



SISMABONUS

Classificazione del Rischio Sismico delle Costruzioni, Dalle Linee Guida alla realizzazione degli interventi

**Ordine dei Ingegneri della Provincia Forlì – Cesena
Comune di Forlì,
30 Maggio 2017**

Edoardo COSENZA, Università di Napoli Federico II

**Le Linee Guida approvate dal
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**



LINEE GUIDA PER L'ATTRIBUZIONE DELLA CLASSE DI RISCHIO SISMICO

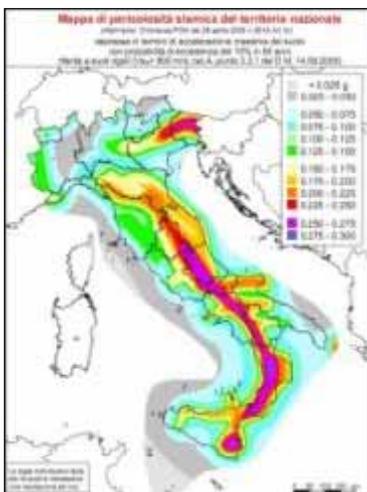
(Legge di Stabilità 2017, « SISMABONUS »)

*Approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici il 20
febbraio 2017;*

DM del Ministro Delrio il 28 febbraio 2017 (7 marzo 2017)

Commissione Relatrice: D'Addato, Lucchese,
Avagnina, Ievolella, Salvatore, Prota, **Cosenza**, Moroni,
Modena, Magenes, Grasso, Lombardo, Cardinale, La
Mendola, Morelli, Montrasio, Deodato, Pecce

Gruppo di Lavoro: Braga, **Baratono**, Chirivì, Eramo,
Ianniello, Renzi, Dolce, Fabrizi, Rossi, Picchi



PERICOLOSITA'



VULNERABILITA'



ESPOSIZIONE



Il RISCHIO SISMICO dipende (è il prodotto di)
PERICOLOSITA', VULNERABILITA', ESPOSIZIONE.

Definizione Stati Limite Sismici:

NTC 2017 = NTC 2008



Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, 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.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** 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 rigidità 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;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture 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.

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R = 50 anni		
Stati limite di esercizio	SLO	$\lambda = 3,33\%$	81%	Tr= 30 anni
	SLD	$\lambda = 2\%$	63%	Tr= 50 anni
Stati limite ultimi	SLV	$\lambda = 0,21\%$	10%	Tr= 475 anni
	SLC	$\lambda = 0,1025\%$	5%	Tr= 975 anni

Stato Limite di Operatività (SLO)_Tr=30y: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni d'uso significativi;

Stato Limite di Danno (SLD)_50y: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, 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;

Stato Limite di Salvaguardia delle Vita (SLV)_Tr=475y: 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 rigidità 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;

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)_Tr=975y: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture 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.

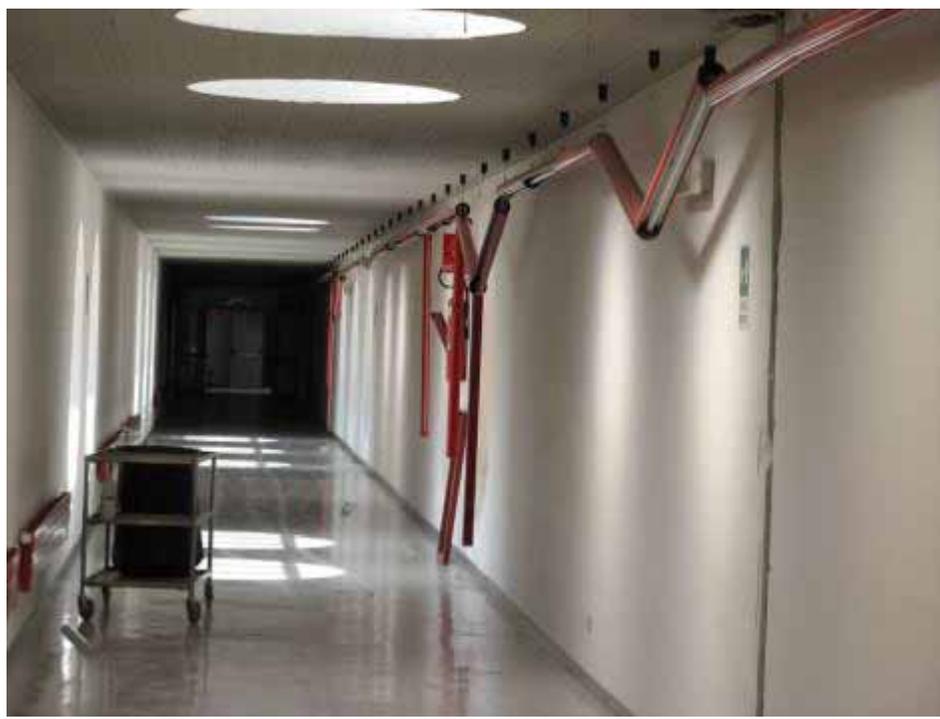


Controsoffittature e componenti, L'Aquila





Ospedale San Salvatore L'Aquila





Tamponature,
L'Aquila





AMATRICE «EDIFICIO ROSSO»

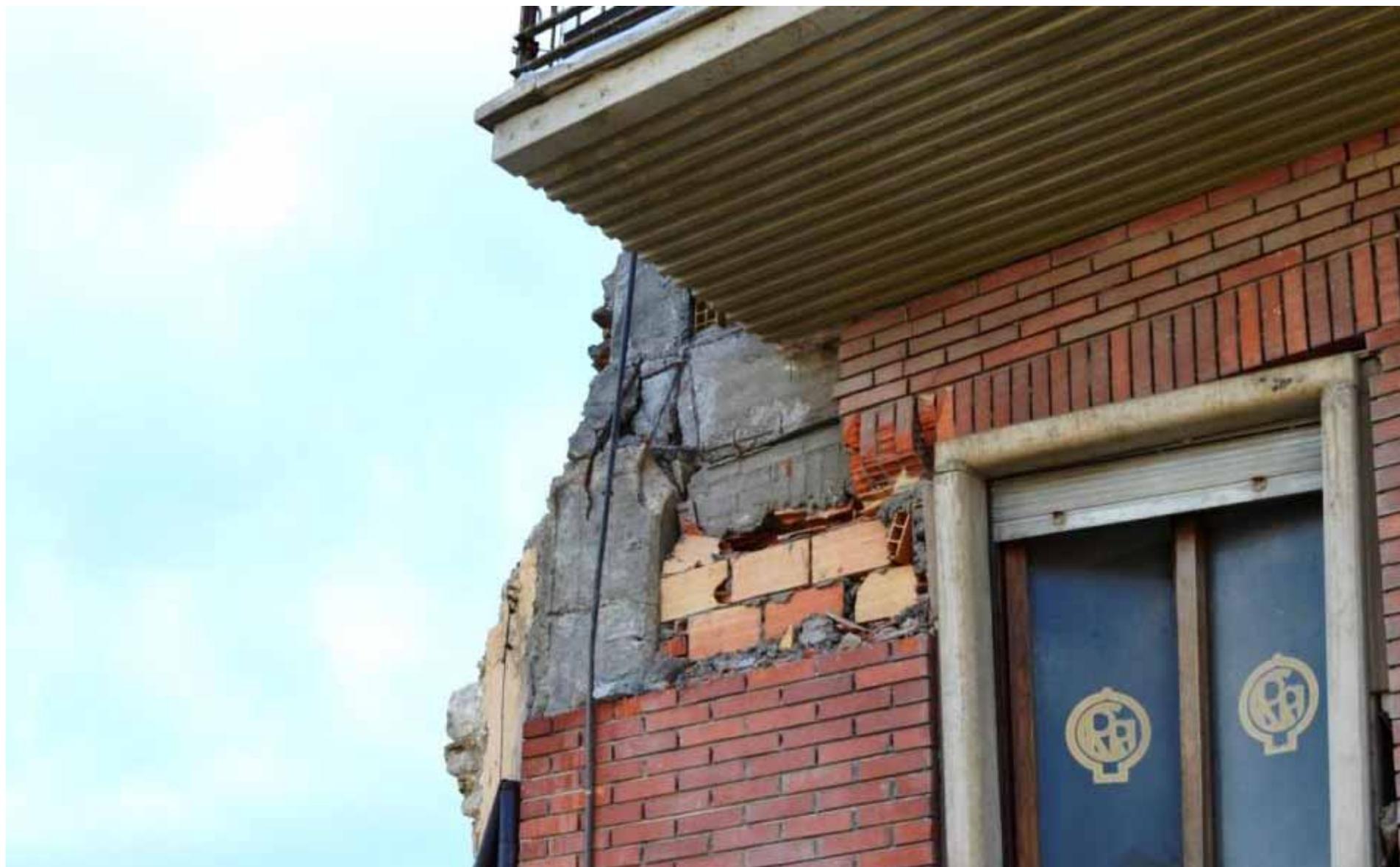
Corso Umberto I

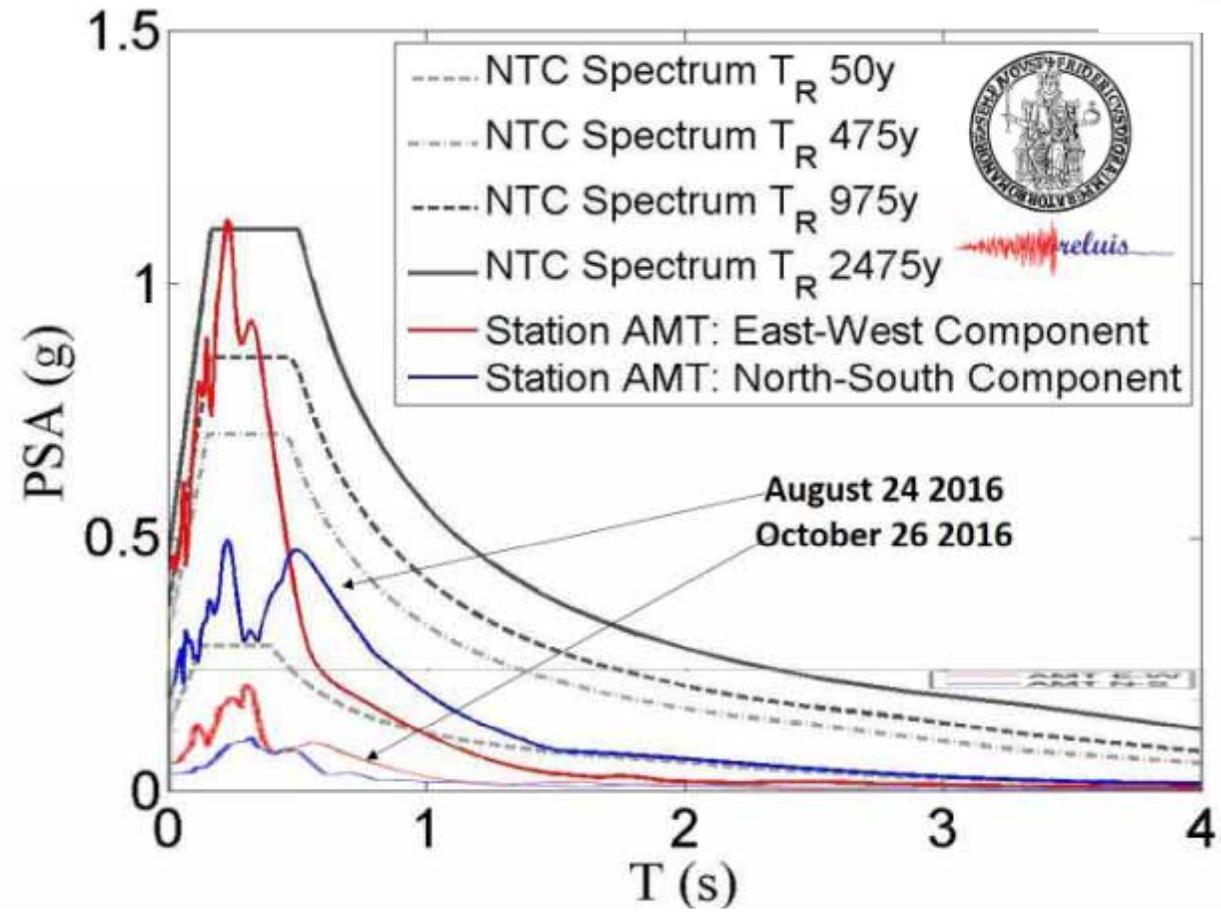
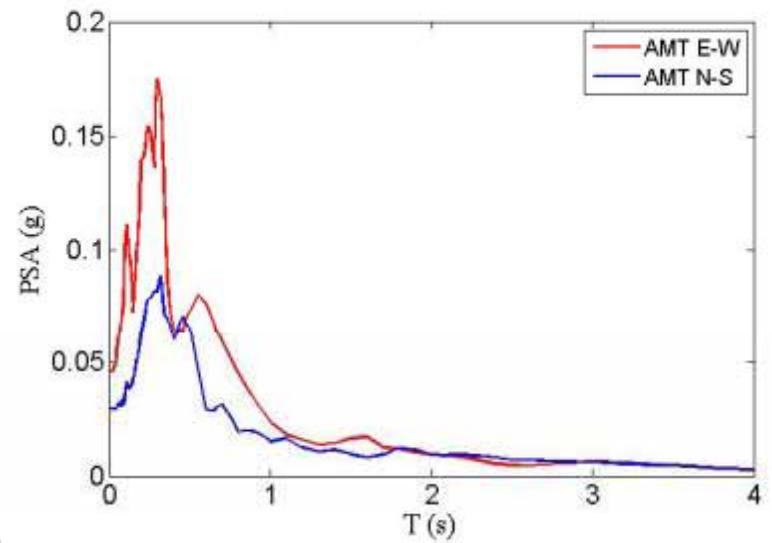




AMATRICE «EDIFICIO ROSSO»

Corso Umberto I

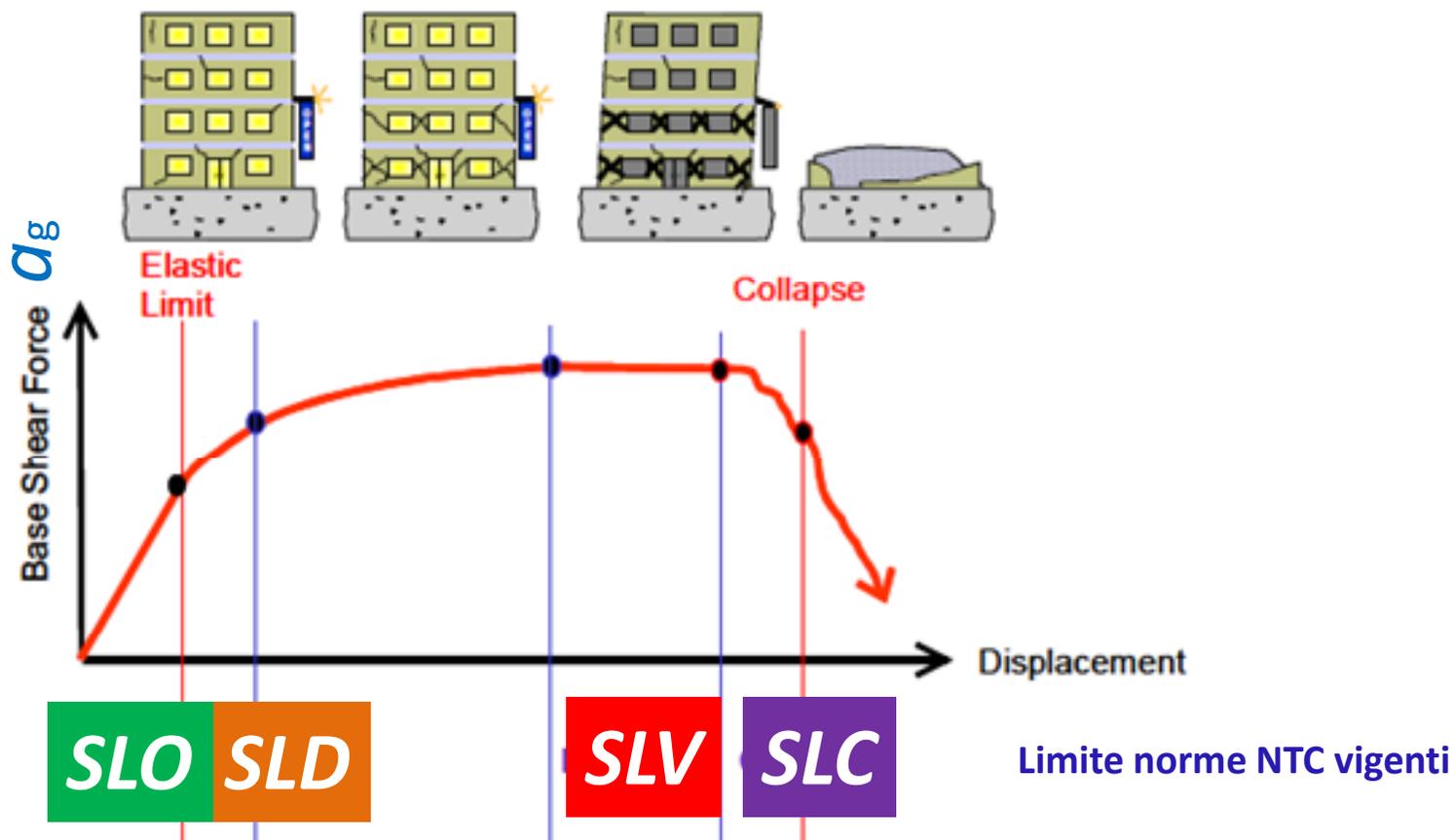








ES. : ANALISI STATICA NON LINEARE (PUSHOVER)





