



L'Ordine degli Ingegneri della provincia di Pisa  
in collaborazione con  
l'Università di Pisa,  
il patrocinio della Federazione degli Ordine degli Ingegneri della Regione Toscana

organizza il **Convegno:**

**«La nuova classificazione del rischio sismico degli edifici»**

## Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici: metodologia e applicazioni pratiche

Relatore: Prof. Ing. Walter SALVATORE



# INTRODUZIONE: Necessità della valutazione del RISCHIO SISMICO per fare PREVENZIONE



Amatrice 24 Agosto 2016 M 6.0



L'Aquila 06 Aprile 2009 M 5.9



Emilia Romagna 20 maggio 2012 M 5.9

Gli eventi sismici di tipo distruttivo e soprattutto quelli di magnitudo tale da produrre danni non trascurabili mettono in luce la **VULNERABILITÀ** degli edifici. Al concetto di vulnerabilità è legato quello di **rischio sismico**.

Intuitivamente, il rischio sismico si quantizza pesando in termini monetari le conseguenze che un evento sismico può produrre:

- danni **ECONOMICI**:

COSTI DIRETTI relativi ai danni sulla struttura stessa

COSTI INDIRETTI relativi ai contenuti (*opere non strutturali*) e all'attività che si svolge all'interno della struttura (*che potrebbe anche dover essere interrotta*).

- danni **SOCIALI**: danni di tipo psicologico, al tessuto sociale, riconducibili anche ai danni alle persone (morti o feriti) che il terremoto provoca.

## 1. Introduzione

### 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

#### 2.1 «Background document»

#### 2.2 «Linee Guida applicative»

##### 2.2.1 Metodo Convenzionale

- Classe PAM
- Classe IS-V
- Classe di Rischio

##### 2.2.2 Metodo Semplificato

## 3. Casi di studio

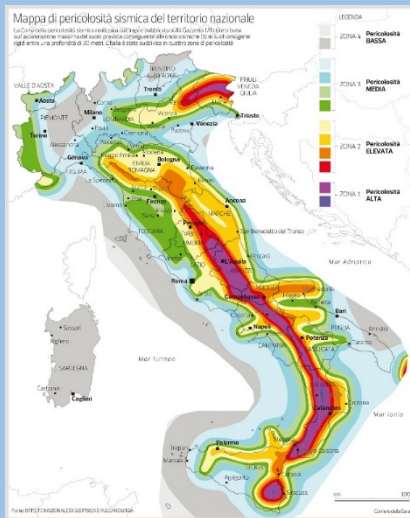
## 4. Progetti futuri

## Il Rischio Sismico

Date le numerose incertezze legate agli aspetti che lo determinano, il rischio sismico è una grandezza probabilistica  $P(L)$  che misura le perdite di origine sismica (**Loss**) che possono avvenire in un prefissato sito, in un dato intervallo di tempo. Si ottiene combinando:

### PERICOLOSITÀ $P(I)$

Probabilità che si verifichi un evento sismico di una data intensità, in un dato intervallo temporale, in un dato luogo. È funzione dell'Intensità sismica.



### ESPOSIZIONE $P(E|T) ; P(L|D,T,E)$

Valutazione probabilistica delle conseguenze sociali ed economiche prodotte dal raggiungimento di determinati livelli di danno negli elementi esposti, anche in relazione alla presenza di persone e beni. Tali conseguenze vengono globalmente indicate con perdite attese (**LOSS**).



### VULNERABILITÀ $P(T) ; P(D|I,T)$

Probabilità che, per effetto di un evento di una determinata intensità, si produca un determinato livello di **Danno** agli elementi esposti. Dipende dalla **Tipologia edilizia**.



$$P[L] = \sum_{I,T,E,D} P[L|D,E,T] \cdot P[D|I,T] \cdot P[I] \cdot P[T] \cdot P[E|T]$$

#### 1. Introduzione

#### 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

##### 2.1 «Background document»

##### 2.2 «Linee Guida applicative»

##### 2.2.1 Metodo Convenzionale

- Classe PAM
- Classe IS-V
- Classe di Rischio

##### 2.2.2 Metodo Semplificato

#### 3. Casi di studio

#### 4. Progetti futuri

## Valutazione di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione in accordo con NTC2008

### PERICOLOSITÀ: § 3.2 ed Allegato A

Dipende dal sito di interesse, dunque dai seguenti parametri: l'accelerazione orizzontale massima attesa  $PGA$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$ , variabili con il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma.

### ESPOSIZIONE: § 2.4

Valutata mediante la Periodo di riferimento di una costruzione  $V_R$ , pari al prodotto tra la vita nominale della struttura  $V_N$  ed il coefficiente d'uso  $C_U$ .

	Classe d'uso	I	II	III	IV
	Coefficiente d'uso ( $C_U$ )	0.70	1.00	1.50	2.00
TIPI DI COSTRUZIONE	$V_N$	$V_R = V_N \cdot C_U$			
Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	10	35	35	35	35
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	50	35	50	75	100
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	100	70	100	150	200

### VULNERABILITÀ

Definita dal rapporto tra **capacità della costruzione** e **domanda sismica** e calcolata per ogni **Stato Limite**  $SL_i$ .

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

- Classe PAM
- Classe IS-V
- Classe di Rischio

2.2.2 Metodo Semplificato

3. Casi di studio

4. Progetti futuri

## Adeguamento sismico o riduzione del rischio?

Negli edifici di nuova costruzione, progettati in accordo con le NTC2008, i livelli minimi di sicurezza sono assicurati dal rispetto dei requisiti minimi di norma.

La stessa cosa **non riguarda gli edifici esistenti**: infatti la maggior parte di questi sono caratterizzati da una **vulnerabilità sismica molto elevata**.

### ADEGUAMENTO SISMICO (SICUREZZA) Per pochi

**Consiste nell'allineamento del livello di sicurezza dell'esistente al livello di sicurezza del nuovo.**

Tuttavia, da quanto risulta dalle elaborazioni del Dipartimento della Protezione Civile (DPC), **adeguare tutte le costruzioni, pubbliche e private, e le opere infrastrutturali strategiche costerebbe al paese alcune centinaia di miliardi di €.**

**Una spesa di tale entità, A FRONTE DI RISORSE LIMITATE, non è sostenibile dallo stato.**

Come intervenire?



### RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO Per molti

**Consiste nell'esecuzione di interventi di miglioramento, sia a carico del privato sia dello stato:**  
attraverso opportune defiscalizzazioni bisogna spingere il privato ad intervenire sulla propria abitazione.

**Miglioramento generalizzato a scapito dell'adeguamento selettivo  
Riduzione del rischio per molti a spese di tutti gli interessati e dello stato  
invece che aumento della sicurezza per pochi a spese soltanto dello stato.**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Incentivi statali per interventi finalizzati alla riduzione del rischio sismico

### Per gli edifici in zona sismica 1,2 e 3:

Nel caso in cui si eseguano interventi finalizzati alla riduzione del rischio sismico, spetta al privato una **detrazione dall'imposta lorda nella misura del 50%**, fino ad un ammontare complessivo delle stesse spese **non superiore a 96.000 euro per unità immobiliare** per ciascun anno.

### Qualora si attesti la riduzione del rischio sismico per una unità immobiliare:

- Di **una** classe: la detrazione sale al **70%** della spesa sostenuta (max 96.000 euro);
- Di **due** classi: la detrazione sale al **80%** della spesa sostenuta (max 96.000 euro).

### Qualora si attesti la riduzione del rischio sismico per parti comuni di edifici condominiali:

- Di **una** classe: la detrazione sale al **75%** della spesa sostenuta (max 96.000 euro moltiplicato per il numero di unità immobiliari);
- Di **due** classi: la detrazione sale al **85%** della spesa sostenuta (max 96.000 euro moltiplicato per il numero di unità immobiliari).

#### 1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

- Classe PAM
- Classe IS-V
- Classe di Rischio

2.2.2 Metodo Semplificato

3. Casi di studio

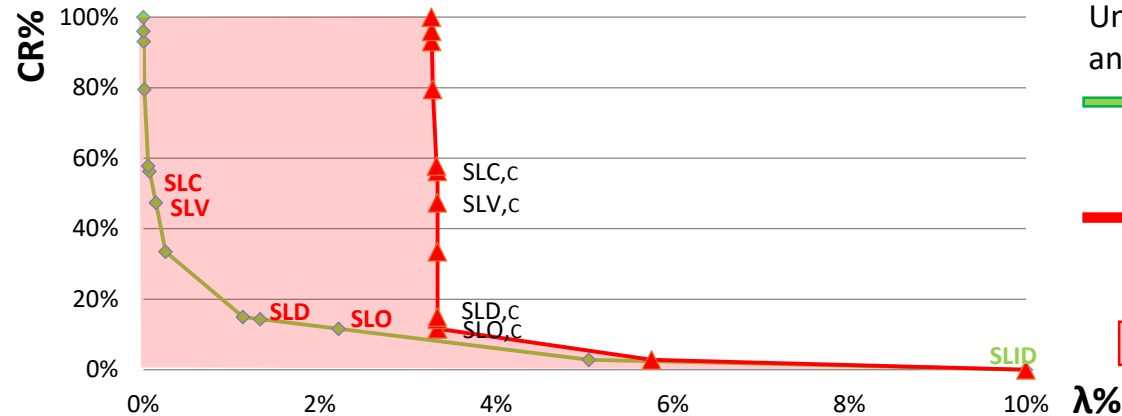
4. Progetti futuri

## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico

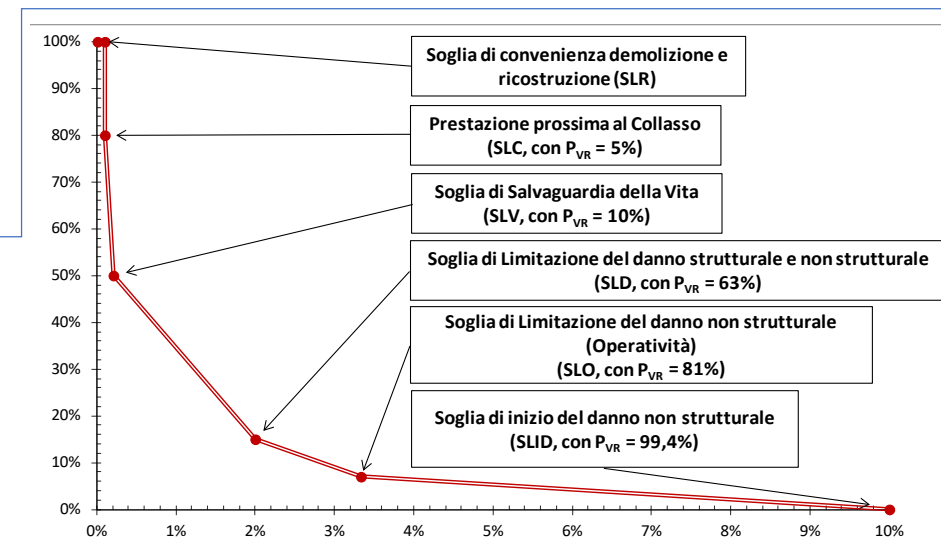
Con lo scopo di offrire delle metodologie di valutazione della classe di rischio di una struttura, sono state sviluppate delle **Linee Guida dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**.

Sono stati elaborati due documenti:

- **«Background document»** dove sono state sviluppate le curve di perdita associate ad ogni classe di vulnerabilità per ogni zona sismica e proposti due metodi alternativi per la valutazione della classe di rischio (metodo ANALITICO e metodo MACROSISMICO)



- **«Linee guida applicative»** dove sono stati introdotti due metodi alternativi di valutazione della classe di rischio (metodo CONVEZIONALE e metodo SEMPLIFICATO). Il metodo convenzionale si sostituisce a quello analitico del primo documento, mentre quello semplificato è basato su quello macrosismico.



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico

Per la valutazione della classe di rischio, in entrambe le linee guida viene introdotto l'**indice PAM** definito come:

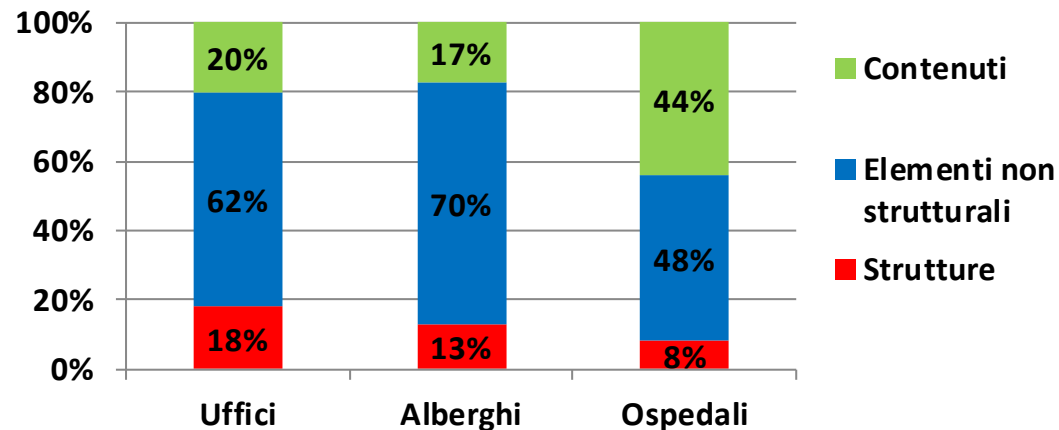
### INDICE PAM – Perdita Annuale Media attesa

Tiene in considerazione le **perdite economiche** associate ai danni agli **elementi strutturali e non (\*)**, che vengono espresse come una percentuale del **Costo di Ricostruzione CR** dell'edificio privo del suo contenuto (non si tiene conto di parte dei costi indiretti e dei danni sociali).

(\*) Alcuni dati relativi al Costo di Ricostruzione

Vari studi indicano che le **perdite dirette annue medie per un edificio moderno**, costruito **applicando norme sismiche**, sono normalmente dell'ordine di **1,0%CR**, mentre per edifici costruiti in **assenza di norme sismiche** è **raro riscontrare valori inferiori a 2,5%CR**.

Nella bibliografia internazionale (**FEMA E-74**) compare anche un altro dato di significativa importanza per valutare l'aliquota di **CR** connessa al danno sismico: la ripartizione di **CR**, tra **contenuti**, **elementi non strutturali** (finiture e impianti) e **struttura**.



Al netto dei **contenuti**, gli **elementi non strutturali** incidono su **CR** per una percentuale che oscilla tra il **75%** (uffici) e l'**85%** (ospedali); **non è possibile dunque valutare rischio sismico e danni prescindendo dagli elementi non strutturali e riferendosi alle sole strutture**. I danni ai contenuti vengono usualmente conteggiati tra le **perdite economiche indirette**.

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

- Classe PAM
- Classe IS-V
- Classe di Rischio

2.2.2 Metodo Semplificato

3. Casi di studio



## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico

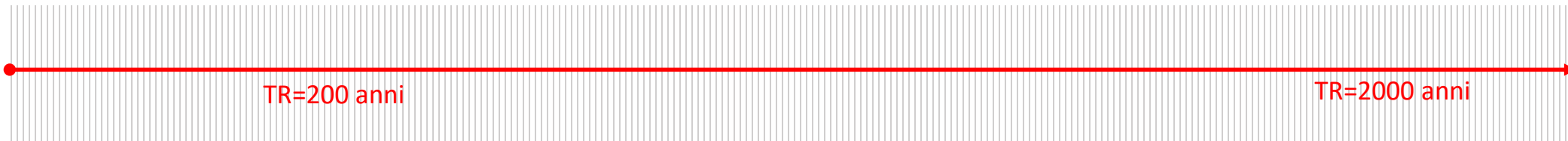
### INDICE PAM – Perdita Annuale Media attesa

Tiene in considerazione le **perdite economiche** associate ai danni agli **elementi strutturali** e **non**, che vengono espresse come una percentuale del **Costo di Ricostruzione CR** dell'edificio privo del suo contenuto (non si tiene conto di parte dei costi indiretti e dei danni sociali).

Sono immediati **due esempi** banali che legano **PAM** ai danni e al periodo di ritorno del sisma che li provoca.

**Struttura in c.a.:** sisma con periodo di ritorno medio di 2.000 anni induce il collasso (quindi una **perdita economica diretta** corrispondente al 100 % di **CR**), mentre qualsiasi intensità del moto con periodo di ritorno più breve non induce alcun danno; in tal caso si ha **PAM**  $\approx$  (100 % di RC) / 2000 = **0,05%RC**.

**Struttura in muratura:** si prevedono perdite economiche dirette pari al 30 % di RC per l'intensità del moto con periodo di ritorno di **200 anni**; in tal caso si ha **PAM**  $\approx$  (30 % di RC) / 200 = **0,15%RC**.



$T_R = 200$  ANNI

$RC_{TR=200anni} = 30\%$

$PAM = 30\%RC/2000 = 0.15\%RC$

$T_R = 2000$  ANNI

$RC_{TR=2000anni} = 100\%$

$PAM = 100\%RC/2000 = 0.05\%RC$



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

# Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Costruzione curve di riferimento

L'individuazione di opportune curve PAM, utili per una classificazione su base quantitativa della vulnerabilità degli edifici, richiede la definizione di opportuni legami tra il danno subito da un edificio e l'intensità dell'evento sismico che provoca tale danno.



## Linee Guida per la “Classificazione della vulnerabilità degli edifici ai fini della valutazione del rischio sismico”

### Classe di vulnerabilità – tipologia strutturale

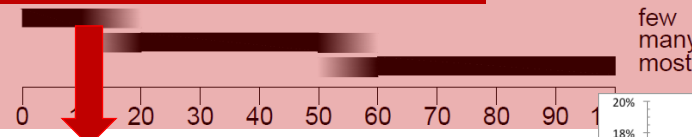
### Classe di vulnerabilità – intensità terremoto - danno

Tipologia di struttura		Classe di vulnerabilità					
		A <sub>EMS</sub>	B <sub>EMS</sub>	C <sub>EMS</sub>	D <sub>EMS</sub>	E <sub>EMS</sub>	F <sub>EMS</sub>
MURATURA	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 rigidezza elevata	—○—					
	Muratura rinforzata e/o confinata						
CALCESTRUZZO ARMATO	Telai con un livello di progettazione antisismica nullo						
	Telai con un livello di progettazione antisismica moderato						
	Telai con un livello di progettazione antisismica elevato						
	Pareti con un livello di progettazione antisismica nullo						
	Pareti con un livello di progettazione antisismica moderato						
ACCIAIO	Strutture di acciaio						

### X. Assai distruttivo

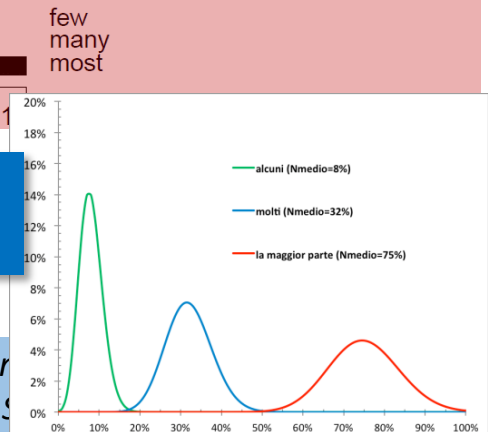
- c) La maggior parte dei fabbricati di classe A<sub>EMS</sub> subisce danni di grado 5.
- Molti fabbricati di classe B<sub>EMS</sub> subiscono danni di grado 5.
- Molti fabbricati di classe C<sub>EMS</sub> subiscono danni di grado 4; alcuni di grado 5.
- Molti fabbricati di classe D<sub>EMS</sub> subiscono danni di grado 3; alcuni di grado 4.
- Molti fabbricati di classe E<sub>EMS</sub> subiscono danni di grado 2; alcuni di grado 3.
- Alcuni fabbricati di classe F<sub>EMS</sub> subiscono danni di grado 2.

**EMS98: definizione descrittiva delle classi e dei danni associati**



**Definizione di un modello probabilistico di distribuzione del danno**

$$P(k) = \binom{n}{k} \cdot p_r^k \cdot (1 - p_r)^{n-k}$$



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Costruzione curve di riferimento

Al variare della probabilità di danneggiamento  $P_r$  (percentuale di edifici danneggiati) tra **0** e **1**, nell'ipotesi di distribuzione binomiale del danno, si ottengono le distribuzioni percentuali degli edifici tra i diversi livelli di danno, il livello di danno medio, il coefficiente di variazione del danno medio (evidenza come, al crescere del livello di danno medio, si riduca l'incertezza ad esso relativa) mostrati in tabella.

**In rosso sono cerchiato** (per provarne il buon accordo con la **EMS-98**) le percentuali di edifici che individuano l'intensità macrosismica attraverso il livello di danno di appartenenza; sono riportate anche le intensità (da **V** a **XII**) che, per ciascuna classe di vulnerabilità, danno l'intensità **EMS-98** per la quale si ha quella distribuzione di danno.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

P	Livello di danno						Danno medio	Coeff. Var.	Classe di vulnerabilità					
	0	1	2	3	4	5			F <sub>EMS</sub>	E <sub>EMS</sub>	D <sub>EMS</sub>	C <sub>EMS</sub>	B <sub>EMS</sub>	A <sub>EMS</sub>
≤1%	95%	5%	0%	0%	0%	0%	0,05	447%	--	--	VII	VI	V	--
9%	62%	31%	6%	1%	0%	0%	0,45	149%	X	IX	VIII	VII	VI	V
30%	17%	36%	31%	13%	3%	0%	1,50	82%	XI	X	IX	VIII	VII	VI
47%	4%	19%	33%	29%	13%	2%	2,35	65%	XII	XI	X	IX	VIII	VII
64%	1%	5%	19%	34%	30%	11%	3,20	56%	--	XII	XI	X	IX	VIII
79%	0%	1%	6%	22%	41%	31%	3,95	50%	--	--	XII	XI	X	IX
96%	0%	0%	0%	1%	17%	82%	4,80	46%	--	--	--	XII	XI	X

# Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Costruzione curve di riferimento

## Calibrazione del modello probabilistico di distribuzione del danno (Dati ottenuti dall'Applied Technological Council, ATC)

Intensità	$F_{FMS}$	$E_{FMS}$	$D_{FMS}$	$C_{FMS}$	$B_{FMS}$	$A_{FMS}$	ATC
V	0,00%	0,00%	0,95%	1,18%	1,34%	1,68%	0%
VI	0,00%	0,73%	2,83%	3,76%	5,28%	7,64%	0,69%
VII	1,63%	2,53%	14,95%	19,89%	26,00%	33,31%	3,21%
VIII	7,25%	12,50%	33,54%	42,40%	53,69%	65,06%	6,70%
IX	20,00%	28,75%	57,81%	69,42%	78,94%	88,00%	14,12%
X	41,25%	52,00%	79,53%	87,38%	93,25%	95,25%	25,87%
XI	67,75%	78,25%	93,16%	94,75%	100,00%	100,00%	42,42%
XII	93,00%	96,00%	96,00%	100,00%	--	--	77,96%

Come si vede, la massima vicinanza ai danni previsti da **ATC** è esibita dalla classe di vulnerabilità  $E_{FMS}$ .



## Passaggio ad una definizione quantitativa dell'intensità sismica

Si trovano per le 4 zone sismiche italiane (OPCM 3274) i legami tra intensità macrosismica e tempi di ritorno utilizzando una correlazione del

tipo  $\lambda = e^{-(I-a)/b}$

	ZONA1	ZONA2	ZONA3	ZONA4	$\lambda = 1/T_r$ (%)			
	ZONA1	ZONA 2	ZONA3	ZONA4	ZONA1	ZONA 2	ZONA3	ZONA4
a	0,8143	0,7578	0,6677	0,5602				
b	4,9448	4,6862	4,0058	3,2547				
R <sup>2</sup>	0,9753	0,9240	0,7200	0,9217				
IV-V								10,829%
V								4,436%
V-VI							10,669%	1,817%
VI							5,046%	0,744%
VI-VII						9,131%	2,386%	0,305%
VII	8,015%	4,720%	1,128%	0,125%				
VIII	2,347%	1,261%	0,252%	0,021%				
IX	0,687%	0,337%	0,056%	0,004%				
X	0,201%	0,090%	0,013%	0,001%				
XI	0,059%	0,024%	0,003%	0,000%				
XII	0,017%	0,006%	0,001%	0,000%				

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

- Classe PAM
- Classe IS-V
- Classe di Rischio

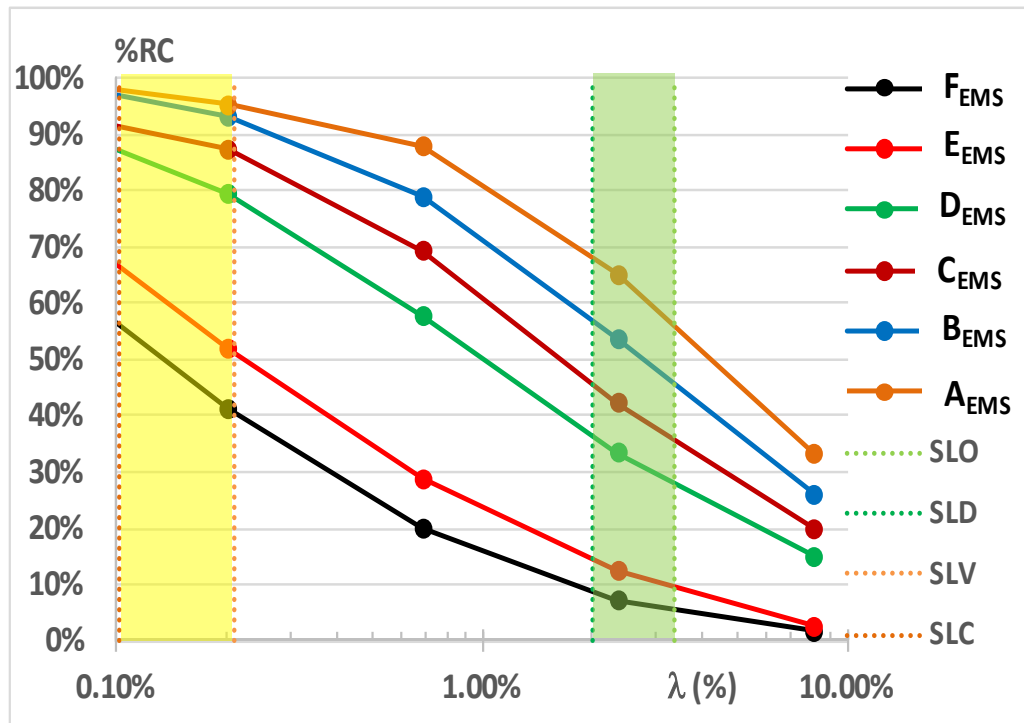
2.2.2 Metodo Semplificato

3. Casi di studio

4. Progetti futuri

# Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Costruzione curve di riferimento

## ZONA 1



EMS-98 - Zona 1	
CLASSE	PAM/RC
$F_{EMS}$	0,68%
$E_{EMS}$	1,03%
$D_{EMS}$	2,55%
$C_{EMS}$	3,17%
$B_{EMS}$	3,88%
$A_{EMS}$	4,60%

Intervallo **SLV-SLC** ( $V_R=50$ anni)

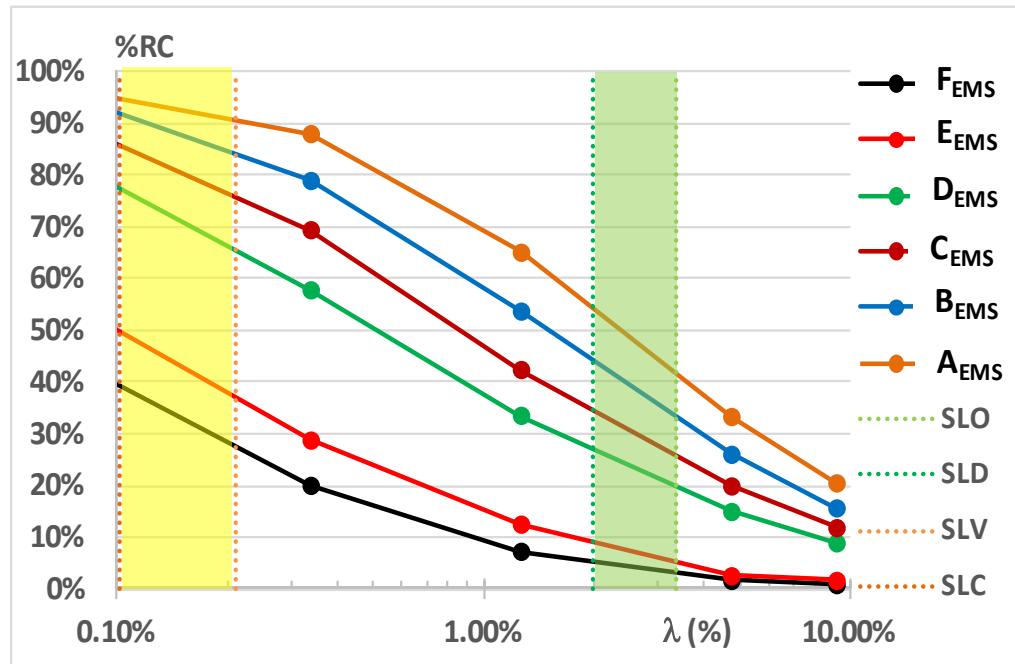
Intervallo **SLO-SLD** ( $V_R=50$ anni)

In rosso la classe  $E_{EMS}$  che rappresenta gli edifici progettati in accordo con le NTC, la classe  $F_{EMS}$  è caratterizzata da una vulnerabilità più bassa di quelli a norma e le classi  $D-C-B-A_{EMS}$  sono quelli con vulnerabilità più alta.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

# Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Costruzione curve di riferimento

## ZONA 2



EMS-98 - Zona 2	
CLASSE	PAM/RC
F <sub>EMS</sub>	0,41%
E <sub>EMS</sub>	0,64%
D <sub>EMS</sub>	1,95%
C <sub>EMS</sub>	2,48%
B <sub>EMS</sub>	3,11%
A <sub>EMS</sub>	3,81%

Intervallo **SLV-SLC** ( $V_R=50$ anni)

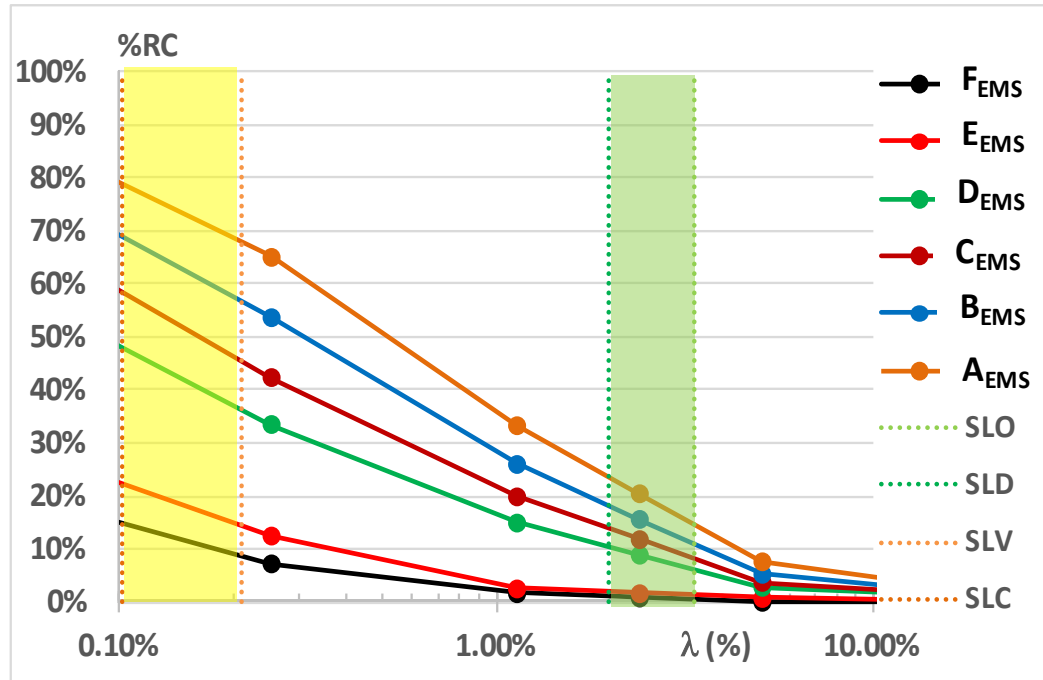
Intervallo **SLO-SLD** ( $V_R=50$ anni)

In rosso la classe E<sub>EMS</sub> che rappresenta gli edifici progettati in accordo con le NTC, la classe F<sub>EMS</sub> è caratterizzata da una vulnerabilità più bassa di quelli a norma e le classi D-C-B-A<sub>EMS</sub> sono quelli con vulnerabilità più alta.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

# Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Costruzione curve di riferimento

## ZONA 3



EMS-98 - Zona 3	
CLASSE	PAM/RC
F <sub>EMS</sub>	0,09%
E <sub>EMS</sub>	0,19%
D <sub>EMS</sub>	0,72%
C <sub>EMS</sub>	0,94%
B <sub>EMS</sub>	1,23%
A <sub>EMS</sub>	1,61%

Intervallo **SLV-SLC** (V<sub>R</sub>=50anni)

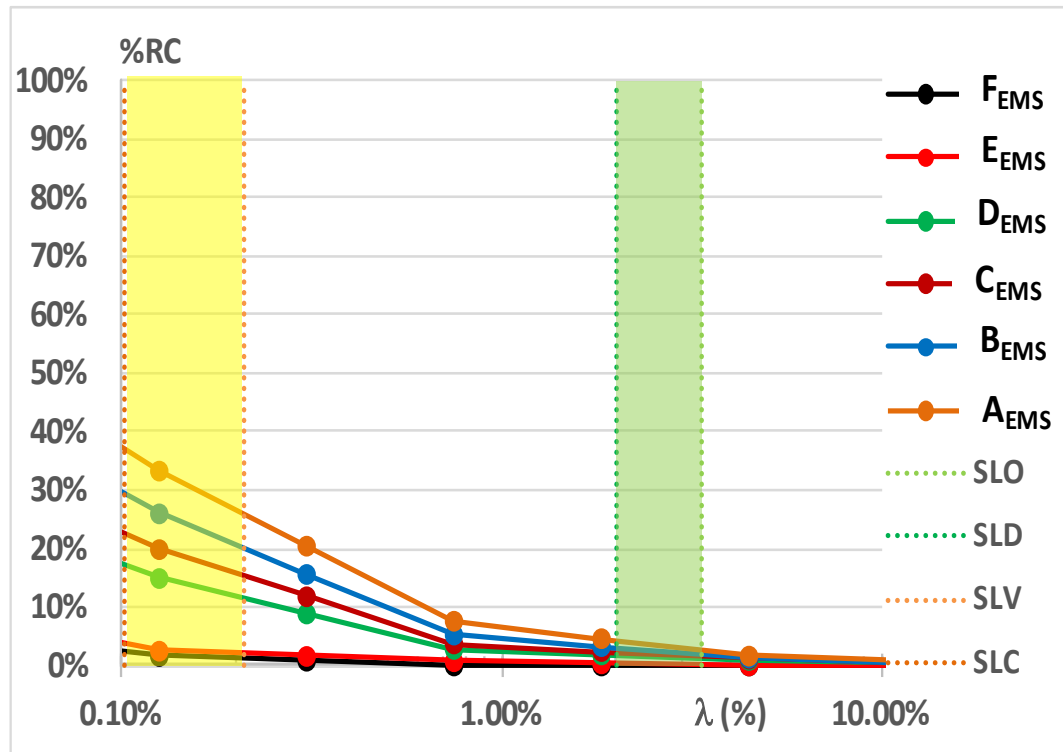
Intervallo **SLO-SLD** (V<sub>R</sub>=50anni)

**In rosso la classe D<sub>EMS</sub> che rappresenta gli edifici progettati in accordo con le NTC, le classi E-F<sub>EMS</sub> è caratterizzata da una vulnerabilità più bassa di quelli a norma e le classi C-B-A<sub>EMS</sub> sono quelli con vulnerabilità più alta.**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Costruzione curve di riferimento

## ZONA 4



EMS-98 - Zona 4	
CLASSE	PAM/RC
$F_{EMS}$	-
$E_{EMS}$	-
$D_{EMS}$	<b>0,12%</b>
$C_{EMS}$	<b>0,15%</b>
$B_{EMS}$	<b>0,20%</b>
$A_{EMS}$	<b>0,27%</b>

Intervallo **SLV-SLC** ( $V_R=50$ anni)

Intervallo **SLO-SLD** ( $V_R=50$ anni)

In rosso la classe  $D_{EMS}$  che rappresenta quella di vulnerabilità più bassa nella quale possono ancora verificarsi danni (assenza di danni per le classi di vulnerabilità inferiori E- $F_{EMS}$ ).

