (stima):**  
 $36.3 \div 38.7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- **Danni totali stimati:**  
~500 milioni di €
- **Area allagata:**  
52 km<sup>2</sup> (principalmente comprendenti i comuni di Bastiglia, Bomporto e la parte settentrionale del comune di Modena, rimasti allagati per più di 48 ore)
- **Dimensione massima raggiunta dalla breccia:**  
80 metri di larghezza; profondità fino al piano campagna in circa 9 ore dall'inizio dell'evento

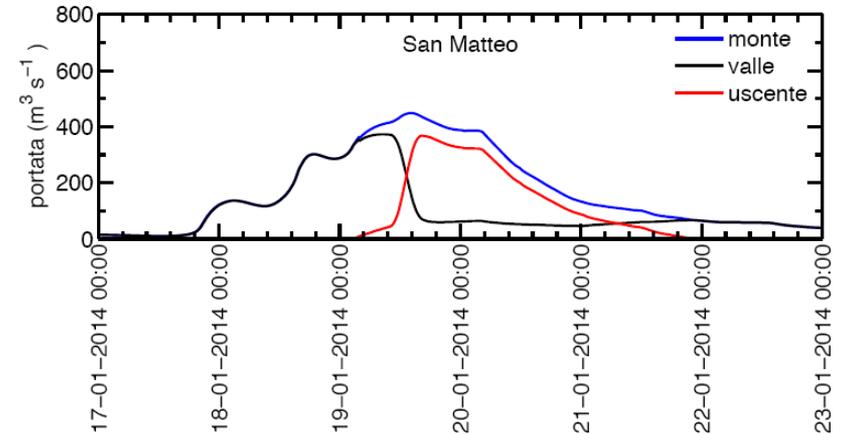


# Rotta arginale sul fiume Secchia

19 gennaio 2014

- **Data e ora:**  
19 gennaio 2014, 06:30
- **Posizione della breccia:**  
S. Matteo (Modena, Italy)
- **Volume totale fuoriuscito (stima):**  
 $36.3 \div 38.7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- **Danni totali stimati:**  
~500 milioni di €
- **Area allagata:**  
52 km<sup>2</sup> (principalmente comprendenti i comuni di Bastiglia, Bomporto e la parte settentrionale del comune di Modena, rimasti allagati per più di 48 ore)
- **Dimensione massima raggiunta dalla breccia:**  
80 metri di larghezza; profondità fino al piano campagna in circa 9 ore dall'inizio dell'evento

Idrogrammi a monte, a valle della breccia arginale e in uscita dalla stessa



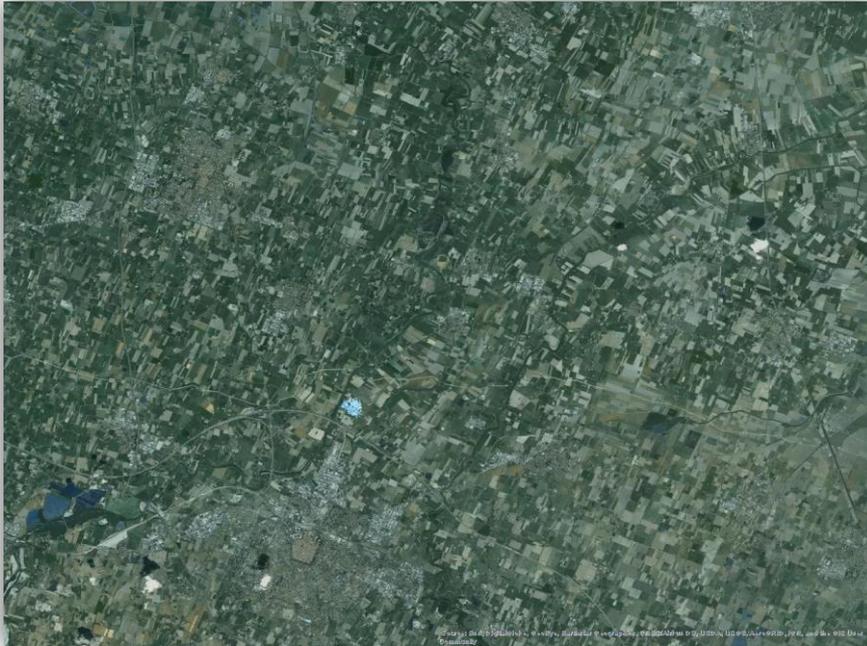
- **Presunta causa del collasso:** No sormonto ma presenza di tane di animali ( $T_r$  della piena: 5 anni)



# Rotta arginale sul fiume Secchia

19 gennaio 2014

## Modello Bidimensionale (2D)



# Esempi di allagamenti da nubifragi

Allagamenti in ambito urbano da precipitazioni di particolare intensità



# Flash-flood urbani

## *Flash Floods* urbani

### ... alcuni casi recenti



Eventi di pioggia particolarmente intensi e localizzati sono molto critici e possono dar vita a *flash floods* (*alluvioni lampo*) o ad allagamenti delle aree residenziali



Livorno, 9-10 settembre 2017



Lignano (Udine)

Altezza di pioggia  
120 mm in 4 ore

# RISCHIO ALLUVIONALE

Definizione e quantificazione



# Definizione del Rischio

**Cos'è il Rischio  
Alluvionale?**



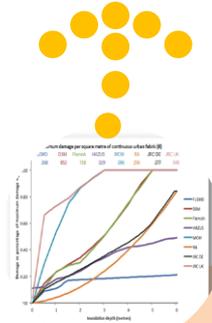
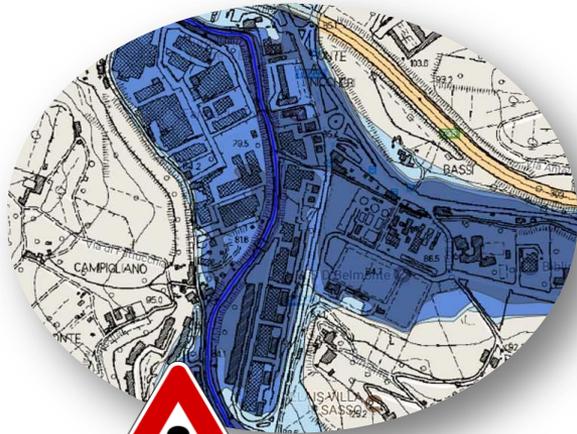
=

**Rischio alluvionale:** può essere definito come il prodotto della probabilità che avvenga un'alluvione per il danno che ne conseguirebbe



# Equazione del Rischio

$$R = H \cdot E \cdot V$$



**VULNERABILITÀ**  
(*V Vulnerability*)



**ESPOSIZIONE**  
(*E Exposure*)

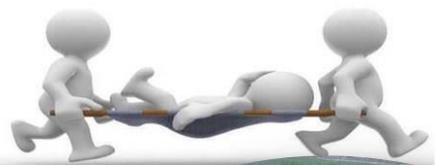


**PERICOLOSITÀ**  
(*H Hazard*)

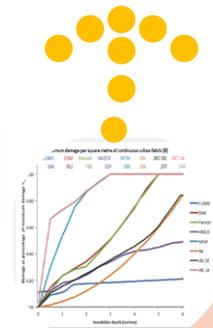
Probabilità di accadimento di un evento di piena in una area specifica in un dato periodo di tempo



# Equazione del Rischio



$$R = H \cdot E \cdot V$$

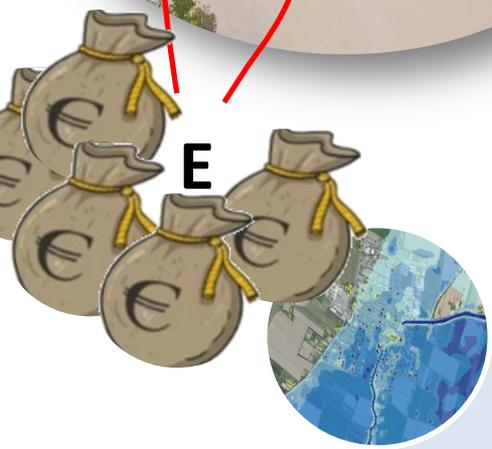


**VULNERABILITÀ**  
(V *Vulnerability*)



**ESPOSIZIONE**  
(E *Exposure*)

Persone, edifici, infrastrutture e beni esposti al pericolo di allagamento



**PERICOLOSITÀ**  
(H *Hazard*)

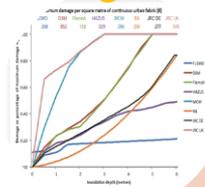
Probabilità di accadimento di un evento di piena in una area specifica in un dato periodo di tempo

# Equazione del Rischio

$$R = H \cdot E \cdot V$$



**PERICOLOSITÀ**  
(H Hazard)



**VULNERABILITÀ**  
(V Vulnerability)

Suscettibilità al danneggiamento degli elementi esposti

**ESPOSIZIONE**  
(E Exposure)

Persone, edifici, infrastrutture e beni esposti al pericolo di allagamento

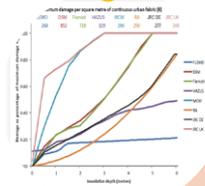
Probabilità di accadimento di un evento di piena in una area specifica in un dato periodo di tempo



# Equazione del Rischio

$$R = H \cdot E \cdot V$$

**D** Danno economico



**VULNERABILITÀ**  
(*V Vulnerability*)

Suscettibilità al danneggiamento degli elementi esposti

**ESPOSIZIONE**  
(*E Exposure*)

Persone, edifici, infrastrutture e beni esposti al pericolo di allagamento

**PERICOLOSITÀ**  
(*H Hazard*)

Probabilità di accadimento di un evento di piena in una area specifica in un dato periodo di tempo



# Equazione del Rischio

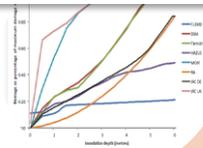
$$R = H \cdot E \cdot V$$

Danno economico atteso in caso di evento alluvionale in una data area



**PERICOLOSITÀ**  
(H Hazard)

Probabilità di accadimento di un evento di piena in una area specifica in un dato periodo di tempo



**VULNERABILITÀ**  
(V Vulnerability)

Suscettibilità al danneggiamento degli elementi esposti

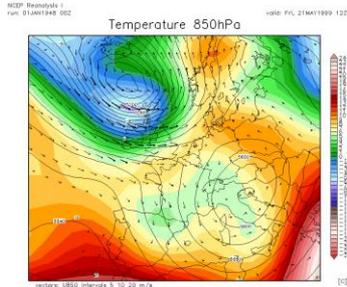
**ESPOSIZIONE**  
(E Exposure)

Persone, edifici, infrastrutture e beni esposti al pericolo di allagamento

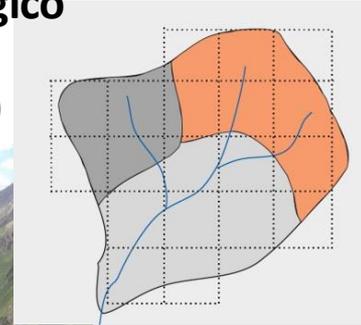


# Catena del Rischio

## 1A) Modello climatico (valutazione delle forzanti climatiche)



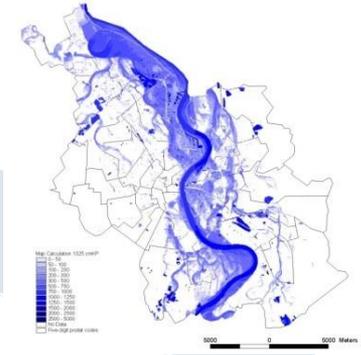
## 1B) Modello Idrologico (valutazione delle forzanti idrologiche)



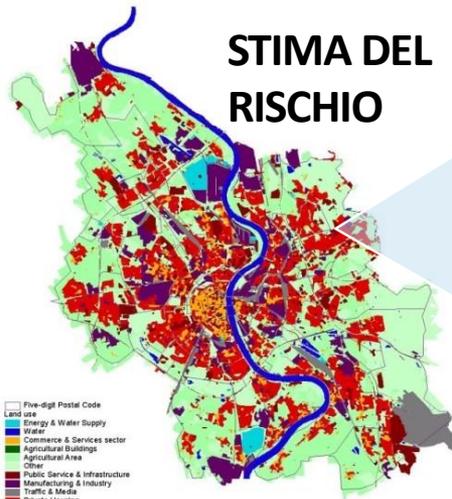
Oppure:

