



**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

# La verifica della sicurezza strutturale ai fini della classificazione sismica

Prof. Luigi PETTI

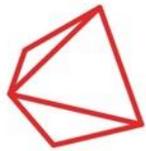
*Università degli Studi di Salerno*

---

In collaborazione con LACE

Un **disastro** può essere definito come la situazione di **crisi sociale** causata dall'impatto sul tessuto antropico, generalmente improvviso, di un agente fisico, sia esso **naturale** o **tecnologico**





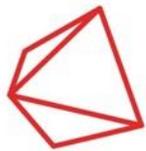
**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING



## *Terremoto di Reggio e Messina, 1908*



**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING



## ***Terremoto dell'Abbruzzo, 2016***



**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

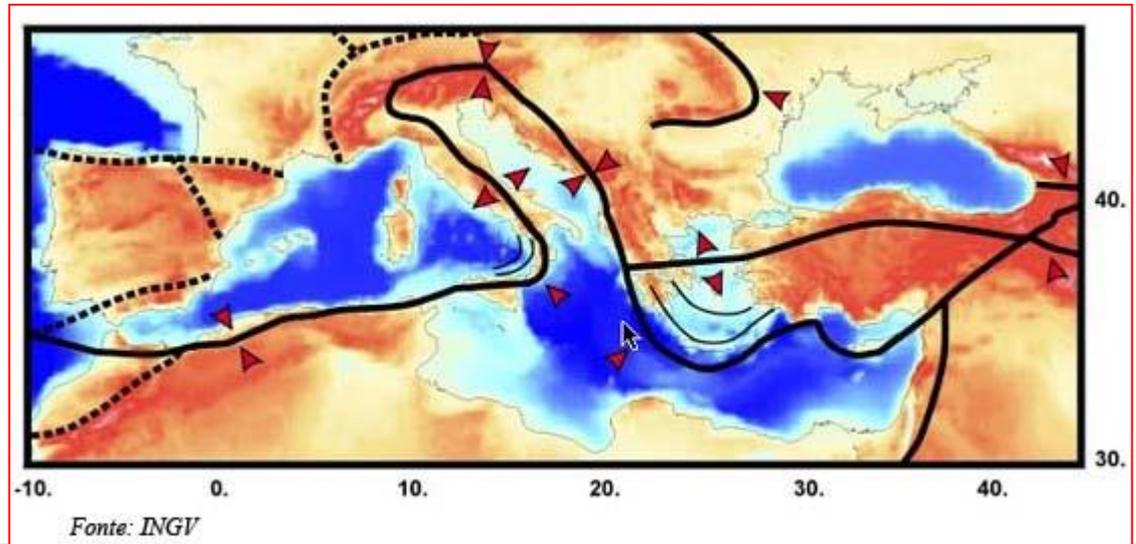
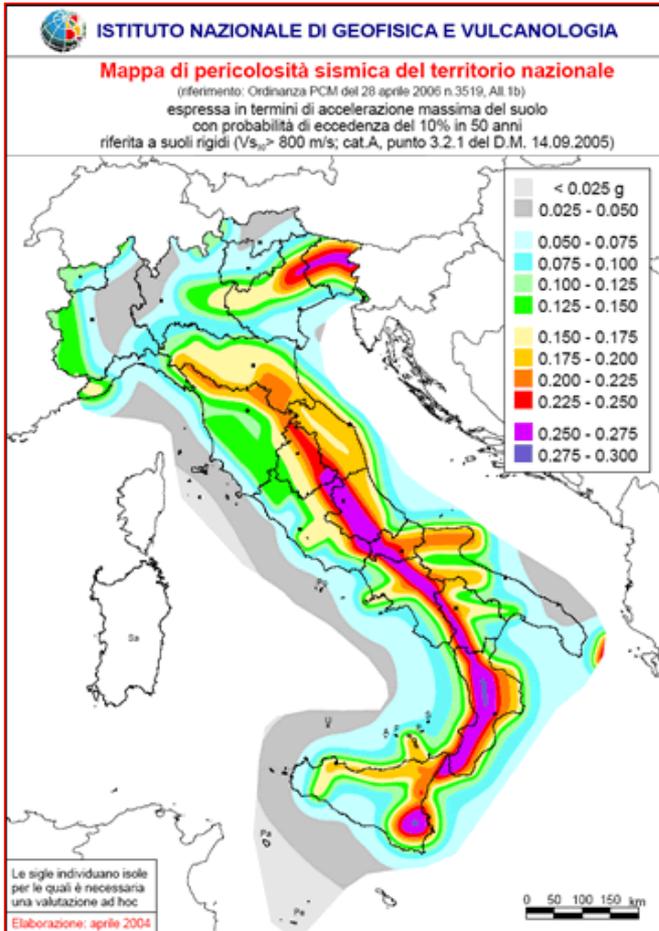


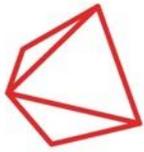
**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# Il rischio sismico

**Rischio = f( Pericolosità, Esposizione, Vulnerabilità )**

La **pericolosità sismica** di un territorio è rappresentata dalla **frequenza** e dall'**intensità** dei **terremoti** che lo interessano, ovvero dalla sua **sismicità**





**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

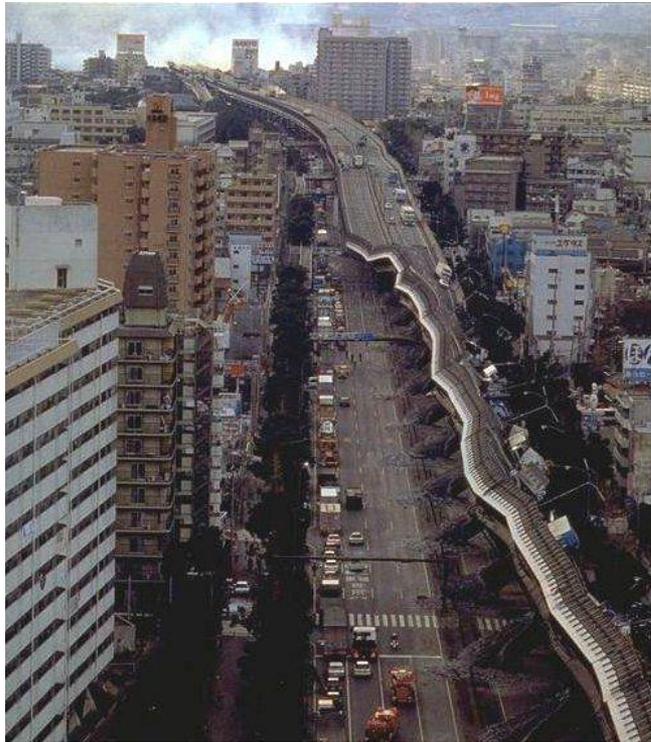


**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# ***Il rischio sismico***

***Rischio = f( Pericolosità, Esposizione, **Vulnerabilità** )***

La **vulnerabilità sismica** è la propensione di una **struttura** a subire un **danno** di un determinato **livello** a fronte di un **evento sismico** di una data **intensità**





**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# ***Il rischio sismico***

*Rischio = f( Pericolosità, **Esposizione**, Vulnerabilità )*

L' esposizione rappresenta i **beni** , le **persone**, le **attività** esposte al rischio

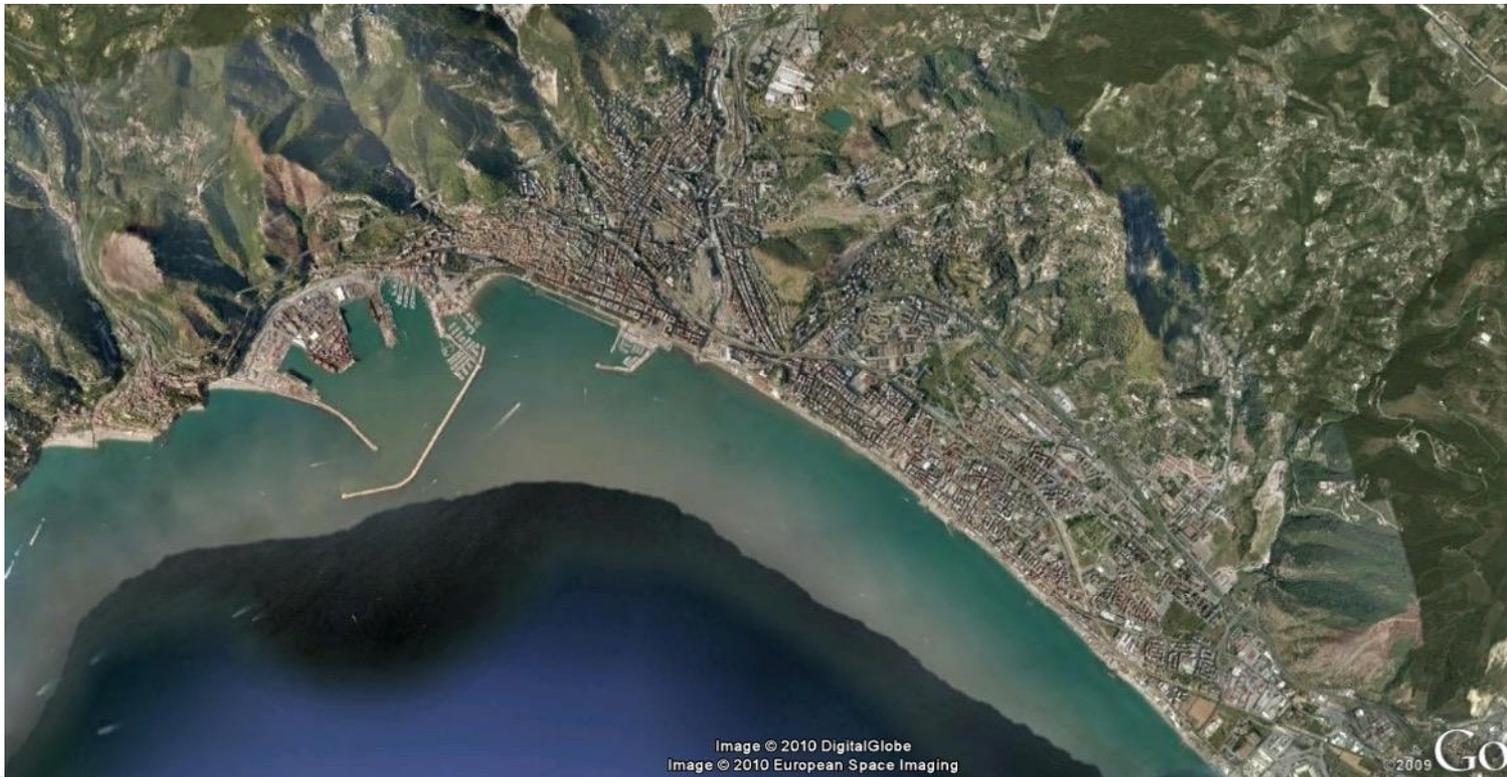
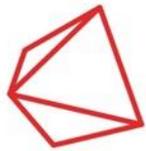


Image © 2010 DigitalGlobe  
Image © 2010 European Space Imaging

Go

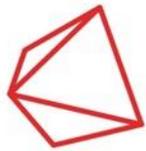


**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# ***La Pericolosità (Sismica)***

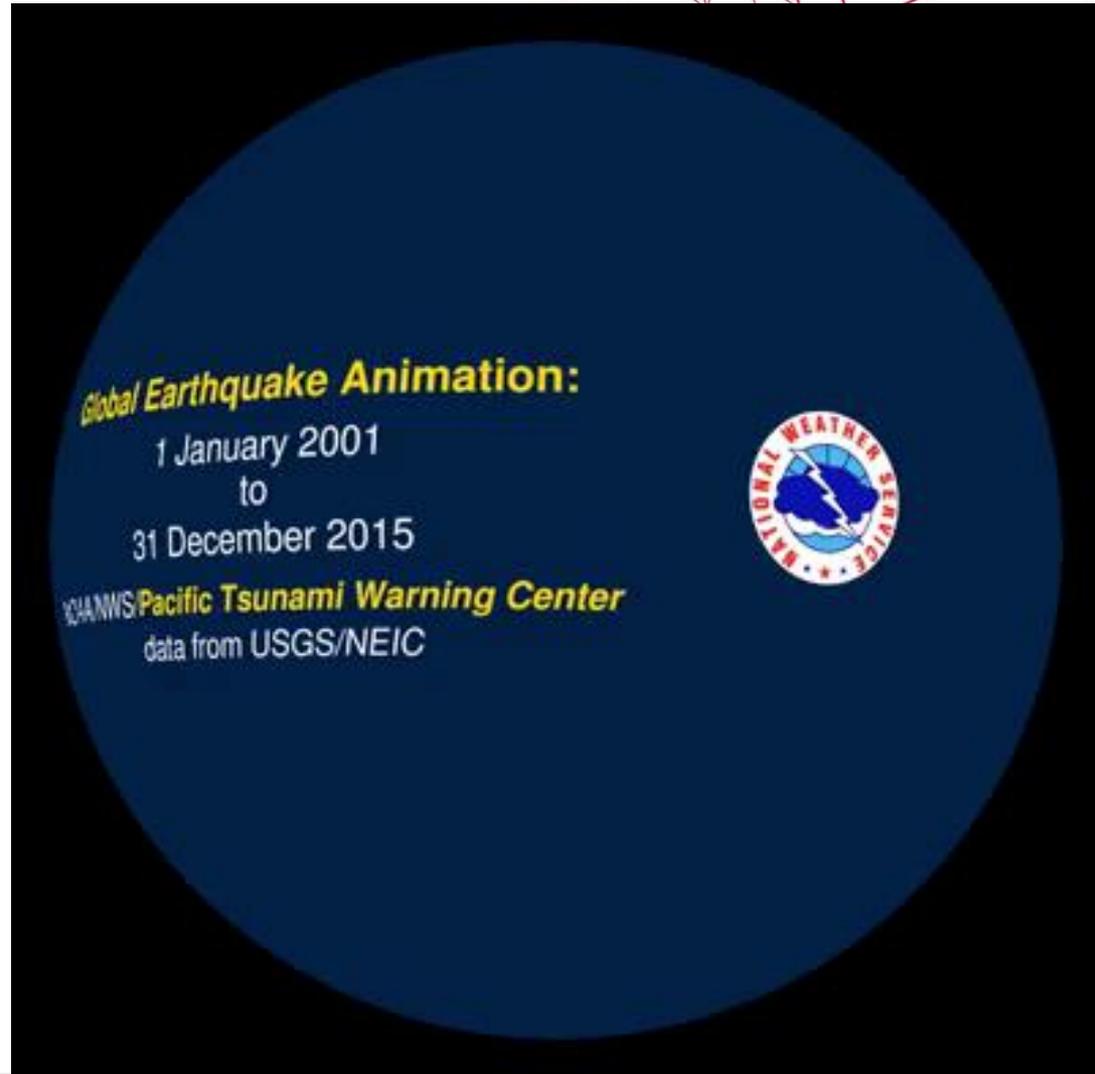


**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *Il mondo in cui viviamo*



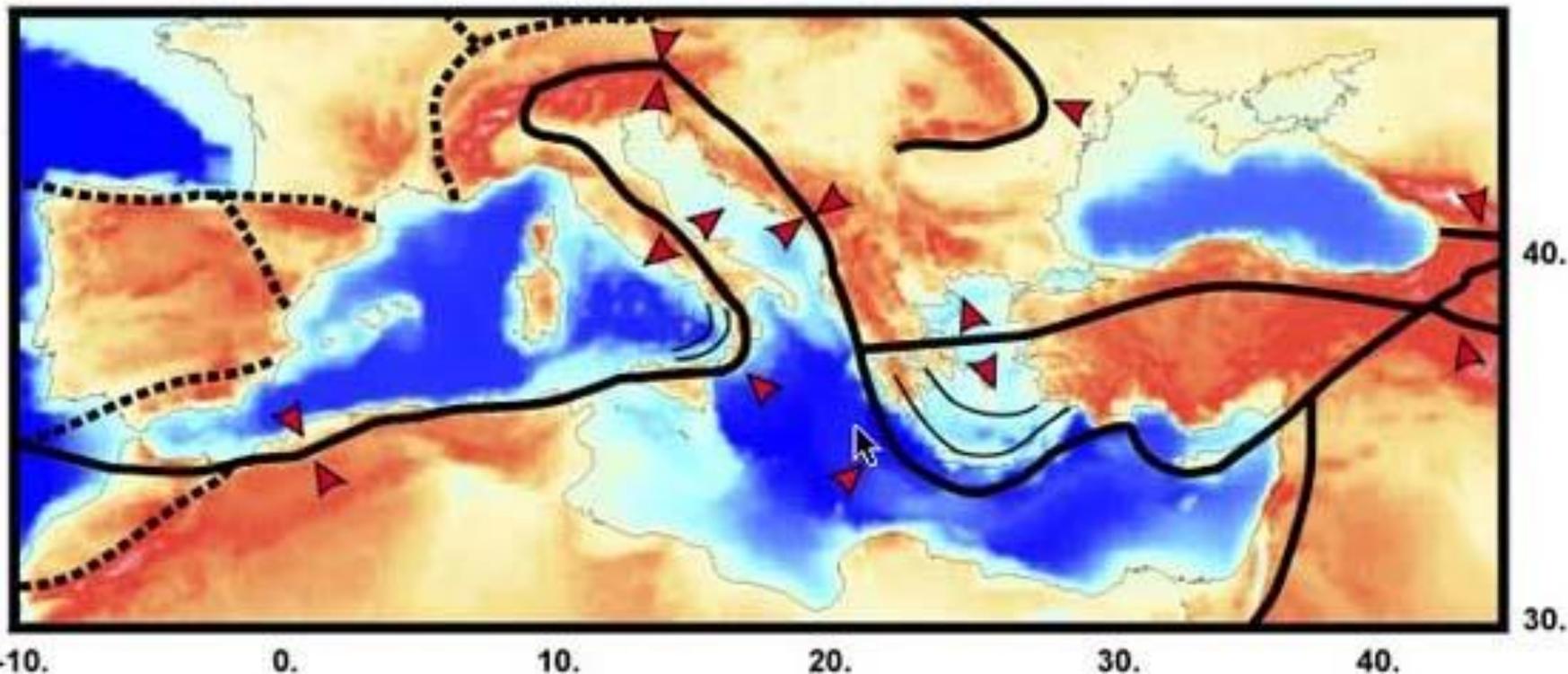


**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

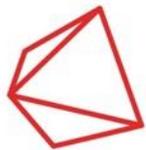


**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# Pericolosità Sismologia



Fonte: INGV



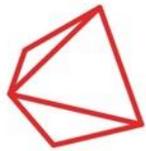
**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# Database DISS



