

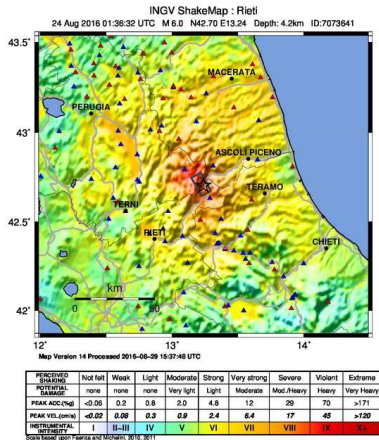
La nuova classificazione del rischio sismico
Applicazione agli edifici industriali

**Il calcolo della classe di rischio degli edifici industriali:
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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali. Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

I danni conseguenti al sisma: *Terremoto Centro Italia 24 Agosto 2016 e scosse successive M 6.0*

23 miliardi e 530 milioni di euro, di cui 12,9 miliardi si riferiscono ai danni relativi agli edifici privati e 1,1 miliardi di euro agli edifici pubblici.

La stima comprende **danni diretti e i costi eleggibili**, sostenuti dallo Stato per far fronte all'emergenza (*).

(*)Dati estratti dal rapporto all' UE redatto dalla Protezione Civile, aggiornati alla scossa del 18 gennaio 2017

Danni ad un edificio in c.a.



Il palazzo rosso di Amatrice, criticamente danneggiato ma rimasto in piedi con la scossa del 24 Agosto, crollato con quella del 26 ottobre (di magnitudo minore)



**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

I danni conseguenti al sisma: Terremoto Centro Italia 24 Agosto 2016 e scosse successive M 6.0

Danni ad edifici in muratura ed al patrimonio artistico.



**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

*I danni conseguenti al sisma: **Terremoto Emilia Romagna 20 Maggio 2012 M 5.0***

Oltre ai danni nell'edilizia pubblica e privata, si sono verificati danni ingenti sul **settore industriale**.

- Danni stimati per il settore agricolo e quello agro-industriale = **2,4 miliardi di euro circa**.
- Danni stimati alle altre unità produttive (qualche migliaio di aziende)= **2,7 miliardi di euro**.

Perdita di verticalità di colonne di edifici industriali



**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

I danni conseguenti al sisma: Terremoto Emilia Romagna 20 Maggio 2012 M 5.0

Crollo capannone industriale
"Sant'Agostino Ceramiche"



A sinistra:
Collasso della trave
trasversale di un edificio
monopiano



A destra:
Crollo di una scaffalatura



**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

I danni conseguenti al sisma: *Terremoto Aquila 06 Aprile 2009 M 5.9*

Alcuni casi di danneggiamento degli edifici scolastici (*):
Lesioni all'attacco trave - tramezzatura



(*) Estratta dal documento "Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e ripartizioni", Dipartimento Protezione Civile, Reluis.

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

I danni conseguenti al sisma: *Terremoto Aquila 06 Aprile 2009 M 5.9*



Alcuni casi di danneggiamento degli edifici scolastici (*):
A destra, lesioni diagonali delle tramezzature
Sotto, ribaltamento di una parte del tramezzo



(*) Estratta dal documento "Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e ripartizioni", Dipartimento Protezione Civile, Reluis.

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

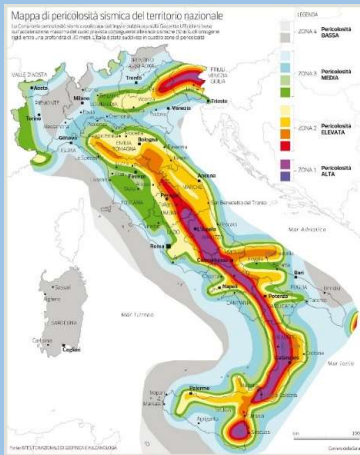
Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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**.



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

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

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_0 , 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

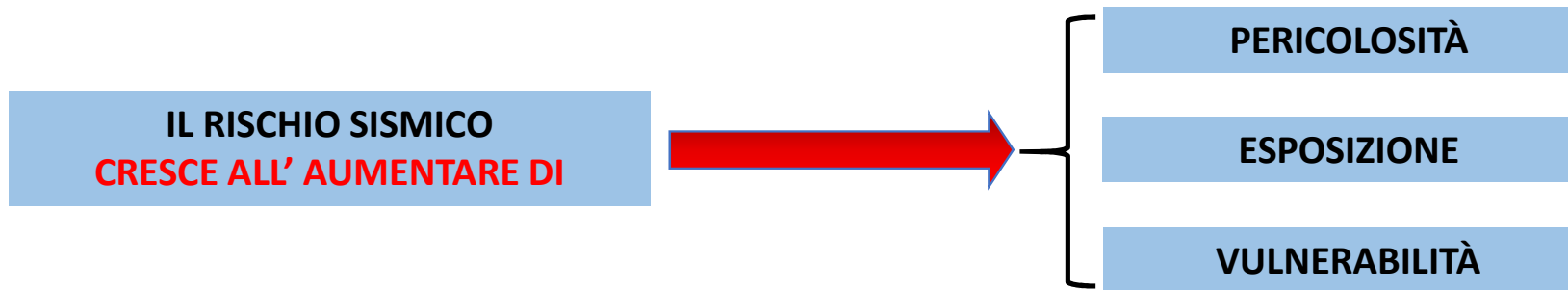
Definita dal rapporto tra **capacità della costruzione** e **domanda sismica** e calcolata per ogni **Stato Limite SL_i** .

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio



**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

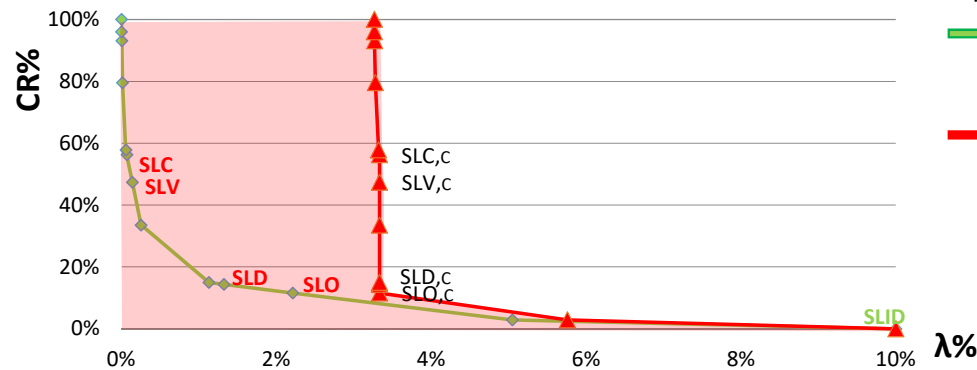
Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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:

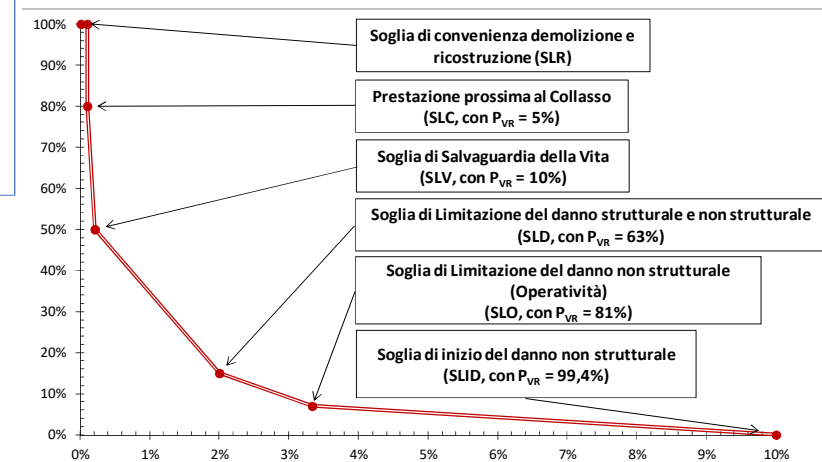
- **«Background document»** dove sono state sviluppate le curve di perdita associate ad ogni classe di vulnerabilità per ogni zona sismica e proposti due metodi alternativi per la valutazione della classe di rischio (metodo ANALITICO e metodo MACROSISMICO)



Un' applicazione del metodo analitico:

- Curva $(\lambda(TR,d),CR)$ di riferimento per la zona 3
- Curva $(\lambda(TR,c),CR)$ modificata inserendo $i T_{R,C}$
- EAL (Expected Annual Loss) (equivalente a PAM, come verrà chiamato nel documento applicativo)

- **«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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali. Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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:

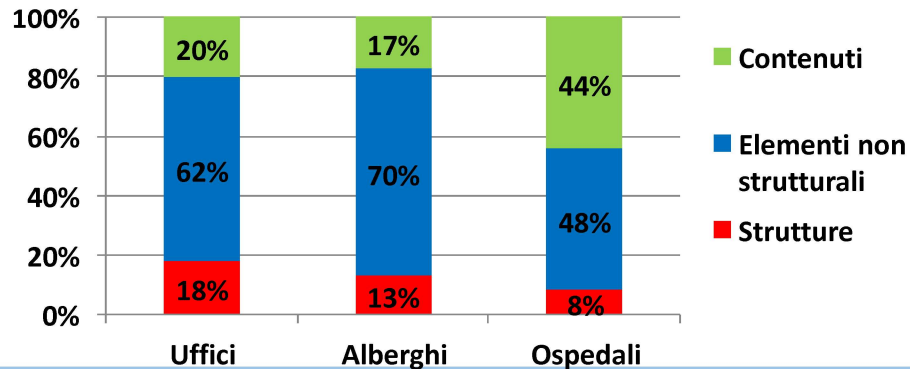
INDICE PAM – Perdita Annuale Media attesa

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 il **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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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**.

Le EMS-98 forniscono tale legame a partire dalle definizioni:

- **delle diverse tipologie di strutture (e corrispondente grado di vulnerabilità sismica);**
- **dei gradi di danno** associati alle strutture in muratura e alle strutture intelaiate in c.a.;
- **di range** che **quantizzano** gli edifici coinvolti da un evento sismico di una certa intensità.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Costruzione curve di riferimento

Le EMS-98 forniscono un legame tra il danno subito da un edificio e l'intensità dell'evento sismico che provoca tale danno a partire dalle definizioni:




• delle diverse tipologie di strutture (e corrispondente grado di vulnerabilità sismica)

A. Sono individuate 4 tipologie strutturali:

- ✓ Muratura
- ✓ Edifici in cemento armato
- ✓ Edifici in acciaio
- ✓ Edifici in legno

B. Per ogni tipologia strutturale si individuano le diverse caratteristiche costruttive

C. Ad ogni caratteristica costruttiva è associata:

- ✓ la classe di vulnerabilità più **probabile**, con il simbolo 
- ✓ L'eventuale scostamento **possibile** (comunque **probabile**) 
- ✓ L'eventuale scostamento **possibile** (ma **improbabile**) 

CLASSE DI VULNERABILITÀ **ALTA** → CLASSE **A**

CLASSE DI VULNERABILITÀ **BASSA** → CLASSE **F**

Type of Structure	Vulnerability Class					
	A	B	C	D	E	F
MASONRY	○					
	○—					
	—○					
	—○—					
	—○—					
	—○—					
REINFORCED CONCRETE (RC)	—○—					
	—○—					
	—○—					
	—○—					
	—○—					
	—○—					
STEEL				—○—		
WOOD			—○—			

○ most likely vulnerability class; — probable range; --- range of less probable, exceptional cases

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Costruzione curve di riferimento

Le EMS-98 forniscono un legame tra il danno subito da un edificio e l'intensità dell'evento sismico che provoca tale danno a partire dalle definizioni:

- delle diverse tipologie di strutture (e relativo grado di vulnerabilità sismica);
- dei gradi di danno associati alle strutture in muratura e alle strutture intelaiate in c.a.

Gradi di danno


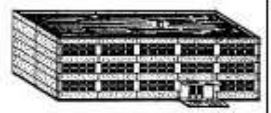




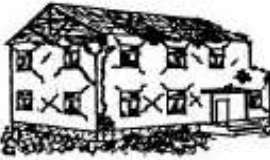





Danno da trascurabile a leggero

Collasso della struttura

Per ogni grado di danno si distinguono i danni agli **elementi strutturali** e ai **non strutturali**.

In ogni classe, il danno agli **elementi strutturali** è caratterizzato da un grado di criticità minore rispetto a quello agli **elementi non strutturali**.

Classification of damage to masonry buildings		Classification of damage to buildings of reinforced concrete	
	Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage) Hair-line cracks in very few walls. Fall of small pieces of plaster only. Fall of loose stones from upper parts of buildings in very few cases.		Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage) Fine cracks in plaster over frame members or in walls at the base. Fine cracks in partitions and infills.
	Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage) Cracks in many walls. Fall of fairly large pieces of plaster. Partial collapse of chimneys.		Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage) Cracks in columns and beams of frames and in structural walls. Cracks in partition and infill walls; fall of brittle cladding and plaster. Falling mortar from the joints of wall panels.
	Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage) Large and extensive cracks in most walls. Roof tiles detach. Chimneys fracture at the roof line; failure of individual non-structural elements (partitions, gable walls).		Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage) Cracks in columns and beam-column joints of frames at the base and at joints of coupled walls. Spalling of concrete cover, buckling of reinforced rods. Large cracks in partition and infill walls, failure of individual infill panels.
	Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage) Serious failure of walls; partial structural failure of roofs and floors.		Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage) Large cracks in structural elements with compression failure of concrete and fracture of rebars; bond failure of beam reinforced bars; tilting of columns. Collapse of a few columns or of a single upper floor.
	Grade 5: Destruction (very heavy structural damage) Total or near total collapse.		Grade 5: Destruction (very heavy structural damage) Collapse of ground floor or parts (e.g. wings) of buildings.

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.

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

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Costruzione curve di riferimento

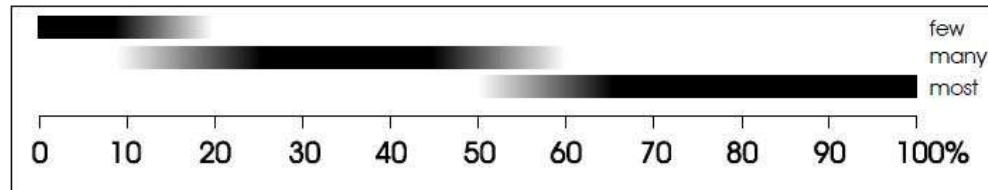
Le EMS-98 forniscono un legame tra il danno subito da un edificio e l'intensità dell'evento sismico che provoca tale danno a partire dalle definizioni:

- delle diverse tipologie di strutture (e relativo grado di vulnerabilità sismica);
- dei gradi di danno associati alle strutture in muratura e alle strutture intelaiate in c.a.;
- di **range** che quantizzino gli edifici coinvolti da un evento sismico di una certa intensità.

FEW (ALCUNI) : 0 – 20%

MANY (MOLTI) : 10% - 60%

MOST (LA MAGGIOR PARTE): 50% - 100%



Questi termini individuano 3 range, la cui definizione è stata molto discussa.

Infatti:

- Se i tre intervalli fossero esattamente contigui (0-20% ; 20 – 60% ; 60 – 100%), in certi casi un piccolo incremento di percentuale comporterebbe un passaggio al range contiguo, al quale corrisponde un passaggio di classe di intensità sismica, mentre in altri casi, per lo stesso aumento percentuale, questo non accade;
- Se i tre intervalli si sovrappongessero (0 - 35%, 15 - 65%, 50 - 100%), sarebbe ambiguo determinare l'appartenenza ad un range piuttosto che ad un altro di percentuali comuni a due range. Lo stesso accadrebbe per range che non comprendono tutti i valori percentuali possibili (0-20%, 40-60%, 80-100%).

LA SOLUZIONE SCELTA CORRISPONDE A RANGE LIMITATAMENTE SOVRAPPOSTI. Nel caso in cui il valore percentuale ricada proprio in una fascia comune a due range contigui, è a discrezione dell'utilizzatore del metodo la scelta del range, dunque dell'intensità sismica più conforme agli altri dati disponibili.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

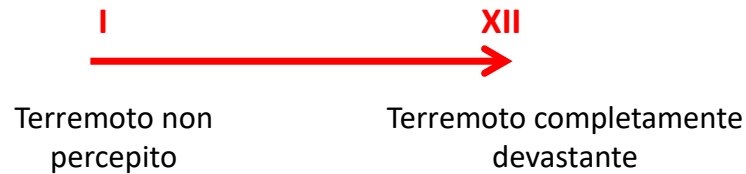
Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Costruzione curve di riferimento

diverse tipologie di strutture (e
corrispondente grado di
vulnerabilità sismica)

gradi di danno associati alle
strutture in muratura e alle
strutture intelaiate in c.a.

range che quantizzano gli edifici
coinvolti da un evento sismico
caratterizzato da una certa intensità

GRADI DI INTENSITÀ SISIMICA



VII. Damaging

- a) Most people are frightened and try to run outdoors. Many find it difficult to stand, especially on upper floors.
- b) Furniture is shifted and top-heavy furniture may be overturned. Objects fall from shelves in large numbers. Water splashes from containers, tanks and pools.
- c) Many buildings of vulnerability class A suffer damage of grade 3; a few of grade 4. Many buildings of vulnerability class B suffer damage of grade 2; a few of grade 3. A few buildings of vulnerability class C sustain damage of grade 2. A few buildings of vulnerability class D sustain damage of grade 1.