## 1) Analisi di frequenza delle portate al colmo di piena (valutazione delle forzanti idrologiche, $A < 1000 \text{ km}^2$ )

## 2) Modello Idraulico (valutazione delle forzanti idrauliche)



## STIMA DEL RISCHIO



## 3) Modello di danno (valutazione di vulnerabilità ed esposizione)

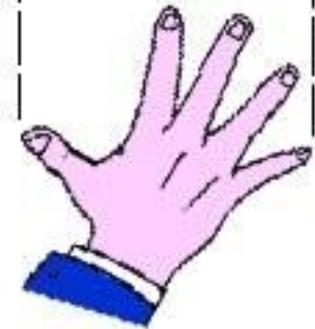
# Valutazione del Rischio

$$R = H \cdot E \cdot V$$

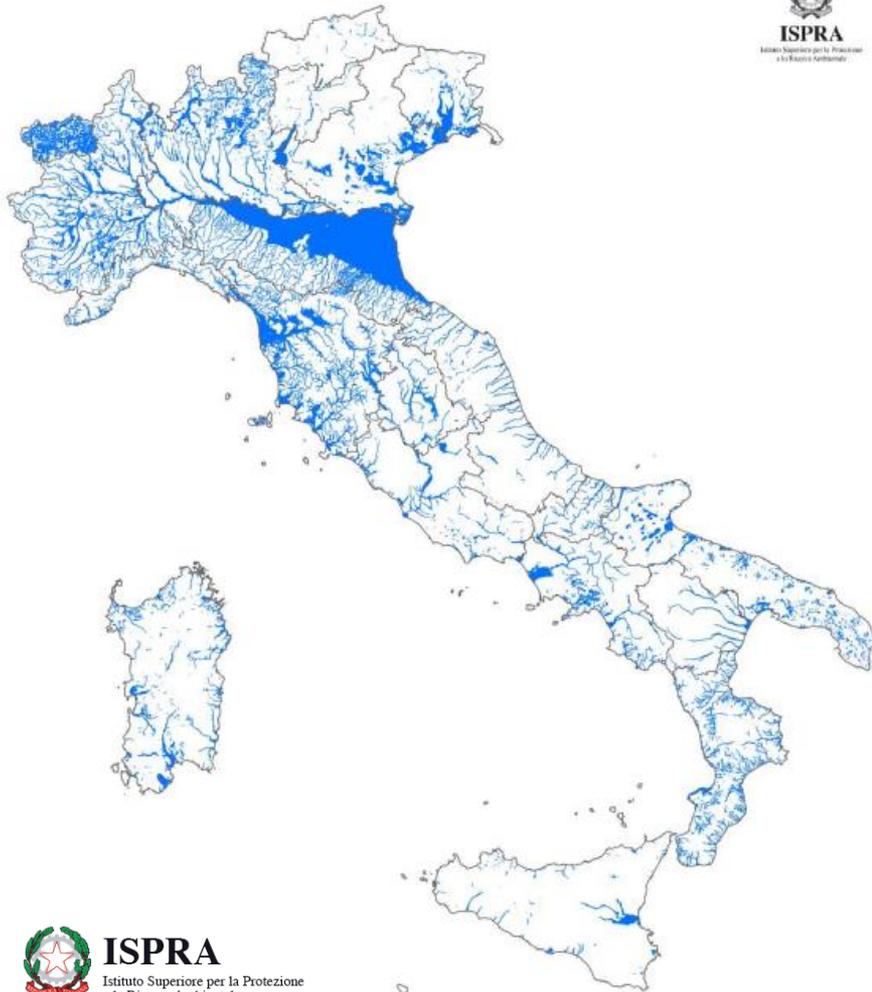
Modello  
Idraulico



Modello  
di danno



# Il Rischio Idraulico in Italia



**Aree a pericolosità idraulica media P2  
tempo di ritorno fra 100 e 200 anni**

■ Aree a pericolosità idraulica media P2

0 25 50 100  
km

ISPRA, 2015

Gli esiti della Flood Directive (2007/60 CE), recepita in Italia dal D.lgs 49/2010 (v. anche capitolo sulla normativa)

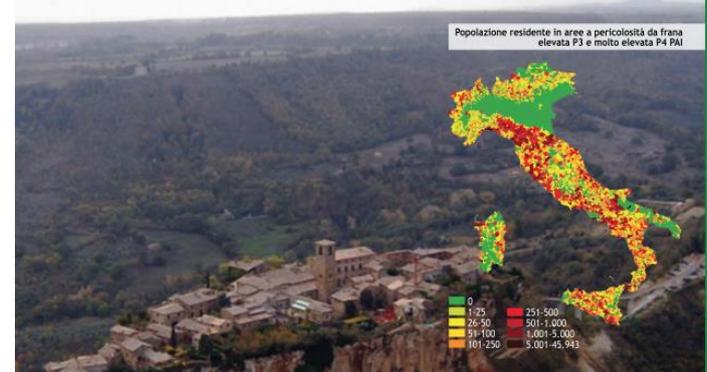
Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio.

[Rapporto 2015. ISPRA, Rapporti 233/2015](#)



**Dissesto idrogeologico in Italia:  
pericolosità e indicatori  
di rischio**

**Rapporto 2015**



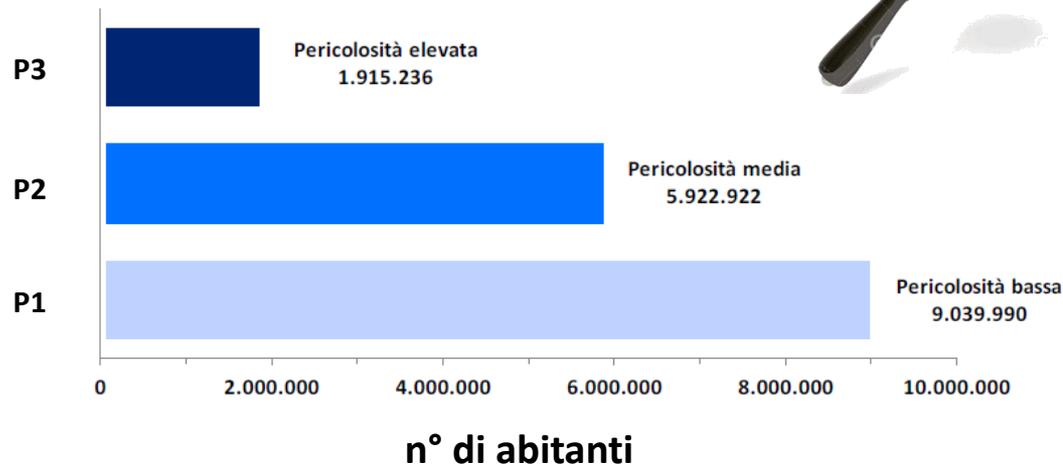
RAPPORTI

# Il Rischio Idraulico in Italia

## Il Rischio Idraulico in Italia



**81%** dei comuni è interessato da aree ad alta criticità idrogeologica



### Aree a pericolosità idraulica (D.Lgs. 49/2010)

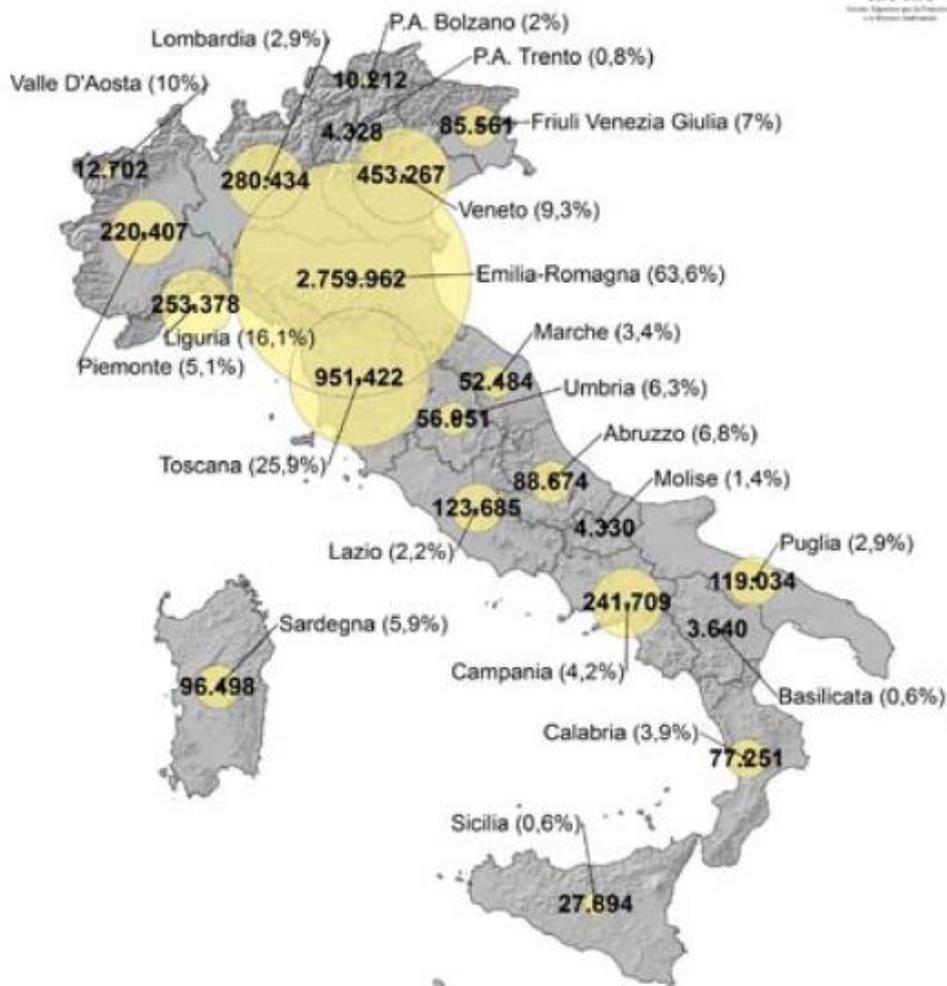
|   | <i>km<sup>2</sup></i> | <i>% su territorio nazionale</i> |
|---|-----------------------|----------------------------------|
| Scenario pericolosità <b>Elevata</b> P3 | 12.218,1              | 4,0%                             |
| Scenario pericolosità <b>Media</b> P2   | 24.410,8              | 8,1%                             |
| Scenario pericolosità <b>Bassa</b> P1   | 32.150,4              | 10,6%                            |

