

# Definizione di Priorità di Interventi per le Scuole Italiane



# Contesto



I numerosi terremoti avvenuti in Italia nel ventesimo secolo hanno indotto alla modifica delle normative sismiche per le costruzioni e al continuo aggiornamento della classificazione sismica del territorio



Il progetto qui presentato illustra una metodologia di prioritizzazione per definire un ordine di interventi da eseguire sugli edifici scolastici del territorio italiano

In Italia, considerando le limitate risorse disponibili, gli edifici scolastici non possono essere tutti indagati a fondo



## Finalità del progetto

- 1) Valutazione del rischio sismico a cui sono soggette queste  
“strutture importanti”



## input sismico

- spettri medi riportati nel DM 2008 e spettri per il 16° e 84° percentile calcolati tramite un'interpolazione ai minimi quadrati dello spettro medio  $\pm$  la deviazione standard

## amplificazione litostratigrafica

- le routine sviluppate per il calcolo del rischio sono state impostate per svolgere sia analisi su roccia sia su suolo, ma ad oggi non sono noti gli effetti di amplificazione locale e quindi gli edifici sono tutti ipotizzati su roccia

## capacità

- calcolata con la metodologia SP-BELA (Borzi et al. 2008) in termini di spostamento per tre stati limite di riferimento: danno lieve, danno severo e collasso (per la muratura si usa il metodo "ibrido")

## domanda

- spostamento spettrale in corrispondenza del periodo di oscillazione dell'edificio, calcolato per ciascuno stato limite sulla curva di capacità in relazione alla rigidità equivalente

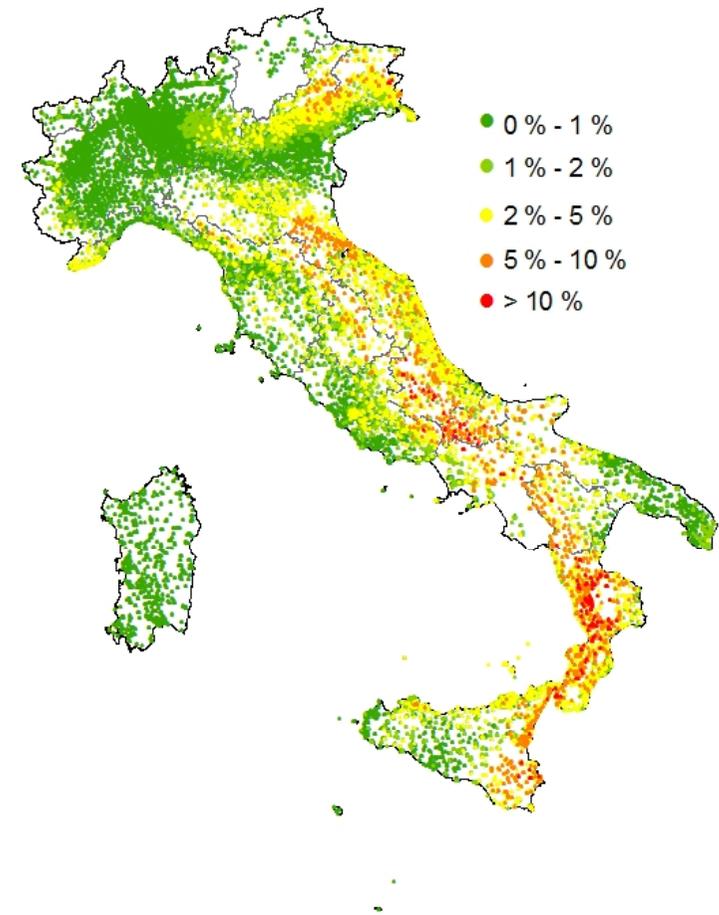


**Probabilità condizionata di danno:**

la condizione è l'accadimento di una certa severità di scuotimento definta da  $a_g$  per  $T_r$  variabile fra 30 e 2500 anni, per il 16<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup>, 84<sup>th</sup> percentile

**Probabilità incondizionata di danno:**

la condizione è rimossa considerando che la severità di scuotimento si verifichi in una certa finestra temporale di osservazione variabile fra 1 anno e 50 anni



Probabilità incondizionata di collasso per finestra temporale di osservazione di 50 anni



## Finalità del progetto

1) Valutazione del rischio sismico a cui sono soggette queste  
“strutture importanti”



2) Selezione degli edifici sui quali programmare interventi di adeguamento per la loro messa in sicurezza adottando una metodologia multi-fase con livello di dettaglio progressivo:  
Il livello di dettaglio aumenta da una fase a quella successiva e il numero di edifici analizzati diminuisce in quanto passano alla fase seguente solo quelli con rischio superiore ad una prefissata soglia  
(Grant et al. 2007)

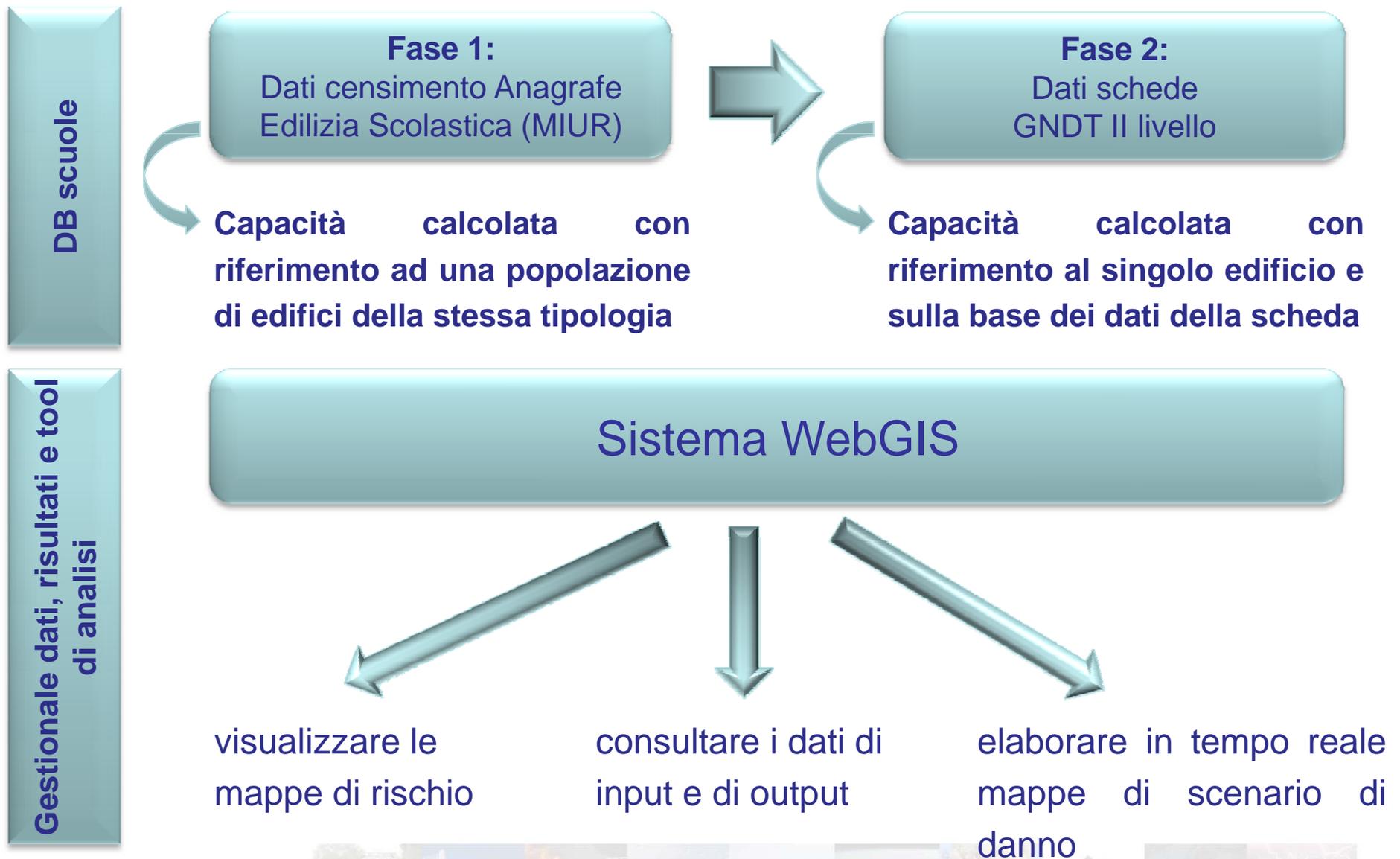


## Edifici selezionati



# Prodotti Attesi





# Base Dati



## CENSIMENTO ANAGRAFE DELL'EDILIZIA SCOLASTICA

- ✓ presenza nel database di circa 50'000 edifici
- ✓ le schede utilizzate ai fini dell'analisi sono poco meno di 40'000
- ✓ sono state eliminate 10'000 schede per mancanza di dati fondamentali ai fini del calcolo e non ipotizzabili sulla base di altri dati presenti

## SCHEDE GNDT II LIVELLO PER EDIFICI IN MURATURA

- ✓ presenza nel database di 9'800 edifici in muratura e 700 in CA strascurati dall'analisi
- ✓ i dati utili ai fini dell'analisi e per i quali è stata riscontrata una corrispondenza con i dati del censimento dell'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica sono 3'548
- ✓ match perfetto fra i due censimenti SOLO per 698 edifici scolastici



# Base Dati

## Anagrafe edilizia scolastica



Database fornito dal MIUR

Questionario sede e questionario edificio

Caratteristiche:

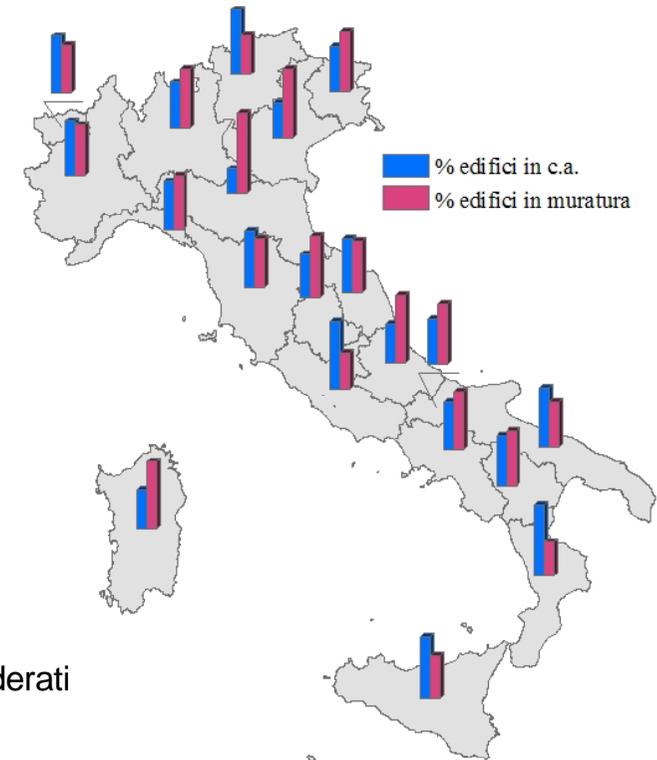
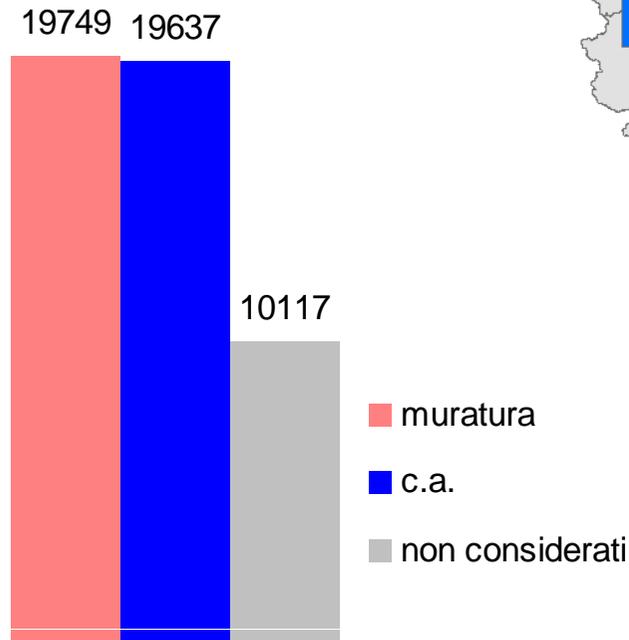
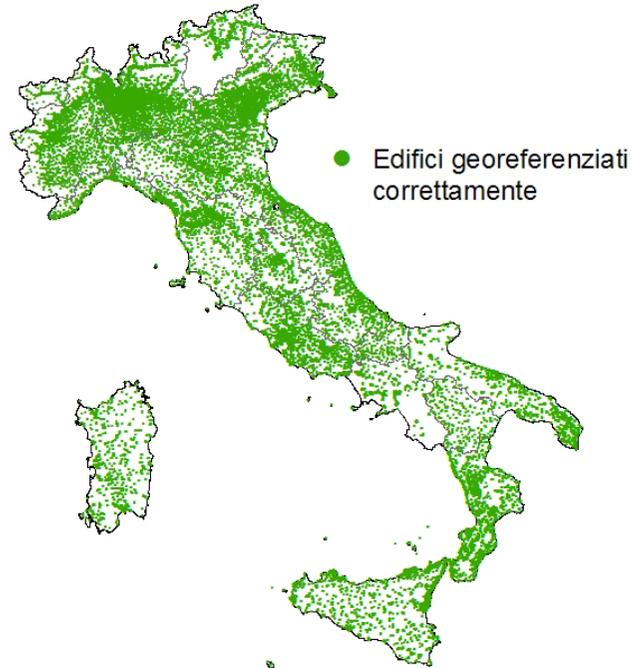
- ✓ intero territorio nazionale
- ✓ informazioni eterogenee
  - a) strutturali (es n. piani)
  - b) esposizione (es n. studenti)
  - c) generali (es caldaie)
- ✓ 49'351 edifici con grado di accuratezza dei dati molto variabile