**Ogni grado di intensità è definito secondo
3 parametri:**

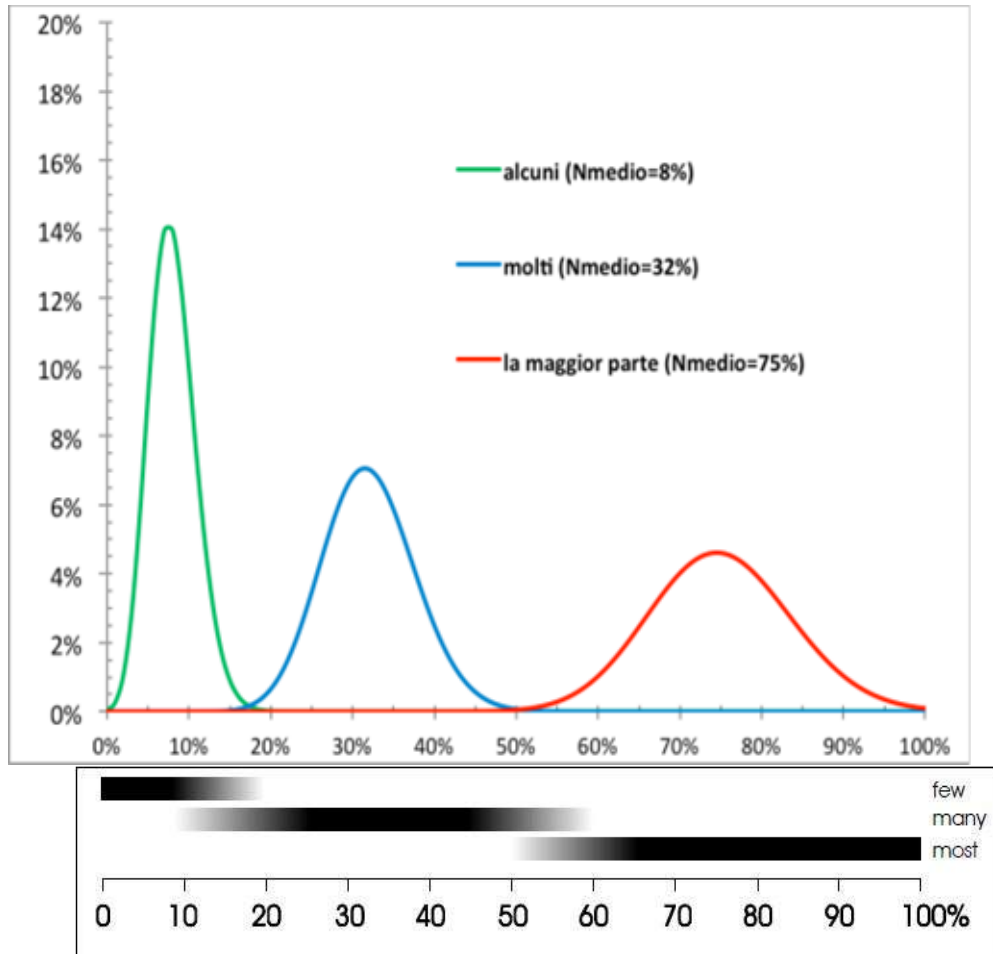
- a) **Effetto sulle vite umane**
- b) **Effetto sull'ambiente**
- c) **Effetto sulle costruzioni**

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
- 3. Edifici Industriali
- 4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Costruzione curve di riferimento



EMS-98: 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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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 (evidenzia 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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

P	Livello di danno						Danno medio	Coeff. Var.	Classe di vulnerabilità					
	0	1	2	3	4	5			F _{EMS}	E _{EMS}	D _{EMS}	C _{EMS}	B _{EMS}	A _{EMS}
≤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

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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 Technology 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
	a	0,8143	0,7578	0,6677
b	4,9448	4,6862	4,0058	3,2547
R ²	0,9753	0,9240	0,7200	0,9217

	$\lambda = 1/T_r$ (%)			
	ZONA1	ZONA 2	ZONA3	ZONA4
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%

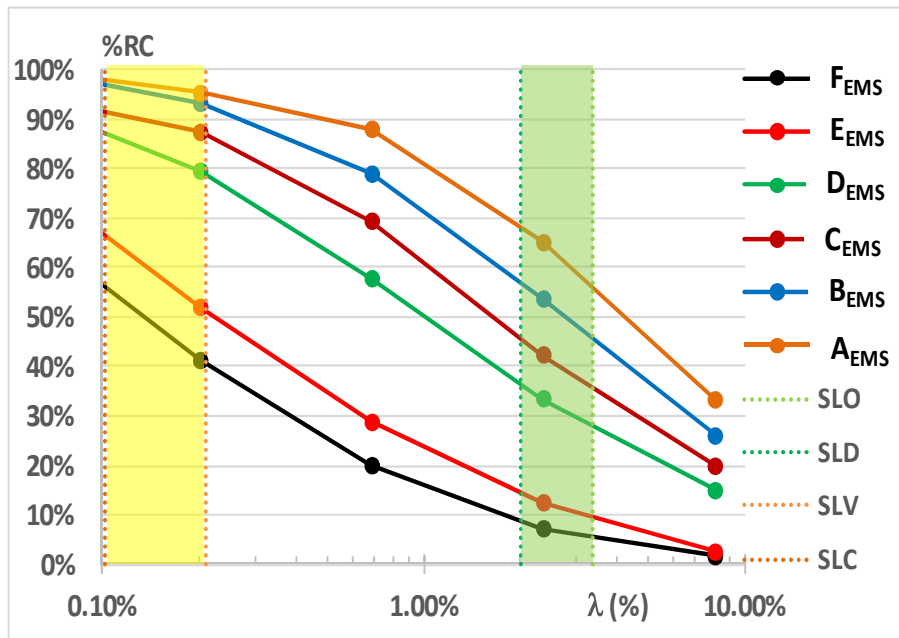
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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.

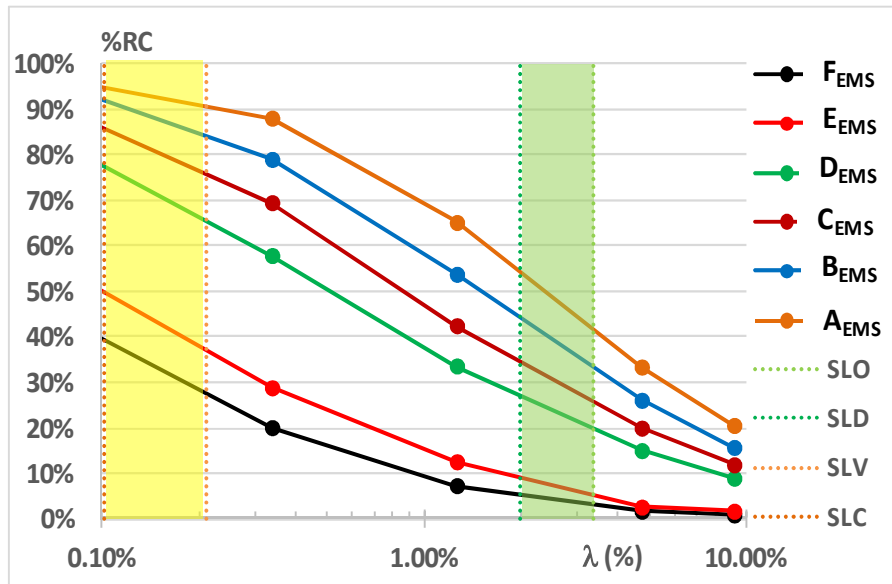
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Costruzione curve di riferimento

ZONA 2



EMS-98 - Zona 2	
CLASSE	PAM/RC
F_{EMS}	0,41%
E_{EMS}	0,64%
D_{EMS}	1,95%
C_{EMS}	2,48%
B_{EMS}	3,11%
A_{EMS}	3,81%

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.

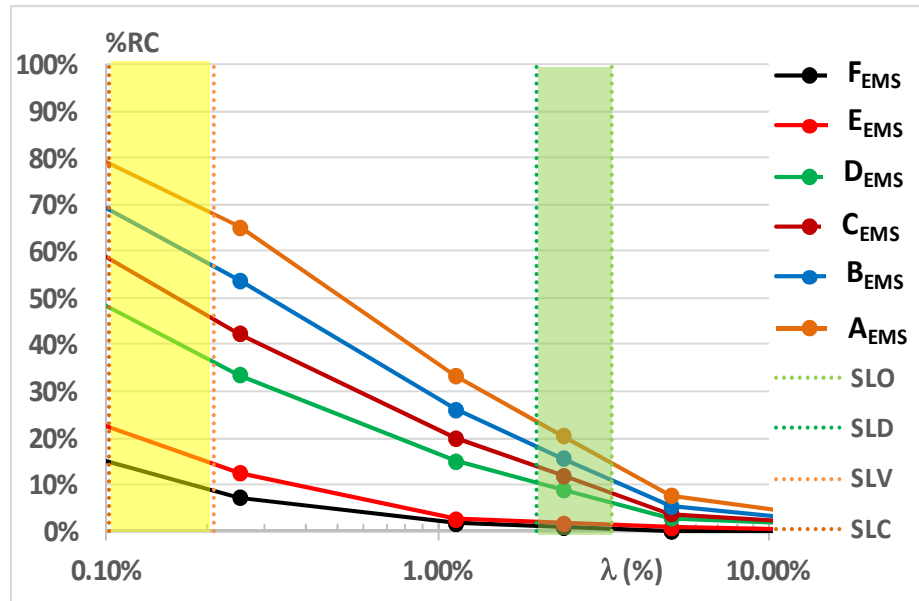
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Costruzione curve di riferimento

ZONA 3



EMS-98 - Zona 3	
CLASSE	PAM/RC
F_{EMS}	0,09%
E_{EMS}	0,19%
D_{EMS}	0,72%
C_{EMS}	0,94%
B_{EMS}	1,23%
A_{EMS}	1,61%

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

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

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

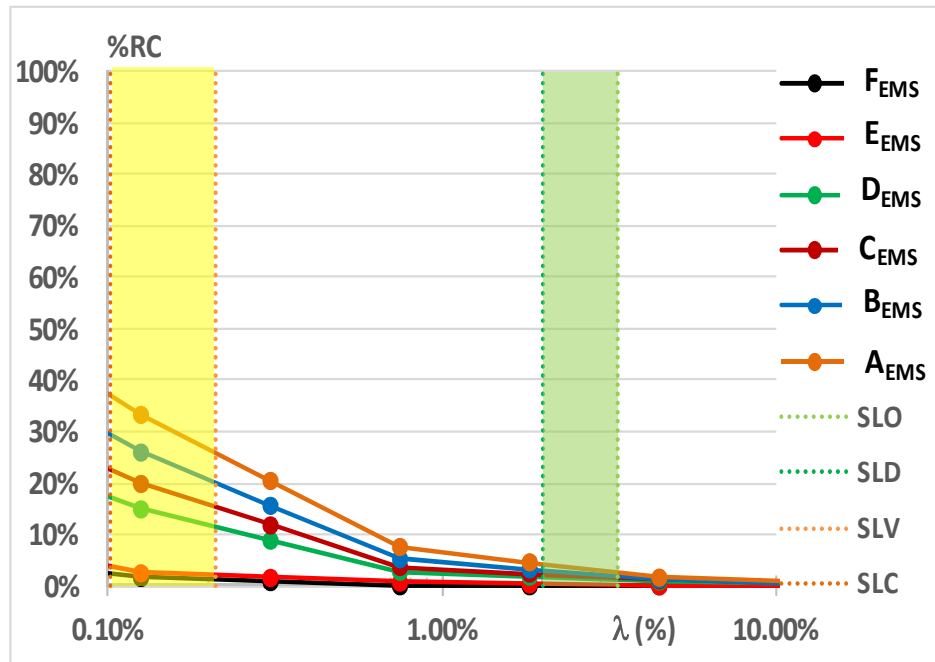
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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}	0,12%
C _{EMS}	0,15%
B _{EMS}	0,20%
A _{EMS}	0,27%

Intervallo SLV-SLC (V_R=50anni)
 Intervallo SLO-SLD (V_R=50anni)

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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

✓ 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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Metodo Macrosismico

Tipologia strutturale - Classe di vulnerabilità (EMS98)

Tipologia di struttura		Classe di vulnerabilità					
		A _{EMS}	B _{EMS}	C _{EMS}	D _{EMS}	E _{EMS}	F _{EMS}
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		—○—				

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.



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»
- Edifici Industriali
- Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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.

TIPOLOGIA STRUTTURALE	PECULIARITÀ CARATTERISTICHE DELLA TIPOLOGIA STRUTTURALE	CLASSE MEDIA DI VULNERABILITÀ GLOBALE	
			INERTI / MAGLIA MURARIA
MURATURA	pietra grezza	<ul style="list-style-type: none"> • Legante di cattiva qualità e/o assente • Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidità e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti 	A _{EMS}
	mattoni di terra cruda (adobe)	<ul style="list-style-type: none"> • 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 • Eventuale presenza di telai di legno 	A _{EMS}
	pietra sbazzata	<ul style="list-style-type: none"> • Accorgimenti per aumentare la resistenza (ad es. listature). • Orizzontamenti di legno o comunque caratterizzati da scarsa rigidità e/o resistenza nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti 	B _{EMS}
	pietra massiccia per costruzioni monumentali	<ul style="list-style-type: none"> • Orizzontamenti a volta o di legno caratterizzati da scarsa rigidità e/o resistenza nel proprio piano medio 	C _{EMS}
	mattoni o pietra lavorata	<ul style="list-style-type: none"> • Orizzontamenti di mattoni o di legno caratterizzati da scarsa rigidità nel proprio piano medio e scarsamente collegati con le pareti portanti 	B _{EMS}
	mattoni + solai d'elevata rigidità nel proprio piano medio	<ul style="list-style-type: none"> • Funzionamento scatolare della costruzione • Orizzontamenti di calcestruzzo armato o comunque caratterizzati da elevata rigidità nel proprio piano medio ben collegati alla muratura 	C _{EMS}
	armata e/o confinata	<ul style="list-style-type: none"> • 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 • Orizzontamenti di calcestruzzo armato o comunque caratterizzati da elevata rigidità nel proprio piano medio 	D _{EMS}

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"> • Sistema resistente prevalentemente unidirezionale • Assenza di dettagli antisismici 	C _{EMS}
	MODERATO	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema resistente bidirezionale e planimetricamente anche irregolare • Assenza di progettazione in capacità • Presenza di dettagli antisismici, ma di qualità inadeguata 	D _{EMS}
	ELEVATO	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema resistente bidirezionale e planimetricamente regolare • Corretta progettazione in capacità • Presenza di dettagli antisismici di qualità adeguata 	E _{EMS}
C.A. (PARETI)	NULLO	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema resistente prevalentemente unidirezionale • Assenza di dettagli antisismici 	C _{EMS}
	MODERATO	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema resistente bidirezionale e planimetricamente anche irregolare • Presenza di dettagli antisismici, ma di qualità inadeguata 	D _{EMS}
	ELEVATO	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema resistente bidirezionale, planimetricamente e altimetricamente regolare • Corretta progettazione in capacità • Presenza di dettagli antisismici di qualità adeguata 	E _{EMS}

Tipologia di struttura	Classe di vulnerabilità					
	A _{EMS}	B _{EMS}	C _{EMS}	D _{EMS}	E _{EMS}	F _{EMS}
ZO 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	---	---	---	○	---

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

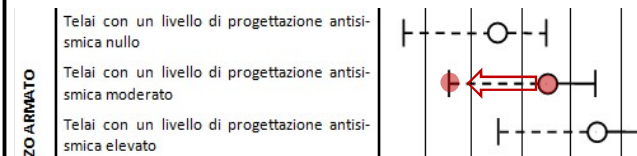
Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Metodo Macrosismico

Passo 2- Determinazione dello scostamento di classe

In generale, al **peggiore/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.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

TIPOLOGIA STRUTTURALE	ELEVATA VULNERABILITÀ LOCALE		CLASSE MEDIA DI VULNERABILITÀ GLOBALE	SIGNIFICATIVA VULNERABILITÀ LOCALE		CLASSE MEDIA DI VULNERABILITÀ 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"> • Molto scarsa qualità costruttiva • Assai diffuso degrado e/o danneggiamento • Forte irregolarità in pianta e/o in altezza • Presenza diffusa di travi e/o colonne tozze armate non a sufficienza 	da C_{EMS} a A_{EMS}	<ul style="list-style-type: none"> • Crisi a taglio delle colonne e/o di elementi non strutturali potenzialmente pericolosi 	da C_{EMS} a B_{EMS}
	MODERATO	Meccanismi locali o di piano	<ul style="list-style-type: none"> • Molti elementi non strutturali pericolosi (tamponamenti non in asse con i pilastri, paramenti ininterrotti da terra alla sommità, comignoli, parapetti, ecc.) • Inadeguatezze gravi e diffuse ai carichi gravitazionali 	da D_{EMS} a B_{EMS}	<ul style="list-style-type: none"> • Crisi a taglio delle colonne 	da D_{EMS} a C_{EMS}
	ELEVATO	Meccanismi dovuti ad un'errata disposizione degli elementi non strutturali che possono ridurre la duttilità globale	<ul style="list-style-type: none"> • Molto scarsa qualità costruttiva • Assai diffuso degrado e/o danneggiamento • Forti irregolarità in pianta o in altezza a causa della disposizione degli elementi non strutturali • Assai carente progettazione degli elementi non-strutturali 	da E_{EMS} a C_{EMS}	<ul style="list-style-type: none"> • Meccanismi locali di tamponamenti e tramezzature 	<ul style="list-style-type: none"> • Scarsa qualità costruttiva • Diffuso degrado o danneggiamento • Carente progettazione degli elementi non-strutturali (ad es. tamponamenti non in asse con i pilastri, etc.)