Alluvioni frequenti – Tempo Ritorno (TR) 20-50 anni

Alluvioni poco frequenti – TR fra 100 e 200 anni

Scenari estremi – TR > 200 anni

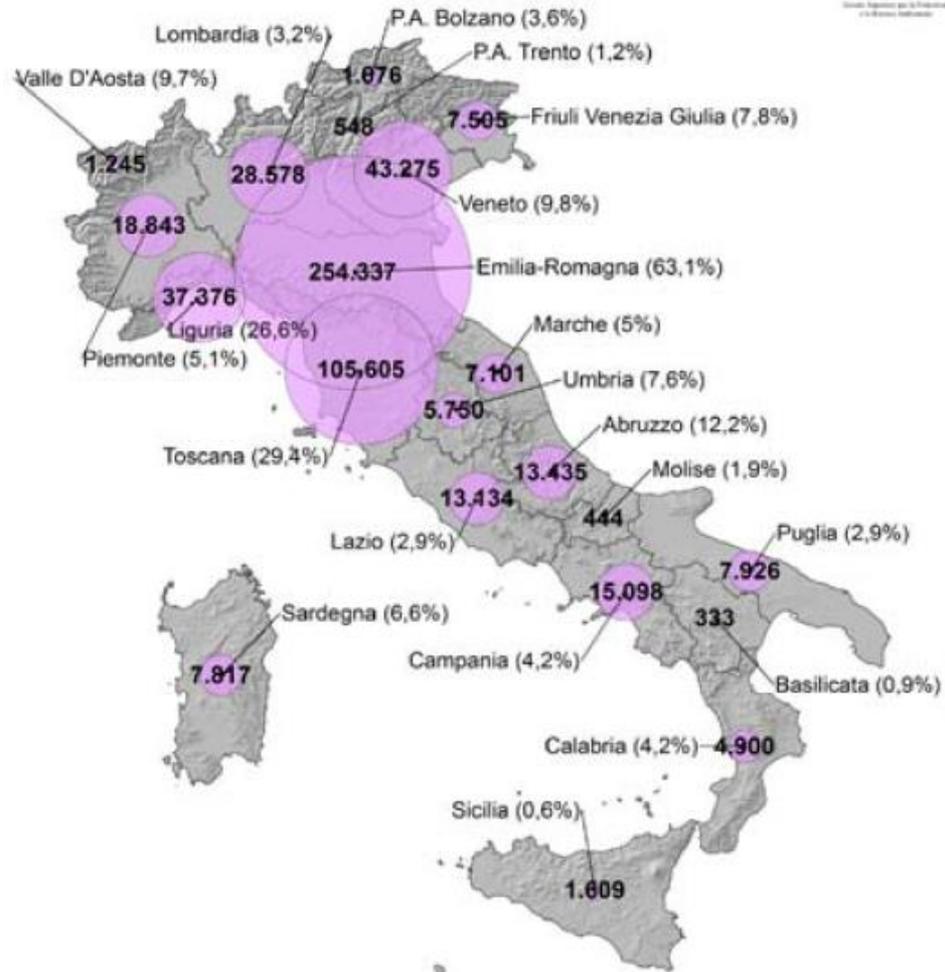




**Popolazione a rischio alluvioni residente in aree a pericolosità media P2 (n. ab.)**

**3.640** Popolazione a rischio (n. ab.)

**(0,6%)** Percentuale rispetto al totale regionale della popolazione residente

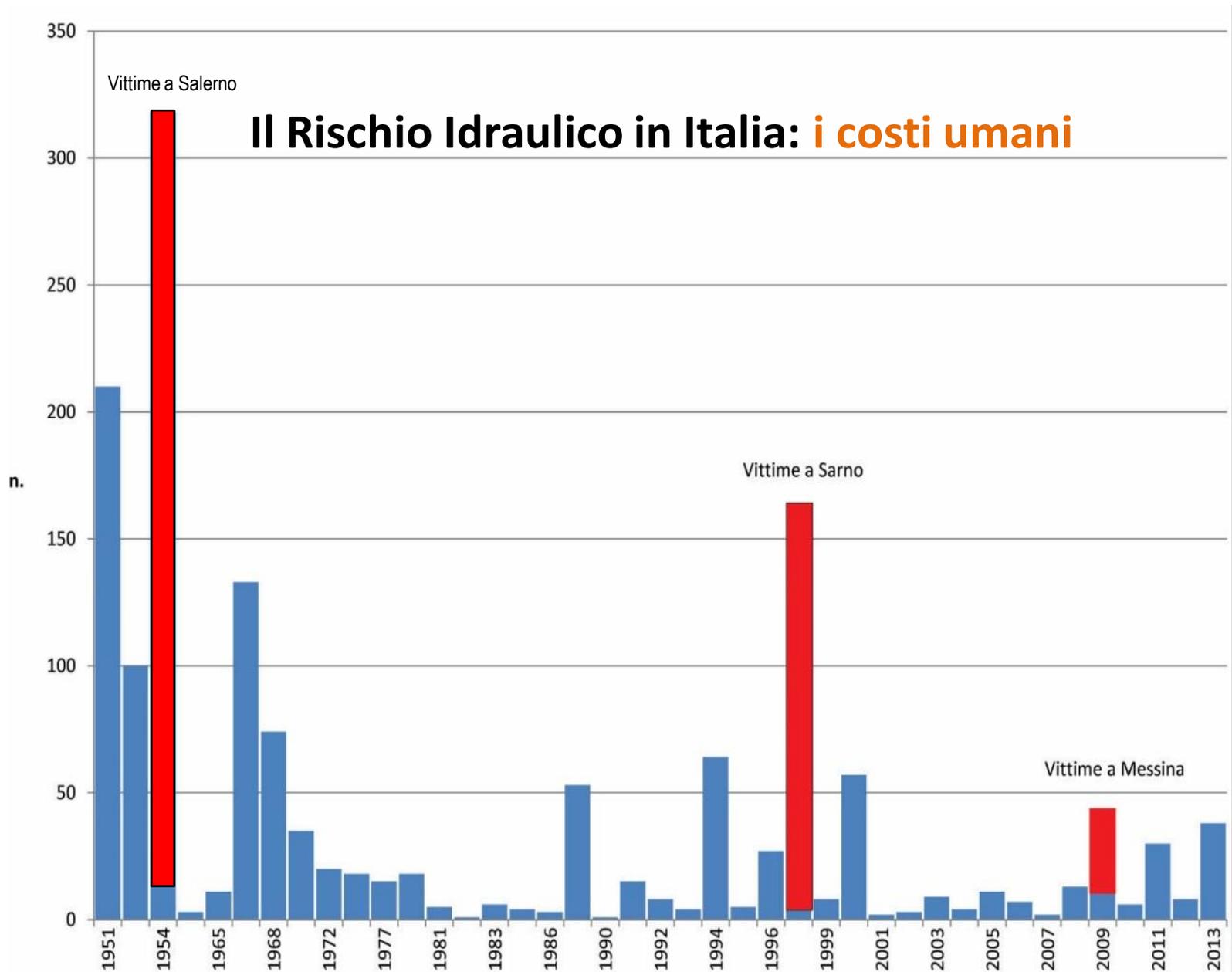


**Unità locali di imprese a rischio alluvioni in aree a pericolosità idraulica media P2**

**4.900** Unità locali di imprese a rischio (n.)

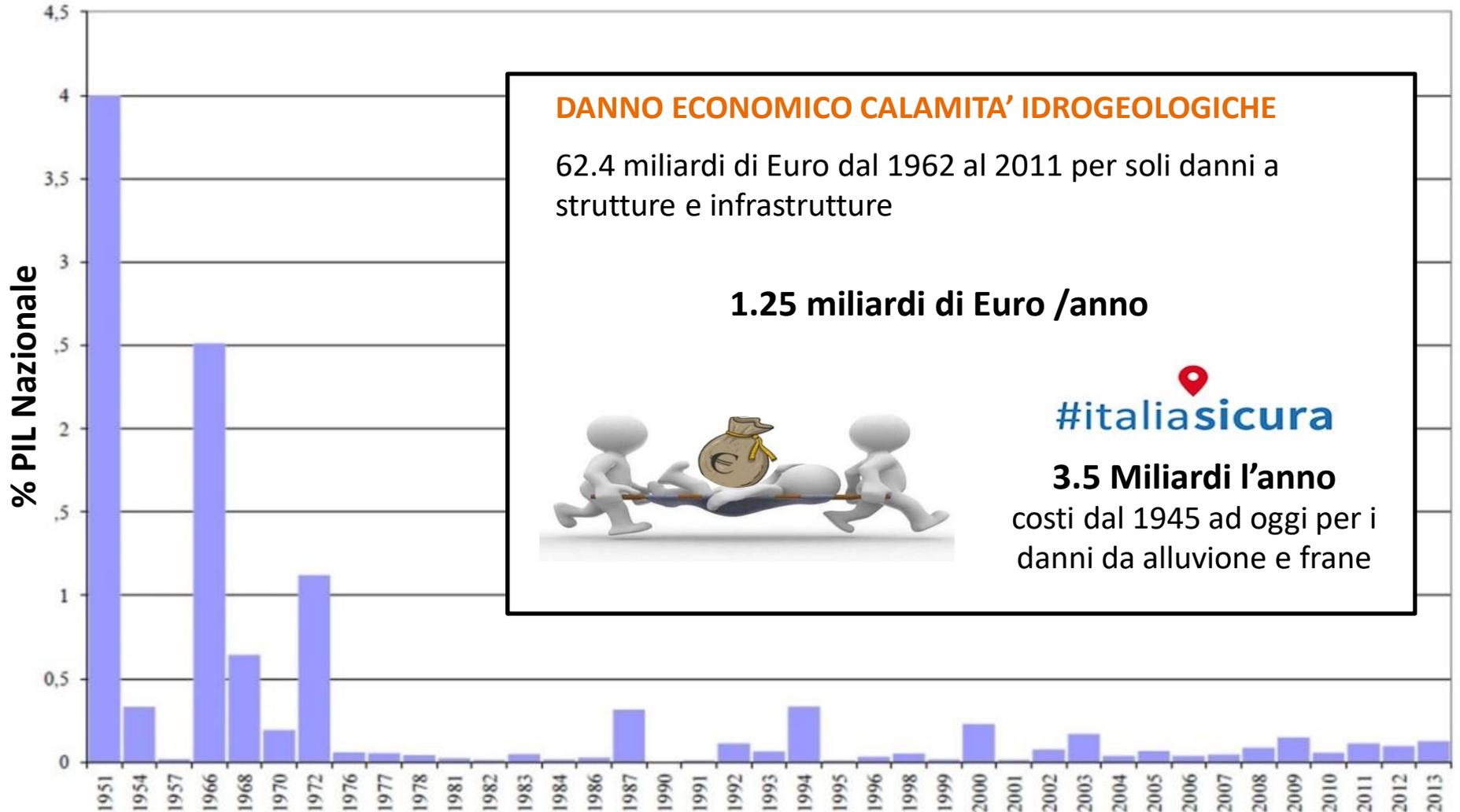
**(4,2%)** Percentuale rispetto al totale regionale delle Unità locali di imprese

# Il Rischio Idraulico in Italia



# Il Rischio Idraulico in Italia

## Il Rischio Idraulico in Italia: i danni economici



### DANNO ECONOMICO CALAMITA' IDROGEOLOGICHE

62.4 miliardi di Euro dal 1962 al 2011 per soli danni a strutture e infrastrutture

1.25 miliardi di Euro /anno



#italiasicura

3.5 Miliardi l'anno

costi dal 1945 ad oggi per i danni da alluvione e frane

# Mappatura del Rischio in Emilia-Romagna



# La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

## Prodotti fruibili: MAPPATURA DELLA PERICOLOSITA'

Le mappe della pericolosità e degli elementi esposti e del rischio di alluvioni sono consultabili e scaricabili dal Geoportale Nazionale.



The image shows a screenshot of the Geoportale Nazionale website. The top navigation bar includes 'Home', 'INSPIRE', 'Direttive', 'Servizi', 'Progetti', and 'Agenda'. The main content area features a map of Italy with a flood hazard overlay. A sidebar on the left titled 'Tematismi (TOC)' lists various thematic layers, with 'Alluvioni' checked. The map shows different levels of flood risk across the Italian peninsula. To the right, there is a detailed satellite view of a city with a river, overlaid with the text 'GEOPORTALE NAZIONALE' and 'Punto di accesso nazionale all'informazione ambientale e territoriale'.

<http://geoviewer.isprambiente.it>  
(a cura di ISPRA, Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale)

## MAPPATURA DELLA PERICOLOSITÀ (D.Lgs. 49/2010)

- alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a **500 anni**;
- alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra **100 e 200 anni**;
- alluvioni frequenti: tempo di ritorno fra **20 e 50 anni**.

# La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

## Prodotti fruibili: MAPPATURA DELLA PERICOLOSITA'

Esistono anche mappe di pericolosità a scala regionale consultabili e scaricabili dai geoportali regionali. Esempio per l'Emilia-Romagna:



ER Ambiente  
Regione Emilia-Romagna  
Cerca  
solo nella sezione corrente  
Giovedì 21.09.2017 11:23  
Primo Piano Entra in Regione

### Difesa del suolo, servizi tecnici e autorità di bacino

ER Ambiente | Difesa del suolo, servizi tecnici e autorità di bacino > Sezioni > Piano di gestione del rischio alluvioni

#### Mappe pericolosità e rischio di alluvioni

fase 2: Mappe della pericolosità e del rischio di alluvione (art. 6 Direttiva 2007/60/CE e D.Lgs. 49/2010) - Le Mappe della pericolosità, degli elementi esposti e del rischio di alluvioni sono state approvate dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali il 23 dicembre 2013 e successivamente pubblicate.