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri



## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodi di valutazione del Rischio Sismico

### ✓ METODO MACROSISMICO

*Il metodo macrosismico associa all'edificio una classe di vulnerabilità definita dall'EMS98 sulla base di una descrizione sommaria dell'edificio che comprenda la tipologia strutturale e lo stato di degrado.*

**Principali vantaggi:** Non richiede analisi numeriche; metodo speditivo.

**Principali svantaggi:** Non permette una valutazione precisa del rischio in funzione delle attuali normative.

### ✓ METODO ANALITICO

*Il metodo analitico utilizza le curve di perdita definite nelle slide precedenti e permette la valutazione numerica del parametro EAL utilizzando parametri ottenuti dai normali metodi di analisi previsti dalle attuali norme tecniche.*

**Principali vantaggi:** Permette una stima sufficientemente accurata del valore di EAL; è possibile utilizzare i metodi di analisi normalmente previsti dalle NTC08.

**Principali svantaggi:** Necessita di analisi numeriche (non adatto quindi per un gran numero di edifici); non permette di tenere in considerazione elementi difficilmente inseribili nel modello (vulnerabilità locali, etc...).

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Macrosismico

Il metodo macrosismico associa all'edificio una classe di vulnerabilità definita dall'EMS98 sulla base di una descrizione sommaria dell'edificio che comprenda la tipologia strutturale e lo stato di degrado.

### Tipologia strutturale - Classe di vulnerabilità (EMS98)

Tipologia di struttura		Classe di vulnerabilità					
		AEMS	BEMS	CEMS	DEMS	EEMS	FEMS
MURATURA	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 rigidezza elevata	—○—					
	Muratura rinforzata e/o confinata			—○—			
CALCESTRUZZO ARMATO	Telai con un livello di progettazione antisismica nullo	—		○—			
	Telai con un livello di progettazione antisismica moderato	—		○—			
	Telai con un livello di progettazione antisismica elevato	—		○—		○—	
	Pareti con un livello di progettazione antisismica nullo	—○—					
	Pareti con un livello di progettazione antisismica moderato	—○—					
	Pareti con un livello di progettazione antisismica elevato			—○—			
ACCIAIO	Strutture di acciaio			—		○—	

○ Valore medio (nel caso di stato di degrado assente e qualità costruttiva soddisfacente)

—| Scostamento (dal valore medio) più probabile

-| Scostamento (dal valore medio) meno probabile



#### METODOLOGIA:

- In base alla **tipologia di struttura**, si determina la classe media dell'edificio (nell'ipotesi di stato di degrado assente e qualità costruttiva soddisfacente)
- In funzione dello stato di degrado **effettivo** ed della qualità costruttiva **effettiva**, si determina l'eventuale scostamento dalla classe di vulnerabilità media

- Introduzione
- Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - «Background document»
  - «Linee Guida applicative»
    - Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - Metodo Semplificato
  - Casi di studio
  - Progetti futuri

# Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Macrosismico

## Passo 1 – Determinazione della classe media dell'edificio

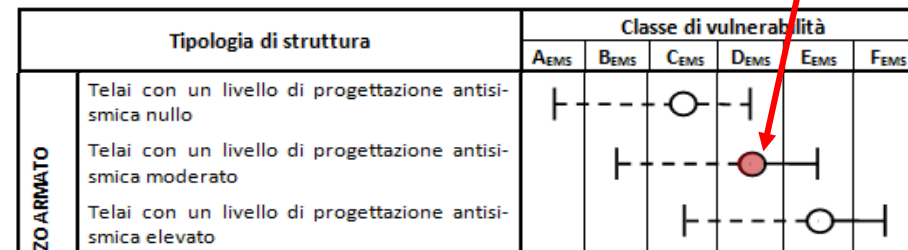
La classe di vulnerabilità globale dell'edificio (da distinguere dalla vulnerabilità locale che è riferibile a singole parti o elementi strutturali) è **media** in quanto presume:

- **assenza di stati di danneggiamento o degrado evidenti** e comunque di entità superiore a quella usualmente riscontrabile per costruzioni di quella classe di vulnerabilità;
- **qualità costruttiva soddisfacente** e, comunque, allineata a quella usualmente riscontrabile per costruzioni di quella classe di vulnerabilità.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

TIPOLOGIA STRUTTURALE	PECULIARITÀ CARATTERISTICHE DELLA TIPOLOGIA STRUTTURALE	CLASSE MEDIA DI VULNERABILITÀ GLOBALE	
			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 rigidità e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti</li> </ul>	A <sub>EMS</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>	A <sub>EMS</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 resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti</li> </ul>	B <sub>EMS</sub>
	pietra massiccia per costruzioni monumentali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orizzontamenti a volta o di legno caratterizzati da scarsa rigidità e/o resistenza nel proprio piano medio</li> </ul>	C <sub>EMS</sub>
	mattoni o pietra lavorata	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orizzontamenti di mattoni o di legno caratterizzati da scarsa rigidità nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti</li> </ul>	B <sub>EMS</sub>
	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>	C <sub>EMS</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>	D <sub>EMS</sub>

LIVELLO DI PROGETTO ANTISISMICO	PECULIARITÀ CARATTERISTICHE DELLA TIPOLOGIA STRUTTURALE	CLASSE MEDIA DI VULNERABILITÀ GLOBALE	
			C.A. (TELAI)
C.A. (TELAI)	NULLO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema resistente prevalentemente unidirezionale</li> <li>• Assenza di dettagli antisismici</li> </ul>	C <sub>EMS</sub>
	MODERATO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema resistente bidirezionale e planimetricamente anche irregolare</li> <li>• Assenza di progettazione in capacità</li> <li>• Presenza di dettagli antisismici, ma di qualità inadeguata</li> </ul>	D <sub>EMS</sub>
	ELEVATO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema resistente bidirezionale e planimetricamente regolare</li> <li>• Corretta progettazione in capacità</li> <li>• Presenza di dettagli antisismici di qualità adeguata</li> </ul>	E <sub>EMS</sub>
C.A. (PARETI)	NULLO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema resistente prevalentemente unidirezionale</li> <li>• Assenza di dettagli antisismici</li> </ul>	C <sub>EMS</sub>
	MODERATO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema resistente bidirezionale e planimetricamente anche irregolare</li> <li>• Presenza di dettagli antisismici, ma di qualità inadeguata</li> </ul>	D <sub>EMS</sub>
	ELEVATO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema resistente bidirezionale, planimetricamente e altimetricamente regolare</li> <li>• Corretta progettazione in capacità</li> <li>• Presenza di dettagli antisismici di qualità adeguata</li> </ul>	E <sub>EMS</sub>

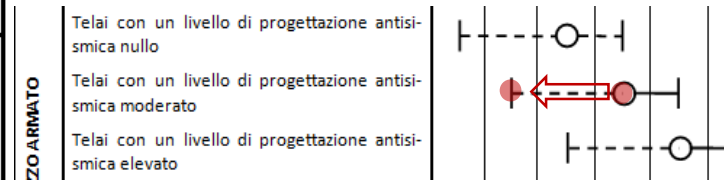


## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Macrosismico

### Passo 2- Determinazione dello scostamento di classe

In generale, al **peggiorare/migliorare** dello stato di conservazione e della qualità costruttiva, il valore indicativo di **EAL** si sposta verso il margine **superiore/inferiore** dell'intervallo d'origine, fino a passare alla classe più/meno vulnerabile immediatamente contigua a quella originale. **L'UTILIZZO DI QUESTO METODO CONSENTE SOLO UN DECLASSAMENTO, OSSIA UNO SPOSTAMENTO VERSO IL MARGINE SUPERIORE (PASSAGGIO AD UNA CLASSE DI VULNERABILITÀ PIÙ ELEVATA - PEGGIORE).**

Nel caso di **elevata vulnerabilità locale** rispetto al valore medio attribuibile alla tipologia strutturale, la struttura è declassata di **due** classi.



Esempi di peculiarità negative possono essere:

- **Qualità costruttiva molto scarsa**
- **Degrado e/o danneggiamento assai diffuso**
- **Forti irregolarità in pianta o in elevato**
- ...

Tali peculiarità negative possono determinare l'insorgere di meccanismi locali quali **meccanismi di piano, ribaltamenti locali** etc.

TIPOLOGIA STRUTTURALE	ELEVATA VULNERABILITA' LOCALE		CLASSE MEDIA DI VULNERAB. GLOBALE	SIGNIFICATIVA VULNERABILITA' LOCALE		CLASSE MEDIA DI VULNERAB. GLOBALE
	LIVELLO DI PROGETTO ANTISISMICO	POSSIBILI MECCANISMI LOCALI		PECULIARITÀ NEGATIVE PER LA VULNERABILITÀ LOCALE/GLOBALE	POSSIBILI MECCANISMI LOCALI	
C.A. (TELAI)	NULLO	Meccanismi locali o di piano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molto scarsa qualità costruttiva</li> <li>• Assai diffuso degrado e/o danneggiamento</li> <li>• Forte irregolarità in pianta e/o in altezza</li> <li>• Presenza diffusa di travi e/o colonne tozze armate non a sufficienza</li> </ul>	da C <sub>EMS</sub> a A <sub>EMS</sub>	Crisi a taglio delle colonne e/o di elementi non strutturali potenzialmente pericolosi	da C <sub>EMS</sub> a B <sub>EMS</sub>
	MODERATO	Meccanismi locali o di piano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molti elementi non strutturali pericolosi (tamponamenti non in asse con i pilastri, paramenti ininterrotti da terra alla sommità, comignoli, parapetti, ecc.)</li> <li>• Inadeguatezze gravi e diffuse ai carichi gravitazionali</li> </ul>	da D <sub>EMS</sub> a B <sub>EMS</sub>	Crisi a taglio delle colonne	da D <sub>EMS</sub> a C <sub>EMS</sub>
	ELEVATO	Meccanismi dovuti ad un'errata disposizione degli elementi non strutturali che possono ridurre la duttilità globale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molto scarsa qualità costruttiva</li> <li>• Assai diffuso degrado e/o danneggiamento</li> <li>• Forti Irregolarità in pianta o in altezza a causa della disposizione degli elementi non strutturali</li> <li>• Assai carente progettazione degli elementi non-strutturali</li> </ul>	da E <sub>EMS</sub> a C <sub>EMS</sub>	Meccanismi locali di tamponamenti e tramezzature	da E <sub>EMS</sub> a D <sub>EMS</sub>

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

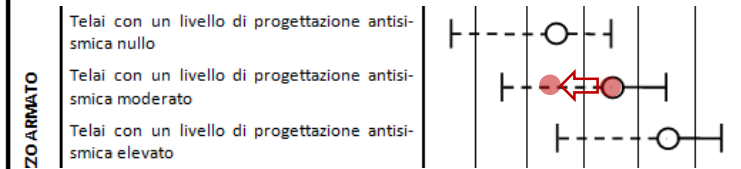
## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Macrosismico

### Passo 2- Determinazione dello scostamento di classe

In generale, al **peggiorare/migliorare** dello stato di conservazione e della qualità costruttiva, il valore indicativo di **EAL** si sposta verso il margine **superiore/inferiore** dell'intervallo d'origine, fino a passare alla classe più/meno vulnerabile immediatamente contigua a quella originale. **L'UTILIZZO DI QUESTO METODO CONSENTE SOLO UN DECLASSAMENTO, OSSIA UNO SPOSTAMENTO VERSO IL MARGINE SUPERIORE (PASSAGGIO AD UNA CLASSE DI VULNERABILITÀ PIÙ ELEVATA - PEGGIORE).**

TIPOLOGIA STRUTTURALE	ELEVATA VULNERABILITA' LOCALE		CLASSE MEDIA DI VULNERAB. GLOBALE	SIGNIFICATIVA VULNERABILITA' LOCALE		CLASSE MEDIA DI VULNERAB. GLOBALE
	LIVELLO DI PROGETTO ANTISISMICO	POSSIBILI MECCANISMI LOCALI		PECULIARITÀ NEGATIVE PER LA VULNERABILITÀ LOCALE/GLOBALE	POSSIBILI MECCANISMI LOCALI	
C.A. (TELAI)	NULLO	Meccanismi locali o di piano	<ul style="list-style-type: none"> <li>Molto scarsa qualità costruttiva</li> <li>Assai diffuso degrado e/o danneggiamento</li> <li>Forte irregolarità in pianta e/o in altezza</li> <li>Presenza diffusa di travi e/o colonne tozze armate non a sufficienza</li> </ul>	da C <sub>EMS</sub> a A <sub>EMS</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scarsa qualità costruttiva</li> <li>Diffuso degrado e/o danneggiamento</li> <li>Irregolarità in pianta e/o in altezza</li> <li>Presenza di travi e/o colonne tozze armate non a sufficienza</li> </ul>	da C <sub>EMS</sub> a B <sub>EMS</sub>
	MODERATO	Meccanismi locali o di piano	<ul style="list-style-type: none"> <li>Molti elementi non strutturali pericolosi (tamponamenti non in asse con i pilastri, paramenti ininterrotti da terra alla sommità, comignoli, parapetti, ecc.)</li> <li>Inadeguatezze gravi e diffuse ai carichi gravitazionali</li> </ul>	da D <sub>EMS</sub> a B <sub>EMS</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alcuni elementi non strutturali pericolosi (Comignoli, parapetti, ecc.)</li> <li>Inadeguatezze ai carichi gravitazionali</li> </ul>	da D <sub>EMS</sub> a C <sub>EMS</sub>
	ELEVATO	Meccanismi dovuti ad un'errata disposizione degli elementi non strutturali che possono ridurre la duttilità globale	<ul style="list-style-type: none"> <li>Molto scarsa qualità costruttiva</li> <li>Assai diffuso degrado e/o danneggiamento</li> <li>Forti irregolarità in pianta o in altezza a causa della disposizione degli elementi non strutturali</li> <li>Assai carente progettazione degli elementi non-strutturali</li> </ul>	da E <sub>EMS</sub> a C <sub>EMS</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scarsa qualità costruttiva</li> <li>Diffuso degrado o danneggiamento</li> <li>Carente progettazione degli elementi non-strutturali (ad es. tamponamenti non in asse con i pilastri, etc.)</li> </ul>	da E <sub>EMS</sub> a D <sub>EMS</sub>

Nel caso di **significativa vulnerabilità locale** rispetto al valore medio attribuibile alla tipologia strutturale, la struttura è declassata di **una sola classe**.



Esempi di peculiarità negative possono essere:

- **Qualità costruttiva scarsa**
- **Degrado e/o danneggiamento diffuso**
- **Irregolarità in pianta o in elevato**
- ...

Tali peculiarità sono molto simili a quelle dell'elevata vulnerabilità locale, ma sono considerate meno accentuate.

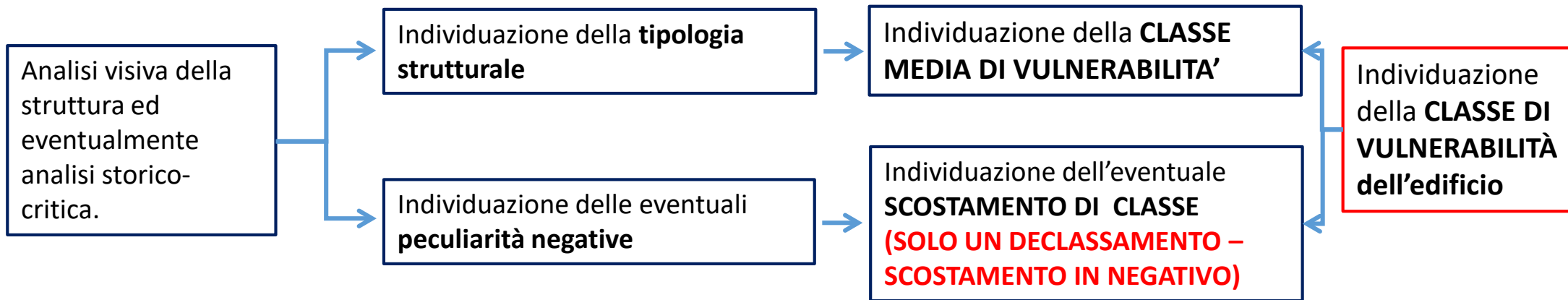
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Macrosismico

### RIASSUMENDO

Lo scopo dell'applicazione del **metodo macrosismico** è **l'ottenimento della classe di vulnerabilità dell'edificio in funzione:**

- ✓ della **TIPOLOGIA STRUTTURALE**
- ✓ delle **PECULIARITÀ NEGATIVE**



### PECULIARITÀ DEL METODO:

- ✓ non sono necessarie **analisi numeriche**;
- ✓ si basa principalmente sul **rilievo visivo** dell'edificio;
- ✓ eventuali **indagini in situ** possono essere di supporto per l'individuazione della tipologia strutturale;
- ✓ è un metodo **molto speditivo** adatto alla classificazione di un gran numero di edifici;
- ✓ è condizionato dalla **sensibilità del tecnico**;
- ✓ può fornire **importanti ed utili indicazioni per eventuali successivi interventi di mitigazione del rischio.**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri



# Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Macrosismico

Scheda generale (indipendente dalla tipologia strutturale)

**Dati identificativi**

**Caratteristiche generali dell'unità strutturale**

**Elementi generali di vulnerabilità locale**

**Schema dell'unità strutturale**

- Data di compilazione
- Regione, provincia, comune, indirizzo edificio
- Identificativi catastali
- ...
- Tipologia di costruzione (muratura, c.a. int., c.a. pareti, etc)
- altezza totale edificio, n. piani
- Tipologia orizzontamenti (in legno, in latero-cemento, etc.)
- ...
- Spinte non contrastate
- Elementi non strutturali pericolosi (comignoli, balconi, etc.)
- Finestre a nastro
- Controsoffitti pesanti
- ...

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri



# Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Macrosismico

## Scheda specifica (specializzata per tipologia strutturale)

Caratteristiche specifiche muratura		US							
A) Tipologia di muratura	A1) Pietra grezza	Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidità o resistenza nel proprio piano medio e scarsezze collegati con le parti portanti.	Foto	Da	*				
	A2) Mattoni di terra cruda	Orizzontamenti di legno o di mattoni ma comunque caratterizzati da scarsa rigidità o resistenza nel proprio piano medio e scarsezze collegati con le parti portanti.	Foto	Da	*				
	A3) Pietra sbazzata	Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidità o resistenza nel proprio piano medio e scarsezze collegati con le parti portanti.	Foto	Da	*				
	A4) Pietra massiccia	Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidità o resistenza nel proprio piano medio.	Foto	Da	*				
	A5) Mattoni o pietre lavorate	Orizzontamenti di mattoni o di legno caratterizzati da scarsa rigidità nel proprio piano medio e scarsezze collegati con le parti portanti.	Foto	Da	*				
	A6) Mattoni a sola	Funzionamento scabellato della costruzione.	Foto	Da	*				
	A6) di elevata rigidità	Orizzontamenti di calcabusto armato o comunque caratterizzati da elevata rigidità nel proprio piano medio ben collegati alla muratura.	Foto	Da	*				
A7) Armata o/o confinata	Struttura qualità della muratura, rinforzata da reti o barre di acciaio, o/o realizzata da blocchi e colonne che la racchiudono in corrispondenza di tutti o quasi i lati.	Foto	Da	*					
B) Possibili meccanismi locali di	B1) Ribaltamento delle pareti		si	no	no	Foto	Da	*	
	B2) Meccanismi parziali o di piano		si	no	no	Foto	Da	*	
	B3) Meccanismi di piano		si	no	no	Foto	Da	*	
	B4) Meccanismi di piano		si	no	no	Foto	Da	*	
<b>C) Vulnerabilità specifiche per tipologia: Pietra sbazzata - Pietra massiccia - Mattoni o pietre lavorate</b>									
C) Vulnerabilità specifiche per tipologia: Pietra sbazzata - Pietra massiccia - Mattoni o pietre lavorate	C1) Scarsa qualità costruttiva		si	no	no	Foto	Da	*	
	C2) Elevato degrado o/o danneggiamento		si	no	no	Foto	Da	*	
	C3) Spinte orizzontali non contrastate		si	no	no	Foto	Da	*	
	C4) Pannelli murari male ammorsati tra loro		si	no	no	Foto	Da	*	
	C5) Orizzontamenti male ammorsati alle pareti		si	no	no	Foto	Da	*	
	C6) Aperture di davala: dimensioni intasolate da maschi di ridotte dimensioni		si	no	no	Foto	Da	*	
	C7) Presenza di numerose nicchie che riducono significativamente l'area resistente della muratura		si	no	no	Foto	Da	*	
	C8) Paredi di davala: dimensioni non contravventate e a sufficienza		si	no	no	Foto	Da	*	
	Alto: C9)		si	no	no	Foto	Da	*	
	C10)		si	no	no	Foto	Da	*	
	C11)		si	no	no	Foto	Da	*	
	<b>D) Vulnerabilità specifiche per tipologia: Mattoni e sole di elevata rigidità</b>								
	D) Vulnerabilità specifiche per tipologia: Mattoni e sole di elevata rigidità	D1) Scarsa qualità costruttiva		si	no	no	Foto	Da	*
		D2) Elevato degrado o/o danneggiamento		si	no	no	Foto	Da	*
		D3) Pannelli murari male ammorsati tra loro		si	no	no	Foto	Da	*
		D4) Orizzontamenti male ammorsati alle pareti		si	no	no	Foto	Da	*
		D5) Pannelli murari a doppia parete con davala o sovrapposizione		si	no	no	Foto	Da	*
		D6) Assenza totale o parziale di cordoli		si	no	no	Foto	Da	*
		D7) Aperture di davala: dimensioni intasolate da maschi di ridotte dimensioni		si	no	no	Foto	Da	*
D8) Presenza di numerose nicchie che riducono significativamente l'area resistente della muratura			si	no	no	Foto	Da	*	
D9) Paredi di davala: dimensioni non contravventate e a sufficienza			si	no	no	Foto	Da	*	
Alto: D10)			si	no	no	Foto	Da	*	
D11)		si	no	no	Foto	Da	*		
D12)		si	no	no	Foto	Da	*		
D13)		si	no	no	Foto	Da	*		
<b>E) Vulnerabilità specifiche per tipologia: armata o/o confinata</b>									
E) Vulnerabilità specifiche per tipologia: armata o/o confinata	E1) Scarsa qualità costruttiva		si	no	no	Foto	Da	*	
	E2) Elevato degrado o/o danneggiamento		si	no	no	Foto	Da	*	
	E3) Elevata irregolarità in pianta o/o in altezza		si	no	no	Foto	Da	*	
	E4) Numerosi elementi non strutturali che modificano negativamente il comportamento locale o globale		si	no	no	Foto	Da	*	
	E5) Numerosi elementi non strutturali che modificano negativamente il comportamento locale o globale		si	no	no	Foto	Da	*	

**Tipologia di muratura**

**Possibili meccanismi locali**

**Peculiarità negative**

- Pietra grezza
- Mattoni di terra cruda
- Pietra sbazzata
- Pietra monumentale
- Muratura armata
- Etc.
- Ribaltamento delle pareti
- Meccanismi di piano
- Errata disposizione degli elementi
- Etc.
- Scarsa qualità costruttiva
- Elevato degrado
- Pannelli murari male ammorsati tra loro
- Orizzontamenti male ammorsati alle pareti
- Etc.

**N.b. Potrebbe essere necessario effettuare qualche indagine conoscitiva**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

# Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Macrosismico

Scheda sintetica (contenente il giudizio finale)

**Riassunto identificativi**

**Sintesi valutazione classe media di vulnerabilità (con note esplicative)**

**Sintesi eventuale scostamento di classe dovuto a peculiarità negative (con note esplicative)**

- Data di compilazione
- Regione, provincia, comune, indirizzo edificio
- Identificativi catastali
- Etc.

- Giudizio sintetico sulla tipologia strutturale
- Eventuali note esplicative con riferimento ad allegati fotografici

- Giudizio sintetico sulle eventuali peculiarità negative che possono determinare il declassamento dell'edificio
- Note esplicative e giustificative per un eventuale declassamento con riferimento agli allegati fotografici

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Macrosismico

In modo da evitare di ottenere unicamente una scheda sintetica sulla vulnerabilità dell'edificio (comunque, almeno in parte, soggetta alla sensibilità del compilatore) è possibile allegare delle indicazioni analitiche sotto forma di elaborati fotografici.

**Indicazioni sintetiche**  
(si, no, non rilevabile)

**Indicazioni Analitiche**  
(foto localizzate)

Sezione 2.2 – ELEMENTI GENERALI DI VULNERABILITA' LOCALE										
A) Singole pinte non efficacemente contrastate:	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
B) Singole pinte non efficacemente contrastate:	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
C) Singoli elementi strutturali fortemente danneggiati:	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
D) Singoli elementi strutturali fortemente danneggiati:	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
E) Singoli elementi non strutturali fortemente danneggiati:	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
F) Singoli elementi non strutturali fortemente danneggiati:	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
G) Tamponature pesanti e/o massicce	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
H) Finestrature a nastro: prospetto <input type="checkbox"/> piano <input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
I) Tramezzature interne	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
L) Canna/e fumarie pesanti e/o ancorate non a sufficienza	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
M) Comignoli pesanti e/o ancorati non a sufficienza	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
N) Cornicioni pesanti e/o ancorati non a sufficienza	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
O) Rivestimenti esterni, intonaci e decorazioni	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
P) Parapetti non efficacemente ancorati	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
Q) Scaffalature e archivi non sufficientemente ancorati	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
S) Controsoffitti pesanti e/o non sufficientemente ancorati	<input type="radio"/>	si	<input type="radio"/>	no	<input type="radio"/>	nr	Foto	da	<input type="checkbox"/>	a
Altro: T)	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	si			Foto	da	<input type="checkbox"/>	a

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

- Classe PAM
- Classe IS-V
- Classe di Rischio

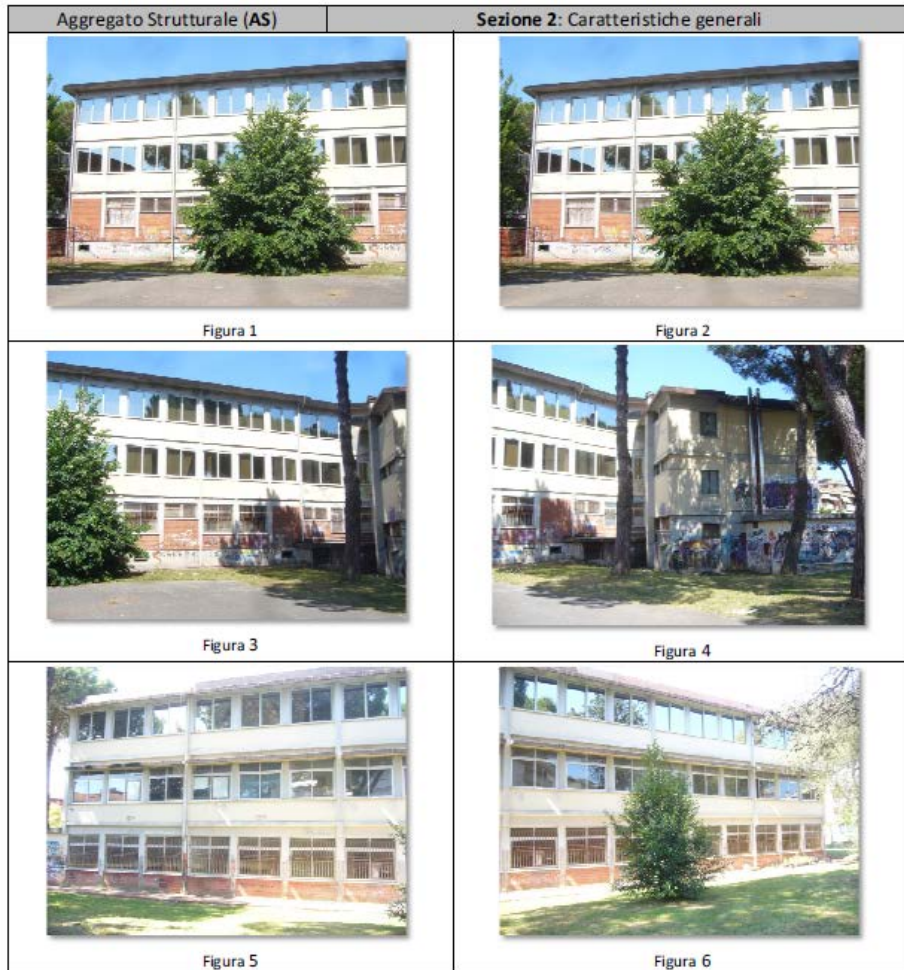
2.2.2 Metodo Semplificato

3. Casi di studio

4. Progetti futuri

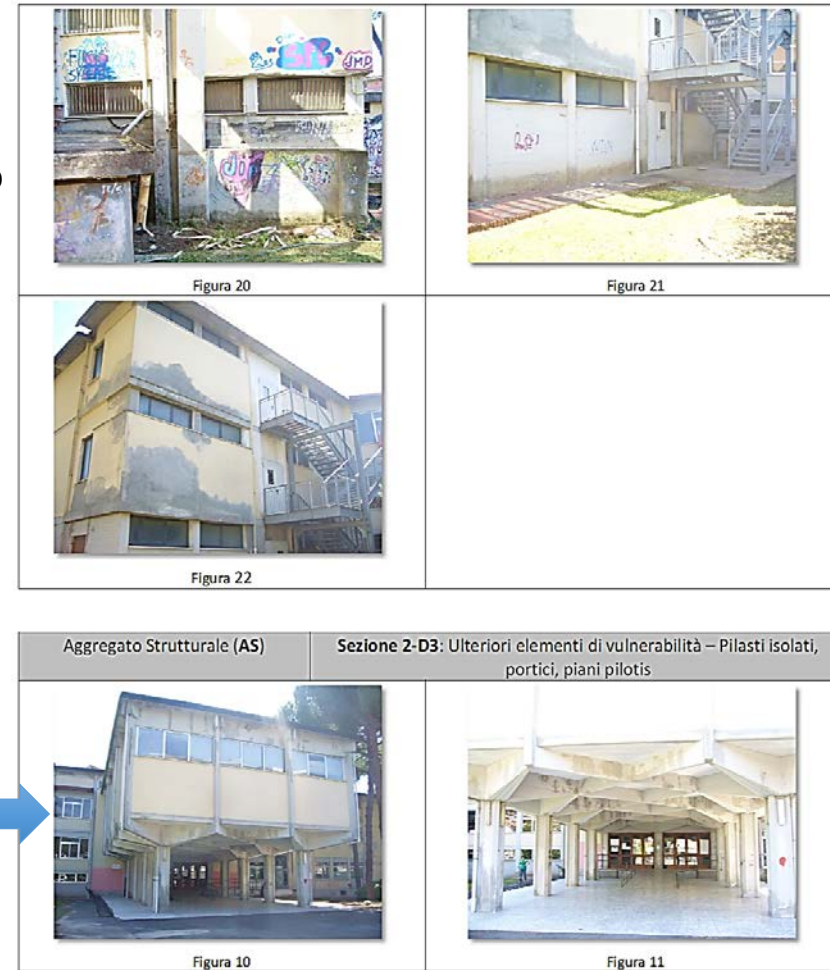
# Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Macrosismico

## Allegati fotografici: esempi



← **Caratteristiche generali Aggregato Strutturale**

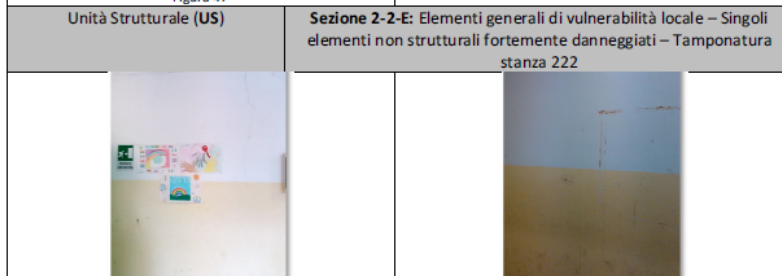
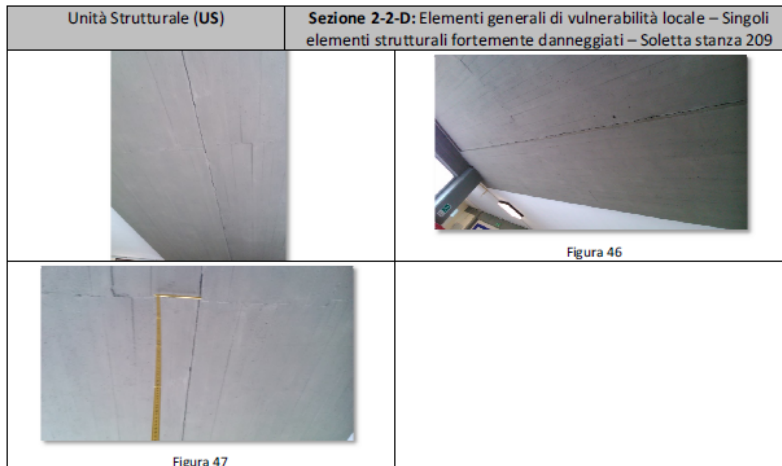
**Elementi di vulnerabilità locali: Pilastrì isolati, portici, piani pilotis** →



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

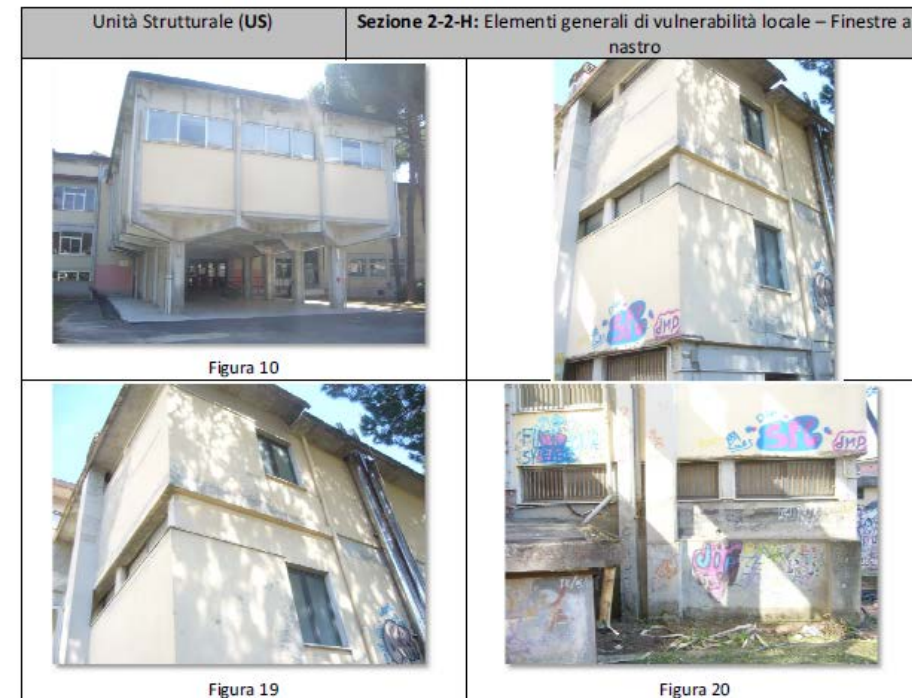
# Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Macrosismico

## Allegati fotografici: esempi



Elementi di vulnerabilità locale delle Unità strutturali: Singoli elementi danneggiati

Elementi generali di vulnerabilità locale presenza di finestre a nastro



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

# Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Macrosismico

## Allegati fotografici: esempi



**Elementi generali di vulnerabilità locale :**  
**Tramezzature interne non efficacemente collegate**



**Elementi generali di vulnerabilità locale :**  
**Canne fumarie pesanti e/o non ancorate a sufficienza**



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
  3. Casi di studio
  4. Progetti futuri

# Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Macrosismico

## Allegati fotografici: esempi



**Elementi generali di vulnerabilità locale : Scaffalature pesanti e sistema di illuminazione interno**

**Elementi generali di vulnerabilità locale: trave in spessore di 150 cm su pilastro 35 x 35 cm**



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Analitico

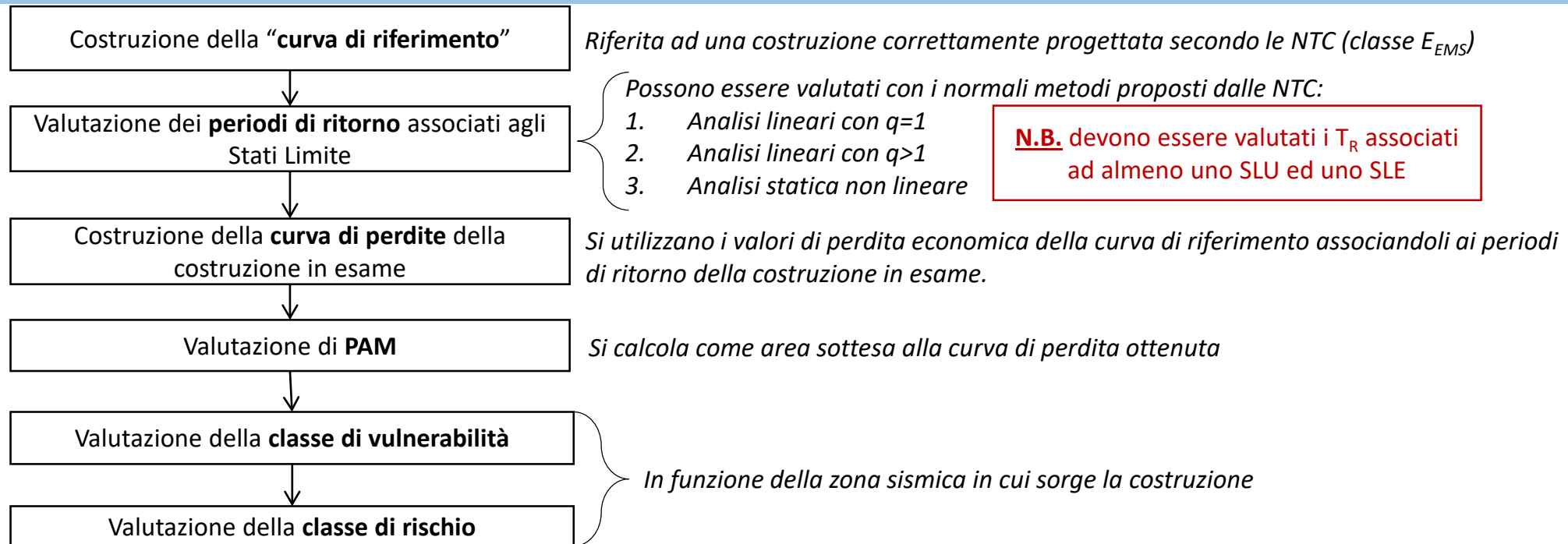
**Il metodo analitico utilizza le curve di perdita precedentemente definite (chiamate di riferimento) e permette la valutazione numerica del parametro PAM mediante uno dei normali metodi di analisi previsti dalle attuali norme tecniche.**

Le perdite economiche dirette (%RC) associate al raggiungimento di un determinato stato limite della costruzione coincidono con quelle associate ad una costruzione correttamente progettata secondo le NTC (classe  $E_{EMS}$ ).