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

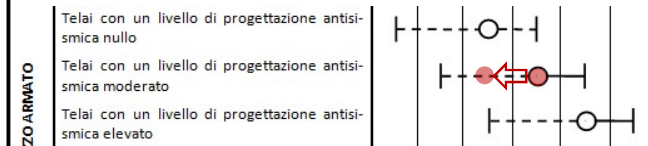
Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Metodo Macrosismico

Passo 2- Determinazione dello scostamento di classe

In generale, al **peggiore/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		PECULIARITÀ NEGATIVE PER LA VULNERABILITÀ LOCALE/GLOBALE
C.A. (TELAI)	NULLO	Meccanismi locali o di piano	<ul style="list-style-type: none"> Molto scarsa qualità costruttiva Assai diffuso degrado e/o danneggiamento Forte irregolarità in pianta e/o in altezza Presenza diffusa di travi e/o colonne tozze armate non a sufficienza 	da C _{EMS} a A _{EMS}	Crisi a taglio delle colonne e/o di elementi non strutturali potenzialmente pericolosi	<ul style="list-style-type: none"> Scarsa qualità costruttiva Diffuso degrado e/o danneggiamento Irregolarità in pianta e/o in altezza Presenza di travi e/o colonne tozze armate non a sufficienza 	da C _{EMS} a B _{EMS}
	MODERATO	Meccanismi locali o di piano	<ul style="list-style-type: none"> Molti elementi non strutturali pericolosi (tamponamenti non in asse con i pilastri, paramenti ininterrotti da terra alla sommità, comignoli, parapetti, ecc.) Inadeguatezze gravi e diffuse ai carichi gravitazionali 	da D _{EMS} a B _{EMS}	Crisi a taglio delle colonne	<ul style="list-style-type: none"> Alcuni elementi non strutturali pericolosi (Comignoli, parapetti, ecc.) Inadeguatezze ai carichi gravitazionali 	da D _{EMS} a C _{EMS}
	ELEVATO	Meccanismi dovuti ad un'errata disposizione degli elementi non strutturali che possono ridurre la duttilità globale	<ul style="list-style-type: none"> Molto scarsa qualità costruttiva Assai diffuso degrado e/o danneggiamento Forti irregolarità in pianta o in altezza a causa della disposizione degli elementi non strutturali Assai carente progettazione degli elementi non-strutturali 	da E _{EMS} a C _{EMS}	Meccanismi locali di tamponamenti e tramezzature	<ul style="list-style-type: none"> Scarsa qualità costruttiva Diffuso degrado o danneggiamento Carente progettazione degli elementi non-strutturali (ad es. tamponamenti non in asse con i pilastri, etc.) 	da E _{EMS} a D _{EMS}

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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

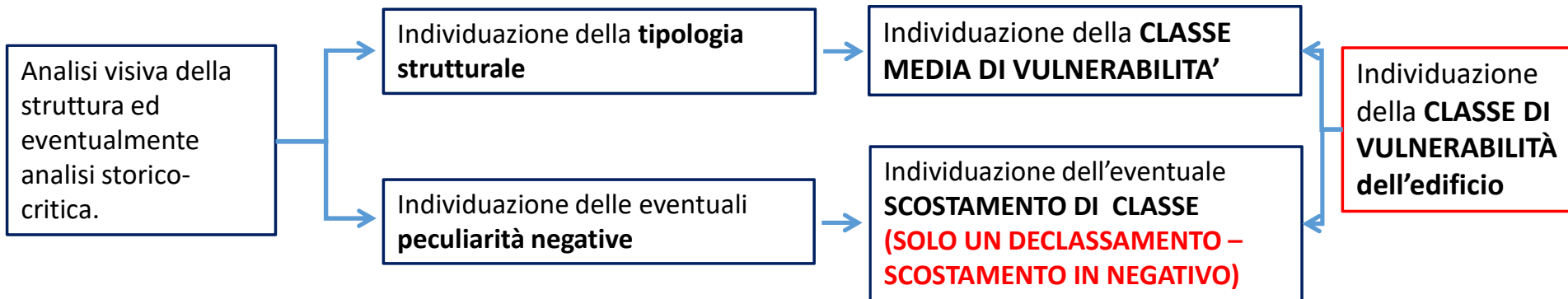
Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Metodo Macrosismico

Per evitare che il lavoro di rilievo sia sintetizzato unicamente nel giudizio sulla classe finale e per uniformare tale lavoro, sono in via di perfezionamento apposite **schede** per la raccolta dei dati relativi alla costruzione.

Scheda generale (indipendente dalla tipologia strutturale)

Sezione 1 - IDENTIFICATIVI	
Data compilazione	_____ Codice ISTAT
Regione	_____
Provincia	_____
Comune	_____
Località abitata	_____
Stazione censuaria	_____
Identificativo aggregato strutturale	_____
Identificativo unità strutturale	_____
Indirizzo	_____ Civico _____
Sezione 2.1 - CARATTERISTICHE GENERALI	
A) Posizione nell'aggregato	Isolata <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Interna <input type="checkbox"/> D'angolo <input type="checkbox"/> C'angolo <input type="checkbox"/> Foto da _____ a _____
Numero piani misti	Piani interrati _____ Piani interrati _____ Piani interrati _____ Superficie media di piano _____
Altezza media di piano	2,3 2,5-3 3,5-4 3,5 Altezza all'interno delle coperture _____
B) Tipologia strutture verticali	Murature <input type="checkbox"/> C.A. <input type="checkbox"/> C.A. <input type="checkbox"/> Acciaio <input type="checkbox"/> Legno <input type="checkbox"/> Altro <input type="checkbox"/>
C) Tipologia strutture orizzontali	Murature <input type="checkbox"/> Latero-cemento <input type="checkbox"/> C.A. <input type="checkbox"/> Acciaio <input type="checkbox"/> Legno <input type="checkbox"/> Altro <input type="checkbox"/>
Foto strutture verticali	da _____ a _____ Foto strutture orizzontali da _____ a _____
Epoca di costruzione	1919-43 43-45 45-61 62-72 73-81 82-98 99-06 19000
Morfologia	Pianeggiante <input type="checkbox"/> Su leggero pendio (15-30°) <input type="checkbox"/> Su forte pendio (>30°) <input type="checkbox"/>
Microlimitazione	Solo verso(s) _____ incombente(s) Foto pendio _____ Solo verso(s) _____ incombente(s) _____
Sezione 2.2 - ELEMENTI GENERALI DI VULNERABILITÀ LOCALE	
A) Singoli piani non efficacemente controventati	si no nr foto da a
B) Singoli piani non efficacemente controventati	si no nr foto da a
C) Singoli elementi strutturali fondamento danneggiati	si no nr foto da a
D) Singoli elementi strutturali fondamento danneggiati	si no nr foto da a
E) Singoli elementi strutturali fondamento danneggiati	si no nr foto da a
F) Singoli elementi strutturali fondamento danneggiati	si no nr foto da a
G) Temperature positive o massicce	si no nr foto da a
H) Temperature e muretti prospetto	si no nr foto da a
I) Temperature intono	si no nr foto da a
L) Canali fumi/muri passanti o/ancorati non a sufficienza	si no nr foto da a
M) Canali fumi/muri passanti o/ancorati non a sufficienza	si no nr foto da a
N) Canali fumi/muri passanti o/ancorati non a sufficienza	si no nr foto da a
O) Invasamenti sistemi idraulici e idrogeologici	si no nr foto da a
P) Passaggi non efficacemente ancorati	si no nr foto da a
Q) Sostegni o anelli non sufficientemente ancorati	si no nr foto da a
R) Contropiedi passanti o/ancorati non sufficientemente ancorati	si no nr foto da a
Altre TI	si no nr foto da a
U	si no nr foto da a
V	si no nr foto da a
X	si no nr foto da a
Y	si no nr foto da a
Z	si no nr foto da a
Schema dell'unità strutturale	_____

Scheda specifica (specializzata per tipologia strutturale)

Sezione 3.1 - CARATTERISTICHE SPECIFICHE MURATURA	
A1) Piatta grossa	Orizzontamenti di legno o comunque sventolati da scanso rigido e/o resistenza nel proprio piano medio e sventolamento collegati con le pareti perimetrali. Foto da _____ a _____
A2) Mattoni di tone snide	Orizzontamenti di legno e di mattoni ma comunque sventolati da scanso rigido e/o resistenza nel proprio piano medio e sventolamento collegati con le pareti perimetrali. Foto da _____ a _____
A3) Piatta sbalzata	Accoppiamenti per armature la resistenza. Orizzontamenti di legno o comunque sventolati da scanso rigido e/o resistenza nel proprio piano medio e sventolamento collegati con le pareti perimetrali. Foto da _____ a _____
A4) Piatta massiccia	Orizzontamenti a volta o di legno sventolati da scanso rigido e/o resistenza nel proprio piano medio. Foto da _____ a _____
A5) Mattoni e piatte levatate	Orizzontamenti di mattoni o di legno sventolati da scanso rigido e/o resistenza nel proprio piano medio e sventolamento collegati con le pareti perimetrali. Foto da _____ a _____
A6) Mattoni e piatte levatate	Funzionamento scollato delle costruzioni. Orizzontamenti di laterizio armato e comunque sventolati da scanso rigido e/o resistenza nel proprio piano medio ben collegati alla muratura. Foto da _____ a _____
A7) Armata e/o confinata	Blocco qualità della muratura rinforzata da reti o barre di acciaio, e/o realizzata da blocchi e colonne che la sostengono in corrispondenza di tutti e quattro i lati. Orizzontamenti di calcestruzzo armato o comunque sventolati da scanso rigido e/o resistenza nel proprio piano medio. Foto da _____ a _____
A8) Altro	B1) Rivestimento delle pareti _____ si no nr foto da a
B) Possibili incrinazioni	B2) Incrinazioni puntate o di piano _____ si no nr foto da a
C) Locali di collasso	B3) Incrinazioni rilevanti, ad esempio, ad un'ottima disposizione degli elementi strutturali che possono ridurre la duttilità globale. Altro (S4) _____ si no nr foto da a
	S5 _____ si no nr foto da a
	S6 _____ si no nr foto da a
C) Vulnerabilità specifica per tipologia: Piatta sbalzata - Piatta massiccia - Mattoni e piatte levatate	
C1) Scema qualità costruttiva	si no nr foto da a
C2) Blocco di legno e/o danneggiamento	si no nr foto da a
C3) Spinta orizzontali non controventati	si no nr foto da a
C4) Fessure muretti malc ancorati da loro	si no nr foto da a
C5) Orizzontamenti malc ancorati alle pareti	si no nr foto da a
C6) Aperture di diavole dimensioni intervelate da maschi di ridotto dimensioni	si no nr foto da a
C7) Presenza di numerosi nicchie che riducono significativamente l'area resistente della muratura	si no nr foto da a
C8) Pareti di diavole dimensioni non controventate e a sufficienza	si no nr foto da a
Altro (C9)	si no nr foto da a
C10)	si no nr foto da a
C11)	si no nr foto da a
D) Vulnerabilità specifica per tipologia: Mattoni e solai di alveata rigidezza	
D1) Scema qualità costruttiva	si no nr foto da a
D2) Blocco di legno e/o danneggiamento	si no nr foto da a
D3) Fessure muretti malc ancorati da loro	si no nr foto da a
D4) Orizzontamenti malc ancorati alle pareti	si no nr foto da a
D5) Fessure muretti e doppio sbale con camera d'aria	si no nr foto da a
D6) Assenza totale o parziale di cordoli	si no nr foto da a
D7) Aperture di diavole dimensioni intervelate da maschi di ridotto dimensioni	si no nr foto da a
D8) Presenza di numerosi nicchie che riducono significativamente l'area resistente della muratura	si no nr foto da a
D9) Pareti di diavole dimensioni non controventate e a sufficienza	si no nr foto da a
Altro (D1)	si no nr foto da a
D2)	si no nr foto da a
D3)	si no nr foto da a
E) Vulnerabilità specifica per tipologia: armata e/o confinata	
E1) Scema qualità costruttiva	si no nr foto da a
E2) Blocco di legno e/o danneggiamento	si no nr foto da a
E3) Blocco inegranzi in pianta e/o in altezza	si no nr foto da a
E4) Numerosi elementi non strutturali che modificano negativamente il comportamento locale e globale	si no nr foto da a

Scheda sintetica (contenente il giudizio finale)

Sezione 1 - IDENTIFICATIVI		Classe di Vulnerabilità	
Data compilazione	_____ Codice ISTAT		
Regione	_____		
Provincia	_____		
Comune	_____		
Località abitata	_____		
Edificio	_____		
Identificativo aggregato strutturale	0 _____		
Sezione 2 - DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI VULNERABILITÀ MEDIA			
Valore della classe di vulnerabilità media dell'edificio			
A B C D E F			
Descrizione e note riguardanti l'edificio:			
MURATURA	Tipologia di struttura	Classe di vulnerabilità	
	Muratura di pietra senza legante (a secco)	A	
	Muratura di mattoni di terra cruda (adobe)	B	
	Muratura di pietra calcarea	C	
	Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali	D	
	Muratura di mattoni a pietra levata	E	
	Muratura di mattoni e solai di rigidezza elevata	F	
	Muratura rinforzata e/o confinata	G	
ALTEZZA	Tali con un livello di progettazione antisismica medio	A	
	Tali con un livello di progettazione antisismica moderato	B	
	Tali con un livello di progettazione antisismica elevato	C	
ALTEZZA	Pareti con un livello di progettazione antisismica medio	A	
	Pareti con un livello di progettazione antisismica elevato	B	
ALTEZZA	Strutture di acciaio	A	
	Strutture di legno	B	
Differenziazione delle diverse tipologie di edifici in classi di vulnerabilità (EN 1998)			
Sezione 3 - DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI VULNERABILITÀ			
Valutazione di eventuali scostamenti della classe di vulnerabilità a causa di significativa/elevata vulnerabilità			
CLASSE DI VULNERABILITÀ: A B C D E F			

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

3. Edifici Industriali

4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.

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

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Metodo Macrosismico

Scheda generale (indipendente dalla tipologia 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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Metodo Macrosismico

Scheda specifica (specializzata per tipologia strutturale)

Sezione 3.1 – CARATTERISTICHE SPECIFICHE MURATURA		U5						
A) Tipologia di muratura	A1) Pietra grezza	Dissezionamenti di legno o di mattoni ma comunque sezionati da scarse rigidità o resistenza nel proprio piano medio e accostamenti collegati con le pareti portanti.	Foto	Da	*			
	A2) Mattoni di terra cruda	Dissezionamenti di legno o di mattoni ma comunque sezionati da scarse rigidità o resistenza nel proprio piano medio e accostamenti collegati con le pareti portanti.	Foto	Da	*			
	A3) Pietra sbazzata	Dissezionamenti di legno o comunque sezionati da scarse rigidità o resistenza nel proprio piano medio e accostamenti collegati con le pareti portanti.	Foto	Da	*			
	A4) Pietra massiccia	Dissezionamenti di legno o comunque sezionati da scarse rigidità o resistenza nel proprio piano medio e accostamenti collegati con le pareti portanti.	Foto	Da	*			
	A5) Mattoni a pietra lavorata	Dissezionamenti di mattoni o di legno sezionati da scarse rigidità nel proprio piano medio e accostamenti collegati con le pareti portanti.	Foto	Da	*			
	A6) Mattoni a sola	Funzionamento isolato della costruzione.	Foto	Da	*			
	A7) Armata o confinata	Dissezionamenti di calcestruzzo armato o comunque sezionati da elevata rigidità nel proprio piano medio.	Foto	Da	*			
B) Possibili meccanismi locali	B1) Ribaltamento delle pareti	§1) Ribaltamento delle pareti	§1	no	nr	Foto	Da	*
	B2) Meccanismi parziali o di piano	§2) Meccanismi parziali o di piano	§2	no	nr	Foto	Da	*
	B3) Meccanismi dovuti ad un'errata disposizione degli elementi	§3) Meccanismi dovuti ad un'errata disposizione degli elementi	§3	no	nr	Foto	Da	*
	B4) Altri	§4) Altri	§4	no	nr	Foto	Da	*
C) Vulnerabilità specifiche per tipologia: Pietra sbazzata - Pietra massiccia - Mattoni o pietra lavorata	C1) Scarsa qualità costruttiva		§1	no	nr	Foto	Da	*
	C2) Elevato degrado o danneggiamento		§2	no	nr	Foto	Da	*
	C3) Spinte orizzontali non contrastate		§3	no	nr	Foto	Da	*
	C4) Pannelli murari male ammorsati tra loro		§4	no	nr	Foto	Da	*
	C5) Dissezionamenti male ammorsati alle pareti		§5	no	nr	Foto	Da	*
	C6) Aperture di davanzo dimensionate in modo da non ridurre significativamente l'area resistente della muratura		§6	no	nr	Foto	Da	*
	C7) Presenza di numerose nicchie che riducono significativamente l'area resistente della muratura		§7	no	nr	Foto	Da	*
	C8) Pareti di davanzo dimensionate non convenzionalmente e sufficienti		§8	no	nr	Foto	Da	*
	C9) Altri		§9	no	nr	Foto	Da	*
	C10) Altri		§10	no	nr	Foto	Da	*
	C11) Altri		§11	no	nr	Foto	Da	*
	C12) Altri		§12	no	nr	Foto	Da	*
	D) Vulnerabilità specifiche per tipologia: Mattoni e sole di elevata rigidità	D1) Scarsa qualità costruttiva		§1	no	nr	Foto	Da
D2) Elevato degrado o danneggiamento			§2	no	nr	Foto	Da	*
D3) Pannelli murari male ammorsati tra loro			§3	no	nr	Foto	Da	*
D4) Dissezionamenti male ammorsati alle pareti			§4	no	nr	Foto	Da	*
D5) Pannelli murari a doppio strato non ammorsati tra loro			§5	no	nr	Foto	Da	*
D6) Assenza totale o parziale di cordoli			§6	no	nr	Foto	Da	*
D7) Aperture di davanzo dimensionate in modo da non ridurre significativamente l'area resistente della muratura			§7	no	nr	Foto	Da	*
E) Vulnerabilità specifiche per tipologia: Armata e/o confinata	E1) Scarsa qualità costruttiva		§1	no	nr	Foto	Da	*
	E2) Elevato degrado o danneggiamento		§2	no	nr	Foto	Da	*
	E3) Spinte orizzontali non contrastate		§3	no	nr	Foto	Da	*
	E4) Numerosi elementi non strutturali che modificano negativamente il comportamento locale e globale		§4	no	nr	Foto	Da	*
	E5) Altri		§5	no	nr	Foto	Da	*
	E6) Altri		§6	no	nr	Foto	Da	*
	E7) Altri		§7	no	nr	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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali. Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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»

3. Edifici Industriali

4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali. Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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 _____ piano _____	<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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

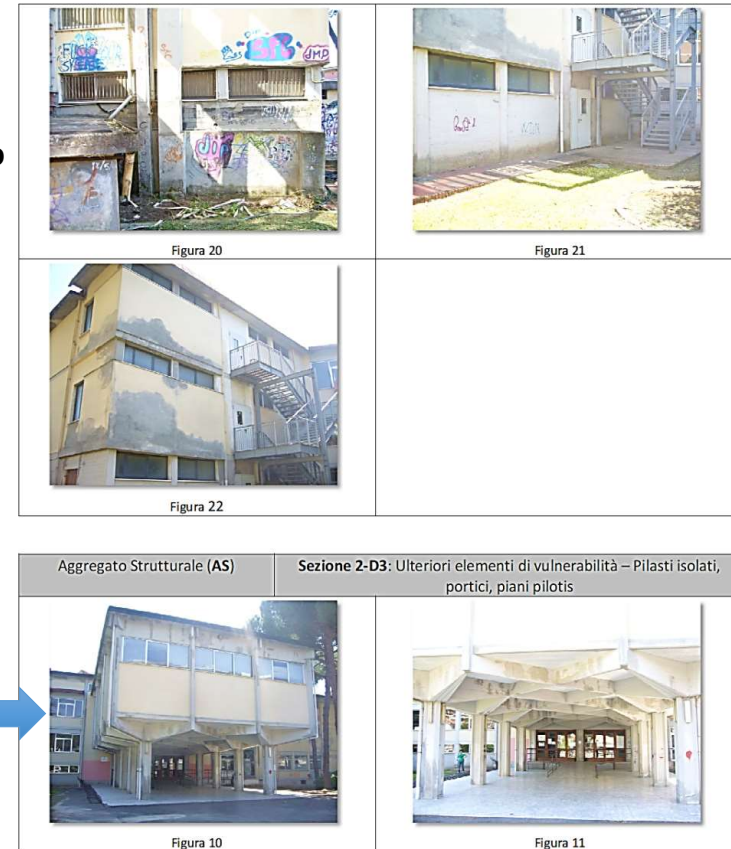
Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Metodo Macrosismico