ANALISI STATICA NON LINEARE (PUSHOVER)

In Ordinata

<i>SLO</i>	<i>F_s</i>	<i>a_g</i>
<i>SLD</i>	<i>F_s</i>	<i>a_g</i>
<i>SLV</i>	<i>F_s</i>	<i>a_g</i>
<i>SLC</i>	<i>F_s</i>	<i>a_g</i>



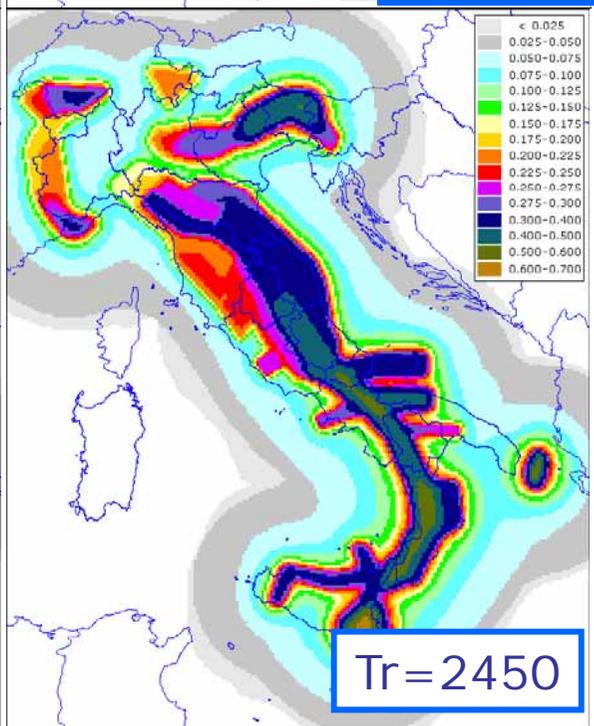
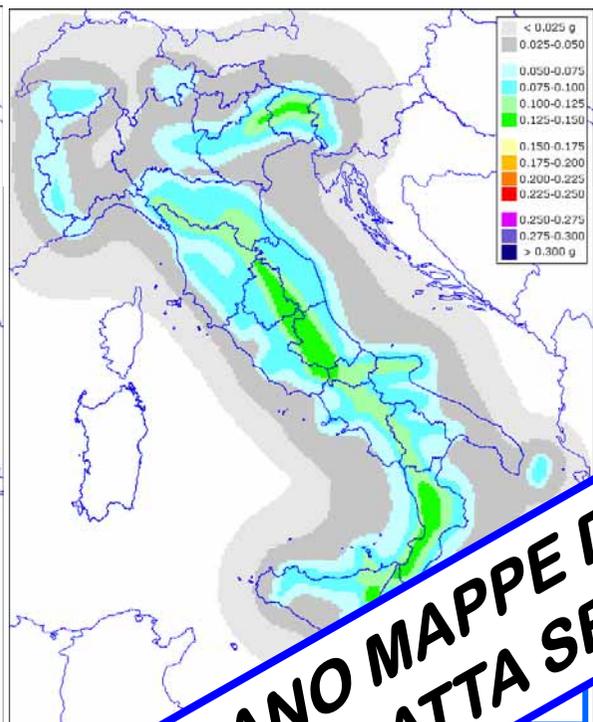
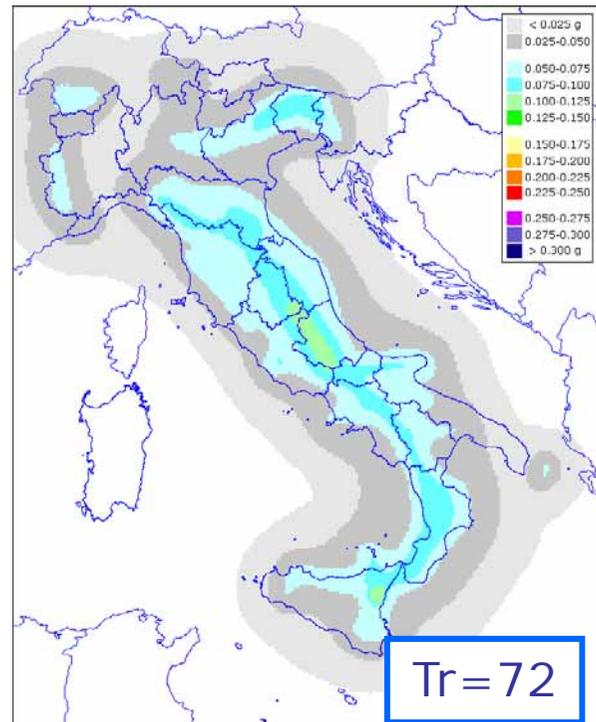
ANALISI STATICA NON LINEARE (PUSHOVER)

In Ordinata

<i>SLO</i>	F_s	a_g	<i>PGA</i>
<i>SLD</i>	F_s	a_g	<i>PGA</i>
<i>SLV</i>	F_s	a_g	<i>PGA</i>
<i>SLC</i>	F_s	a_g	<i>PGA</i>

Spettrale

Accelerazione
Ancoraggio
su suolo rigido



**SE INGV_DPC_MIT CAMBIANO MAPPE DI PERICOLOSITA',
LA CLASSIFICAZIONE SI ADATTA SENZA VARIAZIONI**



ANALISI STATICA NON LINEARE (PUSHOVER)

SLO	F_s	a_g	PGA
SLD	F_s	a_g	PGA
SLV	F_s	a_g	PGA
SLC	F_s	a_g	PGA

Mappe di pericolosità

INGV _ DPC _ NTC

30y, 50y, 72, 101y, 140y, 201y, 475y, 975y, 2475y

LG, formula approssimata:

$$T_{rC} = T_{rD} (PGA_C / PGA_D)^{1/0,41}$$

LG: per riferirsi più puntualmente all'intensità sismica di appartenenza si possono utilizzare le seguenti formule per valutare l'esponente del rapporto fra le PGA, con riferimento all'accelerazione massima su roccia a_g : 1/0,49 per $a_g \geq 0,25g$; 1/0,43 per $0,25g \geq a_g \geq 0,15g$; 1/0,356 per $0,15g \geq a_g \geq 0,05g$; 1/0,34 per $0,05g \geq a_g$



ANALISI STATICA NON LINEARE (PUSHOVER)

In Ordinata

SLO

PGA

SLD

PGA

SLV

PGA

SLC

PGA

*Mappe di pericolosità
INGV _ DPC _ NTC*

OLTRE A:

- *EFFETTI LOCALI SITO*
- *EFFETTI TOPOGRAFICI*



ANALISI STATICA NON LINEARE (PUSHOVER)

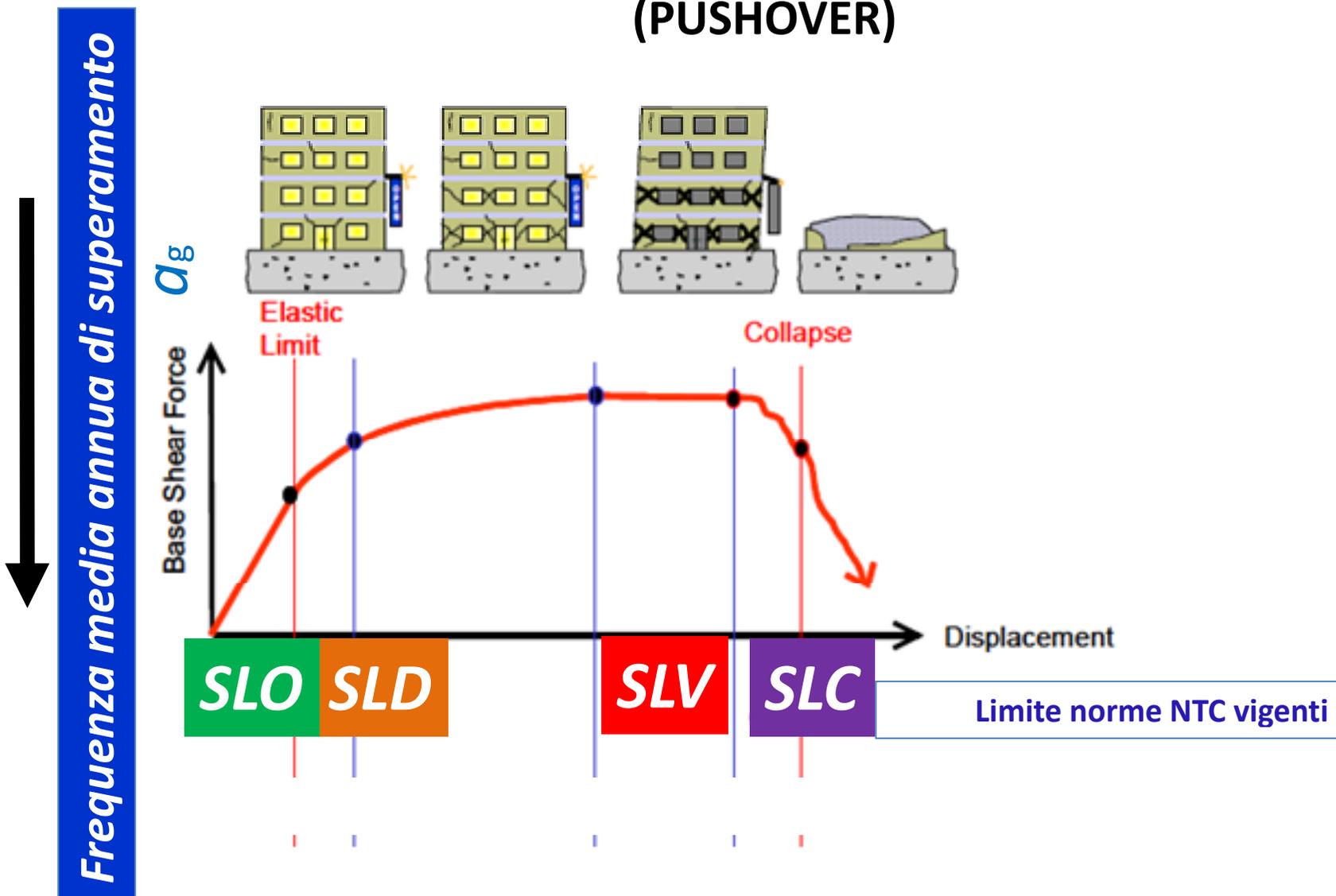
In Ordinata

<i>SLO</i>	<i>PGA</i>	<i>$T_r / \text{Frequenza annuale } \lambda \text{ SLO}$</i>
<i>SLD</i>	<i>PGA</i>	<i>$T_r / \text{Frequenza annuale } \lambda \text{ SLD}$</i>
<i>SLV</i>	<i>PGA</i>	<i>$T_r / \text{Frequenza annuale } \lambda \text{ SLV}$</i>
<i>SLC</i>	<i>PGA</i>	<i>$T_r / \text{Frequenza annuale } \lambda \text{ SLC}$</i>

La Frequenza annuale λ è l'inverso del Periodo di ritorno T_r



ESEMPIO: ANALISI STATICA NON LINEARE (PUSHOVER)





**STRUTTURA ESATTAMENTE ADEGUATA NTC (ES. EDIFICI CIVILE
ABITAZIONE, $V_r=50$ anni)**

SLO	PGA	$T_r = 30y$; Freq. annuale $\lambda = 1/30 = 3,33\%$
SLD	PGA	$T_r = 50y$; Freq. annuale $\lambda = 1/50 = 2\%$
SLV	PGA	$T_r = 475y$; Freq. annuale $\lambda = 1/475 \approx 0,21\%$
SLC	PGA	$T_r = 975y$; Freq. annuale $\lambda = 1/975 \approx 0,10\%$

La Frequenza annuale λ è l'inverso del Periodo di ritorno T_r

ULTERIORI PUNTI CONVENZIONALI



SLID **PGA** $T_r = 10y$; Freq. annuale $\lambda = 1/10 = 10\%$

SLO **PGA** $T_r = 30y$; Freq. annuale $\lambda = 1/30 = 3,33\%$

SLD **PGA** $T_r = 50y$; Freq. annuale $\lambda = 1/50 = 2\%$

SLV **PGA** $T_r = 475y$; Freq. annuale $\lambda = 1/475 \approx 0,21\%$

SLC **PGA** $T_r = 975y$; Freq. annuale $\lambda = 1/975 \approx 0,10\%$

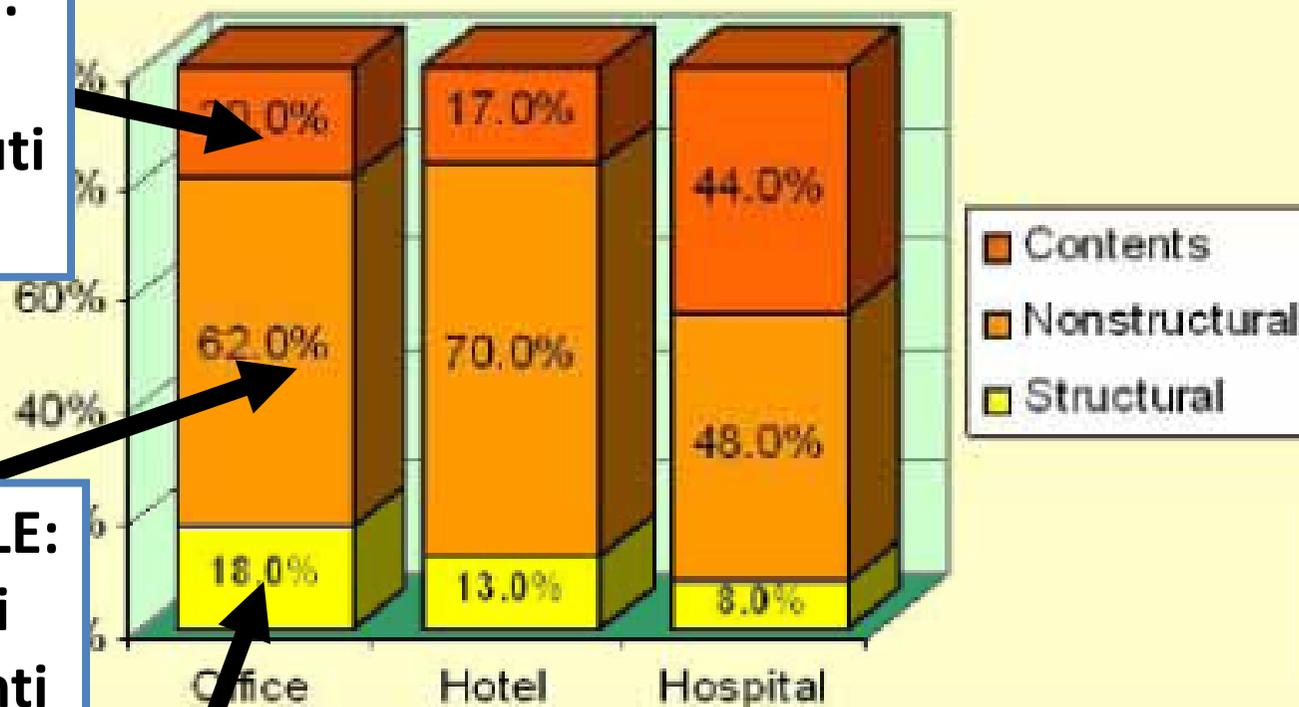
SLR **PGA** $T_r = \text{infinito}$; Freq. annuale $\lambda = 0\%$