Principali vantaggi: permette una stima sufficientemente accurata del valore di EAL; è possibile utilizzare i metodi di analisi normalmente previsti dalle NTC08

Principali svantaggi: necessita di analisi numeriche (non adatto quindi per un gran numero di edifici); non permette di tenere in considerazione elementi difficilmente quantificabili nel modello (vulnerabilità locali, etc.)

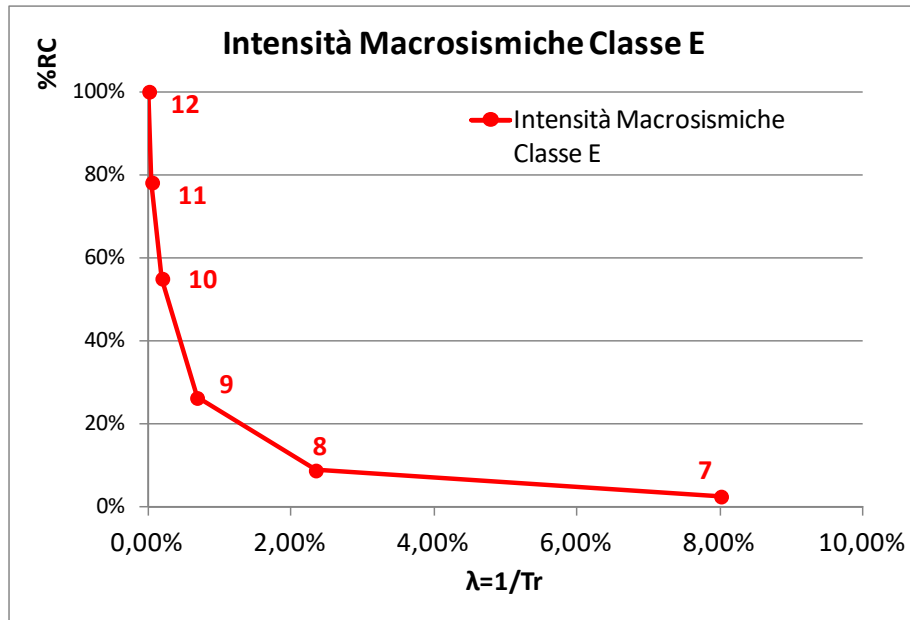
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri





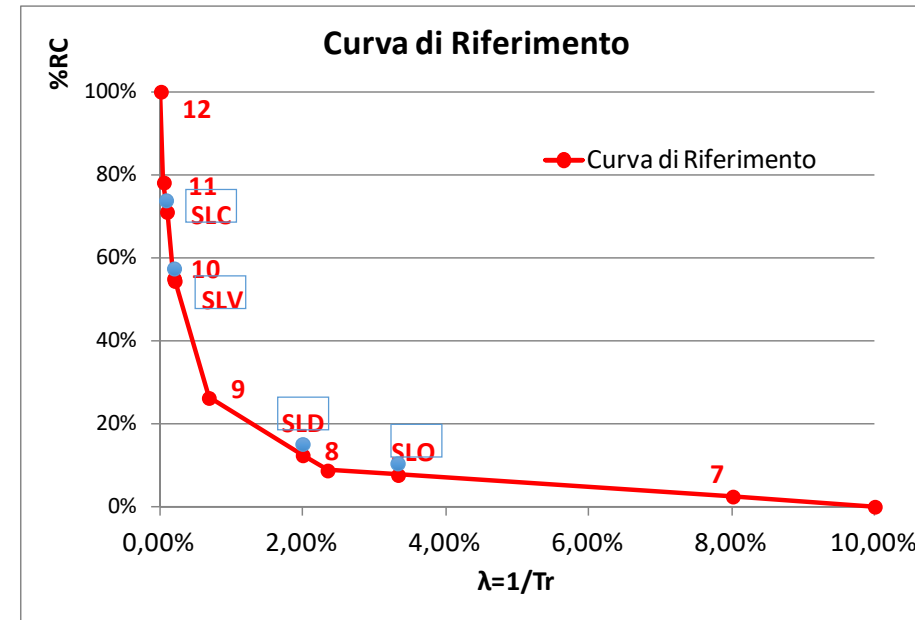
## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Analitico

a) Costruire la curva dei %RC associata ad un edificio a norma (di classe  $E_{EMS}$ )



La curva di riferimento è quella relativa ad una classe  $E_{EMS}$  valutata **nella zona di interesse**

b) Individuare le frequenze medie annue di superamento associate agli stati limite **SLO**, **SLD**, **SLV** e **SLC**

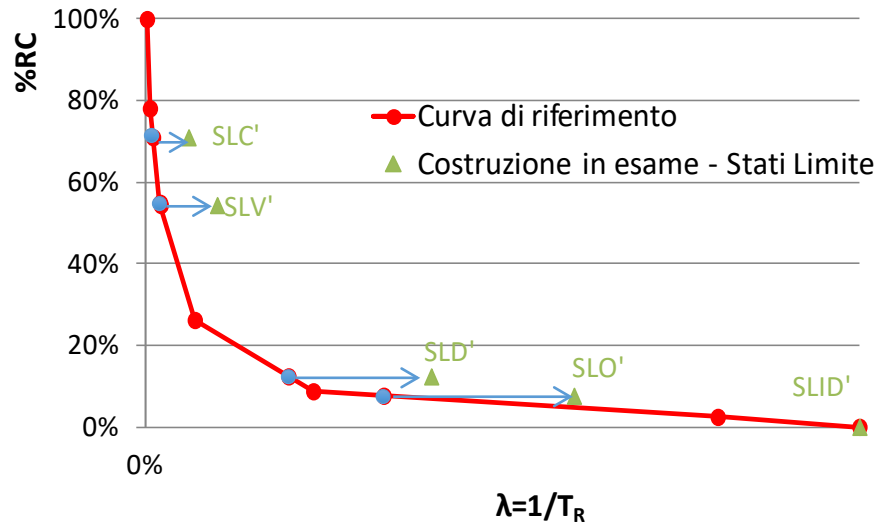


Le frequenze medie annue di superamento associate agli Stati Limite della costruzione in esame dipendono dalla **vita nominale dell'opera  $V_N$**  e dal **coefficiente d'utilizzo  $c_U$**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Analitico

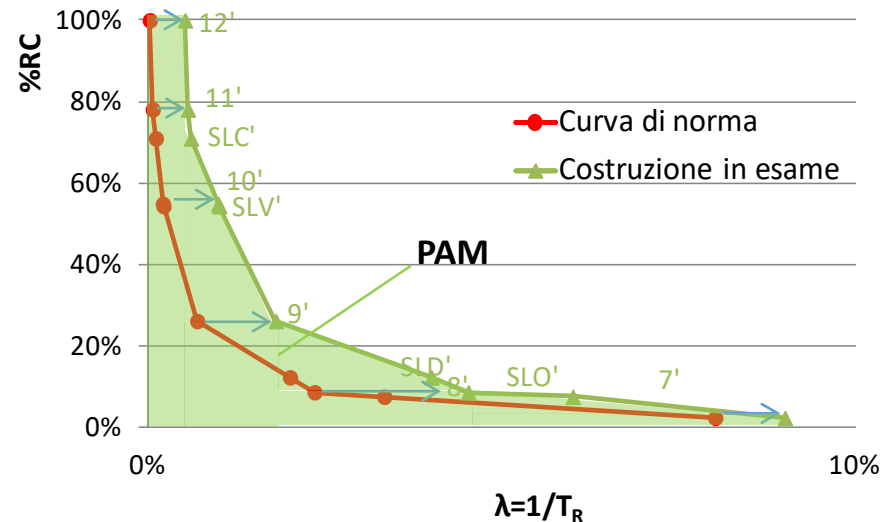
c) Valutazione dei tempi di ritorno associati agli SL per la costruzione in esame.



I punti rappresentanti il raggiungimento dei vari Stati Limite rappresentano i “**punti di ancoraggio**” della curva associata alla costruzione in esame.

Possono essere valutati utilizzando le metodologie di analisi e verifica previste dalle NTC

d) Costruzione della curva di perdita diretta associata alla costruzione.



I valori di  $I$  associati ai punti con %RC minori rispetto a quello associato allo SLC sono traslati e scalati in maniera da mantenere le stesse posizioni reciproche rispetto agli Stati Limite contigui.

I valori di  $I$  associati ai punti con %RC maggiori rispetto a quello associato allo SLC sono traslati e scalati in maniera da mantenere le stesse posizioni reciproche rispetto agli Stati Limite contigui.

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

- Classe PAM
- Classe IS-V
- Classe di Rischio

2.2.2 Metodo Semplificato

3. Casi di studio

4. Progetti futuri

## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Background document» – Metodo Analitico

e) Valutazione della **classe di vulnerabilità** in funzione di PAM e della zona sismica

EMS-98 - Zona 1	
CLASSE	EAL/RC
F <sub>EMS</sub>	<0,75%
E <sub>EMS</sub>	0,75% < <1,50%
D <sub>EMS</sub>	1,50% < <2,50%
C <sub>EMS</sub>	2,50% < <3,50%
B <sub>EMS</sub>	3,50% < <4,50%
A <sub>EMS</sub>	4,50% <

Ad ogni classe di vulnerabilità è associato un intervallo di variazione dell'indice PAM.  
In tabella, valori riportati per la zona 1.

f) Valutazione della **classe di rischio** in funzione della classe di vulnerabilità e della zona sismica

Classe di rischio	EAL (%RC)	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
A+	<0,50		F <sub>EMS</sub>	F <sub>EMS</sub> , E <sub>EMS</sub>	D <sub>EMS</sub> , E <sub>EMS</sub> , F <sub>EMS</sub>
A	0,50 < <0,75	F <sub>EMS</sub>	E <sub>EMS</sub>	D <sub>EMS</sub> , C <sub>EMS</sub>	C <sub>EMS</sub> , B <sub>EMS</sub> , A <sub>EMS</sub>
B	0,75 < <1,50	E <sub>EMS</sub>	D <sub>EMS</sub>	B <sub>EMS</sub> , A <sub>EMS</sub>	
C	1,50 < <2,50	D <sub>EMS</sub>	C <sub>EMS</sub>		
D	2,50 < <3,50	C <sub>EMS</sub>	B <sub>EMS</sub>		
E	3,50 < <4,50	B <sub>EMS</sub>	A <sub>EMS</sub>		
F	4,50 < <7,50	A <sub>EMS</sub>			
G	7,50 <				

Ad ogni classe di vulnerabilità, in funzione della zona sismica, è associato una classe di rischio, con nomenclatura simile a quella utilizzata per le prestazioni energetiche:

- **A+** rischio sismico praticamente trascurabile
- **F** rischio sismico elevatissimo

E' ovvio che le strutture in zone a bassa sismicità (zone 3 e 4) non possono essere caratterizzate da classi di rischio elevate grazie alla bassa pericolosità

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

- Classe PAM
- Classe IS-V
- Classe di Rischio

2.2.2 Metodo Semplificato

3. Casi di studio

4. Progetti futuri

## Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «Linee Guida applicative»

I metodi indicati dalla versione ridotta delle linee guida per la classificazione del rischio sono due:

- **METODO CONVENZIONALE:** applicabile a qualsiasi tipologia di costruzione, è basato sullo svolgimento dei metodi di analisi previsti dalle NTC2008 dai quali è necessario estrapolare dei parametri informativi di capacità ( $PGA_C$  o analogamente  $T_{R,C}$ ) per almeno gli Stati Limite di Danno e Vita. È applicabile sia nello stato di fatto che a seguito dell'esecuzione di interventi;
- **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 nel loro stato di fatto**. Può essere *limitatamente usato anche nei seguenti casi di valutazioni della classe a seguito di esecuzioni di interventi di miglioramento*:
  1. **Edifici in muratura nel caso in cui l'entità degli interventi sia tale da non produrre sostanziali modifiche al comportamento globale della struttura** e da consentire quindi l'inquadramento come interventi locali;
  2. **Capannoni industriali** nel caso di esecuzione di **specifici interventi locali di rafforzamento**;
  3. **Strutture in c.a. con telai resistenti bidirezionali** nel caso di esecuzione di **specifici interventi locali di rafforzamento**.



L'utilizzo del metodo semplificato può **non** determinare una Classe di Rischio coerente con il metodo convenzionale, ma ne offre comunque una **stima attendibile**. Il metodo convenzionale rimane quello principale di riferimento.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

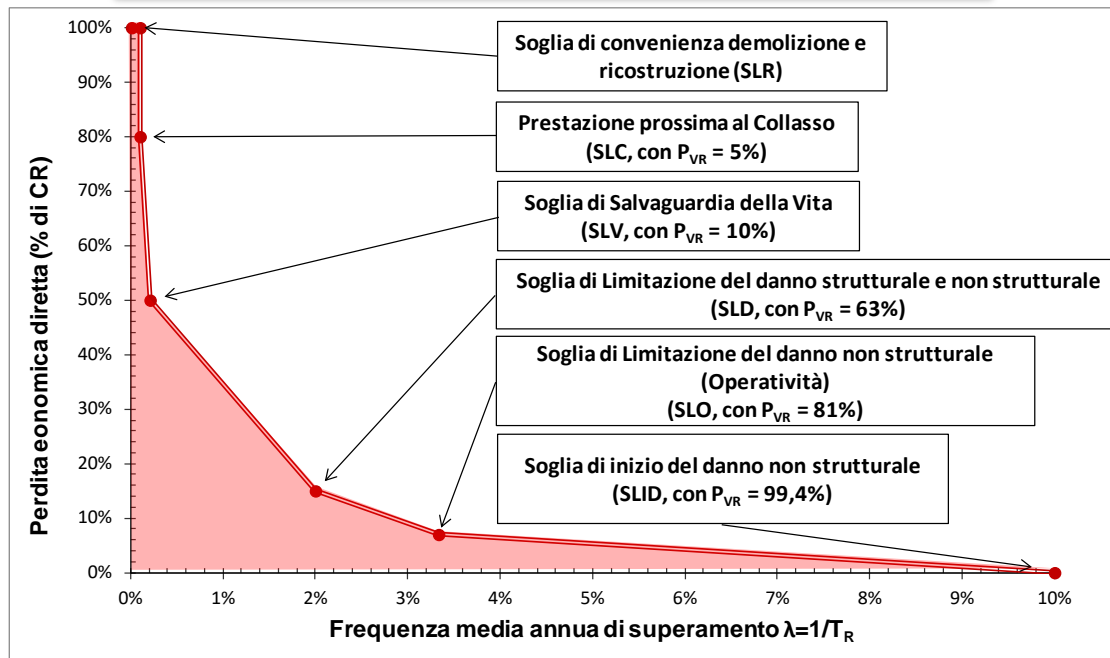
## Linee Guida applicative: il Metodo Convenzionale

Il metodo convenzionale si basa sull'utilizzo dei dati estrapolati dai metodi di analisi contenuti nelle NTC2008.

Per poter individuare la Classe di Rischio è necessario conoscere due parametri:

### INDICE PAM

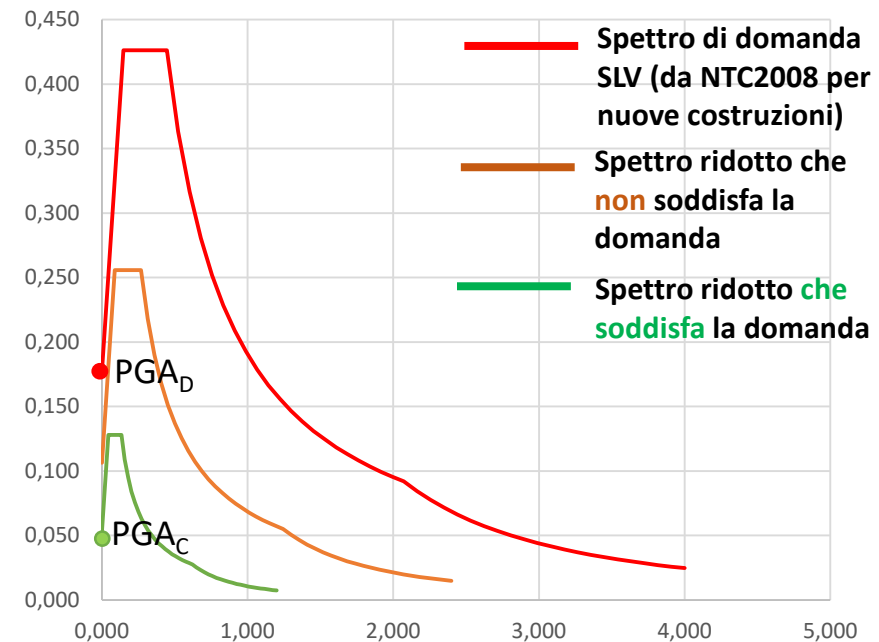
Valutabile come l'area sottesa alla curva rappresentate le perdite economiche dirette (%CR) in funzione della frequenza media annua di superamento ( $\lambda_i = 1/T_{R,C}$ )



### INDICE IS-V

Anche noto come «Indice di Rischio»

$$PGA_C (SLV) / PGA_D (SLV)$$

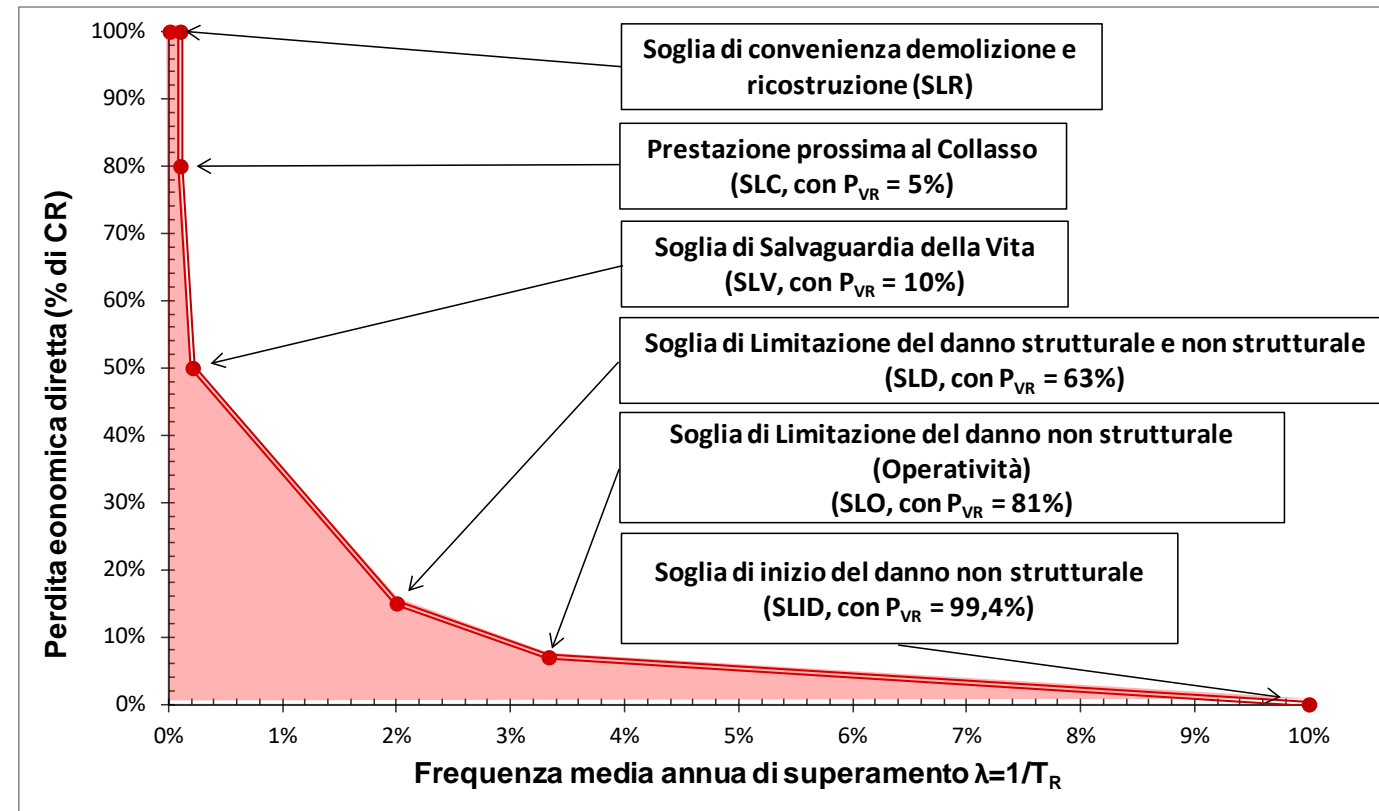


1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
  3. Casi di studio
  4. Progetti futuri

## Linee Guida applicative: il Metodo Convenzionale – Costruzione della curva di perdita

Per la costruzione della curva delle perdite è necessario individuare i seguenti punti:

- **SLID** Punto Convenzionale ( $\lambda=10\%$ ;  $CR=0\%$ )
  - **SLO**
  - **SLD**
  - **SLV**
  - **SLC**
  - **SLR** Punto Convenzionale ( $\lambda=0\%$ ;  $CR=100\%$ )
- Definiti come da NTC2008

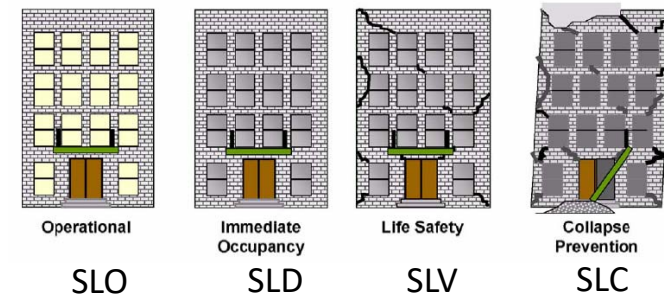
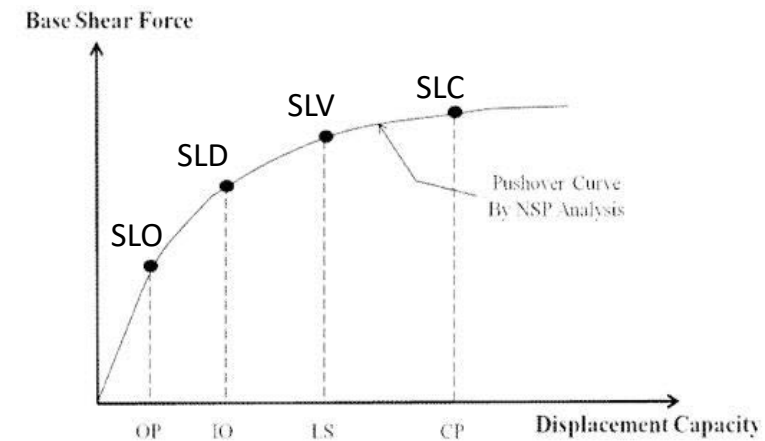


1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Linee Guida applicative: il Metodo Convenzionale – Costruzione della curva di perdita

### DEFINIZIONE DEGLI STATI LIMITE

- **SLID Stato Limite di Inizio Danno (punto convenzionale):** quello a cui è comunque associabile una **perdita economica nulla (CR=0%)** in corrispondenza di un evento sismico e il cui periodo di ritorno è assunto, convenzionalmente, pari a 10 anni, ossia  $\lambda = 0,1$ .
- **SLO Stato Limite di Operatività:** a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso (incluso elementi strutturali, elementi non strutturali, ecc.) non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi.
- **SLD Stato Limite di Danno:** a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso (incluso elementi strutturali, elementi non strutturali, apparecchiature rilevanti, ecc.) subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- **SLV Stato Limite di salvaguardia della Vita:** a seguito del terremoto, la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Linee Guida applicative: il Metodo Convenzionale – Costruzione della curva di perdita

### DEFINIZIONE DEGLI STATI LIMITE

- **SLC Stato Limite di Collasso:** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi danni e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.



L'edificio rosso di Amatrice è un esempio ottimale di performance allo SLC: A seguito del sisma del 24 agosto, questo non è crollato ma, criticamente danneggiato, era in uno stato di incipiente collasso. Infatti, a seguito della scossa del 26 ottobre (di intensità minore rispetto a quella del 24 agosto), è crollato.

- **SLR Stato Limite di Ricostruzione (punto convenzionale):** quello a cui, stante la criticità generale che presenta la costruzione al punto da rendere pressoché **impossibile l'esecuzione di un intervento diverso dalla demolizione e ricostruzione**, è comunque associabile una **perdita economica pari al 100%**. Convenzionalmente si assume che tale stato limite si manifesti in corrispondenza di un evento sismico il cui **periodo di ritorno è pari a quello dello Stato Limite dei Collasso (SLC)**.

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

- Classe PAM
- Classe IS-V
- Classe di Rischio

2.2.2 Metodo Semplificato

3. Casi di studio

4. Progetti futuri



## Linee Guida applicative: il Metodo Convenzionale – Valutazione della Classe PAM

1. Si effettua l'analisi della struttura e si determinano i valori delle accelerazioni al suolo di capacità,  $PGA_C(SL_i)$ , che inducono il raggiungimento degli stati limite indicati dalla norma (SLC, SLV, SLD, SLO).
2. Note le accelerazioni al suolo  $PGA_C$  si determinano i corrispondenti **periodi di ritorno**  $T_{R,C}$  associati ai terremoti che generano tali accelerazioni. In assenza di più specifiche valutazioni, il passaggio dalle  $PGA_C$  ai valori del periodo di ritorno possono essere eseguiti utilizzando la seguente relazione:

$$T_{R,C} = T_{R,D} (PGA_C/PGA_D)^\eta$$

con  $\eta = 0,41$

E' necessario sottolineare che **si assume che non si possa raggiungere lo SLV senza aver raggiunto gli SLO e SLD**. Di conseguenza:

$$T_{R,C} (SLO) = \min (T_{R,C} (SLO) \text{ ottenuto dal calcolo}; T_{R,C} (SLV))$$

$$T_{R,C} (SLD) = \min (T_{R,C} (SLD) \text{ ottenuto dal calcolo}; T_{R,C} (SLV))$$

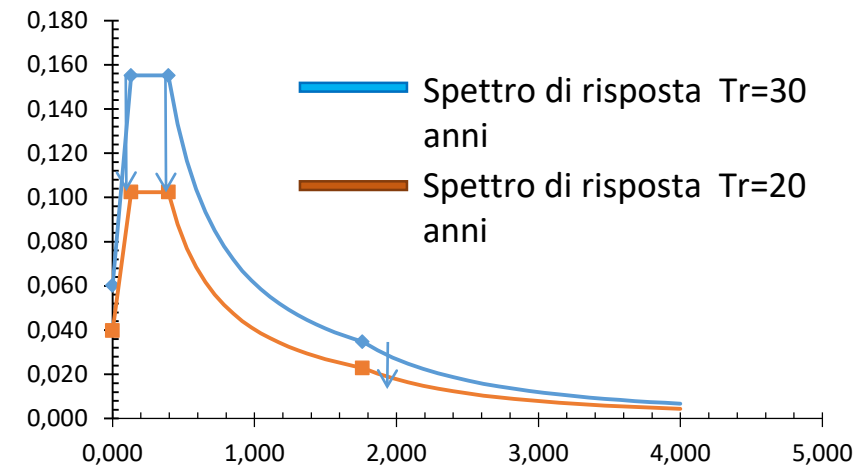
Nel caso in cui, ad esempio allo SLD, si ottenga un periodo di ritorno **minore di 30** (ma comunque maggiore di 10), è possibile valutarlo nel seguente modo:

- a) **Valutare la PGA** per la quale la struttura soddisfa lo stato limite di interesse;
- b) **Scalare le ordinate dello spettro di risposta** relativo al periodo di ritorno di 30 anni (mantenendo costanti i valori di  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ ) fino ad ottenere lo spettro con PGA desiderata ( $PGA_C$ );
- c) **Calcolare il fattore di scala FC:**

$$FC = PGA_C / PGA_{30\text{anni}}$$

- d) **Valutare il periodo di ritorno di capacità  $T_{R,C}$ :**

$$T_{R,C} = FC \cdot 30 \text{ anni}$$



- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
- 3. Casi di studio
- 4. Progetti futuri

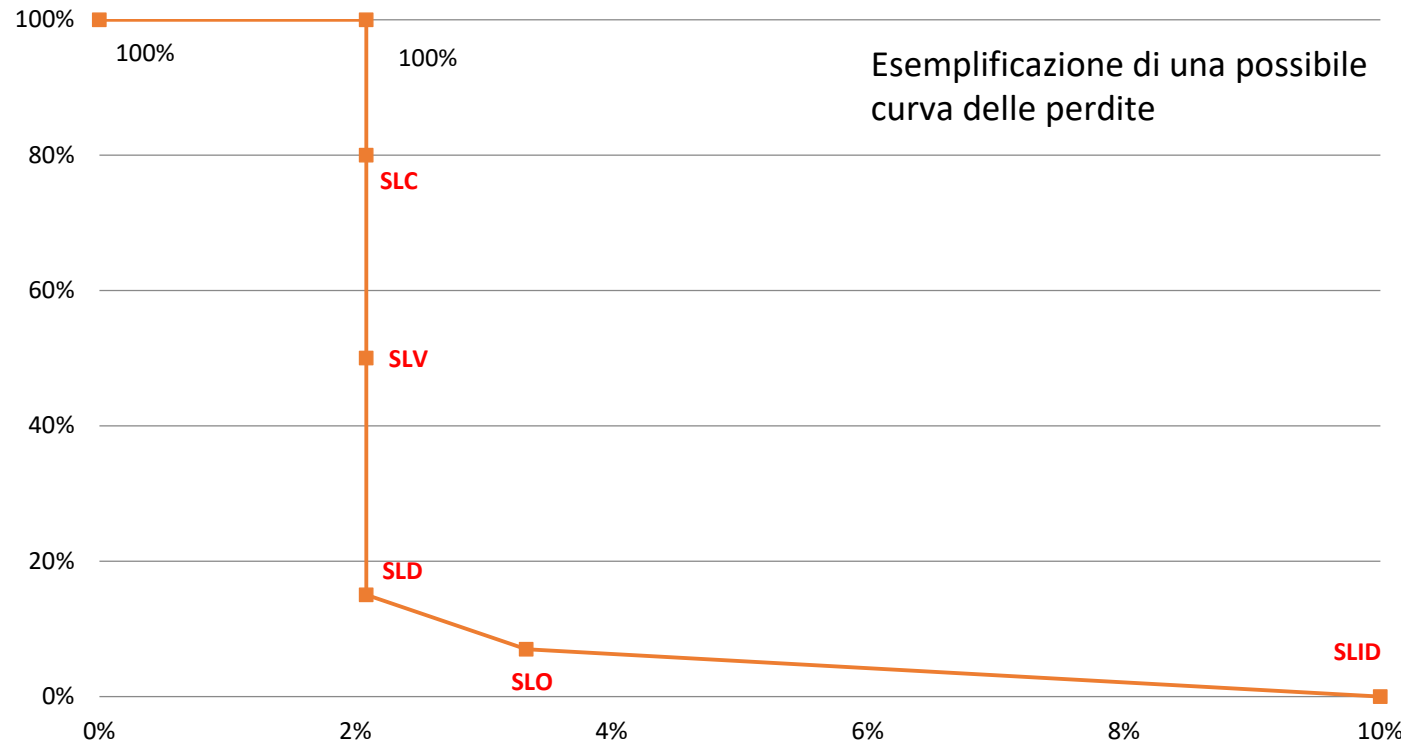
## Linee Guida applicative: il Metodo Convenzionale – Valutazione della Classe PAM

Nel caso in cui si siano calcolati i periodi di ritorno di capacità soltanto per gli SLD e SLV, è possibile dedurre quelli associati allo SLO ed allo SLC mediante le seguenti relazioni:

$$T_{R,C}(SLO) = 1,67 \cdot SLD$$

$$T_{R,C}(SLC) = 0,49 \cdot SLV$$

3. Per ciascuno dei periodi sopra individuati, si determina il valore della frequenza media annua di superamento  $\lambda_i = 1/T_{R,C}$ .