Allegati fotografici: esempi



Caratteristiche generali Aggregato Strutturale



Elementi di vulnerabilità locali: Pilastri isolati, portici, piani pilotis

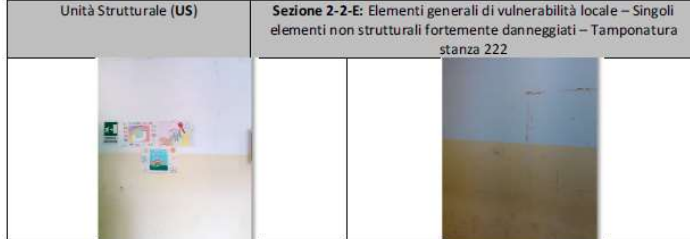
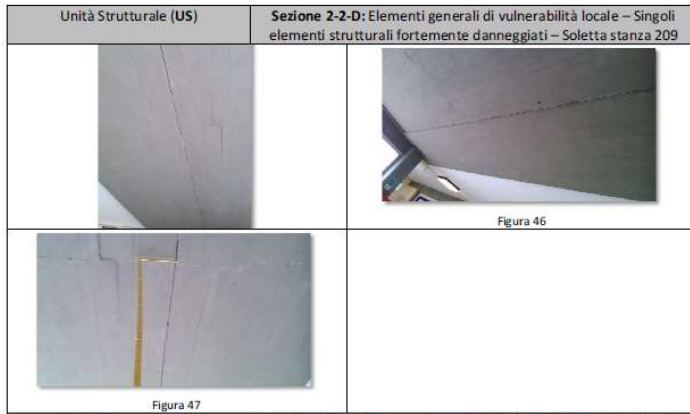


1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali. Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Metodo Macrosismico

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio



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



**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Metodo Analitico

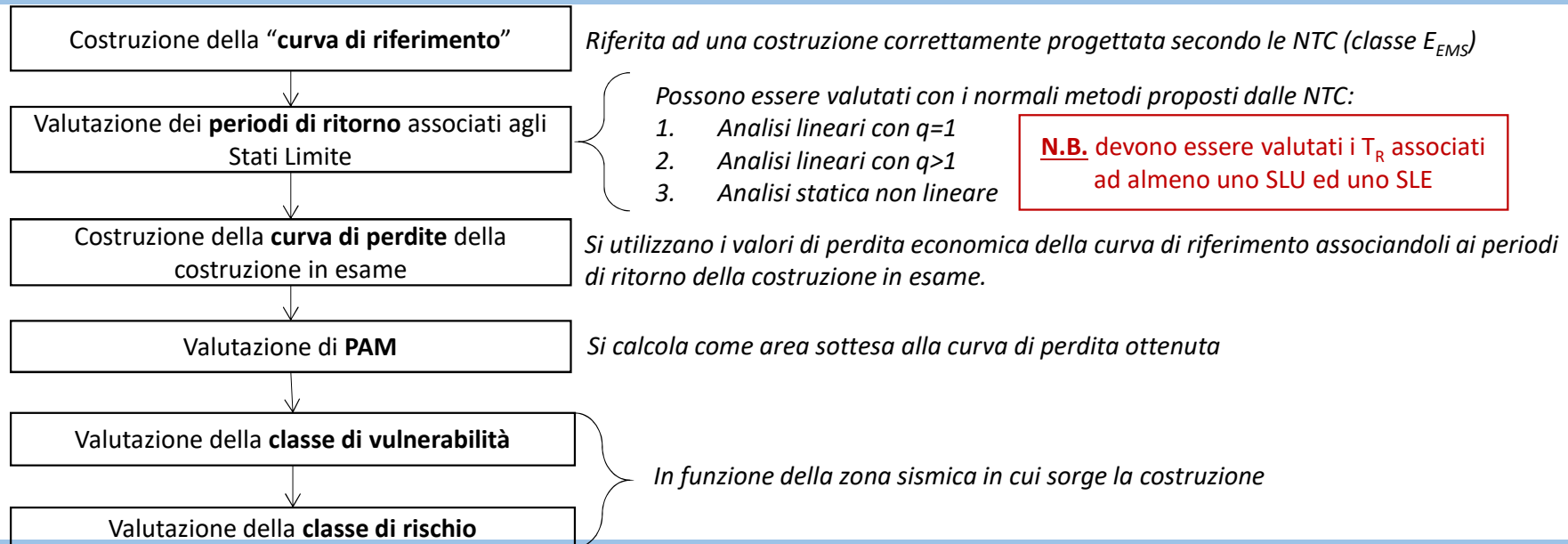
Il metodo analitico utilizza le curve di perdita precedentemente definite (chiamate di riferimento) e permette la valutazione numerica del parametro PAM mediante uno dei normali metodi di analisi previsti dalle attuali norme tecniche.

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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio



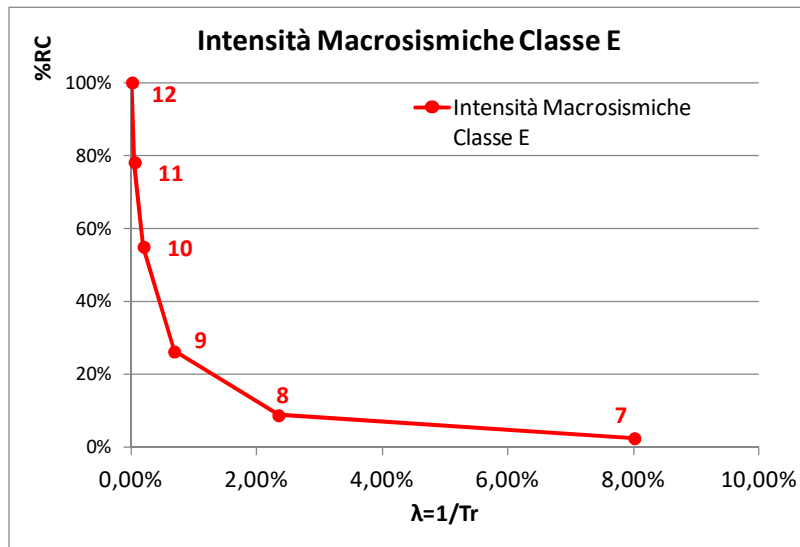
**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Metodo Analitico

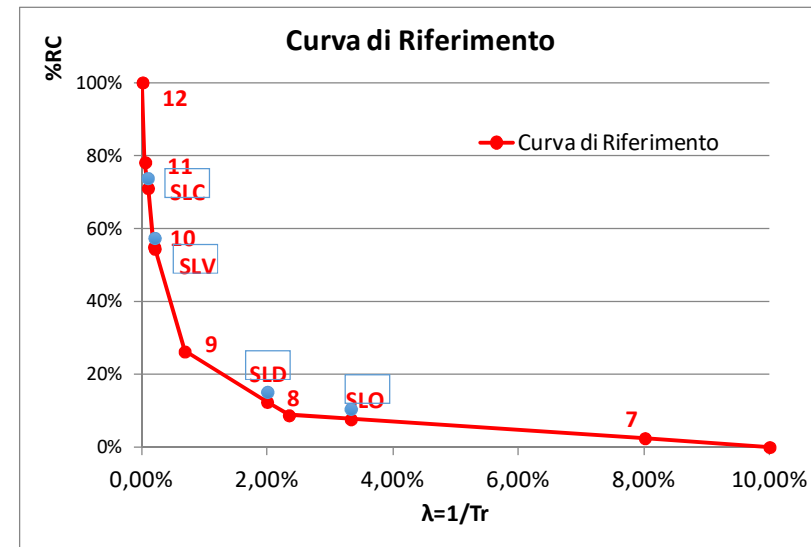
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

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**



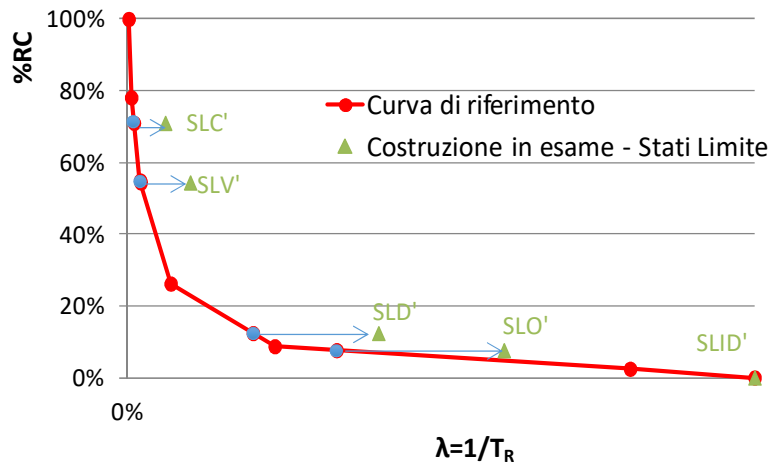
Le frequenze medie annue di superamento associate agli Stati Limite della costruzione in esame dipendono dalla **vita nominale dell'opera V_N** e dal **coefficiente d'utilizzo c_U**

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida per la valutazione del rischio sismico: «BACKGROUND DOCUMENT» – Metodo Analitico

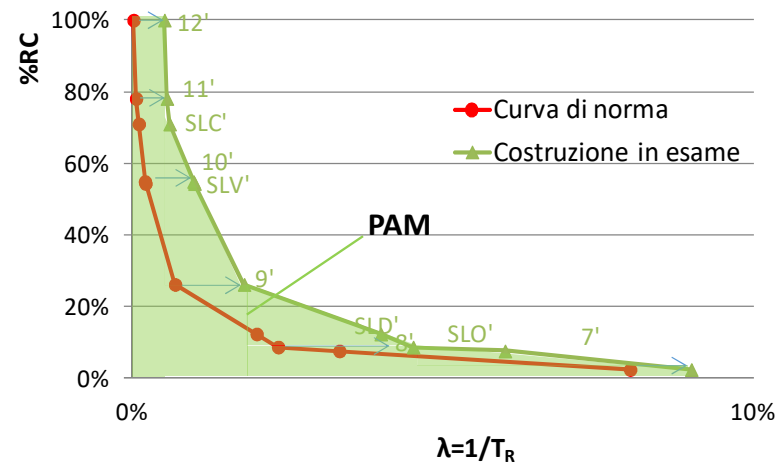
c) Valutazione dei tempi di ritorno associati agli SL per la costruzione in esame.



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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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 _{EEMS}	<0,75%
E_{EEMS}	0,75% < <1,50%
D _{EEMS}	1,50% < <2,50%
C _{EEMS}	2,50% < <3,50%
B _{EEMS}	3,50% < <4,50%
A _{EEMS}	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 _{EEMS}	F _{EEMS} , E _{EEMS}	D _{EEMS} , E _{EEMS} , F _{EEMS}
A	0,50 < <0,75	F _{EEMS}	E _{EEMS}	D _{EEMS} , C _{EEMS}	C _{EEMS} , B _{EEMS} , A _{EEMS}
B	0,75 < <1,50	E _{EEMS}	D _{EEMS}	B _{EEMS} , A _{EEMS}	
C	1,50 < <2,50	D _{EEMS}	C _{EEMS}		
D	2,50 < <3,50	C _{EEMS}	B _{EEMS}		
E	3,50 < <4,50	B _{EEMS}	A _{EEMS}		
F	4,50 < <7,50	A _{EEMS}			
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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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 $T_{R,C}$) almeno per 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.

Per le costruzioni in muratura l'applicazione del metodo semplificato fornisce una Classe di Rischio (che può essere diversa da quella ottenibile con il metodo convenzionale).

Il metodo semplificato può essere limitatamente usato, nel caso di esecuzioni di interventi di miglioramento, anche nei seguenti casi:

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'applicazione del metodo semplificato non fornisce l'indicazione della Classe di Rischio della costruzione prima o dopo l'intervento, ma solamente l'incremento di classe ottenibile con l'intervento. Al massimo è possibile ottenere il miglioramento di una classe.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

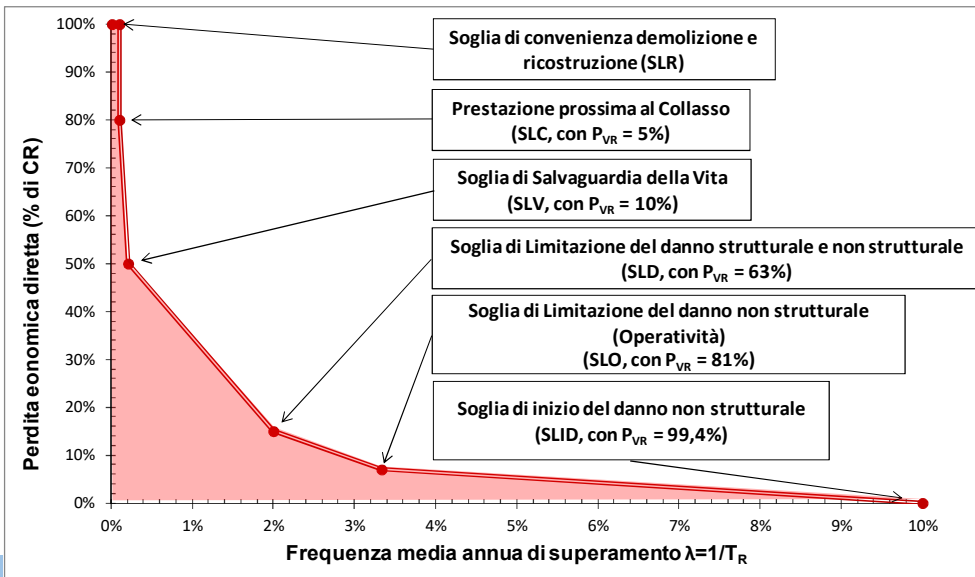
Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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

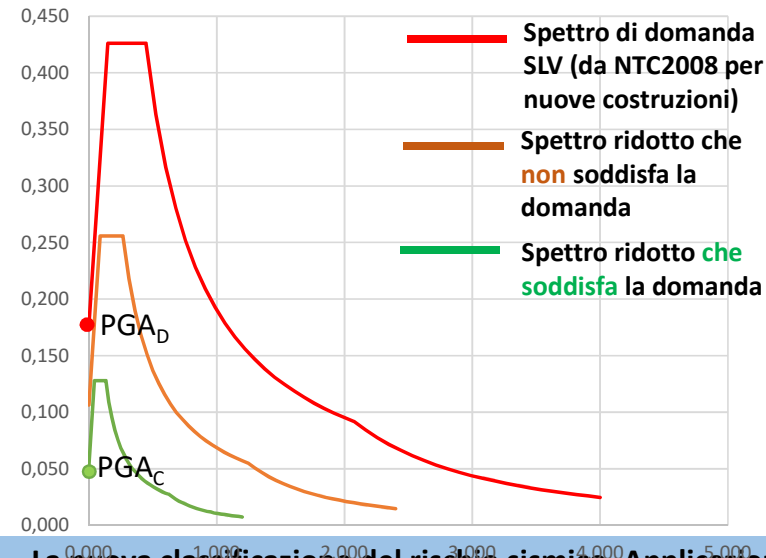
Valutabile come l'area sottesa alla curva rappresentate le **perdite economiche dirette (%CR)** in funzione della **frequenza media annua di superamento ($\lambda_i = 1/T_{R,C}$)**



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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

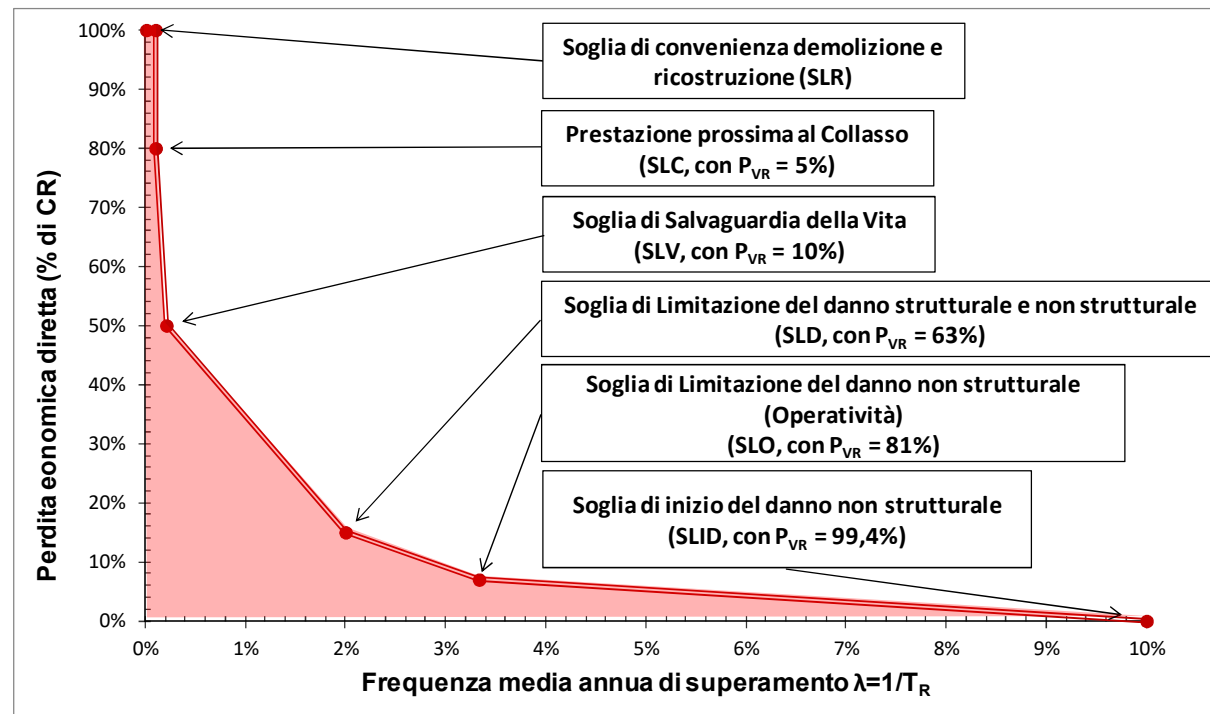
Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida applicative: IL METODO CONVENZIONALE – Costruzione della curva di perdita

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

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



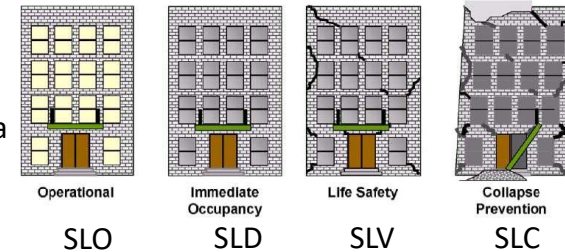
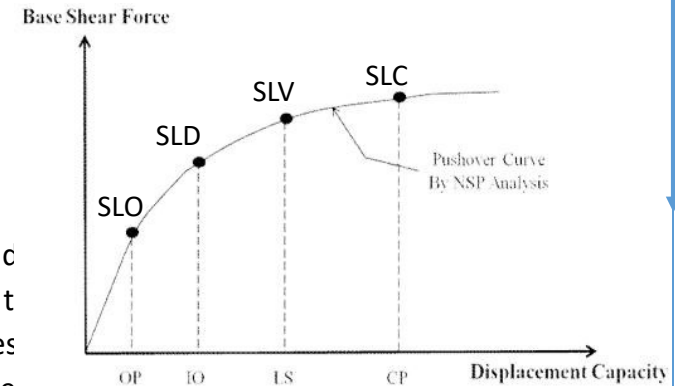
**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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 t 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 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.