Le Mappe sono elaborati entrati a far parte dei Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni approvati dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali il 3 marzo 2016.

Le Mappe della pericolosità, degli elementi esposti e del rischio di alluvioni relative al territorio della Regione Emilia-Romagna possono essere consultate nelle seguenti modalità:

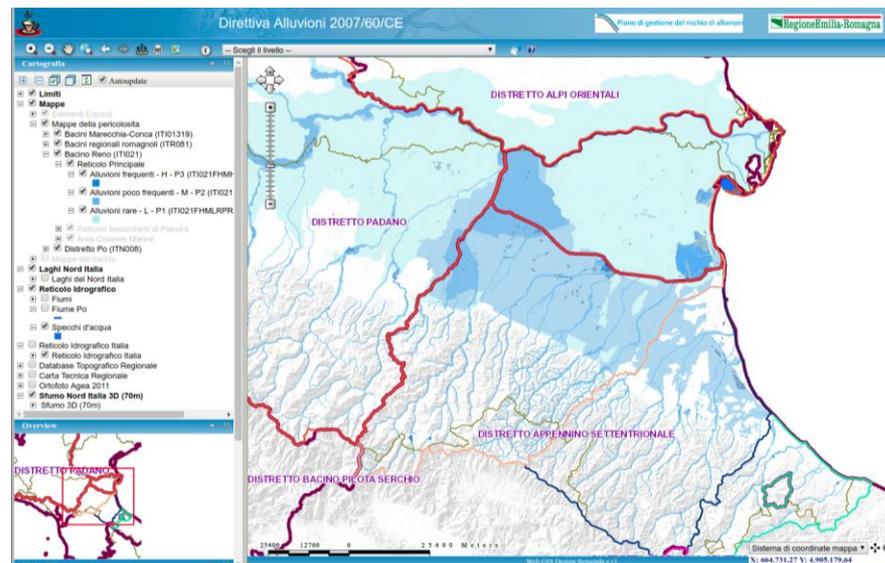
- cartografia interattiva con Moka Web Gis
- visualizza e scarica le tavole in formato pdf
- scarica i file in formato vettoriale .shp su taglio comunale

Per specifiche richieste contattare  
direttivaAlluvioni@regione.emilia-romagna.it

In evidenza  
Piano di Gestione Rischio Alluvioni Direttiva 2007/60/CE

Chi siamo  
Servizio difesa del suolo, della costa e bonifica  
Servizi Tecnici di Bacino  
Autorità di Bacino

Temi



**Portale Web-GIS:** [http://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaWeb92/apps/DAW\\_339/mapviewer.jsf](http://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaWeb92/apps/DAW_339/mapviewer.jsf)  
per la visualizzazione e la consultazione delle mappe ai sensi della Direttiva 2007/60/CE (D.Lgs. 49/2010), a cura del Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica della regione ER.

## MAPPATURA DELLA PERICOLOSITÀ (D.Lgs. 49/2010)

- alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a **500 anni**;
- alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra **100 e 200 anni**;
- alluvioni frequenti: tempo di ritorno fra **20 e 50 anni**.

# La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

## Portale tematico Regione Emilia-Romagna



Portale Web-GIS

Mappa interattiva

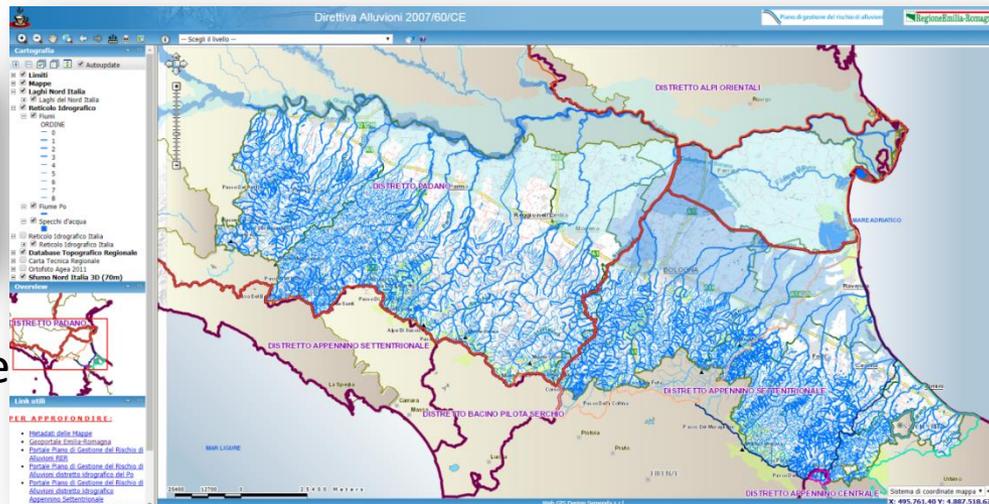
cartografia interattiva con Moka Web Gis

visualizza e scarica le tavole in formato .pdf

scarica i file in formato vettoriale .shp su taglio comunale



Opzioni di consultazione



<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/mappe-peric-rischio-all>



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

## Portale tematico Regione Emilia-Romagna



cartografia interattiva con Moka Web Gis

visualizza e scarica le tavole in formato .pdf

scarica i file in formato vettoriale .shp su taglio comunale



Opzioni di consultazione

## Tavole di dettaglio Indice per Comune

INDICE per COMUNE delle Mappe della pericolosità, degli elementi esposti e del rischio di alluvioni per la predisposizione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni

- > PROVINCIA DI PIACENZA
- > PROVINCIA DI PARMA
- > PROVINCIA DI REGGIO NELL'EMILIA
- > PROVINCIA DI MODENA
- > PROVINCIA DI BOLOGNA
- > PROVINCIA DI FERRARA
- > PROVINCIA DI RAVENNA
- > PROVINCIA DI FORLÌ-CESENA
- > PROVINCIA DI RIMINI



| PROVINCIA DI PIACENZA | Mappe Pericolosità ed Elementi esposti<br>- Reticolo Principale e Secondario Collinare Montano (RP_RSCM)<br>- Reticolo Secondario Pianura (RSP)<br>- Ambito Costiero Marino (ACM) | Mappe del Rischio<br>- Reticolo Principale e Secondario Collinare Montano (RP_RSCM)<br>- Reticolo Secondario Pianura (RSP)<br>- Ambito Costiero Marino (ACM) |
|-----------------------|---|--|
| AGAZZANO              | RP_RSCM: 161SE   161SO   179NE   179NO<br>RSP: 161SE   161SO   179NE   179NO  | RP_RSCM: 161SE   161SO   179NE   179NO<br>RSP: 161SE   161SO   179NE   179NO   |
| ALSENO                | RP_RSCM: 180NE   180SE   181NO   181SO<br>RSP: 180NE   180SE   181NO   181SO  | RP_RSCM: 180NE   180SE   181NO   181SO<br>RSP: 180NE   180SE   181NO   181SO   |
| BESENZONE             | RP_RSCM: 162SE   163SO   180NE   181NO<br>RSP: 162SE   163SO   180NE   181NO  | RP_RSCM: 162SE   163SO   180NE   181NO<br>RSP: 162SE   163SO   180NE   181NO   |
| BETTOLA               | RP_RSCM: 179SE   180SO   197NE   197NO   198NO  | RP_RSCM: 179SE   180SO   197NE   197NO   198NO   |
| BOBBIO                | RP_RSCM: 178SE   179SO   196NE   197NO  | RP_RSCM: 178SE   179SO   196NE   197NO   |
| BORGONOVO VAL TIDONE  | RP_RSCM: 161SE   161SO   179NO<br>RSP: 161SE   161SO   179NO  | RP_RSCM: 161SE   161SO   179NO<br>RSP: 161SE   161SO   179NO   |



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

## Portale tematico Regione Emilia-Romagna



## Tavole di dettaglio Indice per Comune

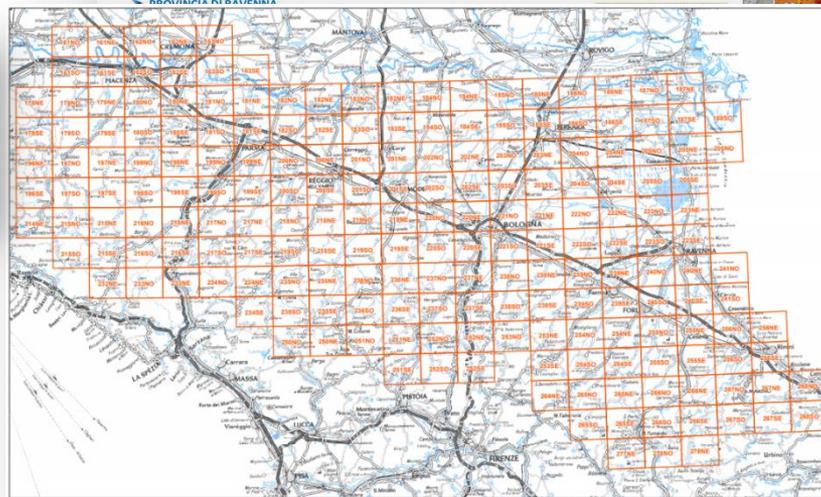
INDICE per COMUNE delle Mappe della pericolosità, degli elementi esposti e del rischio di alluvioni per la predisposizione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni

- PROVINCIA DI PIACENZA
- PROVINCIA DI PARMA
- PROVINCIA DI REGGIO NELL'EMILIA
- PROVINCIA DI MODENA
- PROVINCIA DI BOLOGNA
- PROVINCIA DI FERRARA
- PROVINCIA DI RAVENNA



**cartografia interattiva con Moka Web Gis**  
**visualizza e scarica le tavole in formato .pdf**  
**scarica i file in formato vettoriale .shp su taglio comunale**

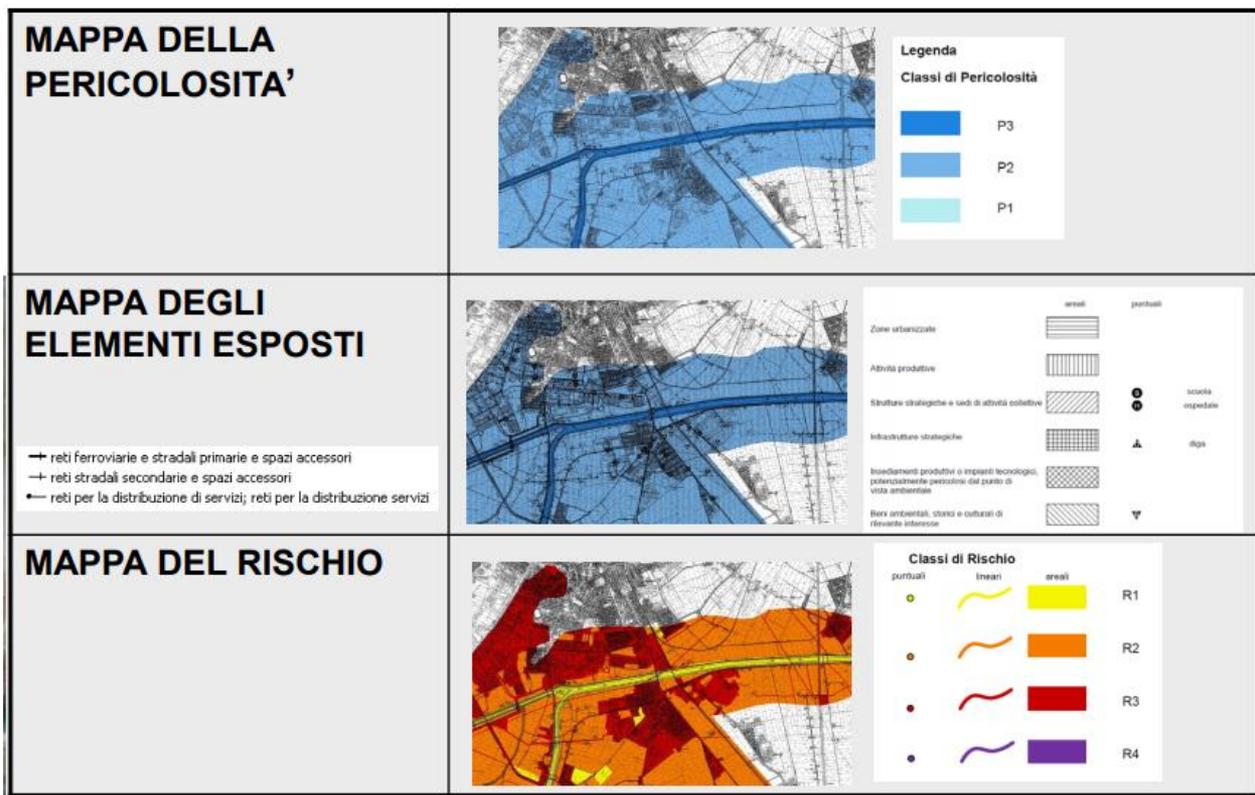
## Indice per Foglio



# La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

## Portale tematico Regione Emilia-Romagna

### Informazioni disponibili



# La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

## Portale tematico Regione Emilia-Romagna

**Piano di gestione del rischio di alluvioni**

Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni  
Mappa della pericolosità e degli elementi particolarmente esposti  
(art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Area di studio: territorio comunale principale e accentrato  
Del Consorzio nella sezione del Consorzio Intercomunale dell'area di bacino dell'Arno dal 23/12/2013 (previsto Approvato Settembrale)