Informazioni necessarie per il calcolo del rischio:

- ✓ indirizzo
- ✓ n. piani fuori terra
- ✓ tipologia strutture verticali
- ✓ tipologia strutture orizzontali
- ✓ anno costruzione

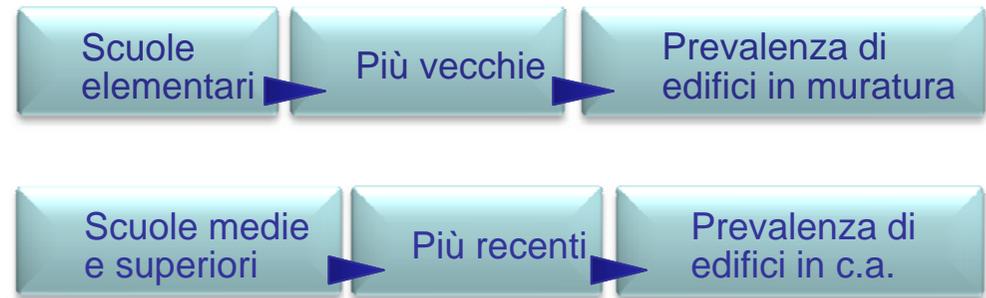
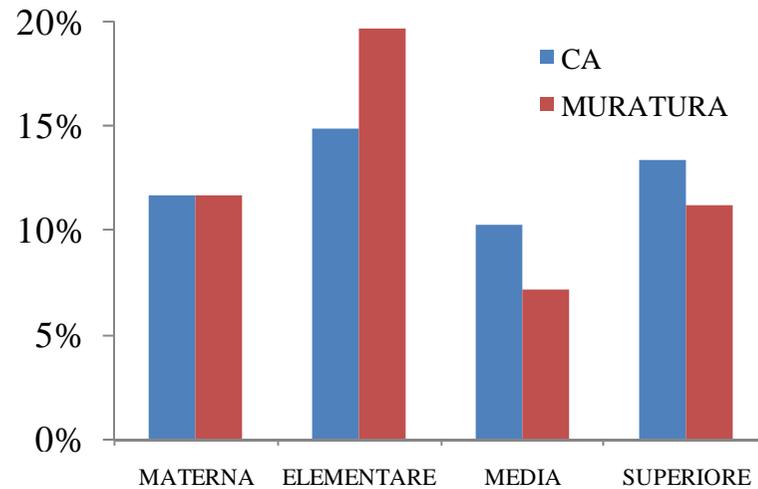
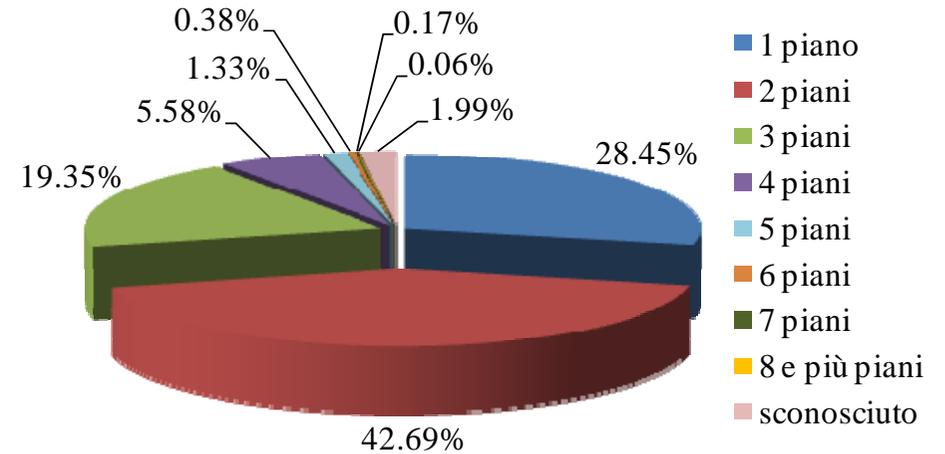


Tipologia strutturale	Numero di edifici
Muratura	19749
C.a.	19637
TOT	39386



	c.a.	muratura	totale
<b>1 piano</b>	6355	4850	11205
<b>2 piani</b>	8221	9377	17598
<b>3 piani</b>	3413	4209	7622
<b>4 piani</b>	1073	1124	2197
<b>5 piani</b>	334	189	523
<b>8 piani</b>	151	-	151
<b>7 piani</b>	68	-	68
<b>8 piani e più</b>	22	-	22
<b>totale</b>	19637	19749	39386

Più del 90% delle scuole ha meno di 4 piani



# Base Dati

## Schede di II Livello GNDT



## DATABASE GNDT UTILIZZATO PER:

analisi di Fase 2 sugli edifici presenti in entrambi i database

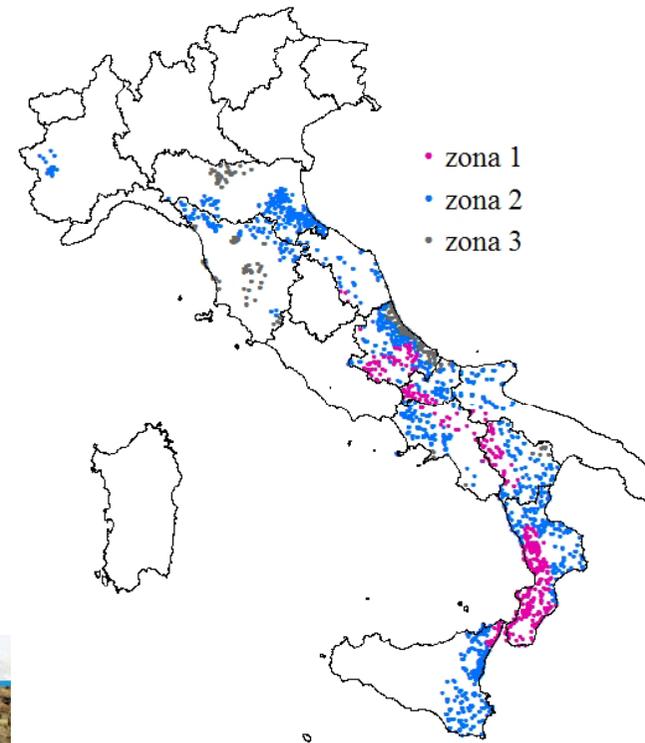
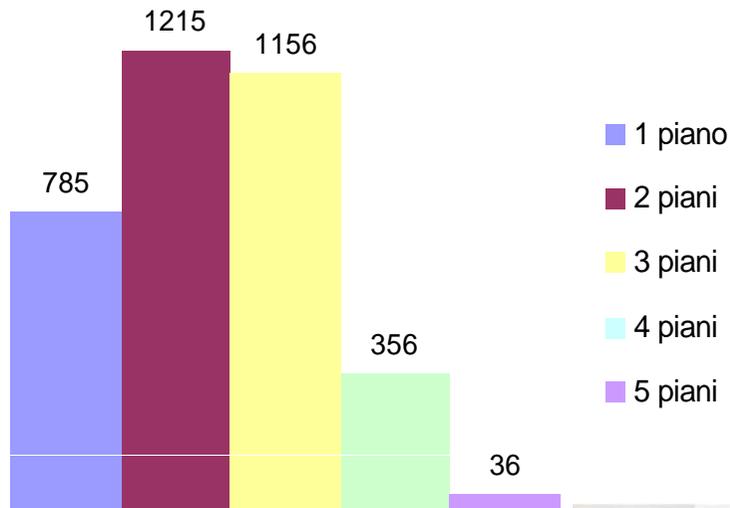
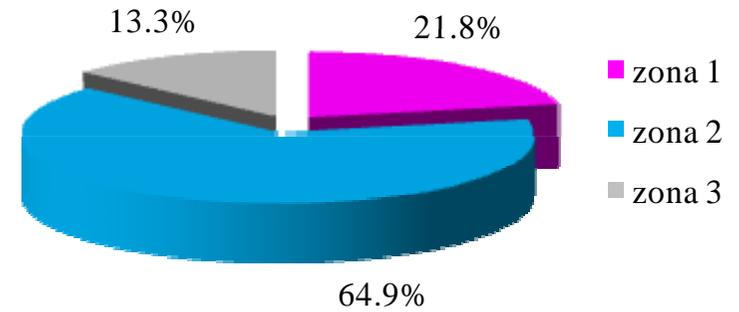
calcolo variabili aleatorie di SP-BELA per gli edifici in muratura

correzione delle tipologie strutturali e numero di piani del database Anagrafe dell'Edilizia Scolastica



**Gli edifici processati in Fase 2 sono 3'548, tutti in muratura**

Numero di piani	Numero di edifici
1 piano	785
2 piani	1215
3 piani	1156
4 piani	356
5 piani	36
TOT	3548



## RESISTENZA CONVENZIONALE (C)

Le schede di II livello per edifici in muratura forniscono le informazioni necessarie per il calcolo della Resistenza Convenzionale (C):