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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:

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

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

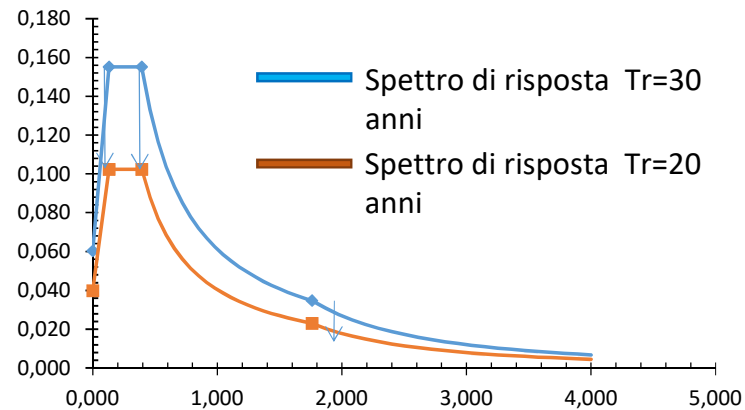
Nel caso in cui, ad esempio allo SLD, si ottenga un periodo di ritorno **minore di 30** (ma comunque maggiore di 10), è possibile valutarlo nel seguente modo:

- 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 $T_{R,C}$:**

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



**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
- 3. Edifici Industriali
- 4. Casi Studio

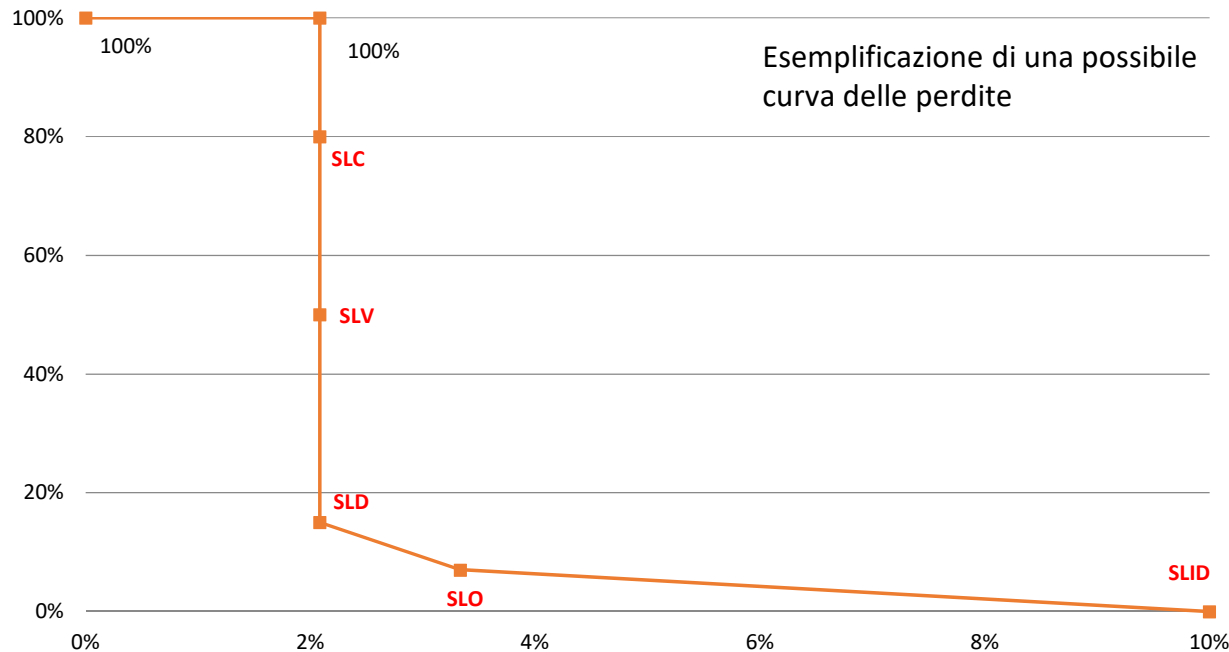
Linee Guida applicative: IL METODO CONVENZIONALE – Valutazione della Classe PAM

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:

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

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

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 λ_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 ($\lambda = \lambda(SLR)$; $CR = 100\%$)**

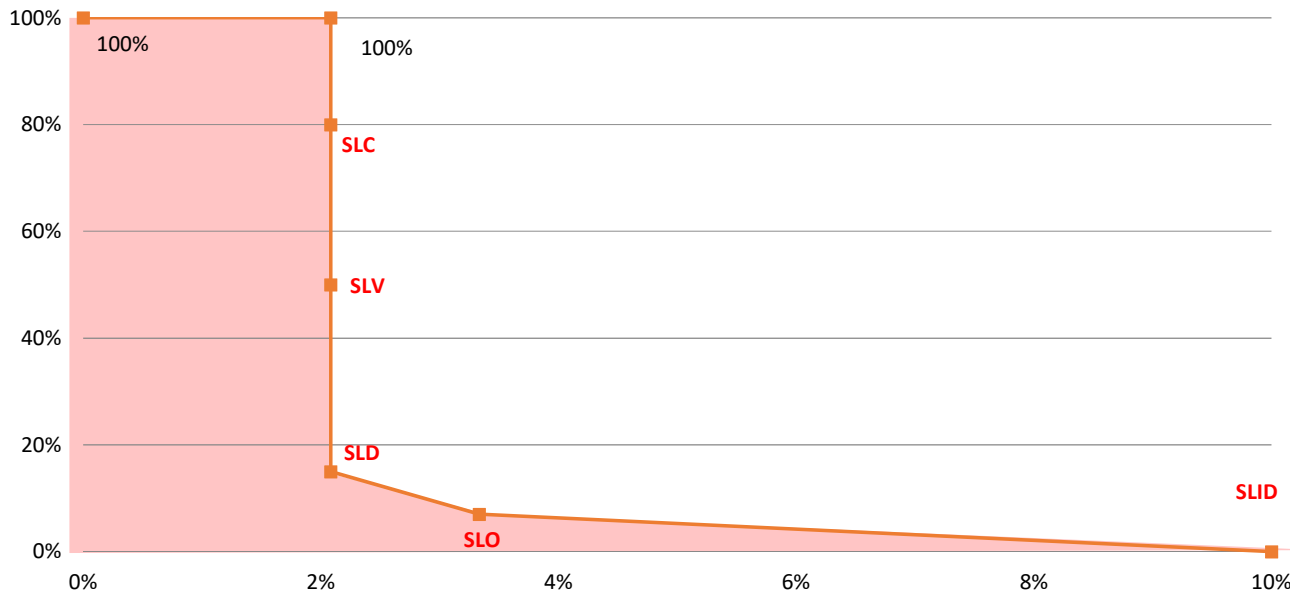
Stato Limite	CR(%)
SLR	100%
SLC	80%
SLV	50%
SLD	15%
SLO	7%
SLID	0%

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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:

$$\text{PGA}_c (\text{SLV}) / \text{PGA}_d (\text{SLV})$$

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

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

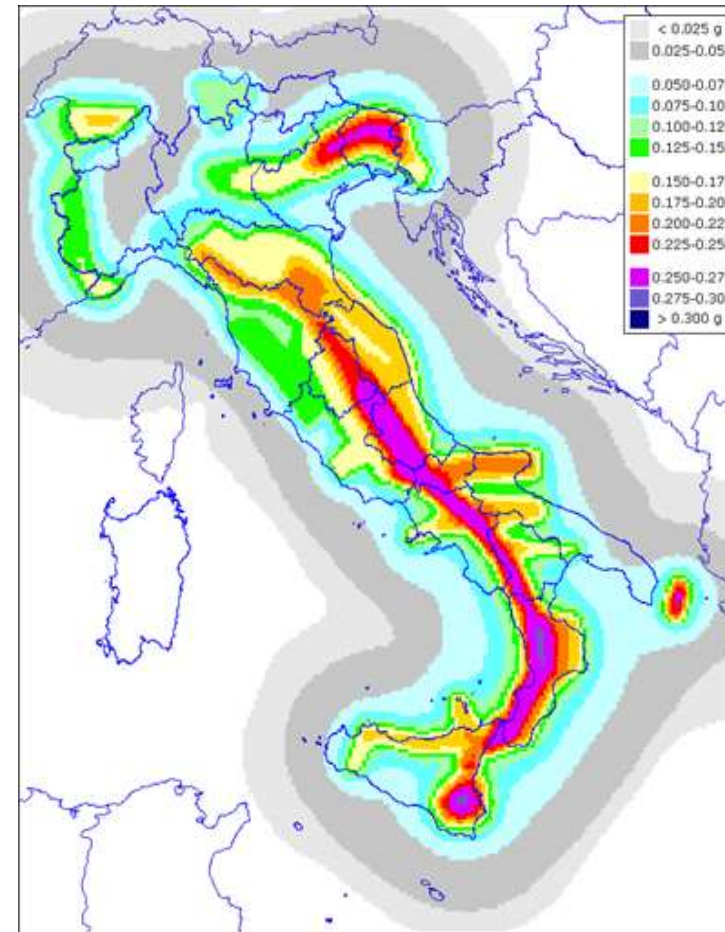
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali. Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida applicative e Sisma Bonus: Le novità introdotte

- **Estensione alle zone sismiche 1, 2 e 3,** buona parte del territorio nazionale a rischio (in precedenza, solo 1 e 2)
- **Stabilizzazione per 5 anni,** tra il 1 gennaio 2017 e il 31 dicembre 2021
- Riguarda gli immobili adibiti a **abitazioni, seconde case e ad attività produttive**
- **Detrazioni in 5 anni** (anziché 10)
- **Detrazioni premianti** maggiore è l'efficacia dell'intervento
- **Cessione del credito ai fornitori** per chi non può sostenere la spesa (con successivo provvedimento dell'Agenzia delle Entrate)



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida applicative e Sisma Bonus: 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 un'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»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida applicative e Sisma Bonus: I passaggi per realizzare un intervento con detrazioni

Operativamente, per accedere al Beneficio Fiscale:

- Il **proprietario** che intende accedere al beneficio, incarica un professionista della valutazione della classe di rischio e della predisposizione del progetto di intervento;
- Il **professionista**, architetto o ingegnere, individua la classe di Rischio della costruzione nello stato di fatto **prima dell'intervento**;
- Il professionista progetta l'intervento di riduzione del rischio sismico e determina la classe di Rischio della costruzione **a seguito del completamento dell'intervento**;
- Il professionista **assevera** i valori delle classi di rischio e l'efficacia dell'intervento;
- il proprietario può procedere ai primi pagamenti delle fatture ricevute;
- per la **cessione del credito** seguirà provvedimento Agenzia delle Entrate;
- Il **direttore dei lavori e il collaudatore statico** attestano al termine dell'intervento la conformità come da progetto.

1. Introduzione

2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico

2.1 «Background document»

2.2 «Linee Guida applicative»

3. Edifici Industriali

4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida applicative e Sisma Bonus: 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»

3. Edifici Industriali

4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Linee Guida applicative e Sisma Bonus: Contenuti dell'attestazione – Asseverazione: Allegato B

ALLEGATO B

ASSEVERAZIONE AI SENSI DELL'ART. 4 COMMA 1 DEL DECRETO MINISTERIALE _____

CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA COSTRUZIONE

situata nel COMUNE Di _____, al/ai seguente/i indirizzo/i

riportata al catasto al Foglio n. _____ Particella/e n. _____ sub. n. _____

Coordinate geografiche di due spigoli opposti della costruzione (WGS 84 - gradi decimali - fuso 32-33)			
Spigolo 1	Lat.	Lon.	Fuso
Spigolo 2	Lat.	Lon.	Fuso

Il sottoscritto _____ nato a _____
residente a _____ in _____
n. _____ C.F. _____ iscritto
all'Ordine _____ della Prov. di _____ n. iscriz. _____,
consapevole delle responsabilità penali e disciplinari in caso di mendaci dichiarazioni,

PREMESSO

- che è in possesso dei requisiti richiesti dall'art. 3 del Decreto Ministeriale n. _____ del _____,
- che opera nella qualità di tecnico incaricato di effettuare⁽¹⁾:
 - la Classificazione del Rischio Sismico dello stato di fatto della costruzione sopra individuata;
 - il progetto per la riduzione del Rischio sismico della costruzione sopra indicata e la relativa Classificazione del Rischio Sismico conseguente l'intervento progettato;

ASSEVERA

LA SEGUENTE DICHIARAZIONE

Dalle analisi della costruzione emerge quanto segue:

STATO DI FATTO (prima dell'intervento):

- Classe di Rischio della costruzione⁽²⁾: A+ A B C D E F G
- Valore dell'indice di sicurezza strutturale (IS-V)⁽³⁾: _____ %
- Valore della Perdita Annua Media (PAM)⁽³⁾: _____ %
- Linea Guida, utilizzata come base di riferimento per le valutazioni, approvata con D.M. n. _____ del _____/_____/20____; successivi aggiornamenti del _____/_____/20____;
- classe di rischio attribuita utilizzando il metodo: convenzionale semplificato
- si allega la relazione illustrativa dell'attività conoscitiva svolta e dei risultati raggiunti;

STATO CONSEGUENTE L'INTERVENTO PROGETTATO⁽⁴⁾

- Classe di Rischio della costruzione⁽²⁾: A+ A B C D E F G
- Valore dell'indice di sicurezza strutturale (IS-V)⁽³⁾: _____ %
- Valore della Perdita Annua Media (PAM)⁽³⁾: _____ %
- Linea Guida, utilizzata come base di riferimento per le valutazioni, approvata con D.M. n. _____ del _____/_____/20____; successivi aggiornamenti del _____/_____/20____;
- classe di rischio attribuita utilizzando il metodo: convenzionale semplificato
- estremi del Deposito/Autorizzazione al Genio Civile, ai sensi delle autorizzazioni in zona sismica, n. _____ del _____/_____/20____;
- si allega la relazione illustrativa dell'attività conoscitiva svolta e dei risultati raggiunti, inerenti la valutazione relativa alla situazione post-intervento.

EFFETTO DELLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO CONSEGUITO MEDIANTE L'INTERVENTO PROGETTATO⁽⁴⁾

Gli interventi strutturali progettati consentono una riduzione del Rischio Sismico della costruzione ed il passaggio di un numero di Classi di Rischio, rispetto alla situazione ante opera, pari a: n. 1 classe n. 2 o più classi

Data

Timbro e firma

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
 - 2.1 «Background document»
 - 2.2 «Linee Guida applicative»
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio

Edifici industriali

- **CARENZE STRUTTURALI**
- **RIFERIMENTI NORMATIVI**
- **APPLICAZIONE DEL METODO SEMPLIFICATO**
- **APPLICAZIONE DEL METODO CONVENZIONALE**

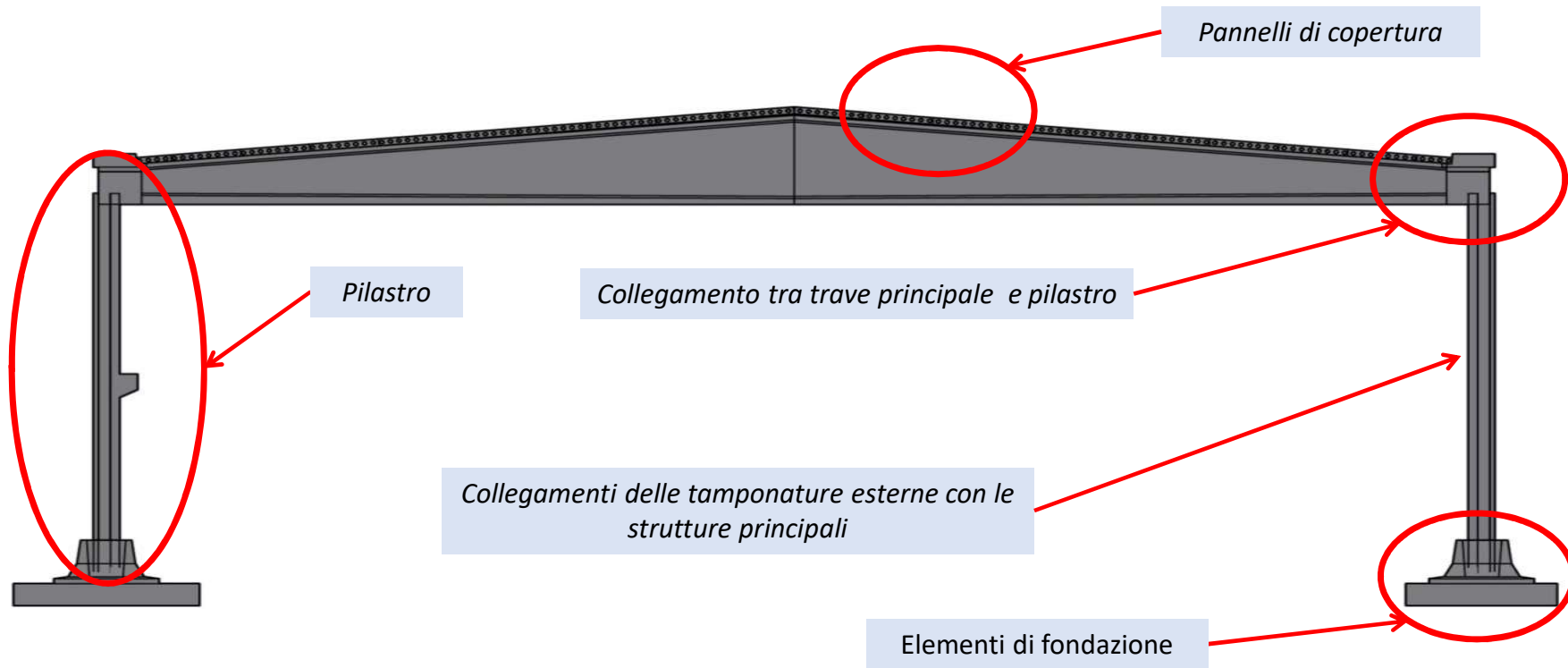
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
- 3.1 Carenze strutturali
- 3.2 Riferimenti normativi
- 3.3 Applicazione del metodo semplificato
- 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