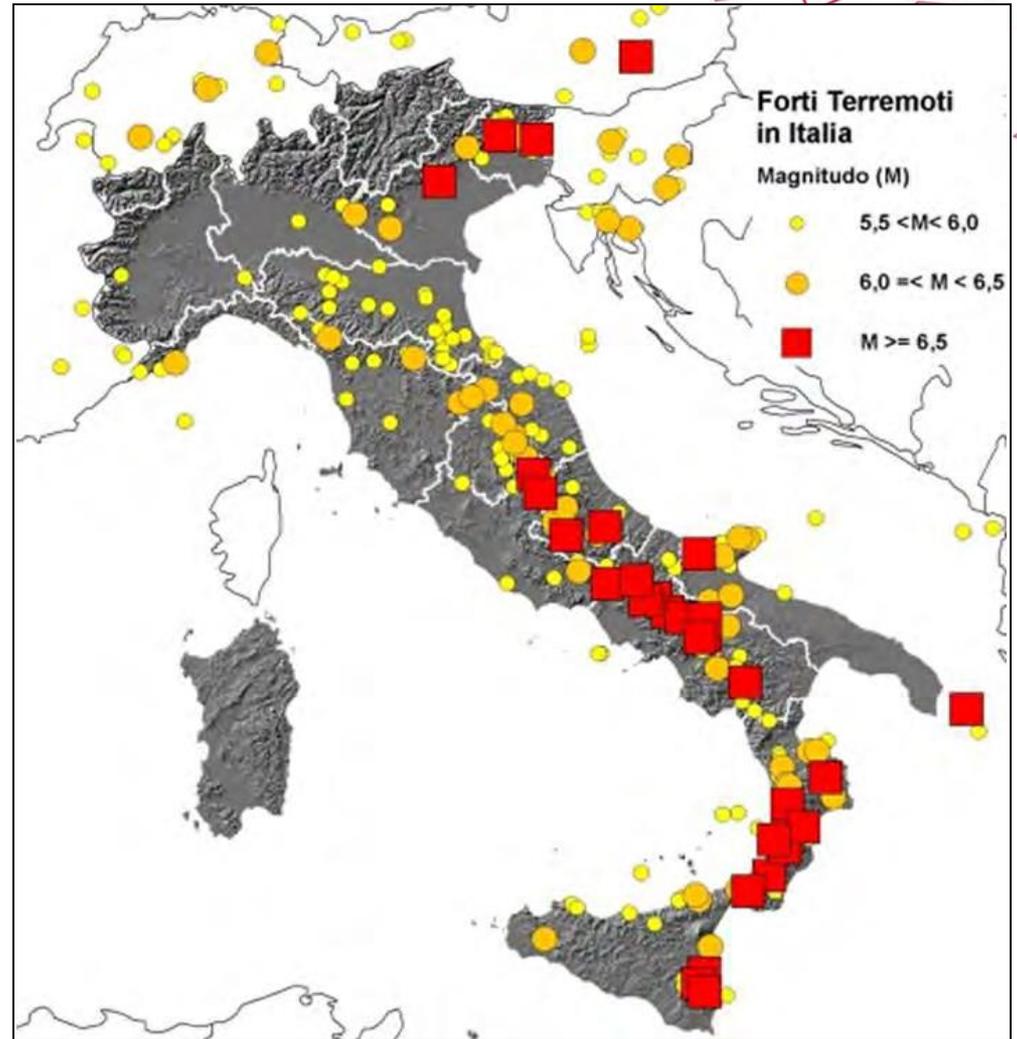


**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *I forti terremoti dal 800 al 2004*



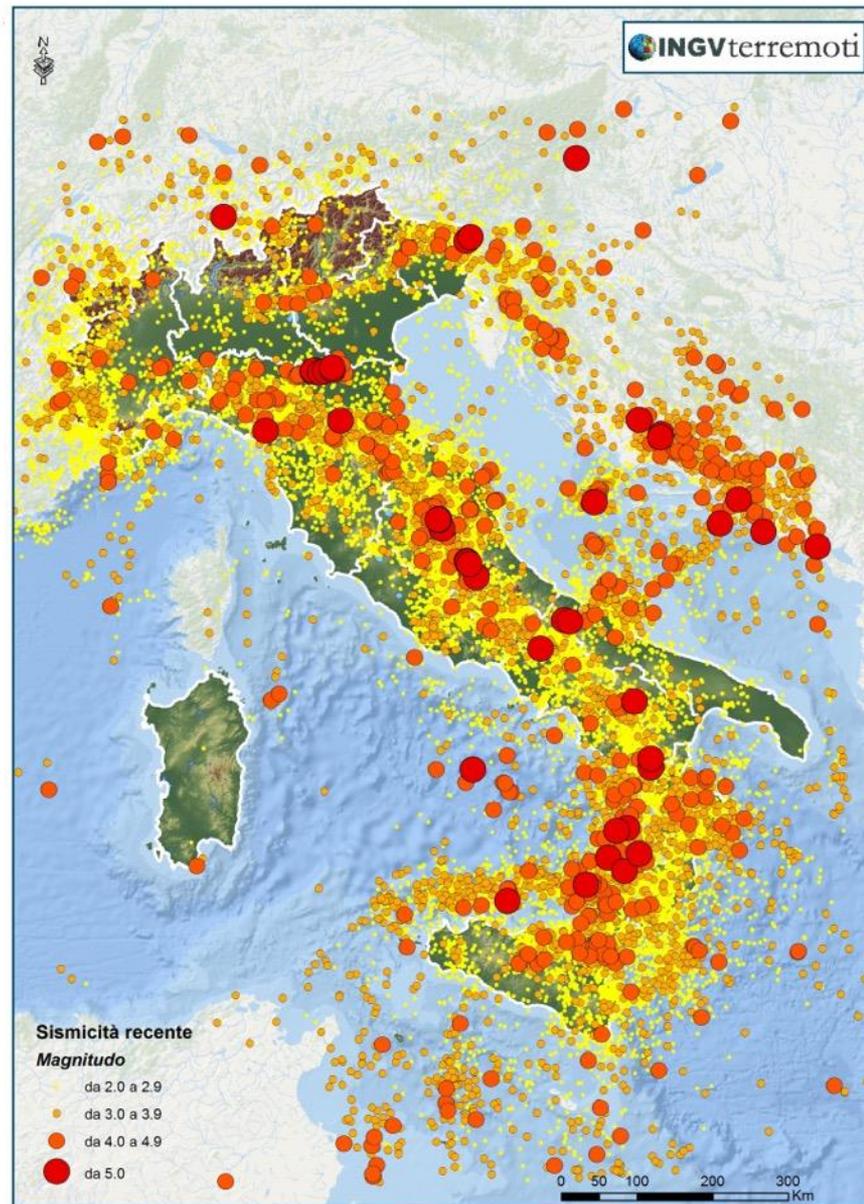


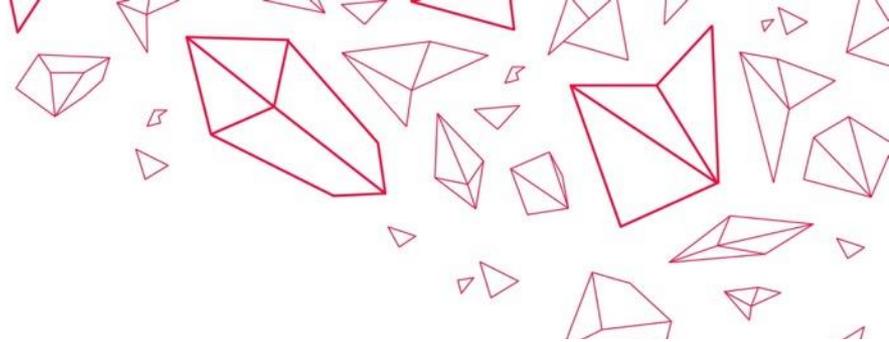
**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



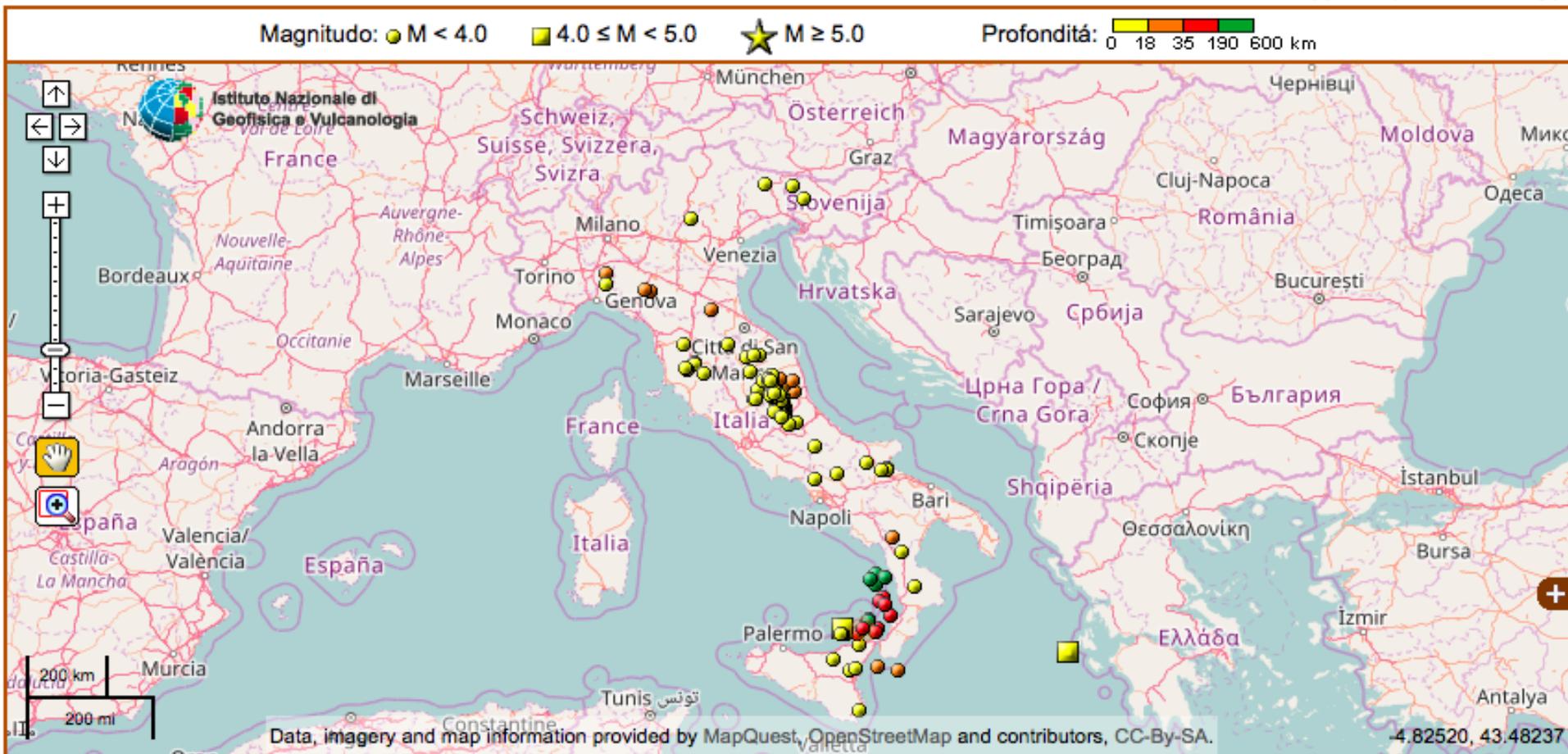
**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *I terremoti dal 1985 al 2014*





# Le ultime settimane





**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



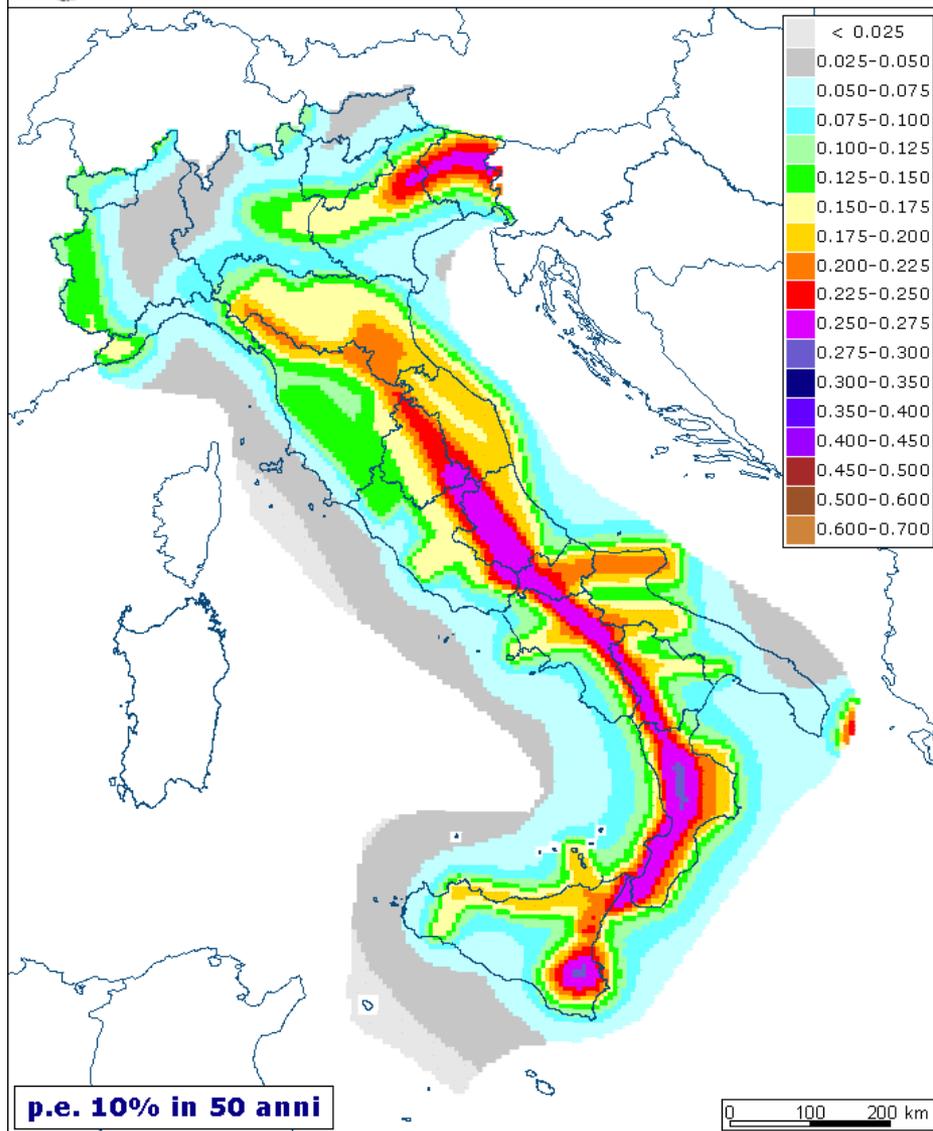
**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

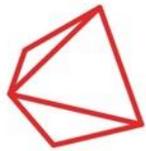


**ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

*la previsione*

**Pericolosità  
sismica  
di riferimento**





**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *la previsione*

## *Il Periodo di Ritorno*

*Il periodo di ritorno di un evento è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità*

# *Il Periodo di Ritorno*

Periodo di Ritorno

$$T_R$$

Probabilità che si abbia un evento superiore ad una fissata soglia in un anno

$$\frac{1}{T_R}$$

Probabilità che non si abbia un evento in un anno

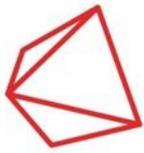
$$1 - \frac{1}{T_R}$$

Probabilità che non si abbia un evento in n anni

$$\left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^n$$

Probabilità che si abbia un evento in n anni

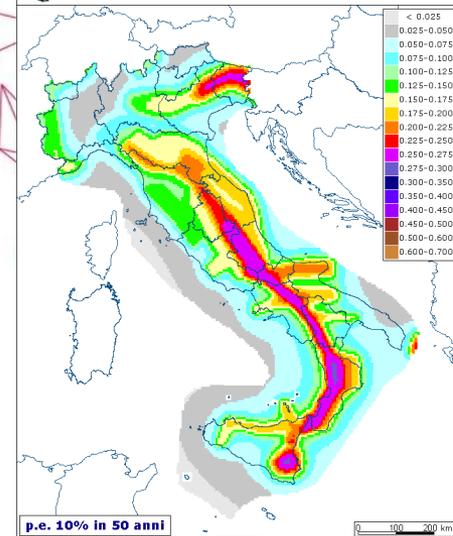
$$p = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^n$$