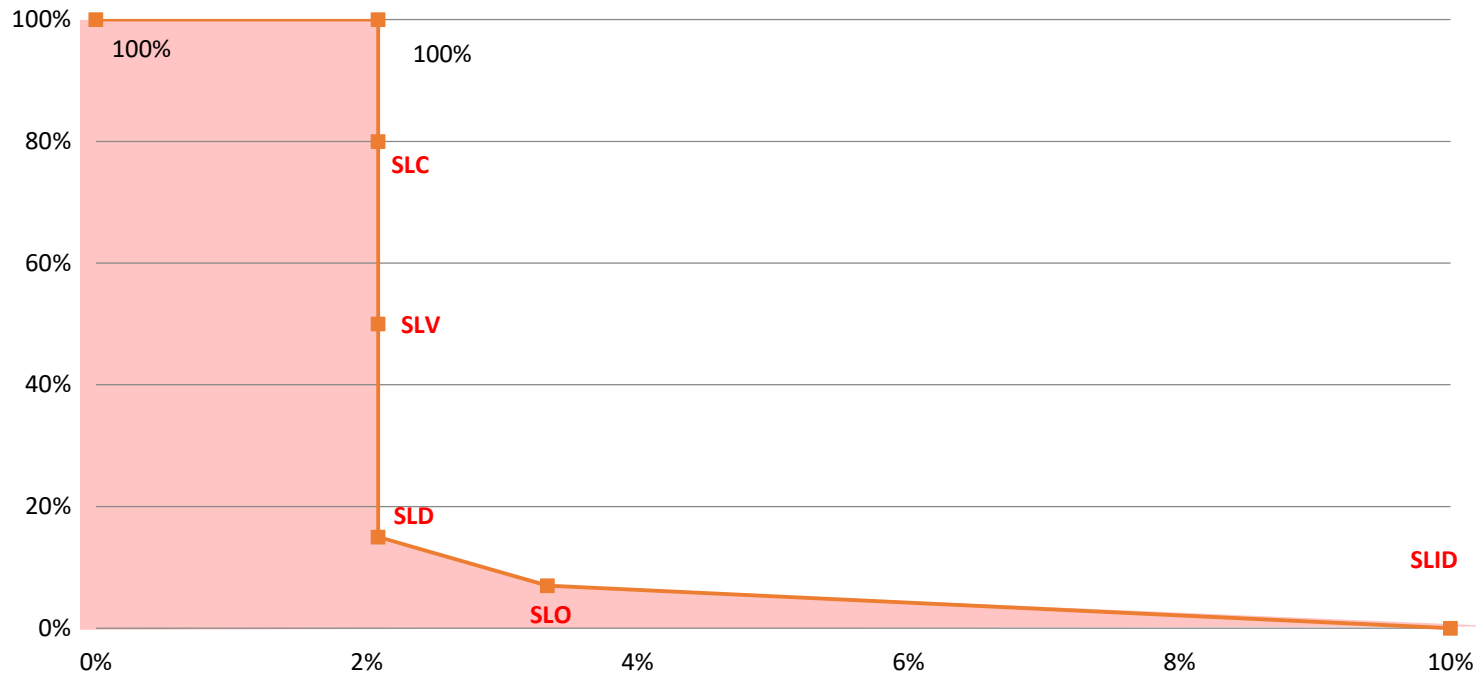


4. Ad ogni frequenza  $\lambda_i$  è associato un certo CR, determinato facendo riferimento a situazioni tipiche per edifici in c.a. e muratura. **In aggiunta si inserisce il punto ( $\lambda = \lambda(SLC)$ ; CR=100%)**

Stato Limite	CR(%)
SLR	<b>100%</b>
SLC	<b>80%</b>
SLV	<b>50%</b>
SLD	<b>15%</b>
SLO	<b>7%</b>
SLID	<b>0%</b>

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Linee Guida applicative: il Metodo Convenzionale – Valutazione della Classe PAM



**PAM**  
=  
**area sottesa alla curva delle perdite**



Dalla tabella si individua la Classe di Rischio PAM

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

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Linee Guida applicative: il Metodo Convenzionale – Valutazione della Classe IS-V e della Classe di Rischio

L'indice IS-V (anche noto come *Indice di Rischio*) si calcola come il rapporto tra l'accelerazione al suolo di capacità  $PGA_c$  allo SLV e quella di domanda  $PGA_D$  associata allo stesso Stato Limite:

$$PGA_c (SLV) / PGA_D (SLV)$$

Dalla tabella sottostante si ricava il valore della Classe IS-V:

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

Incrociando le classi ottenute per l'indice PAM e l'Indice di Sicurezza IS-V, si determina la CLASSE DI RISCHIO.

CLASSE DI RISCHIO		CLASSE PAM							
		A+	A	B	C	D	E	F	G
CLASSE IS-V	A+	A+	A	B	C	D	E	F	G
	A	A	A	B	C	D	E	F	G
	B	B	B	B	C	D	E	F	G
	C	C	C	C	C	D	E	F	G
	D	D	D	D	D	D	E	F	G
	E	E	E	E	E	E	E	F	G
	F	F	F	F	F	F	F	F	G

È possibile ottenere una classe di rischio migliore intervenendo sulla **riduzione del PAM** e/o sul **miglioramento della capacità allo SLV**. Se si è utilizzato questo metodo per il calcolo della classe di rischio nello stato di fatto, è necessario riutilizzare **questo stesso** per la valutazione della classe a seguito degli interventi effettuati.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
  3. Casi di studio
  4. Progetti futuri

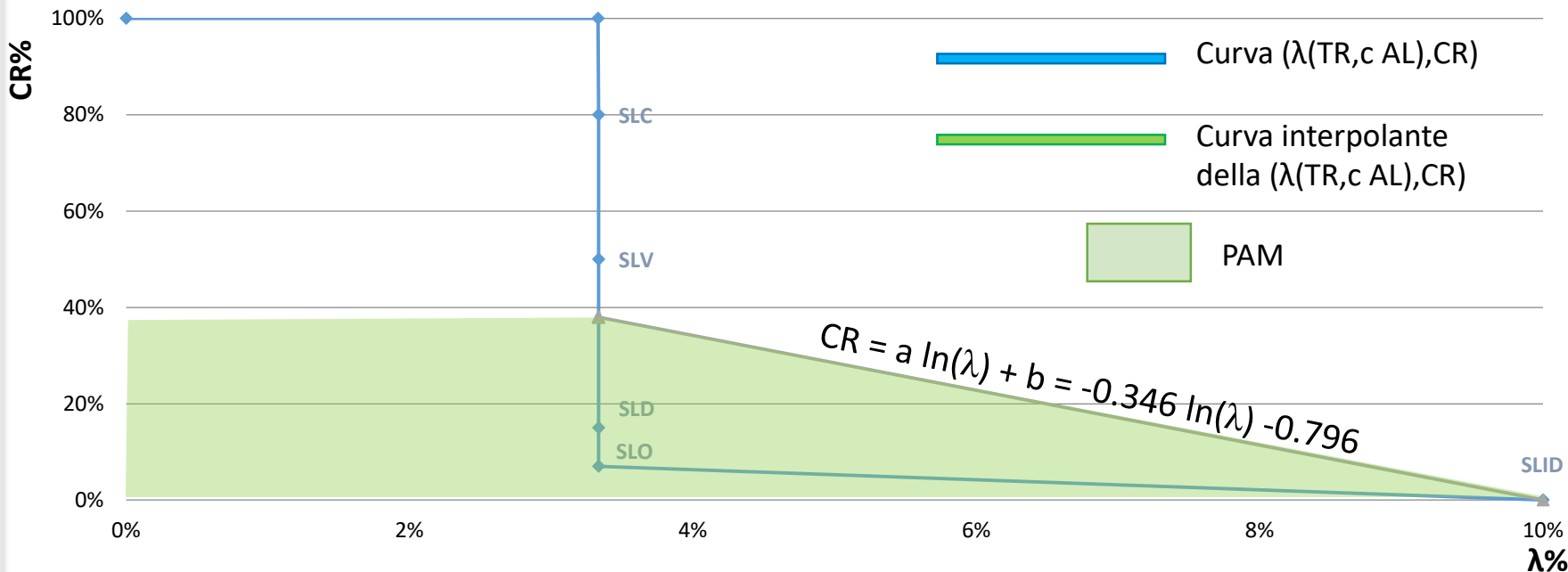
## Linee Guida applicative: il Metodo Convenzionale – Valutazione alternativa della Classe PAM

La valutazione del PAM può essere condotta **integrando direttamente l'interpolante che approssima ai minimi quadrati i valori di  $\lambda$  e CR** determinati nel modo già indicato nel testo, come indicato nell'Appendice 2 delle linee guida applicative.

Operativamente, espressa l'interpolante nella forma  **$CR = a \ln(\lambda) + b$** , posto  $x_i = \ln(\lambda_i)$  e  $y_i = CR_i$  (con i variabile da 1 a 5) i coefficienti **a** e **b** hanno l'espressione:

$$a = \frac{5 \sum_{i=1}^5 y_i x_i - \sum_{i=1}^5 y_i \sum_{i=1}^5 x_i}{5 \sum_{i=1}^5 x_i^2 - \sum_{i=1}^5 x_i \sum_{i=1}^5 x_i} \quad b = \frac{\sum_{i=1}^5 y_i - a \sum_{i=1}^5 x_i}{5}$$

Determinata l'interpolante è immediato calcolare il **PAM** associato corrispondente all'area sottesa alla curva tracciata. La classe PAM si legge, come fatto precedentemente, dalla tabella.



Perdita Media Annuale attesa (PAM)	Classe PAM
PAM ≤ 0,50%	A <sup>+</sup> <sub>PAM</sub>
0,50% < PAM ≤ 1,0%	A <sub>PAM</sub>
1,0% < PAM ≤ 1,5%	B <sub>PAM</sub>
1,5% < PAM ≤ 2,5%	C <sub>PAM</sub>
2,5% < PAM ≤ 3,5%	D <sub>PAM</sub>
3,5% < PAM ≤ 4,5%	E <sub>PAM</sub>
4,5% < PAM ≤ 7,5%	F <sub>PAM</sub>
7,5% ≤ PAM	G <sub>PAM</sub>

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
      - Classe PAM
      - Classe IS-V
      - Classe di Rischio
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
  3. Casi di studio
  4. Progetti futuri

## Linee Guida applicative: il Metodo Semplificato

Il metodo semplificato **può** essere utilizzato

come alternativa al metodo convenzionale **LIMITATAMENTE ALLA**

**MURATURA** per l'attribuzione della Classe di Rischio nello **stato di fatto**

Nel caso di effettuazione di interventi per il passaggio di **ALLA CLASSE DI RISCHIO IMMEDIATAMENTE SUPERIORE** (è possibile ottenere il **MIGLIORAMENTO DI UNA SOLA CLASSE**). UTILIZZATO SOLO PER ALCUNI CASI SPECIFICI

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
      - Muratura (stato di fatto)
      - Muratura (A Seguito di Interventi)
      - Capannoni industriali (ASI)
      - Edifici in c.a. con telai resistenti bidirezionali (ASI)

### Muratura (STATO DI FATTO)

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) di seguito riportata.**

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> )
Muratura di pietra senza legante (a secco)	○					
Muratura di mattoni di terra cruda (adobe)	○—					
Muratura di pietra sbozzata	—○					
Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali		—○—				
Muratura di mattoni e pietra lavorata	—○—					
Muratura di mattoni e solai di rigidezza elevata		—○—				
Muratura rinforzata e/o confinata			—○—			

L'EMS-98<sup>(1)</sup> individua **7 tipologie di edifici in muratura** (identificate principalmente in base alla struttura verticale) e fissa la vulnerabilità media di ciascuna individuando 6 classi di vulnerabilità, qui indicate con **V<sub>1</sub> ... V<sub>6</sub>**, (da non confondersi con le Classi di Rischio A ÷ G), con **vulnerabilità crescente dal pedice 1 al pedice 6**. L'EMS-98 individua, per ogni tipologia e ogni classe di vulnerabilità, **il valore più credibile (cerchio)** e la dispersione intorno a tale valore, espressa con i valori più probabili (linee continue) e meno probabili o addirittura eccezionali (linee tratteggiate).

## Linee Guida applicative: il Metodo Semplificato – Muratura (STATO DI FATTO)

La valutazione della classe di vulnerabilità, necessaria per la determinazione della Classe di Rischio della costruzione in esame mediante il metodo semplificato, deve essere condotta in due passi successivi:

- 1) **determinazione della tipologia strutturale** che meglio descrive la costruzione in esame e della **classe di vulnerabilità media** (valore più credibile) associata;
- 2) valutazione **dell'eventuale scostamento dalla classe media a causa di un elevato degrado**, di una scarsa qualità costruttiva o della presenza di peculiarità che possono innescare **meccanismi di collasso locale** per valori particolarmente bassi dell'azione sismica e **aumentare la vulnerabilità globale**.

Per la determinazione della classe di vulnerabilità media e per la valutazione dell'eventuale scostamento, utile riferimento può essere fatto alle indicazioni riportate in tabella seguente. **Si sottolinea come sia previsto lo scostamento dalla classe media solo nel verso di un aumento della vulnerabilità.**

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

2.2.2 Metodo Semplificato

- Muratura (stato di fatto)
- Muratura (A Seguito di Interventi)
- Capannoni industriali (ASI)
- Edifici in c.a. con telai resistenti bidirezionali (ASI)

## Linee Guida applicative: il Metodo Semplificato – Muratura (STATO DI FATTO)

TIPOLOGIA STRUTTURALE		PECULIARITÀ CARATTERISTICHE DELLA TIPOLOGIA STRUTTURALE	CLASSE MEDIA DI VULNERABILITÀ GLOBALE	POSSIBILI MECCANISMI LOCALI	PECULIARITÀ NEGATIVE PER LA VULNERABILITÀ LOCALE/GLOBALE	PAS-SAGGI O 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 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>			
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 resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti</li> </ul>	V <sub>5</sub>	Ribaltamenti o 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 ammassati tra loro</li> <li>Orizzontamenti male ammassati alle pareti</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>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 rigidità nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti</li> </ul>	V <sub>5</sub>	Meccanismi parziali o di piano		
pietra massiccia per costruzioni monumentali		<ul style="list-style-type: none"> <li>Orizzontamenti a volta o di legno caratterizzati da scarsa rigidità e/o resistenza nel proprio piano medio</li> </ul>	V <sub>4</sub>			da V <sub>4</sub> a V <sub>5</sub>
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>	Ribaltamenti o 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>
		<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</li> </ul>		Meccanismi dovuti, ad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scarsa qualità costruttiva</li> <li>Elevato degrado o danneggiamento</li> </ul>	

## 1. Introduzione

## 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

## 2.1 «Background document»

## 2.2 «Linee Guida applicative»

## 2.2.1 Metodo Convenzionale

## 2.2.2 Metodo Semplificato

- Muratura (stato di fatto)
- Muratura (A Seguito di Interventi)
- Capannoni industriali (ASI)
- Edifici in c.a. con telai resistenti bidirezionali (ASI)



## Linee Guida applicative: il Metodo Semplificato – Muratura (STATO DI FATTO)

armata e/o confinata	e quattro i lati • Orizzontamenti di calcestruzzo armato o comunque caratterizzati da elevata rigidità nel proprio piano medio	V <sub>3</sub>	esempio, ad un'errata disposizione degli elementi non strutturali che possono ridurre la duttilità globale	<ul style="list-style-type: none"> <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>
----------------------	---	----------------	--	---	------------------------------------

La classe di vulnerabilità, in relazione alla pericolosità del sito in cui è localizzato l'edificio, corrisponde a una Classe di Rischio. Per semplicità, la pericolosità del sito è individuata attraverso la zona sismica di appartenenza così come definita dall'O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche e integrazioni. È così possibile definire le corrispondenze tra classi di vulnerabilità V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, ... V<sub>6</sub> e classi di rischio A+, A, ..., G, come indicato in tabella 5. Per distinguere l'attribuzione di classe mediante il metodo semplificato da quella ottenuta mediante il metodo convenzionale, le classi ottenute con il metodo semplificato sono contrassegnate da un asterisco (A+\*, A\*, B\*, ...).

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 <sub>1</sub>	$V_1 \div V_2$	V <sub>3</sub>	V <sub>5</sub>
C*	$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>6</sub>
D*	$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	$V_5 \div V_6$	
E*	$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>		
F*	$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	V <sub>5</sub>	V <sub>6</sub>		
G*	$7,5\% \leq PAM$	V <sub>6</sub>			

### 1. Introduzione

### 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

#### 2.1 «Background document»

#### 2.2 «Linee Guida applicative»

##### 2.2.1 Metodo Convenzionale

##### 2.2.2 Metodo Semplificato

- Muratura (stato di fatto)
- Muratura (A Seguito di Interventi)
- Capannoni industriali (ASI)
- Edifici in c.a. con telai resistenti bidirezionali (ASI)

## Linee Guida applicative: il Metodo Semplificato – Muratura (A SEGUITO DI INTERVENTI)

Può essere utilizzato questo metodo per valutare il miglioramento della classe di rischio **nel caso in cui l'entità degli interventi sia tale da non produrre sostanziali modifiche al comportamento globale della struttura** e da consentire quindi l'inquadramento come interventi locali.

Gli interventi di miglioramento, associati alla tipologia strutturale e all'eventuale passaggio di classe sono indicati nelle tabelle sottostanti.

TIPOLOGIA STRUTTURALE	INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE	FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITA'
MURATURA	INERTI/MAGLIA MURARIA		
	pietra grezza	<b>Non applicabili</b> (non sono rispettate le condizioni del §3.2)	V <sub>6</sub>
	mattoni di terra cruda (adobe)		
	pietra sbazzata	<p>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate</li> <li>Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate</li> <li>Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza)</li> <li>Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti</li> </ul> <p>INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI</p> <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 d'insieme regolare e "scatolare"</li> <li>Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi locali</li> </ul>
pietra massiccia per costruzioni monumentali	<p>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate</li> <li>Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate</li> <li>Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza)</li> <li>Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti</li> </ul> <p>INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI</p> <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 d'insieme regolare e "scatolare"</li> <li>Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi locali</li> </ul>	da V <sub>5</sub> a V <sub>4</sub>
	<p>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE</p> <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 d'insieme regolare e "scatolare"</li> <li>Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali</li> </ul>	da V <sub>4</sub> a V <sub>3</sub>

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

2.2.2 Metodo Semplificato

- Muratura (stato di fatto)
- **Muratura (A Seguito di Interventi)**
- Capannoni industriali (ASI)
- Edifici in c.a. con telai resistenti bidirezionali (ASI)

## Linee Guida applicative: il Metodo Semplificato – Muratura (A SEGUITO DI INTERVENTI)

TIPOLOGIA STRUTTURALE	INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE		FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITA'
	INERTI/MAGLIA MURARIA			
MURATURA	mattoni o pietra lavorata	<p>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ripristino dei danni o delle zone degradate</li> <li>• Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate</li> <li>• Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza)</li> <li>• Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti</li> </ul> <p>INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI</p> <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 d'insieme regolare e "scatolare"</li> <li>• Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi locali</li> </ul>	da V <sub>6</sub> a V <sub>5</sub>
	mattoni o pietra lavorata	<p>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE</p> <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"</li> <li>• Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali</li> </ul>	da V <sub>4</sub> a V <sub>3</sub>
	mattoni + solai di elevata rigidità nel proprio piano	<p>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE</p> <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> <p>INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI</p> <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"</li> <li>• Garantire un'adeguata redistribuzione dell'azione orizzontale tra i pannelli murari</li> <li>• Eliminare i meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi locali</li> </ul>	da V <sub>5</sub> a V <sub>4</sub>
		<p>ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITA' STRUTTURALE</p> <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.</li> <li>• Minimizzare il danno agli elementi non strutturali</li> </ul>	da V <sub>4</sub> a V <sub>3</sub>

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

2.2.2 Metodo Semplificato

- Muratura (stato di fatto)
- Muratura (A Seguito di Interventi)
- Capannoni industriali (ASI)
- Edifici in c.a. con telai resistenti bidirezionali (ASI)

## Linee Guida applicative: il Metodo Semplificato – Muratura (A SEGUITO DI INTERVENTI)

TIPOLOGIA STRUTTURALE		INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE	FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITA'
	INERTI/MAGLIA MURARIA			
	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</li> <li>• Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuorl piano</li> </ul>	da $V_4$ a $V_3$
		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</li> <li>• Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali</li> </ul>	da $V_3$ a $V_2$

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

2.2.2 Metodo Semplificato

- Muratura (stato di fatto)
- Muratura (A Seguito di Interventi)
- Capannoni industriali (ASI)
- Edifici in c.a. con telai resistenti bidirezionali (ASI)



*Lesione del cantonale di un edificio in muratura (\*)*



*Ribaltamento di un pannello murario di sommità (\*)*

(\*) Estratta dal documento "Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e ripartizioni", Dipartimento Protezione Civile, Reluis. *Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici: metodologia e applicazioni pratiche Prof. Ing. Walter Salvatore; Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali*

## Linee Guida applicative: il Metodo Semplificato – Capannoni Industriali (A SEGUITO DI INTERVENTI)

Nell'ambito delle **costruzioni destinate ad attività produttive**, per le **strutture assimilabili ai capannoni industriali** è possibile ritenere valido il passaggio alla Classe di Rischio immediatamente superiore **eseguendo solamente interventi locali di rafforzamento**, anche in assenza di una preventiva attribuzione della Classe di Rischio, se sono soddisfatte le prescrizioni nel seguito elencate:

- **carenze nelle unioni tra elementi strutturali** (ad es. trave-pilastro e copertura-travi), rispetto alle azioni sismiche da sopportare e, comunque, volti a realizzare sistemi di connessione anche meccanica per le unioni basate in origine soltanto sull'attrito;



*Inadeguatezza del vincolo trave – colonna con danneggiamenti locali del pilastro e rotazioni permanenti della trave in copertura (\*)*

- **carezza della connessione tra il sistema di tamponatura esterna degli edifici prefabbricati** (pannelli prefabbricati in calcestruzzo armato ed alleggeriti) e la struttura portante;



*Collasso e fessurazione del pannello di tamponatura in laterizio in una struttura prefabbricata monopiano di recente costruzione (\*)*

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

2.2.2 Metodo Semplificato

- Muratura (stato di fatto)
- Muratura (A Seguito di Interventi)
- Capannoni industriali (ASI)
- Edifici in c.a. con telai resistenti bidirezionali (ASI)

(\*) Estratta dal documento “Linee di indirizzo per interventi locali e globali su edifici industriali monopiano non progettati con criteri antisismici”, Gruppo di Lavoro Agibilità Sismica dei Capannoni Industriali

## Linee Guida applicative: il Metodo Semplificato – Capannoni Industriali (A SEGUITO DI INTERVENTI)

- **carezza di stabilità dei sistemi presenti internamente al capannone industriale**, quali macchinari, impianti e/o scaffalature, tipicamente contenuti negli edifici produttivi, che possono indurre danni alle strutture che li ospitano, in quanto privi di sistemi di controventamento o perché indotti al collasso dal loro contenuto.



*Collasso di scaffalature in acciaio non adeguatamente collegate alla struttura ed indotte al collasso dal carico sostenuto*

**Di fatto, quindi, anche per tali costruzioni è necessario rimuovere le cause che possano dare luogo all'attivazione di meccanismi locali che, a cascata, potrebbero generare il collasso dell'immobile.**

È comunque opportuno che:

*il dimensionamento dei collegamenti avvenga con riferimento al criterio di gerarchia delle resistenze, adottando collegamenti duttili, prevedendo sistemi di ancoraggio efficaci*

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

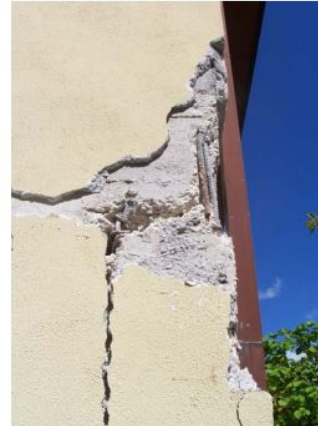
2.2.2 Metodo Semplificato

- Muratura (stato di fatto)
- Muratura (A Seguito di Interventi)
- Capannoni industriali (ASI)
- Edifici in c.a. con telai resistenti bidirezionali (ASI)

## Linee Guida applicative: il Metodo Semplificato - Edifici in c.a. con telai resistenti bidirezionali (A SEGUITO DI INTERVENTI)

Per gli edifici in calcestruzzo armato, analogamente a quanto sopra detto per le strutture assimilabili ai capannoni industriali, è prevista la possibilità di ritenere valido il passaggio alla Classe di Rischio immediatamente superiore, **eseguendo solamente interventi locali di rafforzamento** ed anche in assenza di una preventiva attribuzione della Classe di Rischio. Ciò è possibile soltanto se la struttura è stata originariamente concepita con la **presenza di telai in entrambe le direzioni** e se saranno eseguiti tutti gli interventi seguenti:

- **confinamento di tutti i nodi perimetrali non confinati dell'edificio;**
- opere volte a **scongiurare il ribaltamento delle tamponature**, compiute su tutte le tamponature perimetrali presenti sulle facciate;
- eventuali **opere di ripristino delle zone danneggiate e/o degradate.**



*Rottura del nodo perimetrale di una struttura in c.a. (\*)*



*Distacco ed incipiente ribaltamento di una tamponatura in laterizio perimetrale (\*)*



*Danneggiamenti al tamponamento: lesioni all'attacco con la trave ed in corrispondenza dell'apertura (\*)*

### 1. Introduzione

### 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

#### 2.1 «Background document»

#### 2.2 «Linee Guida applicative»

##### 2.2.1 Metodo Convenzionale

##### 2.2.2 Metodo Semplificato

- Muratura (stato di fatto)
- Muratura (A Seguito di Interventi)
- Capannoni industriali (ASI)
- Edifici in c.a. con telai resistenti bidirezionali (ASI)

## Linee Guida applicative: Contenuti dell'attestazione

Per quanto attiene l'ambito oggettivo, l'**attestazione, asseverata dai firmatari, dovrà contenere:**

1. la **Classe di Rischio** della costruzione (con asterico se determinata con il metodo semplificato);
2. il **metodo utilizzato** per la valutazione della classe;
3. l'indice di sicurezza strutturale (**IS-V**) (omesso per valutazioni con metodo semplificato);
4. il valore delle perdite annue medie attese (**PAM**) (omesso per valutazioni con metodo semplificato);
5. il riferimento alla **data di emissione dalla versione della Linea Guida utilizzata** a base delle valutazioni e dei suoi eventuali aggiornamenti;
6. in allegato, la **relazione illustrativa** dell'attività conoscitiva svolta e dei risultati raggiunti;  
sia con riferimento allo stato di fatto, sia per lo stato che consegue i lavori che permettono il passaggio di classe per i quali, la medesima attestazione sopra detta, andrà integrata con:
7. **gli estremi della denuncia ai sensi del D.P.R. 380/2001 e del Deposito/Autorizzazione al Genio Civile per le autorizzazioni in zona sismica.**

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

2.2.2 Metodo Semplificato

2.2.3 Contenuti attestazione

3. Casi di studio

4. Progetti futuri



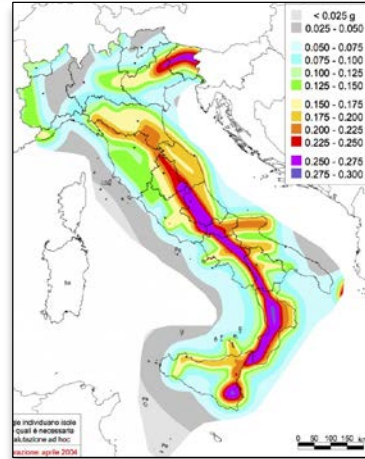
# Applicazione dei metodi indicati dalle linee guida applicative a 4 casi di studio

## Presentazione dei primi tre casi di studio



Edificio 1

Struttura mista telaio-pareti in c.a. equivalente a pareti. Situata in **zona 3** e di **classe d'uso II**, è caratterizzata da periodi di ritorno di capacità bassi e tutti pari a **30 anni**.

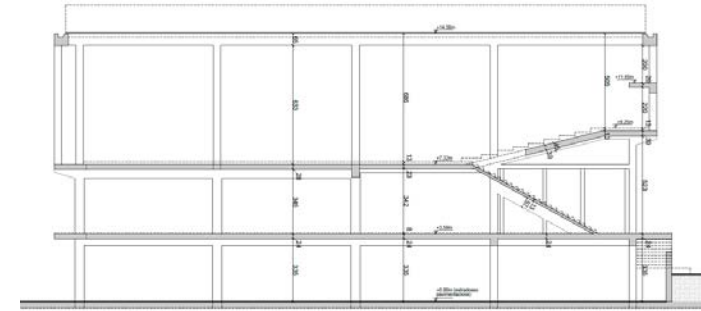


Edificio 2

Struttura con caratteristiche ipotizzate:  
Sistema costruttivo in c.a., situata in **zona 1** e di **classe d'uso II**.

Ad essa sono stati associati dei periodi di ritorno di capacità pari a

	$T_{R,D}$	$T_{R,C}$
SLO	30	<b>30</b>
SLD	50	<b>50</b>
SLV	475	<b>150</b>
SLC	975	<b>300</b>

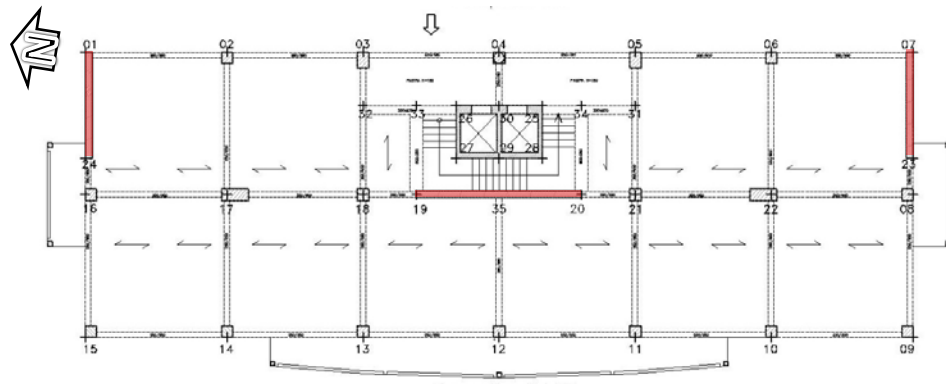


Edificio 3

Struttura intelaiata in c.a.. Situata in **zona 3** e di **classe d'uso III**, è caratterizzata da periodi di ritorno di capacità bassi e tutti pari a **30 anni**.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Edificio 1: Struttura mista telaio-pareti in c.a. equivalente a pareti



- Edificio residenziale (Classe d'uso II)
- Sito a Genova (zona sismica 3)
- Anno di costruzione 2006
- Progetto OPCM 3274/2003

### Elaborazioni a disposizione:

- Analisi dinamica lineare
- Analisi statica non lineare

### Parametri a disposizione:

- Periodi di ritorno di capacità ottenuti dalle analisi eseguite
- Parametri sismici relativi al sito di interesse

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

2.2.2 Metodo Semplificato

3. Casi di studio

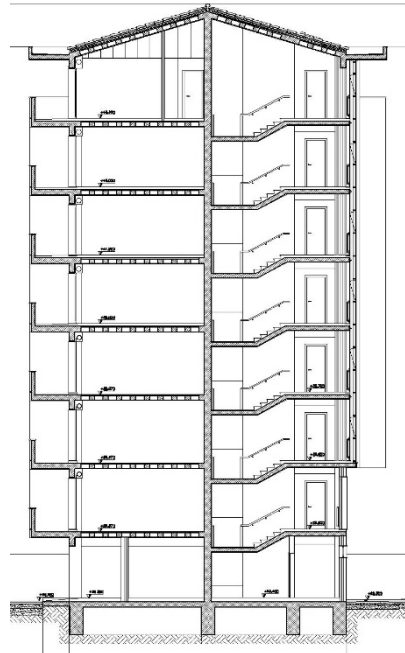
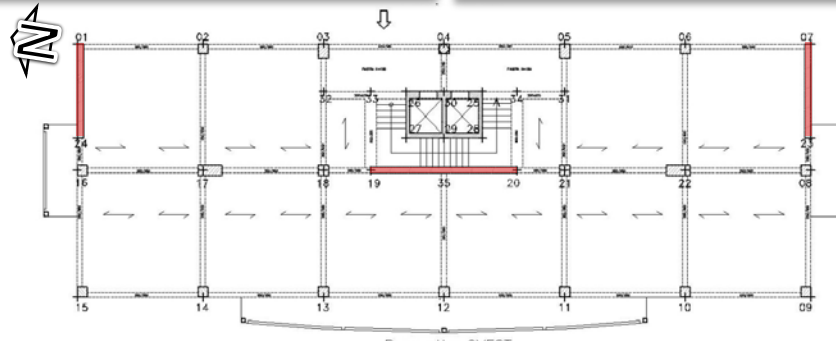
4. Progetti futuri

## Edificio 1: Struttura mista telaio-pareti in c.a. equivalente a pareti

### Caratteristiche generali dell'edificio

#### Sistema resistente bidirezionale misto telai + setti c.a.

- Travi principali sezione 25x65
- Setti in c.a. di spessore 30 cm
- Solai assimilabili ad infinitamente rigidi
- Progetto originale secondo **OPCM 3274/2003**
- Pianta rettangolare 36x12 m
- Simmetrico rispetto asse trasversale, non rispetto a quello longitudinale
- 8 piani fuori terra (altezza interpiano 3,07-3,85 m)
- Calcestruzzo armato **C25/30**
- Acciaio **Feb44k**



### Stato di fatto

Edificio di recente realizzazione (2006): non sono presenti evidenti stati di danneggiamento ad eccezione della fessurazione di qualche tamponamento.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Edificio 1: Struttura mista telaio-pareti in c.a. equivalente a pareti

### Considerazioni in merito alla progettazione dell'edificio

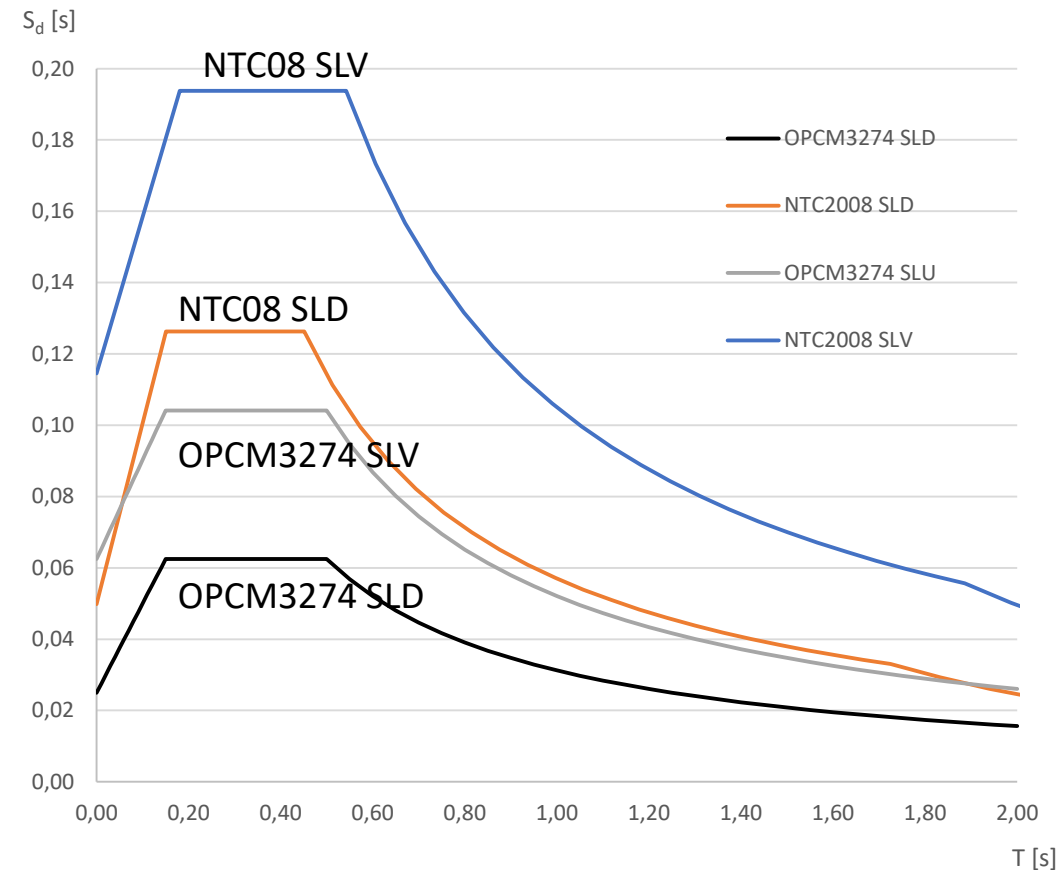
Nonostante il progetto dell'edificio risalga al 2003, il tempo di ritorno del sisma per cui la struttura verifica all'SLV è pari a **30 anni**.

Tale circostanza è principalmente imputabile al fatto che l'edificio è stato progettato utilizzando lo **spettro all'SLV definito dall'OPCM 3274, significativamente più basso anche dello spettro associato all'SLD definito dalle NTC08**.

Eseguendo per lo SLD (o SLO) solo verifiche di rigidezza come richiesto dalle NTC08, si può cadere nel paradosso di tempi di ritorno per cui la struttura verifica a SLO e SLD maggiori di quelli associati all'SLV.

Per eliminare questa incoerenza, si considera anche la verifica di "struttura in campo sostanzialmente elastico" per SLD e SLO.