PREFABBRICATO MONOPIANO “TIPO”

Principali carenze strutturali rilevate a seguito del sisma del 2012



- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
- 4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

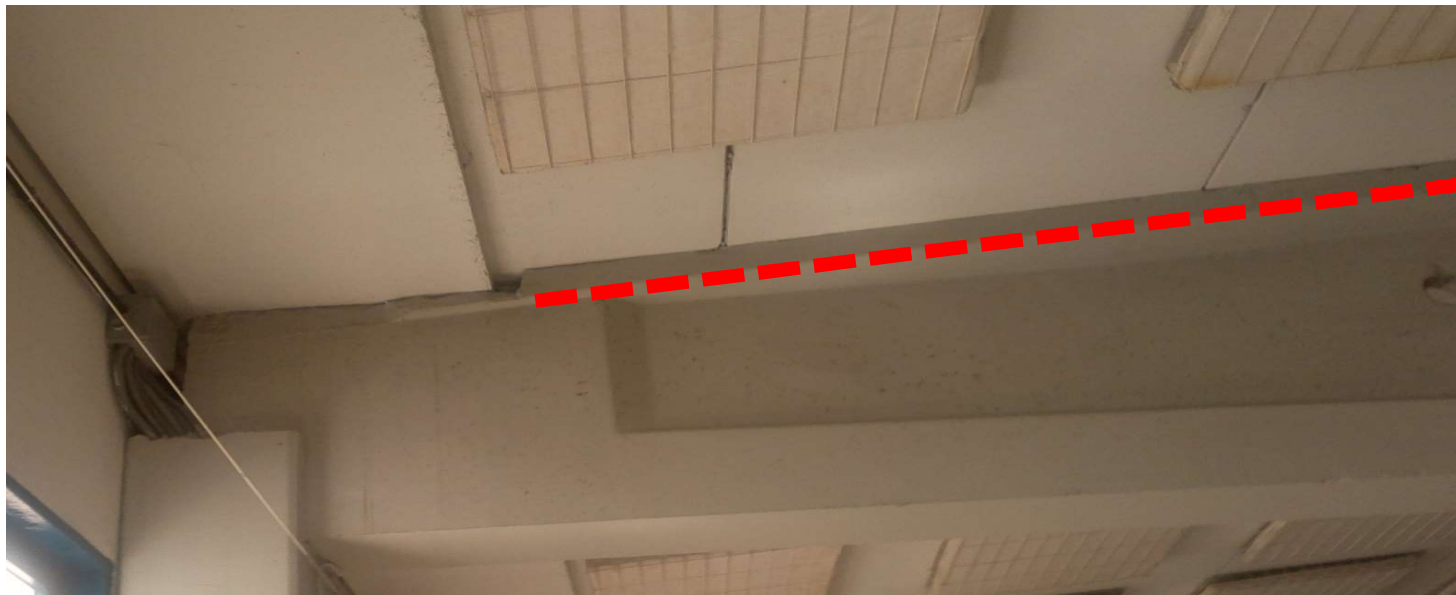
Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

PREFABBRICATO MONOPIANO “TIPO”

Principali carenze strutturali rilevate a seguito del sisma del 2012

PANNELLI DI COPERTURA SEMPLICEMENTE APPOGGIATI

→ Possibile perdita di appoggio



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
- 3.1 Carenze strutturali
- 3.2 Riferimenti normativi
- 3.3 Applicazione del metodo semplificato
- 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

PREFABBRICATO MONOPIANO “TIPO”

Principali carenze strutturali rilevate a seguito del sisma del 2012

COLLEGAMENTO TRAVE E PILASTRO

- Assenza di collegamenti a taglio
- Resistenza insufficiente dei collegamenti a taglio
- Resistenza insufficiente di forcelle e tenoni
- Insufficiente capacità a taglio della trave



Insufficiente resistenza della forcilla

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

PREFABBRICATO MONOPIANO “TIPO”

Principali carenze strutturali rilevate a seguito del sisma del 2012

PILASTRO

Insufficiente rigidezza nei confronti delle sollecitazioni di progetto

Insufficiente resistenza nei confronti delle sollecitazioni di progetto

Insufficiente duttilità nei confronti delle sollecitazioni di progetto



Cerniera plastica alla base del pilastro



Fessurazione alla base del pilastro

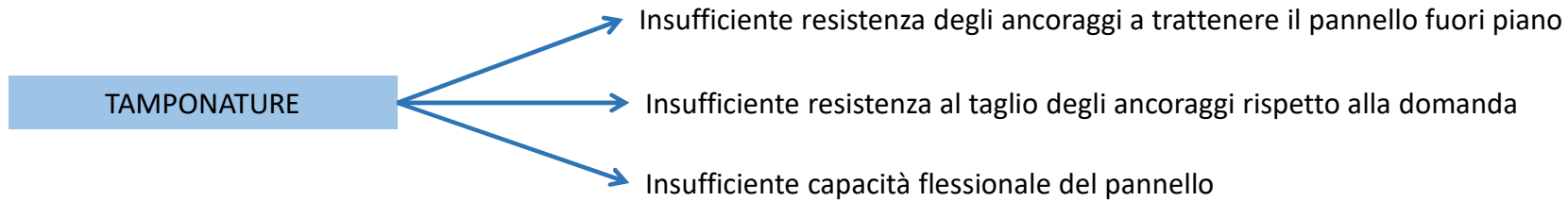
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
- 3.1 Carenze strutturali
- 3.2 Riferimenti normativi
- 3.3 Applicazione del metodo semplificato
- 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

PREFABBRICATO MONOPIANO “TIPO”

Principali carenze strutturali rilevate a seguito del sisma del 2012



Distacco dei tamponamenti



Distacco dei tamponamenti



Rottura attacco della mensola di supporto pannello e conseguente crollo del pannello

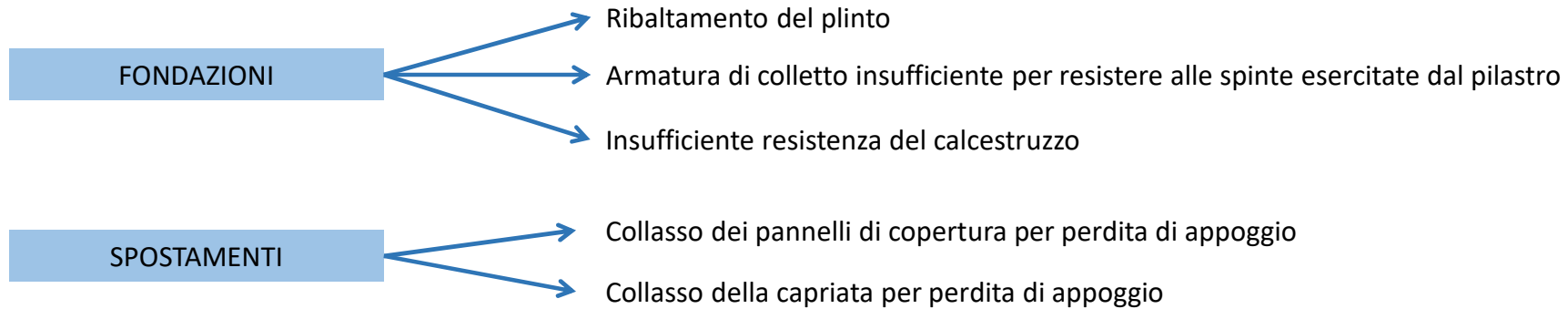
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

PREFABBRICATO MONOPIANO “TIPO”

Principali carenze strutturali rilevate a seguito del sisma del 2012



Perdita di appoggio della capriata



Perdita di appoggio dei pannelli di copertura



Incipiente perdita di appoggio di una trave principale

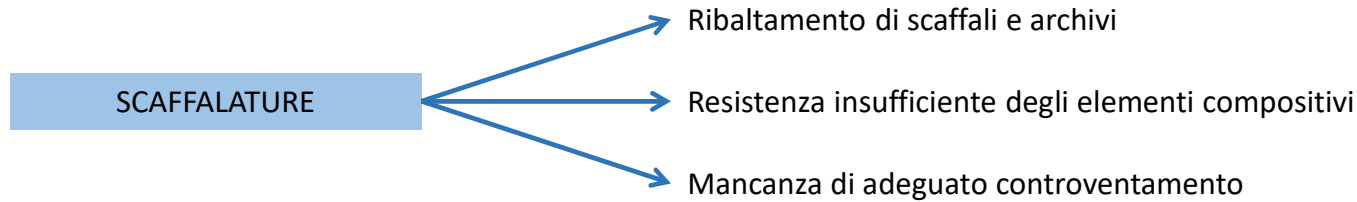
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

PREFABBRICATO MONOPIANO “TIPO”

Principali carenze strutturali rilevate a seguito del sisma del 2012



Ribaltamento scaffali e archivi



Collasso degli elementi compositivi

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
- 4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

RIFERIMENTI NORMATIVI

Norme Tecniche per le Costruzioni

DM infrastrutture 14 gennaio 2008
e circolare 2 febbraio 2009 n°617/C.S.LL.PP

D.L. 6 giugno 2012, n°74

Interventi immediati a favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici che hanno interessato il territorio delle province di Bologna, Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia e Rovigo, il 20 e 29 maggio 2012.

Legge attuativa 01 agosto 2012, n°122

Contenente modificazioni apportate in sede di conversione al DL n°74 del 6 giugno 2012.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

EDIFICI INDUSTRIALI – Riferimenti normativi – Fasi per la valutazione della vulnerabilità

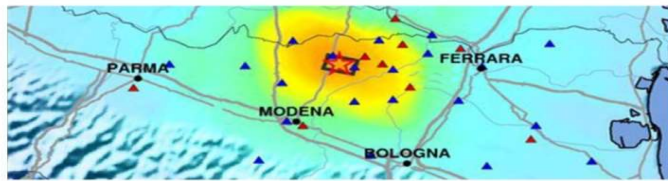
Legge attuativa 01 agosto 2012, n°122

DETERMINAZIONE DEL LIVELLO DI SICUREZZA

Se $a > 70\% a_g$

e fabbricato non uscito dall'ambito del comportamento elastico lineare

Si ritiene che il livello di sicurezza richiesto sia stato raggiunto



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%)	<0.1	0.5	2.4	6.7	13	24	44	83	>156
PEAK VEL.(cm/s)	<0.07	0.4	1.9	5.8	11	22	43	83	>160
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X=

Scale based upon Wael, et al., 1999

Se $a < 70\% a_g$

Occorre valutazione di vulnerabilità in conformità all'art.8 delle NTC2008

Livello $\geq 60\%$

Non occorrono interventi

Livello $\leq 60\%$

Occorrono estesi interventi

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali. Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Capitolo 8 delle NTC2008

CONOSCENZA DEL MANUFATTO

Analisi storico critica

Per ottenere informazioni circa le **tecniche costruttive risalenti all'epoca della costruzione** ed eventuali terremoti che hanno investito l'edificio in passato.

N.B. : Porre particolare attenzione:

- alla determinazione di rigidezza, resistenza e spostamento ultimo dei vincoli tra gli elementi costituenti l'edificio;
- alla determinazione delle proprietà meccaniche e geometriche degli elementi non strutturali e dei vincoli tra elementi non strutturali e struttura.

Rilievo geometrico e Strutturale

Determinazione di caratteristiche geometriche e strutturali del complesso edilizio.

Documentazione reperibile presso:

- **Ufficio della Prefettura (fino al 1971)**
- **Genio Civile (dopo il 1971)**
- **Uffici del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**
- **Uffici tecnici delle Aziende di prefabbricazione.**

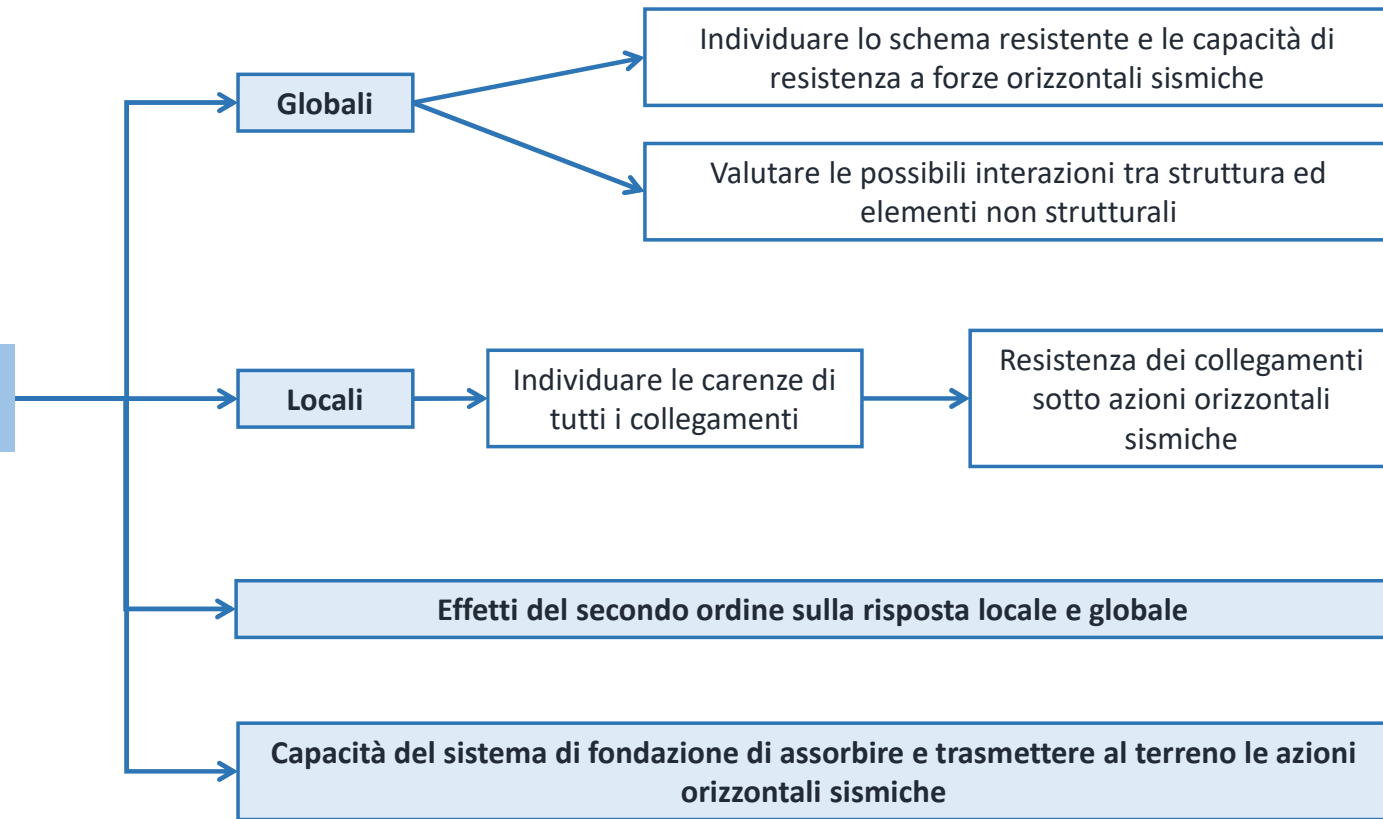
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Capitolo 8 delle NTC2008

INDIVIDUAZIONE DELLE CARENZE PIU' RICORRENTI



- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
- 4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Capitolo 8 delle NTC2008

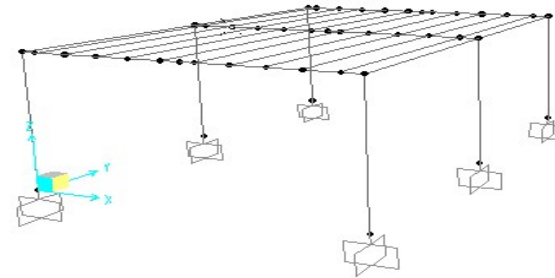
MODELLAZIONE ED ANALISI DELLA COSTRUZIONE

Riprodurre, coerentemente con la tipologia di analisi prescelta, lineare o non lineare, lo schema statico resistente della costruzione ed i tipi di vincolo dei collegamenti nelle varie direzioni

Tenere in conto dell'influenza di elementi non strutturali sia in termini di massa che rigidità con la loro effettiva posizione e collegamenti alla struttura.