**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

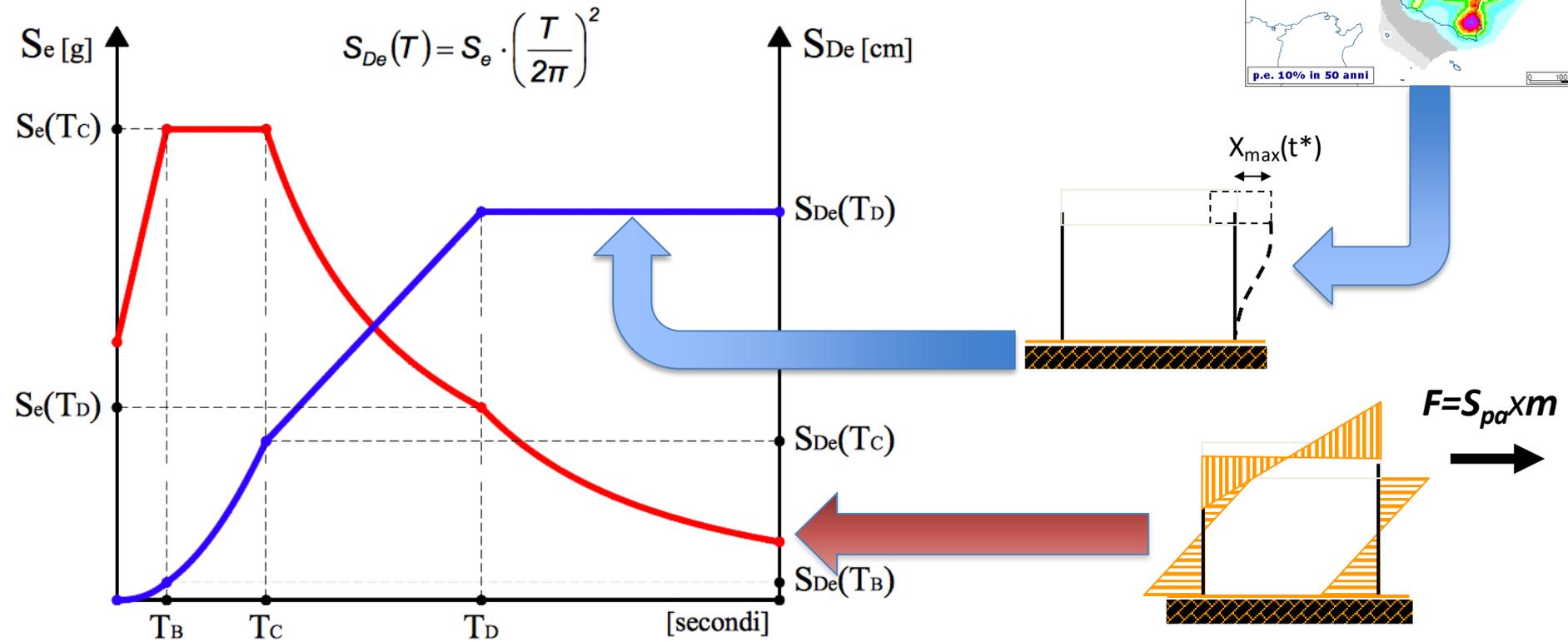


**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING



# Domanda Sismica

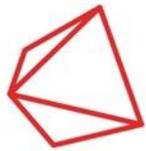
## Spettro di Risposta



# Previsioni e Verifiche

**Tabella C.3.2.I.-** Valori di  $T_R$  espressi in funzione di  $V_R$

Stati Limite		Valori in anni del periodo di ritorno $T_R$ al variare del periodo di riferimento $V_R$
Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	$(^2) 30 \text{ anni} \leq T_R = 0,60 \cdot V_R$
	SLD	$T_R = V_R$
Stati Limite Ultimi (SLU)	SLV	$T_R = 9,50 \cdot V_R$
	SLC	$T_R = 19,50 \cdot V_R \leq 2475 \text{ anni } (^1)$

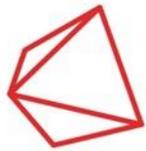


**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *La Vulnerabilità*



**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# ***FATTORI CHE DETERMINANO LA VULNERABILITÀ***

- NORME – CRITERI DI PROGETTO
- SCENARI DI CARICO – AZIONI CONSIDERATE
- LIVELLO DI MANUTENZIONE
- DANNI ACCUMULATI NEL TEMPO
- MODIFICHE DELLE CONDIZIONI D' USO – CARICHI
- MODIFICHE DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO
- ...

# Norme & Terremoti



# Norme & Terremoti





**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

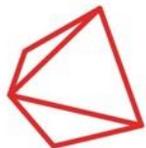


**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING



1909

# Come cambia la Classificazione



**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING



# *Come cambia la Classificazione*

1915

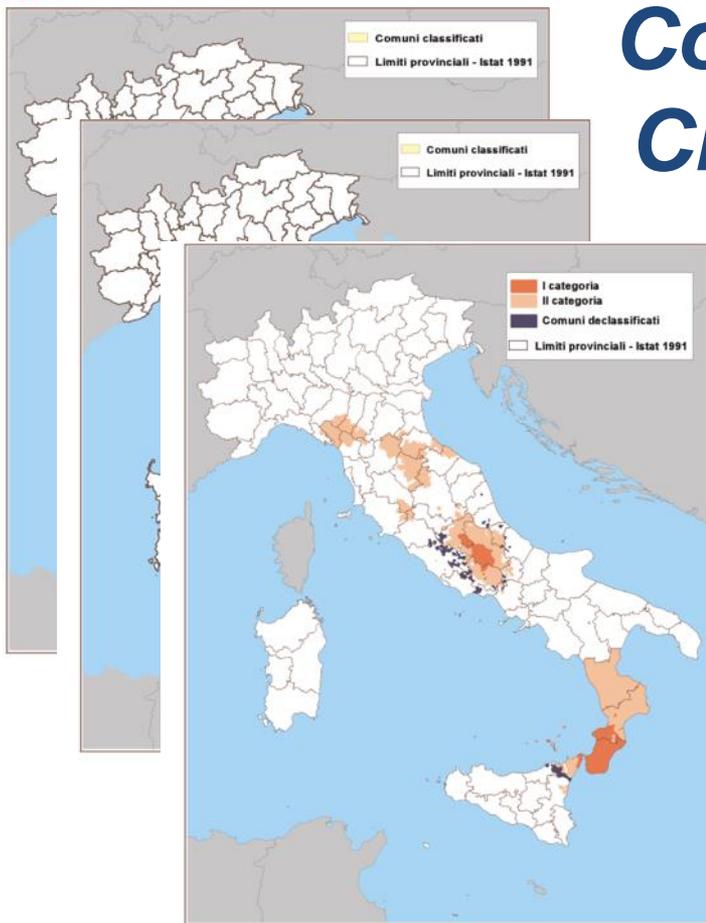


**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# Come cambia la Classificazione



1927

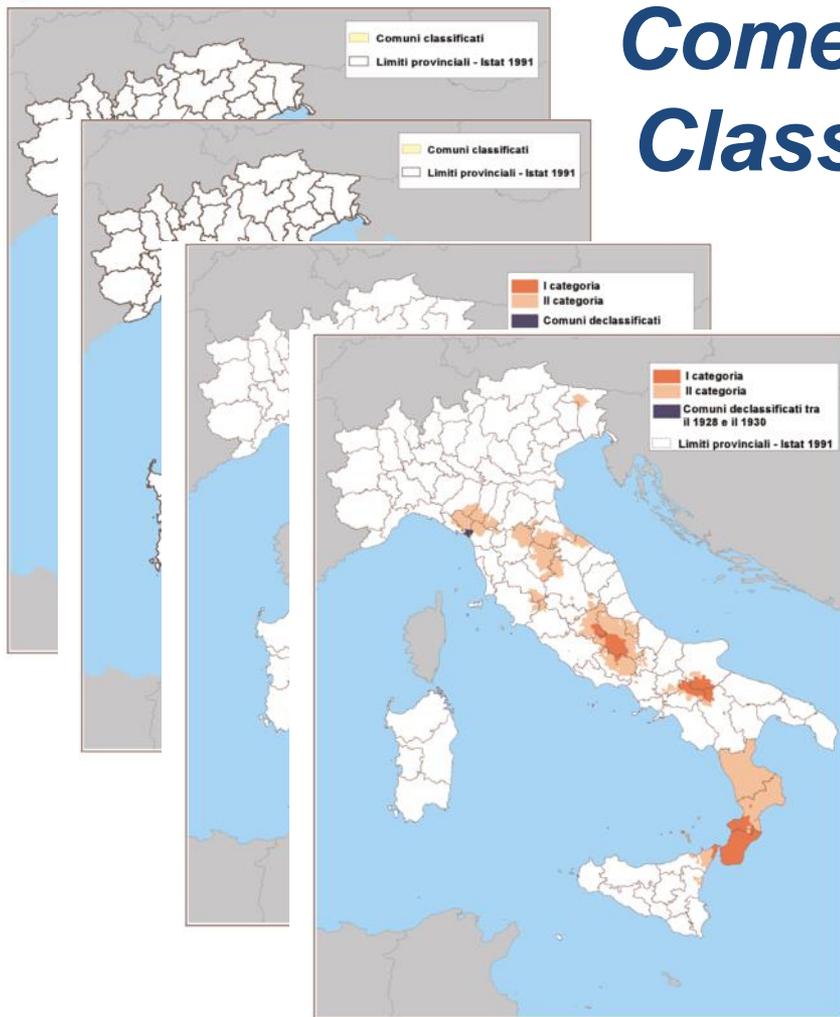


**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

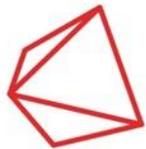


**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# Come cambia la Classificazione



1930

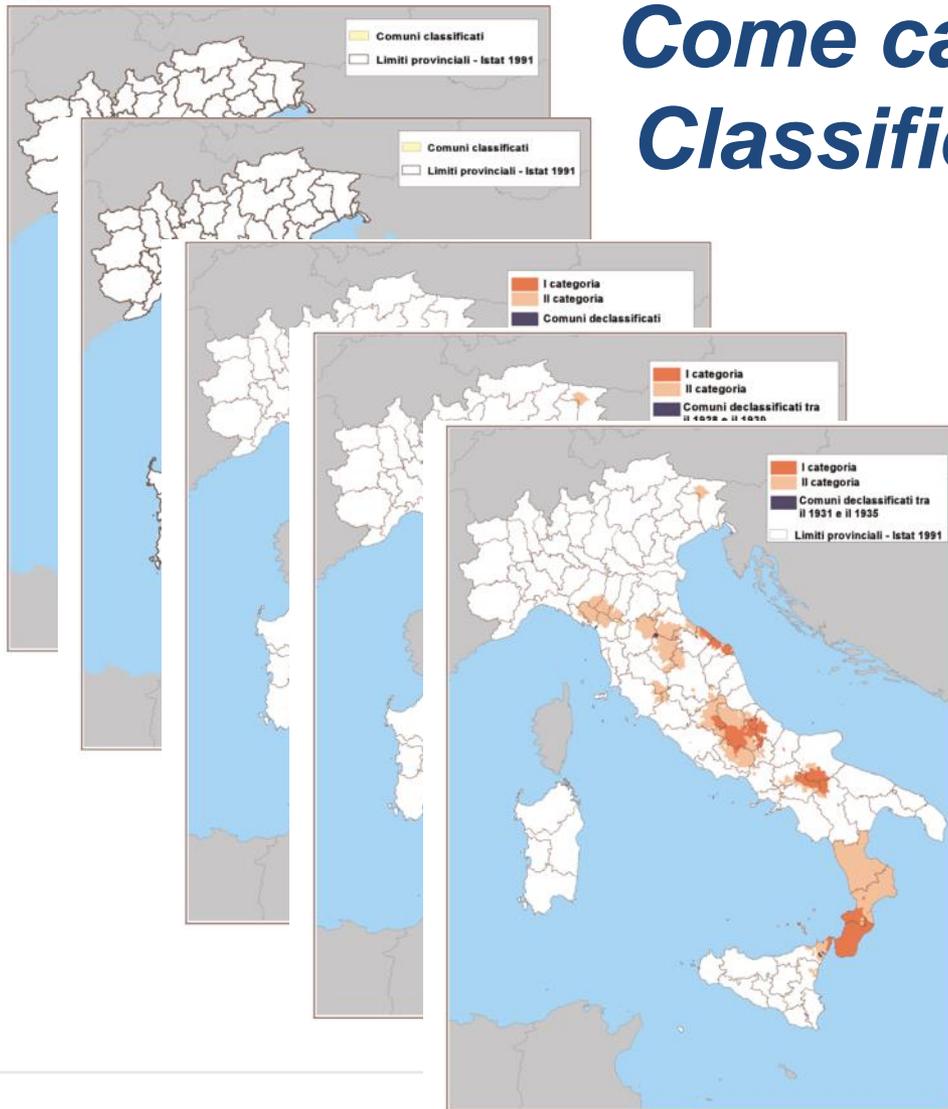


**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# Come cambia la Classificazione





**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# Come cambia la Classificazione



1935 1937  
Luigi Petti

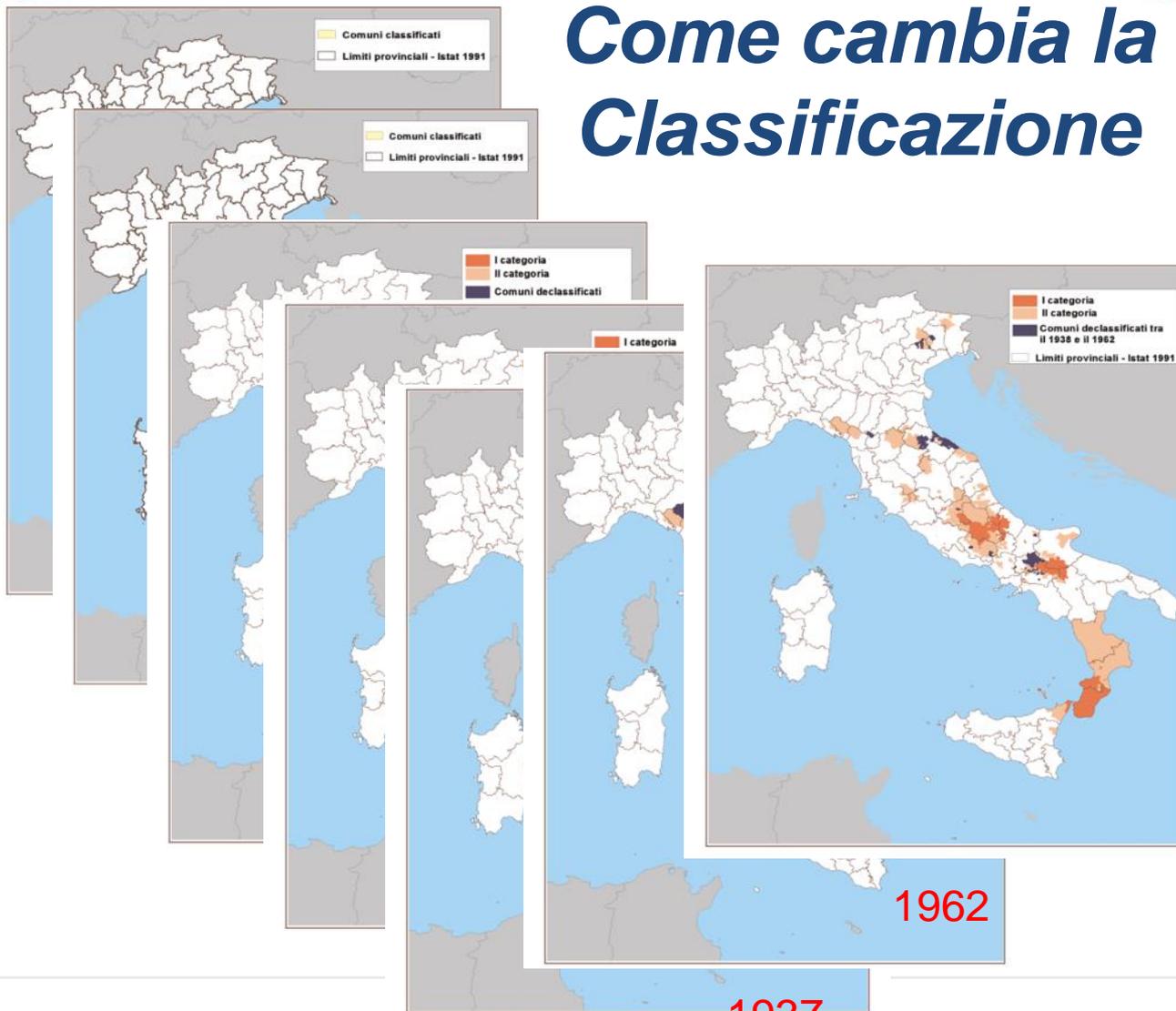


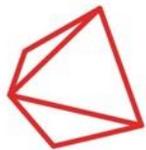
**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# Come cambia la Classificazione