### CONFRONTO SPETTRI OPCM – NTC08



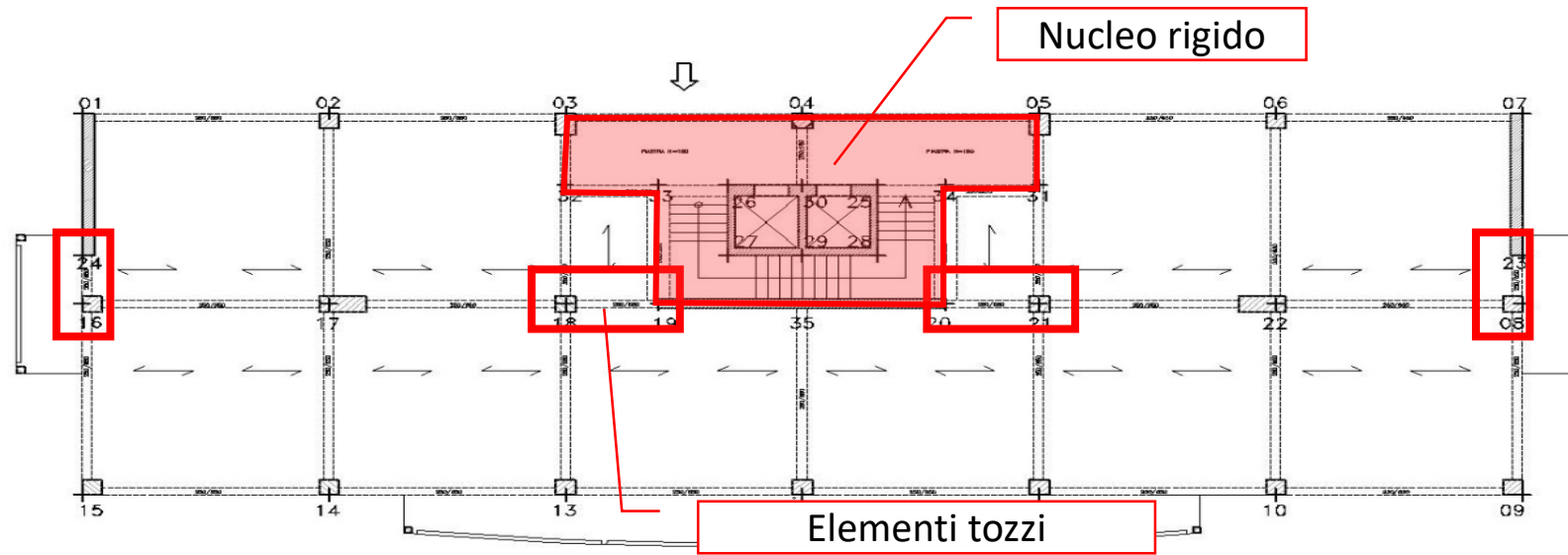
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Edificio 1: Struttura mista telaio-pareti in c.a. equivalente a pareti

### Analisi delle peculiarità negative

- La struttura **non è perfettamente regolare in pianta** a causa della presenza di un nucleo scale decentrato in direzione longitudinale.
- Sono presenti delle **travi tozze** di collegamento dei pilastri ai setti.
- Il **buono stato di conservazione** (l'edificio ha meno di 10 anni) non permette di valutare la qualità costruttiva e quella dei materiali

Si ritiene che le peculiarità negative siano tali da determinare **una elevata vulnerabilità** dell'edificio

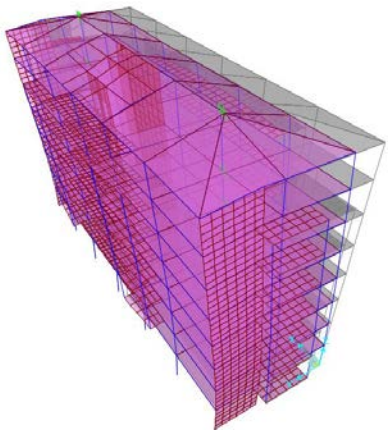


1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

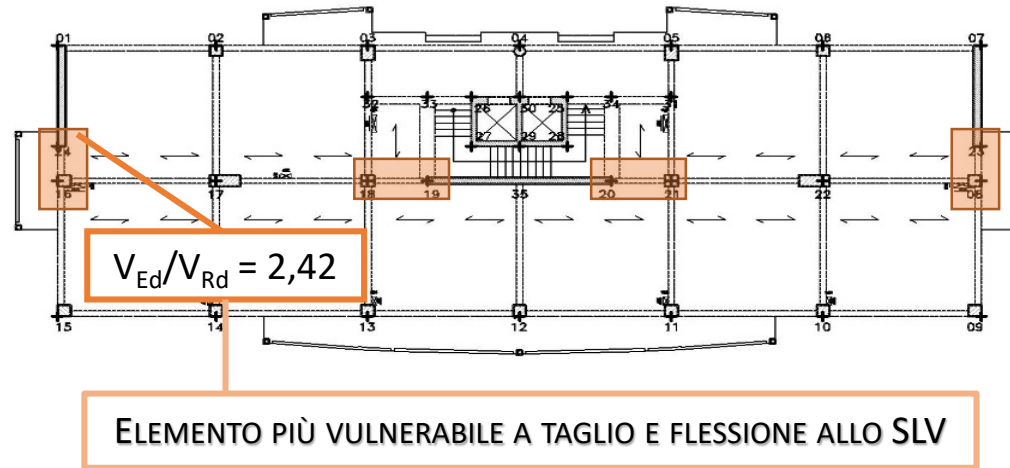
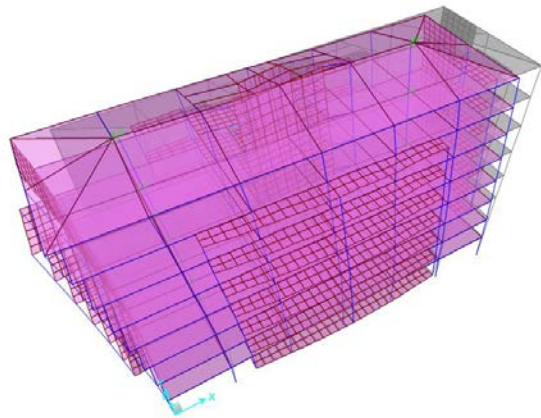
# Edificio 1: Struttura mista telaio-pareti in c.a. equivalente a pareti

## Risultati analisi modale

Modo 1  
T=0.787 s  
Mx = 69.5%



Modo 2  
T=0.619 s  
My = 68.5%



**N.B. I tempi di ritorno a SLD e SLO calcolati secondo norma risulterebbero maggiori di quelli associati all'SLV**

STATO LIMITE	T <sub>R,C</sub> [ANNI]	STATO LIMITE	T <sub>R,C</sub> [ANNI]
SLO	>1000	SLO	30
SLD	>1000	SLD	30
SLV	30	SLV	30
SLC	30	SLC	30

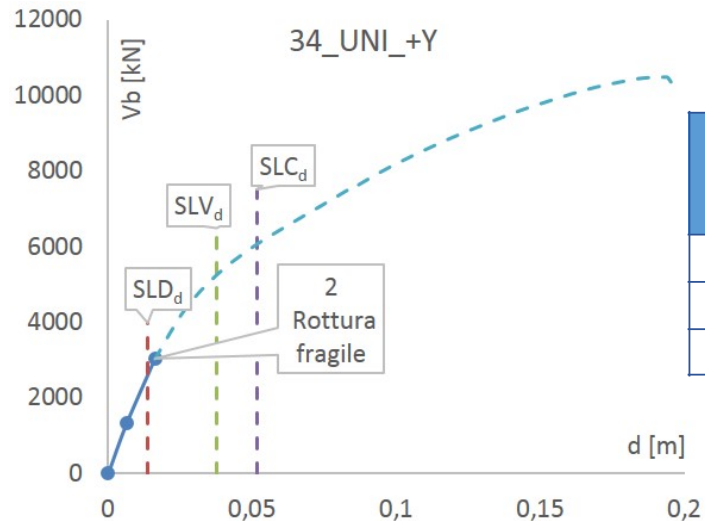
Frame	Stat.	V <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	Passo	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd</sub>	Verifica taglio	M <sub>Rd</sub>	M <sub>Ed</sub> /M <sub>Rd</sub>	Verifica Flessione
247	0,80	355,25	34,38	150	146,81	2,42	NO	134,10	0,26	SI
247	0,00	334,25	308,44	150	146,81	2,28	NO	134,10	2,30	NO

**Gli elementi tozzi vanno in crisi prima che la struttura raggiunga gli spostamenti limite di interpiano associati all'SLO ed SLD.**

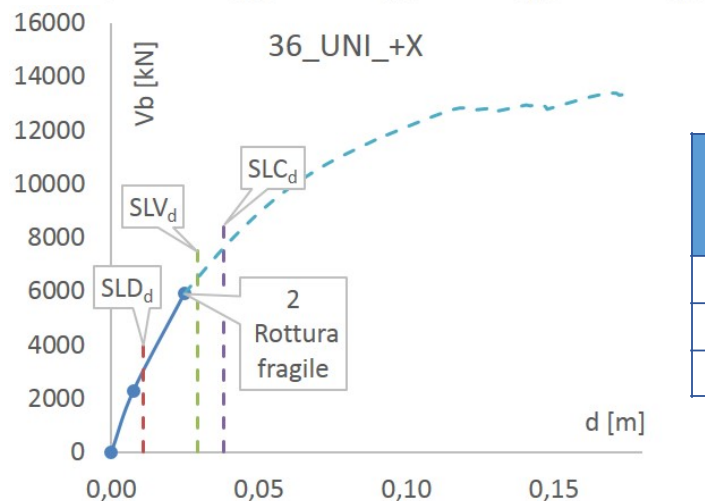
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Edificio 1: Struttura mista telaio-pareti in c.a. equivalente a pareti

### Risultati analisi pushover



Stato Limite	Domanda [m]	Capacità [m]	Domanda /Capacità
SLD	0,014	0,016	83%
SLV	0,038	0,016	229%
SLC	0,052	0,016	313%



Stato Limite	Domanda [m]	Capacità [m]	Domanda /Capacità
SLD	0,011	0,025	44%
SLV	0,029	0,025	119%
SLC	0,038	0,025	155%

- L'analisi statica non-lineare evidenzia gli stessi problemi strutturali dell'analisi dinamica lineare e cioè **la rottura a taglio delle travi tozze di collegamento dei setti ai pilastri laterali**.
- Questa analisi evidenzia che gli stati limite SLD, SLV ed SLC sono raggiunti contemporaneamente, mentre la verifica ad SLO è soddisfatta.
- Proseguendo l'analisi pushover, ipotizzando quindi di risolvere il problema delle rotture a taglio, **si nota che la struttura possiederebbe delle buone risorse duttili**

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

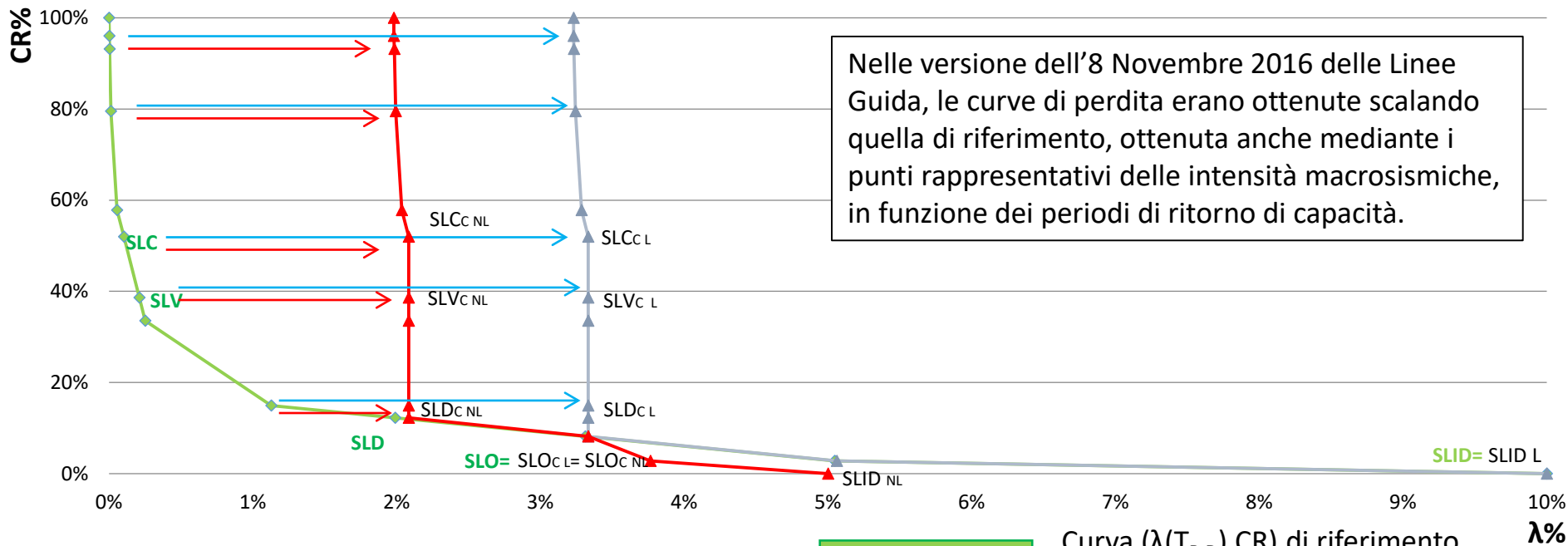
2.2.1 Metodo Convenzionale

2.2.2 Metodo Semplificato

3. Casi di studio

4. Progetti futuri

## Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico



- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
- 3. Casi di studio
- 4. Progetti futuri

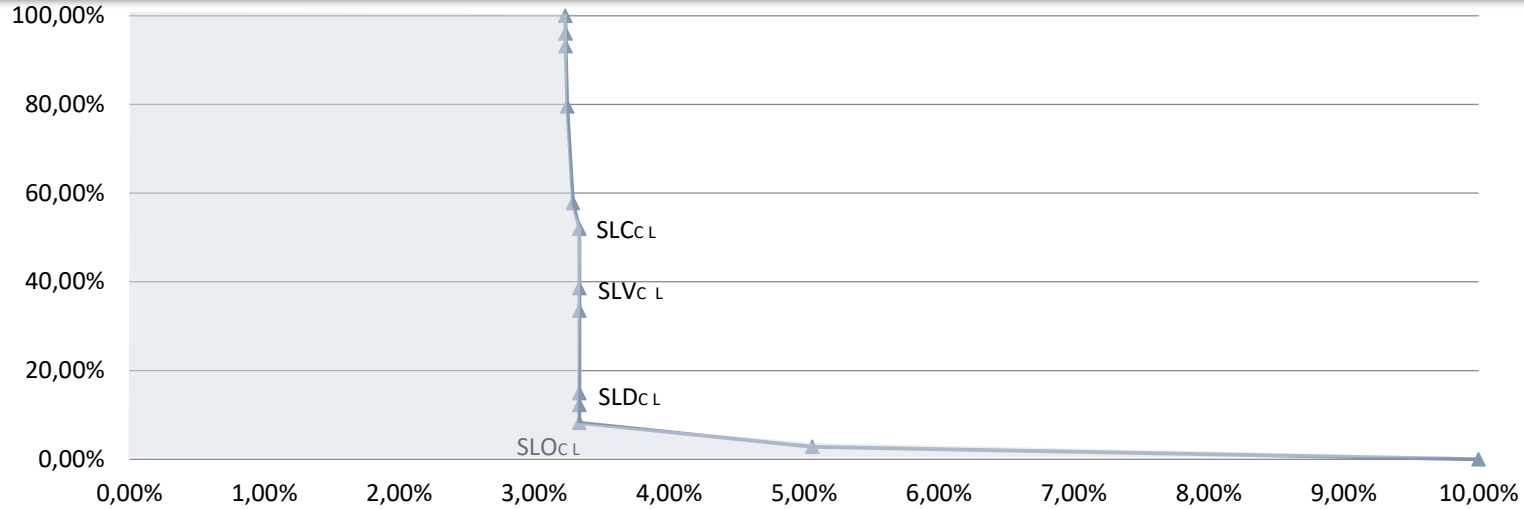
	$T_{R,D}$	$T_{R,C}$ LINEARE	$\lambda_C=1/T_{R,C}$ LINEARE	$T_{R,C}$ NON LINEARE	$\lambda_C=1/T_{R,C}$ NON LINEARE
<b>SLID</b>				20	0,05
<b>SLO</b>	30	30	3,33%	30	0,033
<b>SLD</b>	50	30	3,33%	48	0,021
<b>SLV</b>	475	30	3,33%	48	0,021
<b>SLC</b>	975	30	3,33%	48	0,021

- █ Curva  $(\lambda(T_{R,D}), CR)$  di riferimento per la zona 3
- █ Curva  $(\lambda(T_{R,C}), CR)$  modificata inserendo i  $T_{R,C}$  ottenuti dall' **analisi dinamica lineare**
- █ Curva  $(\lambda(T_{R,C}), CR)$  modificata inserendo i  $T_{R,C}$  ottenuti dall' **analisi statica non lineare**

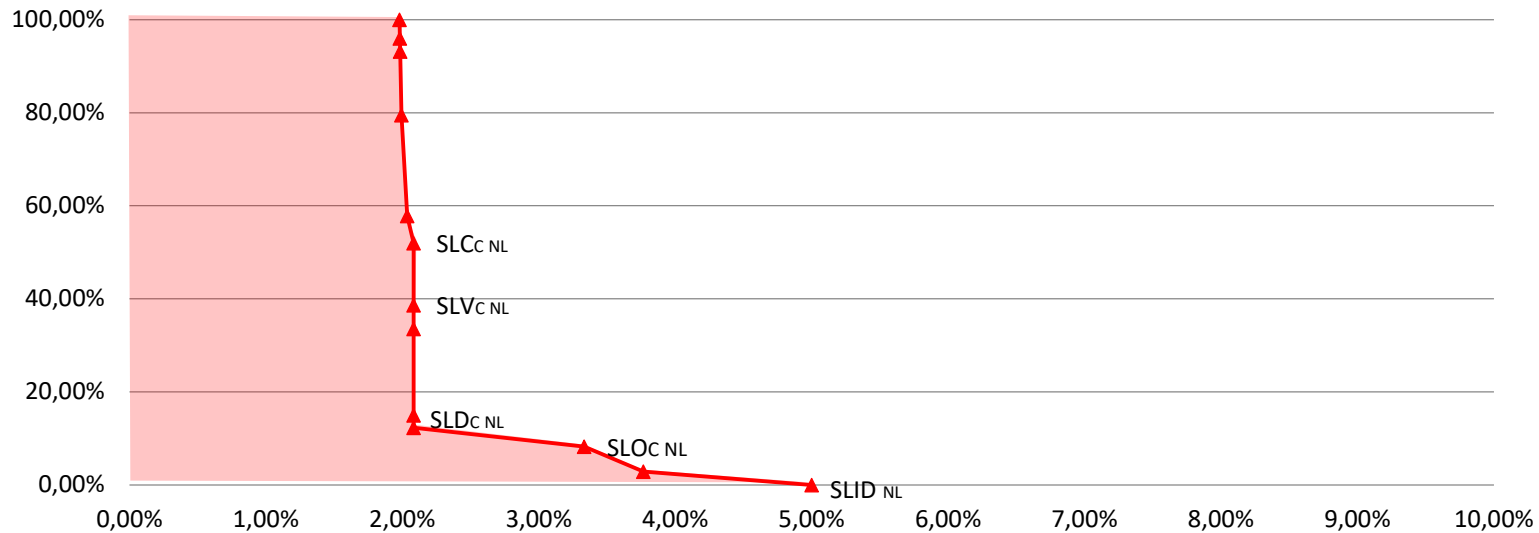


## Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico

Calcolando l'area sottesa alle curve di interesse si ottiene i seguenti valori di EAL



**PAM  
Analisi Lineare  
3,46%**



**PAM  
Analisi Non  
Lineare  
2,22%**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico

Calcolo classe di rischio direttamente dal valore di EAL:

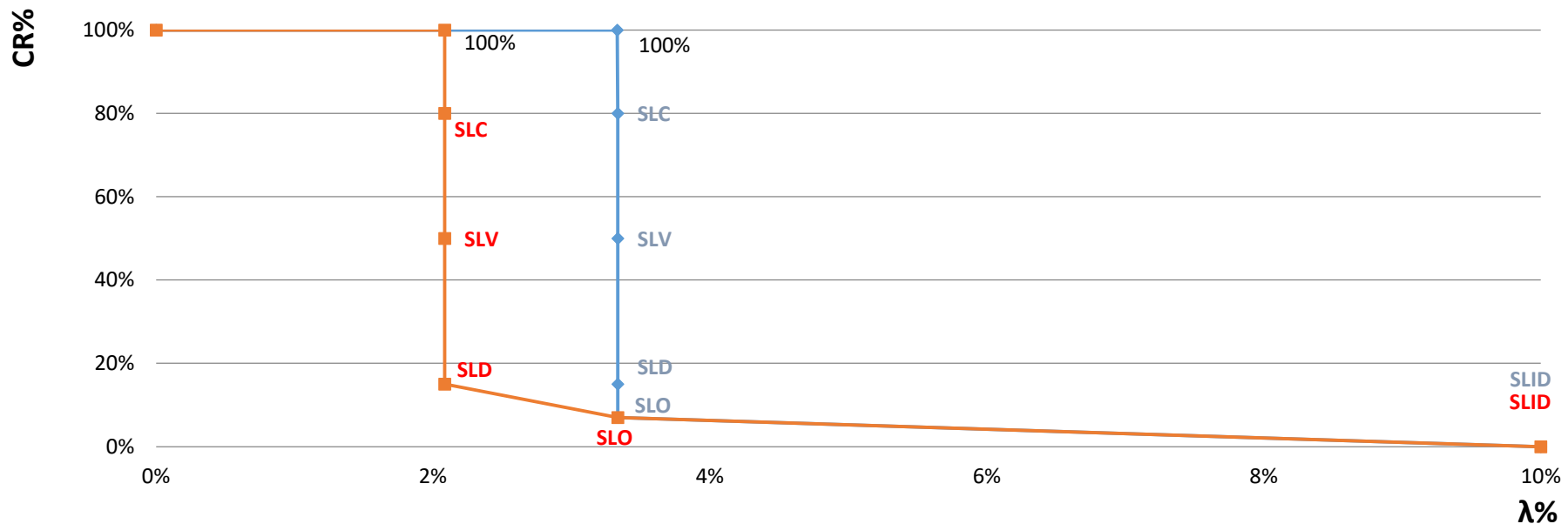
Classe di rischio	EAL (%RC)	Zona 3
A+	<0,50	F <sub>EMS</sub> , E <sub>EMS</sub>
A	0,50 < <0,75	D <sub>EMS</sub>
B	0,75 < <1,50	C <sub>EMS</sub> , B <sub>EMS</sub>
C	1,50 < <2,50	A <sub>EMS</sub>
D	2,50 < <3,50	
E	3,50 < <4,50	
F	4,50 < <7,50	

Al valore di **EAL calcolato con Analisi Lineare** corrisponde la classe di rischio **D**, mentre a quello di **EAL calcolato con Analisi Non Lineare** corrisponde la **C**.

L'applicazione di diverse tipologie di analisi (lineari o non lineari, statica o dinamica), influenza unicamente il calcolo dei periodi di ritorno di capacità associati ai vari stati limite. Non influenza invece il metodo con cui si calcola il valore di EAL.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale



T <sub>R,C</sub> DA ANALISI LINEARE		
$\lambda=1/T_R$ (%)	RC (%)	Stati Limite
10%	0%	<b>SLID</b>
3,33%	7%	<b>SLO</b>
3,33%	15%	<b>SLD</b>
3,33%	50%	<b>SLV</b>
3,33%	100%	<b>SLC</b>
3,33%	100%	
0%	100%	

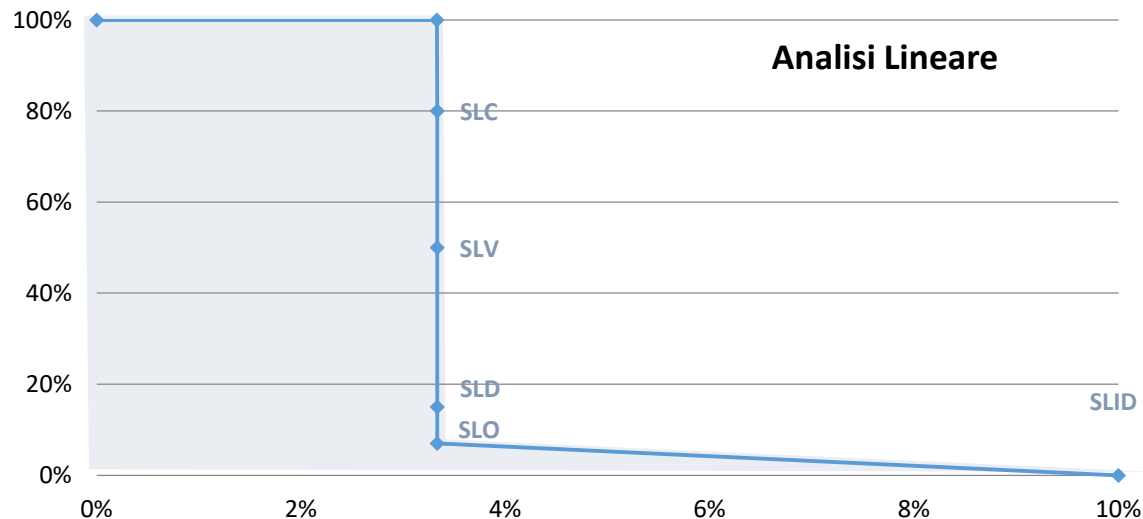
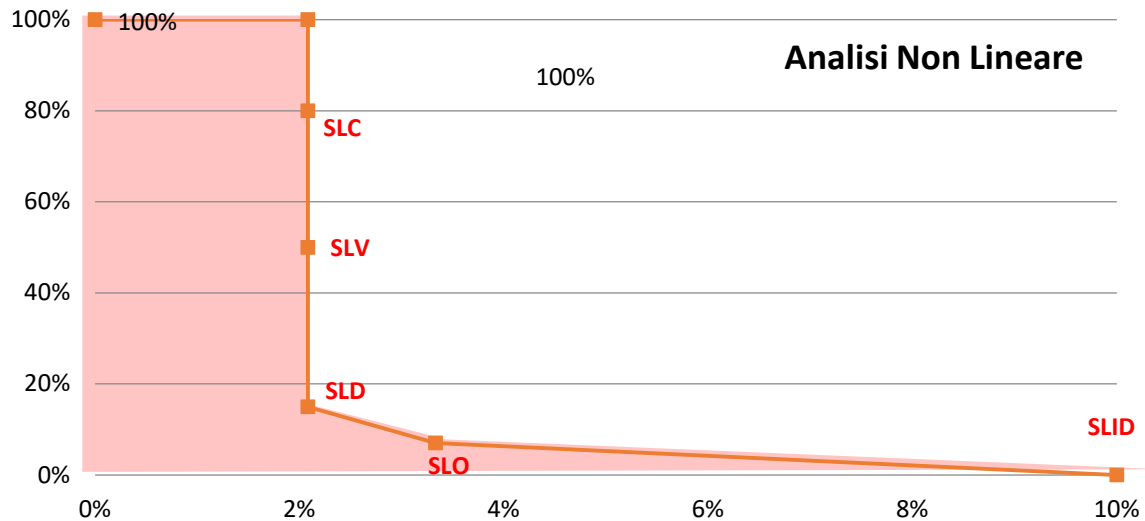
T <sub>R,C</sub> DA ANALISI NON LINEARE		
$\lambda=1/T_R$ (%)	RC (%)	Stati Limite
10%	0%	<b>SLID</b>
3,33%	7%	<b>SLO</b>
2,08%	15%	<b>SLD</b>
2,08%	50%	<b>SLV</b>
2,08%	100%	<b>SLC</b>
2,08%	100%	
0%	100%	

— Curva ( $\lambda(T_{R,C}), CR$ ) con  $T_{R,C}$  ottenuti dall'analisi dinamica lineare

— Curva ( $\lambda(T_{R,C}), CR$ ) con  $T_{R,C}$  ottenuti dall'analisi statica non lineare

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale



L'indice PAM si ottiene calcolando le aree sottese alle curve tracciate. Di conseguenza si ottiene la relativa classe PAM.

	AL	ANL
<b>PAM</b>	<b>3,57%</b>	<b>2,45%</b>
<b>CLASSE PAM</b>	<b>E</b>	<b>C</b>

PAM	Classe PAM
<0,50%	A+
0,50%-0,75%	A
0,75%-1,5%	B
1,5%-2,5%	C
2,5%-3,5%	D
3,5%-4,5%	E
4,5%-7,5%	F
>7,5%	G

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale

L'indice IS-V si ottiene dal rapporto tra i valori allo SLV della PGA di capacità e quella di domanda. Dalla tabella si ottiene la relativa classe IS-V.

	AL	ANL
PGA <sub>c</sub> [g]	0,037	0,045
PGA <sub>d</sub> [g]	0,115	0,115
IS-V	32,23%	39,09%
CLASSE IS-V	E	E

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
>120%	A+ IS-V
100%-120%	A IS-V
80%-100%	B IS-V
60%-80%	C IS-V
40%-60%	D IS-V
20%-40%	E IS-V
<20%	F IS-V

Incrociando i risultati ottenuti si ottiene la classe di rischio corrispondente.

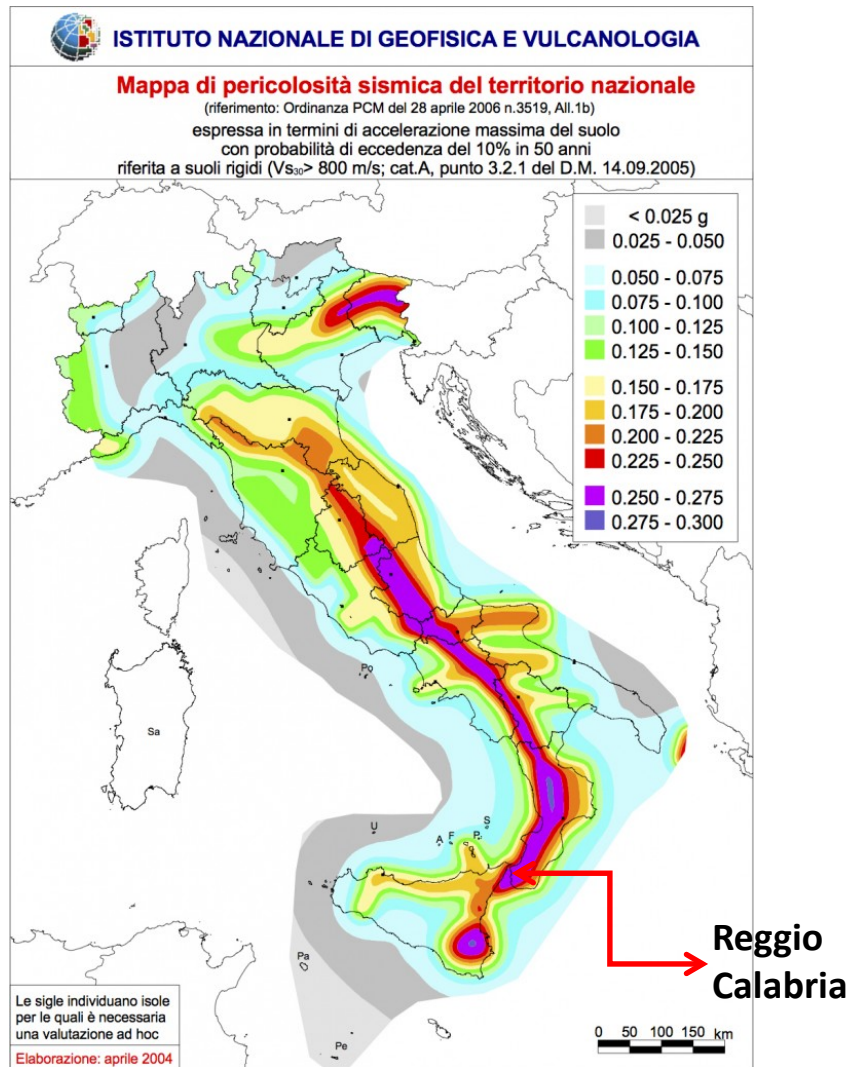
	AL	ANL
CLASSE PAM	E	C
CLASSE IS-V	E	E
CLASSE DI RISCHIO	E	E

CLASSE DI RISCHIO	CLASSE PAM								
	A+	A	B	C	D	E	F	G	
CLASSE IS-V	A+	A	B	C	D	E	F	G	
	A	A	B	C	D	E	F	G	
	B	B	B	C	D	E	F	G	
	C	C	C	C	D	E	F	G	
	D	D	D	D	D	E	F	G	
	E	E	E	E	E	E	F	G	
	F	F	F	F	F	F	F	G	

In questo caso è la classe IS-V che determina la classe di Rischio E

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Edificio 2: edificio in c.a. ipotizzato (\*)



- Edificio residenziale (Classe d'uso II)
- Sito a Reggio Calabria (zona sismica 1)
- Anno di costruzione 2004
- Progetto OPCM 3274/2003

### Elaborazioni a disposizione:

- Analisi dinamica lineare

### Parametri a disposizione:

- Periodi di ritorno di capacità ottenuti dal' analisi eseguita
- Parametri sismici relativi al sito di interesse

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

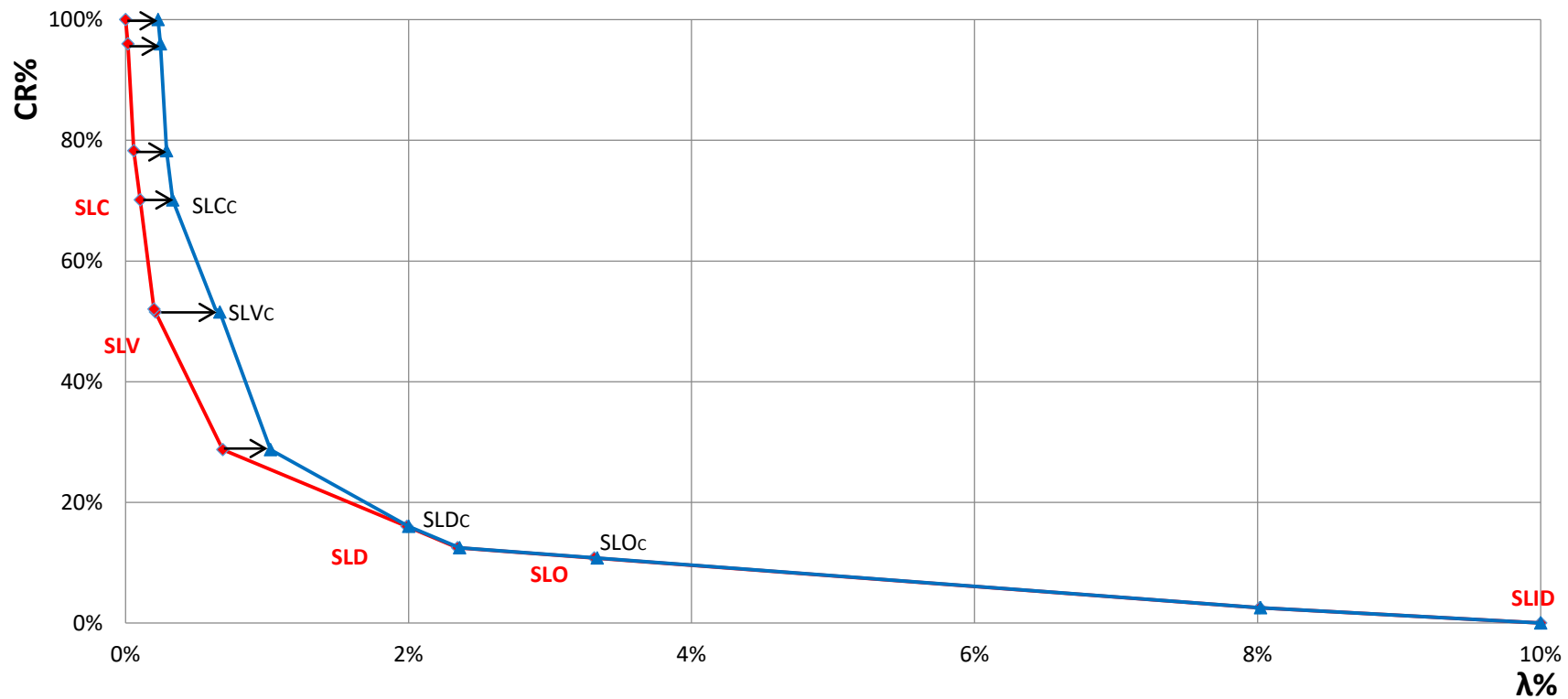
2.2.2 Metodo Semplificato

3. Casi di studio

4. Progetti futuri

(\*) ipotizzate tutte le informazioni relative all'edificio, le elaborazioni ed i parametri a disposizione

## Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico



	$T_{R,D}$	$T_{R,C}$	$\lambda_C = 1/T_{R,C}$
<b>SLO</b>	30	<b>30</b>	3,33%
<b>SLD</b>	50	<b>50</b>	2,00%
<b>SLV</b>	475	<b>150</b>	0,67%
<b>SLC</b>	975	<b>300</b>	0,33%

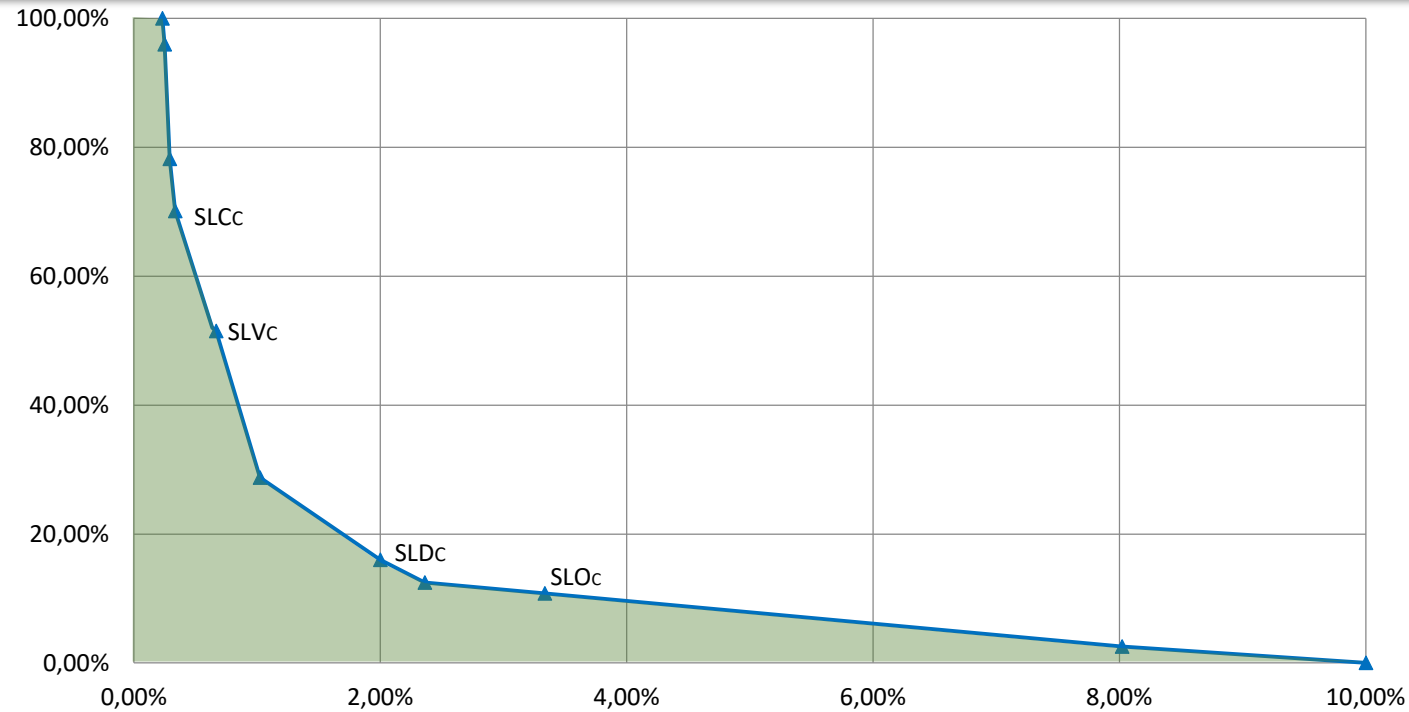
Curva  $(\lambda(T_{R,D}), CR)$  di riferimento per la zona 1

Curva  $(\lambda(T_{R,C}), CR)$  modificata inserendo i  $T_{R,C}$  ottenuti dall'analisi dinamica lineare

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico

Calcolando l'area sottesa alle curve di interesse si ottiene i seguenti valori di EAL



**PAM**  
**0,909%**

### Calcolo della classe di rischio

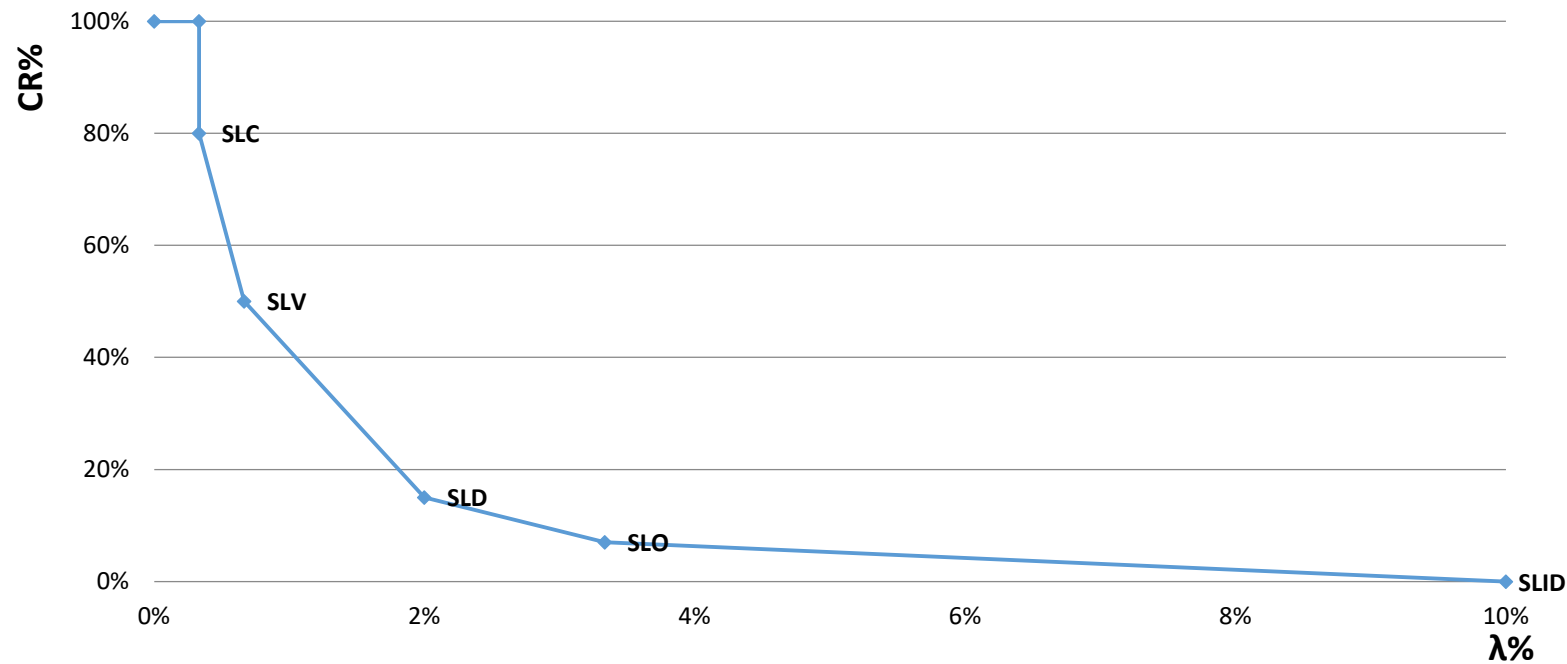
Classe di rischio	EAL (%RC)	Zona 1
A+	<0,50	
A	0,50 < <0,75	F <sub>EMS</sub>
<b>B</b>	<b>0,75 &lt; &lt;1,50</b>	E <sub>EMS</sub>
C	1,50 < <2,50	
D	2,50 < <3,50	C <sub>EMS</sub> , D <sub>EMS</sub>
E	3,50 < <4,50	B <sub>EMS</sub>
F	4,50 < <7,50	A <sub>FMS</sub>

Al valore di EAL corrisponde la classe di rischio **B**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri



## Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale

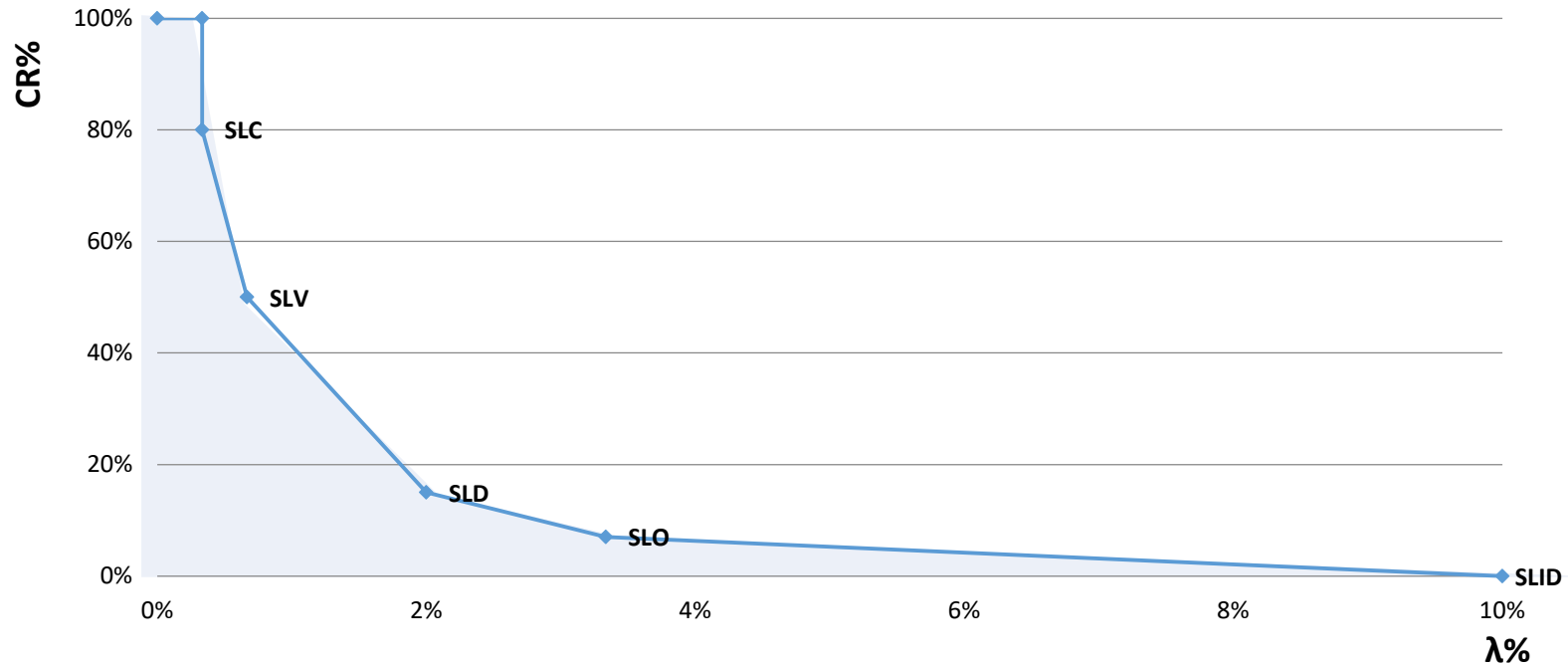


$\lambda=1/T_{R,C}$ (%)	CR (%)	
10%	0%	<b>SLID</b>
3,33%	7%	<b>SLO</b>
2,00%	15%	<b>SLD</b>
0,67%	50%	<b>SLV</b>
0,33%	80%	<b>SLC</b>
0,33%	100%	
0%	100%	

— Curva  $(\lambda(T_{R,C}), CR)$  con  $T_{R,C}$  ottenuti dall' **analisi dinamica lineare**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale



L'indice PAM si ottiene calcolando le aree sottese alle curva tracciata. Di conseguenza si ottiene la relativa classe PAM.

<b>PAM</b>	<b>1,36%</b>
<b>CLASSE PAM</b>	<b>B</b>

PAM	Classe PAM
<0,50%	A+
0,50%-0,75%	A
0,75%-1,5%	B
1,5%-2,5%	C
2,5%-3,5%	D
3,5%-4,5%	E
4,5%-7,5%	F
>7,5%	G

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale

L'indice IS-V si ottiene dal rapporto tra i valori allo SLV della PGA di capacità e quella di domanda. Dalla tabella si ottiene la relativa classe IS-V.

PGA,C [g]	<b>0,201</b>
PGA,D [g]	<b>0,333</b>
IS-V	<b>62,36%</b>
CLASSE IS-V	<b>C</b>

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
>120%	A+ IS-V
100%-120%	A IS-V
80%-100%	B IS-V
60%-80%	<b>C IS-V</b>
40%-60%	D IS-V
20%-40%	E IS-V
<20%	F IS-V

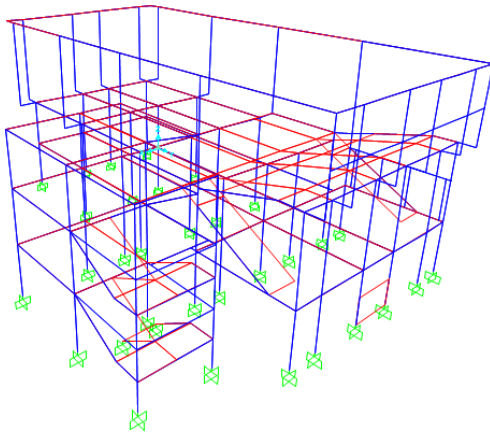
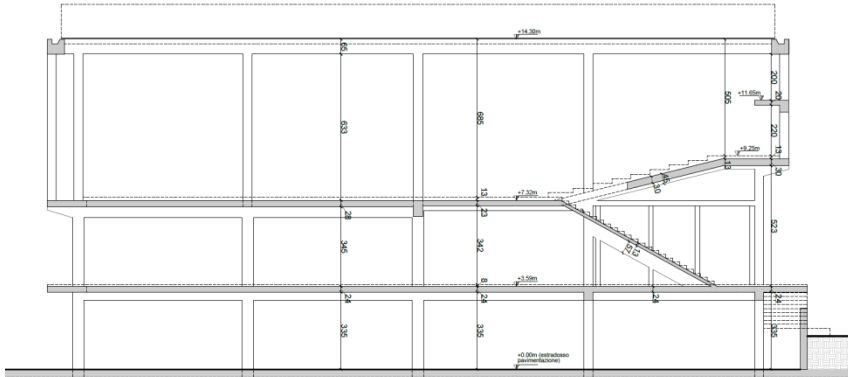
Incrociando i risultati ottenuti si ottiene la classe di rischio corrispondente.

CLASSE PAM	<b>B</b>
CLASSE IS-V	<b>C</b>
CLASSE DI RISCHIO	<b>C</b>

CLASSE DI RISCHIO	CLASSE PAM								
	A+	A	B	C	D	E	F	G	
CLASSE IS-V	A+	A+	A	<b>B</b>	C	D	E	F	G
	A	A	A	<b>B</b>	C	D	E	F	G
	B	B	B	<b>B</b>	C	D	E	F	G
	C	C	C	<b>C</b>	<b>C</b>	D	E	F	<b>G</b>
	D	D	D	<b>D</b>	D	D	E	F	G
	E	E	E	<b>E</b>	E	E	E	F	G
	F	F	F	<b>F</b>	F	F	F	F	G

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Edificio 3: struttura intelaiata in c.a.



- Scuola in c.a. (Classe d'uso III)
- Sito a Pisa (zona sismica 3)
- Edificio intelaiato in c.a. con elevate altezze di interpiano (presenza di una aula magna)

### Elaborazioni a disposizione:

- Analisi dinamica lineare

### Parametri a disposizione:

- Periodi di ritorno di capacità ottenuti dalla analisi eseguita
- Parametri sismici relativi al sito di interesse

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

2.2.2 Metodo Semplificato

3. Casi di studio

4. Progetti futuri

## Valutazione dei periodi di ritorno di capacità

In questo esempio sono stati calcolati i periodi di ritorno di capacità associati **unicamente allo SLD ed allo SLV**.

$T_{R,C}$  associato a SLV = 220 anni

$T_{R,C}$  associato a SLD: inferiore a 30 anni



1) Necessità di estrapolare periodi di ritorno inferiori a 30 anni  
2) Stimare i periodi di ritorno associati a SLC e SLO

1) Per valutare periodi di ritorno minori di 30 anni (ma comunque maggiori di 10), è necessario:

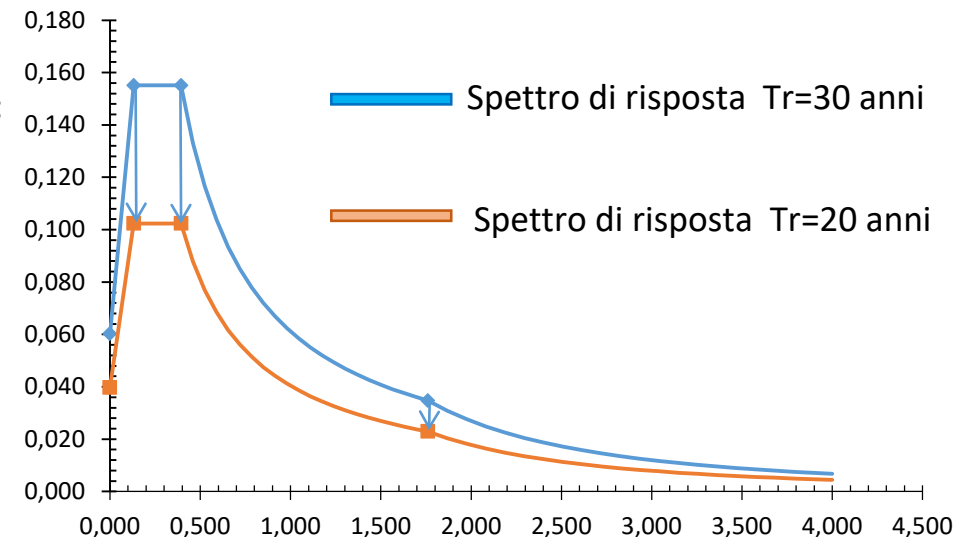
- Valutare la PGA per la quale la struttura soddisfa lo stato limite di interesse;
- Scalare le ordinate dello spettro di risposta relativo al periodo di ritorno di 30 anni (mantenendo costanti i valori di  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ ) fino ad ottenere lo spettro con PGA desiderata ( $PGA_C$ )
- Calcolare il fattore di scala FC

$$FC = PGA_C / PGA_{30\text{anni}}$$

d) Valutare il periodo di ritorno di capacità  $T_{R,C}$ :

$$T_{R,C} = FC \cdot 30 \text{ anni}$$

Nel caso in esame:  $FC = 0.67 \Rightarrow T_{R,C} = 20 \text{ anni}$



2) Per calcolare i periodi di ritorno di capacità relativi allo SLO ed allo SLC è possibile utilizzare le formule suggerite dalle linee guida

$$\lambda_{SLO} = 1,67 \cdot \lambda_{SLD}$$

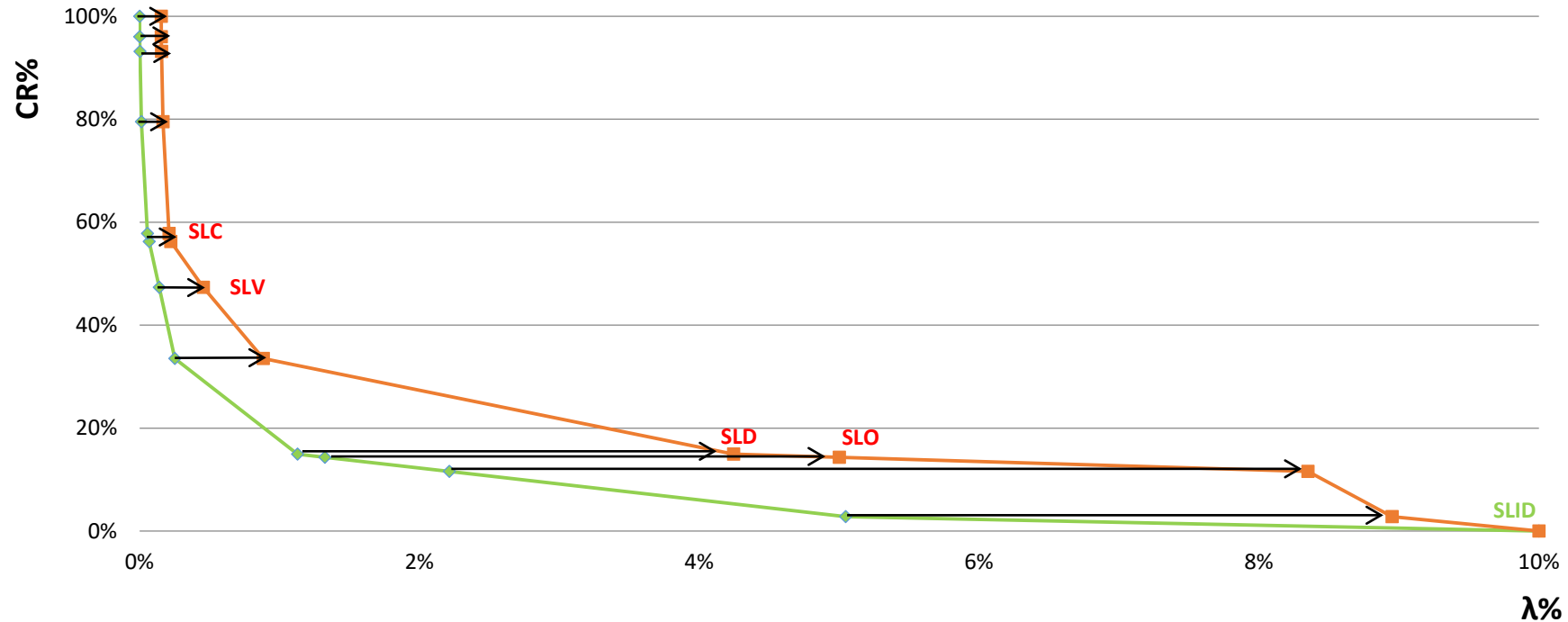
$$\lambda_{SLC} = 0,49 \cdot \lambda_{SLV}$$

Nel caso in esame  $\lambda_{SLO} = 1,67 \cdot (1/20\text{anni}) = 8,4\%$

$$\lambda_{SLC} = 0,49 \cdot (1/220\text{anni}) = 0,2\%$$

- Introduzione
- Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - «Background document»
  - «Linee Guida applicative»
    - Metodo Convenzionale
    - Metodo Semplificato
- Casi di studio
- Progetti futuri

## Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico



	TR,D	TR,C	$\lambda_C=1/T_{R,C}$
<b>SLO</b>	45	12	8,4%
<b>SLD</b>	76	20	5,0%
<b>SLV</b>	712	220	0,4%
<b>SLC</b>	1462	449	0,2%

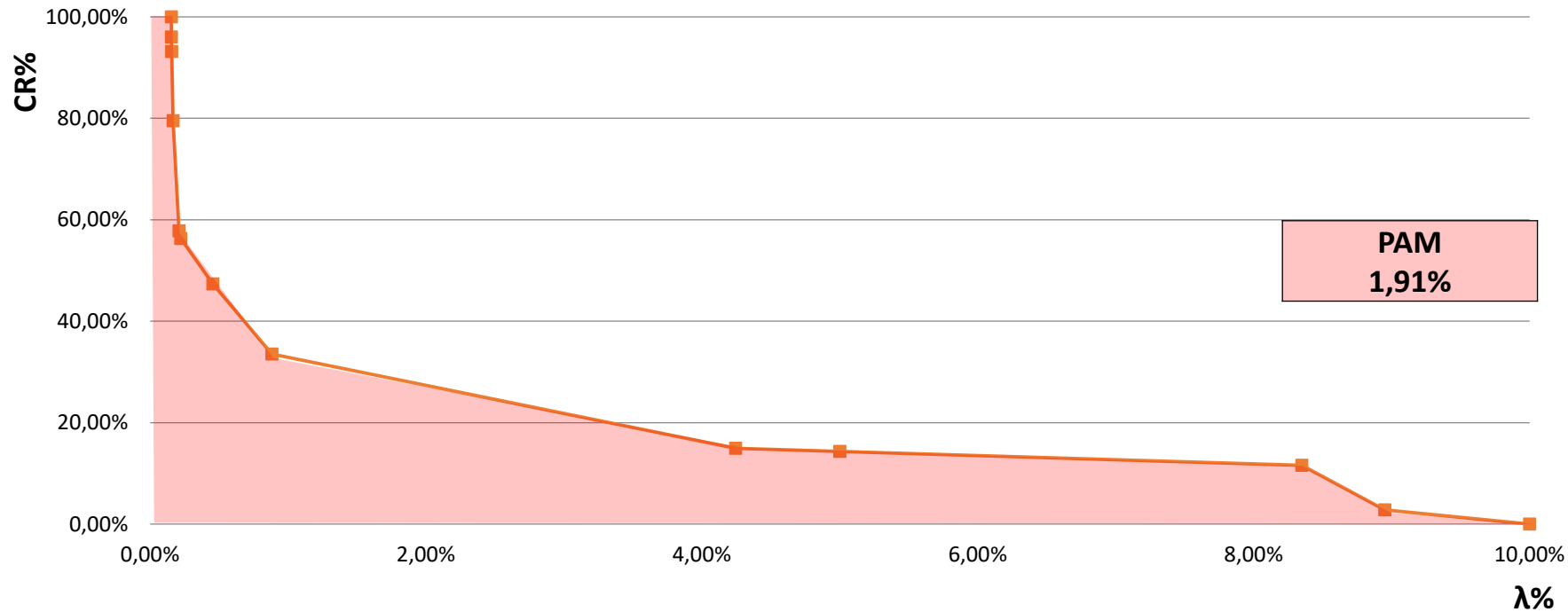
Curva  $(\lambda(T_{R,D}), CR)$  di riferimento per la zona 3

Curva  $(\lambda(T_{R,C}), CR)$  modificata inserendo i  $T_{R,C}$  ottenuti dall' **analisi dinamica lineare**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico

Calcolando l'area sottesa alle curve di interesse si ottiene i seguenti valori di EAL

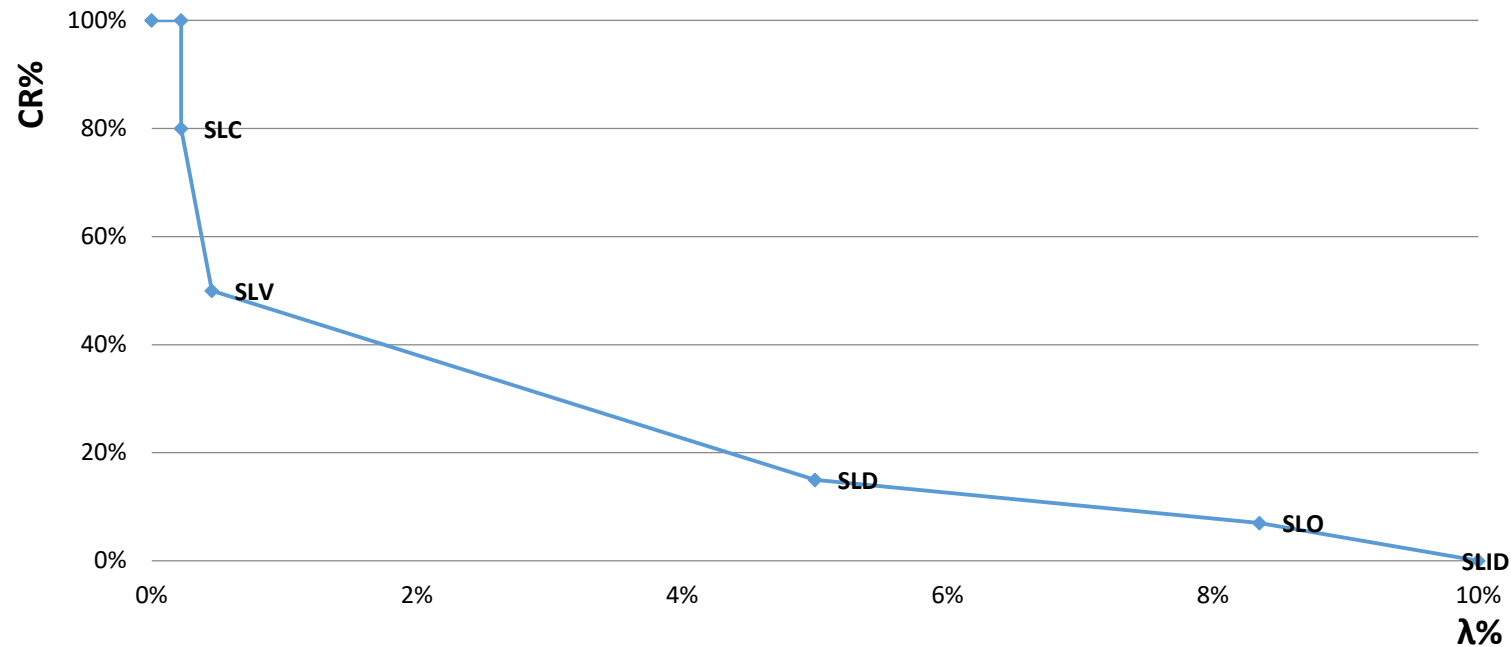


Classe di rischio	EAL (%RC)	Zona 3
A+	<0,50	F <sub>EMS</sub> , E <sub>EMS</sub>
A	0,50 < 0,75	D <sub>EMS</sub>
B	0,75 < 1,50	C <sub>EMS</sub> , B <sub>EMS</sub>
<b>C</b>	<b>1,50 &lt; 2,50</b>	A <sub>EMS</sub>
D	2,50 < 3,50	
E	3,50 < 4,50	
F	4,50 < 7,50	

Al valore di EAL corrisponde la classe di rischio **C**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale



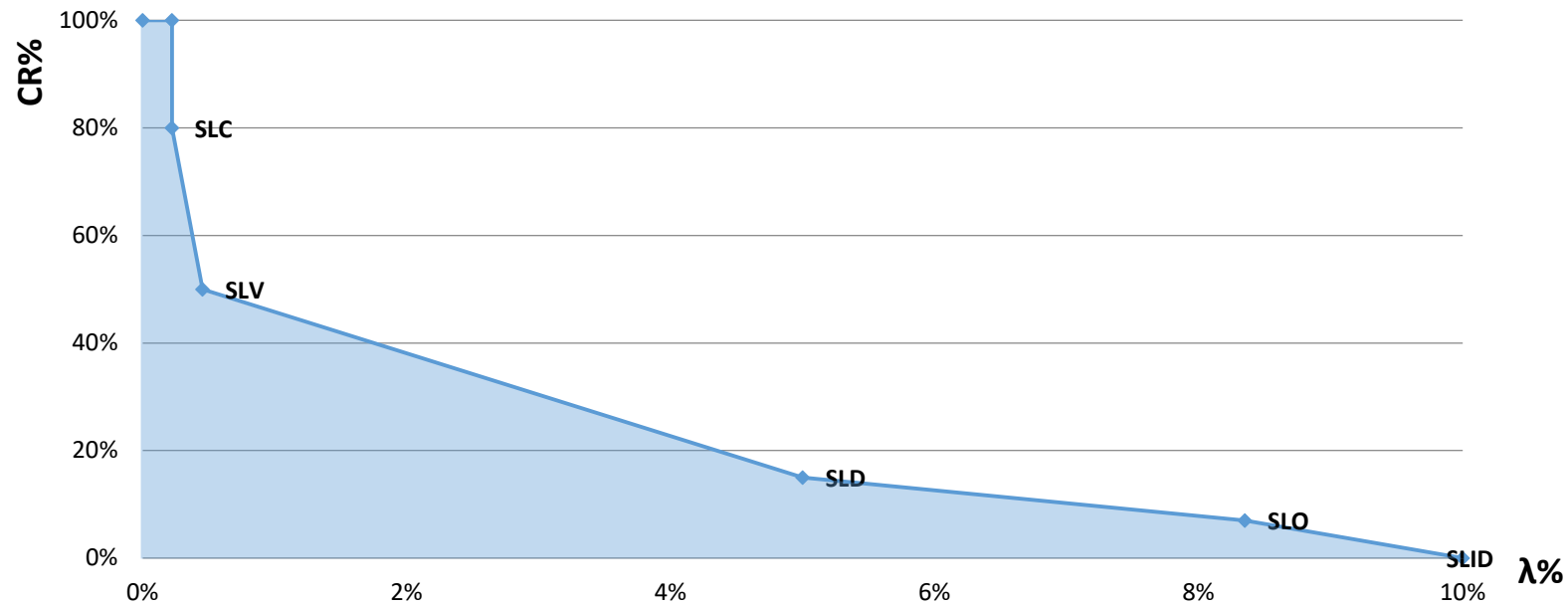
$\lambda=1/T_r$ (%)	CR (%)	
10%	0%	<b>SLID</b>
8,35%	7%	<b>SLO</b>
5,00%	15%	<b>SLD</b>
0,45%	50%	<b>SLV</b>
0,22%	80%	<b>SLC</b>
0,22%	100%	
0%	100%	

Curva  $(\lambda(T_{R,C}), CR)$  con  $T_{R,C}$  ottenuti dall' **analisi dinamica lineare**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri



## Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale



L'indice PAM si ottiene calcolando le aree sottese alla curva tracciata. Di conseguenza si ottiene la relativa classe PAM.

<b>PAM</b>	<b>2,28%</b>
<b>CLASSE PAM</b>	<b>C</b>

PAM	Classe PAM
<0,50%	A+
0,50%-0,75%	A
0,75%-1,5%	B
1,5%-2,5%	C
2,5%-3,5%	D
3,5%-4,5%	E
4,5%-7,5%	F
>7,5%	G

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale

L'indice IS-V si ottiene dal rapporto tra i valori allo SLV della PGA di capacità e quella di domanda. Dalla tabella si ottiene la relativa classe IS-V.

PGA,c [g]	<b>0,085</b>
PGA,d [g]	<b>0,138</b>
IS-V	<b>61,79%</b>
CLASSE IS-V	<b>C</b>

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
>120%	A+ IS-V
100%-120%	A IS-V
80%-100%	B IS-V
60%-80%	<b>C IS-V</b>
40%-60%	D IS-V
20%-40%	E IS-V
<20%	F IS-V

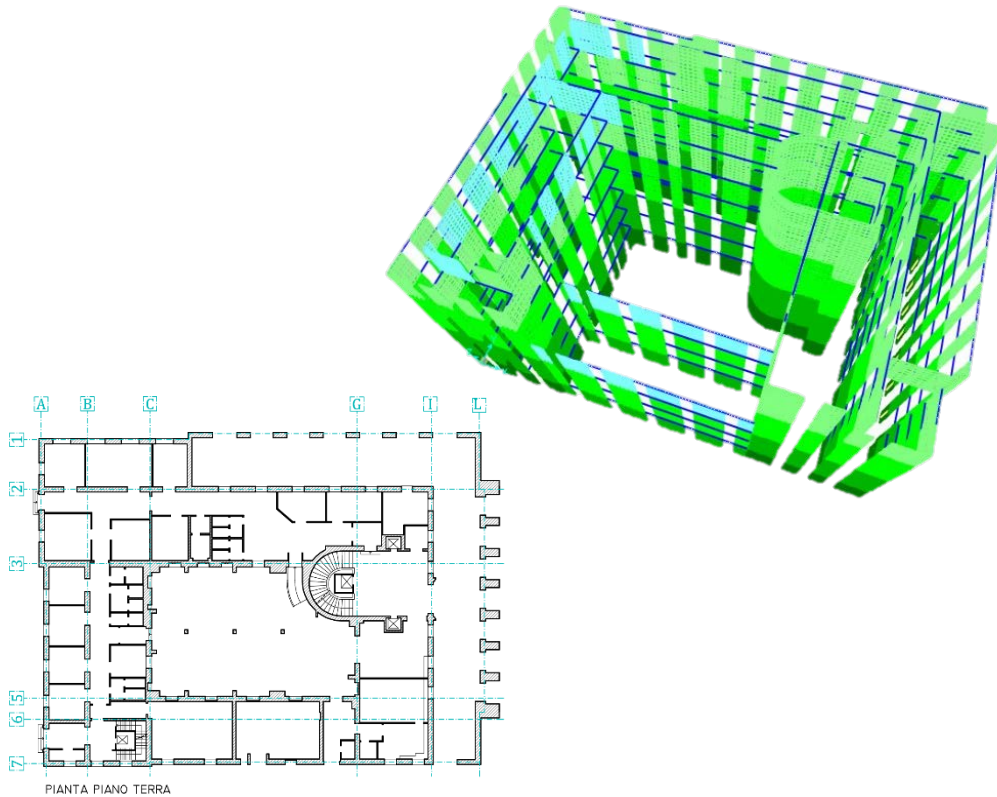
Incrociando i risultati ottenuti si ottiene la classe di rischio corrispondente.