- ✓ Indirizzo
- ✓ numero di piani (N)
- ✓ area totale coperta ( $A_t$ )
- ✓ area in direzione x ( $A_x$ )
- ✓ area in direzione y ( $A_y$ )
- ✓ sforzo tangenziale ( $\tau_k$ )
- ✓ altezza media interpiano (h)
- ✓ peso specifico delle pareti ( $p_m$ )
- ✓ carico permanente dei solai ( $p_s$ )



$$C = \frac{a_0 \tau_k}{qN} \sqrt{1 + \frac{qN}{1,5 a_0 \tau_k (1 + \gamma)}}$$

$$A = \min(A_x, A_y)$$

$$B = \max(A_x, A_y)$$

$$a_0 = A/A_t$$

$$\gamma = B/A$$

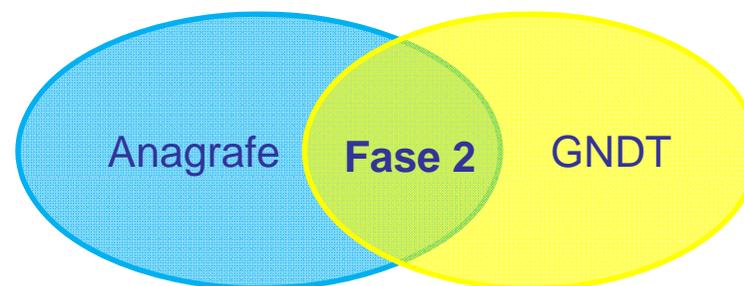
$$q = (A_x + A_y)h(p_m/A_t) + p_s$$



## IMPORTANTE

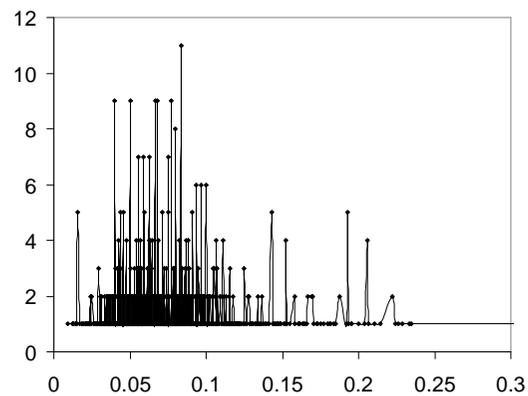
Per poter eseguire il metodo multifase gli edifici analizzati in Fase 1 e in Fase 2 devono essere gli stessi

Per la Fase 2 si selezionano solo gli edifici in muratura presenti in entrambi i database e che presentano nella scheda di Il livello tutti gli elementi per il calcolo della Resistenza Convenzionale (C) → 3'548 edifici scolastici

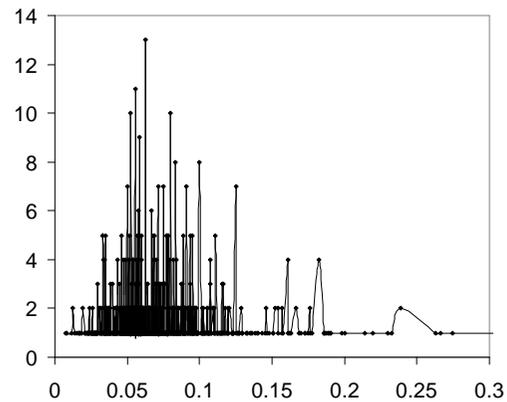


## calcolo variabili aleatorie di SP-BELA per gli edifici in muratura: Es: caso di edificio a 2 piani in mattoni pieni

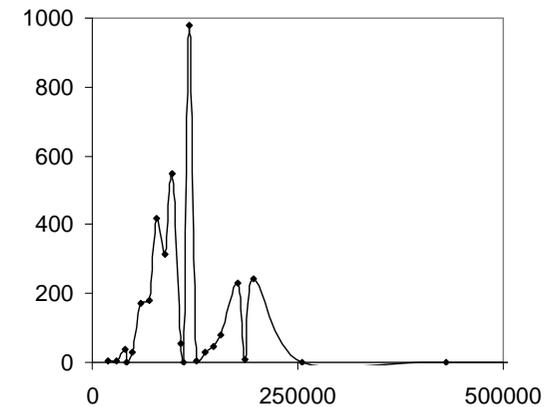
Area resistente dei muri in direzione x (%)



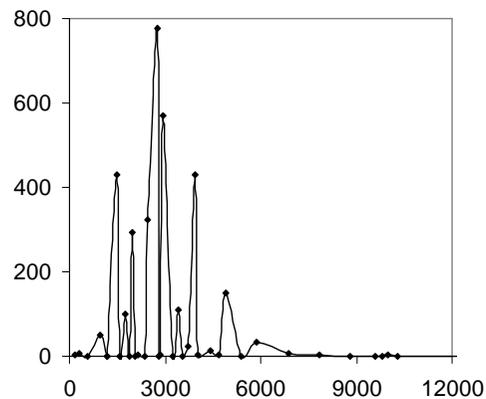
Area resistente dei muri in direzione y (%)



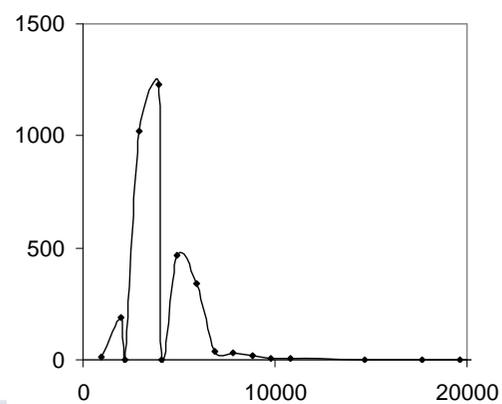
Sforzo tangenziale (N/m²)



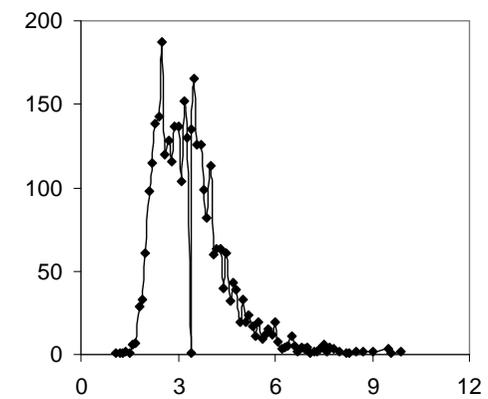
Peso proprio della copertura (N/m²)



Peso proprio del piano tipo (N/m²)



Altezza interpiano (m)



# Operazioni di Georeferenziazione

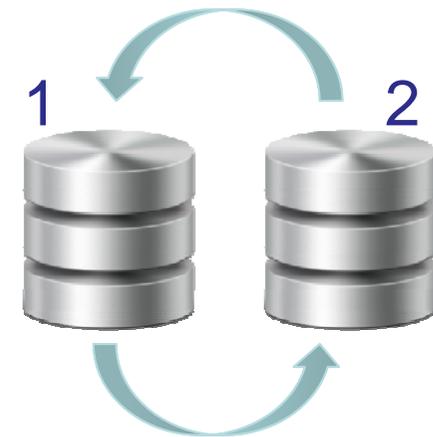




Routine semi-automatica basata sulla  
sull'assegnazione delle coordinate geografiche a  
partire dall'indirizzo

Unione dei due database mediante Routine semi-automatica basata sulla corrispondenza degli indirizzi che ha dato match perfetto solo in 700 casi. Problemi anche legati al concetto di “edificio” nei due censimento:

1. **Edificio Anagrafe**: più fabbricati continui, medesima tipologia edilizia, stessa tecnologia e anno di costruzione corrispondono a 1 scheda
2. **Edificio GNDT**: singolo fabbricato inteso come unità strutturale



## Esempio: 1 edificio Anagrafe, 3 edifici GNDR



Per mantenere la coerenza tra Fase1 e Fase 2 si aggiungono al database Anagrafe i record provenienti dal database GNDR

	codice_edifici character(8)	gndt_file character vai	gndt_id numeric(6,0)	anno_costruz integer	tipologia_cak numeric(1,0)	vuln_mu character vai
<b>1</b>	RA000239	PUB	1363	1962	2	b
<b>2</b>	RA000239	PUB	1364	1962	2	b
<b>3</b>	RA000239	PUB	1365	1962	2	b



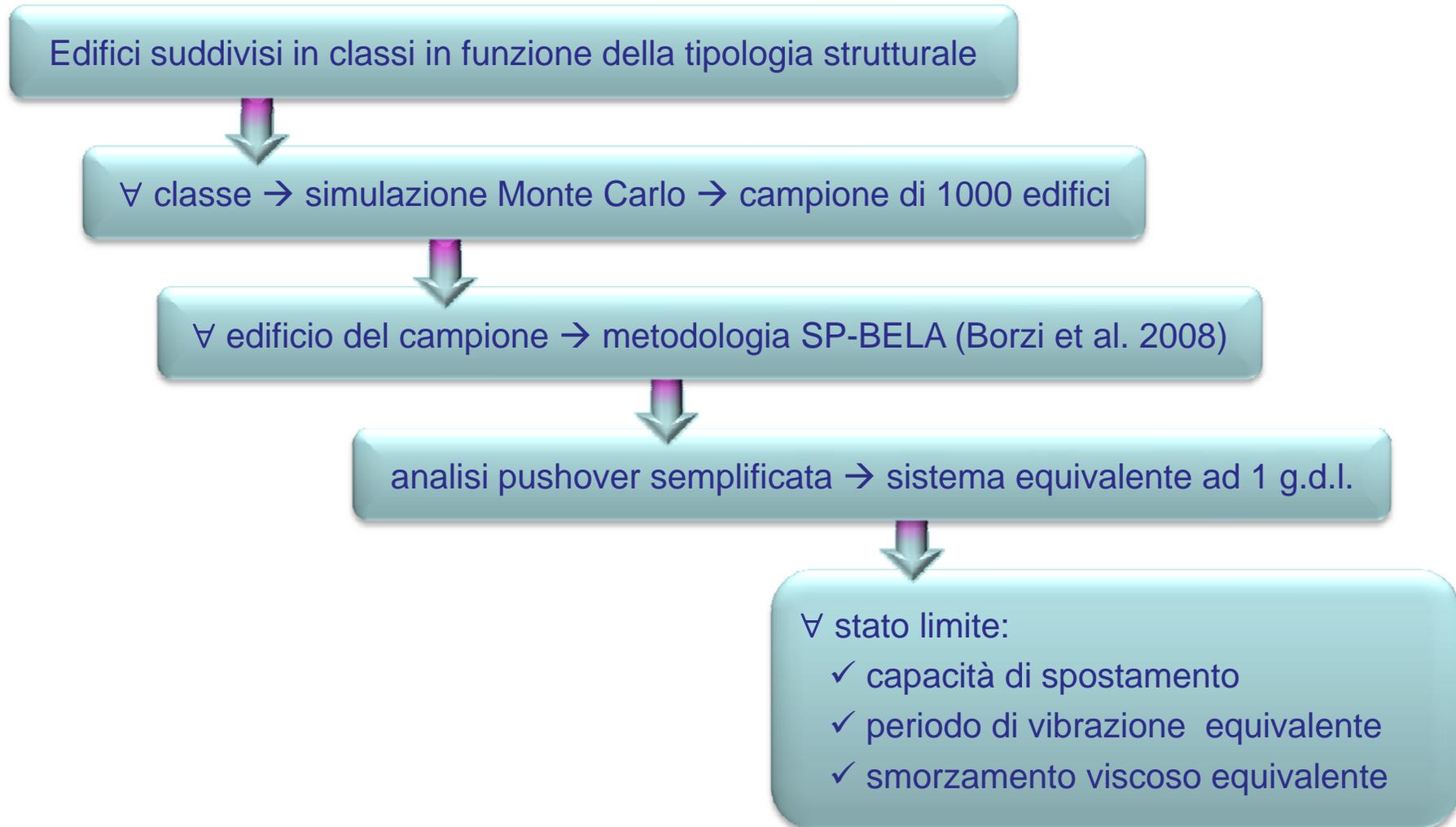
# Definizione della Capacità degli Edifici

