



OGS

Istituto Nazionale
di Oceanografia
e di Geofisica
Sperimentale

Stime rapide di scuotimento e danneggiamento a seguito di forti terremoti

Valerio Poggi
Chiara Scaini



Il terremoto: un pericolo diffuso

Terremoti forti avvengono **periodicamente** nel mondo, causando ingenti perdite in termini economici e soprattutto di vite umane.

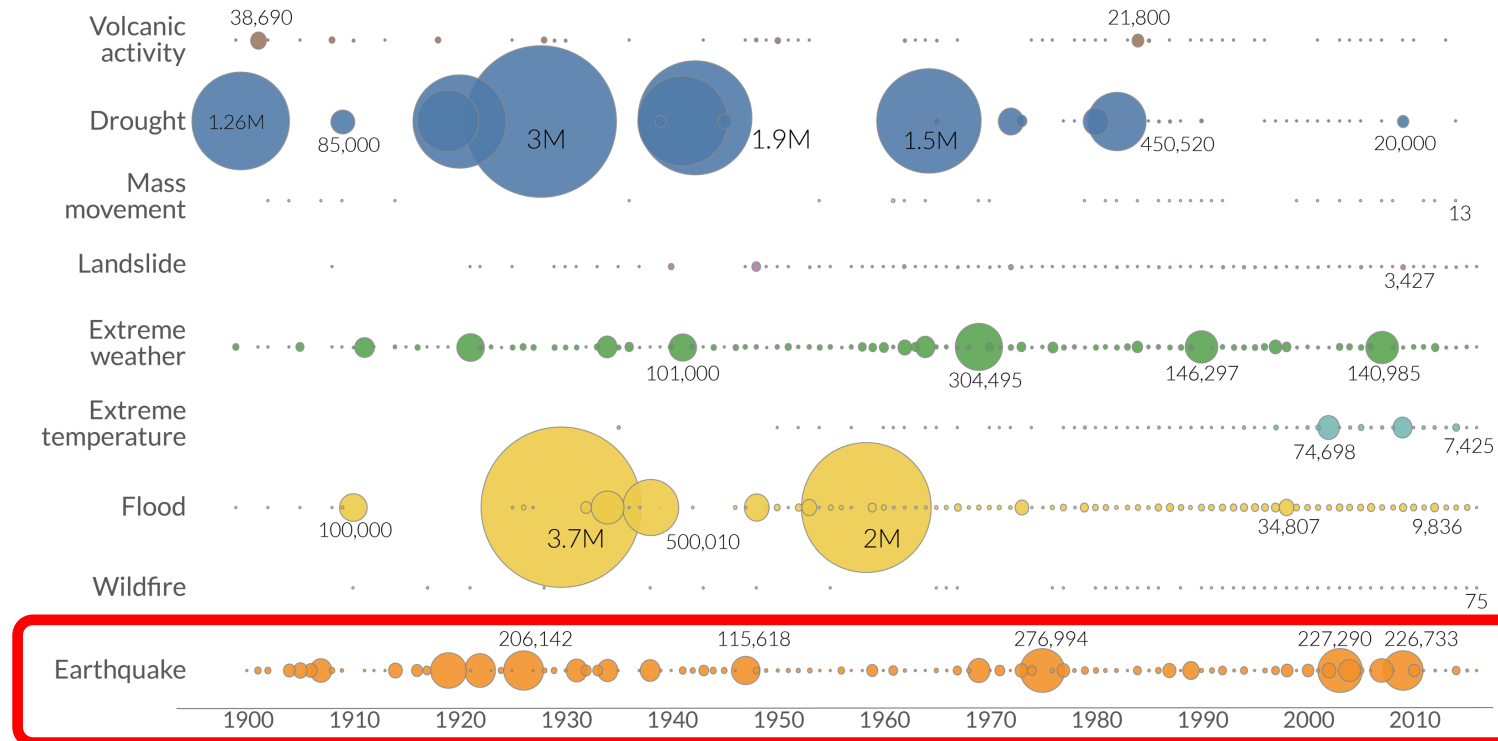
ENEA

Consiglio Nazionale
delle Ricerche

Global deaths from natural disasters (1900–2016)

The size of the bubble represents the total death count per year, by type of disaster.