**220SE - BOLOGNA SUD-OVEST**

Scala 1:25.000

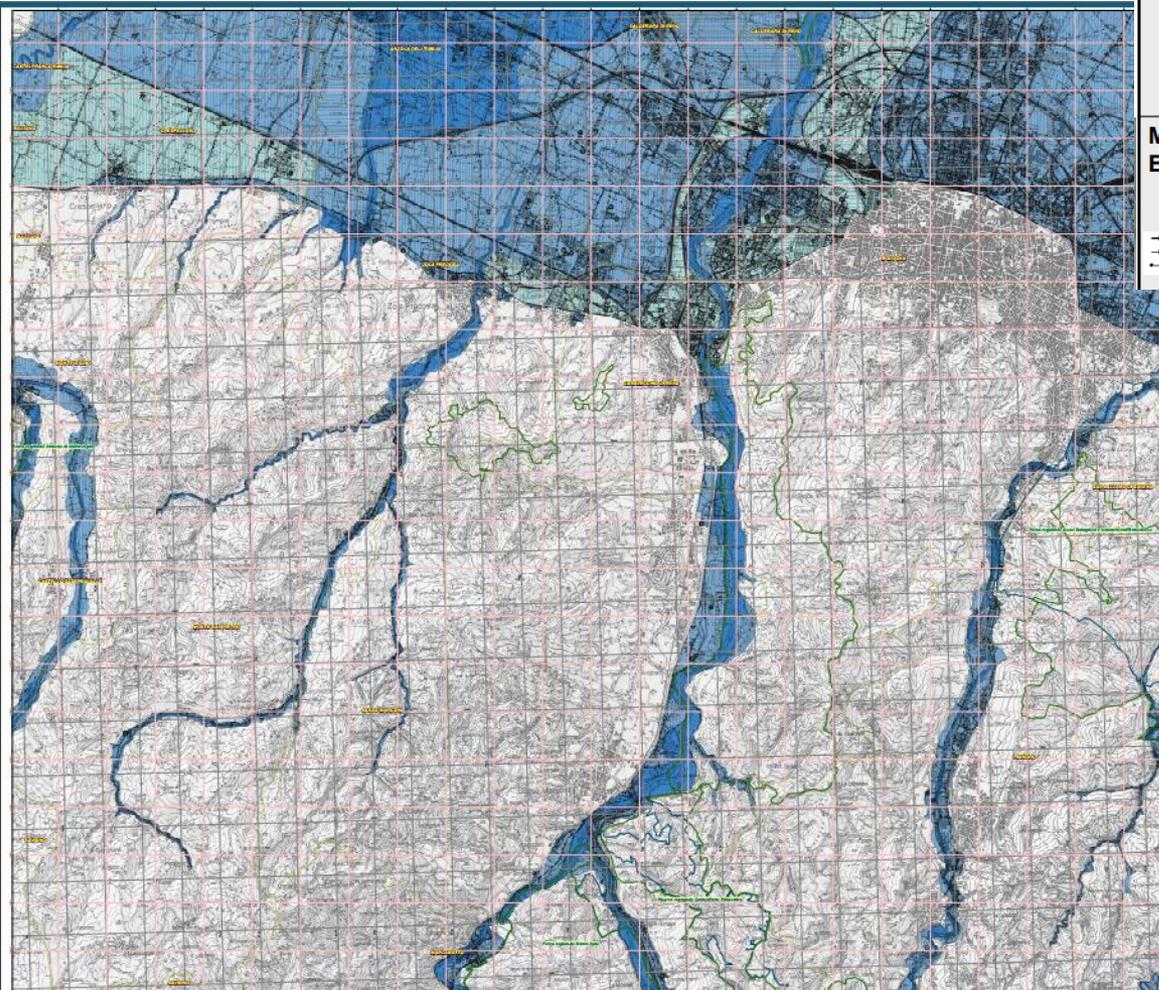


**Legenda**

| Simbolo              | Descrizione                 |
|----------------------|-----------------------------|
| [Area in blu scuro]  | Area a rischio di alluvione |
| [Area in blu medio]  | Area a rischio di alluvione |
| [Area in blu chiaro] | Area a rischio di alluvione |
| [Area in verde]      | Area a rischio di alluvione |
| [Area in giallo]     | Area a rischio di alluvione |
| [Area in rosso]      | Area a rischio di alluvione |
| [Area in grigio]     | Area a rischio di alluvione |
| [Area in bianco]     | Area a rischio di alluvione |

**Simboli**

| Simbolo            | Descrizione   |
|--------------------|---|
| [Linea con frecce] | reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori                  |
| [Linea con frecce] | reti stradali secondarie e spazi accessori                              |
| [Linea con frecce] | reti per la distribuzione di servizi; reti per la distribuzione servizi |



MAPPA DELLA  
PERICOLOSITA'

MAPPA DEGLI  
ELEMENTI ESPOSTI

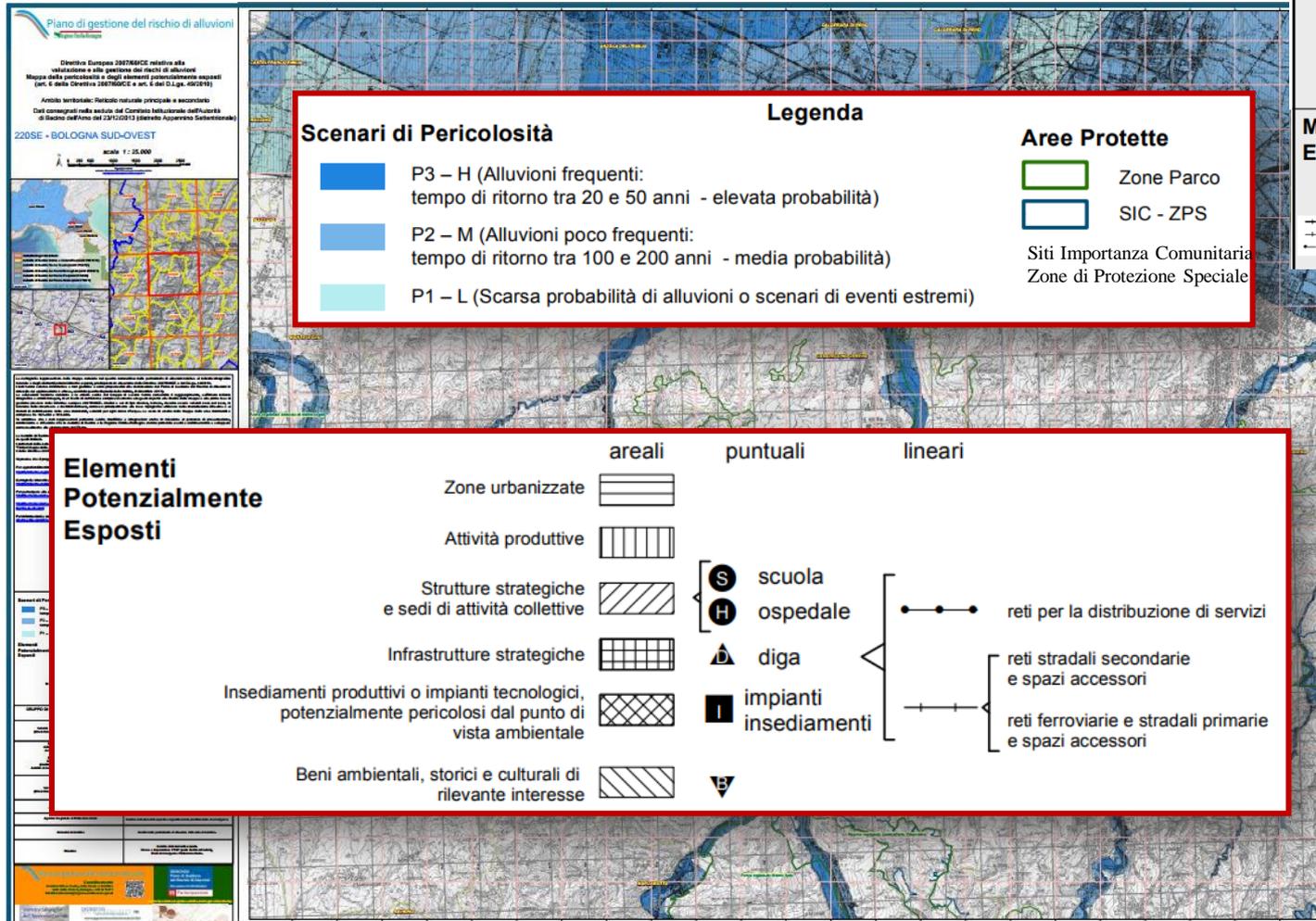
- reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori
- reti stradali secondarie e spazi accessori
- reti per la distribuzione di servizi; reti per la distribuzione servizi



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

## Portale tematico Regione Emilia-Romagna



MAPPA DELLA PERICOLOSITA'

MAPPA DEGLI ELEMENTI ESPOSTI

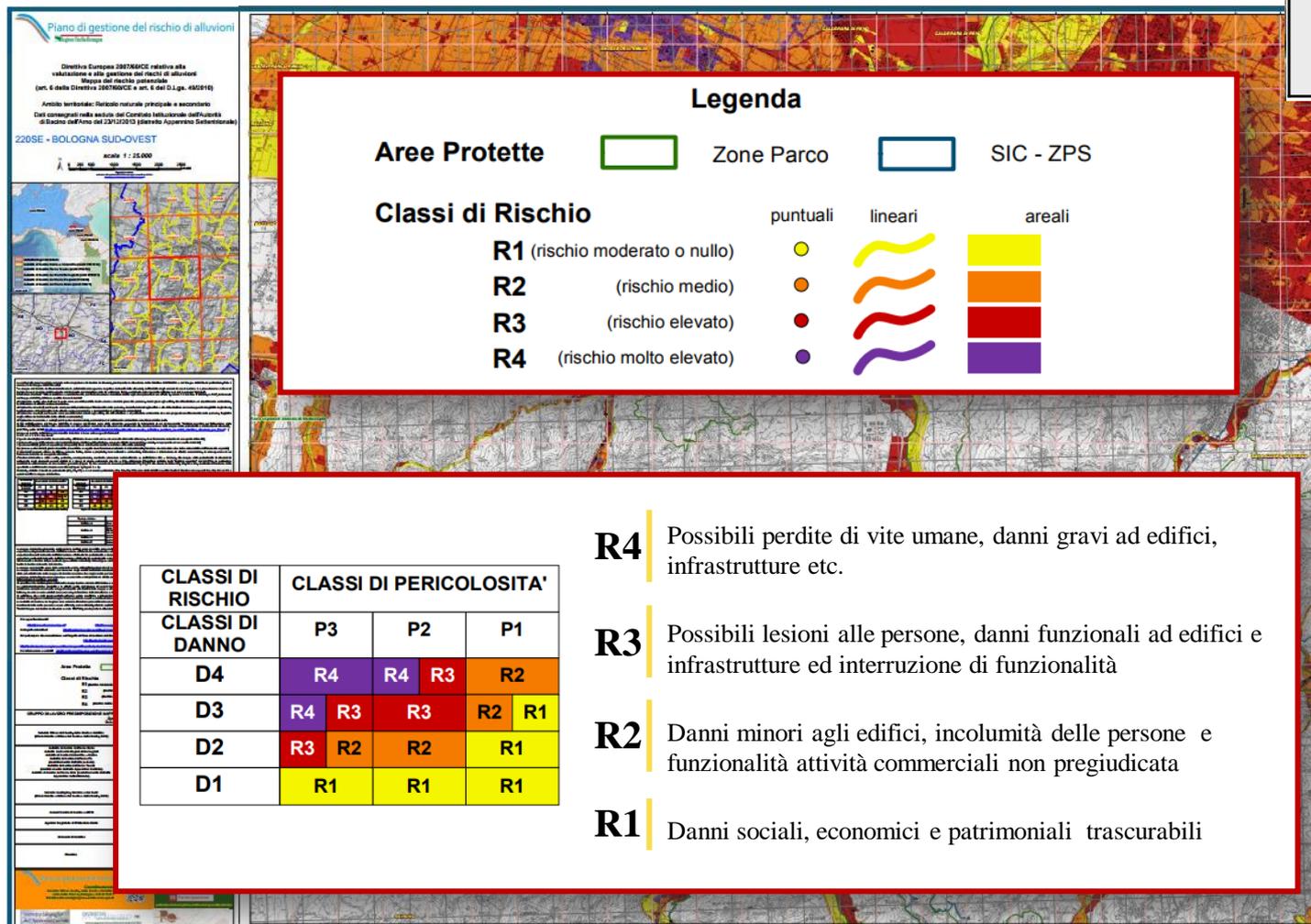
→ reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori  
 +→ reti stradali secondarie e spazi accessori  
 ←→ reti per la distribuzione di servizi; reti per la distribuzione servizi