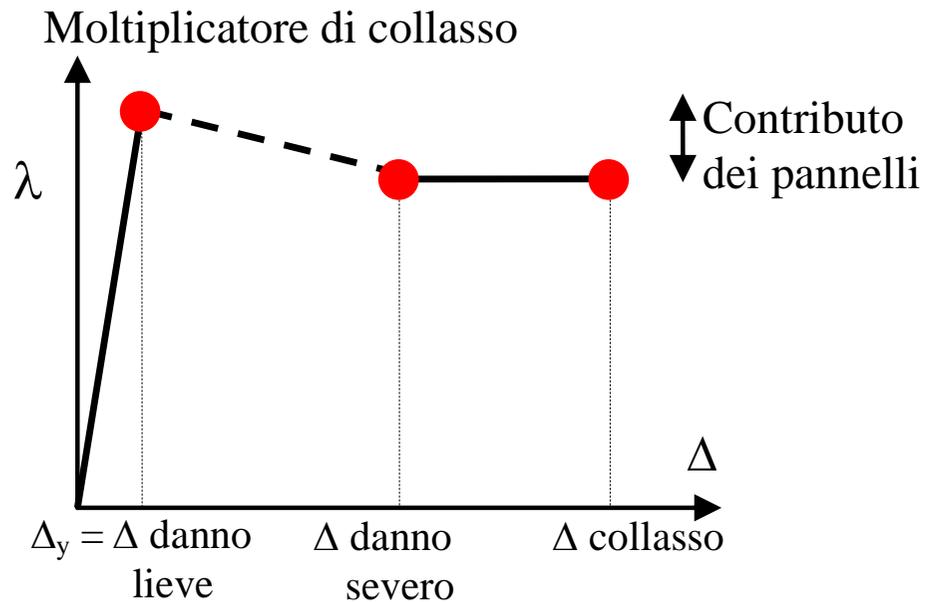


Sono stati presi in considerazione i tre seguenti stati limite (Calvi 1999):

- ✓ **danno lieve**: l'edificio è utilizzabile a terremoto avvenuto senza la necessità di riparazioni e rinforzi
- ✓ **danno severo**: l'edificio necessita di interventi di riparazione e rinforzo
- ✓ **collasso**: l'edificio è inadeguato a sopportare i carichi gravitazionali per i quali è stato progettato; interventi di riparazione non sono attuabili o comunque economicamente vantaggiosi, l'edificio deve pertanto essere demolito







$\lambda$  = resistenza laterale del piano più debole dell'edificio/peso sismico della struttura.

## EDIFICI IN C.A. TAMPONATI

si ipotizza che le tamponature collassino prima che i telai raggiungano lo stato limite di danno severo

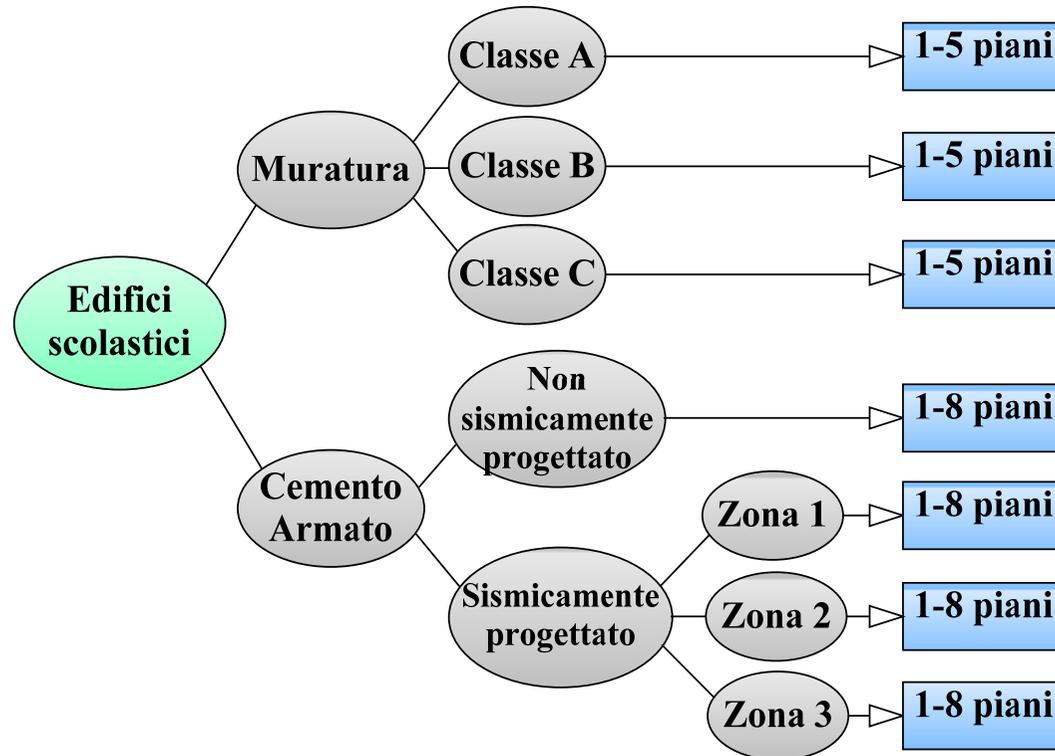
## EDIFICI IN C.A. NON TAMPONATI O IN MURATURA

la curva di capacità ha comportamento elastico-perfettamente plastico

$\lambda$  nella Fase 2 corrisponde alla Resistenza Convenzionale (C) delle schede di II livello GNDT



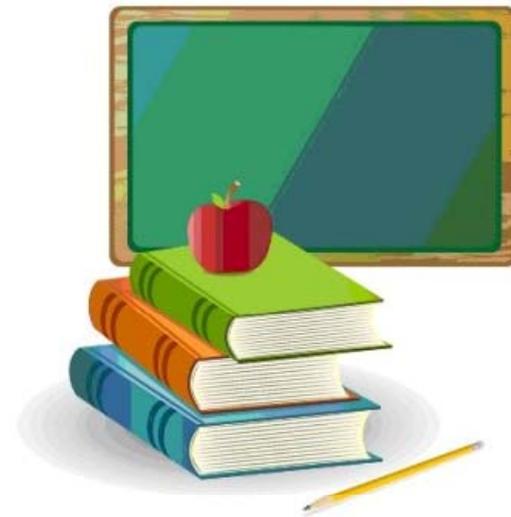
Gli edifici scolastici presenti nel database dell'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica fornito dal MIUR sono stati suddivisi nelle seguenti 47 tipologie:



Gli edifici processati in Fase 1 sono 19'749 in muratura e 19'637 in cemento armato



# Fragilità Edifici in Muratura



- La metodologia SP-BELA necessita di dati per la descrizione del campione
- L'unico campione statisticamente significativo è quello della muratura di buona qualità  
→ con SP-BELA si ottengono curve di fragilità per edifici ben progettati (classe C)
- Necessità di produrre curve di fragilità anche per gli edifici in classe A e B:

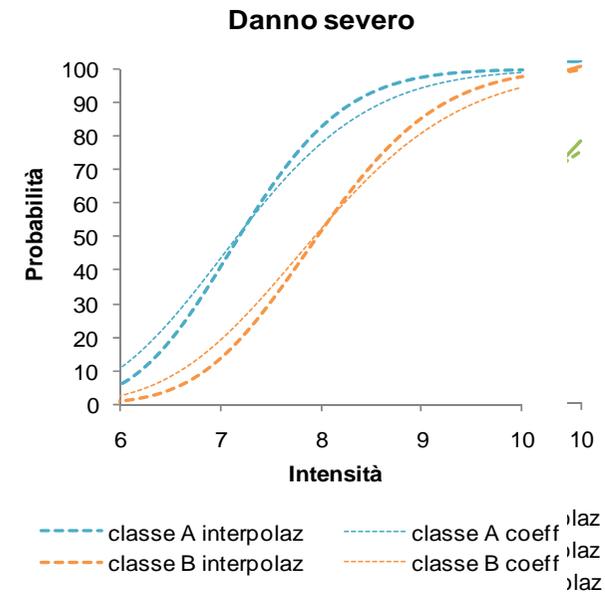


- Studio delle DPM → ricerca di coefficienti moltiplicativi che permettono di passare, per ogni stato limite, dalla curva di fragilità per la classe C alle curve per le classi A e B
- Corrispondenza tra i livelli di danno delle DPM e gli stati limite di SP-BELA:

livello di danno	stato limite
1 e 2	danno lieve
3	danno severo
4 e 5	collasso

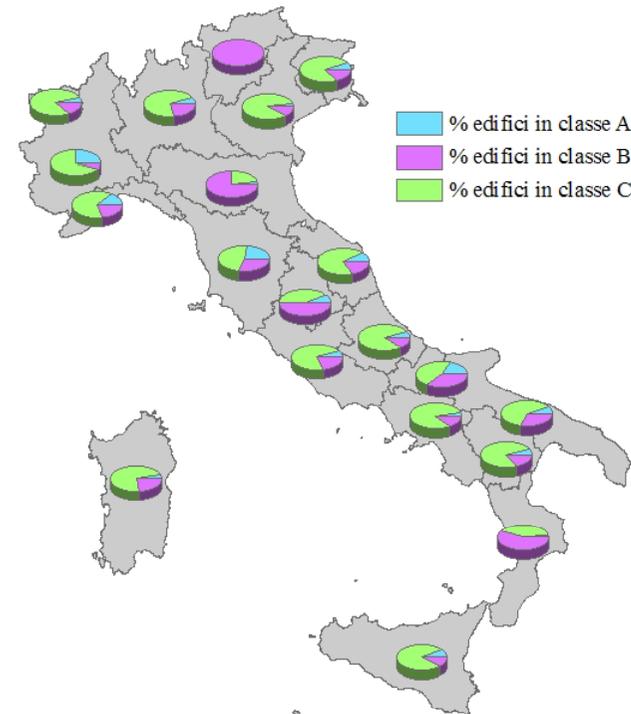
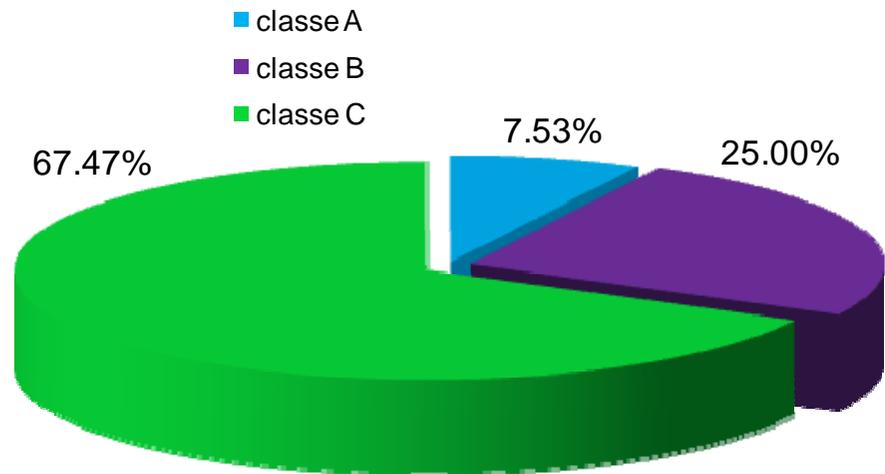
- Coefficienti ricercati = rapporto tra la media della curva di vulnerabilità per classe C e la media della curva per classe A e B per ogni stato limite

stato limite	classe di vulnerabilità	
	A	B
danno lieve	1.36	1.17
danno severo	1.28	1.15
collasso	1.30	1.16



I 19'749 edifici scolastici in muratura considerati nelle analisi di Fase 1 sono così suddivisi in classi di vulnerabilità:

- classe A = 1488
- classe B = 4937
- classe C = 13324

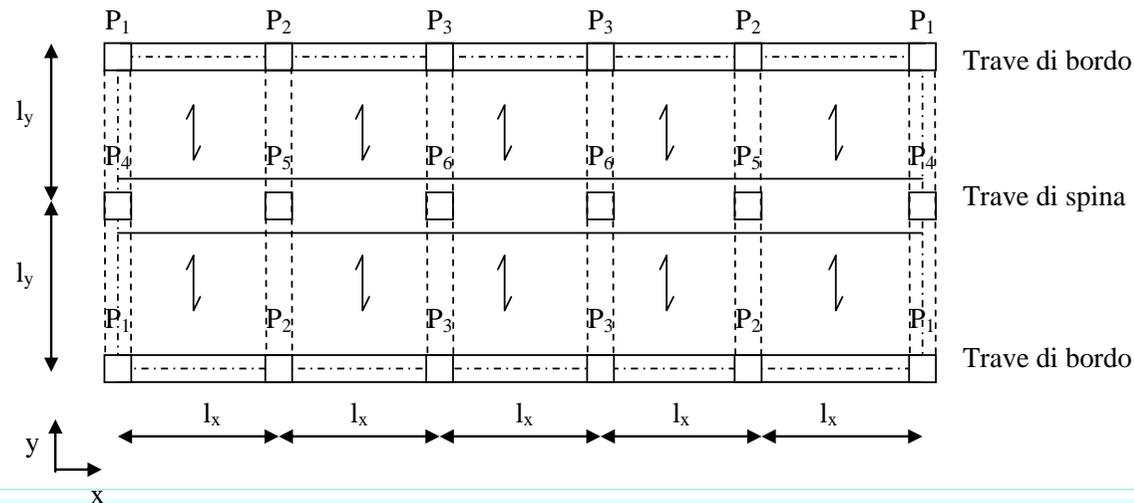


# Fragilità Edifici in CA



Le curve di fragilità sono state calcolate solo con il metodo meccanico SP-BELA in quanto non sono stati riscontrati problemi nella rappresentazione statistica del campione di edifici

Edificio Prototipo



Sono pochi i parametri per la descrizione del campione di edifici sui quali condurre le analisi perché il c.a. viene progettato:

1. Le uniche vere variabili aleatorie sono le dimensioni geometriche dell'edificio e i carichi
2. Le sezioni degli elementi strutturali sono frutto di progettazione simulata alle tensioni ammissibili

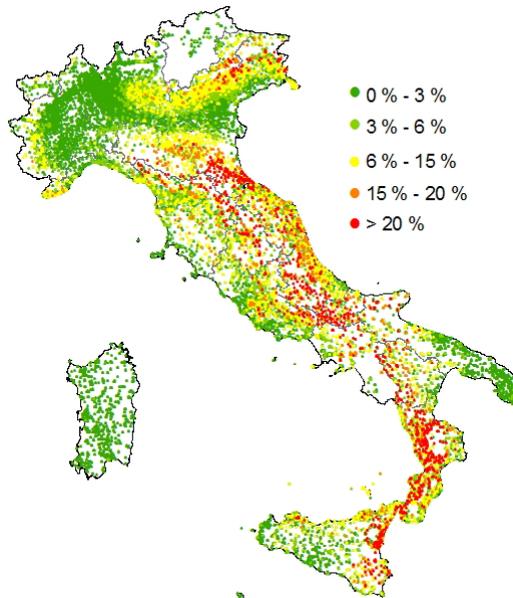


# Risultati – FASE 1

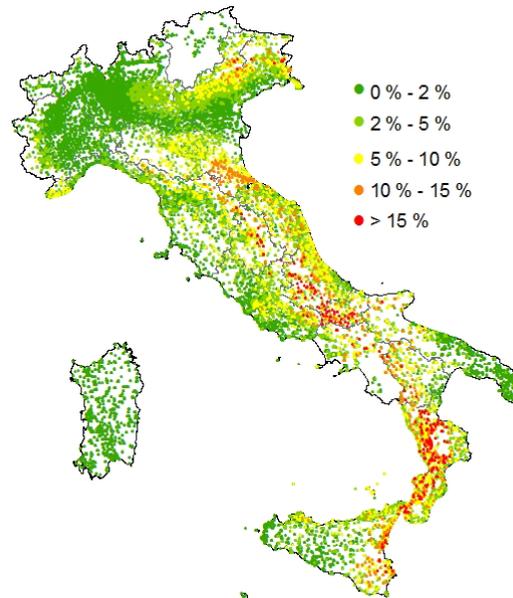


## Mappe di rischio per finestra temporale di 50 anni

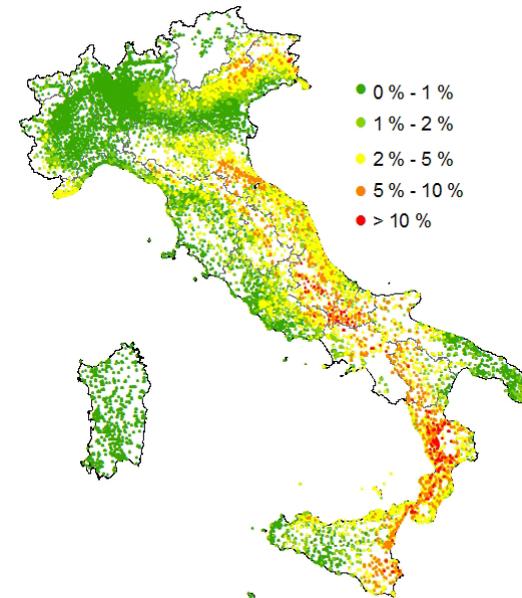
danno lieve



danno severo

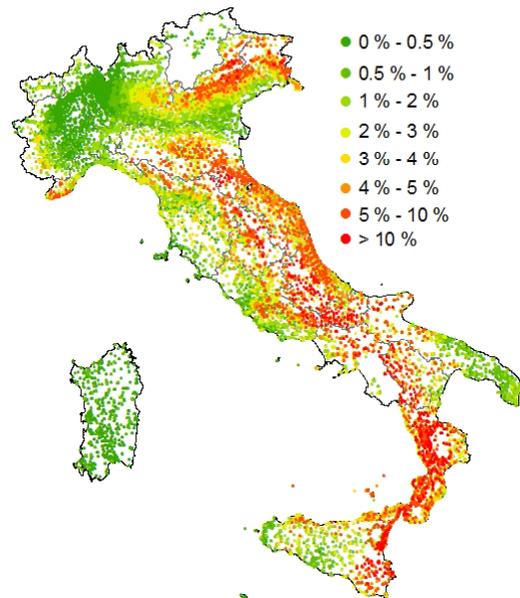


collasso

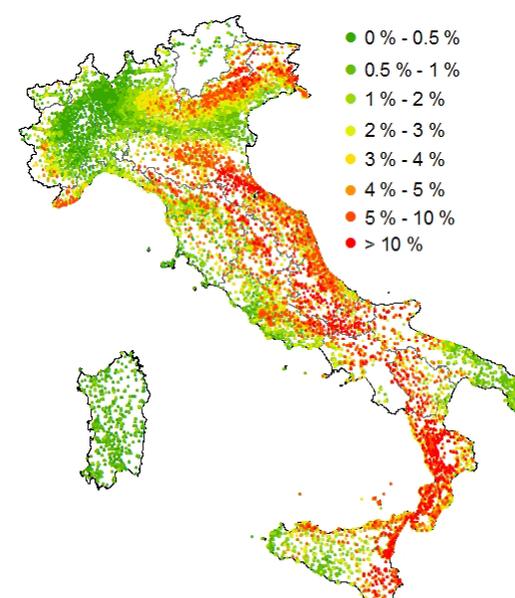


Rischio di danno severo in 50 anni

Si confrontano le mappe ottenute nella Fase 1 considerando un solo tipo di muratura (che corrisponde alla muratura migliore - classe C) e quelle ottenute prendendo in considerazione le 3 classi di vulnerabilità della muratura (A, B, C)



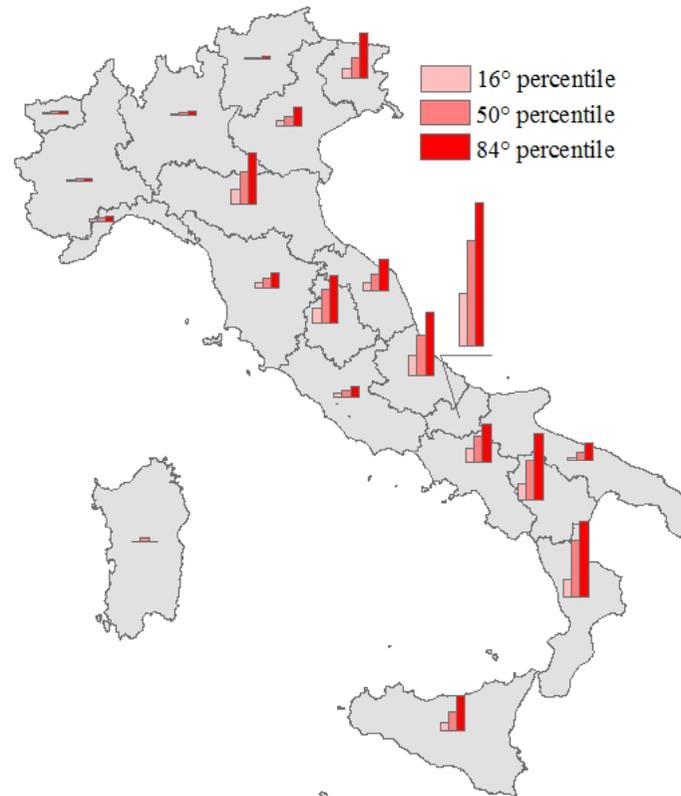
Edifici in muratura tutti in classe C



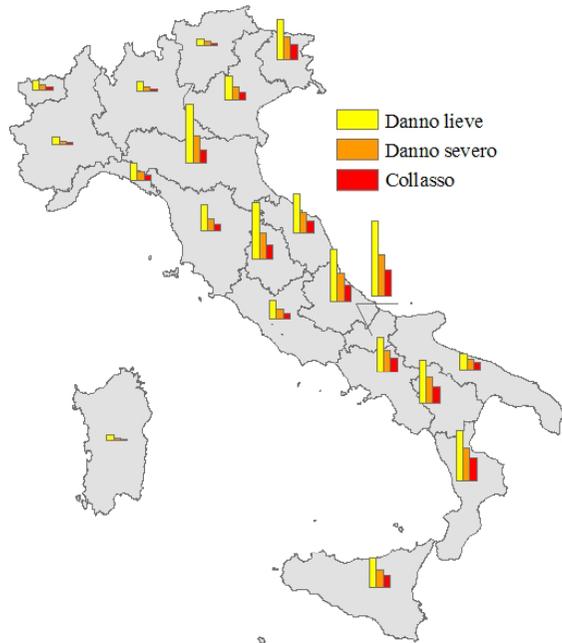
Edifici in muratura in classe A, B, C



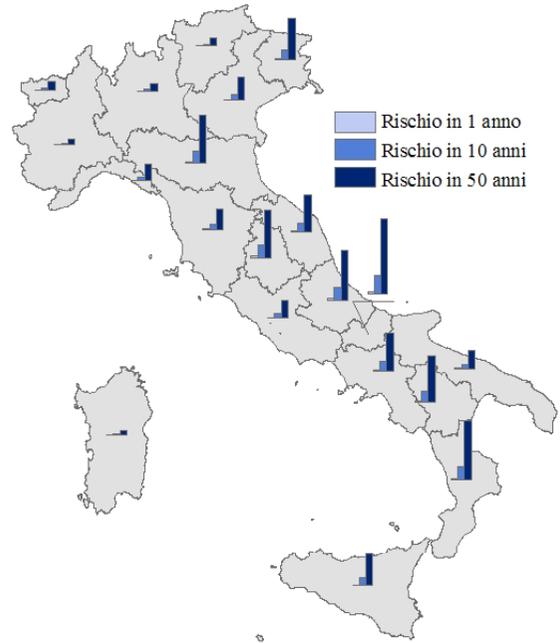
Valore medio per regione della probabilità condizionata di raggiungere lo stato limite di danno severo per scuotimento con periodo di ritorno di 475 anni