Edificio reale



Schema statico resistente

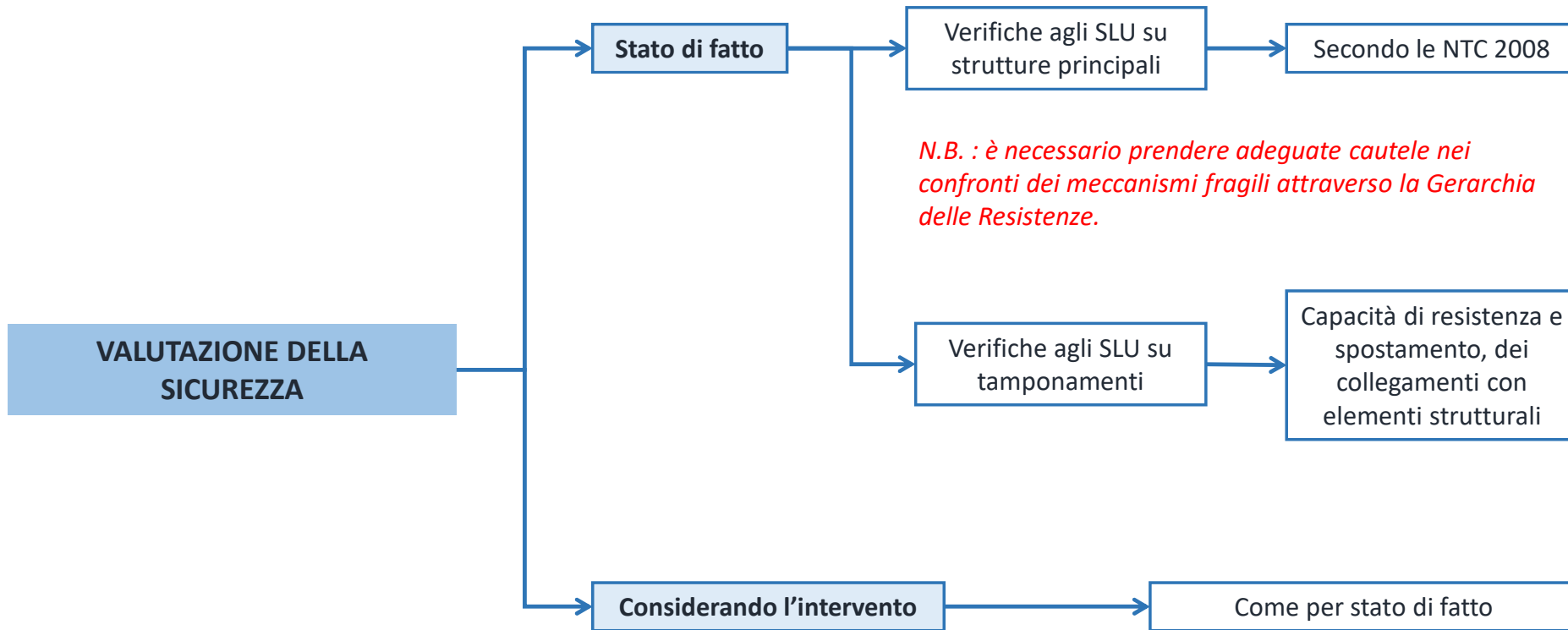
N.B. : L'accuratezza del modello e dell'analisi devono essere verificate confrontando le sollecitazioni alla base e gli spostamenti in sommità con i relativi valori ottenibili con metodi semplificati.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Capitolo 8 delle NTC2008



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

EDIFICI INDUSTRIALI – Applicazione del METODO SEMPLIFICATO delle Linee Guida

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, andando ad eliminare le carenze nel seguito elencate:

- **Carenze nelle unioni tra elementi strutturali** (ad es. trave-pilastro e copertura-travi), rispetto alle azioni sismiche da sopportare e, comunque, interventi 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 ()*

- **Carenza 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
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

(*) 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

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

EDIFICI INDUSTRIALI – Applicazione del METODO SEMPLIFICATO delle Linee Guida

- **Carenza 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:

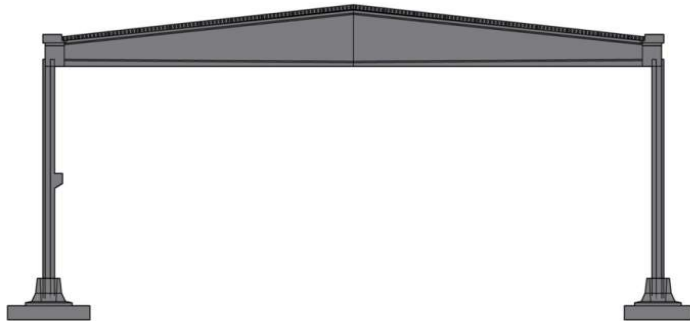
il dimensionamento dei collegamenti avvenga con riferimento al criterio di gerarchia delle resistenze, adottando collegamenti duttili, prevedendo sistemi di ancoraggio efficaci

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ DI CAPANNONE MEDIO-PICCOLO



Combinazione di carico sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \times Q_{k1} + \psi_{22} \times Q_{k2} + \dots$$

Parametri per la definizione dell'azione sismica:

Terreno di tipo C, Categoria topografica T1;
Emilia Romagna, Modena, Mirandola (Long 11.0672, Lat 44.8877)

Edificio regolare in altezza ed in pianta, categoria d'uso II

Caratteristiche del prefabbricato:

Lunghezza trave 12 m
Interasse telai 8 m
Altezza 6 m

Pilastrini 40x40

Carichi utilizzati:

Carico di esercizio 0.5 kN/m²
Carico neve 0.9 kN/m²
Lastre di copertura 1.6 kN/m²
Pannelli di tampon. 3.25 kN/m²
Peso proprio trave 3.5/4.0 kN/m

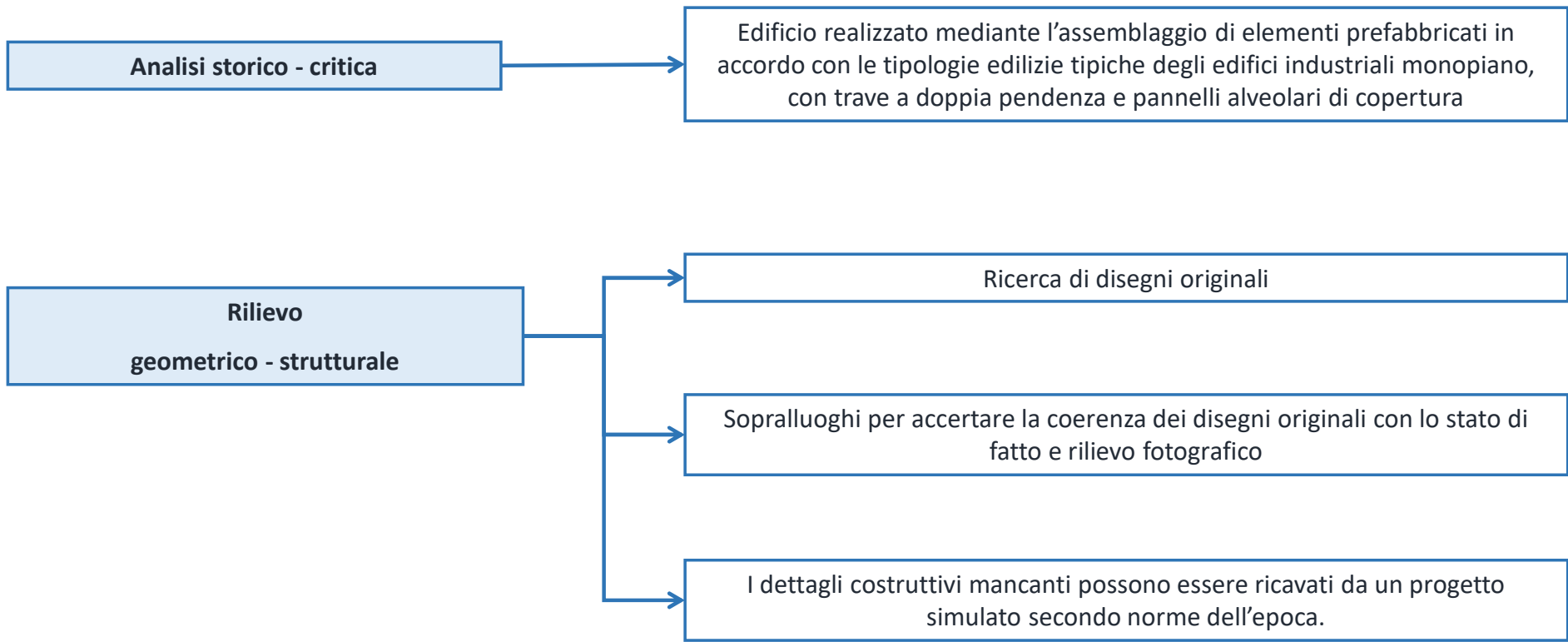
VR =50 anni	
	T _{R,D}
SLO	30
SLD	50
SLV	475
SLC	975

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo convenzionale
- 4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali. Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ DI CAPANNONE MEDIO-PICCOLO

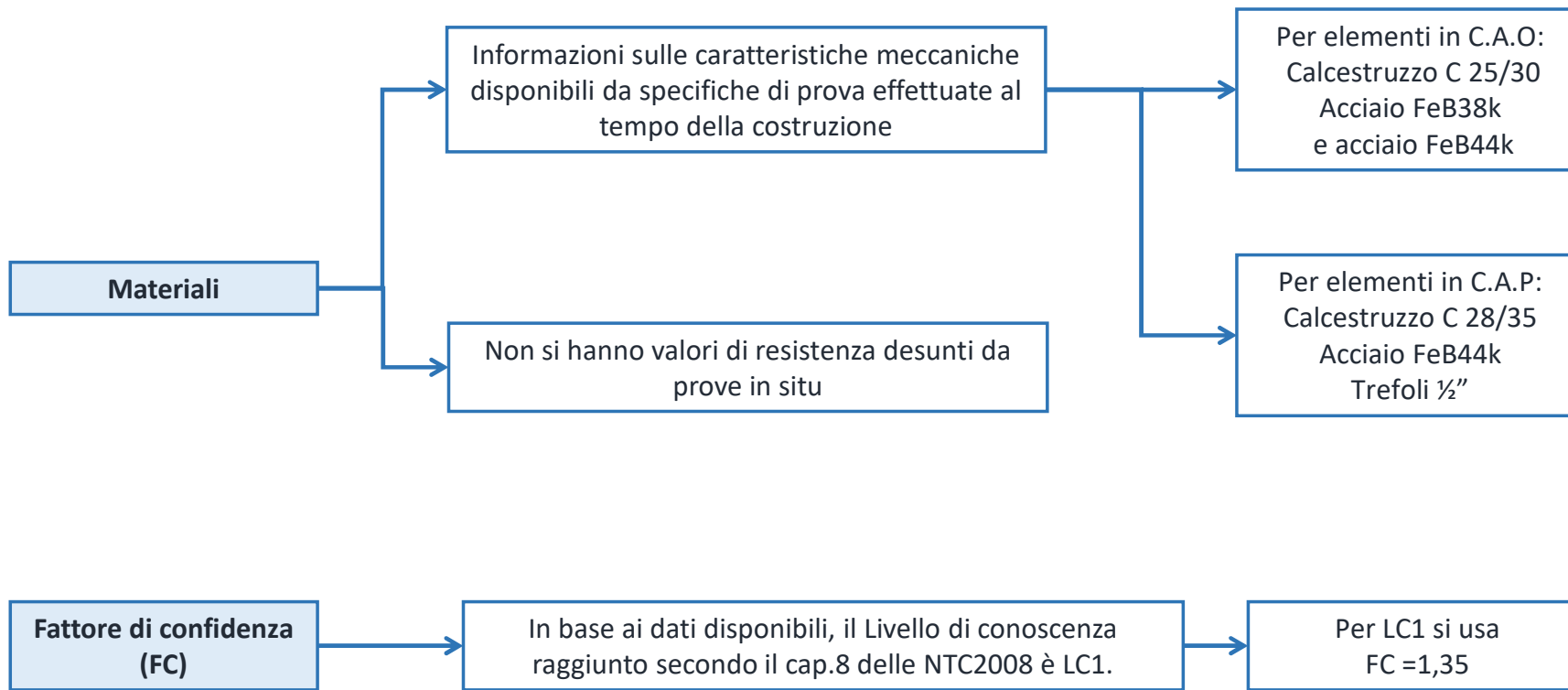


- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
- 4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali. Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ DI CAPANNONE MEDIO-PICCOLO

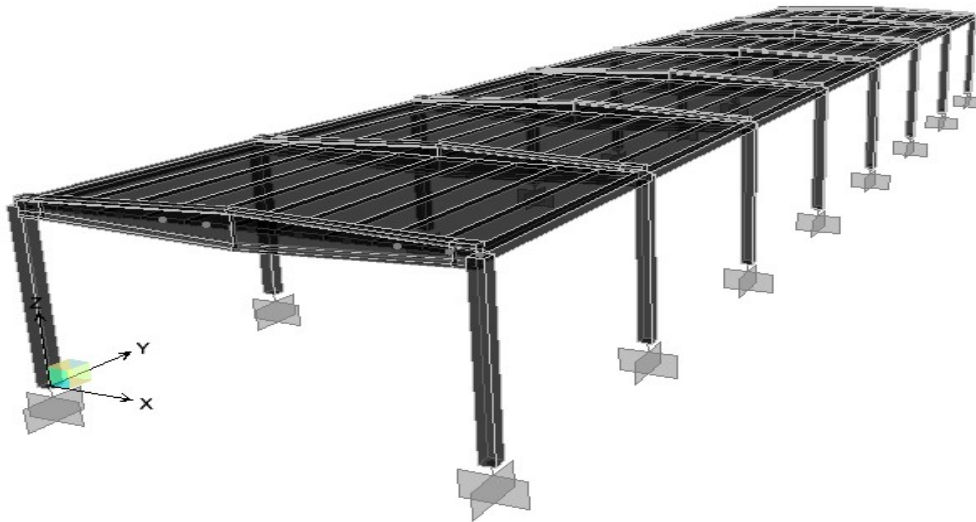


1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ DI CAPANNONE MEDIO-PICCOLO

IL MODELLO DI CALCOLO

Per la valutazione di vulnerabilità è stata utilizzato un modello agli elementi finiti e **analisi modale** con fattore di struttura $q = 1.5$ (valore minimo specificato nelle NTC per capannoni industriali)



Sono stati riportati gli **elementi** ritenuti

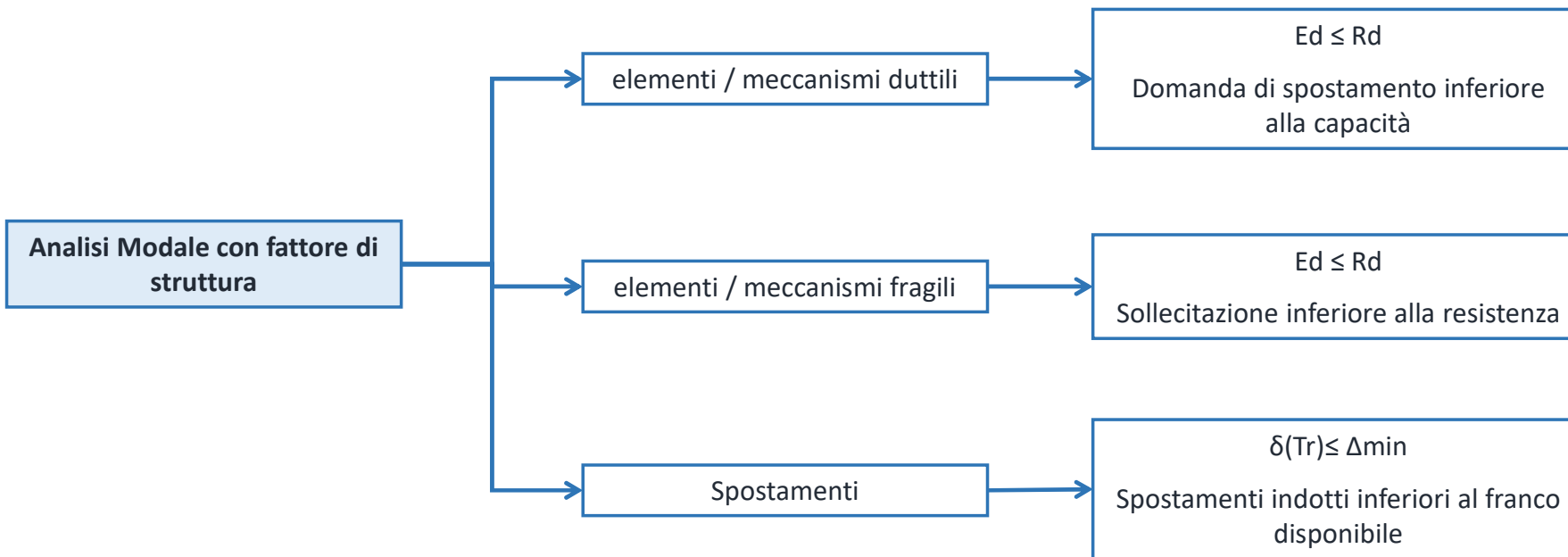
primari quali:

- Lastre di copertura
- Travi principali
- Pilastrini

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ DI CAPANNONE MEDIO-PICCOLO

Verifiche condotte come disposto al cap.8 delle NTC2008



Per il calcolo della resistenza di elementi/meccanismi duttili, si impiegano le proprietà dei materiali esistenti divise per il fattore di confidenza mentre nel calcolo della resistenza degli elementi/meccanismi fragili si impiegano le proprietà dei materiali divise sia per il fattore di confidenza che per il fattore di sicurezza.

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
- 4. Casi Studio

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ DI CAPANNONE MEDIO-PICCOLO

Esiti delle verifiche

Elemento	Tipo di verifica	Esito delle verifiche con sisma al 60%
Capriata	Flessione	Positivo
	Taglio	Positivo
Pilastrini 40x40	Pressoflessione	Negativo
	Taglio	Positivo
	Stabilità	Negativo
Bicchieri prefabbricati	Bordo frontale	Negativo
	Pareti laterali	Negativo
	Armatura di colletto	Negativo
	Ciabatta	Positivo
	Ribaltamento del plinto	Negativo
	Scorrimento	Positivo
Sottoplinta	Resistenza a flessione	Positivo
	Taglio punzonamento	Positivo
	Scorrimento	Positivo
	Carico limite	Positivo

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ DI CAPANNONE MEDIO-PICCOLO

Percentuali di sisma per le quali risulta sufficiente la resistenza degli elementi che non verificano con sisma al 60%.