Our World
in Data

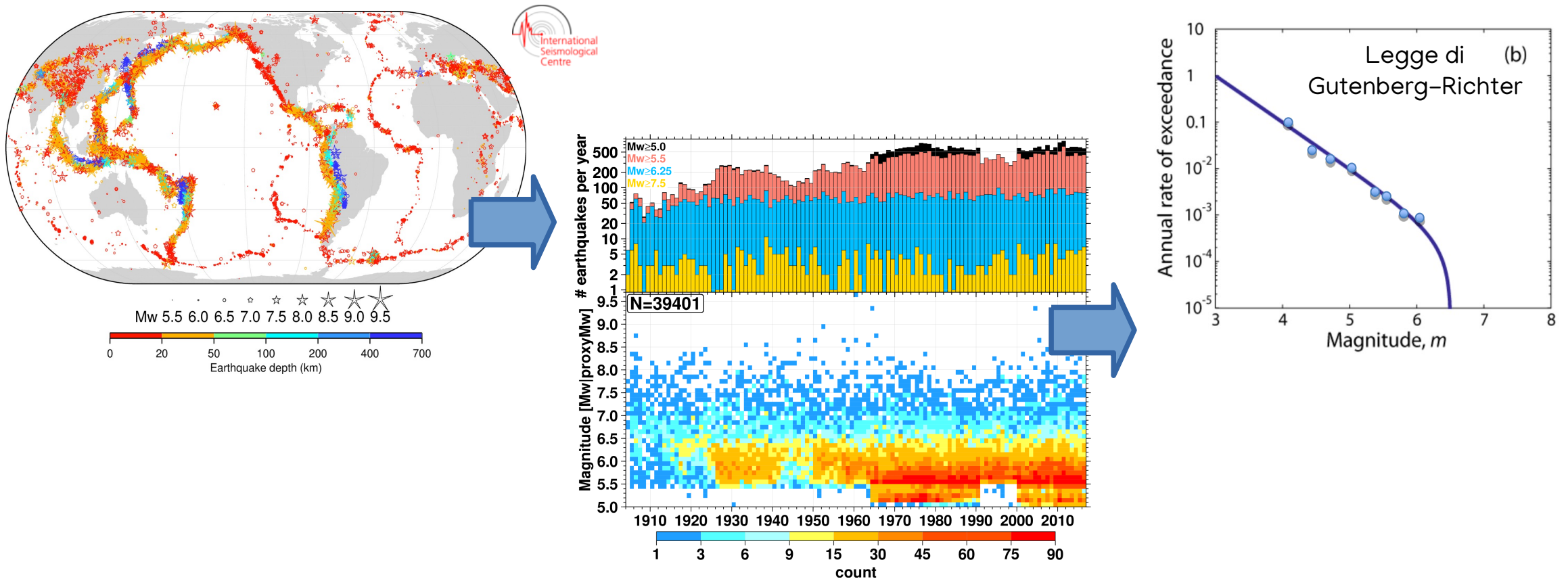


Data source: EMDAT (2017): OFDA/CRED International Disaster Database, Université catholique de Louvain – Brussels – Belgium.
OurWorldInData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

I terremoti sono prevedibili?

I terremoti non sono eventi prevedibili (non si può dire con esattezza ne dove, ne tantomeno quando avverranno), sebbene tendano a ripetersi (statisticamente) con una certa regolarità nello spazio e nel tempo.



Impatto su strutture e popolazione

La pericolosità dei terremoti è legata all'impossibilità delle strutture (edifici, ponti, infrastrutture, etc.) di **resistere a forti scuotimenti del suolo** e, in parte minore, all'occorrenza di fenomeni secondari (cedimenti del suolo, tsunami, etc.)



M6.5 Taiwan earthquake in 2016



Gemona del Friuli, 6th May 1976



"Earthquakes don't kill people,
collapsed buildings do so»
Nigel Priestley (1943–2014)

Pericolosità e rischio sismico

La definizione degli effetti distruttivi su strutture e popolazione derivanti dai terremoti potenzialmente attesi è quantificata dal **rischio sismico** (R).

Il rischio può essere definito come il prodotto della **pericolosità sismica** di base (P), della **vulnerabilità** dei elementi (V) e della loro distribuzione, detta anche **esposizione** (E):

$$\text{Rischio Sismico} = \text{Pericolosità} * \text{Vulnerabilità} * \text{Esposizione}$$



Componente Naturale:

- Frequenza terremoti
- Quanto grandi
- Distribuzione spaziale delle sorgenti
- Effetti secondari
- ...

Componente Antropica:

- Distribuzione della popolazione
- Tecniche costruttive
- Piani di emergenza
- ...

Mentre P è una proprietà immutabile dell'area analizzata e può solo essere quantificata, E e V dipendono dall'uomo e possono essere "minimizzate"....

Riduzione delle perdite

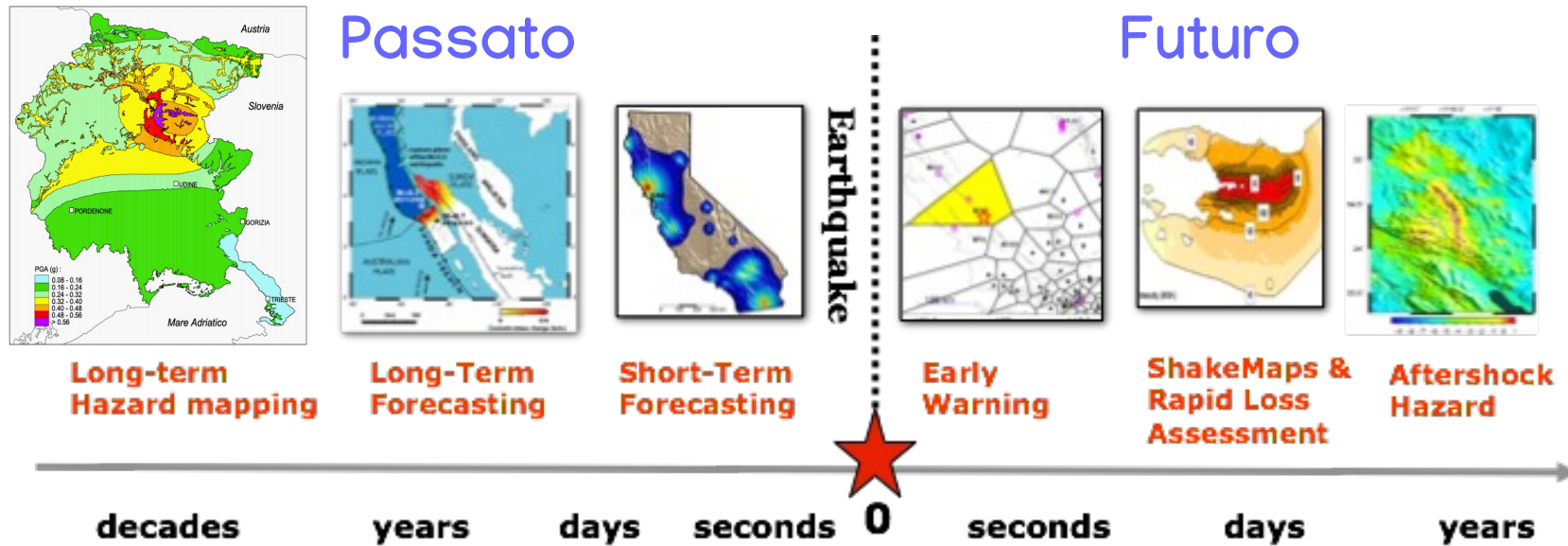
La riduzione delle perdite (umane, economiche e materiali) può essere quindi fatta:

1) **Preventivamente**

attraverso la pianificazione urbana, la progettazione antisismica di edifici nuovi e l'adeguamento (retrofitting) di strutture esistenti