COSTI COMPLESSIVI

OGGETTI INTERNI:
bacheche,
computer, contenuti
in genere

NON STRUTTURALE:
Edilizia, Impianti
meccanici, Impianti
elettrici



STRUTTURE



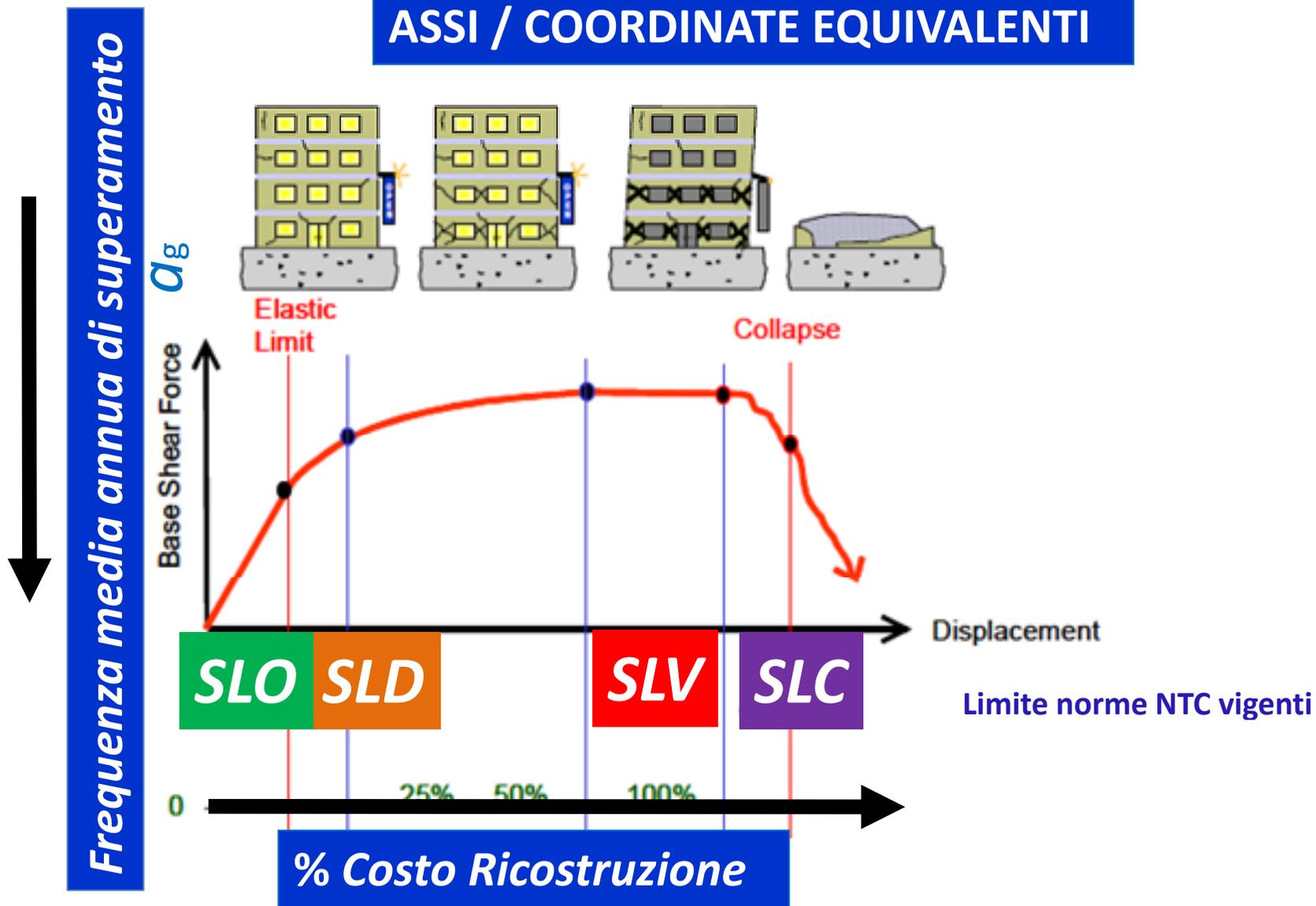
CURVA DI RIFERIMENTO, EDIFICIO ESATTAMENTE A NORMA

SLID	<i>Freq. annuale $\lambda=10\%$</i>	<i>CR=0%</i>
SLO	<i>Freq. annuale $\lambda=3,33\%$</i>	<i>CR=7%</i>
SLD	<i>Freq. annuale $\lambda=2\%$</i>	<i>CR=15%</i>
SLV	<i>Freq. annuale $\lambda=0,21\%$</i>	<i>CR=50%</i>
SLC	<i>Freq. annuale $\lambda=0,10\%$</i>	<i>CR=80%</i>
SLR	<i>Freq. annuale $\lambda=0\%$</i>	<i>CR=100%</i>

ESEMPIO: ANALISI STATICA NON LINEARE (PUSHOVER)



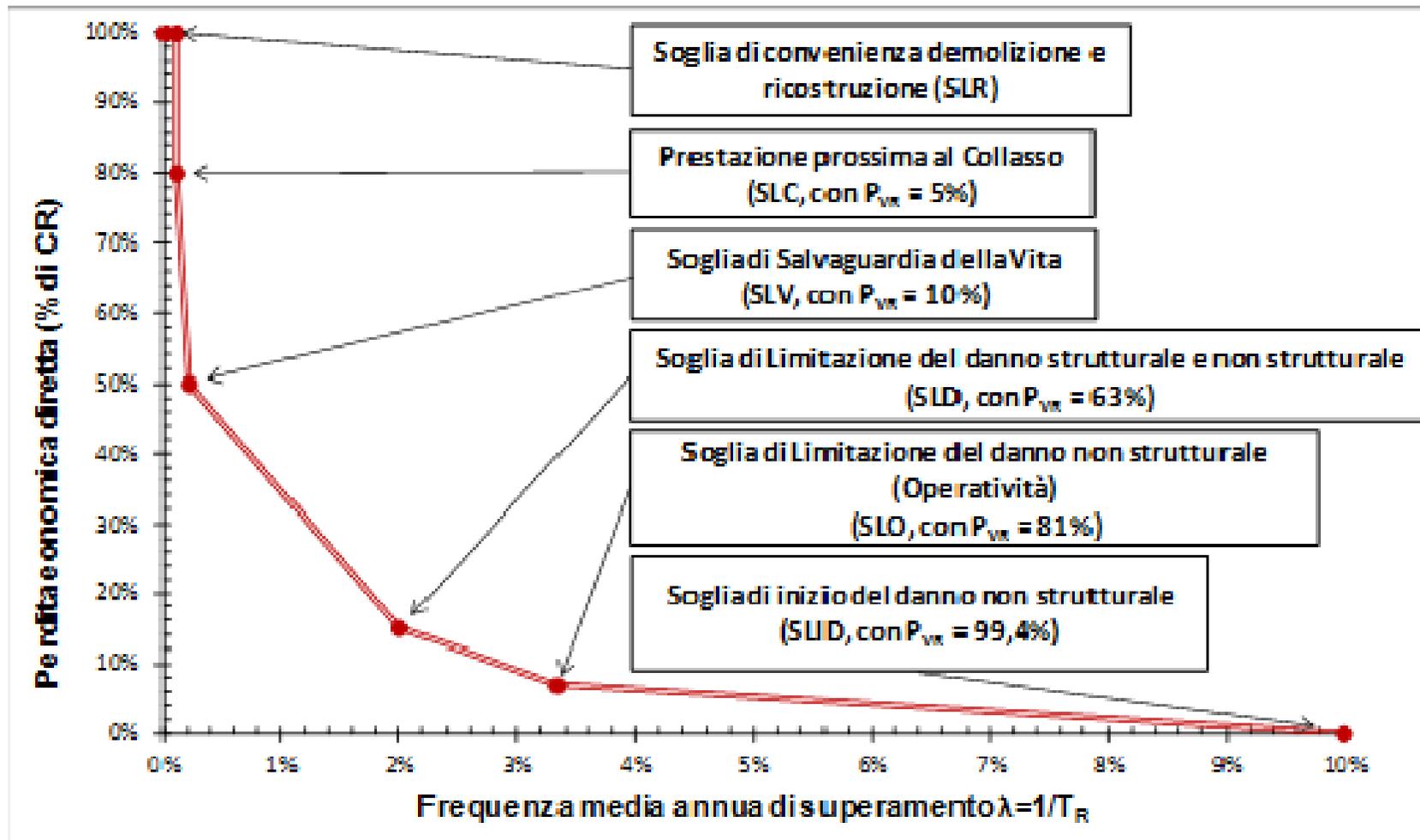
ASSI / COORDINATE EQUIVALENTI



ASCISSA: Frequenza media annua di superamento



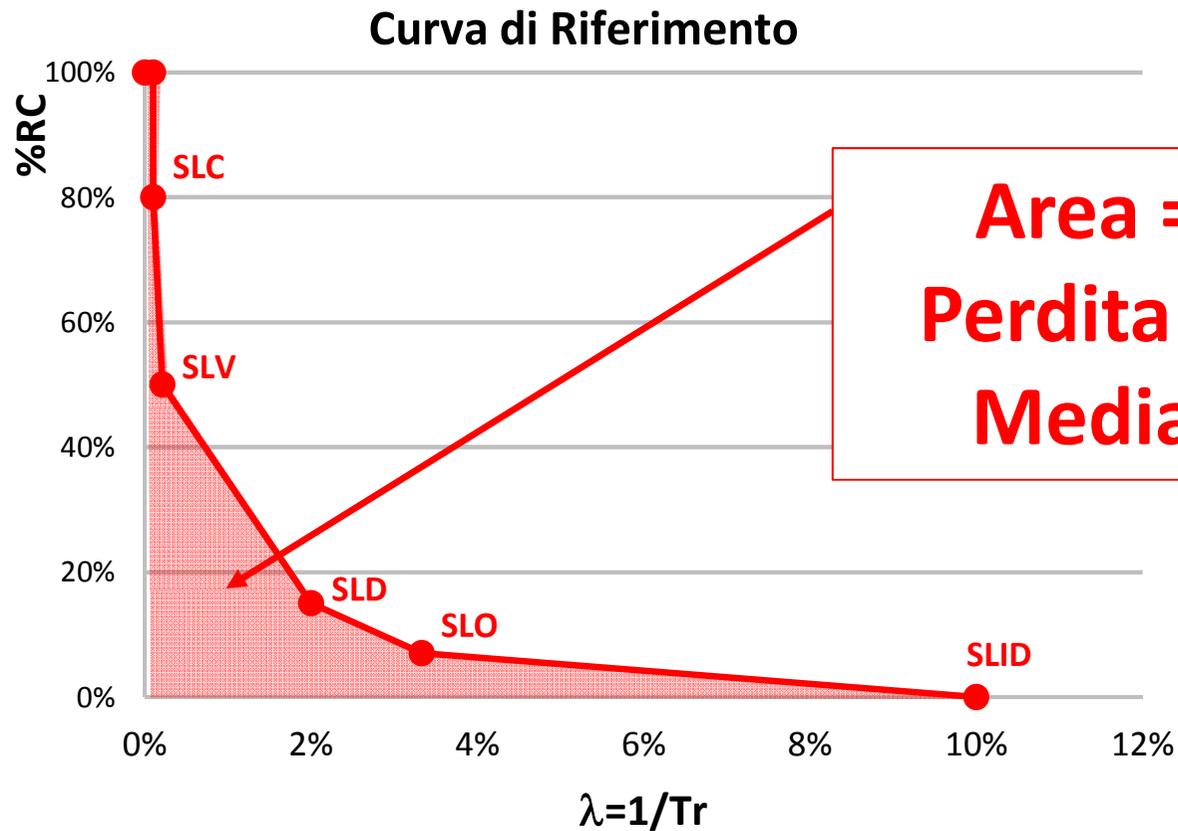
ORDINATA : % Costo di Ricostruzione (Perdita economica diretta)



COSTRUZIONE CURVE DI RIFERIMENTO



Curva di Riferimento basata sugli $SL-V_R=50$ anni



**Area = PAM =
Perdita Annuale
Media attesa**

SLC 80%CR
SLV 50%CR
SLD 15%CR
SLO 7%CR
SLID 0%CR

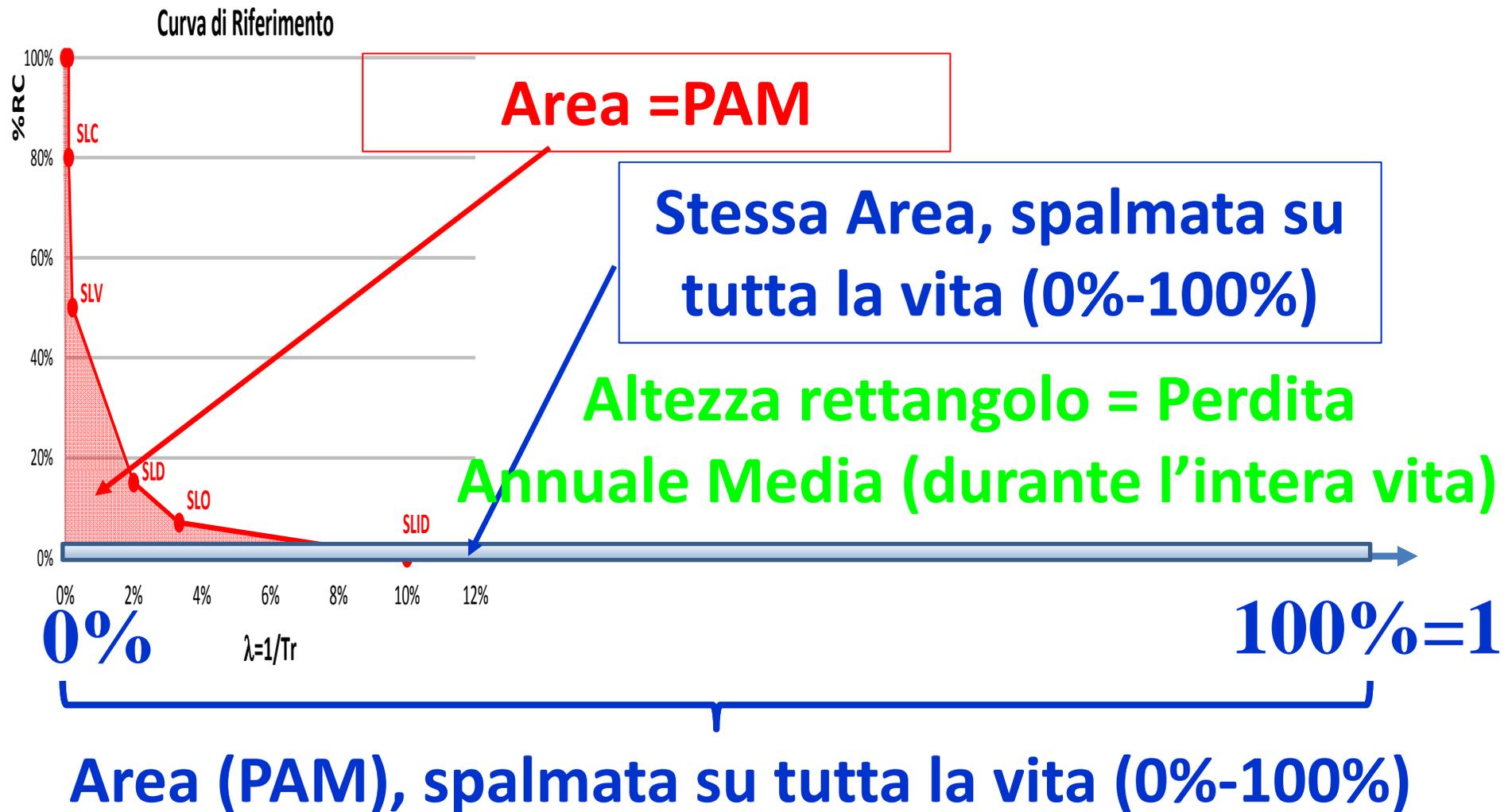
**EDIFICIO «ESATTAMENTE» A
NORMA»**

PAM (%RC)=1.13% <1.5%

Classe PAM 'B'