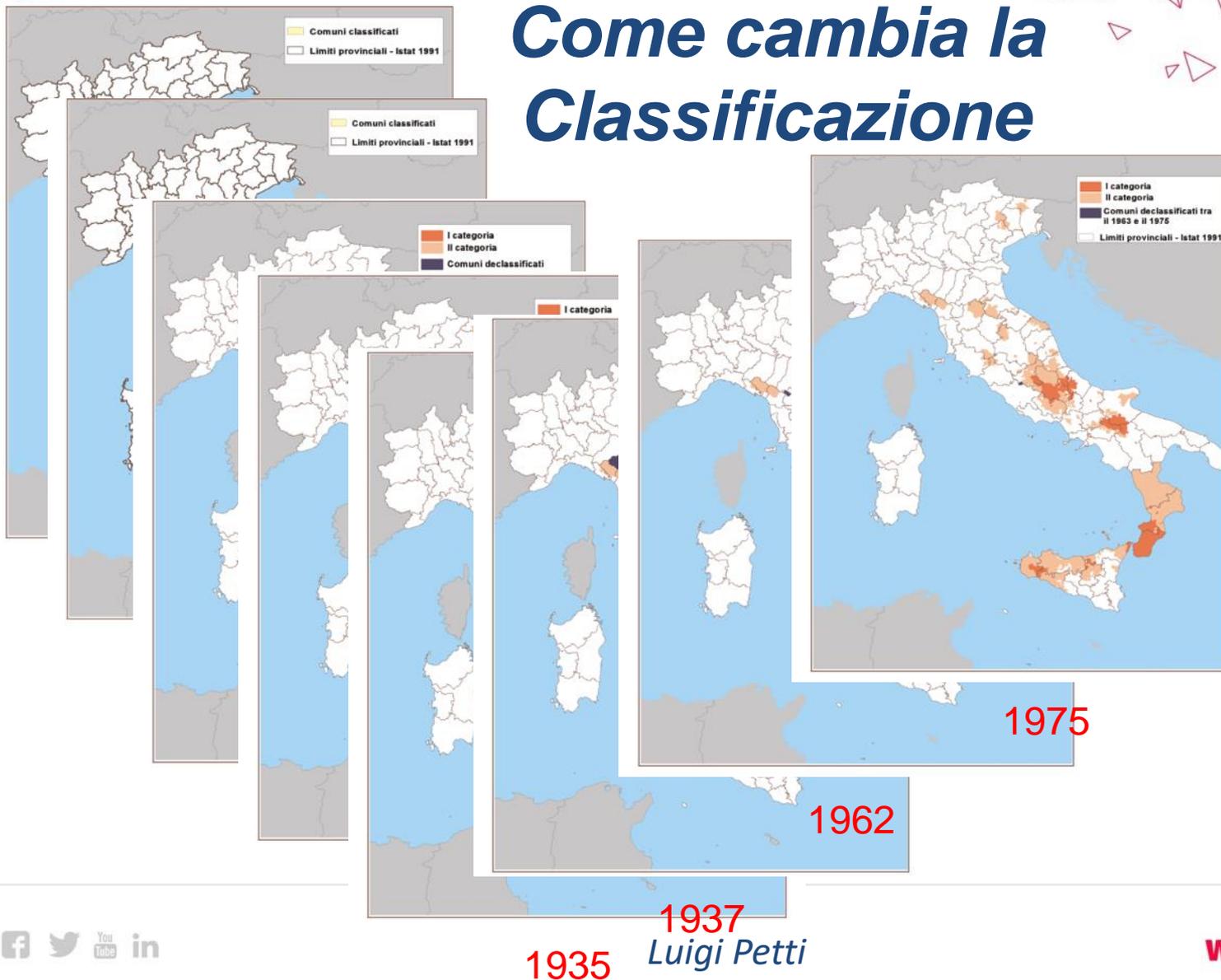


**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# Come cambia la Classificazione



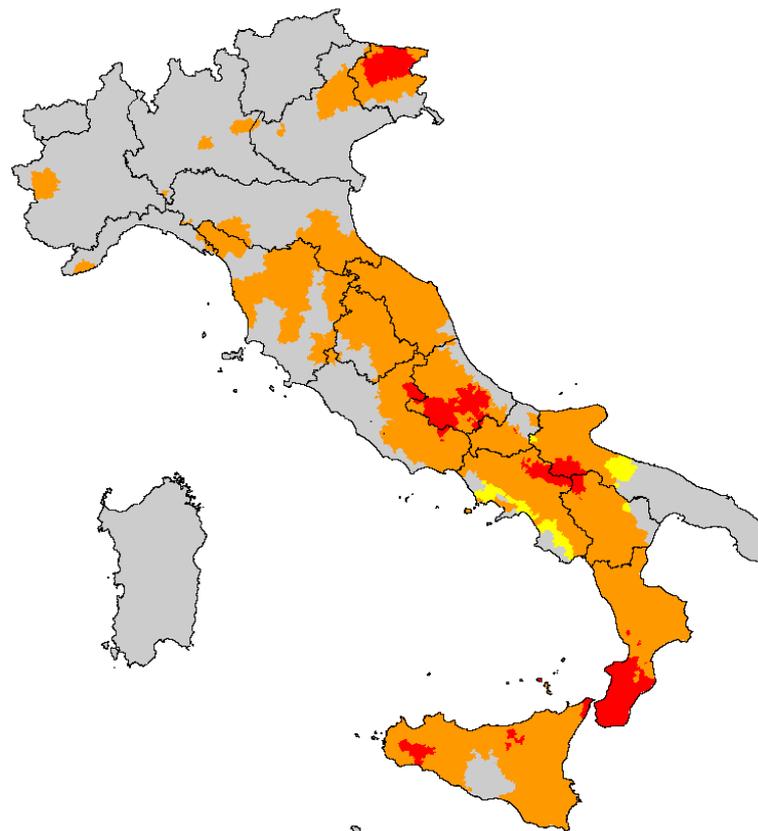
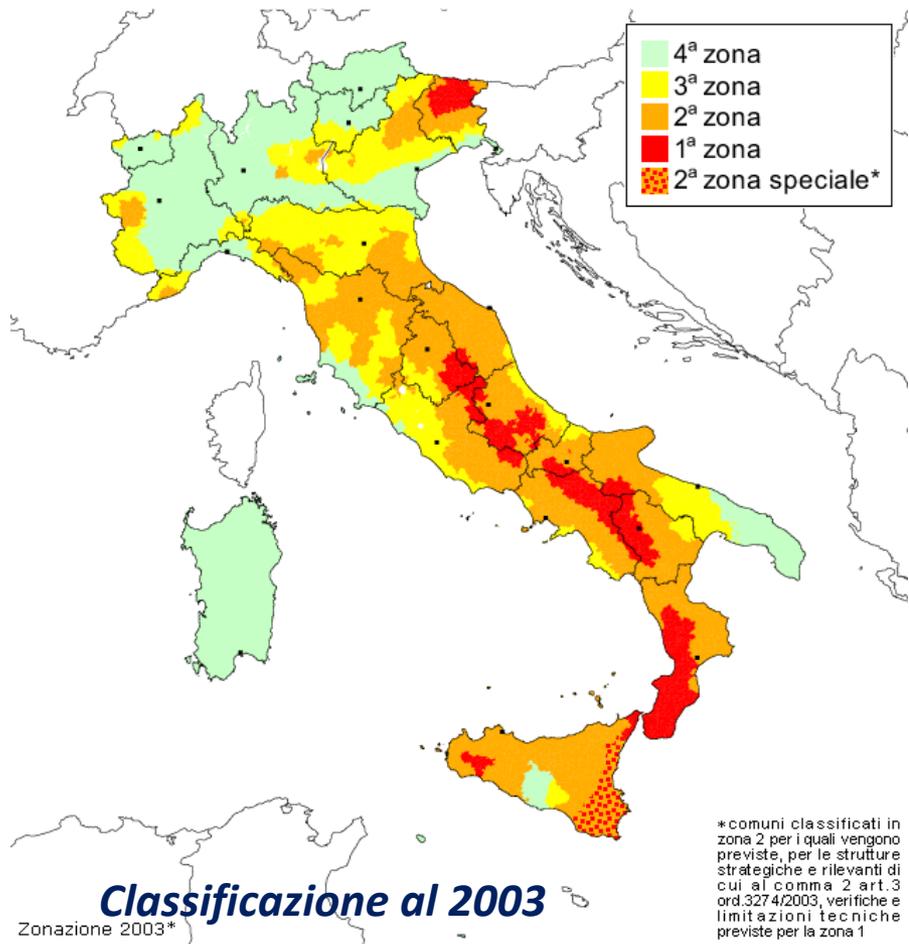


**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



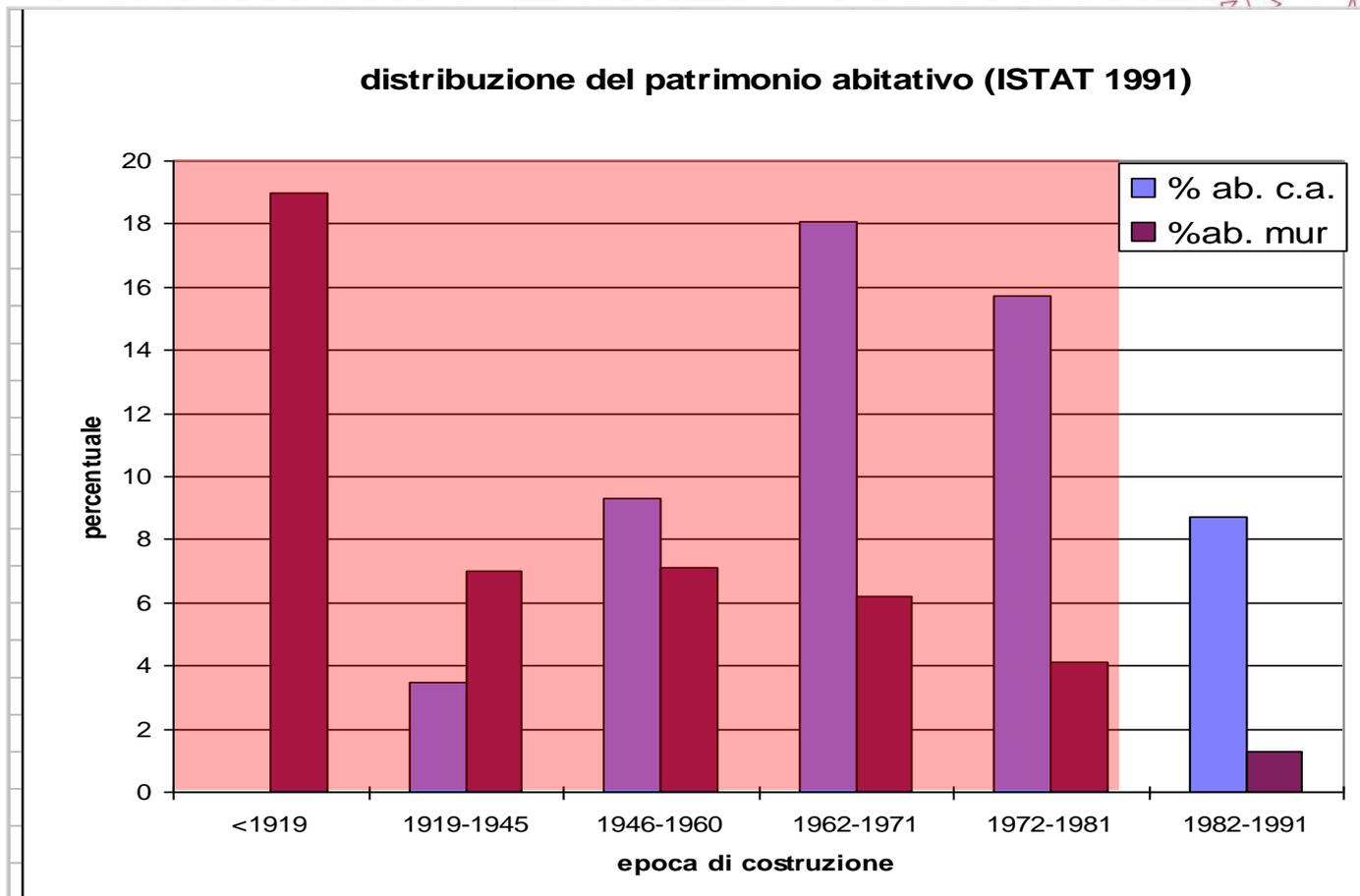
**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# Come cambia la Classificazione





# Patrimonio Edilizio Residenziale



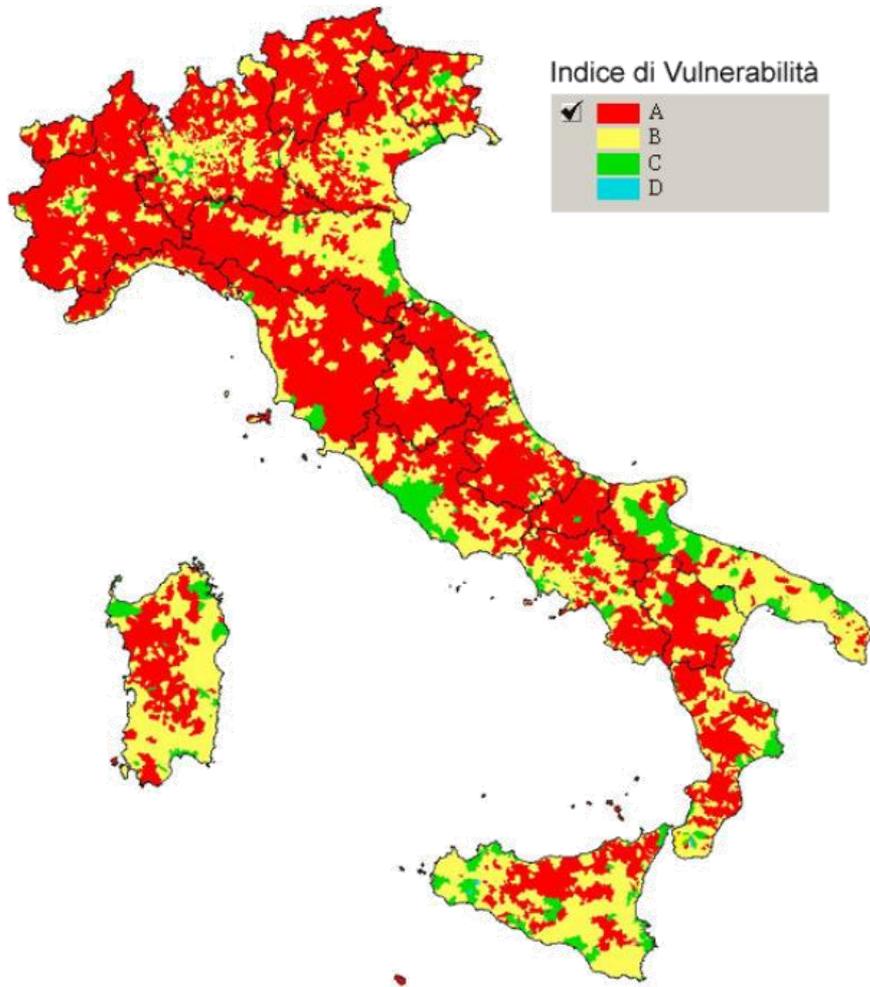
***Al 1991 risulta che solo il 14% delle abitazioni presenti in Italia era stato costruito dopo la classificazione sismica (Fonte SSN)***



**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

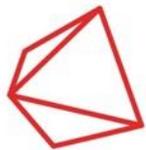


**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING



*Distribuzione delle classi  
tipologiche di vulnerabilità  
EMS98*

## *Vulnerabilità degli edifici*



**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *Irregolarità*





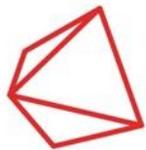
**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *Irregolarità dettagli costruttivi*





**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

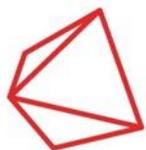


**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING



## ***Dettagli costruttivi***





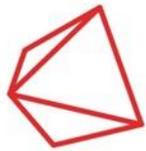
**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *Dettagli costruttivi*