CLASSE PAM	<b>C</b>
CLASSE IS-V	<b>C</b>
CLASSE DI RISCHIO	<b>C</b>

CLASSE DI RISCHIO		CLASSE PAM							
		A+	A	B	C	D	E	F	G
CLASSE IS-V	A+	A+	A	B	<b>C</b>	D	E	F	G
	A	A	A	B	<b>C</b>	D	E	F	G
	B	B	B	B	<b>C</b>	D	E	F	G
	C	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	D	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
	D	D	D	D	<b>D</b>	D	E	F	G
	E	E	E	E	<b>E</b>	E	E	F	G
	F	F	F	F	<b>F</b>	F	F	F	G

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Edificio 4: struttura in muratura



### Parametri a disposizione:

- Periodi di ritorno di capacità, per i diversi livelli di miglioramento, ottenuti dalle analisi eseguite
- Parametri sismici relativi al sito di interesse

- Edificio ad uso uffici (Classe d'uso II)
- Sito a La Spezia (zona sismica 3)
- Edificio di 7 piani in muratura di mattoni pieni e forati

Allo stato di fatto, l'edificio non risulta conforme ai parametri di verifica delle attuali norme tecniche.

Sono stati studiati una serie di interventi che permettono di perseguire 3 livelli di miglioramento corrispondenti a un indice di rischio pari a:

1.  $R_{cd}=0,40$  adeguamento nei confronti dei carichi statici e miglioramento sismico controllato al 40%;
2.  $R_{cd}=0,60$  miglioramento sismico controllato al 60%;
3.  $R_{cd}=1$  adeguamento sismico.

### Elaborazioni a disposizione:

- Analisi dinamica lineare applicata a diversi livelli di miglioramento sismico

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

2.2.2 Metodo Semplificato

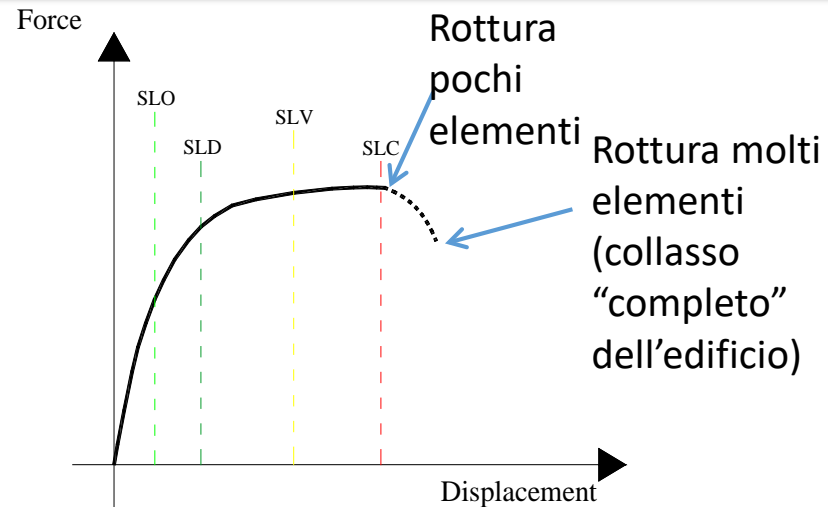
3. Casi di studio

4. Progetti futuri

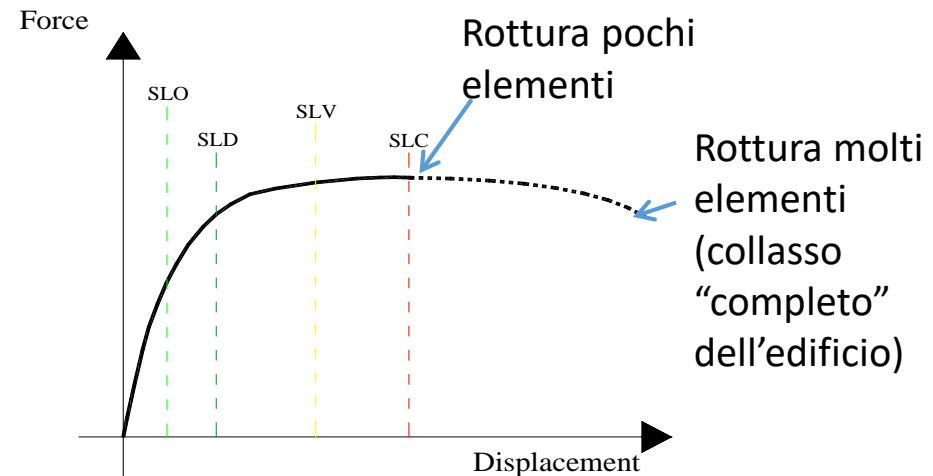
## Edificio 4: struttura in muratura

### Benefici ottenibili dalla realizzazione di interventi di miglioramento

**Edificio 1: caratterizzato da comportamento fragile a seguito del raggiungimento dello SLC**



**Edificio 2: caratterizzato da un comportamento duttile a seguito del raggiungimento dello SLC**



**PAM EDIFICIO 1 STATO DI FATTO = PAM EDIFICIO 2 STATO DI FATTO**

**PAM EDIFICIO 1 CON INTERVENTI LOCALI = PAM EDIFICIO 1 STATO DI FATTO**

**PAM EDIFICIO 2 CON INTERVENTI LOCALI << PAM EDIFICIO 2 STATO DI FATTO**

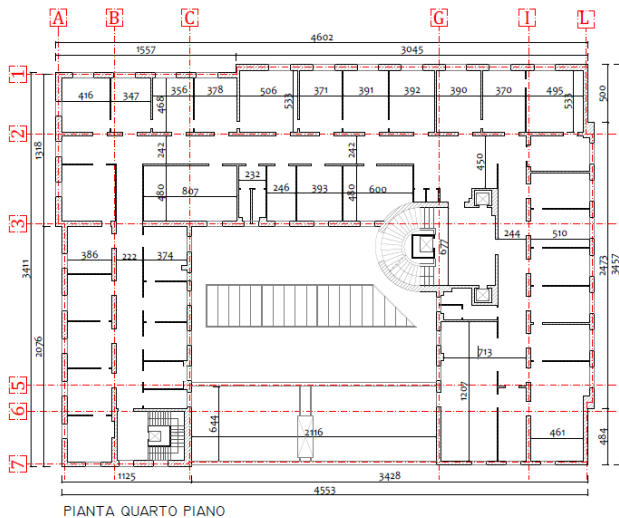
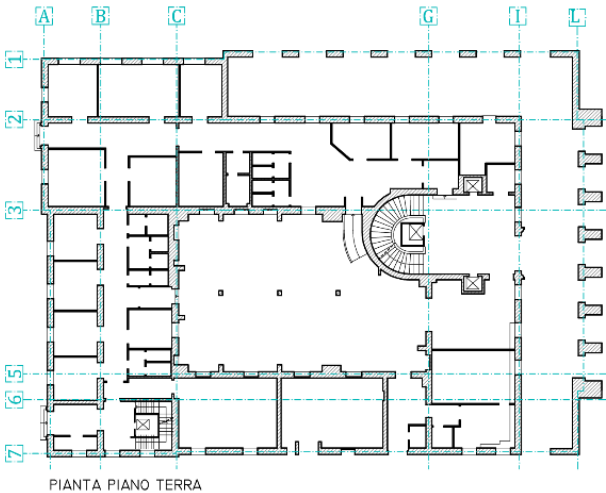
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Edificio 4: struttura in muratura

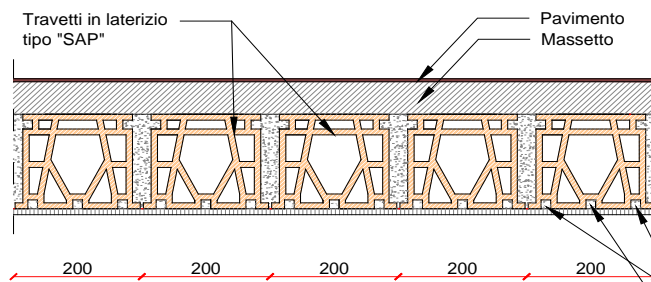
### Caratteristiche generali edificio

#### Sistema resistente in muratura

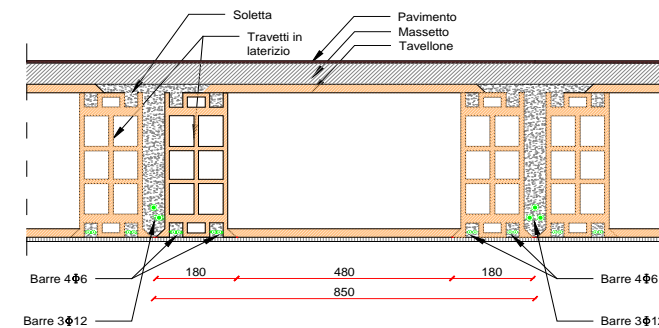
- Primi **tre** livelli: muratura in **mattoni pieni**
- Dal **quarto** livello in poi: muratura in **mattoni pieni**, muratura in **mattoni pieni con intercapedine** e muratura in **forati**
- Edificio regolare in pianta rettangolare con corte interna, ma non regolare in altezza (una porzione dell'edificio non arriva fino in sommità)
- Solai in sistema SAP e SAPAL: entrambi costituiti da travetti in laterizio intervallati, nel caso del SAPAL, da tavelloni. Segue di solito un getto in calcestruzzo di ridotto spessore (2 cm max). Sono solai semirigidi, che in fase di modellazione sono stati assunti rigidi (nodi di interpiano vincolati con il vincolo di piano rigido).



#### Solaio SAP



#### Solaio SAPAL



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Edificio 4: struttura in muratura

### Indagini eseguite

Endoscopie su pareti in muratura e solai



Prove con martinetti patti singoli e doppi per la caratterizzazione del materiale in termini di resistenza a compressione



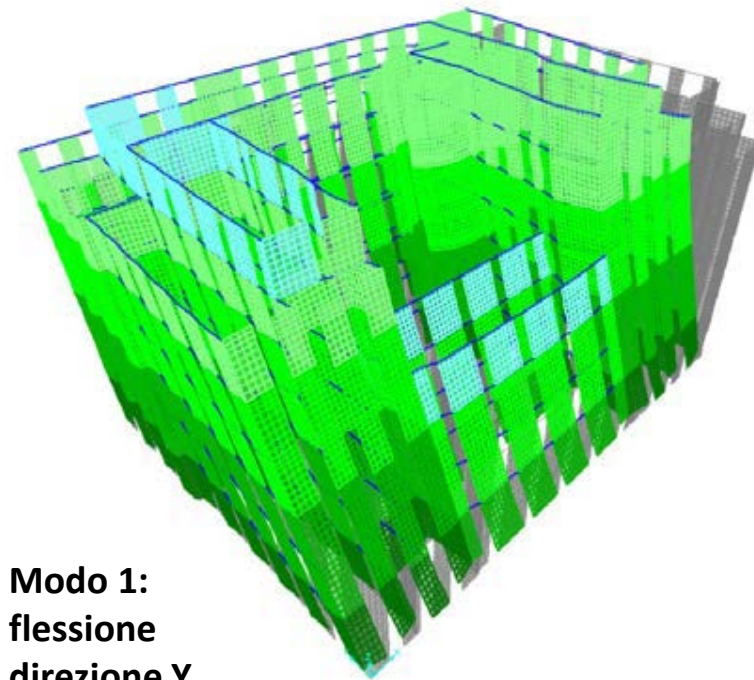
Prove «shove test» per la caratterizzazione in termini di resistenza a taglio



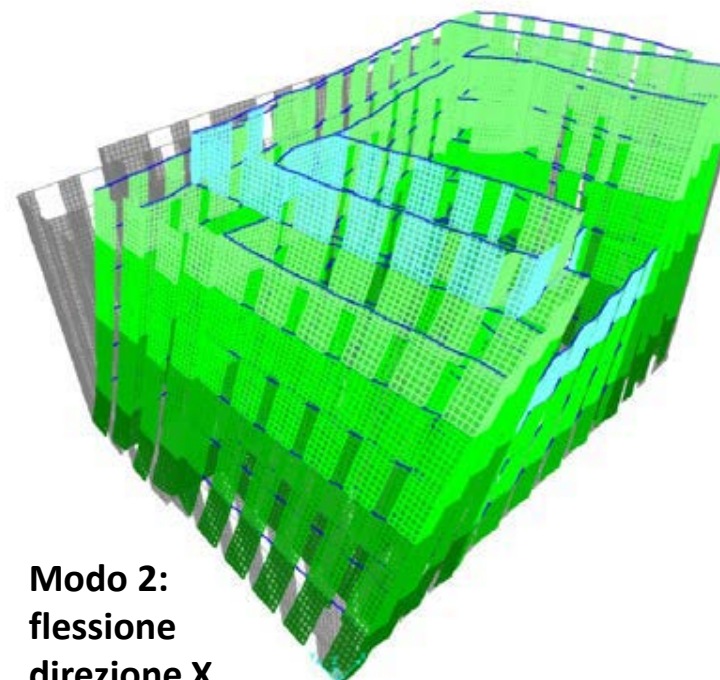
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Edificio 4: struttura in muratura

### Analisi modale



**Modo 1:  
flessione  
direzione Y**



**Modo 2:  
flessione  
direzione X**

Modo	Periodo [s]	$M_x$ [%]	$M_y$ [%]	$M_{x\ tot}$ [%]	$M_{y\ tot}$ [%]
1	0.823	0.00	0.68	0.00	0.68
2	0.747	0.68	0.00	0.68	0.68
3	0.667	0.00	0.01	0.68	0.69
4	0.270	0.00	0.15	0.68	0.84
5	0.259	0.15	0.00	0.83	0.84
50	0.104	0.00	0.00	0.89	0.91

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Edificio 4: struttura in muratura

### Criticità rilevate a seguito delle verifiche effettuate

Non sono state riscontrate significative diversità in termini sollecitazioni associate alle combinazioni SLU e SLV, in quanto la zona è caratterizzata da una sismicità bassa ma un carico vento notevole. Gli elementi critici risultano dunque sempre gli stessi.

- Al primo ed al secondo piano i pannelli murari non verificano a **compressione**
- Dal terzo piano in poi, vi sono problemi legati alla **pressoflessione nel piano e fuori dal piano ed a taglio**
- Dal quinto piano in poi, nelle murature piene e con intercapedine vi sono problemi di **pressoflessione e taglio**, dovuti principalmente al fatto **che i pannelli sono soggetti a scarsa compressione**. Infatti, al capitolo 7.8.2.2.1 delle NTC2008, la verifica a pressoflessione del pannello murario indica che il momento resistente ultimo del pannello murario è funzione della **tensione di compressione  $\sigma_0$**  (oltre che dalla snellezza del pannello e la sua resistenza a compressione)

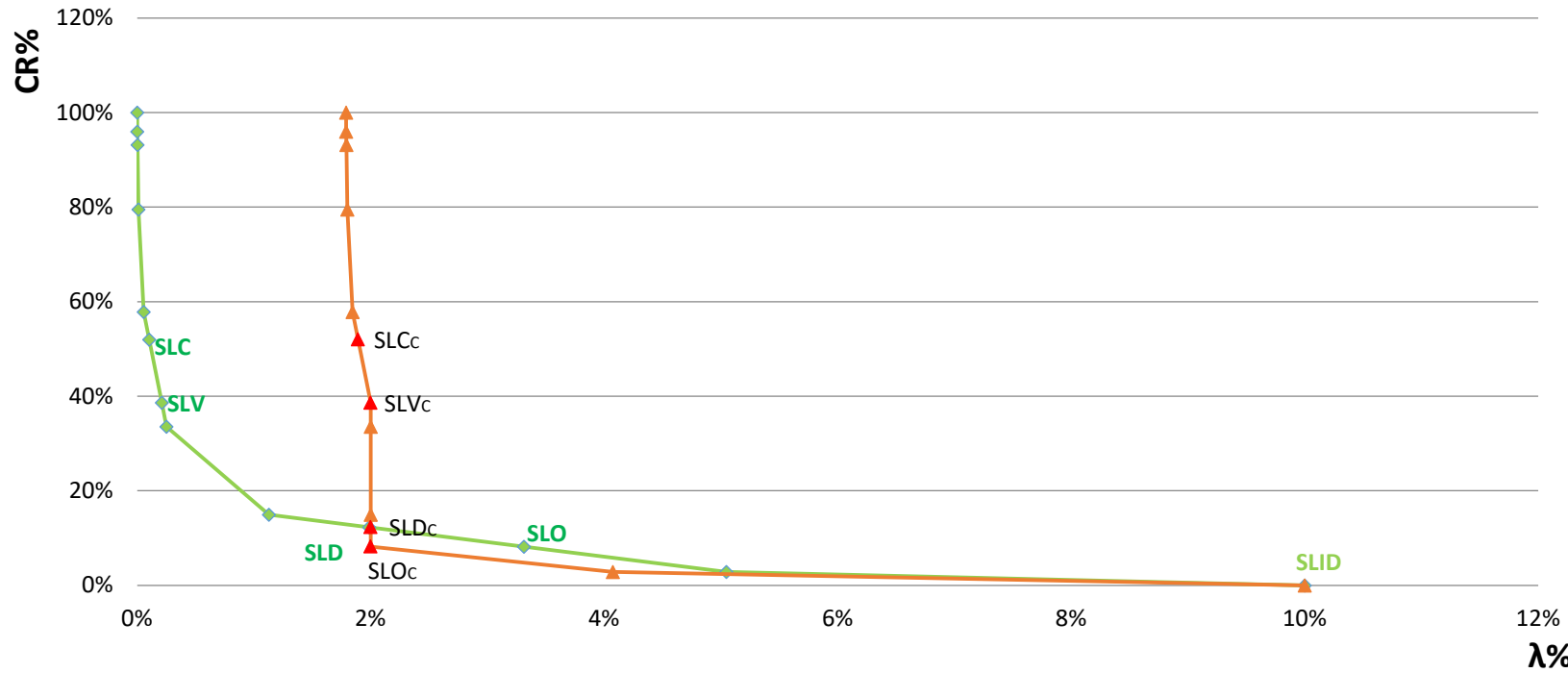
$$M_u = \frac{l t^2 \sigma_0}{2} \cdot \left( 1 - \frac{\sigma_0}{0.85 f_d} \right)$$

Ne consegue, per i pannelli degli ultimi livelli, un modesto valore del momento resistente che non comporta un esito positivo della verifica.

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
- 3. Casi di studio
- 4. Progetti futuri





# Intervento miglioramento sismico 40%: Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico



(\*) Lo SLC non è stato verificato, di conseguenza il corrispondente periodo di ritorno di capacità si è ottenuto con questa logica: le  $\lambda$  associate a tutte le intensità macrosismiche aventi % CR maggiori di quella associata allo SLV sono state scalate così che tali intensità macrosismiche e lo stato limite allo SLV mantengano le stesse posizioni reciproche.

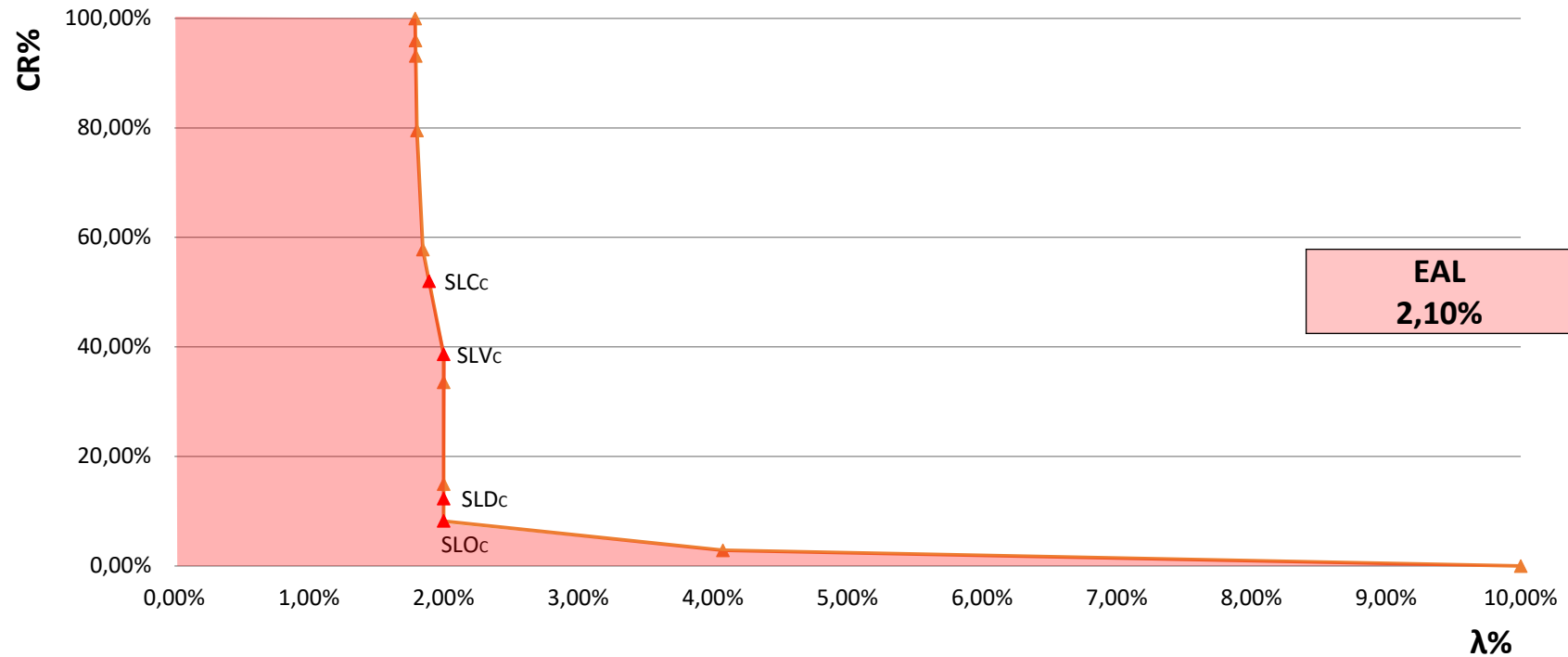
	TR,D	TR,C	$\lambda_C=1/T_{R,C}$
SLO	30	50	2,0%
SLD	50	50	2,0%
SLV	475	50	2,0%
SLC	975	(*)	-

 Curva  $(\lambda(T_{R,D}), CR)$  di riferimento per la zona 3

 Curva  $(\lambda(T_{R,C}), CR)$  modificata inserendo i  $T_{R,C}$  ottenuti dall'analisi dinamica lineare

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
- 3. Casi di studio
- 4. Progetti futuri

## Intervento miglioramento sismico 40%: Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico

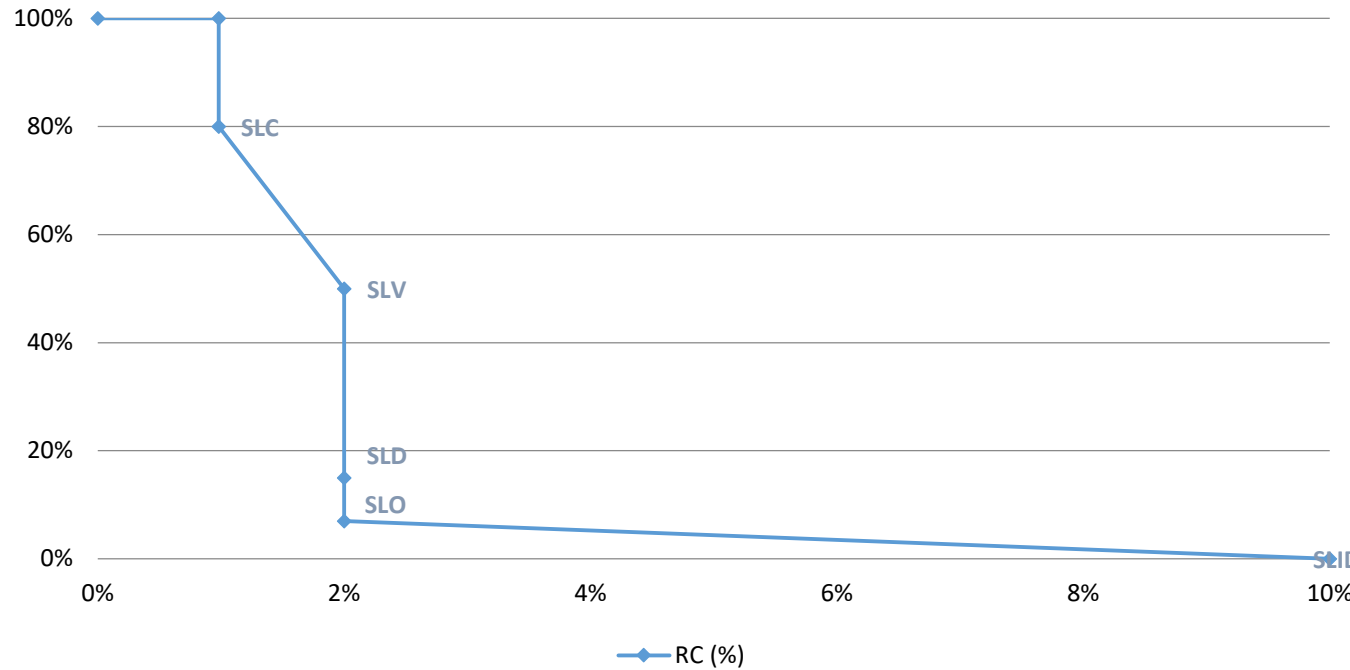


Classe di rischio	EAL (%RC)	Zona 3
A+	<0,50	F <sub>EMS</sub> , E <sub>EMS</sub>
A	0,50 < <0,75	D <sub>EMS</sub>
B	0,75 < <1,50	C <sub>EMS</sub> , B <sub>EMS</sub>
<b>C</b>	<b>1,50 &lt; &lt;2,50</b>	A <sub>EMS</sub>
D	2,50 < <3,50	
E	3,50 < <4,50	
F	4,50 < <7,50	

Al valore di EAL corrisponde la classe di rischio **C**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

# Intervento miglioramento sismico 40%: Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale



(\*) Lo SLC non è stato verificato, di conseguenza il corrispondente periodo di ritorno di capacità si è ottenuto mediante la formula:

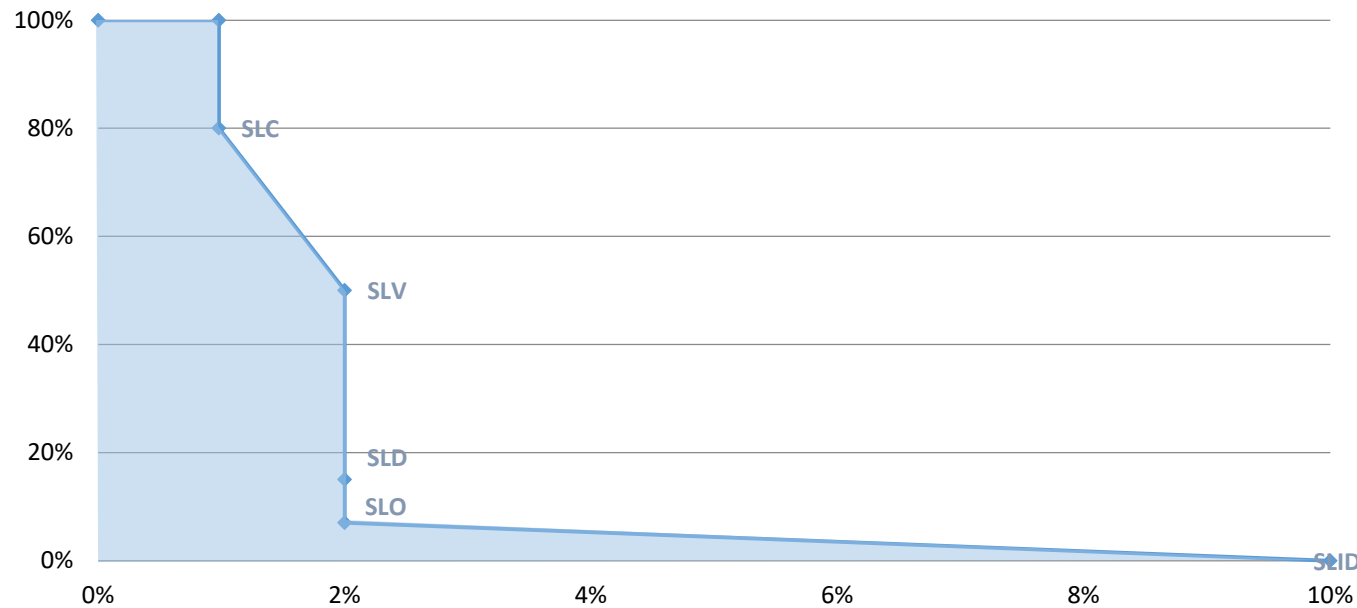
$$\lambda_{SLC} = 0,49 \cdot \lambda_{SLV}$$

$\lambda=1/Tr$ (%)	CR (%)	
10%	0%	<b>SLID</b>
2,00%	7%	<b>SLO</b>
2,00%	15%	<b>SLD</b>
2,00%	50%	<b>SLV</b>
0,98% (*)	80%	<b>SLC</b>
0,98%	100%	
0%	100%	

Curva  $(\lambda(T_{R,C}), CR)$  con  $T_{R,C}$  ottenuti dall' **analisi dinamica lineare**

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
- 3. Casi di studio
- 4. Progetti futuri

## Intervento miglioramento sismico 40%: Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale



L'indice PAM si ottiene calcolando le aree sottese alle curva tracciata. Di conseguenza si ottiene la relativa classe PAM.

<b>PAM</b>	<b>1,92%</b>
<b>CLASSE PAM</b>	<b>C</b>

PAM	Classe PAM
<0,50%	A+
0,50%-0,75%	A
0,75%-1,5%	B
1,5%-2,5%	C
2,5%-3,5%	D
3,5%-4,5%	E
4,5%-7,5%	F
>7,5%	G

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Intervento miglioramento sismico 40%: Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale

L'indice IS-V si ottiene dal rapporto tra i valori allo SLV della PGA di capacità e quella di domanda. Dalla tabella si ottiene la relativa classe IS-V.

PGA,c [g]	<b>0,048</b>
PGA,d [g]	<b>0,121</b>
IS-V	<b>39,75%</b>
CLASSE IS-V	<b>E</b>

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
>120%	A+ IS-V
100%-120%	A IS-V
80%-100%	B IS-V
60%-80%	C IS-V
40%-60%	D IS-V
20%-40%	<b>E IS-V</b>
<20%	F IS-V

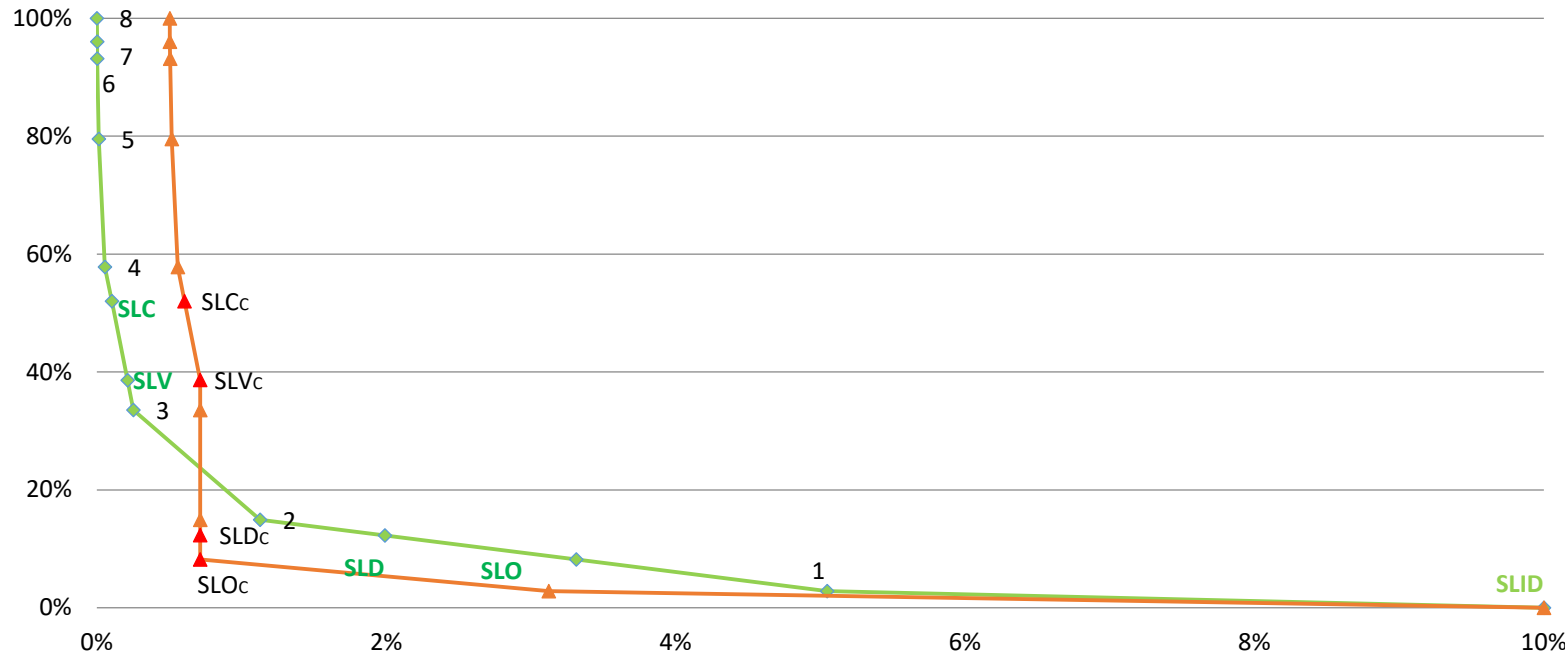
Incrociando i risultati ottenuti si ottiene la classe di rischio corrispondente.

CLASSE PAM	<b>C</b>
CLASSE IS-V	<b>E</b>
CLASSE DI RISCHIO	<b>E</b>

CLASSE DI RISCHIO	CLASSE PAM								
	A+	A	B	C	D	E	F	G	
A+	A+	A	B	<b>C</b>	D	E	F	G	
A	A	A	B	<b>C</b>	D	E	F	G	
B	B	B	B	<b>C</b>	D	E	F	G	
C	C	C	C	<b>C</b>	D	E	F	G	
D	D	D	D	<b>D</b>	D	E	F	G	
E	E	E	E	<b>E</b>	E	E	F	G	
F	F	F	F	<b>F</b>	F	F	F	G	

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Intervento miglioramento sismico 60%: Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico



(\*) Lo SLC non è stato verificato, di conseguenza il corrispondente periodo di ritorno di capacità si è ottenuto con questa logica: le  $\lambda$  associate a tutte le intensità macrosismiche aventi % CR maggiori di quella associata allo SLV sono state scalate così che tali intensità macrosismiche e lo stato limite allo SLV mantengano le stesse posizioni reciproche.