Dopo SLC,
verticale fino 100%RC
ed orizzontale fino a $\lambda=0$

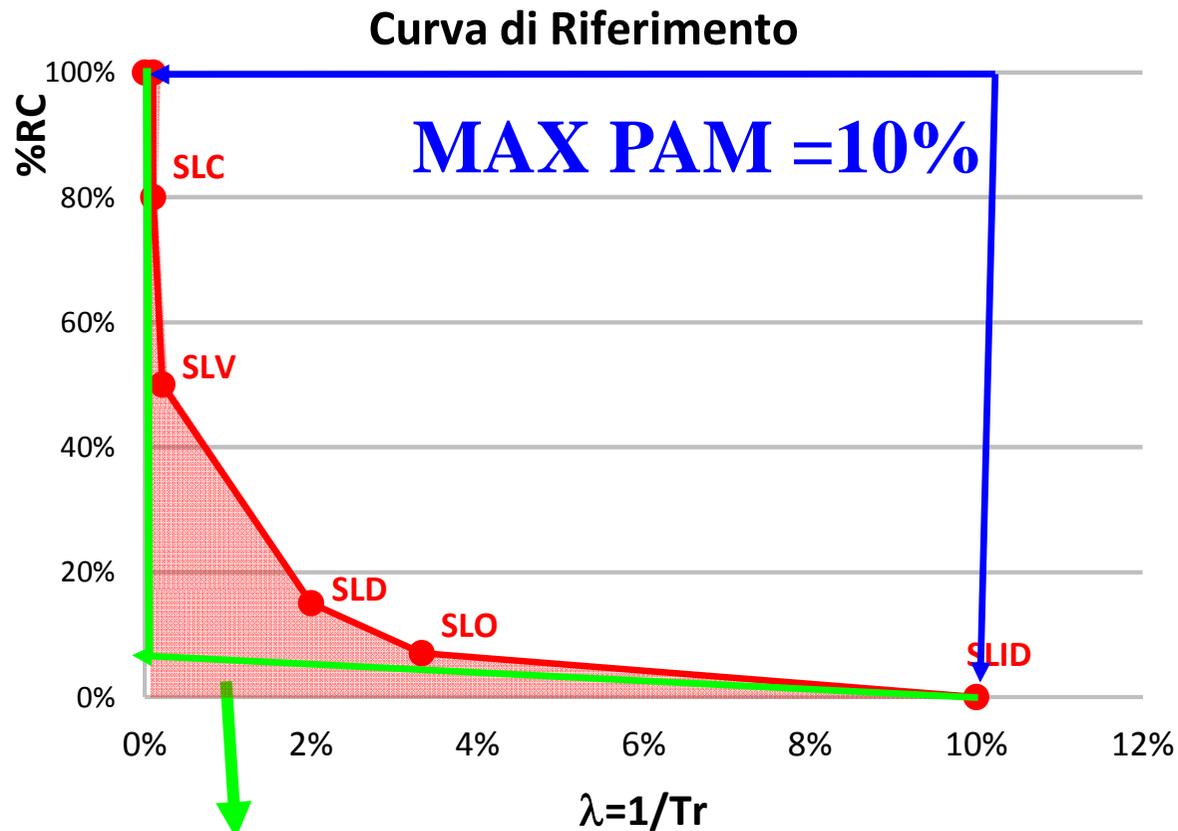
COSTRUZIONE CURVE DI RIFERIMENTO



COSTRUZIONE CURVE DI RIFERIMENTO



Curva di Riferimento basata sugli $SL-V_R=50$ anni

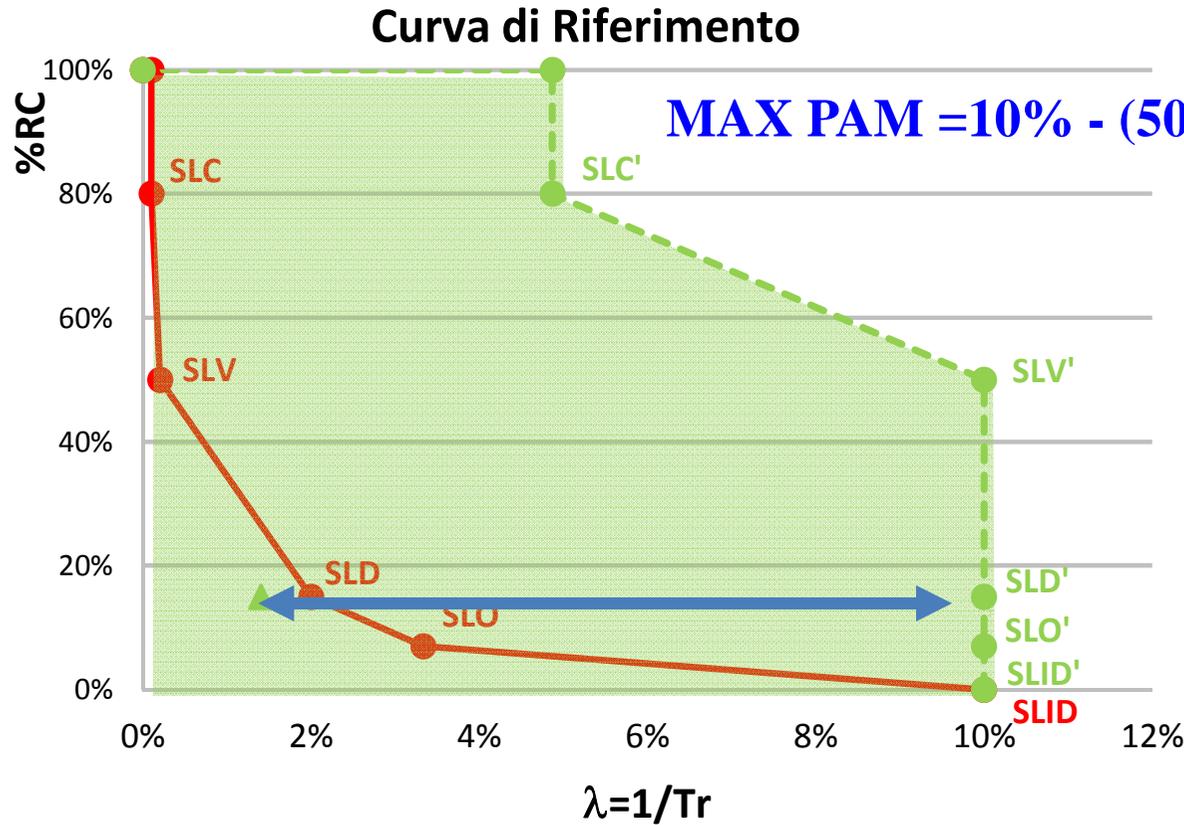


SLC 80%CR
SLV 50%CR
SLD 15%CR

SLO 7%CR
SLID 0%CR

Dopo SLC,
verticale fino 100%RC
ed orizzontale fino a $\lambda=0$

COSTRUZIONE CURVE DI RIFERIMENTO



SLC 80%CR

SLV 50%CR

SLD 15%CR

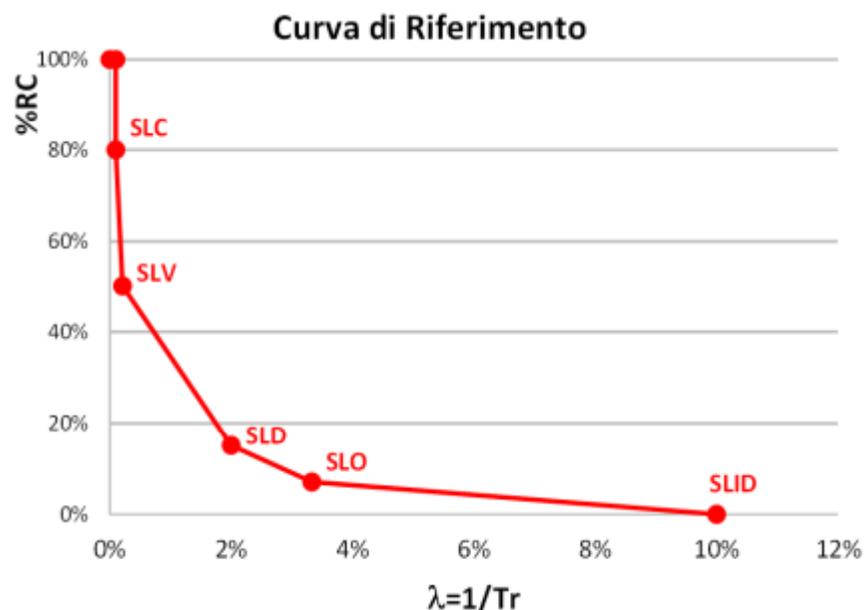
SLO 7%CR

SLID 0%CR

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



«Laddove si valuti il PAM ricorrendo alla determinazione dei punti corrispondenti a soli due stati limite, ai λ degli altri due stati limite potranno essere attribuiti i valori: $\lambda_{SLO} = 1,67\lambda_{SLD}$, $\lambda_{SLC} = 0,49\lambda_{SLV}$ »



Un rettangolo + tre trapezi + un triangolo

$$PAM = 0,4965\lambda_{SLV} + 0,34025\lambda_{SLD} + 0,0035$$

Esempio struttura esattamente a norma:

$$PAM = 0,4965 * 1/475 + 0,34025 * 1/50 + 0,0035 = 0,104\% + 0,6805\% + 0,35\% = 1,1345\%$$



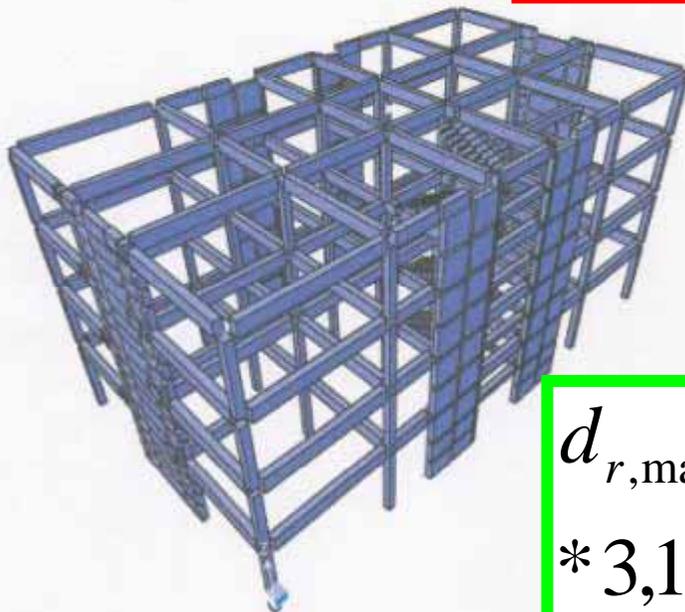
$$d_{r,\max} = 0,00433 h \leq 0,005 h$$

*1,15



$$d_{r,\max} = 0,00454 h \leq 0,005 h$$

*1,10



$$d_{r,\max} = 0,0016 h \leq 0,005 h$$

*3,1

**ESEMPIO:
SLD**



CLASSI DI RISCHIO SISMICO IN BASE ALLA PAM «PERDITA ANNUA MEDIA ATTESA»

Perdita Annua Media attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,5\%$	A+
$0,5\% < PAM \leq 1,0\%$	A
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	B
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F
$7,5\% < PAM$	G

CALCOLO PAM PER EDIFICIO ESISTENTE / EDIFICIO RINFORZATO



SLID	CONVENZIONALE, $\lambda=0,10\%$	CR=0%
SLO	SI STIMA (o si calcola)	CR=7%
SLD	SI CALCOLA λ_{SLD}	CR=15%
SLV	SI CALCOLA λ_{SLV}	CR=50%
SLC	SI STIMA (o si calcola)	CR=80%
SLR	CONVENZIONALE, $\lambda=0\%$	CR=100%



PER LA STRUTTURA ESISTENTE E PER LA STRUTTURA RINFORZATA, I PUNTI FONDAMENTALI, CHE TUTTI I PROGETTISTI DOVRANNO CALCOLARE SONO:

SLD

Freq. annuale λ_{SLD}

CR=15%

SLV

Freq. annuale λ_{SLV}

CR=50%

LE VALUTAZIONI DI «CR» RISULTANO, A PARERE DELLA COMMISSIONE, SUFFICIENTEMENTE ROBUSTE ED AFFIDABILI, PERCHE' ...



VALUTAZIONE ALLO STATO LIMITE SALVAGUARDIA VITA

SLD

CR=15%

- 1) Dal documento originale, raffinate analisi macrosismiche, con spezzata lineare, in zona 1 si deduce: **CR = 15,9%**
- 2) Dal documento originale, in zona 1, con interpolazione logaritmica delle curva di vulnerabilità (Braga), si trae **CR = 13,6%**
- 3) dall'analisi di circa 2500 edifici di L'Aquila, edifici con esito B o C dalle schede Aedes, c.a. e muratura, il costo medio di riparazione è stato di circa 196 euro /mq; considerando che il costo di intera ricostruzione è dell'ordine di 1200 euro /mq, la stima è **CR del 16,3 %**



VALUTAZIONE ALLO STATO LIMITE SALVAGUARDIA VITA

SLV

CR=50%

1) Dal documento originale, raffinate analisi macrosismiche, con spezzata lineare, in zona 1 si deduce: **CR = 51,5%**

2) Dal documento originale, in zona 1, con interpolazione logaritmica dalle curva di vulnerabilità (Braga), si trae **CR = 45, 8%**

3) dall'analisi di 760 edifici della ricostruzione di L'Aquila, edifici classificati dalle schede Aedes come E, c.a. e muratura, il costo di riparazione è stato di circa 500 euro /mq; considerando che in E ci sono anche edifici che presentavano danni non strutturali estesissimi senza essere arrivati però allo SLV, e che il costo di intera ricostruzione è dell'ordine di 1200 euro /mq, la stima è **CR del 50%**



VALUTAZIONE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

SLD

CR=15%

EDIFICI TOTALI: 2497

Coefficiente di Variazione = 64%

Intervallo di confidenza 16% - 84%: 81,7 – 324,7 Euro/mq

VALUTAZIONE ALLO STATO LIMITE SALVAGUARDIA VITA

SLV

CR=50%

EDIFICI TOTALI: 760

Coefficiente di Variazione = 37%

Intervallo di confidenza 16% - 84%: 329,6 – 654,9 Euro/mq



CALCOLATO λ_{SLD}

CALCOLATO λ_{SLV}

SLO

SI STIMA (o si calcola)

SLC

SI STIMA (o si calcola)

«Laddove si valuti il PAM ricorrendo alla determinazione dei punti corrispondenti a soli due stati limite, ai λ degli altri due stati limite potranno essere attribuiti i valori: $\lambda_{SLO} = 1,67\lambda_{SLD}$, $\lambda_{SLC} = 0,49\lambda_{SLV}$ »

SLD = Stato Limite di DANNO

Controllare

Con un calcolo ELASTICO LINEARE

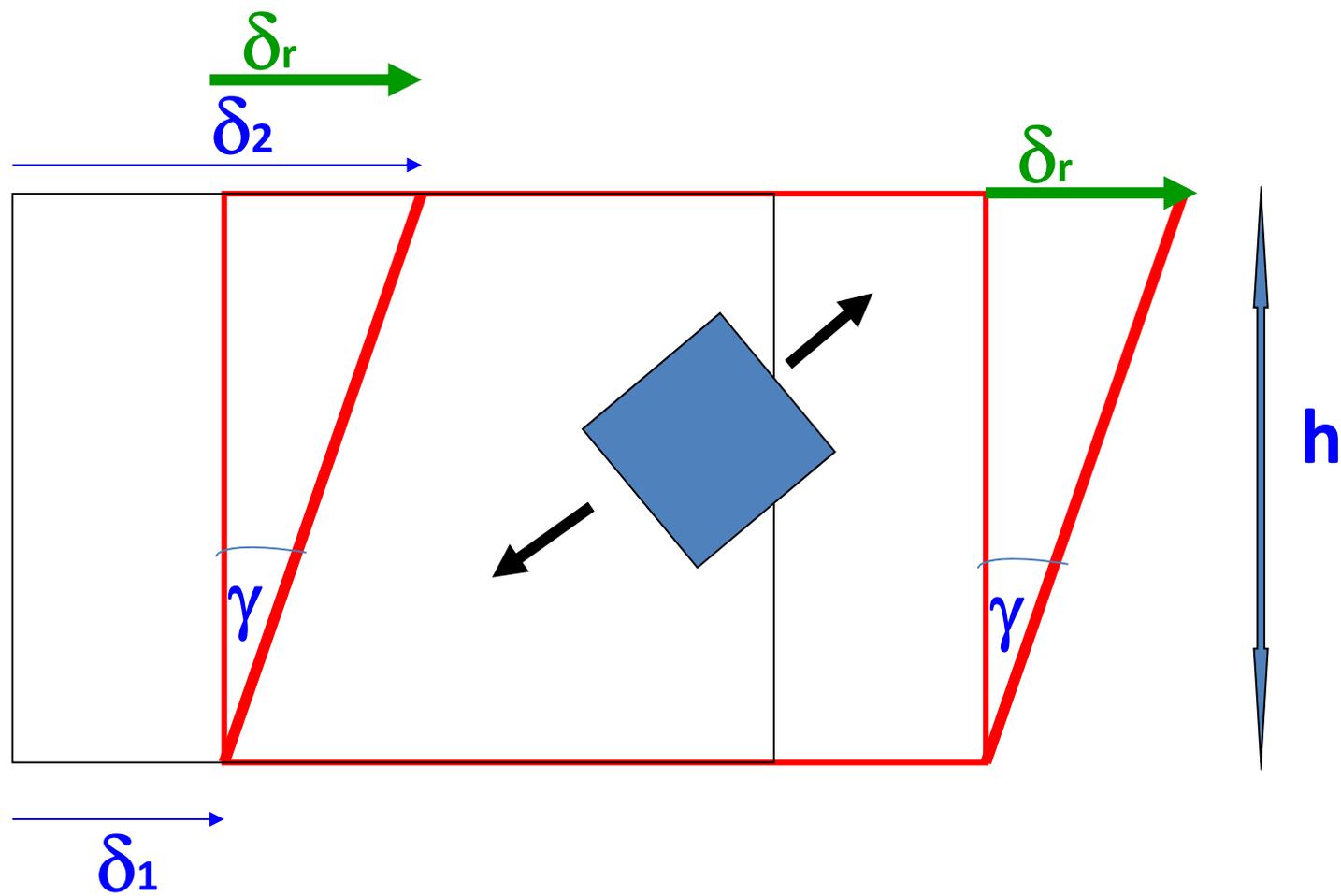
se

SPOSTAMENTI RELATIVI DI

PIANO attesi

PER IL SISMA DELLO SLD

**sono tali da danneggiare tramezzi,
tamponature, ecc**



Parametro critico: $\gamma = \delta_r / h$

Ospedale San Salvatore



Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG					
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

^(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

^(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Le verifiche allo stato limite di prevenzione del collasso (SLC), a meno di specifiche indicazioni, si svolgono soltanto in termini di duttilità e solo qualora le verifiche in duttilità siano espressamente richieste (v.§7.3.6.1)

7.3.6.1 ELEMENTI STRUTTURALI (ST)

Novità NTC 2017

VERIFICHE DI RIGIDEZZA (RIG)

La condizione in termini di rigidezza sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile².

Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti di interpiano eccessivi, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto corrispondente allo *SL* e alla *CU* considerati siano inferiori ai limiti indicati nel seguito.

Per le CU I e II ci si riferisce allo *SLD* (v. Tab. 7.3.III) e deve essere:

a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:

$$d_r \leq 0,0050 \cdot h \text{ per tamponature fragili} \quad [7.3.11a]$$

$$d_r \leq 0,0075 \cdot h \text{ per tamponature duttili} \quad [7.3.11b]$$

b) per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano d_{rp} , per effetto della loro deformabilità intrinseca ovvero dei collegamenti alla struttura:

$$d_r \leq d_{rp} \leq 0,0100 \cdot h \quad [7.3.12]$$



Stato Limite Salvaguardia della Vita:
Necessità di Modellazioni/Software corretti,
per evitare risultati non veritieri.
INTERVENIRE SULLA CIRCOLARE; es TAGLIO

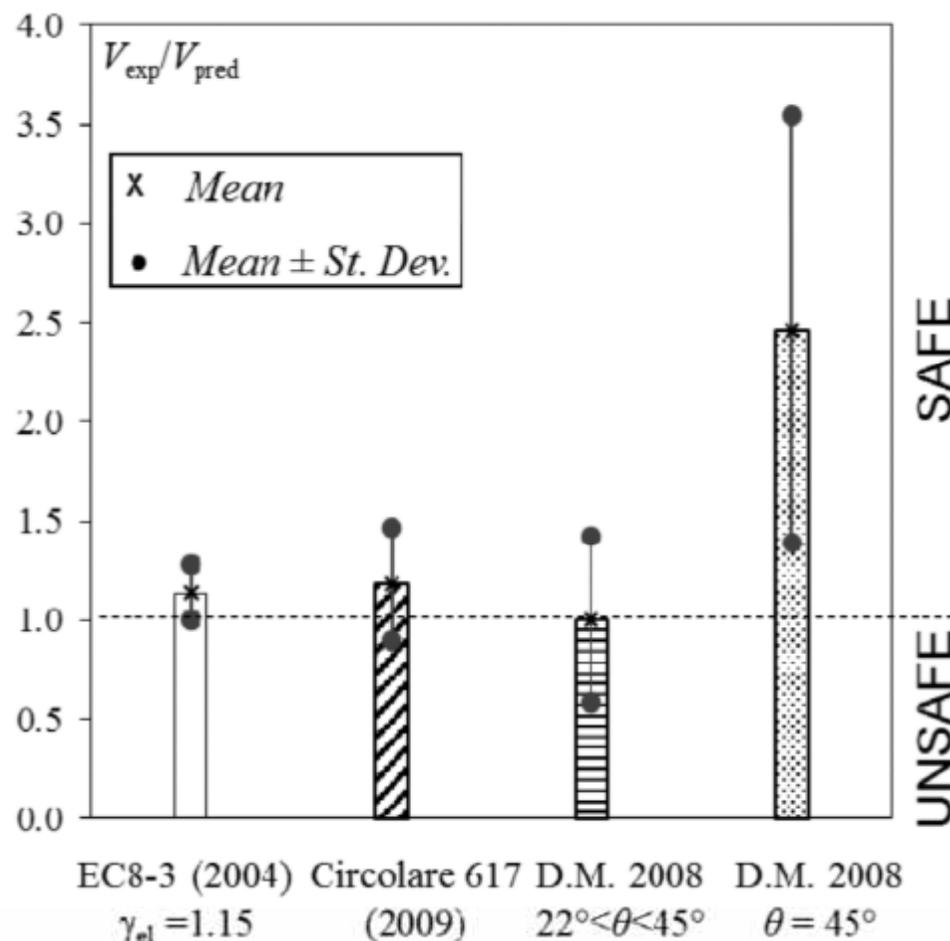


Figure 7. Accuracy of shear formulations/ Accuratezza delle formulazioni a taglio.



ULTERIORE PARAMETRO DI VALUTAZIONE: INDICE DI SICUREZZA

«**l'indice di sicurezza (IS-V)** della struttura definito come il rapporto tra l'accelerazione di picco al suolo (PGA, *Peak Ground Acceleration*) che determina il raggiungimento dello Stato Limite di salvaguardia della Vita ⁽¹⁾ (SLV), capacità in $PGA - PGA_C$, e la PGA che la norma indica, nello specifico sito in cui si trova la costruzione e per lo stesso stato limite, come riferimento per la progettazione di un nuovo edificio, domanda in $PGA - PGA_D$. L'indice di sicurezza (IS-V) della struttura è meglio noto ai tecnici con la denominazione di “**Indice di Rischio**” ⁽²⁾ »

« (1) La verifica dello stato limite di salvaguardia della vita è volta a minimizzare il rischio di perdite umane ma è bene tener presente che tale rischio non può mai ridursi a zero, così come anche con il raggiungimento dello stato limite di danno si potrebbero verificare, seppur in maniera estremamente episodica, delle perdite umane »

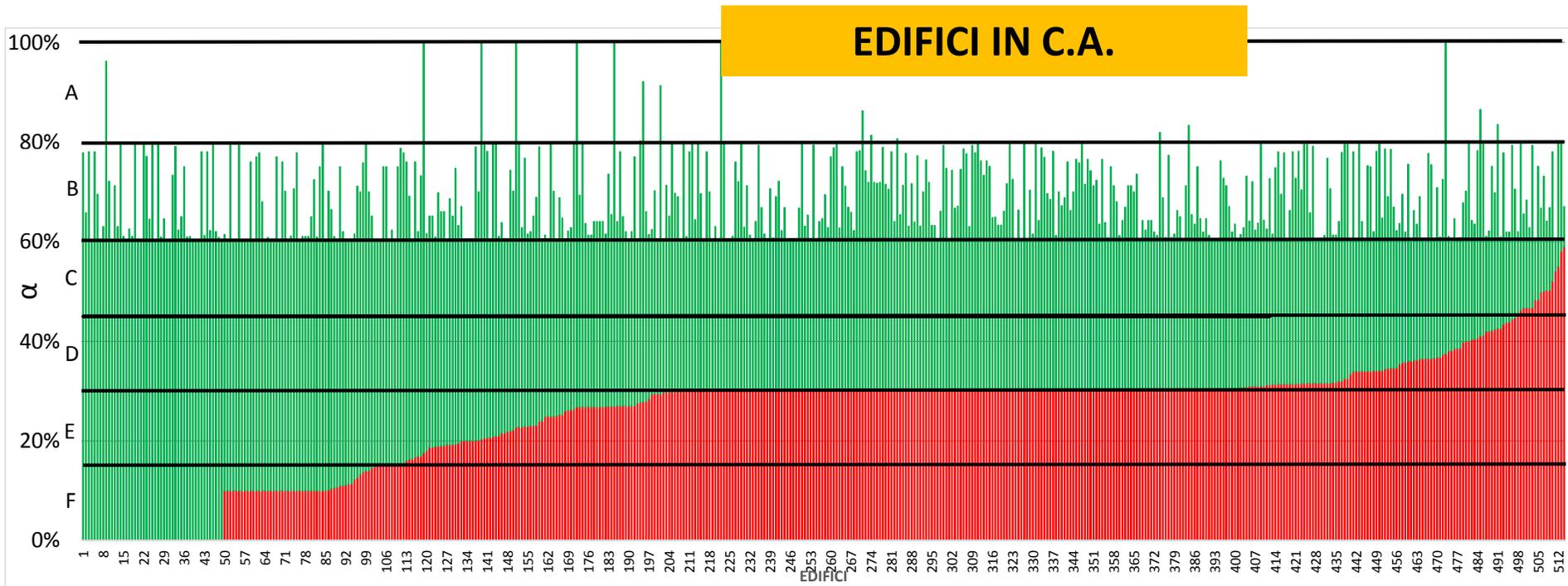
« (2) L'indice di rischio è stato introdotto dalla Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3362/2004 (GU n. 165 del 16-7-2004), e indicato come α_u , al fine di modulare i finanziamenti statali per gli interventi di riduzione della vulnerabilità sismica delle costruzioni»



CLASSI DI RISCHIO SISMICO IN BASE AL IS-V «INDICE DI SICUREZZA RISPETTO ALLO SLV»

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% \leq \text{IS-V}$	A⁺
$80\% \leq \text{IS-V} < 100\%$	A
$60\% \leq \text{IS-V} < 80\%$	B
$45\% \leq \text{IS-V} < 60\%$	C
$30\% \leq \text{IS-V} < 45\%$	D
$15\% \leq \text{IS-V} < 30\%$	E
$\text{IS-V} < 15\%$	F

515 Edifici c.a. , L'Aquila con danni severi (Esito E)



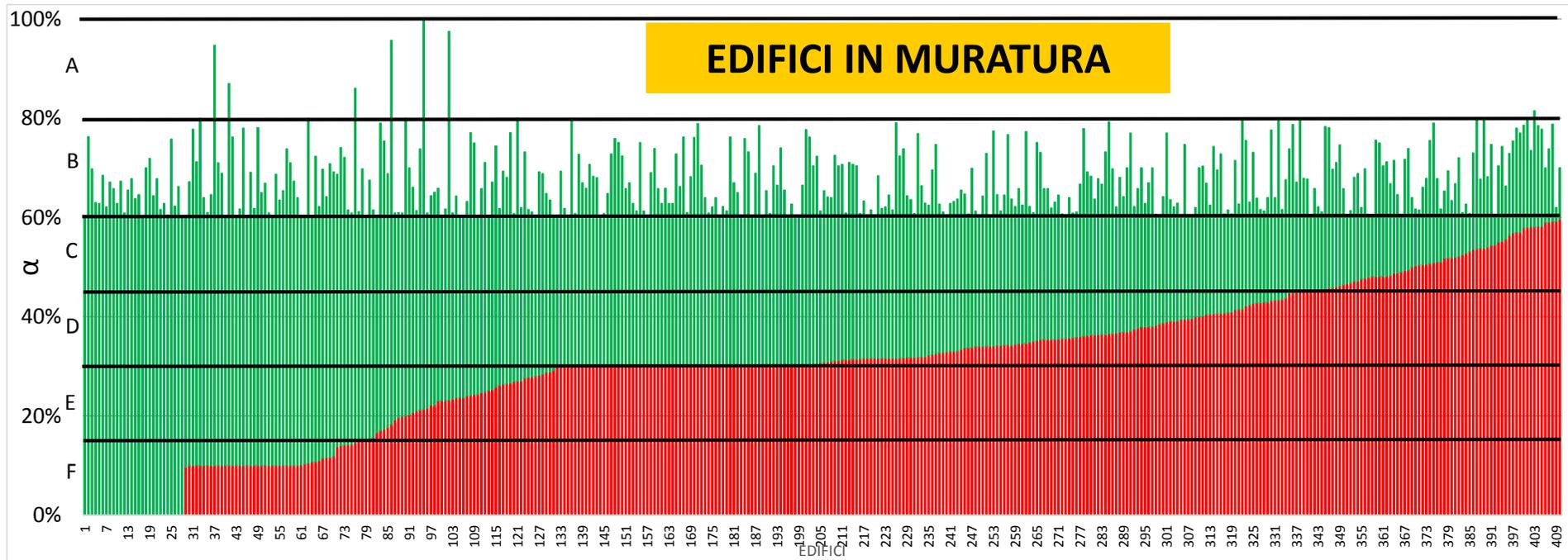
Indice di sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A^+_{IS-V}
$80\% < IS-V \leq 100\%$	A_{IS-V}
$60\% < IS-V \leq 80\%$	B_{IS-V}
$45\% < IS-V \leq 60\%$	C_{IS-V}
$30 < IS-V \leq 45\%$	D_{IS-V}
$15 < IS-V \leq 30\%$	E_{IS-V}
$IS-V \leq 15\%$	F_{IS-V}

TABELLA PROPOSTA			
515 EDIFICI IN C.A.			
Classe pre intervento	Classe post intervento		
	A	B	C
C		17	1
D	9	247	8
E/F	10	187	36

■ IS-V PRE
■ IS-V POST

CLASSE IS-V 'B' maggioranza edifici c.a.

410 Edifici Muratura, L'Aquila con danni severi (Esito E)



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

TABELLA PROPOSTA			
410 EDIFICI IN MURATURA			
Classe pre intervento	Classe post intervento		
	A	B	C
C	1	69	
D		196	6
E/F	7	122	9

■ IS-V PRE
■ IS-V POST

CLASSE IS-V 'B' maggioranza edifici muratura



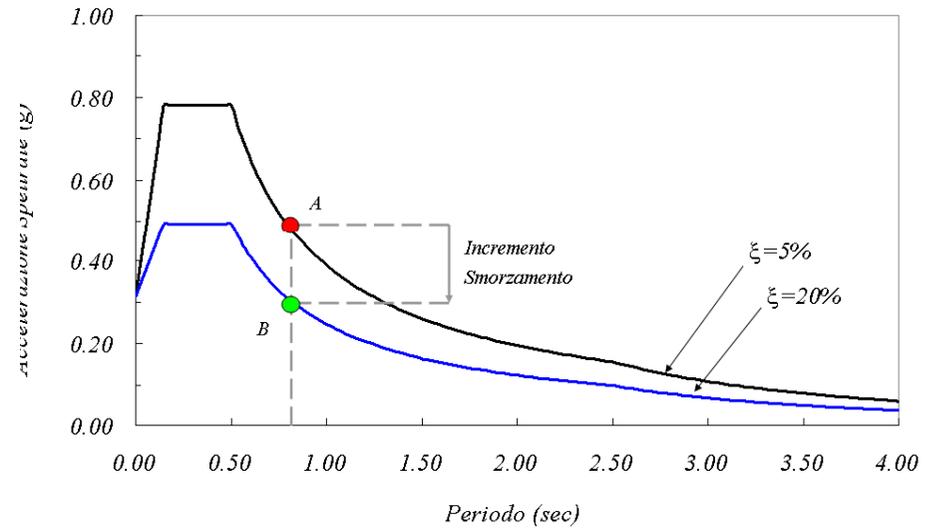
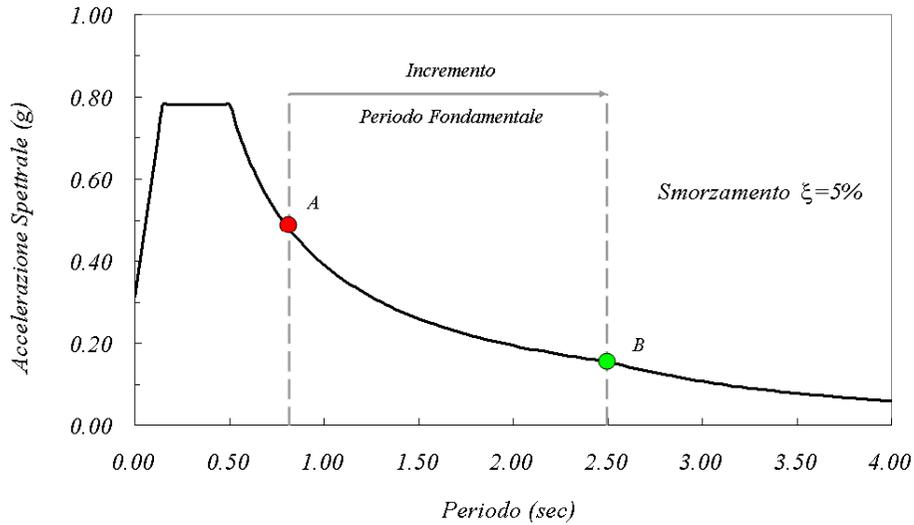
**CLASSE EFFETTIVA:
MINIMO FRA LE DUE CLASSI PAM e IS-V**

Perdita Media Annua attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A+
$0,5\% < PAM \leq 1,0\%$	A
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	B
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F
$7,5\% < PAM$	G

Indice di Sicurezza (IS-V)	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A+
$80\% \leq IS-V < 100\%$	A
$60\% \leq IS-V < 80\%$	B
$45\% \leq IS-V < 60\%$	C
$30\% \leq IS-V < 45\%$	D
$15\% \leq IS-V < 30\%$	E
$IS-V \leq 15\%$	F