2) **Successivamente all'evento**

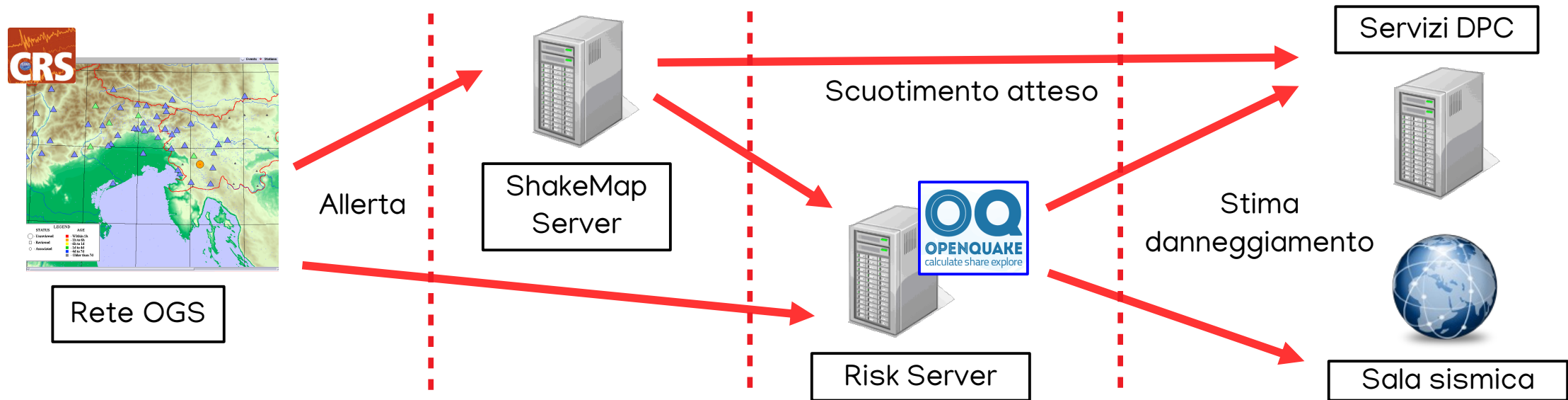
a seguito di un sisma valutando rapidamente la distribuzione dello scuotimento e dei danni attesi per adeguate misure di risposta in caso di crisi



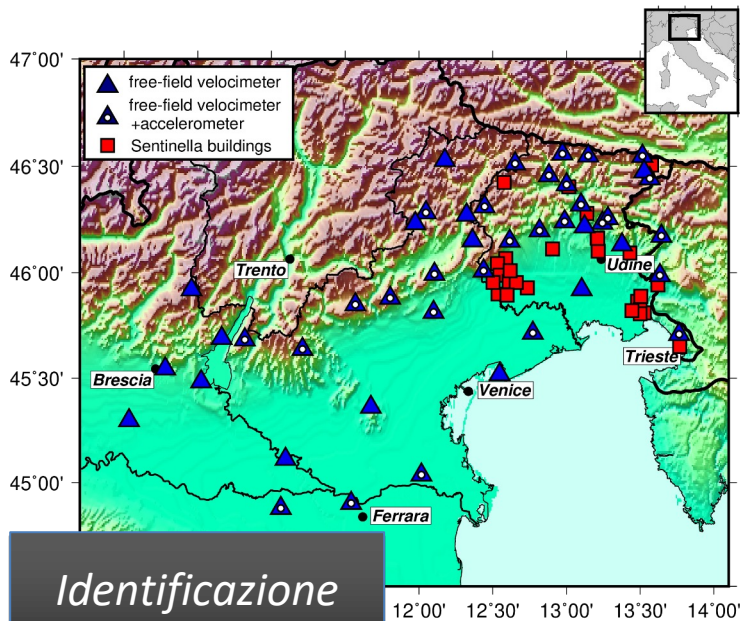
Stima rapida dell'impatto

Obiettivo principale del nostro lavoro è lo sviluppo di un sistema per la **stima in tempo quasi-reale dell'impatto** a seguito di un evento sismico. Il sistema si appoggia alla rete di monitoraggio di OGS e viene innescato dalla ricezione di un'allerta sismica.

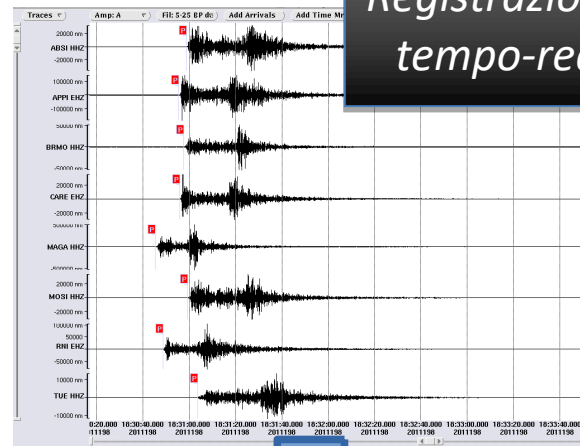
Tale allerta genera la produzione di uno scenario di scuotimento (Shakemap®) che viene usata come dato di input per il calcolo dello scenario di danneggiamento, tramite il software **OpenQuake**.