# La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (D.Lgs. 49 del 2010)

## Portale tematico Regione Emilia-Romagna

MAPPA DEL RISCHIO



# Dinamiche del rischio alluvionale

Il rischio alluvionale sta cambiando?  
Se sì, quali sono le cause principali?



# Equazione del Rischio

$$R = H \cdot E \cdot V$$

Componente  
naturale

Componente  
antropica



# Componente naturale: Il clima sta cambiando? Se sì, perché?

## Principali interrogativi al riguardo di cambiamenti climatici:

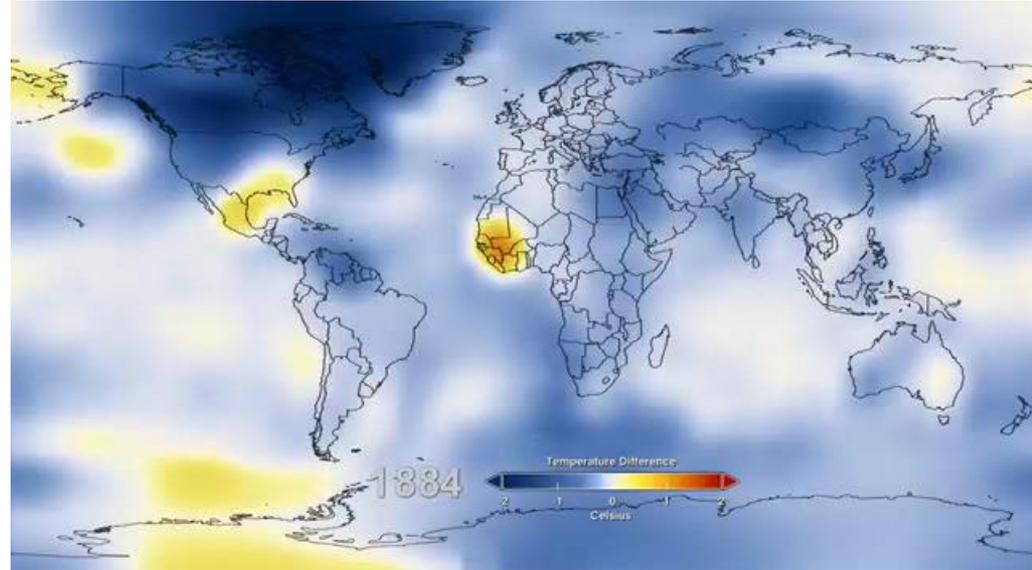
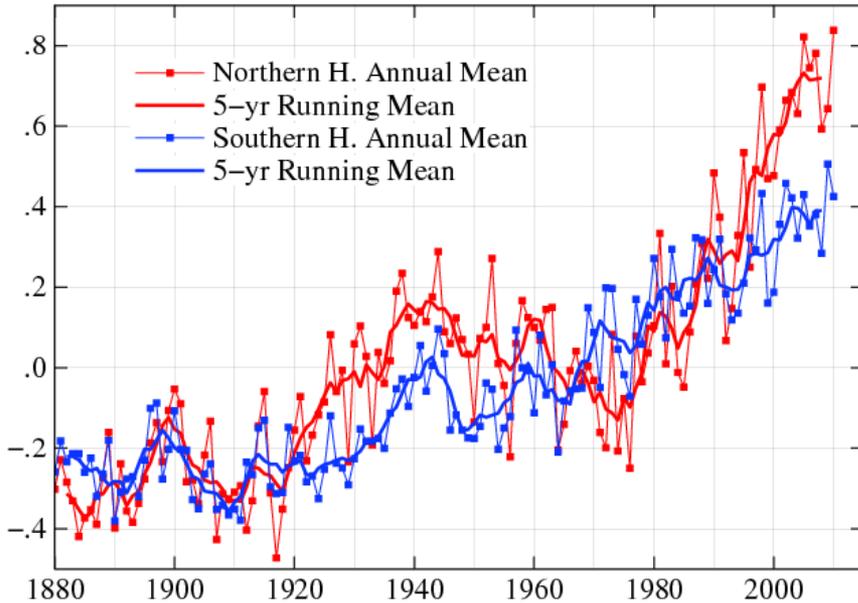
- Il clima sta cambiando? La risposta è tutt'altro che chiara.
- Ammesso che il clima stia effettivamente cambiando, quali sono le ragioni che hanno indotto il cambiamento? Anche in questo caso, la risposta è tutt'altro che chiara.

Rispondere non è facile. Le osservazioni climatiche regolari sono iniziate solo “recentemente” (non più di 300 anni or sono) e le strumentazioni si sono notevolmente evolute in quest'arco temporale.



# Variabilità delle temperature a scala globale

Hemispheric Temperature Change



NASA, Goddard Institute for Space Studies [http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs\\_v3/](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/)

Una recente ricerca ha dimostrato che in numerose stazioni di rilevamento euro asiatiche il trend di crescita della temperatura nel periodo 1881-1980 è statisticamente significativo solo in pochissimi casi, perlopiù localizzati in Scandinavia ed Islanda (Franzke, GRL, 2012)

La comunità scientifica è divisa fra “scettici” ed “ortodossi”.

Esempio eclatante: il “climategate”

([http://en.wikipedia.org/wiki/Climatic\\_Research\\_Unit\\_email\\_controversy](http://en.wikipedia.org/wiki/Climatic_Research_Unit_email_controversy))



# Attendibilità dei trend

Danubio@Vienna – Massimi annuali di portata media giornaliera (73 anni)

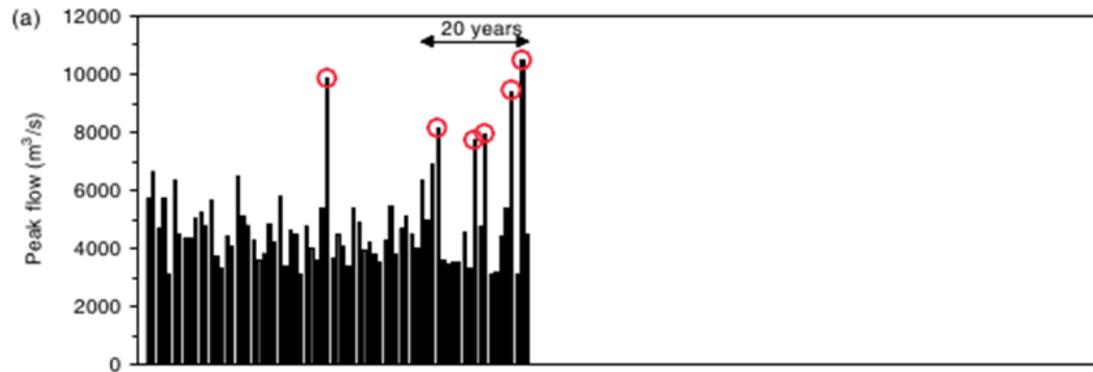
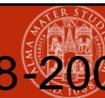


Figure 2. (a) Annual maximum floods of the Danube at Vienna for 73 years (100 000 km<sup>2</sup> catchment area). Five of the six largest floods have occurred in the last two decades. (b) Entire record 1828–2008. Redrawn from Blöschl and Merz (2008)



# Attendibilità dei trend

Danubio@Vienna – Massimi annuali di portata media giornaliera

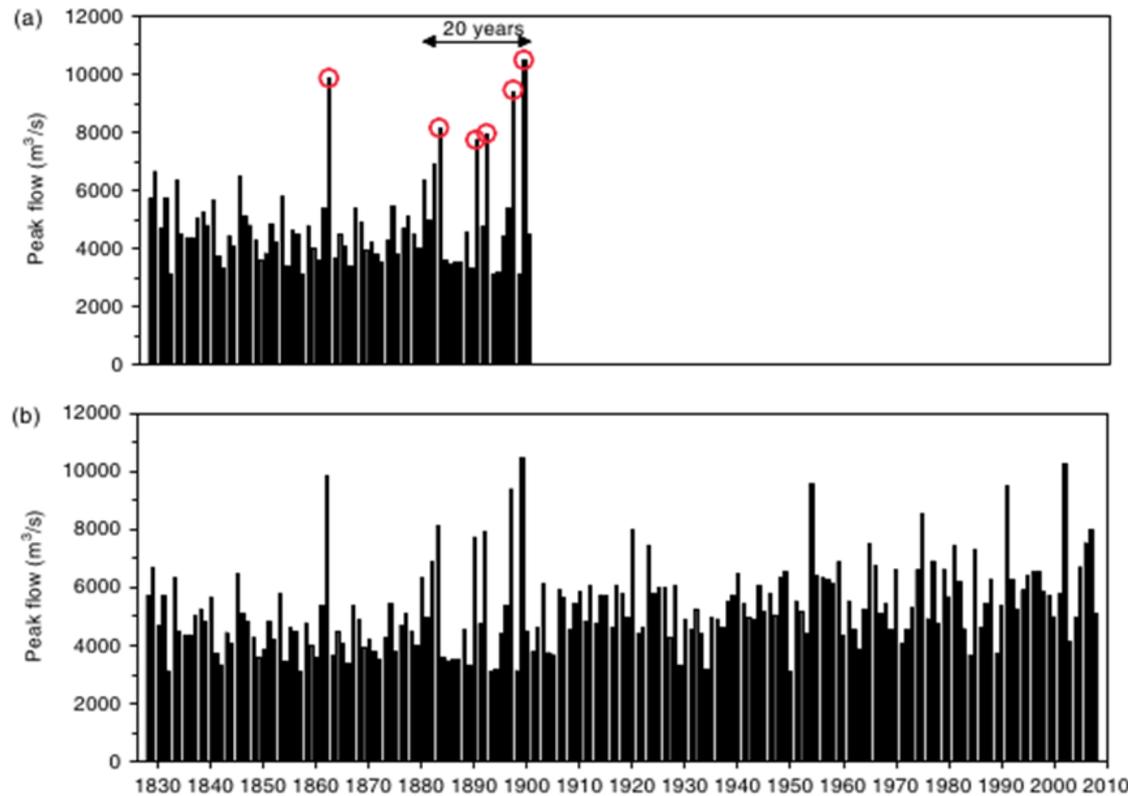
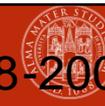


Figure 2. (a) Annual maximum floods of the Danube at Vienna for 73 years (100 000 km<sup>2</sup> catchment area). Five of the six largest floods have occurred in the last two decades. (b) Entire record 1828–2008. Redrawn from Blöschl and Merz (2008)



# Le precipitazioni stanno cambiando?

What about trends or abrupt changes in frequency or intensity?