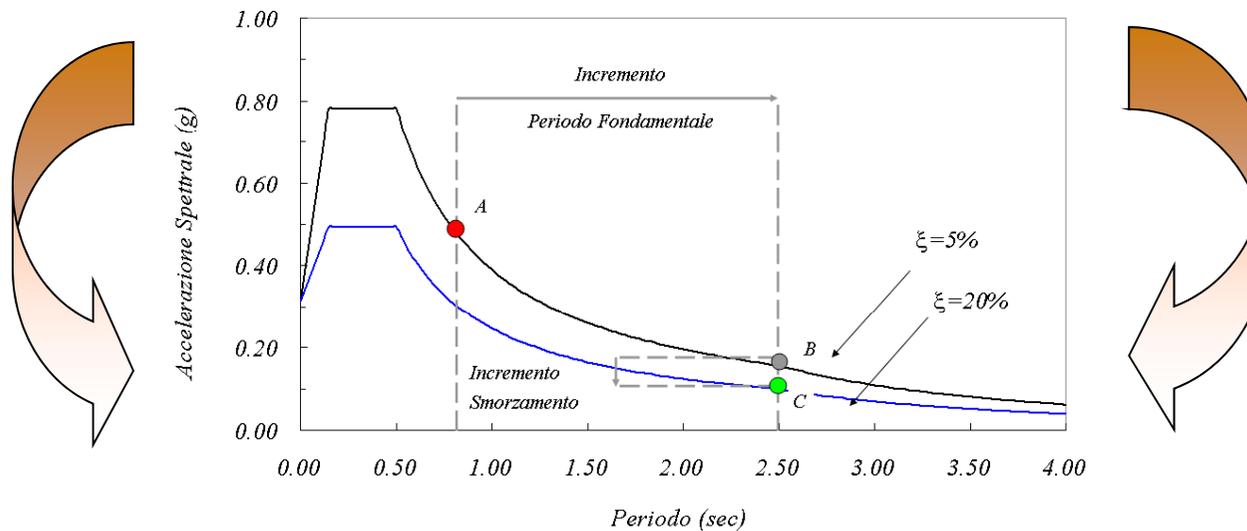
- 1) Un progetto di rinforzo corretto migliora il PAM in modo equilibrato e tende a verificare anche IS-V**
- 2) IS-V corregge progetti troppo sbilanciati verso lo SLD, che non garantirebbero la Salvaguardia della Vita**

Proprietà Fondamentali Strutture Isolate alla Base



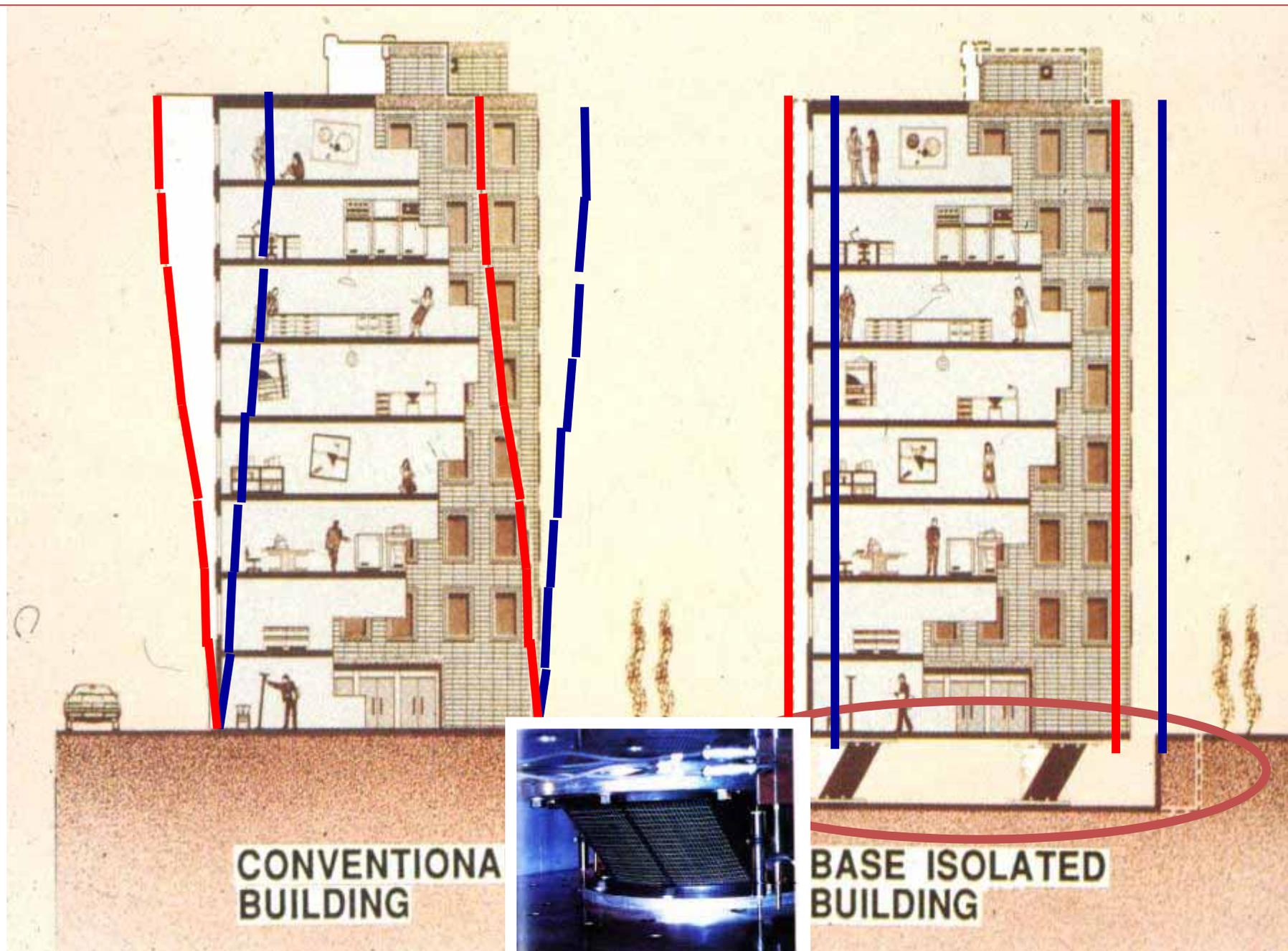
- Allungamento Periodo

- Incremento Smorzamento

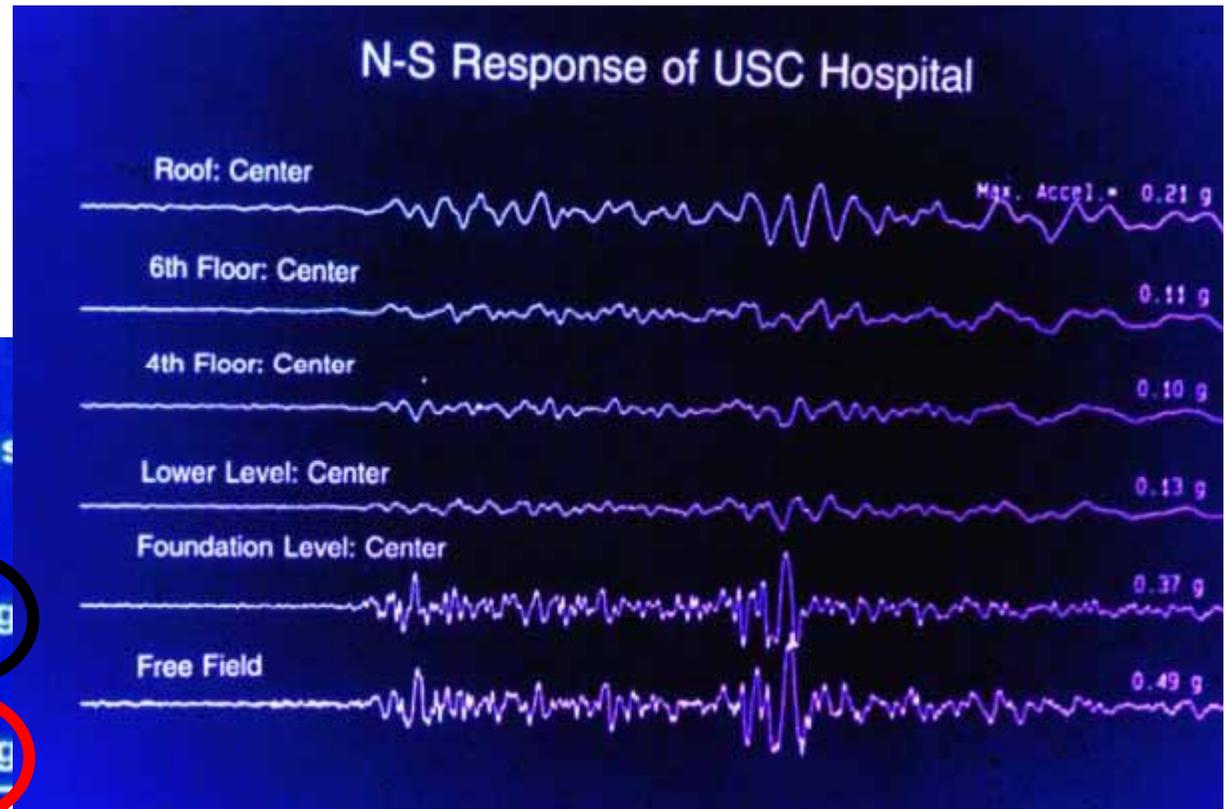


- Allungamento Periodo & Incremento Smorzamento

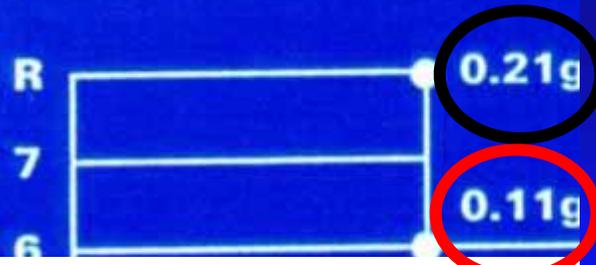
ISOLAMENTO ALLA BASE



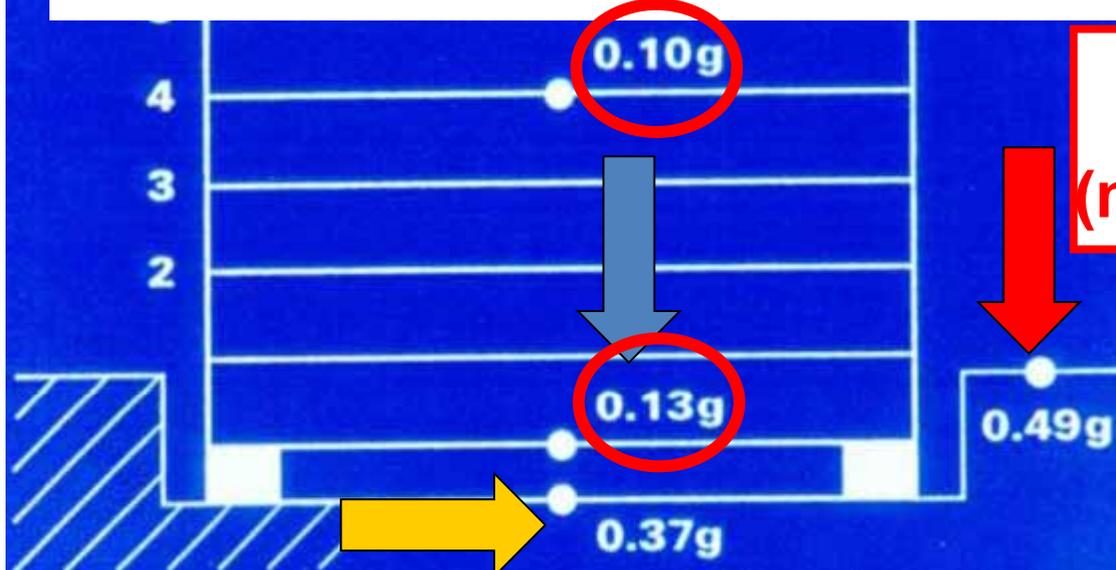
**Verifica “sperimentale”:
Il terremoto di Northridge**



**USC University Hospital
CSMIP Recorded Accelerations
North - South Direction**



FORTISSIMA RIDUZIONE DEGLI EFFETTI !

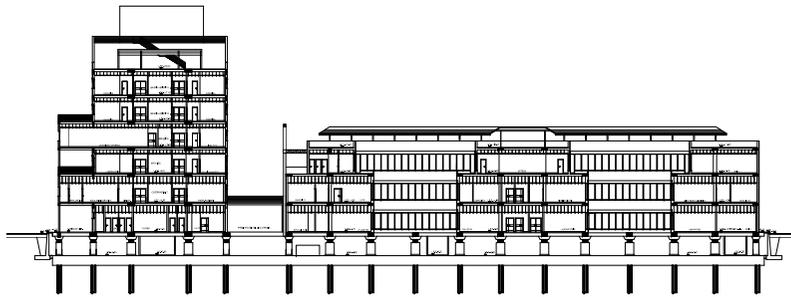


**Distribuzione uniforme
(non triangolare) delle azioni**

**Irregolarità
strutturale**

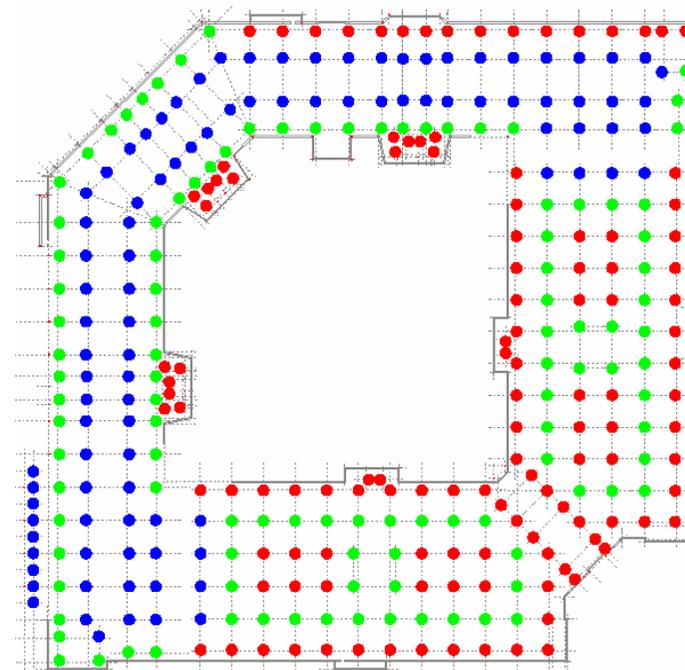
Ospedale del mare

Sistema di isolamento sismico



Proprietà meccaniche	Mescola normale	Mescola dura
Resistenza a compressione (N/mm ²)	15.5	15.5
Deformazione ultima (%)	350	300
Modulo di taglio (N/mm ²)	0.80±0.12	1.40±0.21
Smorzamento viscoso equivalente (%)	15	15

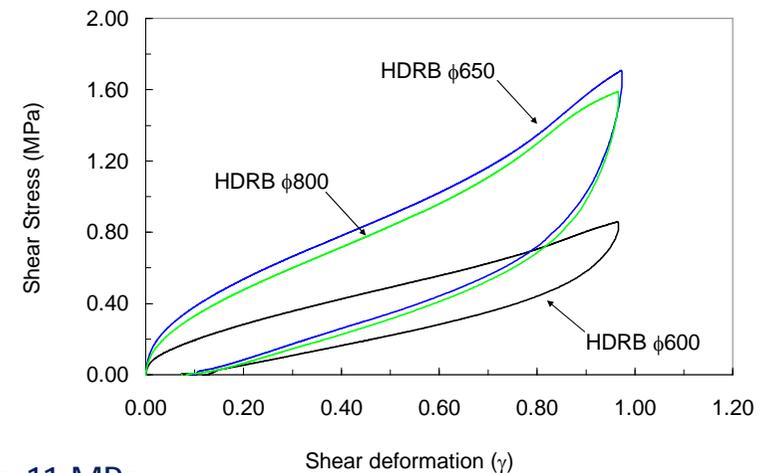
Diametro isolatore (mm)	Numero di isolatori	Rigidezza orizzontale K _h (kN/mm)	Rigidezza verticale K _v (kN/mm)	Rapporto di rigidezza K _v /K _h
600	122	1.51	1802	1195
650	108	2.98	2472	830
800	97	4.89	3949	808