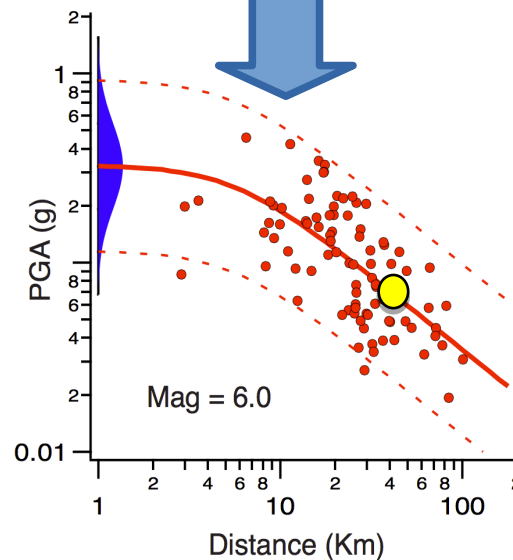
Stima dello scuotimento atteso



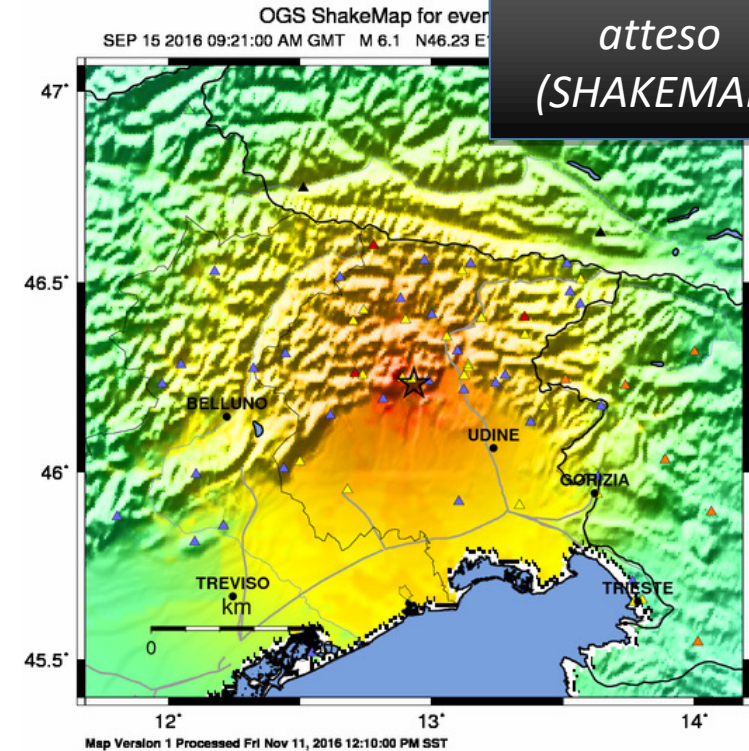
Identificazione evento



Registrazioni in tempo-reale



Simulazione empirica (GMPE)



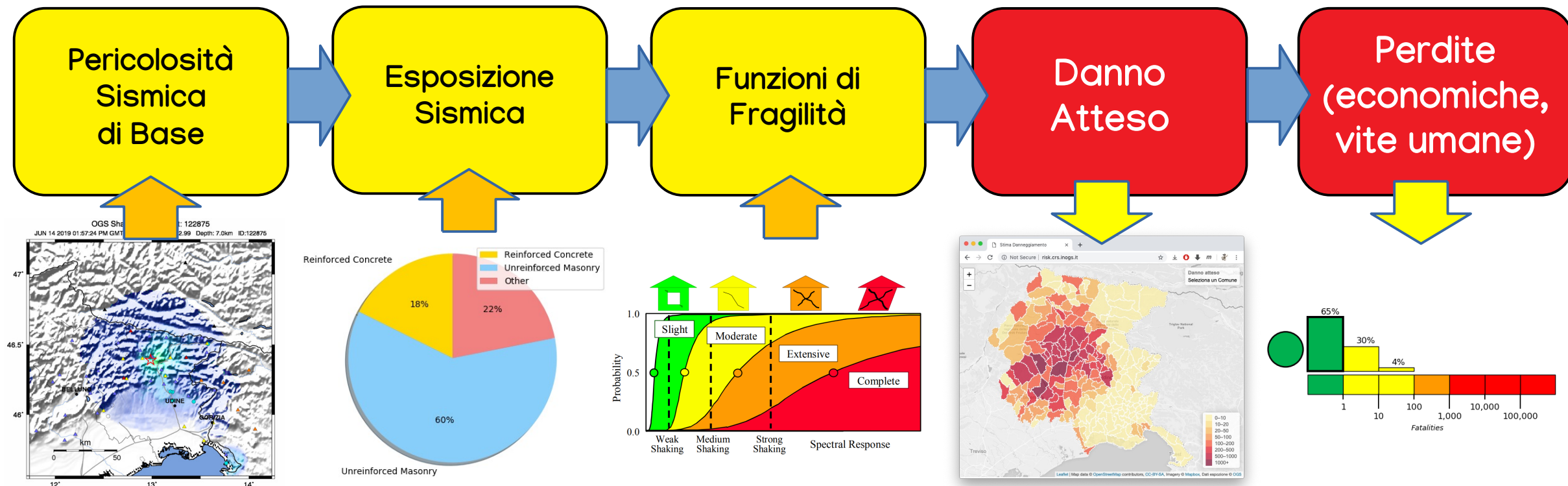
Scuotimento atteso (SHAKEMAP)

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<0.06	0.2	0.6	2.0	4.8	12	29	70	>171
PEAK VEL.(cm/s)	<0.02	0.08	0.3	0.9	2.4	6.4	17	45	>120
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Faenza and Michelini, 2010

Previsione dell'impatto

Lo scuotimento per uno scenario atteso (già pochi secondi dopo un terremoto) o ipotetico (per scenari futuri) può quindi essere utilizzata per stimare il potenziale impatto su edifici (danneggiamento, collassi) e popolazione (morti, feriti).



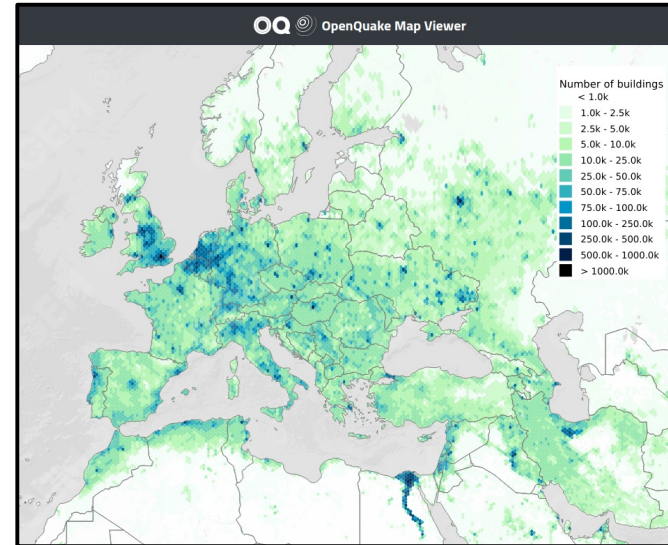
Esposizione sismica

L'esposizione definisce la **distribuzione spaziale degli elementi a rischio**, tra cui:

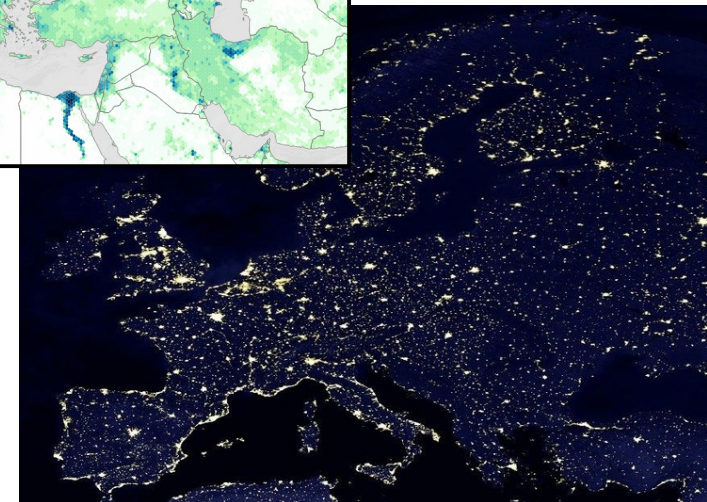
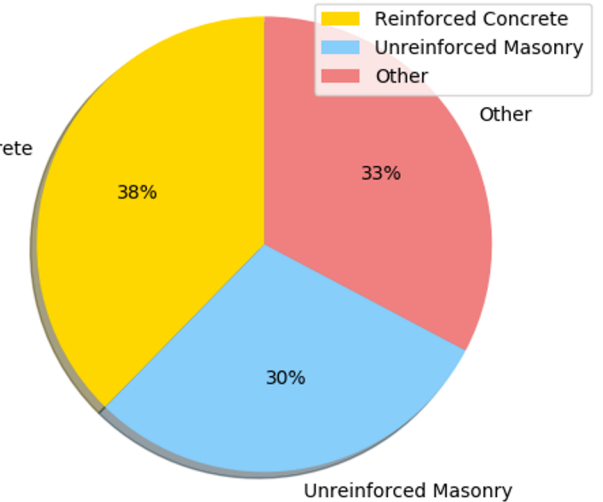
- edifici residenziali
- strutture industriali e commerciali
- servizi
- infrastrutture critiche e strategiche



Global Earthquake Model
Foundation (GEM)



Reinforced Concrete

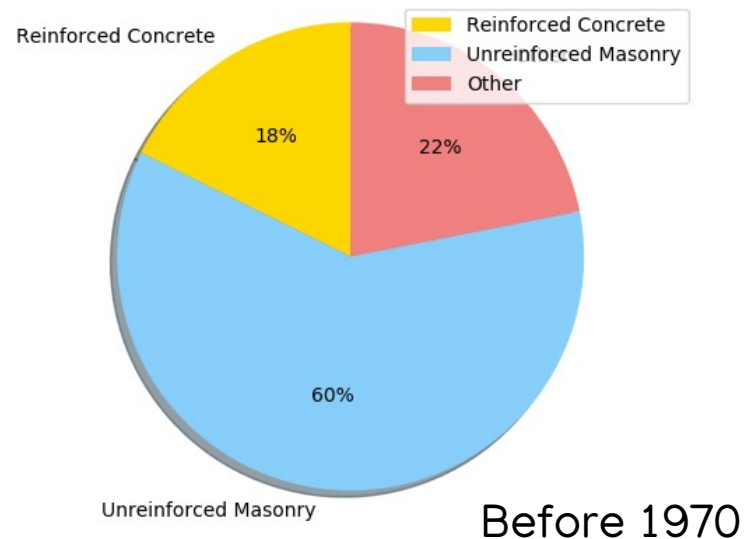


Luci notturne come “proxy”

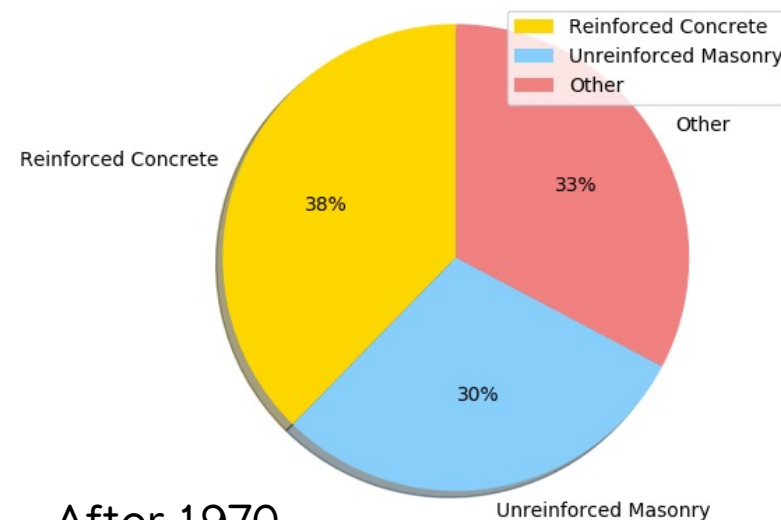
Il modello di esposizione dell'Italia Nord-orientale

Basandosi sulle informazioni disponibili dalla banca dati Istat 2011, che contiene il numero degli edifici per ogni combinazione di altezza, materiale ed età, è stato sviluppato un primo modello di distribuzione della popolazione e edifici residenziali del Friuli Venezia Giulia e del Veneto.

L'analisi è condotta a due scale di aggregazione: comuni e unità di censimento.