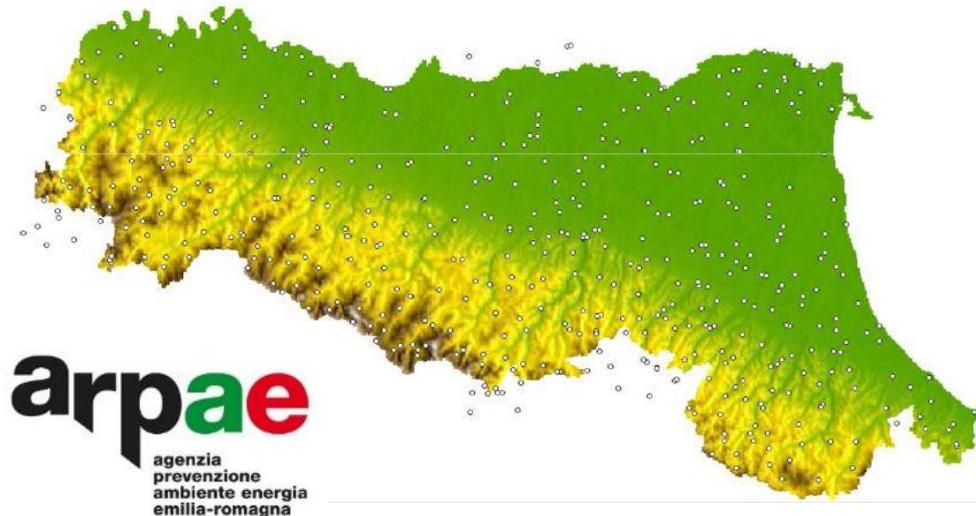
We selected the longest 10 series having a *continuous* observation period of *at least 20 years* of data

Significant results for Mann-Kendall test  $d = 1$  h

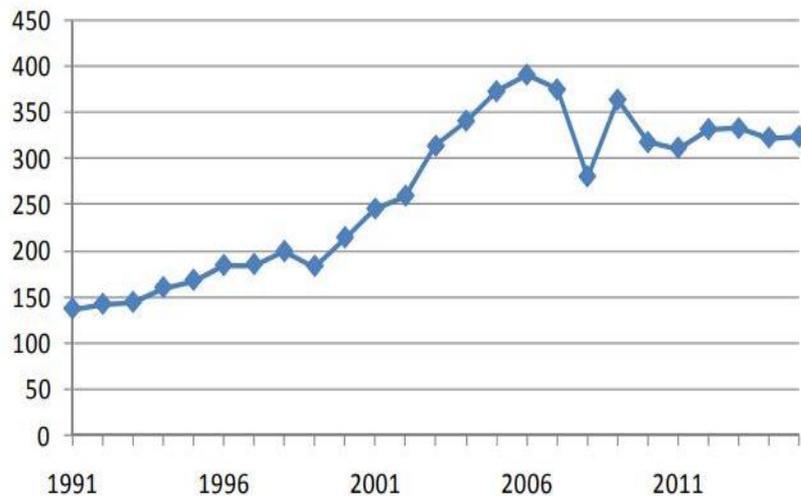
AMS series of h [mm] 4

POT series of h [mm] 3

**No significant changes for longer rainfall duration (d = 3, 6, 12 hours)**



Numero di sensori



| Name                | Altitude [m a.s.l.] | No. years (No. AMS) | No. POT (*) |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|
| Bologna Idrografico | 53                  | 80                  | 415         |
| Cervia              | 2                   | 69                  | 197         |
| Pracchia            | 620                 | 88                  | 487         |
| San Cassiano        | 230                 | 68                  | 395         |

# Le portate fluviali stanno cambiando?

Pettitt test (Mean)

## Northern Apennines

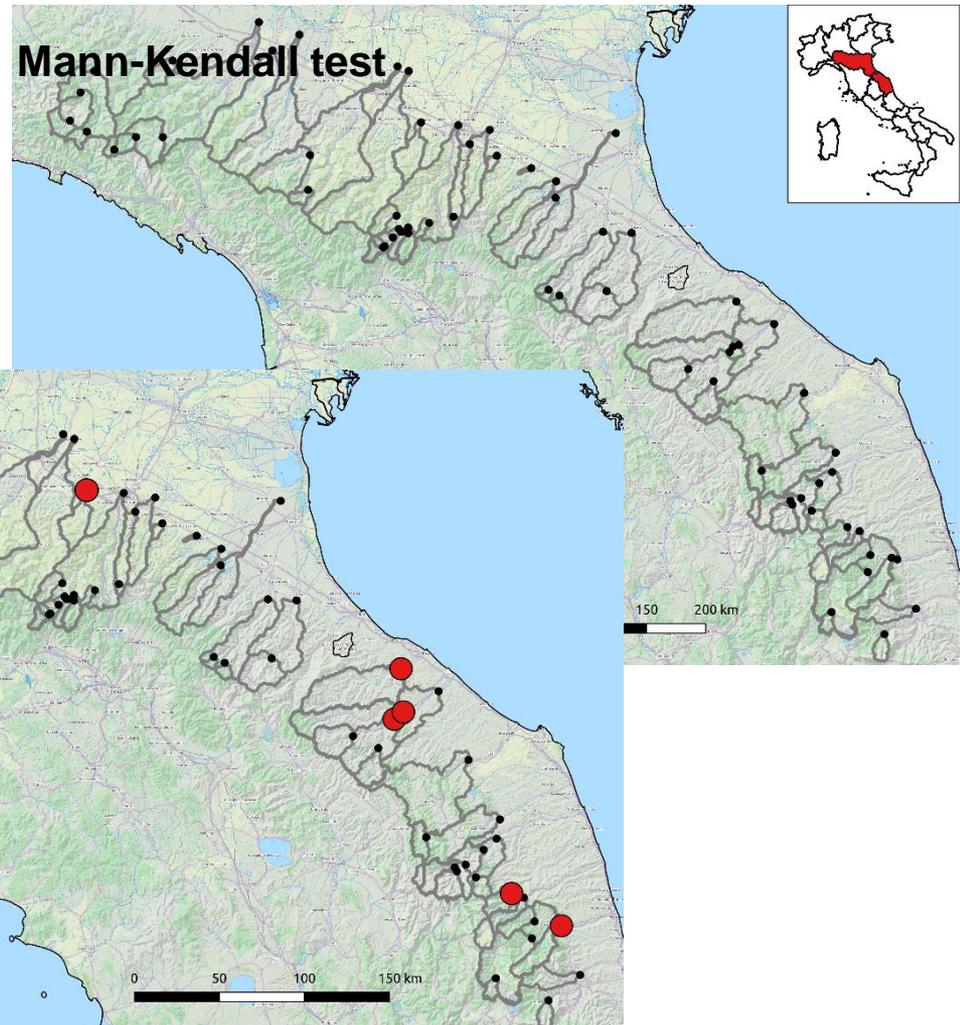
AMS for the period 1920-2014

64 river cross-sections

Minimum, median and maximum series lengths are equal to 5, 26 and 89 years, in this order.

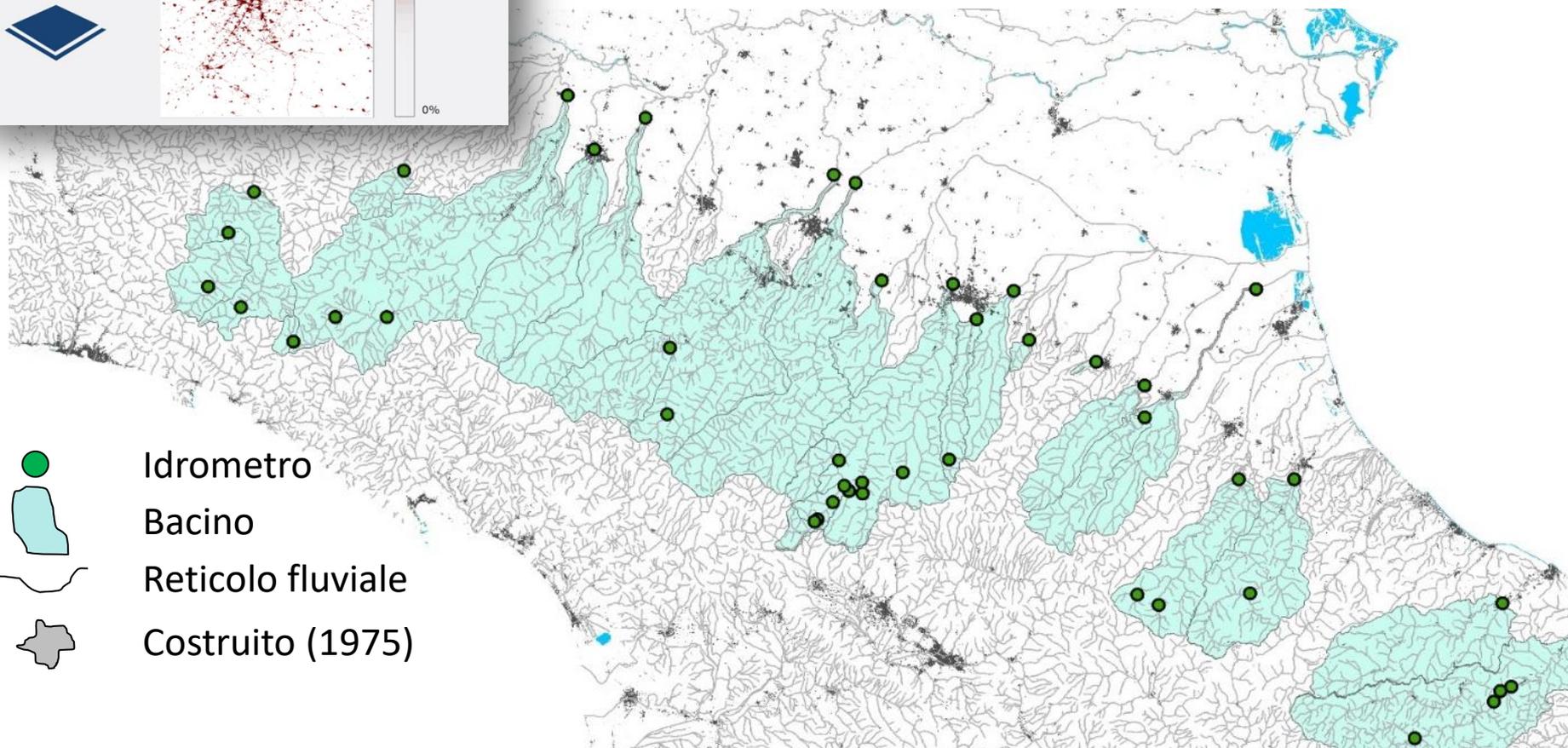
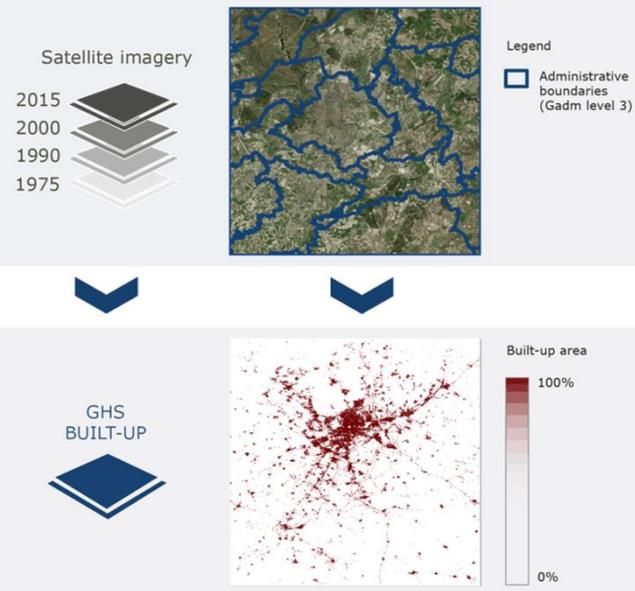
| Pettitt | Mann-Kendall |
|---------|--------------|
| 10      | 7            |
| 2 ●     | 0 ●          |
| 8 ●     | 7 ●          |