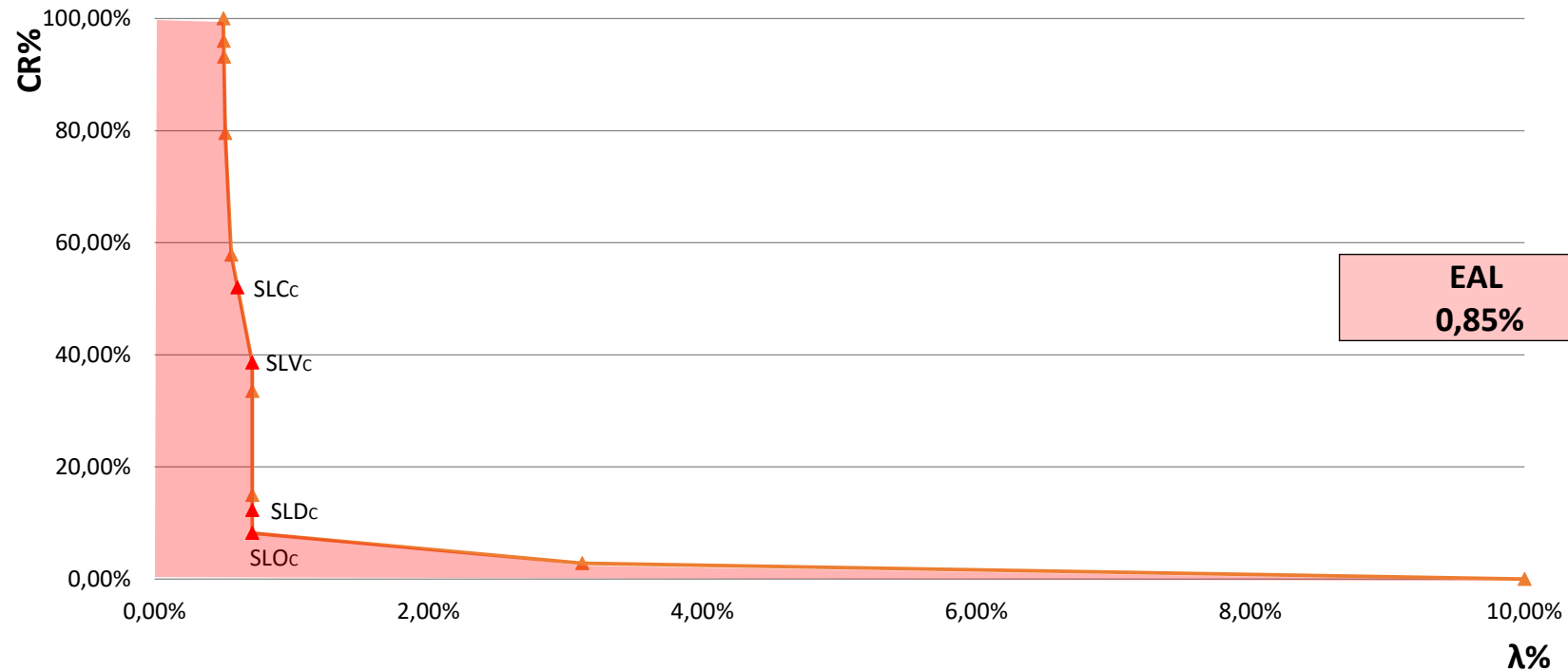
	TR,D	TR,C	$\lambda_C=1/T_{R,C}$
<b>SLO</b>	30	140	0,7%
<b>SLD</b>	50	140	0,7%
<b>SLV</b>	475	140	0,7%
<b>SLC</b>	975	(*)	-

Curva  $(\lambda(T_{R,D}), CR)$  di riferimento per la zona 3

Curva  $(\lambda(T_{R,C}), CR)$  modificata inserendo i  $T_{R,C}$  ottenuti dall'analisi dinamica lineare

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Intervento miglioramento sismico 60%: Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico

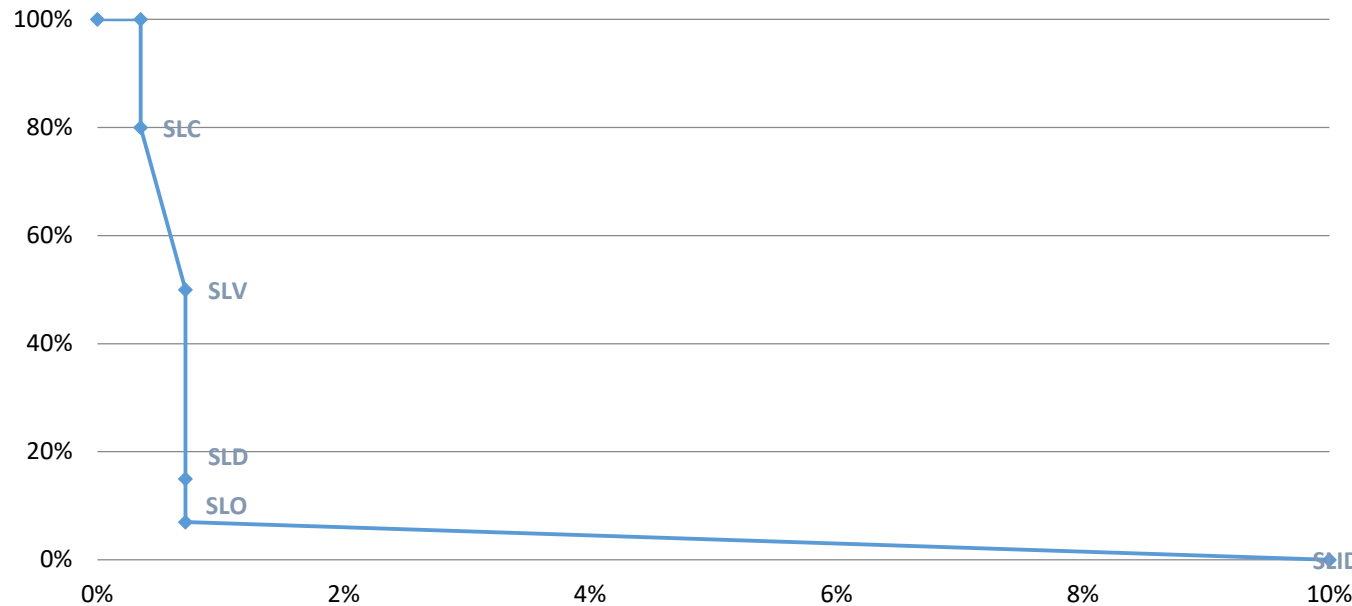


Classe di rischio	EAL (%RC)	Zona 3
A+	<0,50	F <sub>EMS</sub> , E <sub>EMS</sub>
A	0,50 < <0,75	D <sub>EMS</sub>
<b>B</b>	<b>0,75 &lt; &lt;1,50</b>	C <sub>EMS</sub> , B <sub>EMS</sub>
C	1,50 < <2,50	A <sub>EMS</sub>
D	2,50 < <3,50	
E	3,50 < <4,50	
F	4,50 < <7,50	

Al valore di EAL corrisponde la classe di rischio **B**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Intervento miglioramento sismico 60%: Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale



(\*) Lo SLC non è stato verificato, di conseguenza il corrispondente periodo di ritorno di capacità si è ottenuto mediante la formula:

$$\lambda_{SLC} = 0,49 \cdot \lambda_{SLV}$$

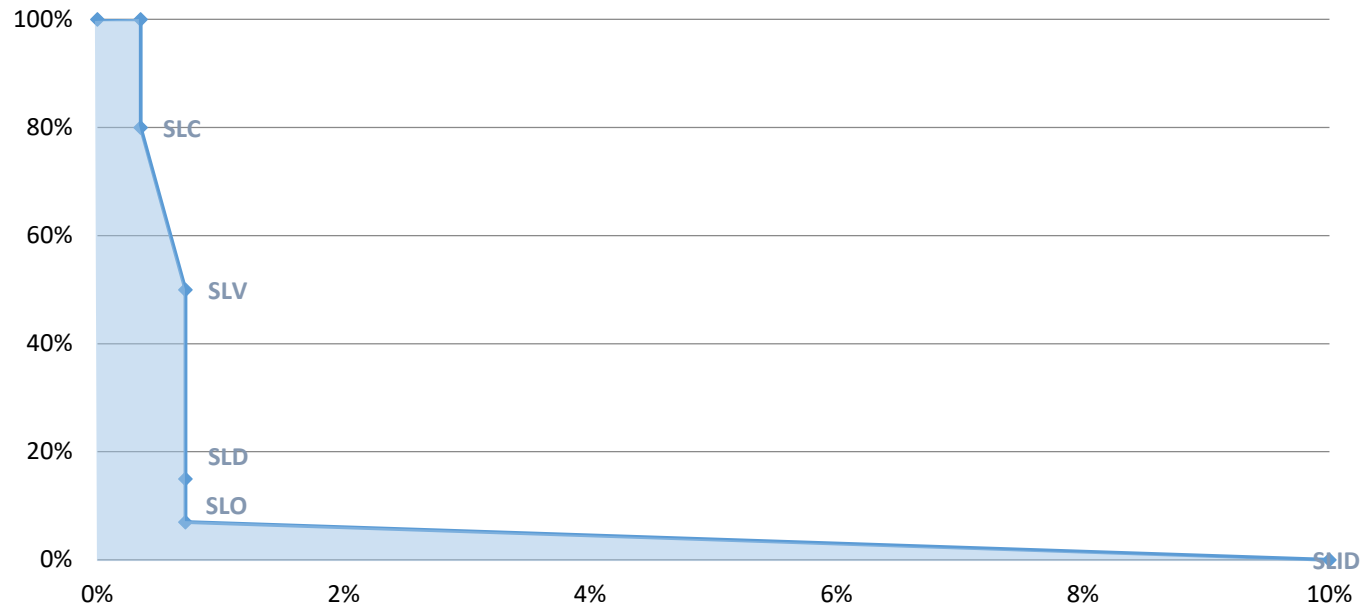
$\lambda = 1/Tr$ (%)	CR (%)	
10%	0%	<b>SLID</b>
0,71%	7%	<b>SLO</b>
0,71%	15%	<b>SLD</b>
0,71%	50%	<b>SLV</b>
0,35% (*)	80%	<b>SLC</b>
0,98%	100%	
0%	100%	

Curva ( $\lambda(T_{R,C}), CR$ ) con  $T_{R,C}$  ottenuti dall' **analisi dinamica lineare**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri



## Intervento miglioramento sismico 60%: Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale



L'indice PAM si ottiene calcolando le aree sottese alle curva tracciata. Di conseguenza si ottiene la relativa classe PAM.

<b>PAM</b>	<b>0,91%</b>
<b>CLASSE PAM</b>	<b>B</b>

PAM	Classe PAM
<0,50%	A+
0,50%-0,75%	A
<b>0,75%-1,5%</b>	<b>B</b>
1,5%-2,5%	C
2,5%-3,5%	D
3,5%-4,5%	E
4,5%-7,5%	F
>7,5%	G

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Intervento miglioramento sismico 60%: Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale

L'indice IS-V si ottiene dal rapporto tra i valori allo SLV della PGA di capacità e quella di domanda. Dalla tabella si ottiene la relativa classe IS-V.

PGA,c [g]	<b>0,073</b>
PGA,d [g]	<b>0,121</b>
IS-V	<b>60,62%</b>
CLASSE IS-V	<b>C</b>

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
>120%	A+ IS-V
100%-120%	A IS-V
80%-100%	B IS-V
60%-80%	<b>C IS-V</b>
40%-60%	D IS-V
20%-40%	E IS-V
<20%	F IS-V

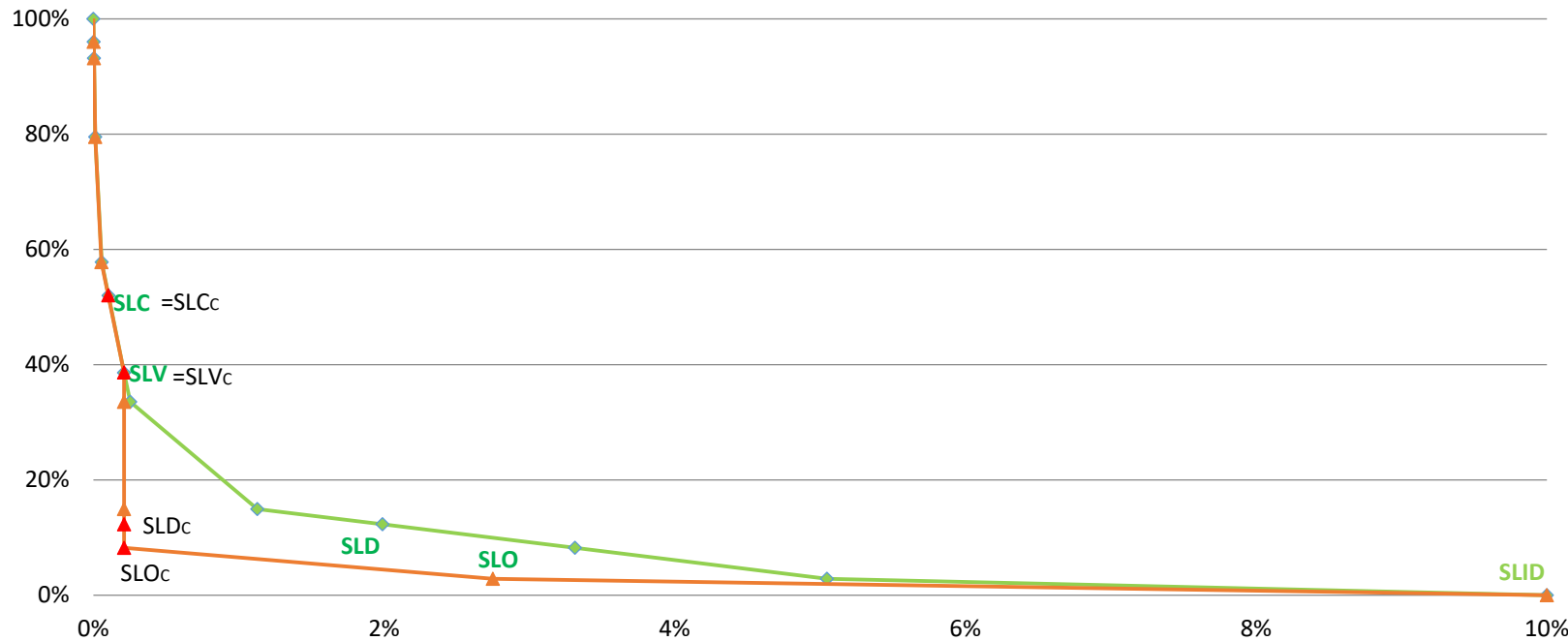
Incrociando i risultati ottenuti si ottiene la classe di rischio corrispondente.

CLASSE PAM	<b>B</b>
CLASSE IS-V	<b>C</b>
CLASSE DI RISCHIO	<b>C</b>

CLASSE DI RISCHIO		CLASSE PAM							
		A+	A	B	C	D	E	F	G
CLASSE IS-V	A+	A+	A	<b>B</b>	C	D	E	F	G
	A	A	A	<b>B</b>	C	D	E	F	G
	B	B	B	<b>B</b>	C	D	E	F	G
	C	C	C	<b>C</b>	C	D	E	F	G
	D	D	D	<b>D</b>	D	D	E	F	G
	E	E	E	<b>E</b>	E	E	E	F	G
	F	F	F	<b>F</b>	F	F	F	F	G

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Intervento adeguamento sismico : Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico



(\*) Lo SLC non è stato verificato, di conseguenza il corrispondente periodo di ritorno di capacità si è ottenuto con questa logica: le  $\lambda$  associate a tutte le intensità macrosismiche aventi % CR maggiori di quella associata allo SLV sono state scalate così che tali intensità macrosismiche e lo stato limite allo SLV mantengano le stesse posizioni reciproche.

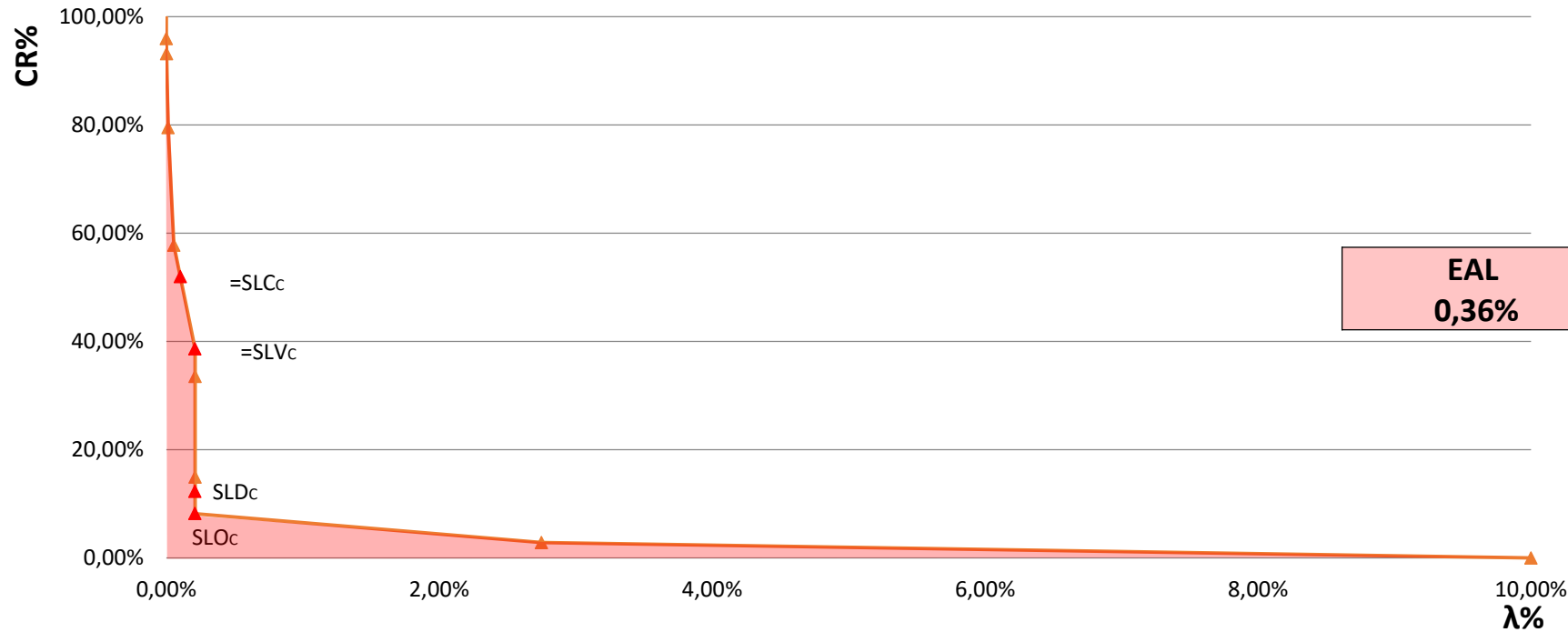
	TR,D	TR,C	$\lambda_C = 1/T_{R,C}$
<b>SLO</b>	30	475	0,2%
<b>SLD</b>	50	475	0,2%
<b>SLV</b>	475	475	0,2%
<b>SLC</b>	975	(*)	-

Curva  $(\lambda(T_{R,D}), CR)$  di riferimento per la zona 3

Curva  $(\lambda(T_{R,C}), CR)$  modificata inserendo i  $T_{R,C}$  ottenuti dall'analisi dinamica lineare

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Intervento adeguamento sismico: Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico

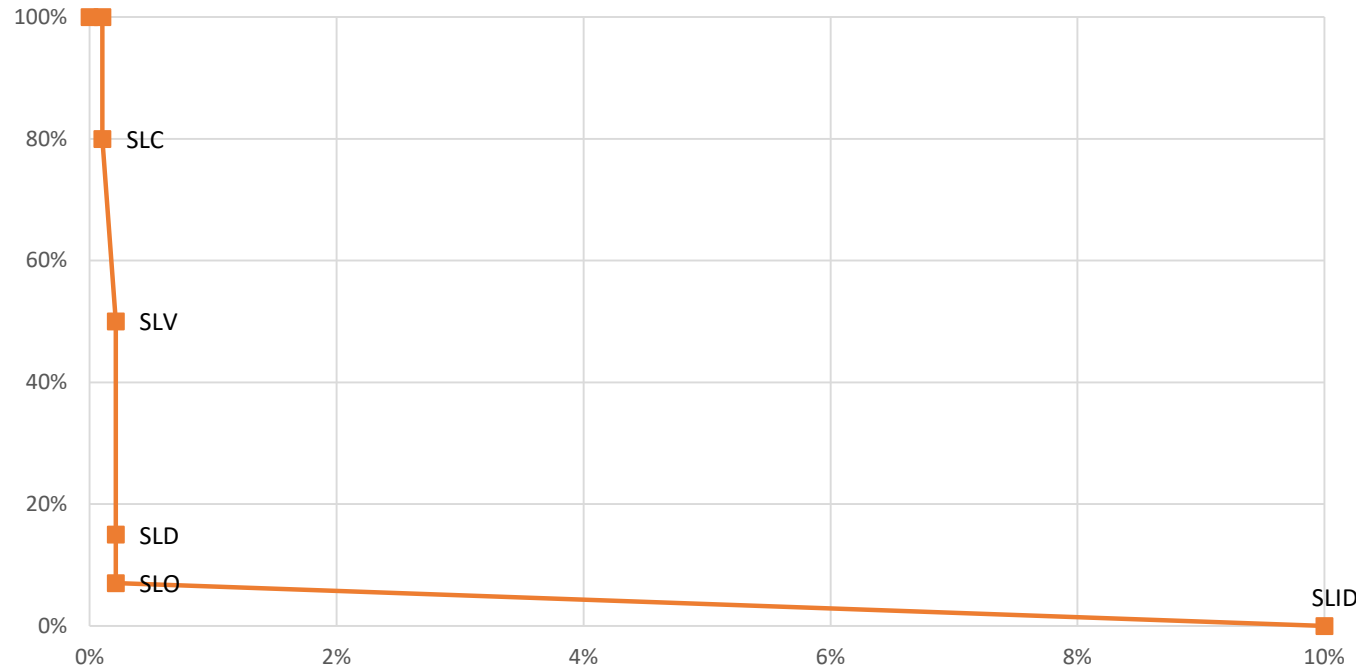


Classe di rischio	EAL (%RC)	Zona 3
<b>A+</b>	<b>&lt;0,50</b>	F <sub>EMS</sub> , E <sub>EMS</sub>
A	0,50 < <0,75	D <sub>EMS</sub>
B	0,75 < <1,50	C <sub>EMS</sub> , B <sub>EMS</sub>
C	1,50 < <2,50	A <sub>EMS</sub>
D	2,50 < <3,50	
E	3,50 < <4,50	
F	4,50 < <7,50	

Al valore di EAL corrisponde la classe di rischio **A+**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Intervento adeguamento sismico : Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale



(\*) Lo SLC non è stato verificato, di conseguenza il corrispondente periodo di ritorno di capacità si è ottenuto mediante la formula:

$$\lambda_{SLC} = 0,49 \cdot \lambda_{SLV}$$

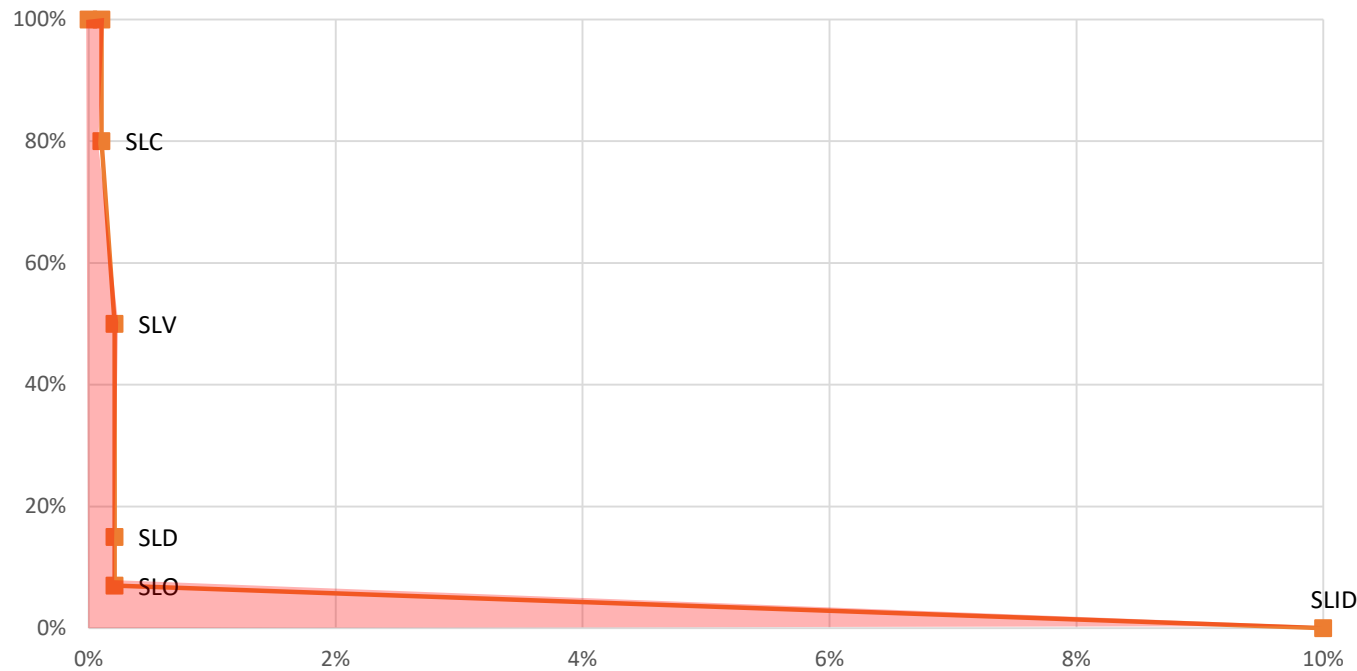
$\lambda=1/Tr$ (%)	CR (%)	
10%	0%	<b>SLID</b>
0,21%	7%	<b>SLO</b>
0,21%	15%	<b>SLD</b>
0,21%	50%	<b>SLV</b>
0,10% (*)	80%	<b>SLC</b>
0,10%	100%	
0%	100%	



Curva ( $\lambda(T_{R,C}), CR$ ) con  $T_{R,C}$  ottenuti dall' **analisi dinamica lineare**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Intervento adeguamento sismico: Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale



L'indice PAM si ottiene calcolando le aree sottese alle curva tracciata. Di conseguenza si ottiene la relativa classe PAM.

<b>PAM</b>	<b>0,52%</b>
<b>CLASSE PAM</b>	<b>A</b>

PAM	Classe PAM
<0,50%	A+
0,50%-0,75%	A
0,75%-1,5%	B
1,5%-2,5%	C
2,5%-3,5%	D
3,5%-4,5%	E
4,5%-7,5%	F
>7,5%	G

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Intervento adeguamento sismico: Valutazione indice PAM secondo «Linee guida applicative» - metodo convenzionale

L'indice IS-V si ottiene dal rapporto tra i valori allo SLV della PGA di capacità e quella di domanda. Dalla tabella si ottiene la relativa classe IS-V.

PGA,c [g]	<b>0,121</b>
PGA,d [g]	<b>0,121</b>
IS-V	<b>100%</b>
CLASSE IS-V	<b>A</b>

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
>120%	A+ IS-V
100%-120%	A IS-V
80%-100%	B IS-V
60%-80%	C IS-V
40%-60%	D IS-V
20%-40%	E IS-V
<20%	F IS-V

Incrociando i risultati ottenuti si ottiene la classe di rischio corrispondente.

CLASSE PAM	<b>A</b>
CLASSE IS-V	<b>A</b>
CLASSE DI RISCHIO	<b>A</b>

CLASSE DI RISCHIO	CLASSE PAM								
	A+	A	B	C	D	E	F	G	
A+	A+	A	B	C	D	E	F	G	
A	A	A	B	C	D	E	F	G	
B	B	B	B	C	D	E	F	G	
C	C	C	C	C	D	E	F	G	
D	D	D	D	D	D	E	F	G	
E	E	E	E	E	E	E	F	G	
F	F	F	F	F	F	F	F	G	

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Edificio 4: Analisi costi-benefici in caso di miglioramento

Per **valutare la convenienza economica di ogni intervento**, si può far uso dei seguenti indicatori:

$$\frac{\text{Benefici}}{\text{Costi}} = \frac{NPV_{Attuale} - NPV_{Progetto}}{\text{Costo}_{Intervento}} = \frac{\sum_{t=1}^{50} \frac{PAM_{S,attuale}}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^{50} \frac{PAM_{S,progetto}}{(1+r)^t}}{\text{Costo}_{intervento}}$$

$$t_{pareggio} = \frac{\text{Valore}}{\text{Valore/tempo}} = \frac{\text{Costo}_{Intervento}}{PAM_{S,Attuale} - PAM_{S,Progetto}}$$

Dove:

- **NPV = Near Present Value** (variazione del valore al momento attuale)
- t = periodo di riferimento (assunto per il caso studio pari a 50 anni)
- r = tasso di interesse (assunto per il caso studio pari a 0)

Il rapporto **benefici-costi** è un indicatore della convenienza dell'intervento.

Il **tempo di pareggio** indica il tempo (in anni) che deve trascorrere affinché la prevista riduzione annuale delle perdite eguagli il costo dell'intervento.

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

2.2.1 Metodo Convenzionale

2.2.2 Metodo Semplificato

3. Casi di studio

4. Progetti futuri



## Edificio 4: Analisi costi-benefici in caso di miglioramento

Dato che l'edificio allo stato attuale non soddisfa le verifiche nei confronti dei carichi verticali, risulta anzitutto necessario effettuare l'intervento di adeguamento statico. Tali interventi consentono di soddisfare le verifiche anche in condizione sismica con spettro ridotto al 40% rispetto a quello richiesto per edifici di nuova costruzione. **Quindi si considera come condizione di paragone e stato attuale quella di adeguamento ai carichi statici, nonché di miglioramento sismico al 40%.**

**TALE INTERVENTO PREVEDE UN COSTO INIZIALE DI 327.000 €.**

	PAM	COSTO RICOSTRUZIONE	COSTO INTERVENTO	DIFFERENZA DI COSTO RISPETTO ALLO STATO ATTUALE		BENEFICI/COSTI	TEMPO DI PAREGGIO
	[%]			[€]	[€]		
Stato attuale: miglioramento sismico 40%	1,92 %	17.000.000 €	327.000 €	0	-	-	-
Miglioramento sismico 60%	0,91 %		344.000 €	17.000 €	0,1%	505	0,1 ANNI
Adeguamento sismico	0,52 %		468.000 €	141.000 €	0,83%	85	0,59 ANNI

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

# Progetti futuri: Collaborazione con la Regione Toscana – Settore Sismica

## PORTOS = PORTale Regione Toscana per la Sismica

- È un portale accessibile dal sito Internet della Regione Toscana (Settore Sismica) che consente la trasmissione dei progetti al Settore Sismica della Regione Toscana (ex Genio Civile) per via telematica;
- In modo **VOLONTARIO** è possibile inserire anche dati relativi alla **classificazione sismica degli edifici (il Settore Sismica della Regione Toscana non è tenuto alla verifica dei dati inseriti!!)**.

Per la valutazione della convenienza dell'esecuzione di un intervento di miglioramento sismico (passaggio ad una classe di rischio migliore), come mostrato nell'ultimo caso studio, è necessario avere a disposizione i **costi dell'intervento**.

**IL LORO INSERIMENTO NON È PREVISTO IN QUESTO PORTALE**



I costi di intervento sono reperibili presso l' **Agenzia dell'Entrate**.



L'idea consiste nel collegare il portale **PORTOS** (dati tecnici e classificazione sismica) ai dati disponibili presso l' **Agenzia dell'Entrate** (costi d'intervento).

### VANTAGGI OTTENIBILI

- ✓ PANORAMICA DELLO STATO DI FATTO DELL'EDILIZIA TOSCANA IN TERMINI DI CLASSI SISMICHE ASSOCIATE ALLE VARIE TIPOLOGIE STRUTTURALI
- ✓ DATI ECONOMICI REALI RELATIVI AL PASSAGGIO DI CLASSE DI RISCHIO

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
- 3. Casi di studio
- 4. Progetti futuri

- Home
- Invia pratiche al Genio Civile
- Pratiche sorteggiate
- Ricerca documentazione

# Progetti futuri: Convenzione di ricerca con il Comune di Firenze – RISCHIO SISMICO DEI PONTI ESISTENTI

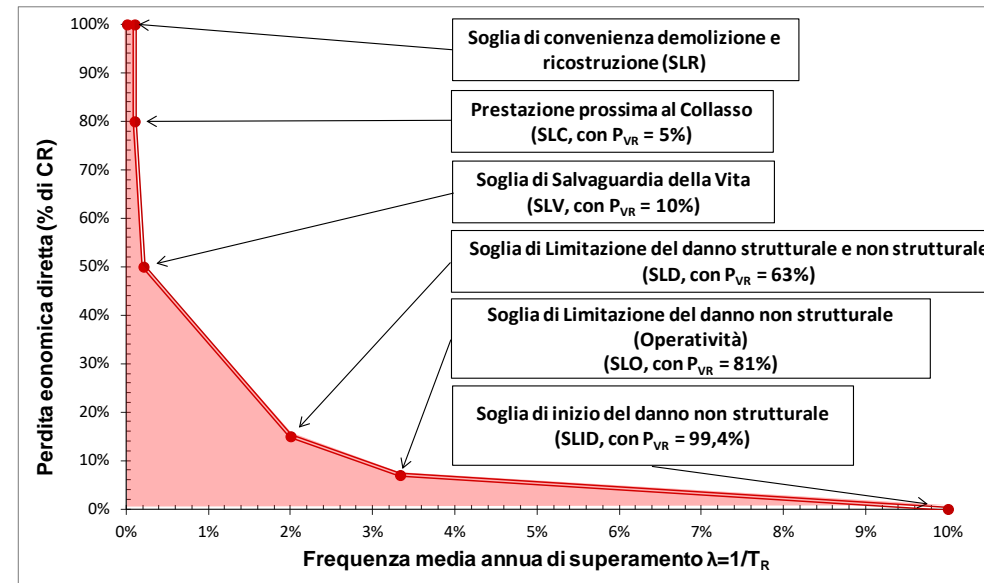
## MOTIVAZIONI della RICERCA:

Le Linee Guida Applicative per la Classificazione del Rischio Sismico delle Costruzioni emanate dal MIT riassumono due grandi risultati:

- 1) Forniscono due metodi per la valutazione del rischio sismico delle costruzioni (convenzionale e semplificato)
- 2) Mettono in relazione, seppur con valenza “media”, il raggiungimento di uno stato limite con una perdita economica. In questo modo è possibile mettere in correlazione la vulnerabilità con il rischio.

Come già detto nelle slide precedenti, per la costruzione della curva delle perdite è necessario individuare i seguenti punti:

- SLID Punto Convenzionale ( $\lambda=10\%$ ; CR=0%)
  - SLO
  - SLD
  - SLV
  - SLC
  - SLR Punto Convenzionale ( $\lambda=0\%$ ; CR=100%)
- Definiti come da NTC2008



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Progetti futuri: Convenzione di ricerca con il Comune di Firenze – RISCHIO SISMICO DEI PONTI ESISTENTI

### OBIETTIVO PRINCIPALE:

**Sviluppare una metodologia per la valutazione del rischio sismico dei ponti esistenti**

### METODOLOGIA:

**FASE A:** Analisi della sicurezza statica e vulnerabilità sismica di 12 ponti strategici.

**FASE B:** Sviluppo e calibrazione di una metodologia per la classificazione a livello territoriale del rischio sismico, in termini economici, dei ponti esistenti.

**FASE C:** Classificazione a livello territoriale del rischio sismico dei ponti esistenti del Comune di Firenze.

### **FASE A:**

1. **Valutazione della vulnerabilità sismica** (secondo NTC)
2. **Valutazione degli scenari di danno** associati ad ogni stato limite (interruzione del traffico, scorrimento con portate limitate, danni economici diretti, etc.)
3. **Valutazione dei danni economici** associati al raggiungimento dei vari stati limite
4. **Stima del livello di rischio** (in termini economici) associato ad ogni ponte analizzato



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri

## Progetti futuri: Convenzione di ricerca con il Comune di Firenze – RISCHIO SISMICO DEI PONTI ESISTENTI

### OBIETTIVO PRINCIPALE:

**Sviluppare una metodologia per la valutazione del rischio sismico dei ponti esistenti**

### METODOLOGIA:

**FASE A:** Analisi della sicurezza statica e vulnerabilità sismica di 12 ponti strategici.

**FASE B:** Sviluppo e calibrazione di una metodologia per la classificazione a livello territoriale del rischio sismico, in termini economici, dei ponti esistenti.

**FASE C:** Classificazione a livello territoriale del rischio sismico dei ponti esistenti del Comune di Firenze.

#### FASE A:

1. **Valutazione della vulnerabilità sismica** (secondo NTC)
2. **Valutazione degli scenari di danno** associati ad ogni stato limite (interruzione del traffico, scorrimento con portate limitate, danni economici diretti, etc.)
3. **Valutazione dei danni economici** associati al raggiungimento dei vari stati limite
4. **Stima del livello di rischio** (in termini economici) associato ad ogni ponte analizzato



#### FASE B:

1. Valutazione dei **principali fattori influenti il rischio** a seconda delle tipologie di ponte;
2. **Sviluppo di una scheda di sintesi** per la valutazione di tali parametri
3. **Applicazione della metodologia** ai ponti studiati nella FASE A
4. **Calibrazione del metodo** ed eventuale modifica della scheda

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
  - 2.1 «Background document»
  - 2.2 «Linee Guida applicative»
    - 2.2.1 Metodo Convenzionale
    - 2.2.2 Metodo Semplificato
3. Casi di studio
4. Progetti futuri