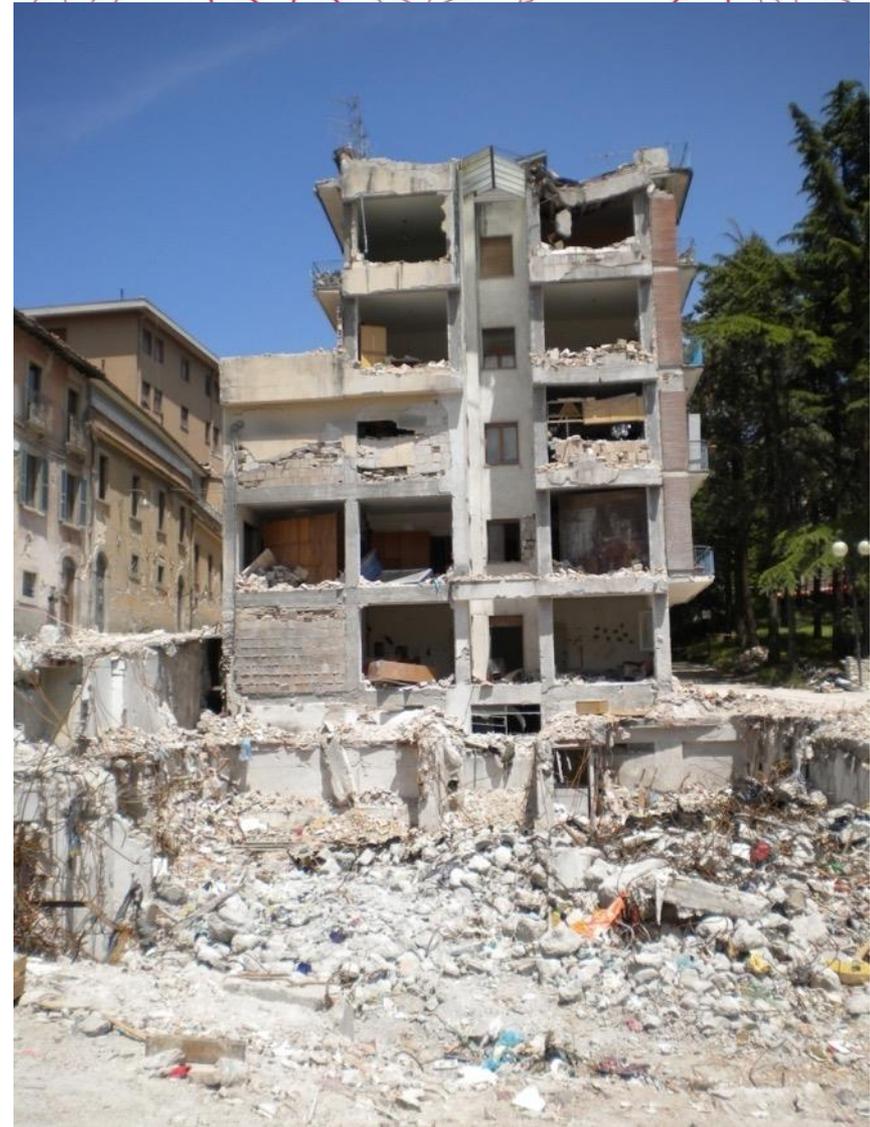


**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *Effetti delle componenti verticali*



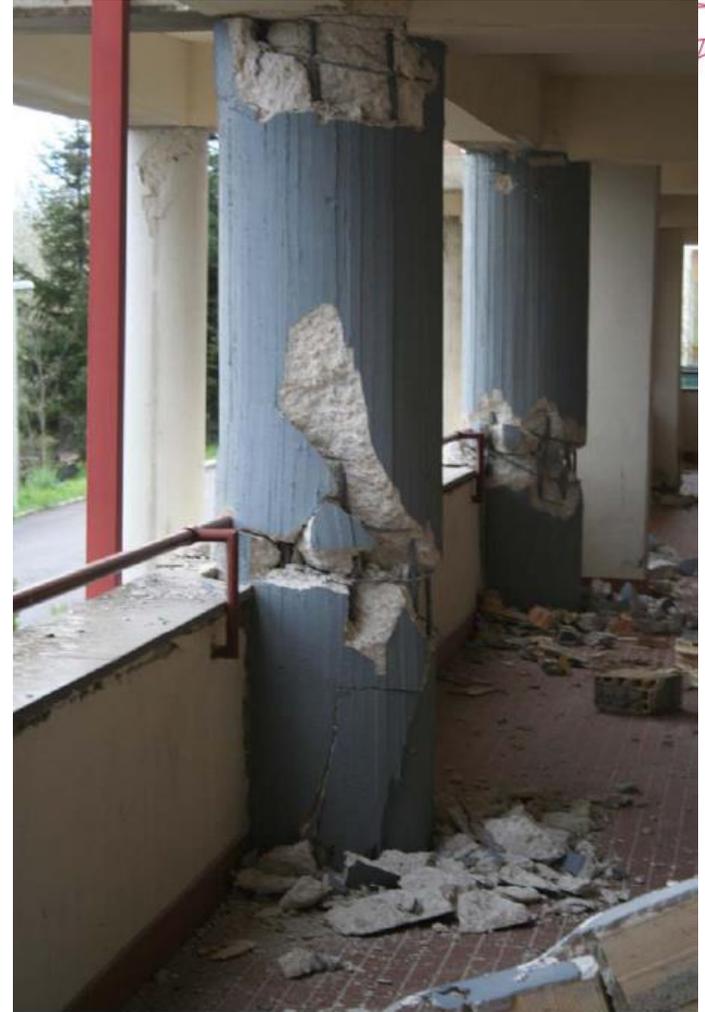


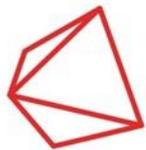
**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *Interazione con elementi non strutturali*





**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *Danni progressi*





**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *Assenza di manutenzione*





**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *Assenza di manutenzione*





**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



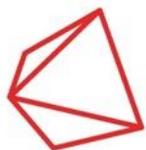
**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *Assenza di manutenzione*



# *Scarse caratteristiche dei materiali*





**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *Modifiche e danni pregressi*





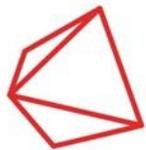
**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *Condizioni al contorno*





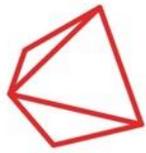
**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *Elementi non strutturali*



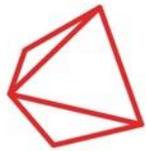


**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# *Il Rischio*



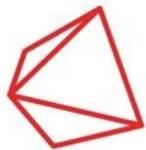
**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



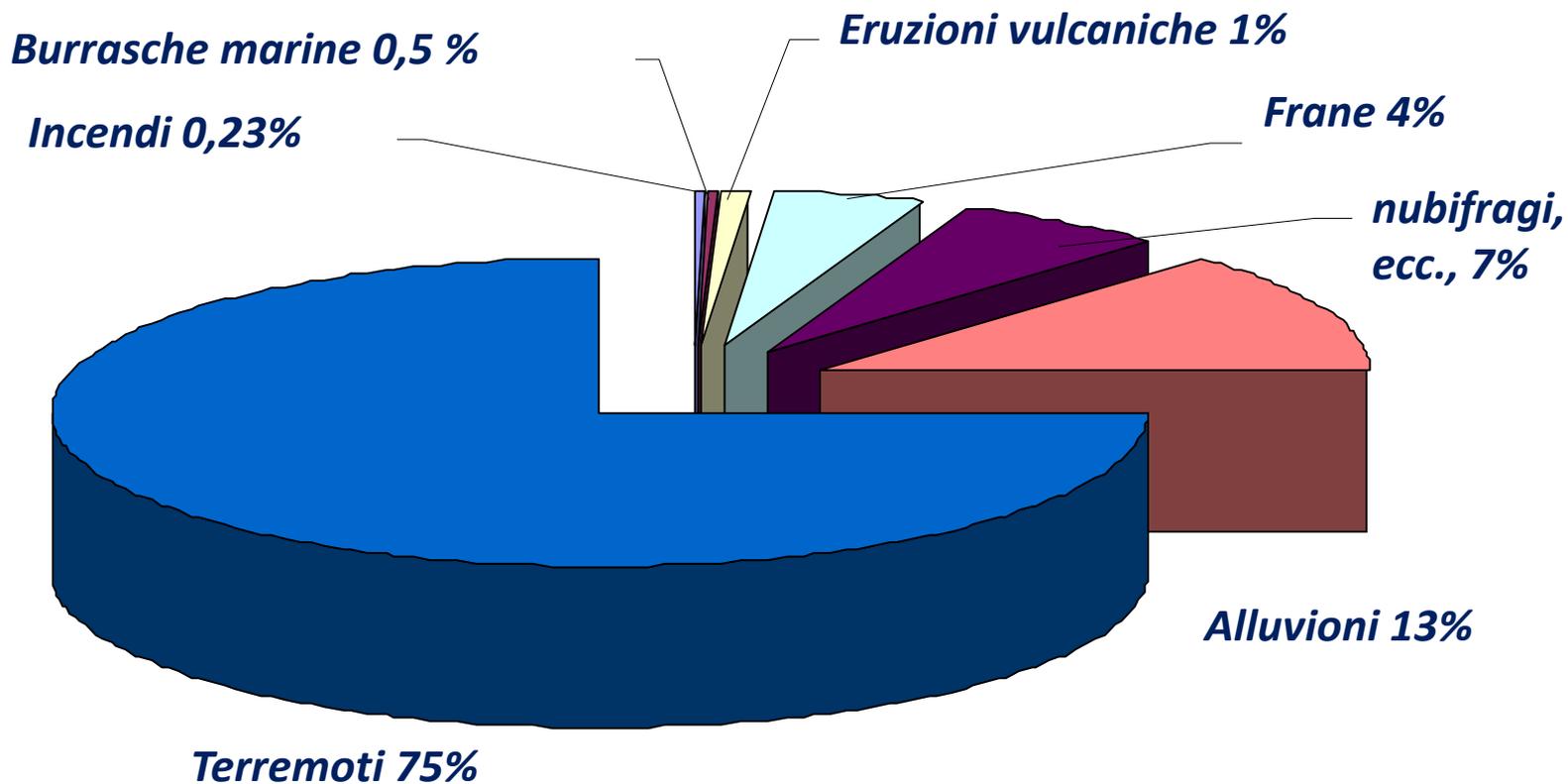
**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

## *Il numero delle vittime*

<i>Data</i>	<i>Area epicentrale</i>	<i>Intensità (MCS)</i>	<i>Magnit. (Maw)</i>	<i>Vittime</i>
8 settembre 1905	Calabria	XI	7.1	557
23 ottobre 1907	Calabria meridionale	VIII-IX	5.9	167
<b>28 dicembre 1908</b>	<b>Reggio C. – Messina</b>	<b>XI</b>	<b>7.2</b>	<b>85.926</b>
7 giugno 1910	Irpinia - Basilicata	VIII-IX	5.9	50 ca.
15 ottobre 1911	Area etnea	X	5.3	13
8 maggio 1914	Area etnea	IX	5.3	69
<b>13 gennaio 1915</b>	<b>Abruzzo (Avezzano)</b>	<b>XI</b>	<b>7.0</b>	<b>32.610</b>
26 aprile 1917	Val Tiberina	IX	5.8	20 ca.
29 giugno 1919	Mugello	IX	6.2	100 ca.
7 settembre 1920	Garfagnana	IX-X	6.5	171
27 marzo 1928	Carnia (Friuli)	VIII-IX	5.7	11
<b>23 luglio 1930</b>	<b>Alta Irpinia</b>	<b>X</b>	<b>6.7</b>	<b>1404</b>
30 ottobre 1930	Senigallia	IX	5.9	18
26 settembre 1933	Maiella	VIII-IX	5.7	12
18 ottobre 1936	Veneto-Friuli	IX	5.9	19
21 agosto 1962	Irpinia	IX	6.2	17
<b>15 gennaio 1968</b>	<b>Valle del Belice</b>	<b>X</b>	<b>6.1</b>	<b>296</b>
<b>6 maggio 1976</b>	<b>Friuli</b>	<b>IX-X</b>	<b>6.4</b>	<b>965</b>
<b>23 novembre 1980</b>	<b>Irpinia</b>	<b>X</b>	<b>6.9</b>	<b>2734</b>
26 settembre 1997	Umbrie Marche	VIII-IX	6.1	11



# Vittime - XX SEC.



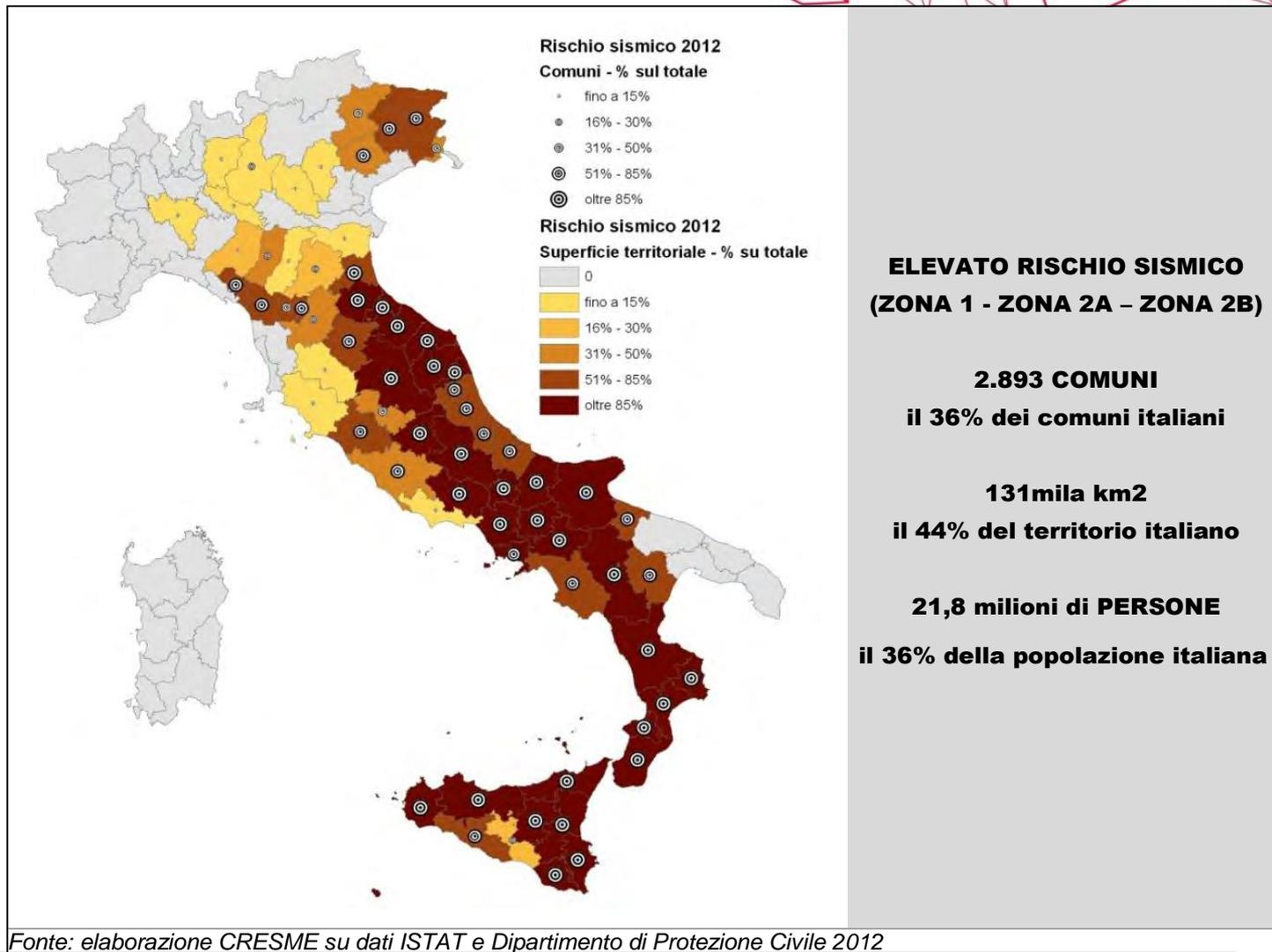


**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# Rischio Sismico

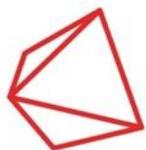


# Rischio Sismico

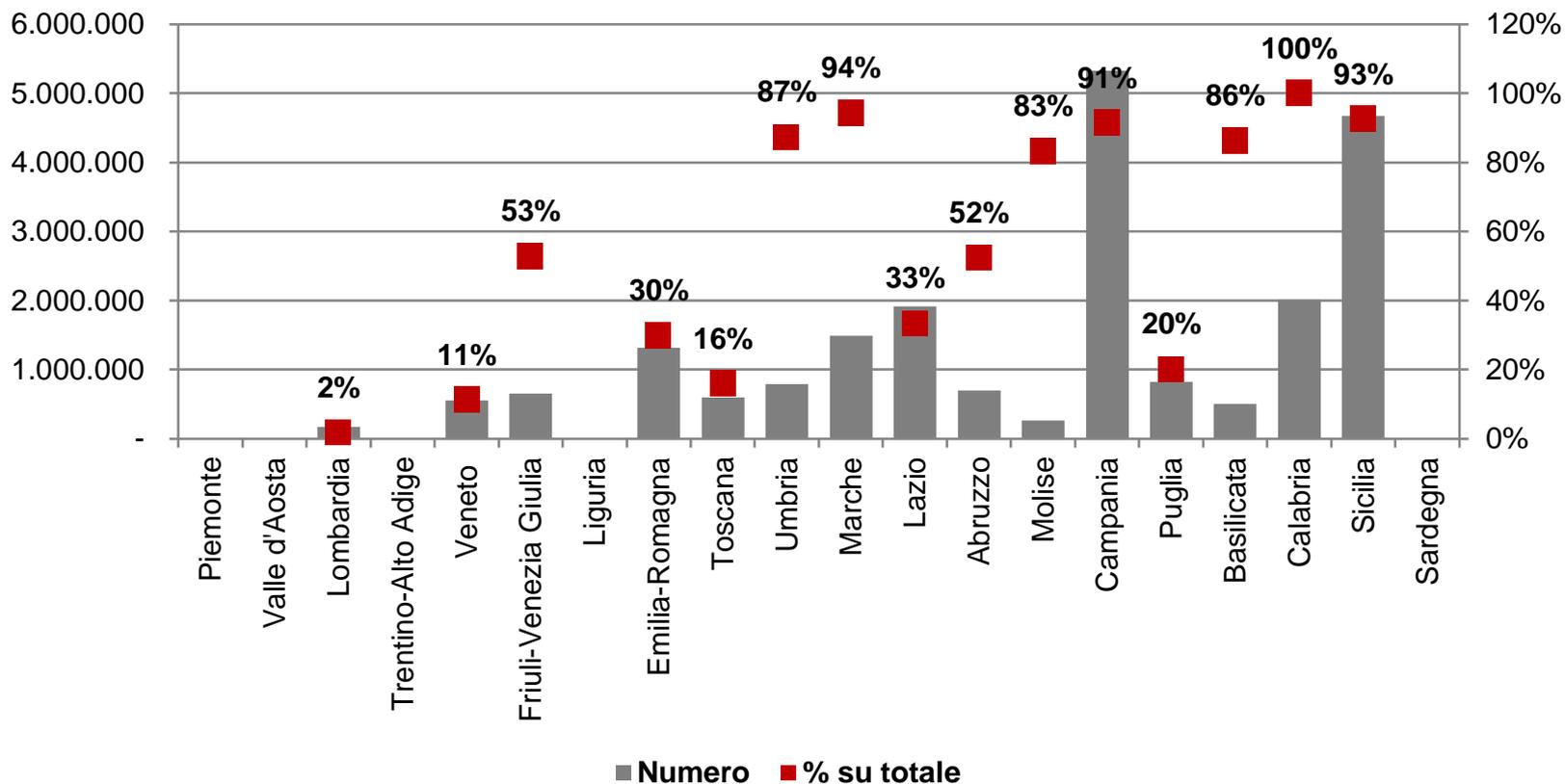
**TABELLA 1.10. - POPOLAZIONE IN AREE A RISCHIO NELLA SITUAZIONE ATTUALE E NELLO SCENARIO PREVISIONALE**