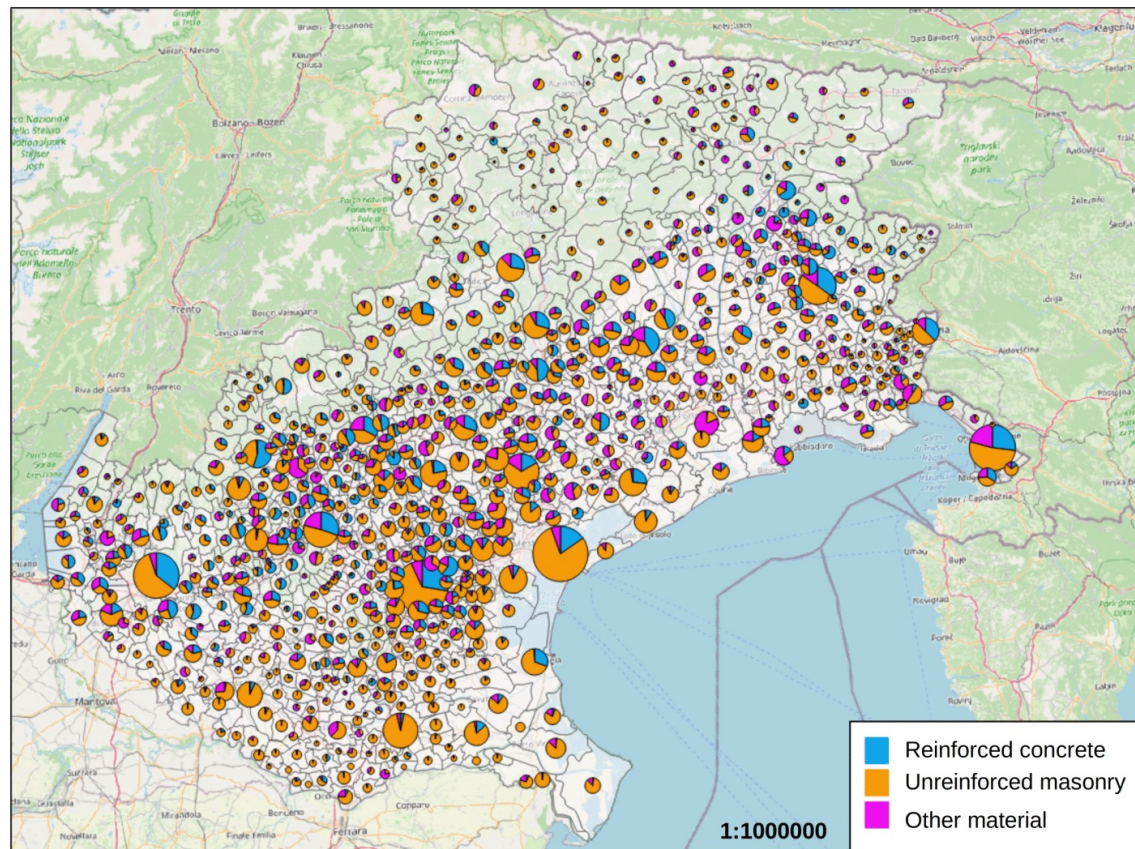


Before 1970

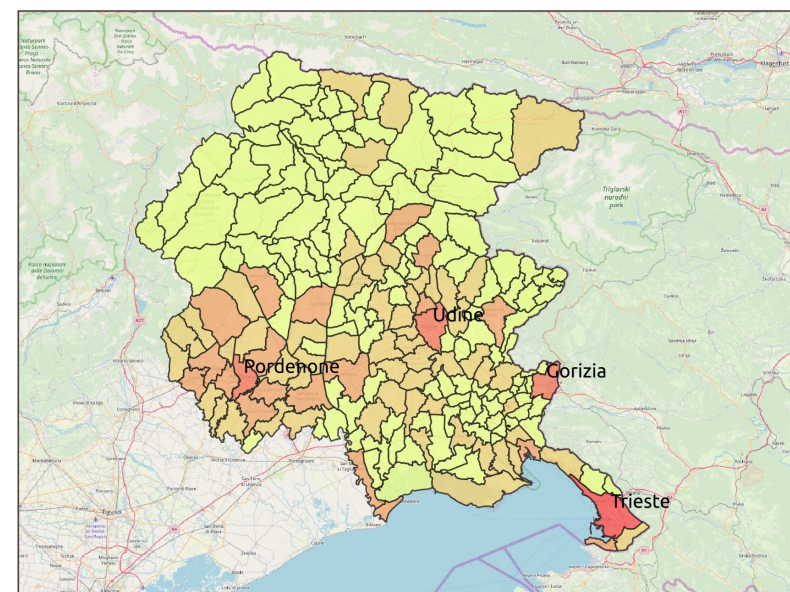


After 1970

Esempio: distribuzione edifici residenziali



Ripartizione per tipologia costruttiva degli edifici residenziali basata sul censimento Istat 2011 (dati aggregati per comune).