- Increasing trend
- Decreasing trend

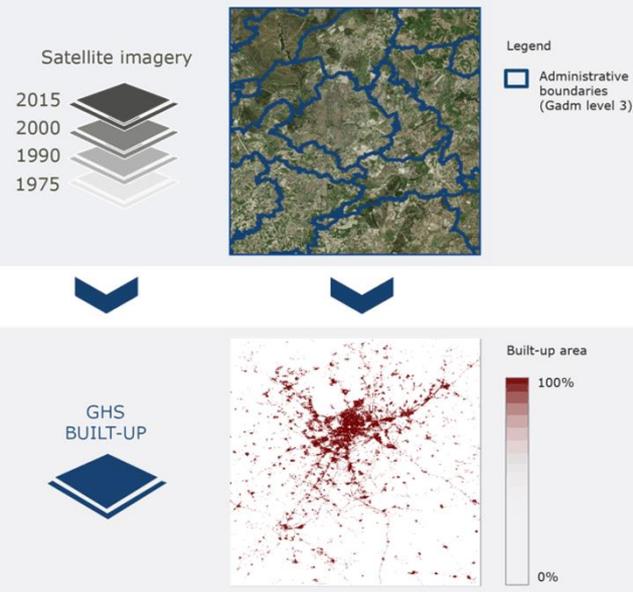


Change point years between 1934 and 1982 (median: 1959)

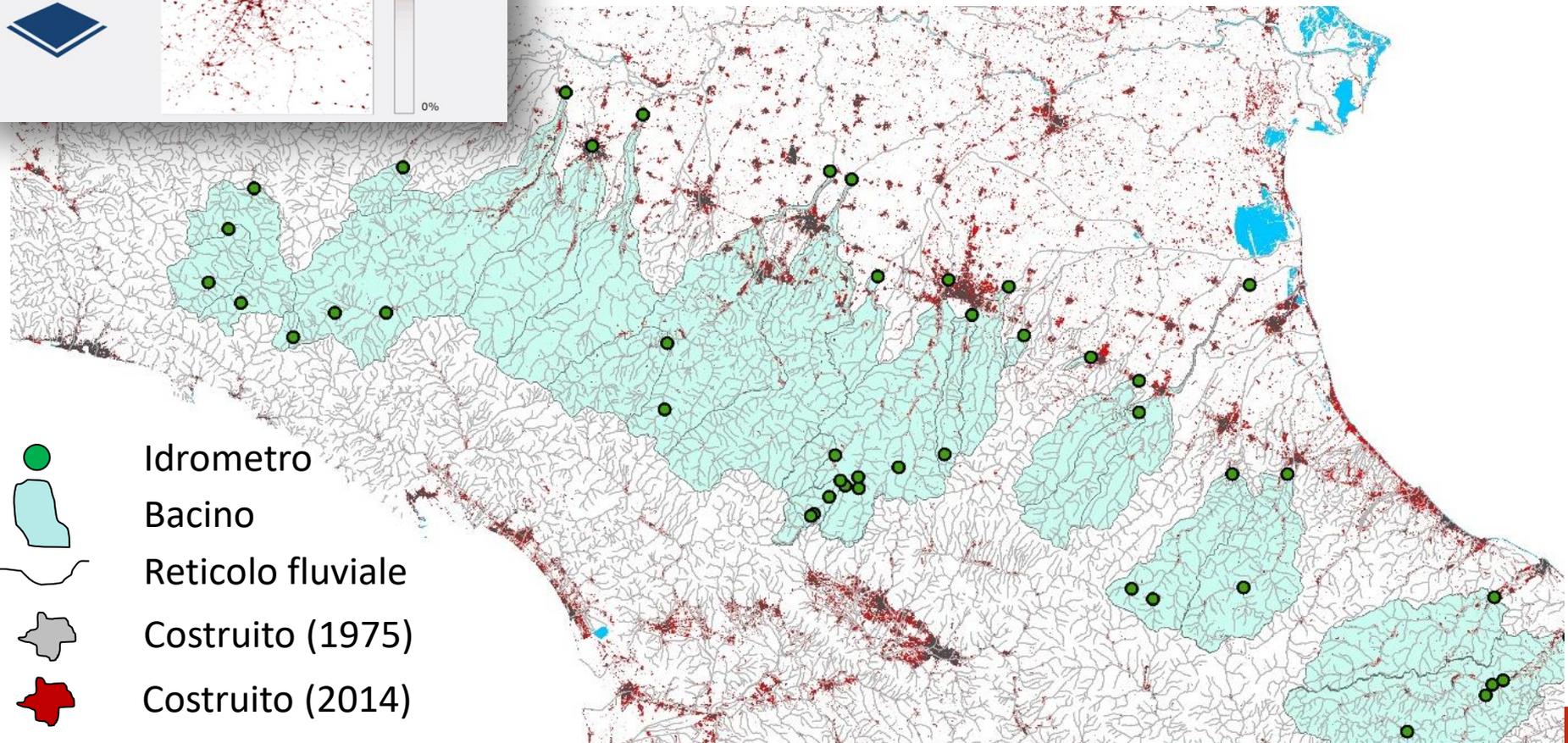
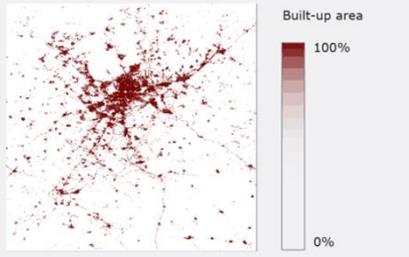
# Vulnerabilità ed esposizione stanno cambiando?



# Vulnerabilità ed esposizione stanno cambiando?



GHS  
BUILT-UP



- Idrometro
- Bacino
- ~ Reticolo fluviale
- Costruito (1975)
- Costruito (2014)

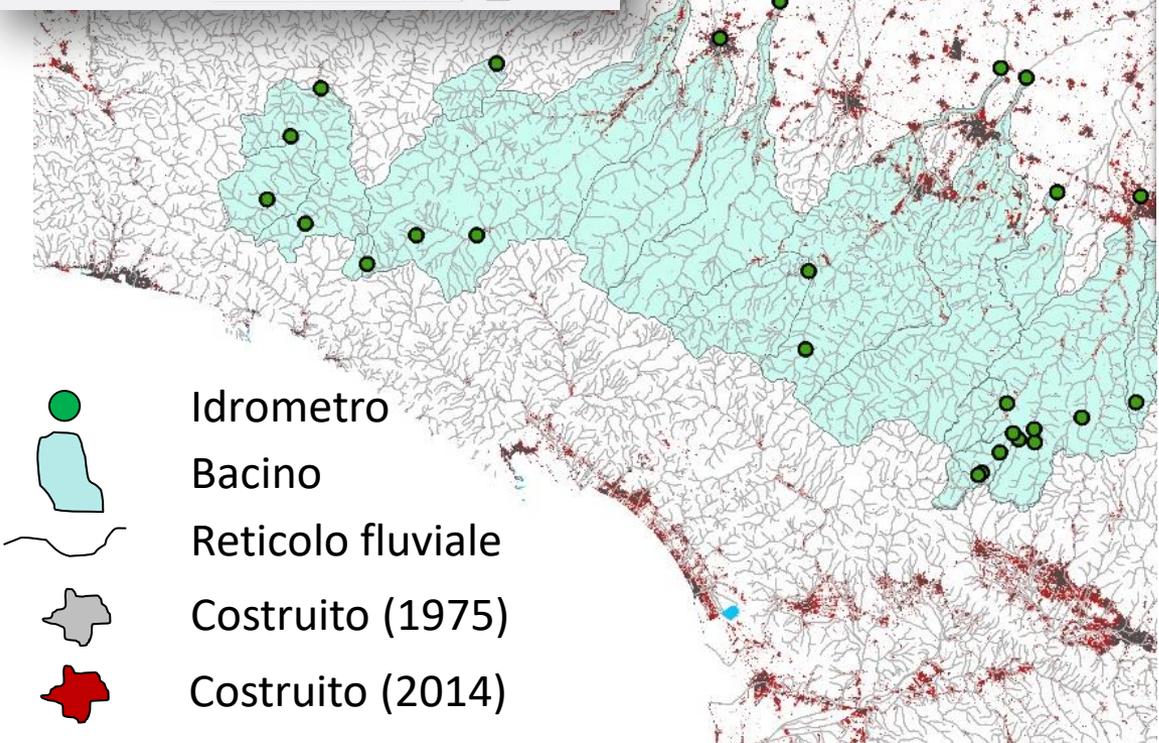
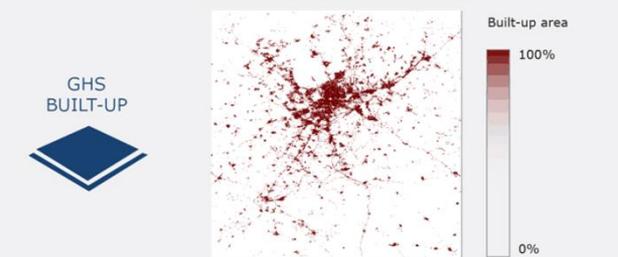
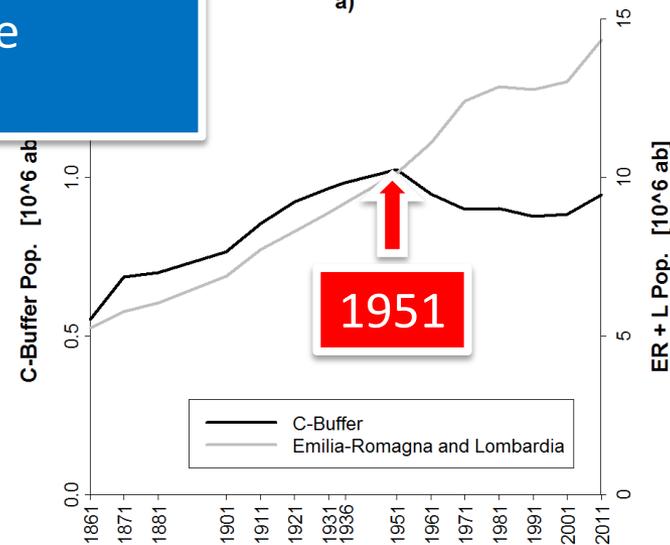


# Vulnerabilità ed esposizione stanno cambiando?

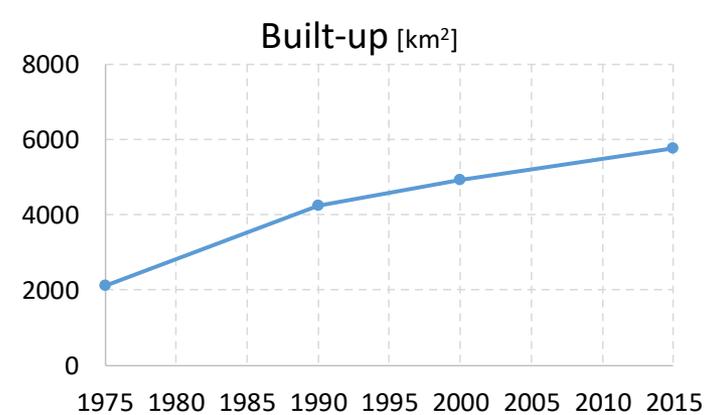
Dati ISTAT (1861 – 2011)  
Emilia-Romagna e Lombardia

Population dynamics

a)



-  Idrometro
-  Bacino
-  Reticolo fluviale
-  Costruito (1975)
-  Costruito (2014)



# Levee-Effect

*Effetti del continuo innalzamento ed estensione del sistema arginale*

- Riduzione della laminazione delle portate
- Maggior velocità di propagazione



Title: The Lev

Graham A. Publication:

Credits: G. Di Baldassarre

Journal of the American Water Resources Association,

vol. 31, issue 3, pp. 359-367 Publication Date:

06/1995 Origin: WEB:

Tobin,  
A MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# Conclusioni





ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

## **Attilio Castellarin**

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica,  
Ambientale e dei Materiali  
DICAM

[attilio.castellarin@unibo.it](mailto:attilio.castellarin@unibo.it)

[www.unibo.it/sitoweb/attilio.castellarin](http://www.unibo.it/sitoweb/attilio.castellarin)