	Situazione attuale (2010)		Scenario previsionale (2020)	
	<i>Rischio sismico</i>	<i>Rischio idrogeologico</i>	<i>Rischio Sismico</i>	<i>Rischio idrogeologico</i>
Nord-ovest	172.618	1.297.775	205.944	1.420.448
Nord-est	2.543.528	1.662.006	2.839.041	1.866.239
Centro	4.724.965	1.096.309	5.313.978	1.196.681
Sud	9.640.075	1.644.856	9.540.774	1.638.984
Isole	4.672.253	91.966	4.668.937	91.017
<b>Totale</b>	<b>21.753.439</b>	<b>5.792.912</b>	<b>22.568.674</b>	<b>6.213.369</b>

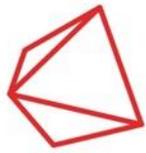
Fonte: elaborazione CRESME Demo/SI su dati ISTAT



# Popolazione residente esposta



Fonte: elaborazione CRESME su dati ISTAT e Dipartimento di Protezione Civile 2012



**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# ***Bonus Sisma***

## IS-V

### Indice di Sicurezza (SLV)

— Rischio minore

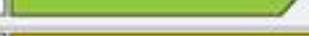
100% < IS-V	A+ 
100% ≤ IS-V < 80%	A 
80% ≤ IS-V < 60%	B 
60% ≤ IS-V < 45%	C 
45% ≤ IS-V < 30%	D 
30% ≤ IS-V < 15%	E 
IS-V ≤ 15%	F 

+ Rischio maggiore

## PAM

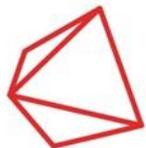
### Perdita Annuale Media Attesa

— Rischio minore

PAM ≤ 0,50%	A+ 
0,50% < PAM ≤ 1,0%	A 
1,0% < PAM ≤ 1,5%	B 
1,5% < PAM ≤ 2,5%	C 
2,5% < PAM ≤ 3,5%	D 
3,5% < PAM ≤ 4,5%	E 
4,5% < PAM ≤ 7,5%	F 
7,5% ≤ PAM	G 

+ Rischio maggiore

*I metodi e parametri definiti dal documento approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sono applicabili agli edifici di civile abitazione o comunque 'non tutelati'; per gli edifici storici sono necessarie ulteriori indicazioni dal MIBACT in accordo con il CSLLPP.*



## ALLEGATO B

**ASSEVERAZIONE** AI SENSI DELL'ART. 4 COMMA 1 DEL DECRETO MINISTERIALE \_\_\_\_\_

### CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA COSTRUZIONE

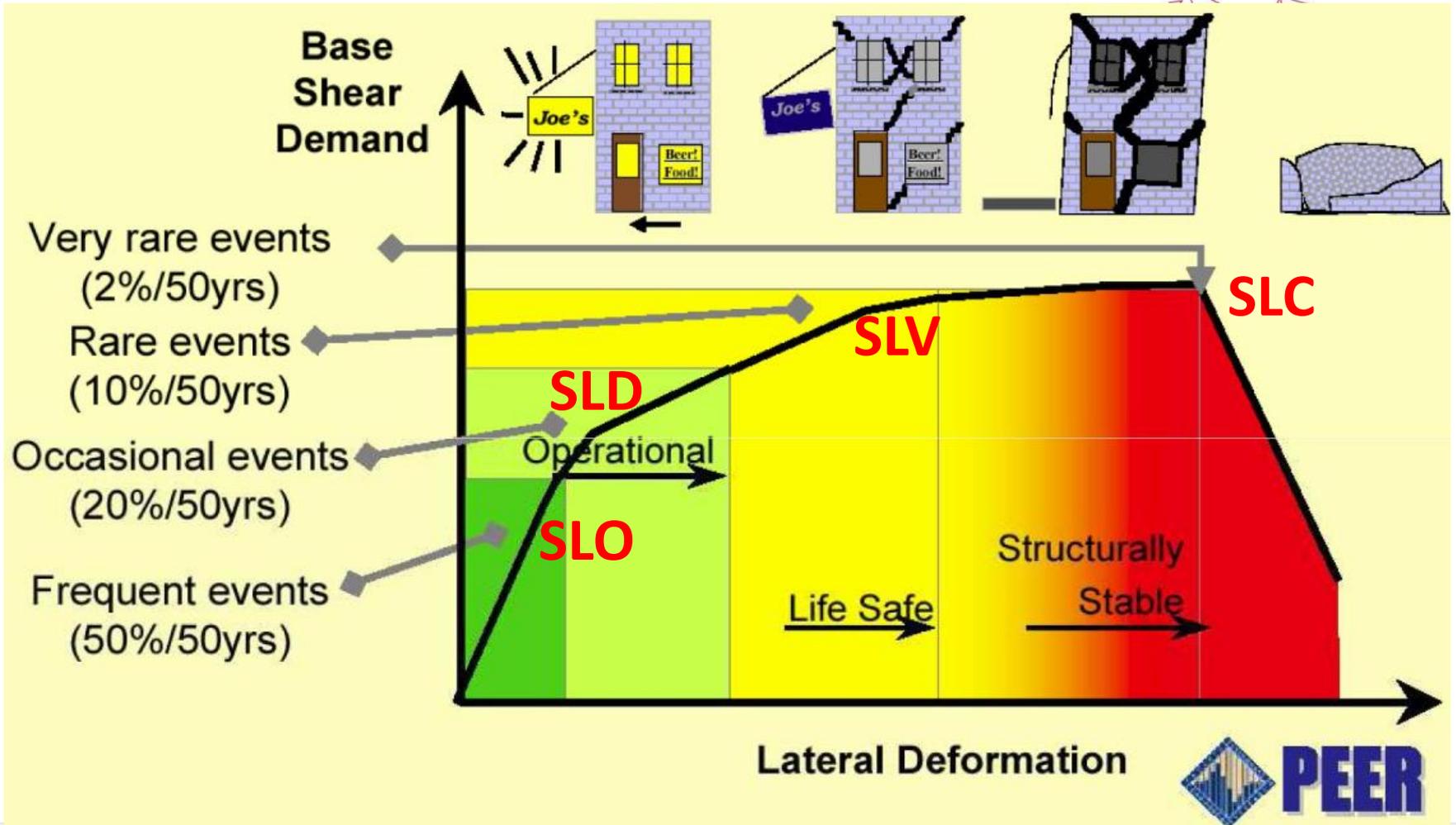
situata nel COMUNE DI \_\_\_\_\_, al/ai seguente/i indirizzo/i

\_\_\_\_\_

riportata al catasto al Foglio n. \_\_\_\_\_ Particella/e n. \_\_\_\_\_ sub. n. \_\_\_\_\_

*Coordinate geografiche di due spigoli opposti della costruzione ( WGS 84 - gradi decimali - fuso 32-33)*

Spigolo 1	Lat.         ,	Lon.         ,	Fuso 
Spigolo 2	Lat.         ,	Lon.         ,	Fuso 

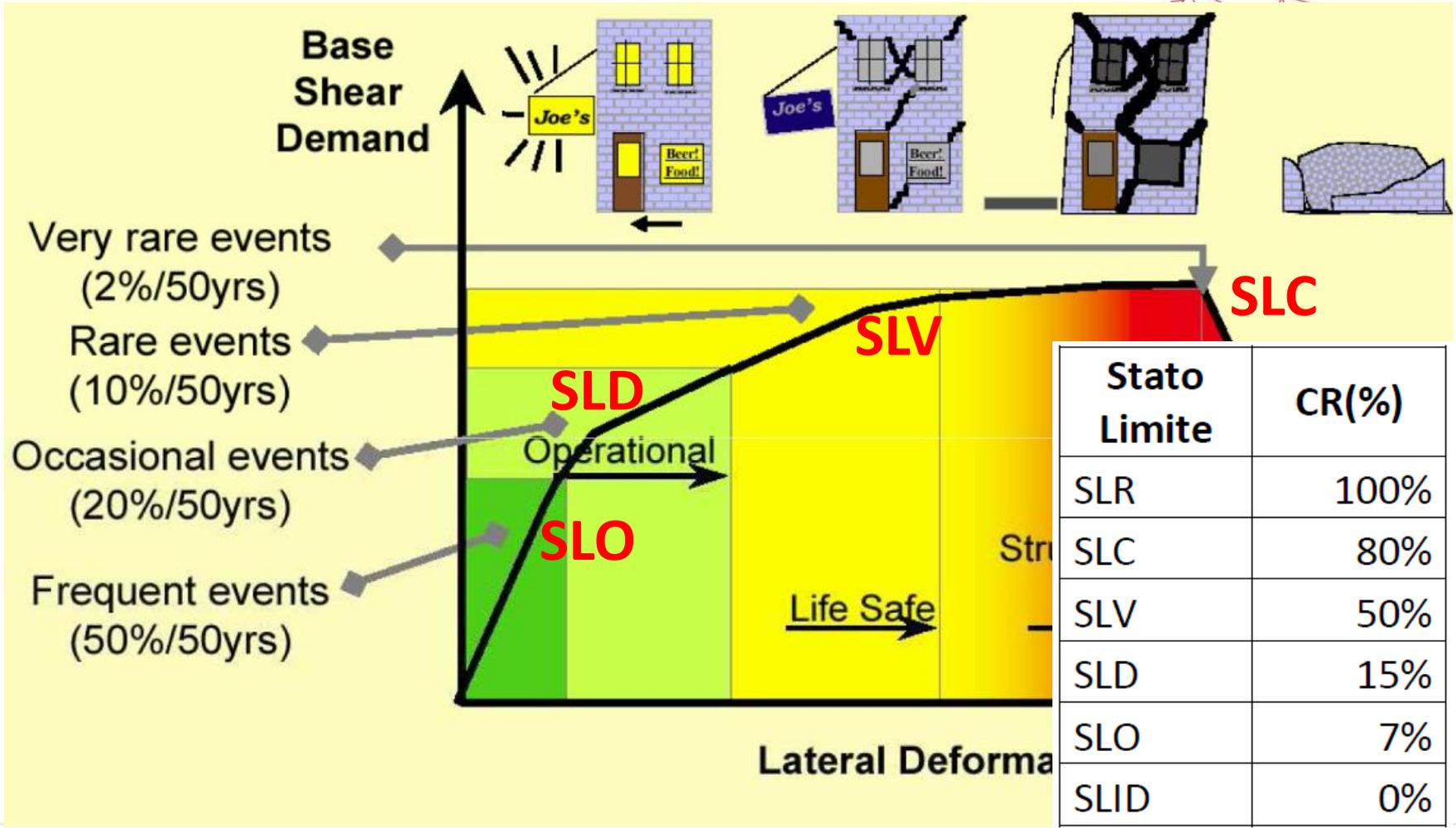




**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

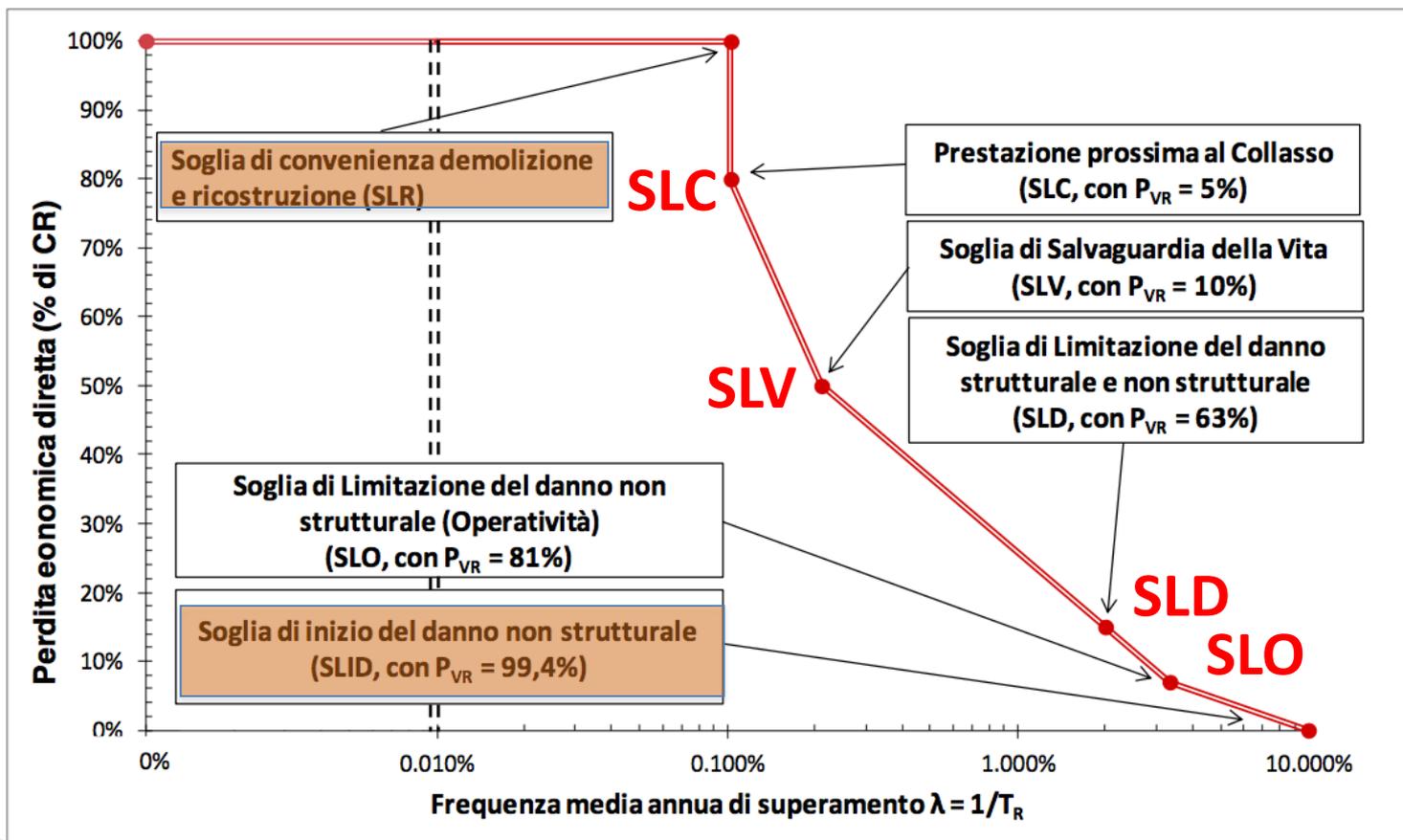


**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING





## Andamento della curva per il calcolo del PAM, riferito a una costruzione con vita nominale 50 anni e appartenente alla classe d'uso II



# La verifica degli SL

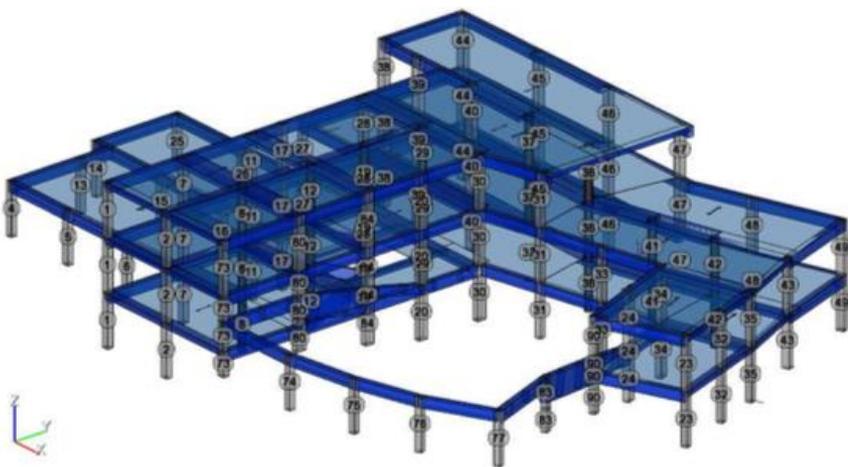


Figura 5.46-Vista 3d numerazione pilastri.