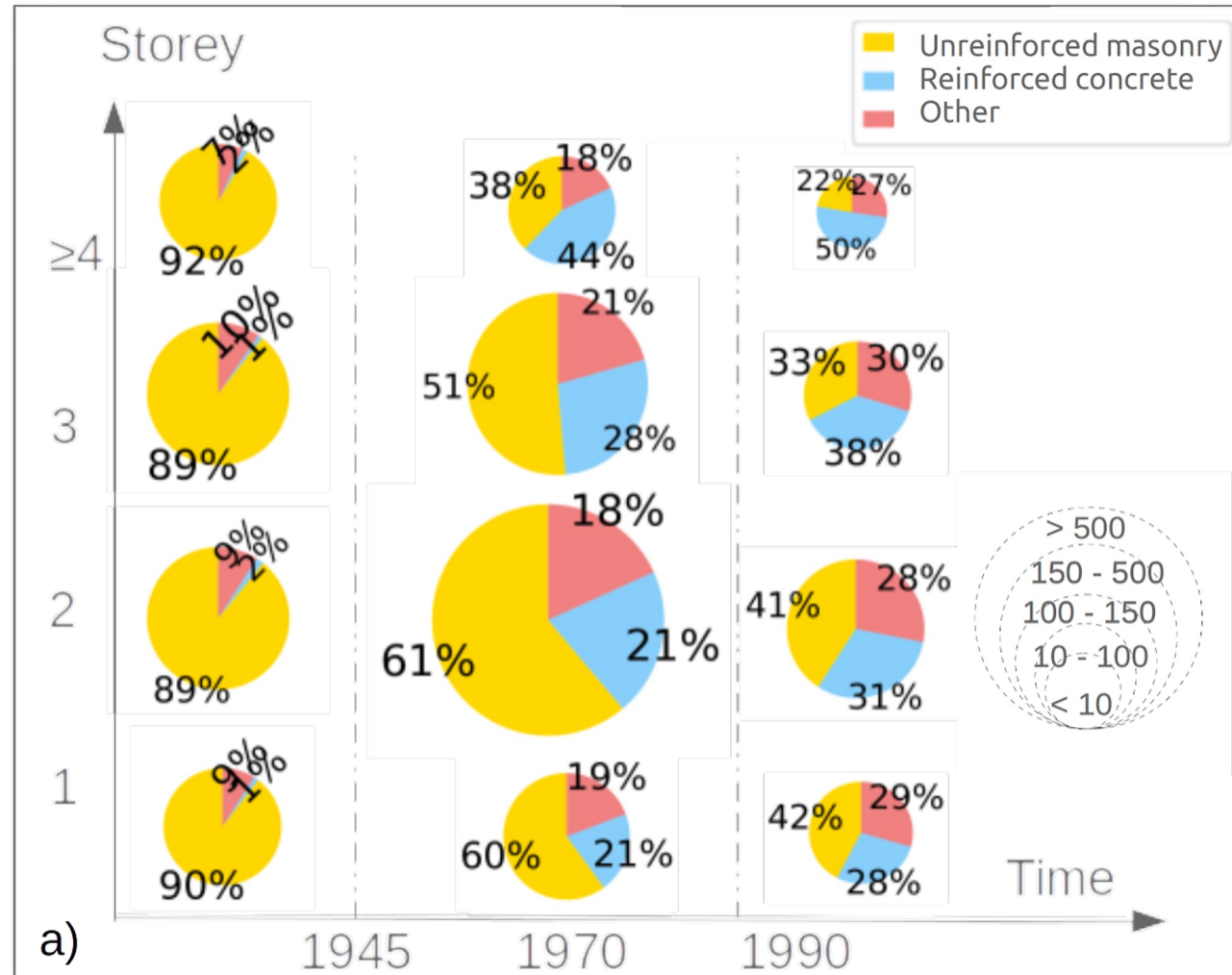


Legend:

Number of residential buildings

- 176 - 1152
- 1152 - 2484
- 2484 - 4524
- 4524 - 14651
- 14651 - 22638

Esempio: variabilità temporale dell'esposto



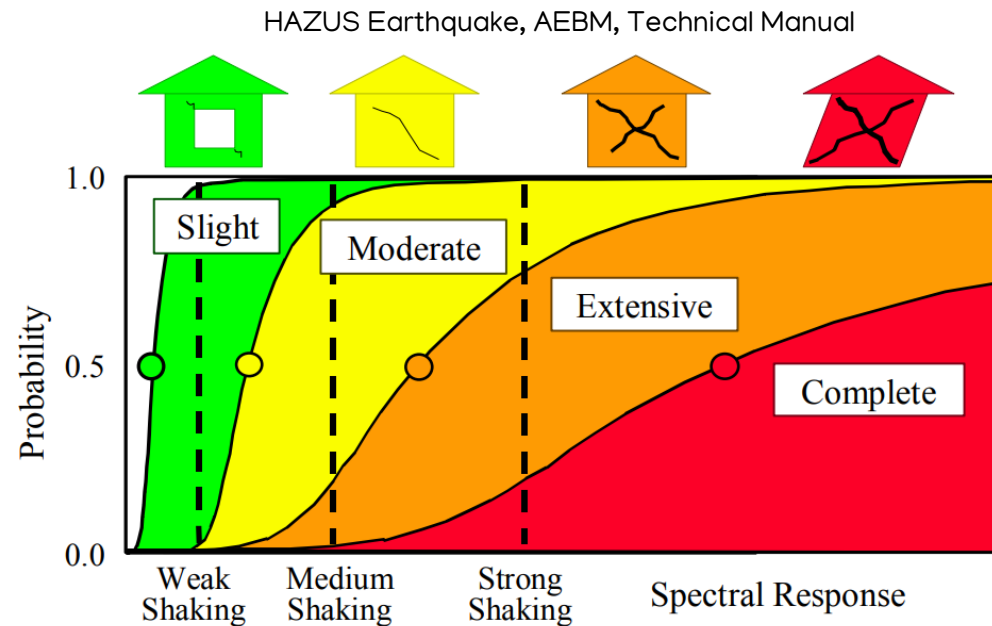
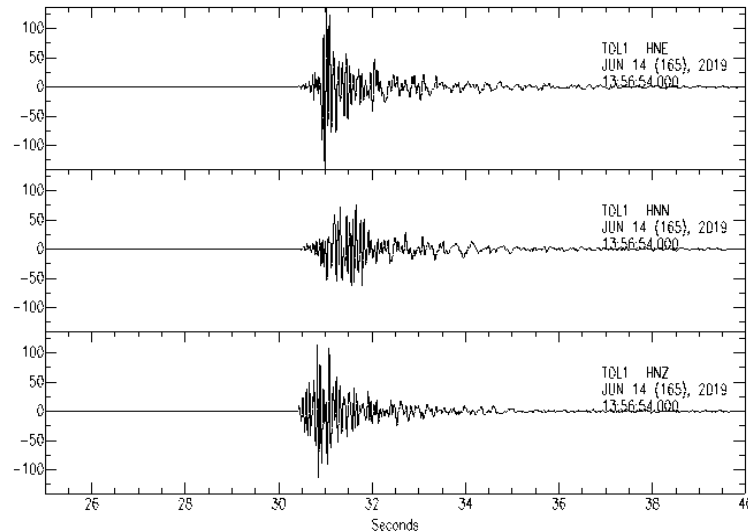
Numero edifici in Friuli Venezia Giulia e Veneto per età, altezza e materiale

Molti edifici costruiti tra il 1950 e il 1990 e di 2-3 piani.