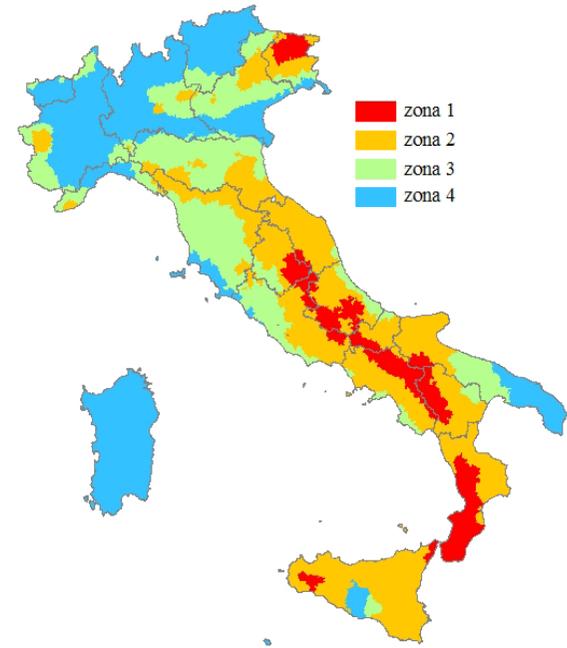
Probabilità incondizionata media per regione di raggiungere i diversi stati limite di danno in 50 anni



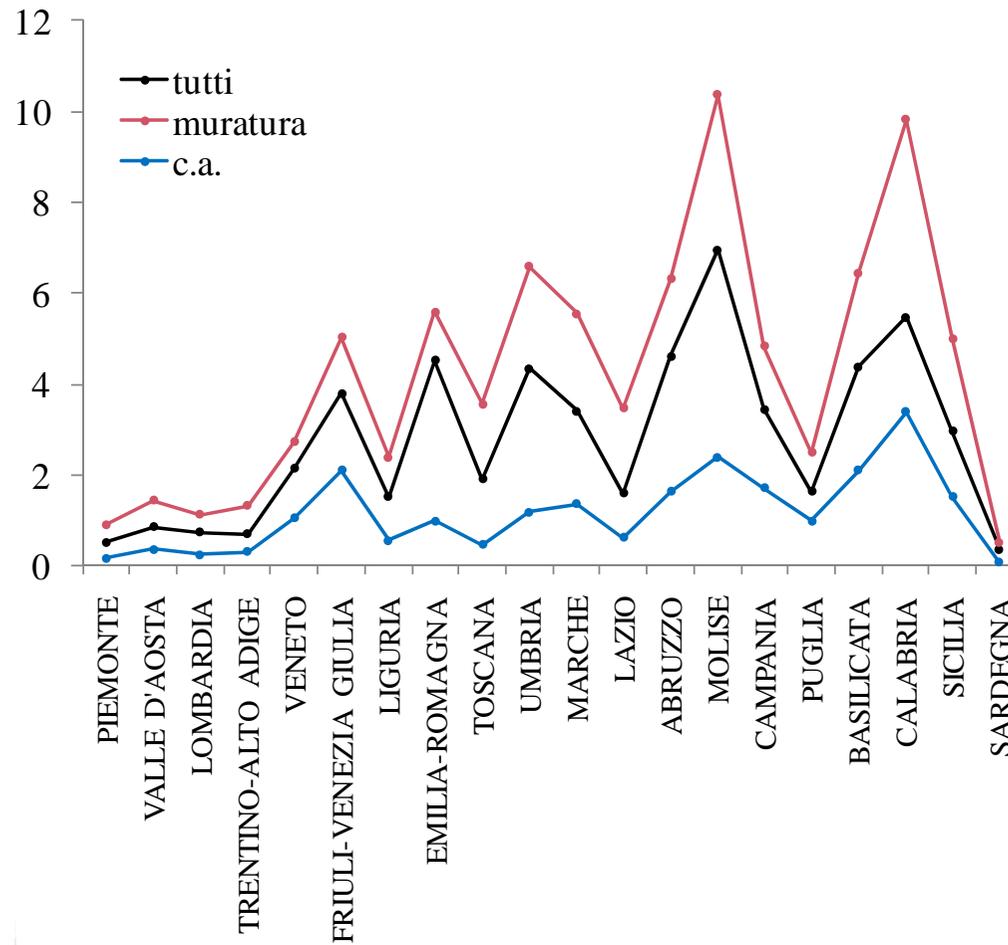
Probabilità incondizionata media per regione di raggiungere lo stato limite di danno severo



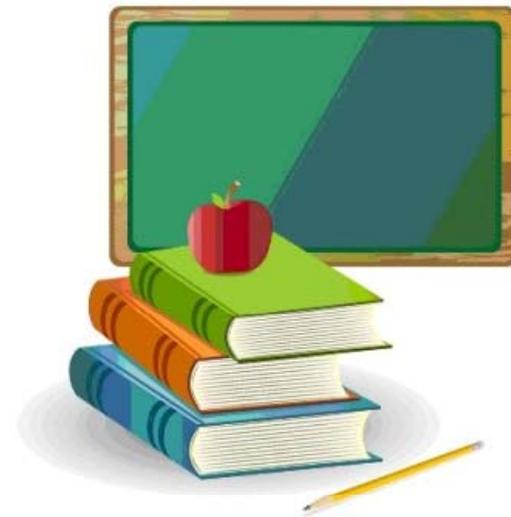
Zone sismiche (2006)



Valore medio per regione della probabilità incondizionata di raggiungere lo stato limite di danno severo in 50 anni

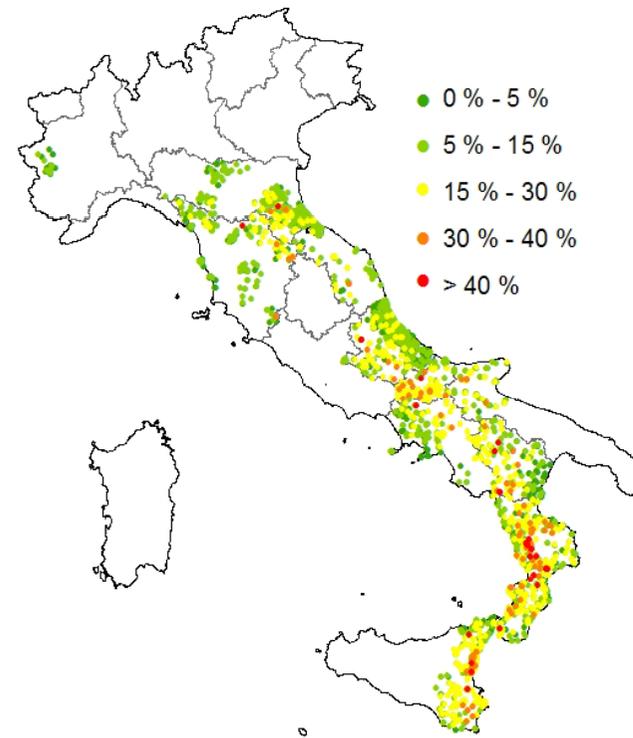
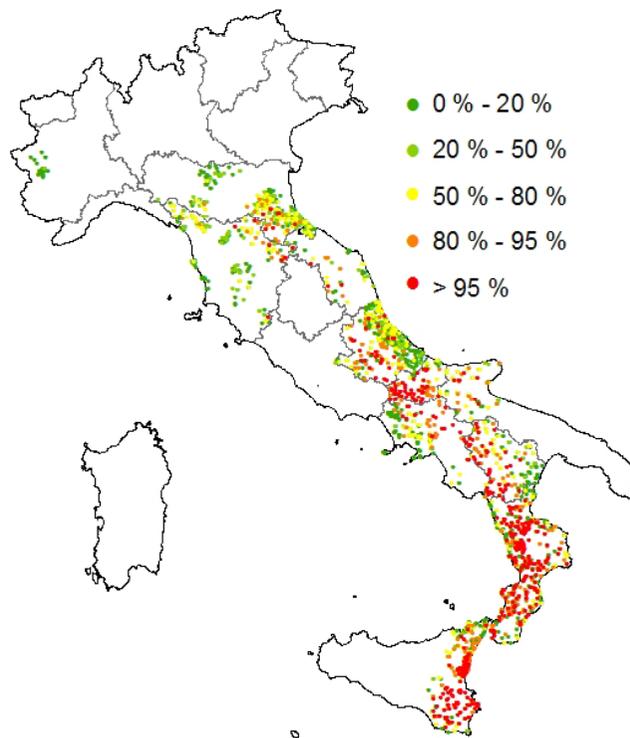


## Risultati – FASE 2



Rischio condizionato di danno severo per scuotimento con periodo di ritorno di 475 anni

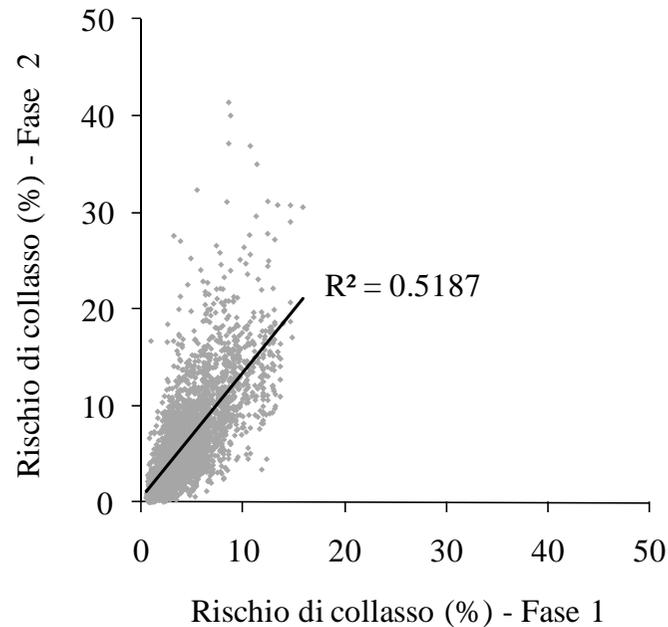
Rischio incondizionato di danno severo per finestra temporale di 50 anni



## Correlazione fra i Risultati



## Correlazione tra i risultati delle due fasi



### **Discreta correlazione:**

i punti che si trovano sopra la linea di tendenza indicano una sottostima del rischio nella prima fase di analisi

### Fase 1:

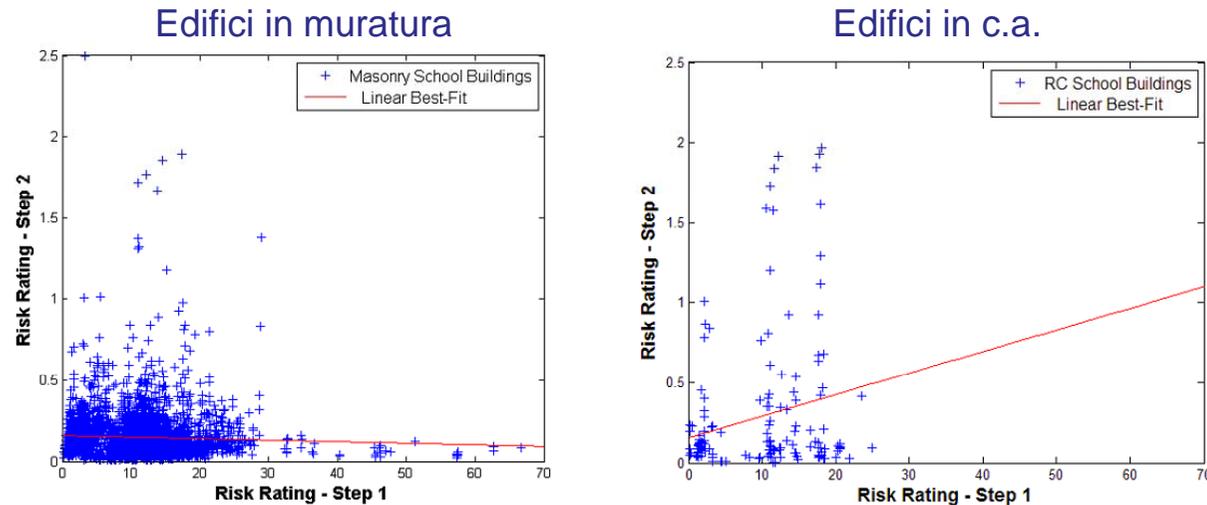
i valori medi e le deviazioni standard delle variabili aleatorie che intervengono nella definizione delle curve di capacità sono stati calcolati su un numero limitato di edifici, non sufficiente ad apprezzarne la variabilità