600 mm

650 mm

800 mm



Tensione media sugli isolatori: 130.000 t :1.190.000 cm²= circa 11 MPa







- Due modelli indipendenti di calcolo iniziali

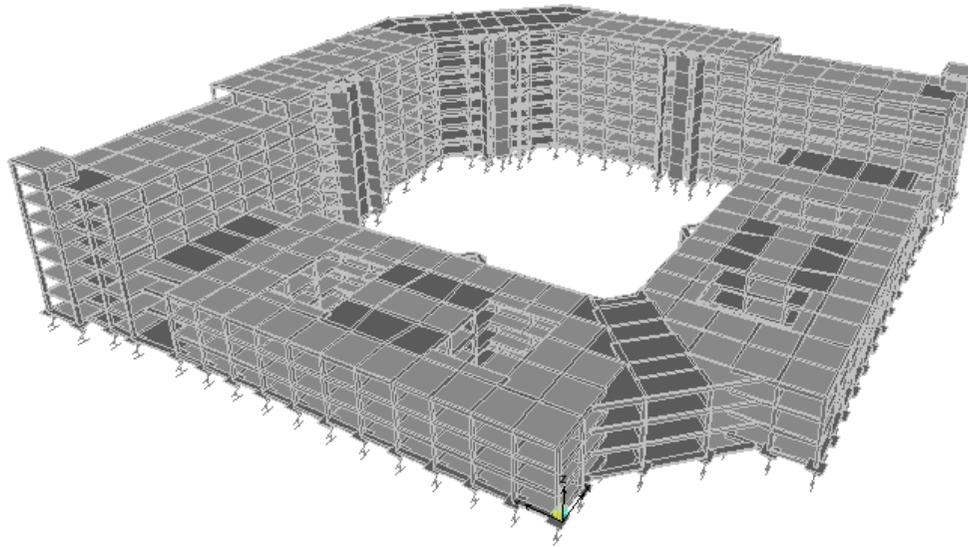
- Ordinanza 3274 e modifiche

- Nuova NTC 2008

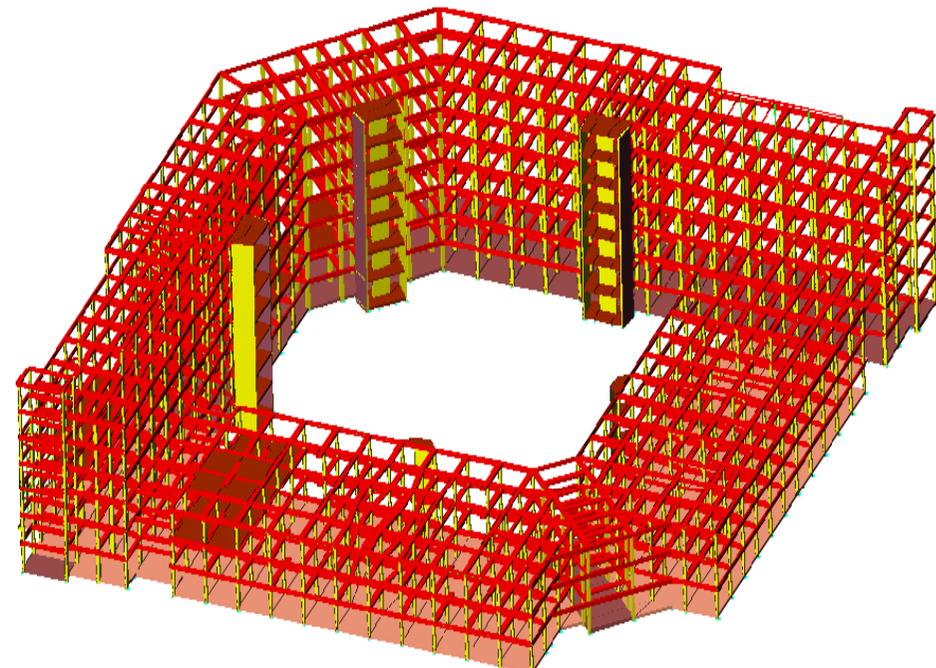
- Analisi dinamica modale

- Analisi dinamica al passo con set di accelerogrami

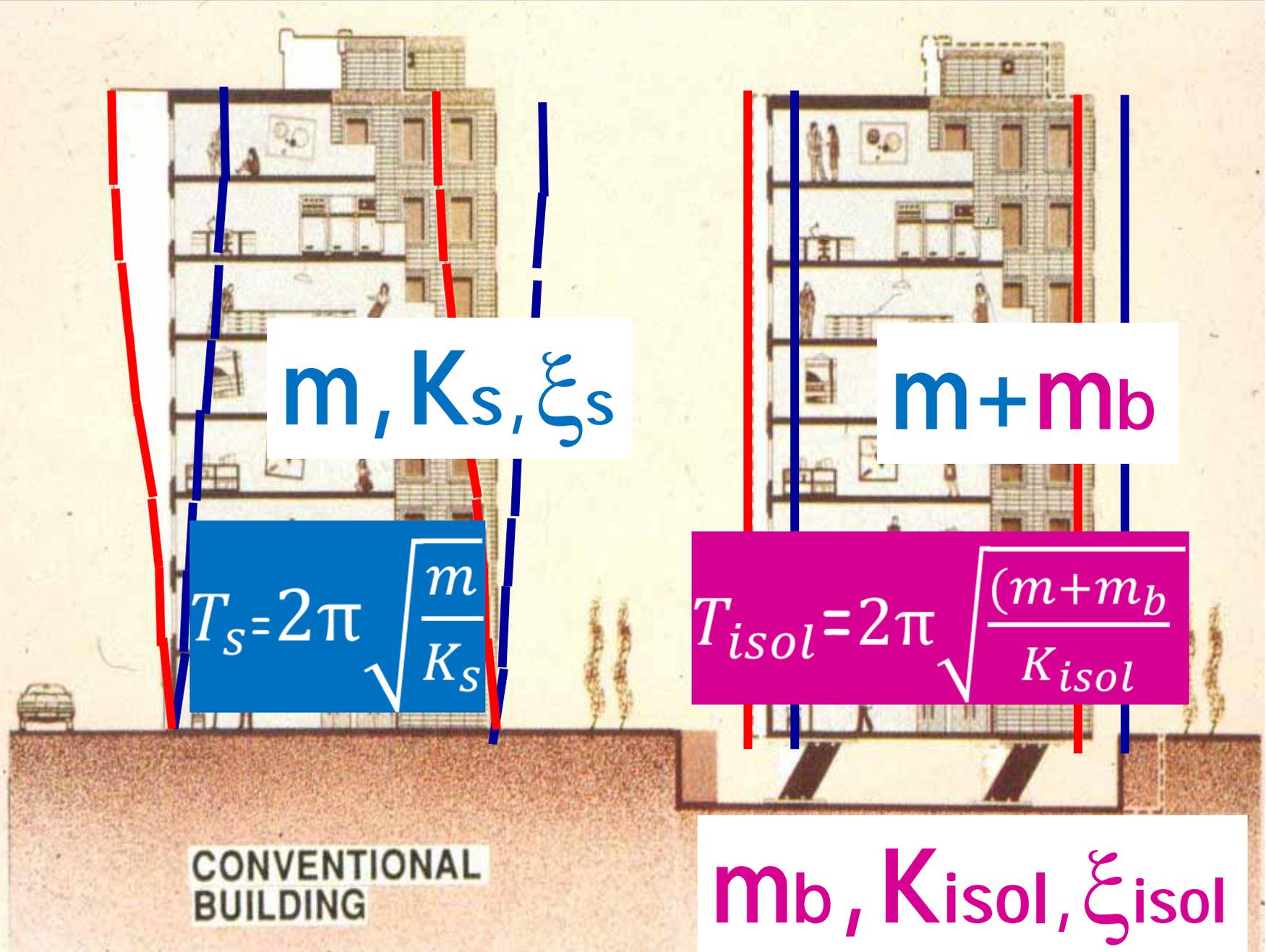
- Analisi dinamica finale dell'As Built



Mod o	Periodo (sec)	Massa Part. X	Massa Part. Y
I	2,46	0%	60%
II	2,38	100%	0%
III	2,26	0.00%	40%



ISOLAMENTO alla Base



$$\tau = \left(\frac{T_s}{T_{isol}} \right)^2 \quad \mu = \left(\frac{m}{m_b + m} \right)$$

Periodo proprio primo modo del sistema:

$$T_1 = T_{isol} \frac{1}{\sqrt{1 - \mu\tau}}$$

Smorzamento percentuale primo modo del sistema:

$$\xi_1 = \xi_{isol}(1 - 1,5\mu\tau)$$

Coefficiente partecipazione primo modo del sistema:

$$\gamma_1 = (1 - \mu\tau)$$

$$\tau = \left(\frac{T_s}{T_{isol}} \right)^2 = \left(\frac{0,7}{2,5} \right)^2 = 0,0784$$

$$\mu = \left(\frac{m}{m_b + m} \right) = \left(\frac{7/8}{1/8 + 7/8} \right) = 0,875$$

Periodo proprio primo modo del sistema (+4%):

$$T_1 = T_{isol} \frac{1}{\sqrt{1 - \mu\tau}} = T_{isol} \frac{1}{\sqrt{1 - 0,0686}} = 1,036T_{isol}$$

Smorzamento percentuale primo modo del sistema (-5,5%):

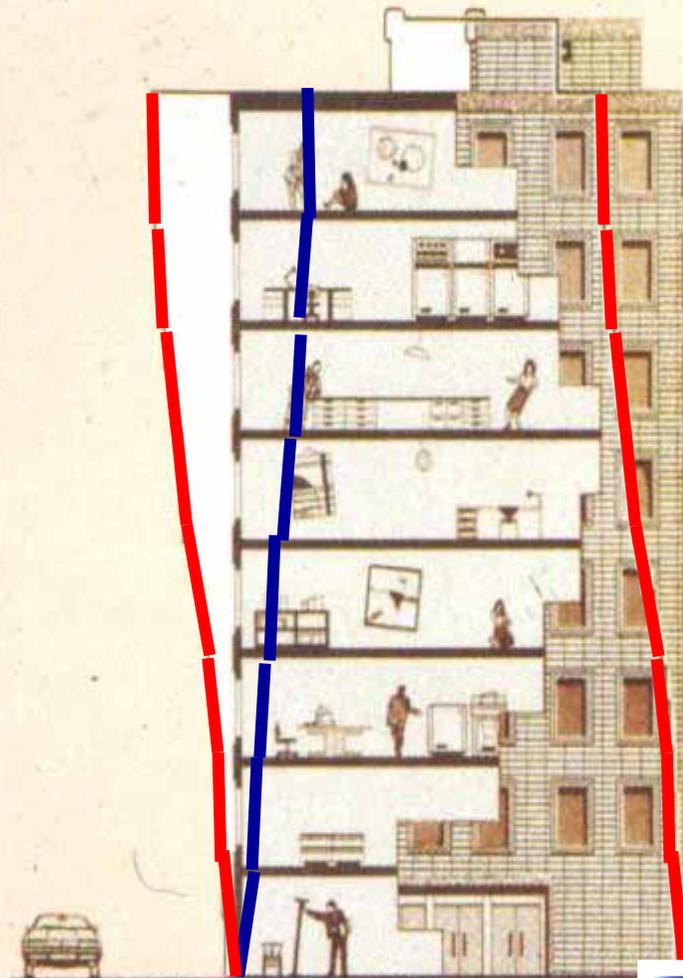
$$\xi_1 = \xi_{isol}(1 - 1,5\mu\tau) = \xi_{isol}(1 - 0,0552) = 0,9448\xi_{isol}$$

Coefficiente partecipazione primo modo (93%):

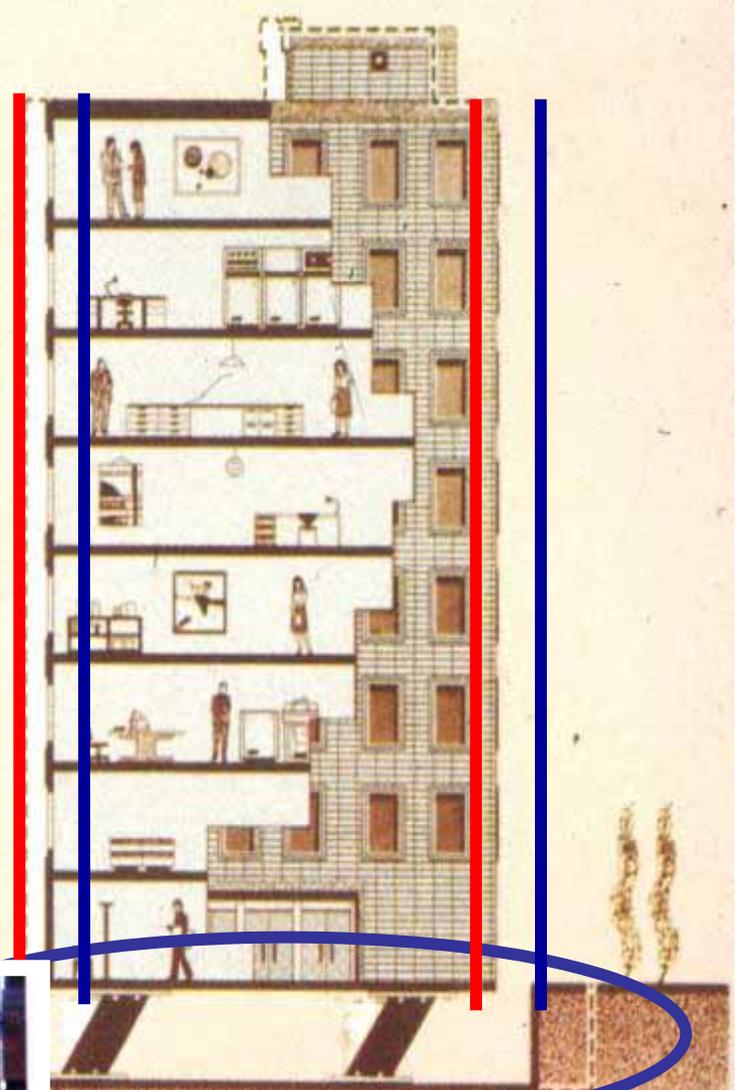
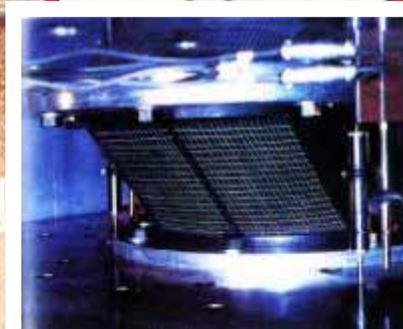
$$\gamma_1 = (1 - \mu\tau) = (1 - 0,0686) = 0,9341$$

ISOLAMENTO ALLA BASE

E. Cosenza – LE STRUTTURE DELL’OSPEDALE DEL MA



CONVENTIONA
BUILDING

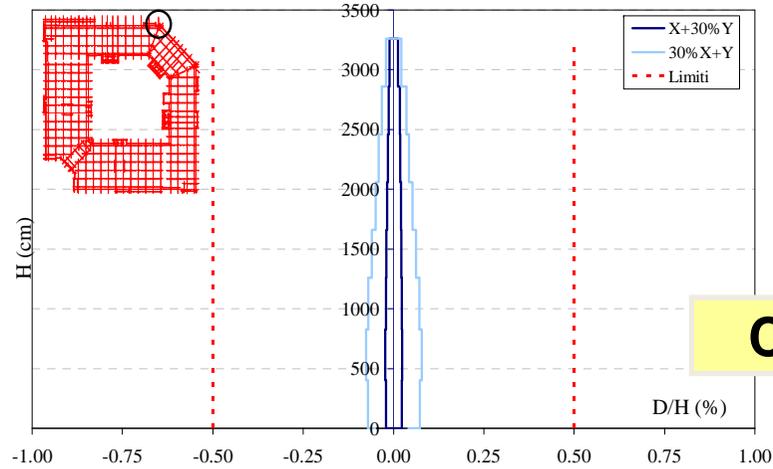


BASE ISOLATED
BUILDING

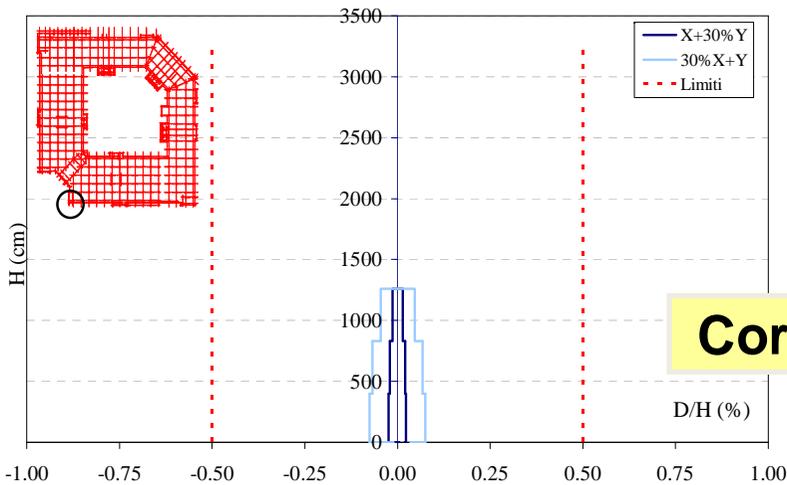
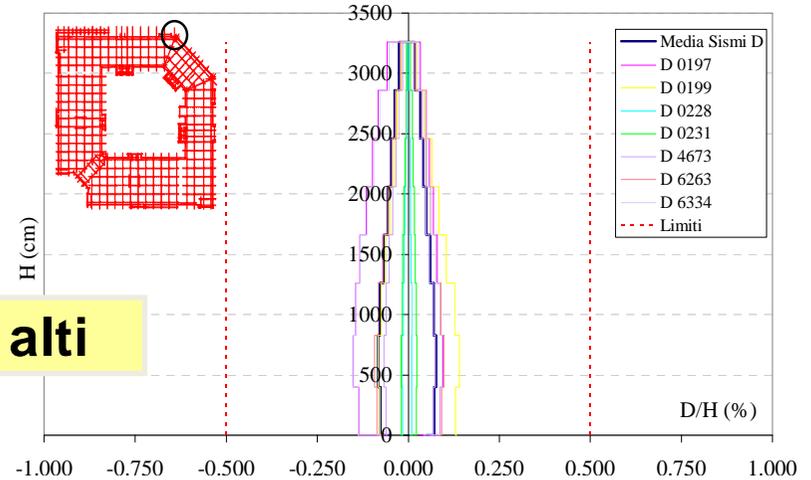
Ospedale del Mare, Napoli