Molti edifici in muratura prima del 2000

Vulnerabilità e fragilità strutturale

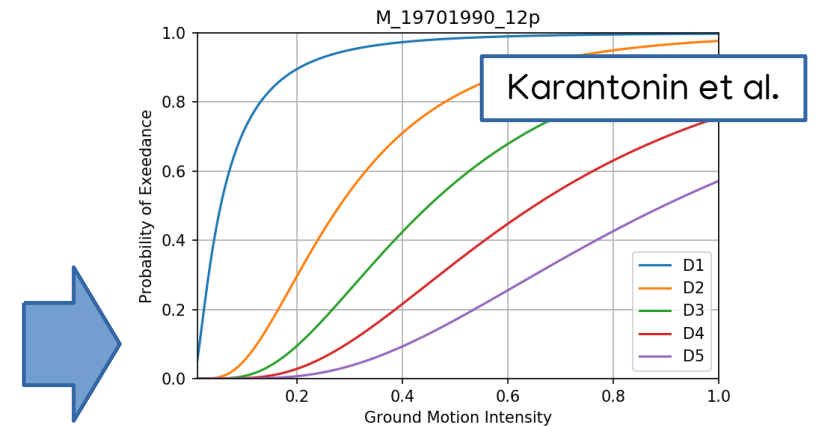
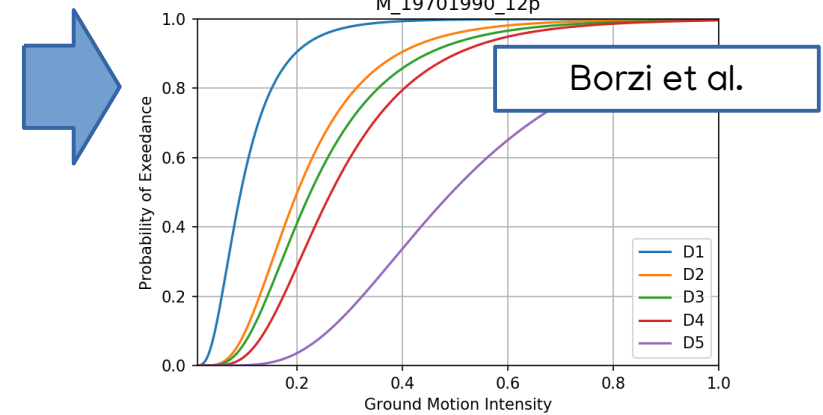
Quando si parla di strutture ed edificio, la vulnerabilità è meglio definita dal concetto di fragilità strutturale, ovvero una funzione che associa il livello atteso di scuotimento del suolo ad uno o più **gradi di danneggiamento**.



L'obiettivo è definire quando la struttura raggiungerà i propri **stati limite**, ovvero la condizione oltre la quale la struttura non resisterà più alla sollecitazione e quindi crollerà.

Tipologie costruttive

Chiaramente, edifici di diversa tipologia costruttiva avranno diversa fragilità. E' quindi opportuno dividere gli edifici in **classi rappresentative delle tipologie costruttive** più diffuse sul territorio.

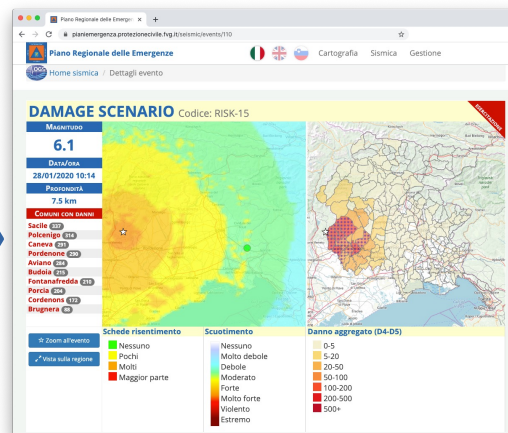
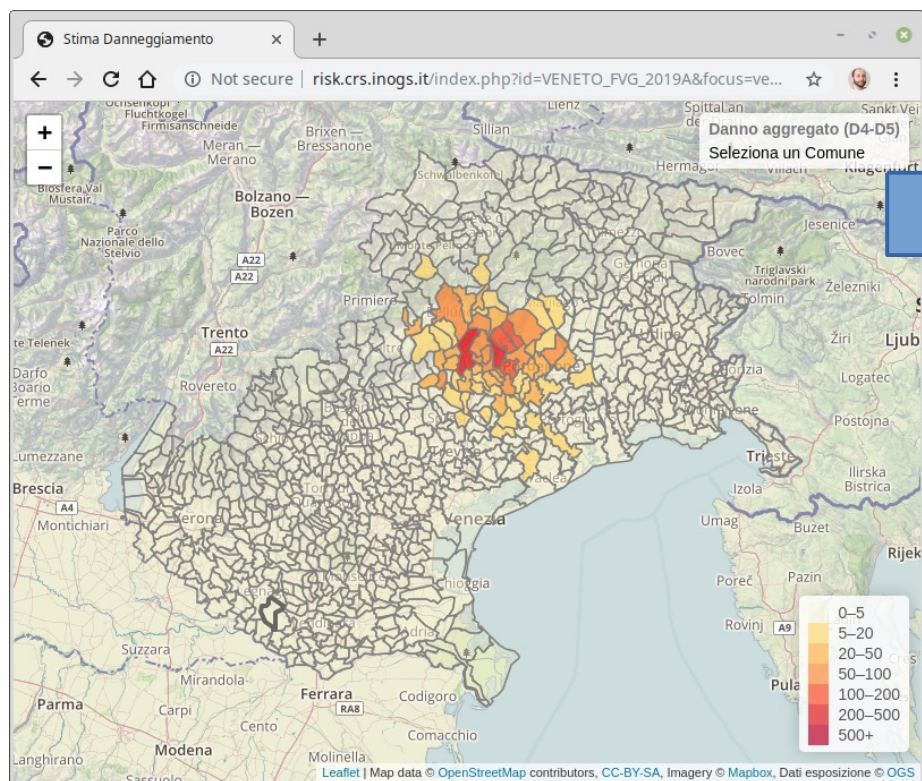


Mappa del danneggiamento

Il risultato finale è una mappa che riporta il numero aggregato di edifici potenzialmente danneggiati severamente (**livello D4** della scala EMS98) e collassati (**livello D5**).



Viene fornita anche una prima stima della potenziali vittime, calcolata da relazioni empiriche.



Tale stima rappresenta uno **strumento operativo** di prevenzione, pianificazione e risposta all'emergenza.

Sviluppi Futuri

Al momento il sistema si basa su dati e modelli esistenti (e.g. relazioni di attenuazione, curve di fragilità) sviluppati in altri contesti.



E' nostro obiettivo integrare progressivamente dati locali via via disponibili per creare un modello calibrato specificamente su base regionale.

Questo può essere fatto attraverso:

- 1) Creazione di un modello avanzato di predizione moto del suolo, che includa una più realistica rappresentazione degli **effetti sismici locali** (amplificazione, non linearità, etc).
- 2) Caratterizzazione diretta delle tipologie edilizie più diffuse tramite **analisi dinamiche**.
- 3) Integrazioni nella stima del danno dei **dati derivanti dal monitoraggio strutturale** (edifici Sentinella, progetto Armonia, rete Veneto)

Grazie per
l'attenzione!

ENEA



Consiglio Nazionale
delle Ricerche