## Metodi Lineari o Non Lineari

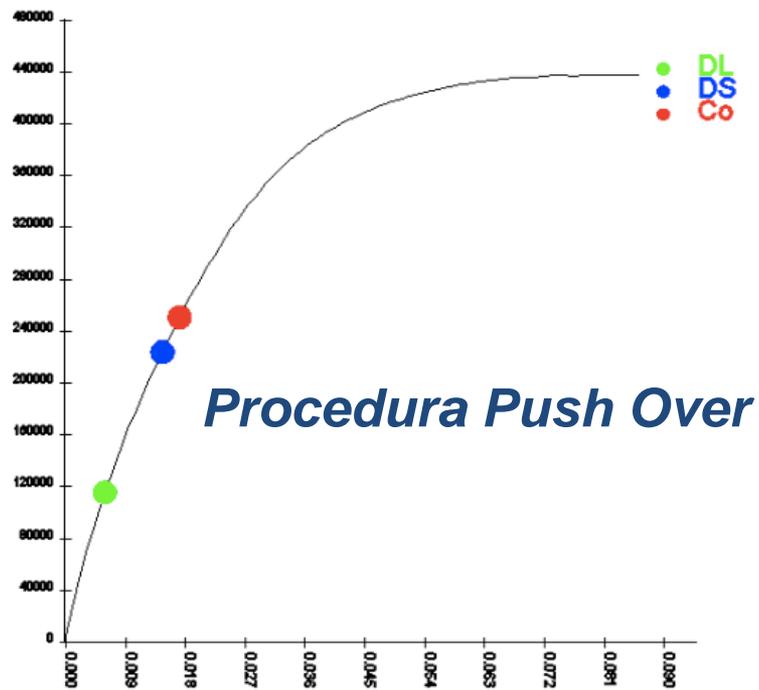
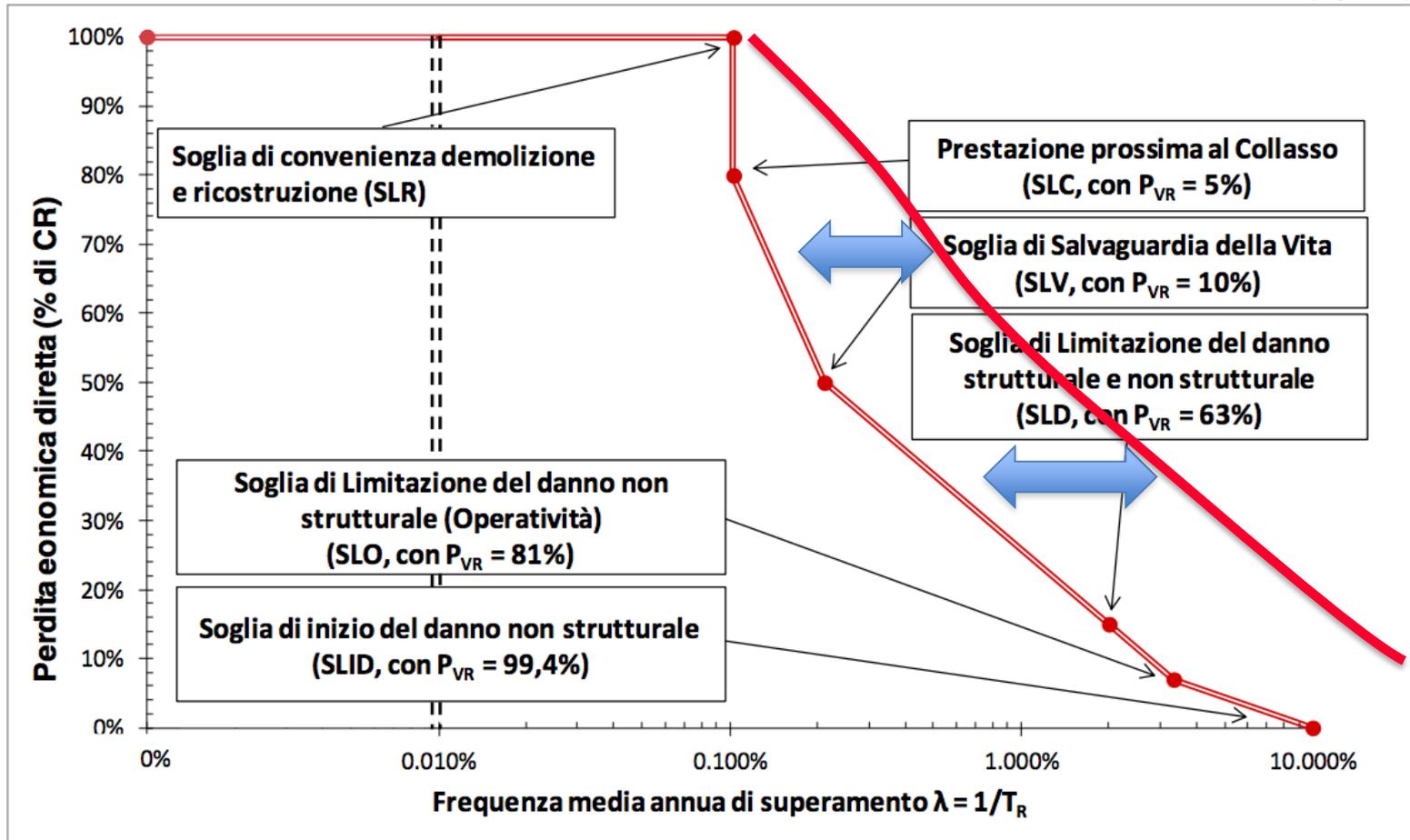


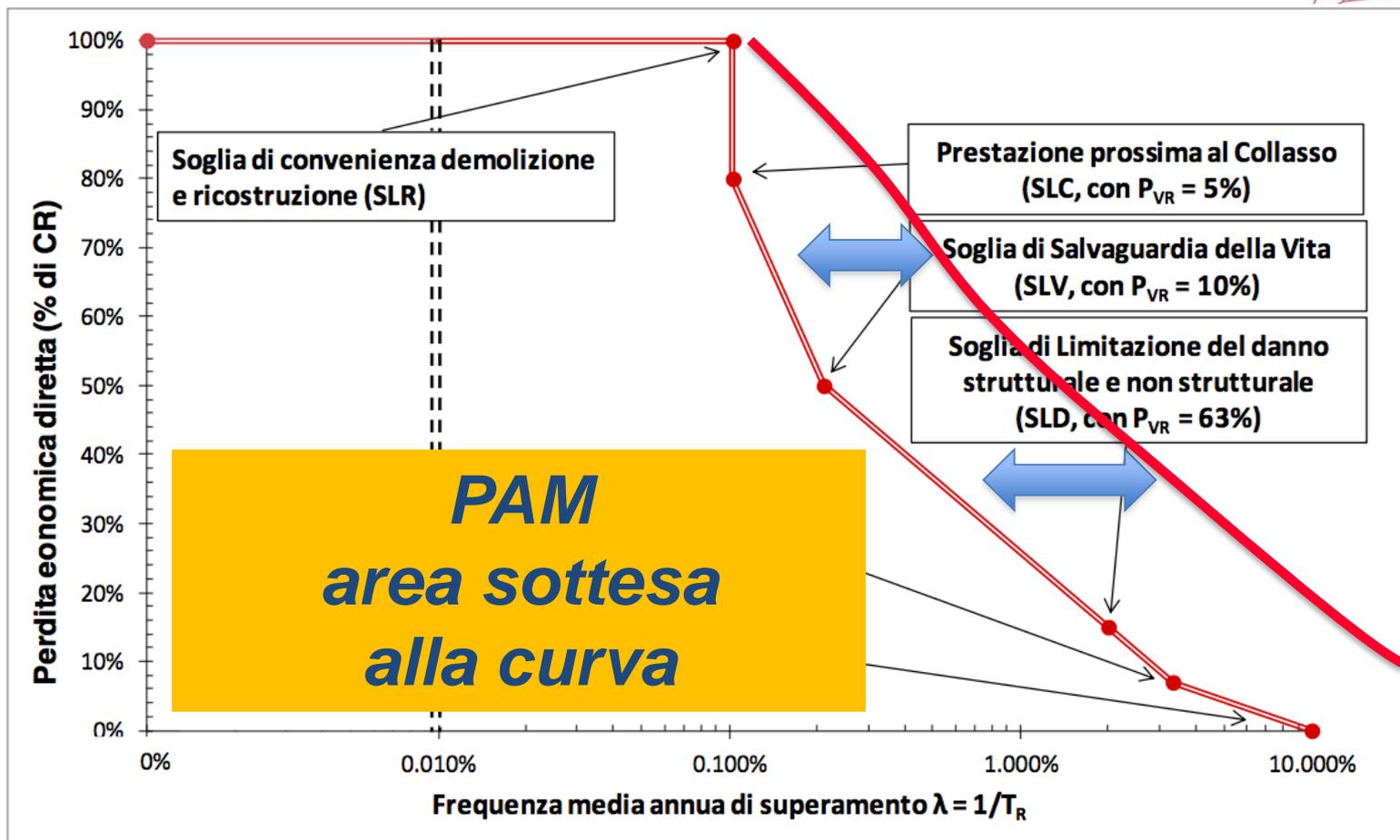
Figura 5.51-Curva di capacità ridotta.



## Andamento della curva per il calcolo del PAM



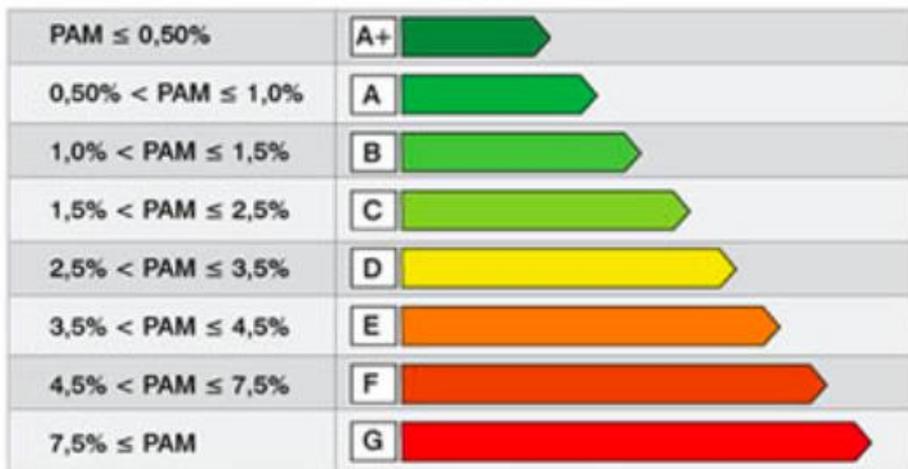
## Andamento della curva per il calcolo del PAM





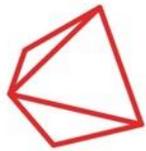
Perdita Media Annuale attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	$A^+_{PAM}$
$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$	$A_{PAM}$
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	$B_{PAM}$
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	$C_{PAM}$
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	$D_{PAM}$
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	$E_{PAM}$
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	$F_{PAM}$
$7,5\% \leq PAM$	$G_{PAM}$

— Rischio minore



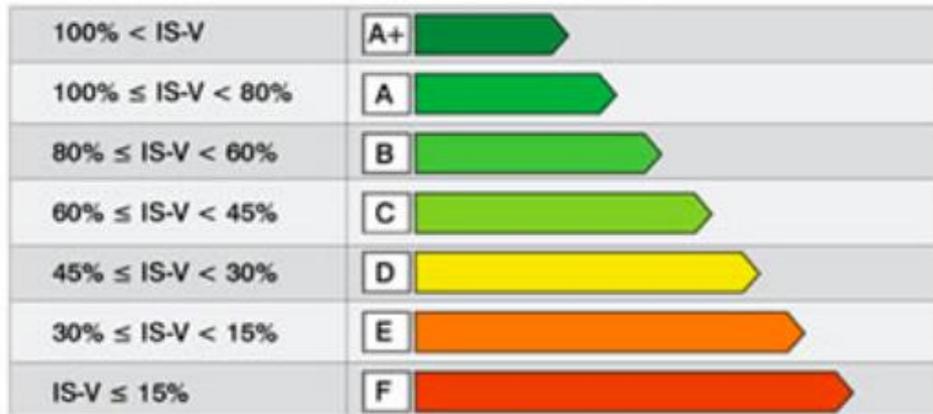
+ Rischio maggiore

## Assegnazione della classe dal calcolo del PAM



Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	$A^+_{IS-V}$
$80\% \leq IS-V < 100\%$	$A_{IS-V}$
$60\% \leq IS-V < 80\%$	$B_{IS-V}$
$45\% \leq IS-V < 60\%$	$C_{IS-V}$
$30\% \leq IS-V < 45\%$	$D_{IS-V}$
$15\% \leq IS-V < 30\%$	$E_{IS-V}$
$IS-V \leq 15\%$	$F_{IS-V}$

— Rischio minore



+ Rischio maggiore

## Assegnazione della classe dal calcolo del IS-V

*Sicurezza nei confronti dello stato limite di salvaguardia della vita umana*

**Metodo convenzionale:** applicabile a qualsiasi tipologia di costruzione, basato sull'applicazione dei normali metodi di analisi previsti dalle attuali Norme Tecniche e consente la valutazione della Classe di Rischio della costruzione, sia nello stato di fatto sia nello stato conseguente all'eventuale intervento, consentendo il miglioramento di una o più classi di rischio.

**Metodo semplificato:** basato su classificazione macrosismica dell'edificio, è indicato per una valutazione economica e speditiva (senza specifiche indagini e/o calcoli) della Classe di Rischio e può essere utilizzato sia per una valutazione preliminare indicativa, sia per l'accesso al beneficio fiscale in relazione all'adozione di interventi di tipo locale, consentendo al massimo il miglioramento di una sola classe di rischio.

# *Metodo semplificato*

*Il metodo semplificato si basa su una classificazione macrosismica dell'edificio, è indicato per una valutazione speditiva della Classe di Rischio dei soli edifici in muratura e può essere utilizzato sia per una valutazione preliminare indicativa, sia per valutare, limitatamente agli edifici in muratura, la classe di rischio in relazione all'adozione di interventi di tipo locale.*

# Metodo semplificato

Tipologia di struttura		Classe di vulnerabilità					
		V <sub>6</sub> (≡A <sub>EMS</sub> )	V <sub>5</sub> (≡B <sub>EMS</sub> )	V <sub>4</sub> (≡C <sub>EMS</sub> )	V <sub>3</sub> (≡D <sub>EMS</sub> )	V <sub>2</sub> (≡E <sub>EMS</sub> )	V <sub>1</sub> (≡F <sub>EMS</sub> )
<b>MURATURA</b>	Muratura di pietra senza legante (a secco)	○					
	Muratura di mattoni di terra cruda (adobe)	○—					
	Muratura di pietra sbazzata	—○					
	Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali		—○—				
	Muratura di mattoni e pietra lavorata	—○—					
	Muratura di mattoni e solai di rigidità elevata		—○—				
	Muratura rinforzata e/o confinata			—○—			

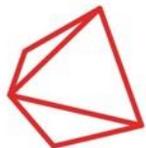
Figura 2 – Approccio semplificato per l'attribuzione della Classe di Vulnerabilità agli edifici in muratura

Nello specifico si determina, sulla base delle caratteristiche della costruzione, la Classe di Rischio di appartenenza a partire dalla classe di vulnerabilità definita dalla **Scala Macrosismica Europea (EMS)**