### Fase 2:

utilizzando per ogni edificio la Resistenza Convenzionale calcolata con i dati inseriti nella scheda di II livello del GNDT, si considera la reale resistenza della muratura, che potrebbe essere minore di quella assunta in Fase 1 e che quindi può portare ad avere edifici più vulnerabili



## Correlazione fra passi progressivi dell'analisi in studi precedenti

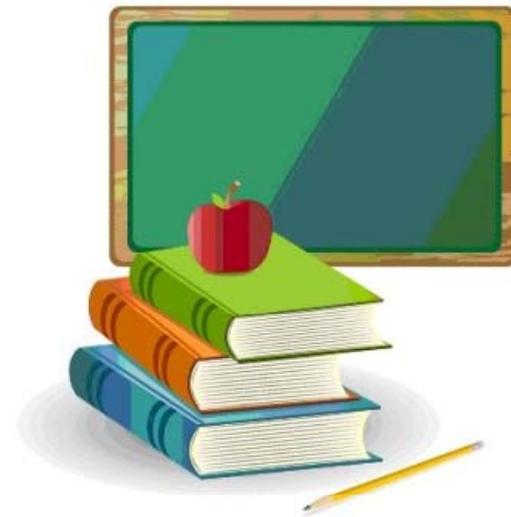


Questi grafici mostrano l'applicazione del metodo di Grant (2007) da parte di Crowley et al. (2008)

Il Risk Rating calcolato nei due step della metodologia esprime il rapporto tra domanda e capacità



# WebGIS



## Schede dati

Strumenti di  
visualizzazione  
ed  
elaborazione



## Schede dati

Mappa	<b>Dati Censimento scuole</b>	Dati di calcolo edificio	Input sismico	Curve di fragilità	Rischio incondizionato	Rischio condizionato	Scenari	Altri studi
Sez. A	Sez. B	<b>Sez. C</b>	Sez. D	Sez. E	Sez. F	Sez. G		
<b>1.5 Titolo di godimento</b> 								
<b>1.6 Utilizzazione dell'edificio</b> 								
<b>1.6.1 a) Uso scolastico dell'edificio</b> 								
<b>1.6.1 b) Edificio interamente ad uso scolastico</b> 								
<b>1.6.2 a) Edificio parzialmente adibito ad altro uso</b> 								
<b>1.6.2 b1) Destinazione pubblica non scolastica di parte dell'edificio</b> 								
<b>1.6.2 b2) Destinazione privata non scolastica di parte dell'edificio</b> 								
<b>1.6.3 Locali in uso comune nel caso in cui l'edificio abbia in parte un uso non scolastico</b> 								
<b>1.6.4 Edificio non ad uso scolastico</b> 								
<b>1.6.5 Prospettive di utilizzazione dell'edificio</b> 								



## Schede dati

Mappa	Dati Censimento scuole	<b>Dati di calcolo edificio</b>	Input sismico	Curve di fragilità	Rischio incondizionato	Rischio condizionato	Scenari	Altri studi
<b>Dati usati nel calcolo</b>								
<b>Dati utilizzati nelle analisi di rischio e scenario</b>								
Codice M.I.U.R.	PC000089							
Accuratezza della localizzazione	Codice Postale							
Database usato come fonte	anagrafe							
Codice GNDT_prima parte								
Codice GNDT_seconda parte	0							
Tipo di corrispondenza tra i due database	nessuna							
Numero di piani	3							
Tipologia strutturale	muratura							
Suolo	A							
Topografia	T1							
Zona sismica comune nell'anno di progettazione	anno di progettazione non noto							



## Schede dati

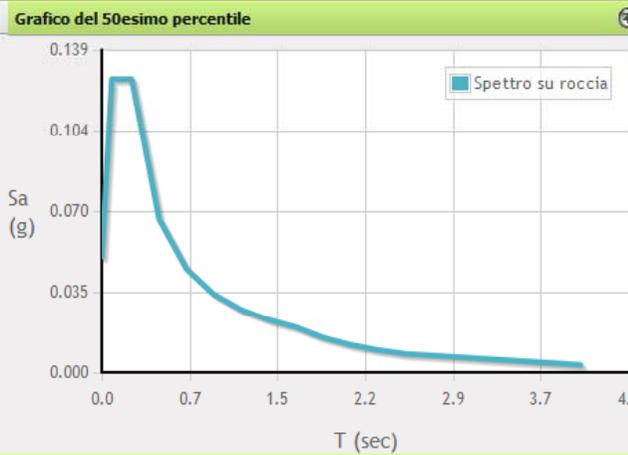
Mappa | Dati Censimento scuole | Dati di calcolo edificio | **Input sismico** | Curve di fragilità | Rischio incondizionato | Rischio condizionato | Scenari | Altri studi

**Parametri per calcolare gli spettri**

Spettro per  $Tr=30$  anni  
 Spettro per  $Tr=50$  anni  
 Spettro per  $Tr=72$  anni

Parametri spettro	16esimo percentile	50esimo percentile	84esimo percentile
ag [g]	0.033	0.05	0.055
Fo [-]	2.25	2.53	2.67
Tc1 [sec]	0.31	0.25	0.25
Suolo	A	A	A
Topografia	T1	T1	T1

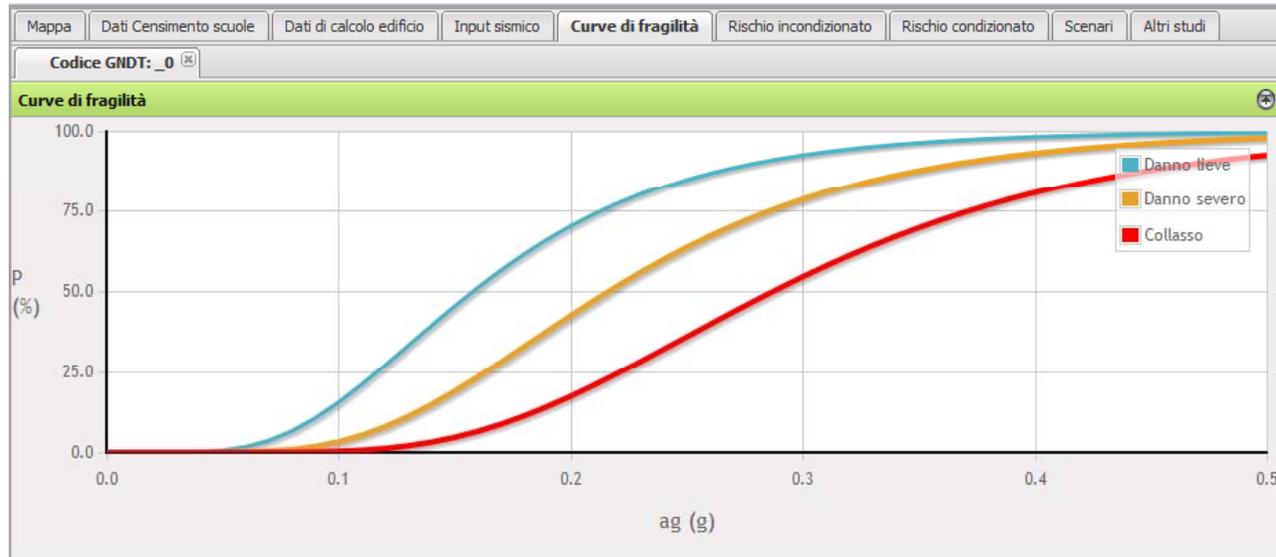
**Grafico del 50esimo percentile**



Spettro per  $Tr=100$  anni  
 Spettro per  $Tr=140$  anni  
 Spettro per  $Tr=200$  anni  
 Spettro per  $Tr=475$  anni  
 Spettro per  $Tr=1000$  anni  
 Spettro per  $Tr=2500$  anni



## Schede dati



## Schede dati

Mappa				Dati Censimento scuole				Dati di calcolo edificio				Input sismico				Curve di fragilità				<b>Rischio incondizionato</b>				Rischio condizionato				Scenari				Altri studi			
Codice GNDT: <input type="text" value="_0"/>																																			
<b>Rischio incondizionato fase 1 su roccia</b>																																			
danno								1 anno								10 anni								50 anni											
Danno Lieve								0 %								2 %								7 %											
Danno Severo								0 %								1 %								3 %											
Collasso								0 %								0 %								2 %											
<b>Rischio incondizionato fase 2 su roccia</b>																																			
<b>Rischio incondizionato fase 1 su suolo</b>																																			
<b>Rischio incondizionato fase 2 su suolo</b>																																			



## Schede dati

Mappa	Dati Censimento scuole	Dati di calcolo edificio	Input sismico	Curve di fragilità	Rischio incondizionato	<b>Rischio condizionato</b>	Scenari	Altri studi	
Codice GNDT: <input type="text" value="_0"/>									
<b>Rischio condizionato fase 1 (16esimo percentile) su roccia</b>									
<b>Rischio condizionato fase 1 (50esimo percentile) su roccia</b>									
danno	30 anni	50 anni	72 anni	100 anni	140 anni	200 anni	475 anni	1000 anni	2500 anni
Danno Lieve	1 %	2 %	2 %	3 %	3 %	3 %	5 %	29 %	96 %
Danno Severo	0 %	0 %	1 %	1 %	2 %	2 %	3 %	4 %	18 %
Collasso	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	2 %	3 %	5 %
<b>Rischio condizionato fase 1 (84esimo percentile) su roccia</b>									
<b>Rischio condizionato fase 2 (16esimo percentile) su roccia</b>									
<b>Rischio condizionato fase 2 (50esimo percentile) su roccia</b>									
<b>Rischio condizionato fase 2 (84esimo percentile) su roccia</b>									
<b>Rischio condizionato fase 1 (16esimo percentile) su suolo</b>									
<b>Rischio condizionato fase 1 (50esimo percentile) su suolo</b>									
<b>Rischio condizionato fase 1 (84esimo percentile) su suolo</b>									
<b>Rischio condizionato fase 2 (16esimo percentile) su suolo</b>									
<b>Rischio condizionato fase 2 (50esimo percentile) su suolo</b>									
<b>Rischio condizionato fase 2 (84esimo percentile) su suolo</b>									



## Schede dati

Mappa	Dati Censimento scuole	Dati di calcolo edificio	Input sismico	Curve di fragilità	Rischio incondizionato	Rischio condizionato	<b>Scenari</b>	Altri studi
<b>Scenari calcolati</b>								
Identificativo	Magnitudo	Profondità	Latitudine	Longitudine	Legge di attenuazi...	Tipo di faglia	Raggio d'azione	
103	5	7	45	10	Boore e Atkinson (...)	Trascorrente	10	
<b>Valori di scenario per la scuola selezionata</b>								
Danno	Percentile	Probabilità di superamento						
Danno Lieve	16	0.3						
Danno Lieve	50	2.5						
Danno Lieve	84	13.8						
Danno Severo	16	0.0						
Danno Severo	50	0.2						
Danno Severo	84	2.5						
Collasso	16	0.0						
Collasso	50	0.0						
Collasso	84	0.8						



## Schede dati

Mappa	Dati Censimento scuole	Dati di calcolo edificio	Input sismico	Curve di fragilità	Rischio incondizionato	Rischio condizionato	Scenari	<b>Altri studi</b>
-------	------------------------	--------------------------	---------------	--------------------	------------------------	----------------------	---------	--------------------