Stato Limite di Danno

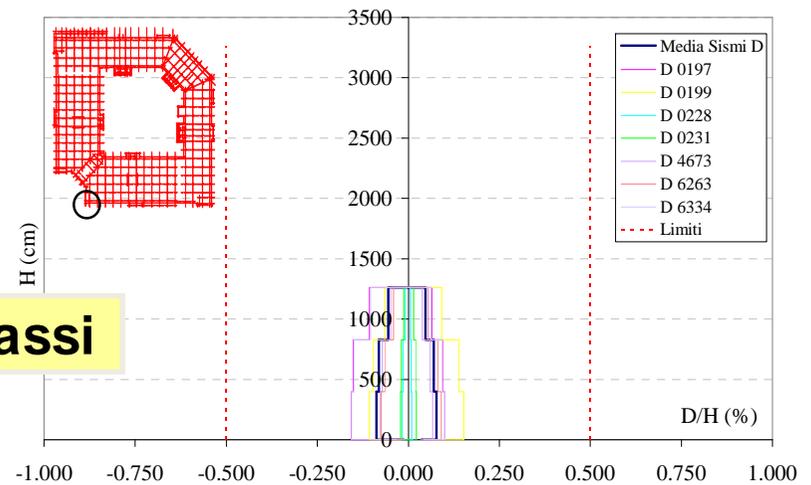
**SPOSTAMENTO RELATIVO DI PIANO
(INTER-STORY DRIFTS)**



Corpi alti



Corpi bassi

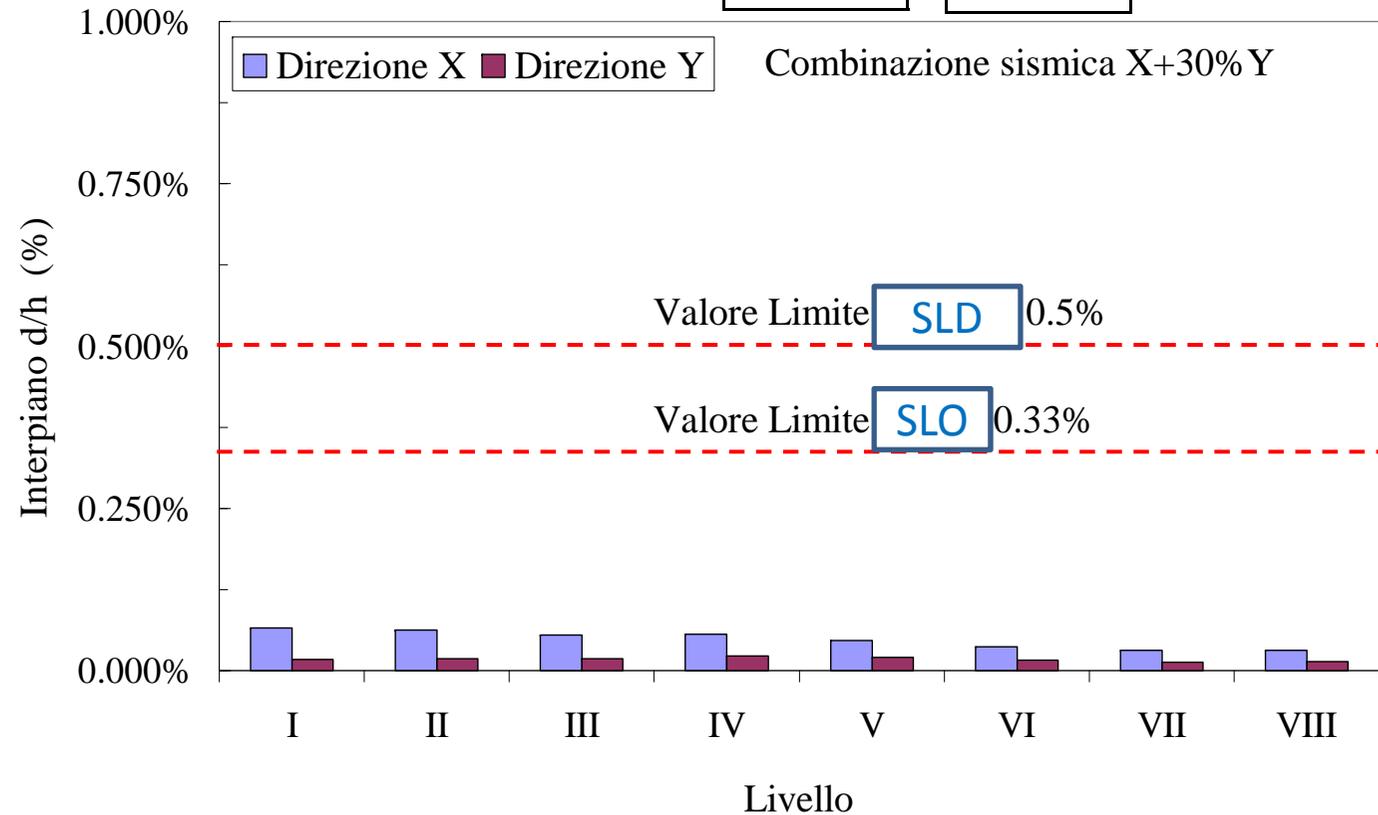


Analisi Dinamica Modale

**Analisi dinamica al passo
(7 accelerogrammi)**

Stati limite (tipo)		a_g (g)	Inerstorey Drift SLD	Incremento Accelerazione Rispetto NTC
Esercizio	SLO	0.095		6.7 volte
	SLD	0.120	0.5/1000	10 volte
Ultimi	SLV	0.260		
	SLC	0.281		

Tr progetto	Tr effettivo	Frequenza annua
120	2475	0.4/1000
200	2475	0.4/1000
1900	(1900)	0.4/1000
2475 (3900)	2475 (3900)	0.4/1000

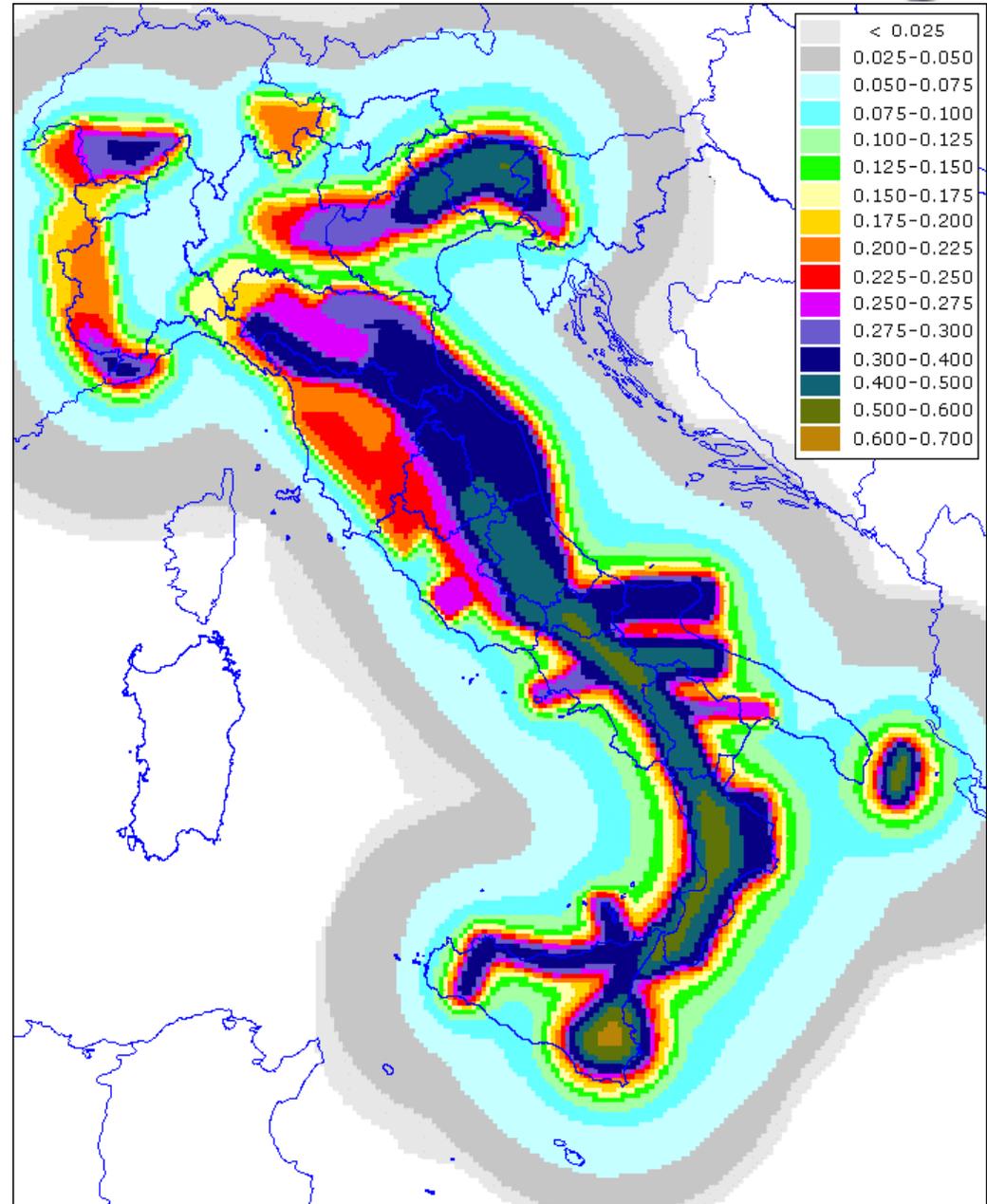


$Tr=2450$

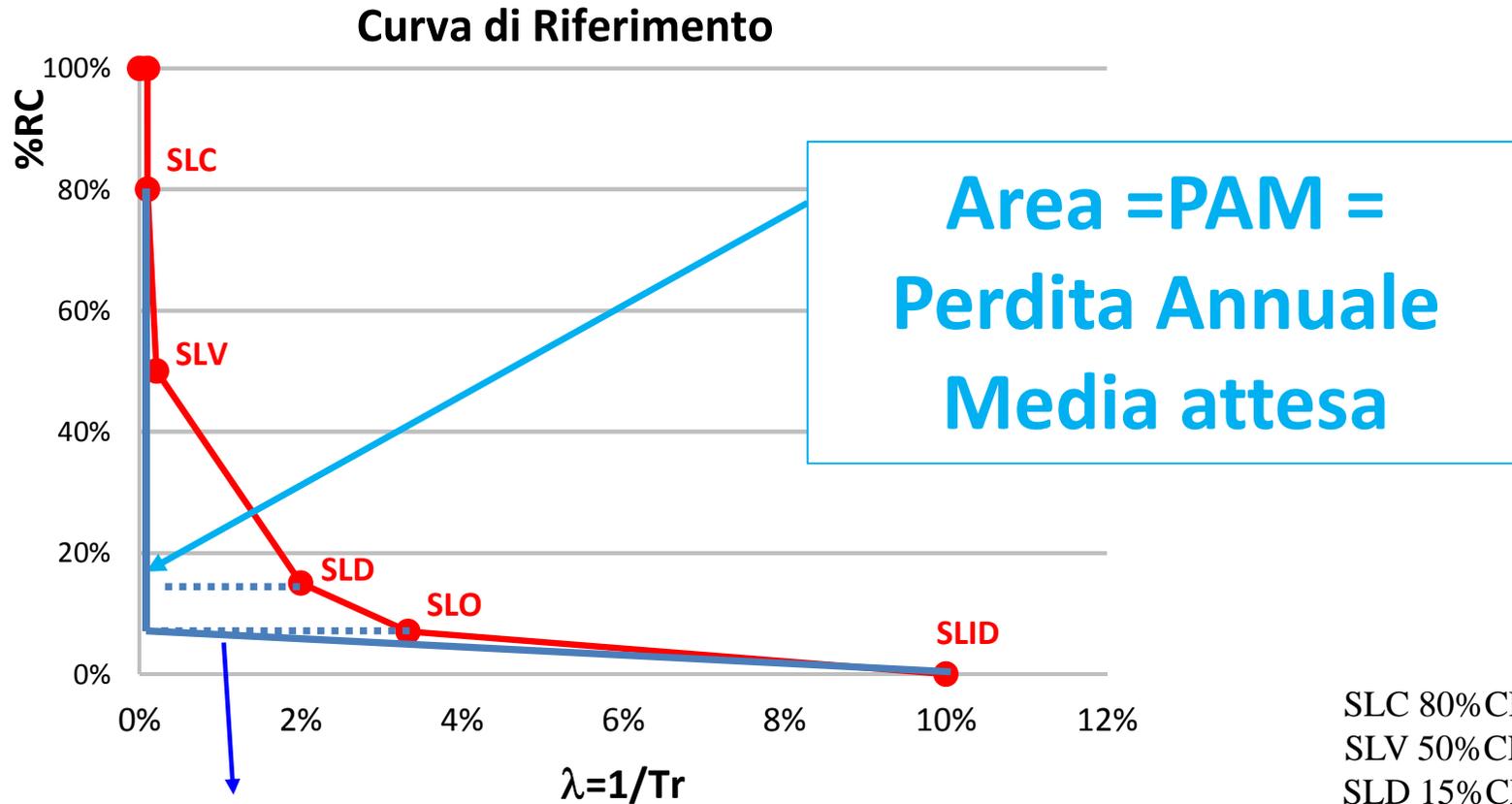
Massima PGA nazionale per $Tr=2450$ anni: Siracusa 0,625g

Massimo rapporto fra PGA per periodi di ritorno 2475 e 50 anni: Ragusa, 9,6

Rapporto medio nazionale fra PGA per periodi di ritorno 2475 e 50 anni: 4,95



VALUTAZIONE PAM



SLC 80%CR
 SLV 50%CR
 SLD 15%CR
 SLO 7%CR
 SLID 0%CR

PAM (%RC)=VIRTUALLY
 NULLA (convenzionalmente:
 =7% x 10% x 0,5 =0,35%) ...

Classe PAM
 'A+'

Dopo SLC,
 verticale fino 100%RC
 ed orizzontale fino a λ=0

Edifici L'Aquila con danni severi

Interventi miglioramento sismico L'Aquila **EDIFICI IN MURATURA**

- 163 CONDOMINI
479 UNITA' IMMOBILIARI
Costo di miglioramento 45M€

Su che importo si sarebbe potuto usufruire dalla detrazione di imposta???

Spesa incentivabile

$479 * 96.000 = 46M€$

Detrazione

50% = 23M€

75% = 35M€

85% = 39M€

✓ *Spesa incentivabile prevista dalla legge di bilancio*



CONCLUSIONI

**NESSUN CONCETTO TECNICO IN PIU' RISPETTO ALLE NTC
(e relative mappe di pericolosità)**

**MODELLO PER VALUTAZIONI ECONOMICHE DI ESTREMA
SEMPLICITA' BASATO SU POCHI PARAMETRI**

**PARAMETRI TARATI SU VALUTAZIONE TEORICHE MA
ASSESTATI SU VALUTAZIONI DEI COSTI RICOSTRUZIONE DI
L'AQUILA**

- ✓ **NECESSITA' DI MONITORARE APPLICAZIONE DEL DM;**
- ✓ **NECESSITA' DI PROSEGUIRE STUDI PER CONSOLIDARE
E/O SVILUPPARE METODI PIU' RAFFINATI**

- ✓ **NECESSITA' DI SOLUZIONI FINANZIARIE PER
GLI «INCAPIENTI»**
 - ✓ **NECESSITA' DI COORDINAMENTO
FRA SISMABONUS E ECOBONUS,
SIA PER MOTIVI TECNICI CHE ECONOMICI !!**