TIPOLOGIA STRUTTURALE		PECULIARITÀ CARATTERISTICHE DELLA TIPOLOGIA STRUTTURALE	CLASSE MEDIA DI VULNERABILITÀ GLOBALE	POSSIBILI MECCANISMI LOCALI	PECULIARITÀ NEGATIVE PER LA VULNERABILITÀ LOCALE/GLOBALE	PAS-SAGGIO DI CLASSE
INERTI / MAGLIA MURARIA						
MURATURA	pietra grezza	<ul style="list-style-type: none"> <li>Legante di cattiva qualità e/o assente</li> <li>Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidezza e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti</li> </ul>	V <sub>6</sub>			
	mattoni di terra cruda (adobe)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orizzontamenti di legno o di mattoni ma comunque caratterizzati da scarsa rigidezza e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti</li> <li>Eventuale presenza di telai di legno</li> </ul>	V <sub>6</sub>			
	pietra sbozzata	<ul style="list-style-type: none"> <li>Accorgimenti per aumentare la resistenza (ad es. listature).</li> <li>Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidezza e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti</li> </ul>	V <sub>5</sub>	Ribaltamento delle pareti	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scarsa qualità costruttiva</li> <li>Elevato degrado e/o danneggiamento</li> <li>Spinte orizzontali non contrastate</li> <li>Pannelli murari male ammortati tra loro</li> <li>Orizzontamenti male ammortati alle pareti</li> <li>Aperture di elevate dimensioni intervallate da maschi di ridotte dimensioni</li> </ul>	da V <sub>5</sub> a V <sub>6</sub>
	mattoni o pietra lavorata	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orizzontamenti di mattoni o di legno caratterizzati da scarsa rigidezza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti</li> </ul>	V <sub>5</sub>			
	pietra massiccia per costruzioni monumentali	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orizzontamenti a volta o di legno caratterizzati da scarsa rigidezza e/o resistenza nel proprio piano medio</li> </ul>	V <sub>4</sub>	Meccanismi parziali o di piano	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presenza di numerose nicchie che riducono significativamente l'area resistente della muratura</li> <li>Pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) non controventate a sufficienza</li> </ul>	da V <sub>4</sub> a V <sub>5</sub>
	mattoni + solai d'elevata rigidezza nel proprio piano medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Funzionamento scatolare della costruzione</li> <li>Orizzontamenti di calcestruzzo armato o comunque caratterizzati da elevata rigidezza nel proprio piano medio ben collegati alla muratura</li> </ul>	V <sub>4</sub>	Ribaltamento delle pareti  Meccanismi parziali o di piano	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scarsa qualità costruttiva</li> <li>Elevato degrado e/o danneggiamento</li> <li>Pannelli murari male ammortati tra loro</li> <li>Orizzontamenti male ammortati alle pareti</li> <li>Pannelli murari a doppio strato con camera d'aria</li> <li>Assenza totale o parziale di cordoli</li> <li>Aperture di elevate dimensioni intervallate da maschi di ridotte dimensioni</li> <li>Presenza di numerose nicchie che riducono significativamente l'area resistente della muratura</li> <li>Pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) non controventate a sufficienza</li> </ul>	da V <sub>4</sub> a V <sub>5</sub>
	armata e/o confinata	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevata qualità delle muratura, rinforzata da reti o barre di acciaio, e/o realizzata tra travi e colonne che la racchiudono in corrispondenza di tutti e quattro i lati</li> <li>Orizzontamenti di calcestruzzo armato o comunque caratterizzati da elevata rigidezza nel proprio piano medio</li> </ul>	V <sub>3</sub>	Meccanismi dovuti, ad esempio, ad un'errata disposizione degli elementi non strutturali che possono ridurre la duttilità globale	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scarsa qualità costruttiva</li> <li>Elevato degrado o danneggiamento</li> <li>Elevata irregolarità in pianta e/o in altezza</li> <li>Presenza numerosa di elementi non-strutturali che modificano negativamente il comportamento locale e/o globale</li> <li>Aperture di elevanti dimensioni intervallate da maschi di ridotte dimensioni</li> <li>Pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) non controventate a sufficienza</li> </ul>	da V <sub>3</sub> a V <sub>4</sub>

Tabella 4 – Costruzioni in muratura: classi medie di vulnerabilità globale e passaggi di classe.



TIPOLOGIA STRUTTURALE		PECULIARITÀ CARATTERISTICHE DELLA TIPOLOGIA STRUTTURALE	CLASSE MEDIA DI VULNERABILITÀ GLOBALE	POSSIBILI MECCANISMI LOCALI	PECULIARITÀ NEGATIVE PER LA VULNERABILITÀ LOCALE/GLOBALE	PAS-SAGGIO DI CLASSE
INERTI / MAGLIA MURARIA						
pietra grezza		<ul style="list-style-type: none"> <li>Legante di cattiva qualità e/o assente</li> <li>Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidità e/o</li> </ul>	V <sub>6</sub>			
pietra grezza		<ul style="list-style-type: none"> <li>Legante di cattiva qualità e/o assente</li> <li>Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidità e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti</li> </ul>	V <sub>6</sub>			
mattoni di terra cruda (adobe)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Orizzontamenti di legno o di mattoni ma comunque caratterizzati da scarsa rigidità e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti</li> <li>Eventuale presenza di telai di legno</li> </ul>	V <sub>6</sub>		da maschi di ridotte	da V <sub>5</sub> a V <sub>6</sub>
pietra sbazzata		<ul style="list-style-type: none"> <li>Accorgimenti per aumentare la resistenza (ad es. listature).</li> <li>Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidità e/o</li> </ul>	V <sub>5</sub>		significativamente l'area	da V <sub>4</sub> a V <sub>5</sub>
MURATURE	monumentali			piano	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) non controventate a sufficienza</li> </ul>	
	mattoni + solai d'elevata rigidità nel proprio piano medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Funzionamento scatolare della costruzione</li> <li>Orizzontamenti di calcestruzzo armato o comunque caratterizzati da elevata rigidità nel proprio piano medio ben collegati alla muratura</li> </ul>	V <sub>4</sub>	Ribaltamento delle pareti  Meccanismi parziali o di piano	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scarsa qualità costruttiva</li> <li>Elevato degrado e/o danneggiamento</li> <li>Pannelli murari male ammassati tra loro</li> <li>Orizzontamenti male ammassati alle pareti</li> <li>Pannelli murari a doppio strato con camera d'aria</li> <li>Assenza totale o parziale di cordoli</li> <li>Aperture di elevate dimensioni intervallate da maschi di ridotte dimensioni</li> <li>Presenza di numerose nicchie che riducono significativamente l'area resistente della muratura</li> <li>Pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) non controventate a sufficienza</li> </ul>	da V <sub>4</sub> a V <sub>5</sub>
	armata e/o confinata	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevata qualità delle murature, rinforzata da reti o barre di acciaio, e/o realizzata tra travi e colonne che la racchiudono in corrispondenza di tutti e quattro i lati</li> <li>Orizzontamenti di calcestruzzo armato o comunque caratterizzati da elevata rigidità nel proprio piano medio</li> </ul>	V <sub>3</sub>	Meccanismi dovuti, ad esempio, ad un'errata disposizione degli elementi non strutturali che possono ridurre la duttilità globale	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scarsa qualità costruttiva</li> <li>Elevato degrado o danneggiamento</li> <li>Elevata irregolarità in pianta e/o in altezza</li> <li>Presenza numerosa di elementi non-strutturali che modificano negativamente il comportamento locale e/o globale</li> <li>Aperture di elevanti dimensioni intervallate da maschi di ridotte dimensioni</li> <li>Pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) non controventate a sufficienza</li> </ul>	da V <sub>3</sub> a V <sub>4</sub>

Tabella 4 – Costruzioni in muratura: classi medie di vulnerabilità globale e passaggi di classe.

# Metodo semplificato

TIPOLOGIA STRUTTURALE		INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE	FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITÀ
MURATURA	INERTI/MAGLIA MURARIA			
		mattoni o pietra lavorata	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> <li>Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate</li> <li>Messa in sicurezza di elementi non strutturali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perseguire un comportamento "regolare" e "scatolare".<sup>(9)</sup></li> <li>Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali</li> </ul>
	mattoni + solai di elevata rigidezza nel proprio piano	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> <li>Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate</li> <li>Eliminazione delle spinte a vuoto</li> <li>Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza)</li> <li>Stabilizzazione del paramento interno dei pannelli murari con camera d'aria</li> </ul> INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI <ul style="list-style-type: none"> <li>Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perseguire un comportamento "regolare" e "scatolare".<sup>(10)</sup></li> <li>Garantire un'adeguata redistribuzione dell'azione orizzontale tra i pannelli murari</li> <li>Posticipare i meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali</li> </ul>	da V <sub>5</sub> a V <sub>4</sub>
		ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> <li>Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate</li> <li>Messa in sicurezza di elementi non strutturali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perseguire un comportamento regolare della struttura.<sup>(10)</sup></li> <li>Minimizzare il danno agli elementi non strutturali</li> </ul>	da V <sub>4</sub> a V <sub>3</sub>
	rinforzata e/o confinata	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> <li>Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate</li> <li>Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza)</li> </ul> INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI <ul style="list-style-type: none"> <li>Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perseguire un comportamento regolare della struttura.<sup>(10)</sup></li> <li>Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali</li> </ul>	da V <sub>4</sub> a V <sub>3</sub>
		ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> <li>Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate</li> <li>Messa in sicurezza di elementi non strutturali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perseguire un comportamento regolare della struttura.<sup>(10)</sup></li> <li>Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali</li> </ul>	da V <sub>3</sub> a V <sub>2</sub>

Tabella 6 – Approccio semplificato per gli interventi sulle le costruzioni di muratura - Interventi locali necessari per ridurre la vulnerabilità di una sola classe.

# Metodo semplificato

TIPOLOGIA STRUTTURALE	INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE	FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITÀ
INERTI/MAGLIA MURARIA	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE	• Perseguire un comportamento "regolare" e	
mattoni + solai di elevata rigidezza nel proprio piano	<b>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate</li> <li>• Eliminazione delle spinte a vuoto</li> <li>• Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza)</li> <li>• Stabilizzazione del paramento interno dei pannelli murari con camera d'aria</li> </ul> <b>INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perseguire un comportamento "regolare" e "scatolare".<sup>(10)</sup></li> <li>• Garantire un'adeguata redistribuzione dell'azione orizzontale tra i pannelli murari</li> <li>• Posticipare i meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali</li> </ul>	da V <sub>5</sub> a V <sub>4</sub>
	<b>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate</li> <li>• Messa in sicurezza di elementi non strutturali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perseguire un comportamento regolare della struttura.<sup>(10)</sup></li> <li>• Minimizzare il danno agli elementi non strutturali</li> </ul>	da V <sub>4</sub> a V <sub>3</sub>
rinforzata e/o confinata	<b>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate</li> <li>• Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza)</li> <li>• Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)</li> </ul> <b>INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perseguire un comportamento regolare della struttura.<sup>(10)</sup></li> <li>• Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali</li> </ul>	da V <sub>4</sub> a V <sub>3</sub>
	<b>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate</li> <li>• Messa in sicurezza di elementi non strutturali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perseguire un comportamento regolare della struttura.<sup>(10)</sup></li> <li>• Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali</li> </ul>	da V <sub>3</sub> a V <sub>2</sub>

Tabella 6 – Approccio semplificato per gli interventi sulle le costruzioni di muratura - Interventi locali necessari per ridurre la vulnerabilità di una sola classe.

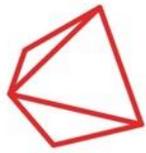


# Metodo semplificato

Classe di Rischio	PAM	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
A+*	$PAM \leq 0,50\%$				$V_1 \div V_2$
A*	$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$			$V_1 \div V_2$	$V_3 \div V_4$
B*	$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	$V_1$	$V_1 \div V_2$	$V_3$	$V_5$
C*	$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_6$
D*	$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	$V_3$	$V_4$	$V_5 \div V_6$	
E*	$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	$V_4$	$V_5$		
F*	$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	$V_5$	$V_6$		
G*	$7,5\% \leq PAM$	$V_6$			

Tabella 5 – Classe PAM attribuita in funzione della classe di vulnerabilità assegnata all'edificio e della zona sismica in cui lo stesso è situato

$$\text{Rischio} = f(\text{Pericolosità}, \text{Esposizione}, \text{Vulnerabilità})$$



**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

# Metodo convenzionale

*Il metodo convenzionale è concettualmente **applicabile a qualsiasi tipologia di costruzione**, è basato sull'applicazione dei **normali metodi di analisi previsti dalle attuali Norme Tecniche** e consente la valutazione della Classe di Rischio della costruzione sia nello stato di fatto sia nello stato conseguente all'eventuale intervento.*

# Metodo convenzionale PAM

- 1)  $PGA_C$  per ogni stato limite
- 2)  $T_{rC} = T_{rD} (PGA_C/PGA_D)^{\eta}$
- 3)  $\lambda = 1/T_{rC}$

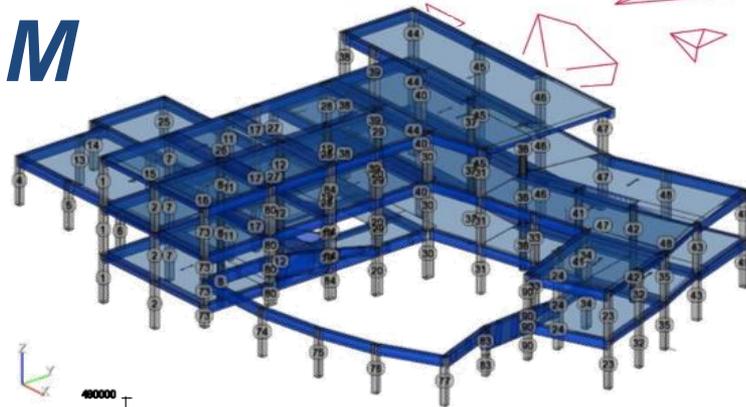


Figura 5.46-Vista 3d numerazione pilastri.

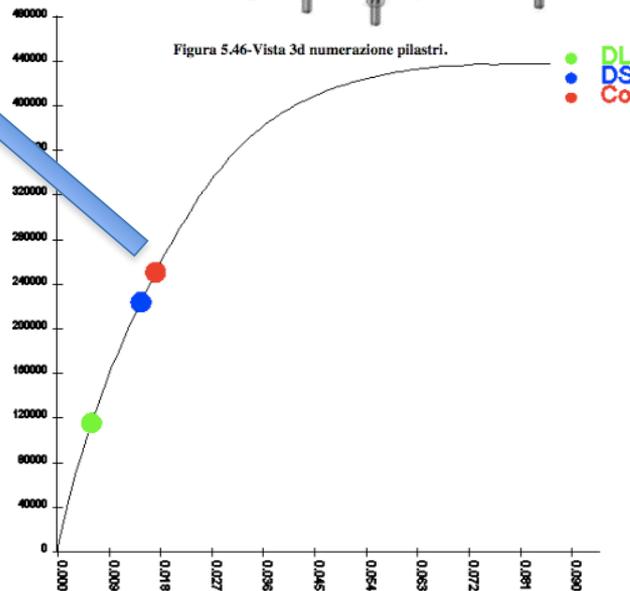
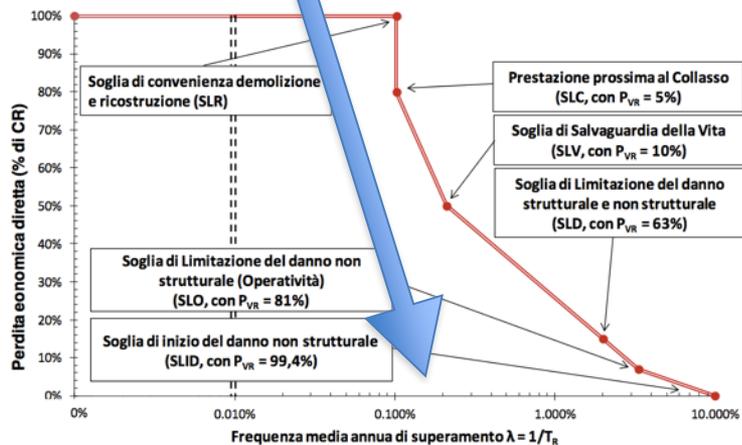
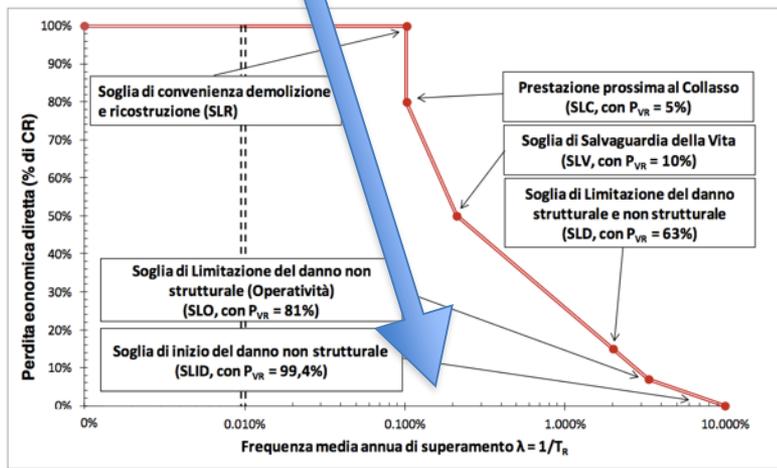
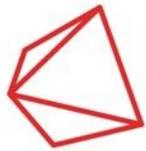


Figura 5.51-Curva di capacità ridotta.





**SOFT.LAB**  
SOFTWARE PER L'EDILIZIA



**LACE**  
LABORATORY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

## *Metodo convenzionale IS-V*

*L'indice di sicurezza per la vita **IS-V** è il rapporto tra la **PGA<sub>C</sub>** (di capacità) che ha fatto raggiungere al fabbricato lo stato limite di salvaguardia della vita umana e la **PGA<sub>D</sub>** (di domanda) del sito in cui è posizionato la costruzione, con riferimento al medesimo stato limite.*

***Attenzione!***

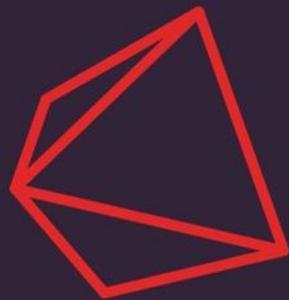


# Grazie

**luigi petti**

***www.lacelab.net***

***petti@unisa.it***



# SOFT.LAB

SOFTWARE PER L'EDILIZIA

---

[info@soft.lab.it](mailto:info@soft.lab.it)

+39.0824.874.92

---



[www.soft.lab.it](http://www.soft.lab.it)