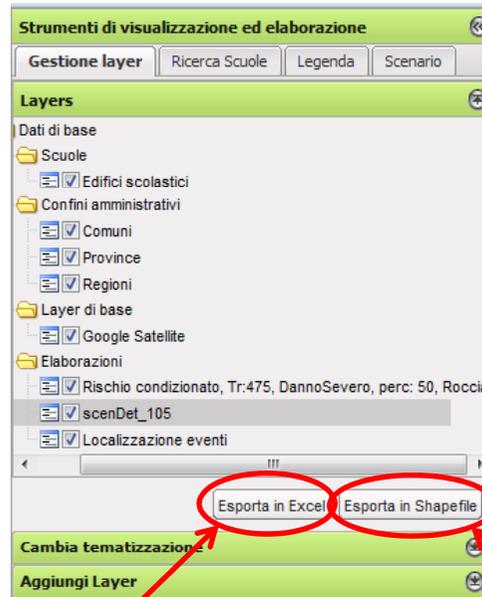
**Save - Task 2: Inventario e vulnerabilità degli edifici pubblici e strategici dell'Italia centro-meridionale (Dolce e Martinelli, 2005)**

[Accelerazioni medie di collasso per comune](#)

[Numero di edifici con  \$PGA\_c/PGA\_{max} < 1\$  per comune](#)



## Strumenti di visualizzazione ed elaborazione



Esportazione di file excel delle analisi di scenario

Esportazione di shapefile delle analisi di rischio e scenario



## Strumenti di visualizzazione ed elaborazione

**Strumenti di visualizzazione ed elaborazione**

Gestione layer   Ricerca Scuole   Legenda   Scenario

**Layers**

**Cambia tematizzazione**

Layer selezionato:

Geometria del Layer:

Campo:

Numero di intervalli:

Tipo di intervallo:

Colori:

**Aggiungi Layer**



## Strumenti di visualizzazione ed elaborazione

**Strumenti di visualizzazione ed elaborazione**

Gestione layer   Ricerca Scuole   Legenda   Scenario

**Layers**

**Cambia tematizzazione**

**Aggiungi Layer**

Tipo analisi:

Finestra temporale:

Tempo di ritorno:

Percentile:

Livello di danno:

Tipo di terreno:

Aggiorna mappa



## Strumenti di visualizzazione ed elaborazione

**Strumenti di visualizzazione ed elaborazione**

Gestione layer **Ricerca Scuole** Legenda Scenario

**Ricerca Scuole**

Regione:

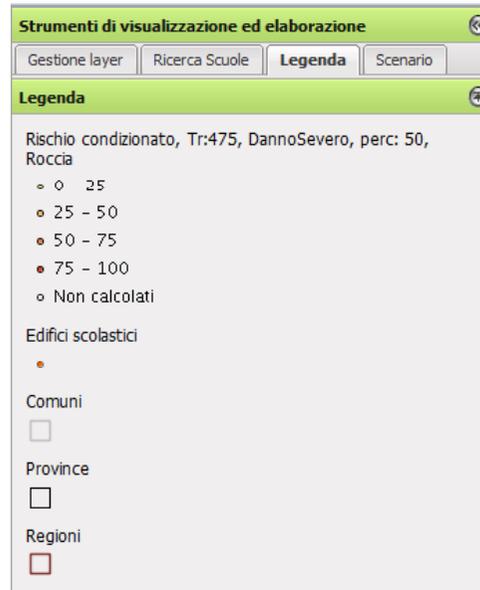
Provincia:

Comune:

Codice MIUR:



## Strumenti di visualizzazione ed elaborazione



## Scenario di danno in tempo reale



All'interno del tool "Scenario" è possibile:

1. lanciare uno scenario di cui è noto l'epicentro oppure la faglia che si è attivata
2. inserire le caratteristiche di una nuova faglia che poi potrà essere utilizzata come input per lo scenario
3. lanciare uno scenario con shake map



## Scenario di danno in tempo reale

**Strumenti di visualizzazione ed elaborazione**

Gestione layer Ricerca Scuole Legenda **Scenario**

**Scenario**

**Scenario con epicentro/faglia**

**Dati del Terremoto**

Magnitudo del terremoto:

Legge di attenuazione:

**Origine scuotimento**

Epicentro

Latitudine del terremoto [gradi decimali]:

Longitudine del terremoto [gradi decimali]:

Profondità del terremoto [km]:

Faglia DISS

Faglia Utente

Tipo di faglia:

Tipo di suolo:

Raggio di azione [km]:

Esposizione:

Tipologia strutturale:

**Crea faglia**

**Scenario con shake map**

Legge di attenuazione:

- ✓ Cauzzi e Faccioli (2008)
- ✓ Boore and Atkinson (2008)
- ✓ Akkar and Bommer (2010)

Tipo di faglia:

- ✓ Inversa
- ✓ Normale
- ✓ Sconosciuta
- ✓ trascorrente



## Scenario di danno in tempo reale

**Strumenti di visualizzazione ed elaborazione**

Gestione layer Ricerca Scuole Legenda **Scenario**

**Scenario**

Scenario con epicentro/faglia

**Dati del Terremoto**

Magnitudo del terremoto:

Legge di attenuazione:

**Origine scuotimento**

Epicentro

Latitudine del terremoto [gradi decimali]:

Longitudine del terremoto [gradi decimali]:

Profondità del terremoto [km]:

Faglia DISS

Faglia Utente

Tipo di faglia:

Tipo di suolo:

Raggio di azione [km]:

Esposizione:

Tipologia strutturale:

**Crea faglia**

Scenario con shake map

Epicentro



## Scenario di danno in tempo reale

**Strumenti di visualizzazione ed elaborazione**

Gestione layer Ricerca Scuole Legenda **Scenario**

**Scenario**

Scenario con epicentro/faglia

**Dati del Terremoto**

Magnitudo del terremoto:

Legge di attenuazione:

**Origine scuotimento**

Epicentro

Faglia DISS

Identificativo della faglia (selezionare sulla mappa):

Faglia oriente

Tipo di faglia:

Tipo di suolo:

Raggio di azione [km]:

Esposizione:

Tipologia strutturale:

**Crea faglia**

Scenario con shake map

Faglia DISS



## Scenario di danno in tempo reale

**Strumenti di visualizzazione ed elaborazione**

Gestione layer Ricerca Scuole Legenda **Scenario**

**Scenario**

Scenario con epicentro/faglia

**Dati del Terremoto**

Magnitudo del terremoto:

Legge di attenuazione:

**Origine scuotimento**

Epicentro

Faglia DISS

Faglia Utente

Identificativo della faglia (selezionare sulla mappa):

Tipo di faglia:

Tipo di suolo:

Raggio di azione [km]:

Esposizione:

Tipologia strutturale:

**Crea faglia**

Scenario con shake map

Faglia Utente



## Strumenti di visualizzazione ed elaborazione

**Strumenti di visualizzazione ed elaborazione**

Gestione layer Ricerca Scuole Legenda **Scenario**

**Scenario**

Scenario con epicentro/faglia

**Crea faglia**

Latitudine punto centrale [dd]:

Longitudine punto centrale [dd]:

Profondità punto centrale [m]:

Lunghezza reale della faglia [m]:

Larghezza reale della faglia [m]:

Direzione rispetto al nord [dd]:

Inclinazione della faglia [dd]:

**Crea Faglia**

Scenario con shake map



## Scenario di danno in tempo reale

**Strumenti di visualizzazione ed elaborazione**

Gestione layer Ricerca Scuole Legenda **Scenario**

**Scenario**

Scenario con epicentro/faglia  
Crea faglia  
Scenario con shake map

**Elenco Shakemap disponibili**

Nome	
shm_20_05_2012_pga	
shm_20_05_2012_psa03	
shm_20_05_2012_psa10	
shm_20_05_2012_psa30	

Visualizza Shakemap selezionata

Latitudine del terremoto [gradi decimali]:

Longitudine del terremoto [gradi decimali]:

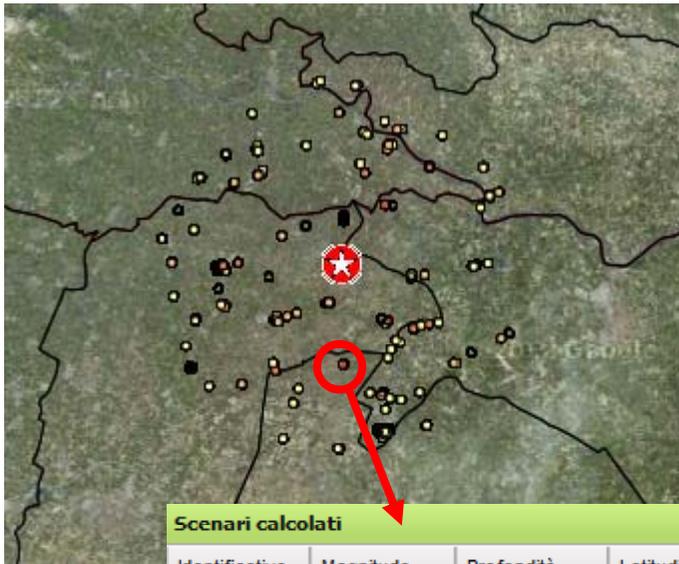
Raggio di azione [km]:

Esposizione:

Tipologia strutturale:

Calcola lo scenario (con la Shakemap selezionata)





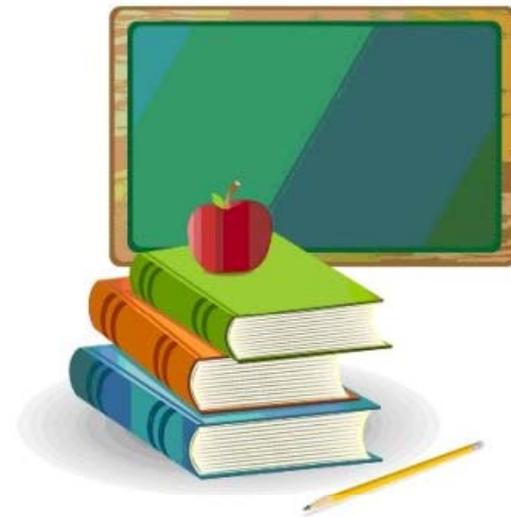
La mappa mostra la probabilità di raggiungere il danno severo considerando il 50° percentile dello scuotimento

Scenari calcolati							
Identificativo	Magnitudo	Profondità	Latitudine	Longitudine	Legge di attenuazione	Tipo di faglia	Raggio d'azione
203	5,9	6,3	44,89	11,23	Boore e Atkinson (2008)	Inversa	20

Valori di scenario per la scuola selezionata		
Danno	Percentile	Probabilità di superamento
Danno Lieve	16	2.3
Danno Lieve	50	5.1
Danno Lieve	84	84.5
Danno Severo	16	0.3
Danno Severo	50	2.5
Danno Severo	84	8.7
Collasso	16	0.0
Collasso	50	0.9
Collasso	84	3.7



# Conclusioni e Futuri Sviluppi



E' stato sviluppato uno strumento WebGIS che consente:

1) di elaborare mappe di rischio utilizzando:

- ✓ il metodo meccanico SP-BELA (“ibrido” per la muratura) per quantificare la vulnerabilità
- ✓ il censimento dell’Anagrafe dell’Edilizia Scolastica e le schede di II livello GNDT quale fonte di dati per l’esposizione
- ✓ lo studio di pericolosità della linea S1 per definire la severità di scuotimento

2) di definire lo scenario di danno in tempo reale

Lo strumento è concepito in modo da consentire l’aggiornamento automatico delle previsioni di danno nel caso in cui migliori la conoscenza del costruito a livello nazionale e siano noti fenomeni di amplificazione del moto sismico



Gli ulteriori sviluppi previsti, alcuni già in corso, sono:

aggiungere un ulteriore livello di dettaglio sulla base dei dati provenienti dalle verifiche sismiche condotte sugli edifici scolastici ai sensi delle norme e sulla base delle quali sono state compilate le schede di I e II livello

affinare le previsioni di rischio anche per le Fasi 1 e 2 tenuto conto dei dati delle verifiche sismiche, che incrementeranno il livello di conoscenza dell'edilizia scolastica

affinare la metodologia per la valutazione della vulnerabilità per gli edifici in muratura



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