Elemento	Tipo di verifica	% di sisma
Capriata	Flessione	Più del 60%
	Taglio	Più del 60%
Pilastri 40x40	Pressoflessione	35%
	Taglio	Più del 60%
	Stabilità	35%
Bicchiere prefabbricato	Bordo frontale	35%
	Pareti laterali	25%
	Armatura di colletto	35%
	Ciabatta	60%
	Ribaltamento del plinto	50%
	Scorrimento	Più del 60%
Sottoplinto	Resistenza a flessione	Più del 60%
	Taglio punzonamento	Più del 60%
	Scorrimento	Più del 60%
	Carico limite	60%

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
- 4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ DI CAPANNONE MEDIO-PICCOLO

Verifica degli spostamenti

Stato limite di perdita di appoggio

Può verificarsi nei collegamenti tra elementi privi di meccanismi capaci di garantire il trasferimento degli sforzi in regime dinamico

Occorre garantire che lo spostamento massimo relativo tra gli elementi, sia inferiore al franco disponibile ovvero :

$$\delta(\text{Tr}) \leq \Delta_{\min}$$

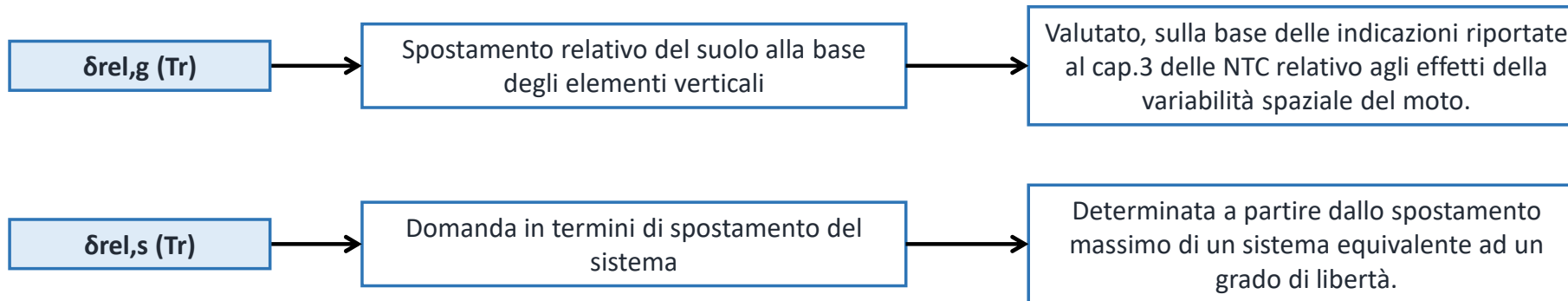
Caso della trave che appoggia sulla forcella del pilastro

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
- 4. Casi Studio

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ DI CAPANNONE MEDIO-PICCOLO

Verifica degli spostamenti

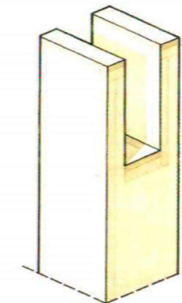
$$\delta(\text{Tr}) = \delta_{\text{rel,g}}(\text{Tr}) + \delta_{\text{rel,s}}(\text{Tr})$$



Nel caso della trave che appoggia sulla forcina in testa al pilastro:

$\delta_{\text{rel,g}} [m]$	$\delta_{\text{rel,s}} [m]$	$\delta(\text{Tr}) [m]$	$\Delta_{\text{min}} [m]$
0,05	0,115	0,165	0,30

$$\delta(\text{Tr}) \leq \Delta_{\text{min}}$$



- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
- 4. Casi Studio

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ DI CAPANNONE MEDIO-PICCOLO

Calcolo del fattore di struttura disponibile

Sfruttando la verifica di duttilità riportata al cap.7 delle NTC2008

$$\mu_{\chi} \geq 2q_0 - 1$$

$$T_1 \geq T_c$$

$$\mu_{\chi} \geq 1 + \frac{2(q_0 - 1)T_c}{T_1}$$

$$T_1 < T_c$$

È possibile determinare il fattore di struttura disponibile che potrebbe motivare l'assunzione di un fattore di struttura differente da 1,5.

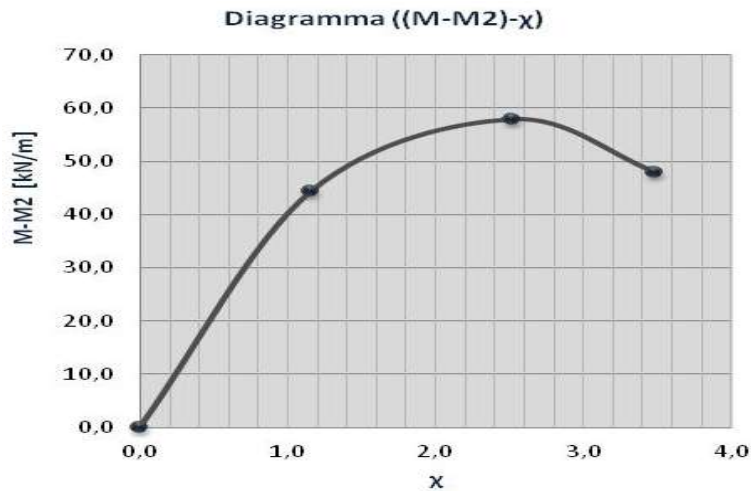
Fasi del procedimento:

- 1) Determinazione del diagramma (M- χ) di un pilastro;
- 2) Individuazione della retta del momento del secondo ordine;
- 3) Tracciamento del diagramma ((M-M2)- χ);
- 4) Calcolo della duttilità di curvatura dal rapporto: $\mu_{\chi} = \chi_u / \chi_y$
- 5) Determinazione di q_0 massimo dalle verifiche di duttilità;
- 6) Determinazione di $q = K_R q_0$ con K_R pari a 1 e per strutture regolari in altezza.

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
- 4. Casi Studio

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ DI CAPANNONE MEDIO-PICCOLO

Calcolo del fattore di struttura disponibile



$\chi_u =$ curvatura ultima, a cui corrisponde una riduzione del 15% della massima resistenza a flessione;

$\chi_y =$ curvatura al limite dello snervamento.

Risultati ottenuti considerando il pilastro ritenuto significativo:

	χ_u	χ_y	μ_χ	q_0	$q=q_0$
Pilastro	4,3	0,9	4,78	2,23	2,23

Il fattore di struttura è maggiore di 1,5

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo convenzionale
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali. Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ DI CAPANNONE MEDIO-PICCOLO

Stima del fattore di struttura richiesto (duttilità richiesta)

Stima della duttilità in spostamento richiesta ai pilastri nello stato di fatto, a partire dai carichi orizzontali utilizzati per il progetto originale.

$$\delta = \frac{M_{eqk}}{M_r} \quad \begin{cases} M_{eqk} = \left(\frac{\mu \cdot B \cdot L}{2} \right) \cdot S_a \cdot H \\ M_r = (\rho_w \cdot B \cdot H) \cdot \frac{H}{2} \end{cases} \quad \delta = \frac{M_{eqk}}{M_r} = \frac{\mu \cdot B \cdot L \cdot S_a \cdot H / 2}{\rho_w \cdot B \cdot H^2 / 2} = \frac{L}{H} \frac{\mu \cdot S_a}{\rho_w}$$

L, H, B: luce della trave, altezza del pilastro, interasse telai

μ: massa per unità di superficie a livello della copertura

S_a: accelerazione spettrale elastica valutata in corrispondenza del primo modo di vibrare

ρ_w: azione del vento per le Norme Tecniche vigenti al tempo della costruzione dell'opera.

Correzione di δ per tener conto degli effetti del secondo ordine con il fattore moltiplicativo:

$$\frac{1}{1 - \theta} \quad \text{In cui} \quad \theta = \frac{P \cdot d_r}{V \cdot H} = \frac{(\mu \cdot B \cdot L) \cdot (S_{d,d} \cdot \delta)}{\left(\frac{\mu \cdot B \cdot L}{g} \cdot S_{a,d} \right) H} = \frac{g \cdot \delta}{\omega^2 \cdot H}$$

Il risultato ottenuto è:

q ≡ dc	dd	dc/dd
2,23	6	0,37 (37%)

La % ottenuta è prossima a quella derivante dall'analisi modale, pari al 35%.

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo convenzionale
- 4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali. Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ DI CAPANNONE MEDIO-PICCOLO

Calcolo dei parametri per l'applicazione del metodo convenzionale

$PGA_C/PGA_D = 25\%$

Rapporto ricavato in riferimento all'elemento in condizioni di verifica più sfavorevoli

$T_{R,D} (SLV) = 475$ anni

$T_{R,C} = T_{R,D} (PGA_C/PGA_D)^{0.41} = 269$ anni

$\lambda_{SLV} = 1/T_{R,C} (SLV) = 0.37\%$

$\lambda_{SLD} = 1/T_{R,C} (SLD) = 0.37\%$

Ipotesi: si assume che il raggiungimento di SLD avvenga contemporaneamente al raggiungimento di SLV

$\lambda_{SLC} = 0.49 \lambda_{SLV} = 0.18\%$

$\lambda_{SLO} = 1.67 \lambda_{SLD} = 0.62\%$

$\lambda_{SLR} = \lambda_{SLC} = 0.18\%$

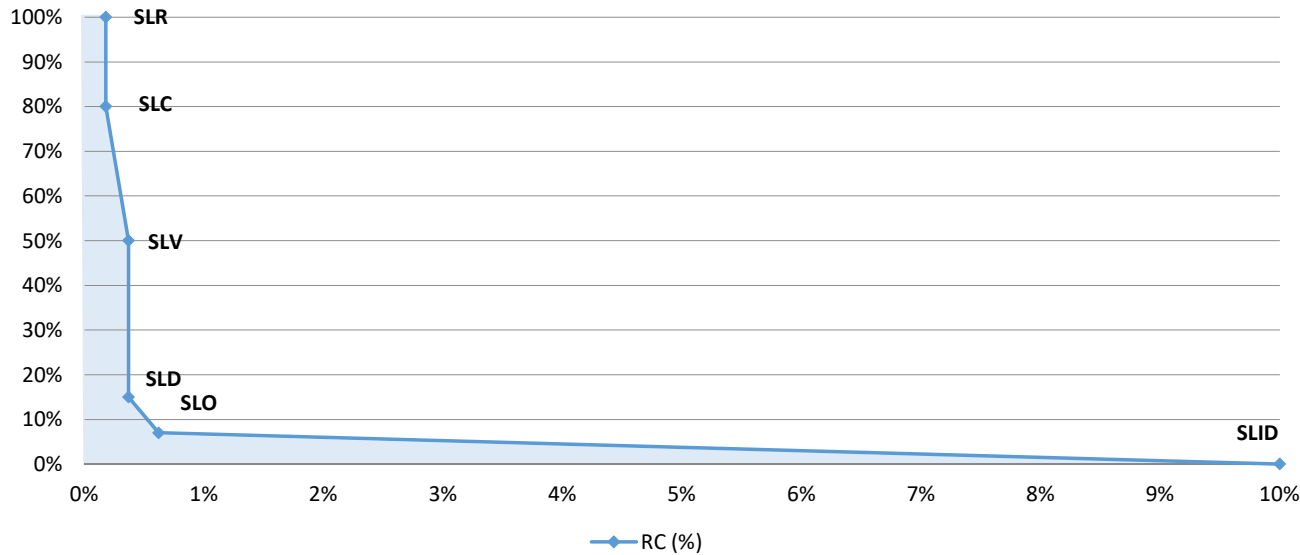
$\lambda_{SLID} = 10\%$

Definizione convenzionale

	$\lambda=1/Tr$ (%)	CR (%)
SLID	10%	0%
SLO	0.62%	7%
SLD	0.37%	15%
SLV	0.37%	50%
SLC	0.18%	80%
SLR	0.18%	100%

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
- 4. Casi Studio

EDIFICI INDUSTRIALI – Applicazione del METODO CONVENZIONALE delle Linee Guida



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

PAM	0,66%
CLASSE PAM	A

	$\lambda=1/Tr$ (%)	CR (%)
SLID	10%	0%
SLO	0.62%	7%
SLD	0.37%	15%
SLV	0.37%	50%
SLC	0.18%	80%
SLR	0.18%	100%

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
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

EDIFICI INDUSTRIALI – Applicazione del METODO CONVENZIONALE delle Linee Guida

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 / PGA_d	25%
IS-V	25%
CLASSE IS-V	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.

CLASSE PAM	A
CLASSE IS-V	E
CLASSE DI RISCHIO	E

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

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo convenzionale
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

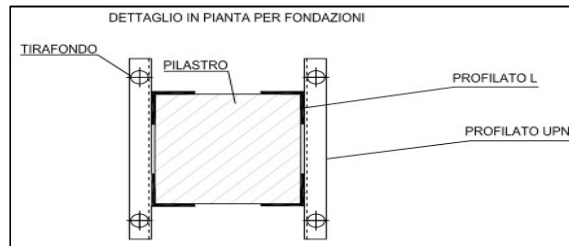
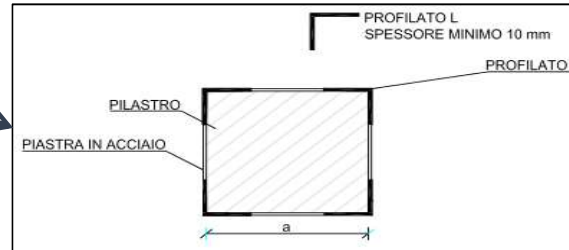
EDIFICI INDUSTRIALI – Applicazione del METODO CONVENZIONALE delle Linee Guida

PROPOSTE DI INTERVENTO

Confinamento mediante angolari in acciaio

Base pilastro

FRP



IRRIGIDIMENTO ZONA CRITICA



POSSIBILE CRISI BICCHIERE

Il progetto dell'intervento deve essere effettuato in modo tale che l'elemento, una volta adeguato, sia in grado di sopportare un sisma almeno pari al 60% di quello di progetto per nuove costruzioni.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo convenzionale
4. Casi Studio

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

PROPOSTE DI INTERVENTO

Il progetto dell'intervento deve essere effettuato in modo tale che l'elemento, una volta adeguato, sia in grado di sopportare un sisma almeno pari al 60% di quello di progetto per nuove costruzioni.

Infine occorre porre particolare attenzione agli elementi secondari quali i PANNELLI DI TAMPONAMENTO PREFABBRICATI



Il cedimento anche di un singolo elemento del sistema di ancoraggio comporta il rovesciamento del pannello a terra, con notevoli rischi per l'incolumità delle persone



Occorre considerare la resistenza della connessione sia agli SLD che agli SLV, in modo tale da poter garantire alla connessione la capacità di sviluppare le opportune deformazioni senza che il collasso venga raggiunto.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
 - 3.1 Carenze strutturali
 - 3.2 Riferimenti normativi
 - 3.3 Applicazione del metodo semplificato
 - 3.4 Applicazione del metodo Convenzionale
4. Casi Studio

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Applicazione dei metodi indicati dalle linee guida applicative a casi studio

Presentazione del primo caso studio

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**.



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
- 4.1 Edificio 1
- 4.2 Edificio 2
- 4.3 Edificio 3
- 4.4 Edificio 4

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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



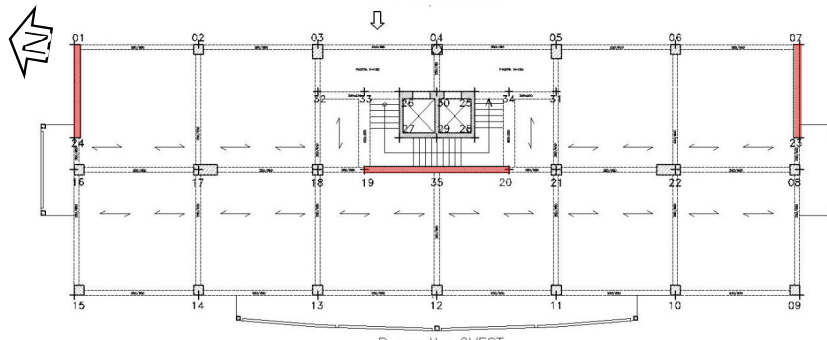
- Edificio residenziale (Classe d'uso II)
- Sito a Genova (zona sismica 3)
- Anno di costruzione 2006
- Progetto OPCM 3274/2003

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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

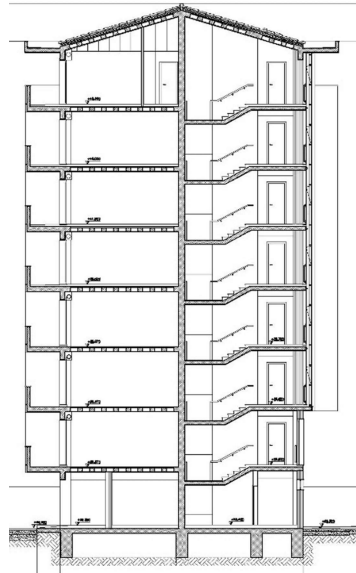
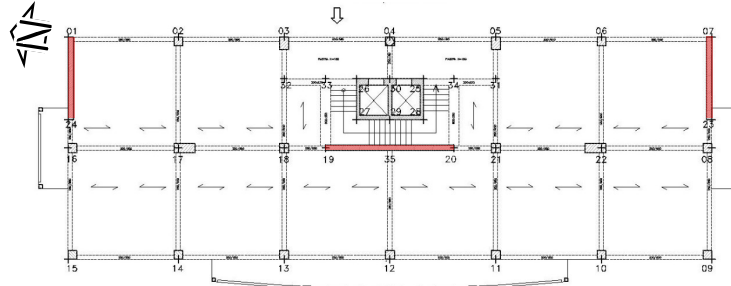
Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
- 4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

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

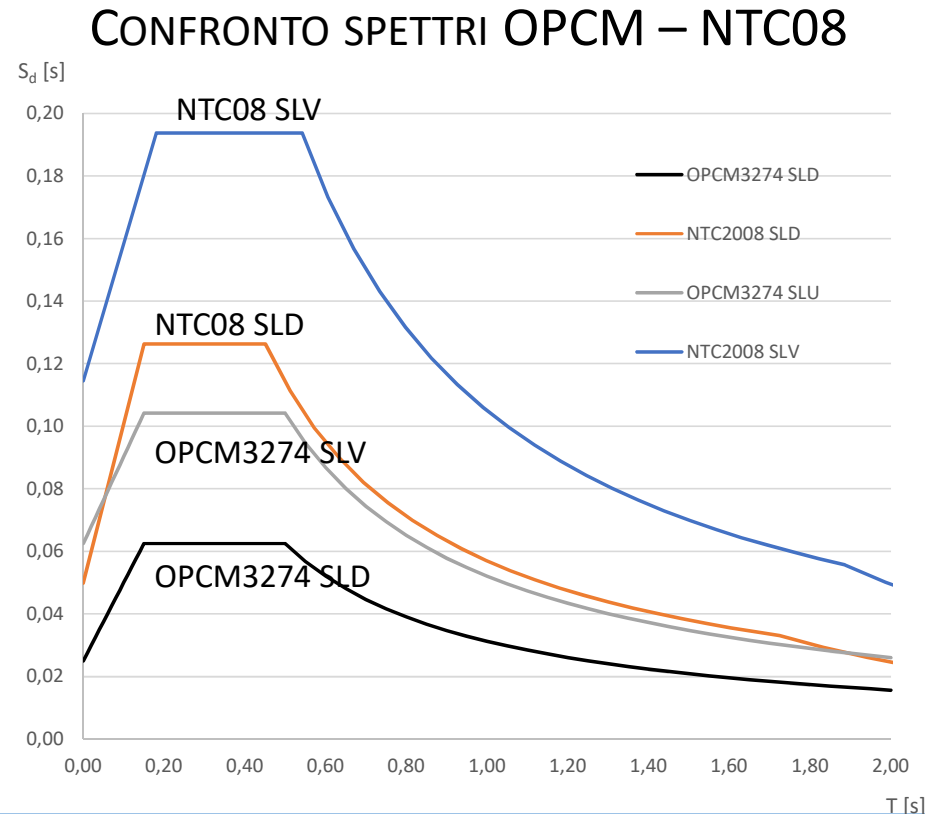
Considerazioni in merito alla progettazione dell'edificio

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.



**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

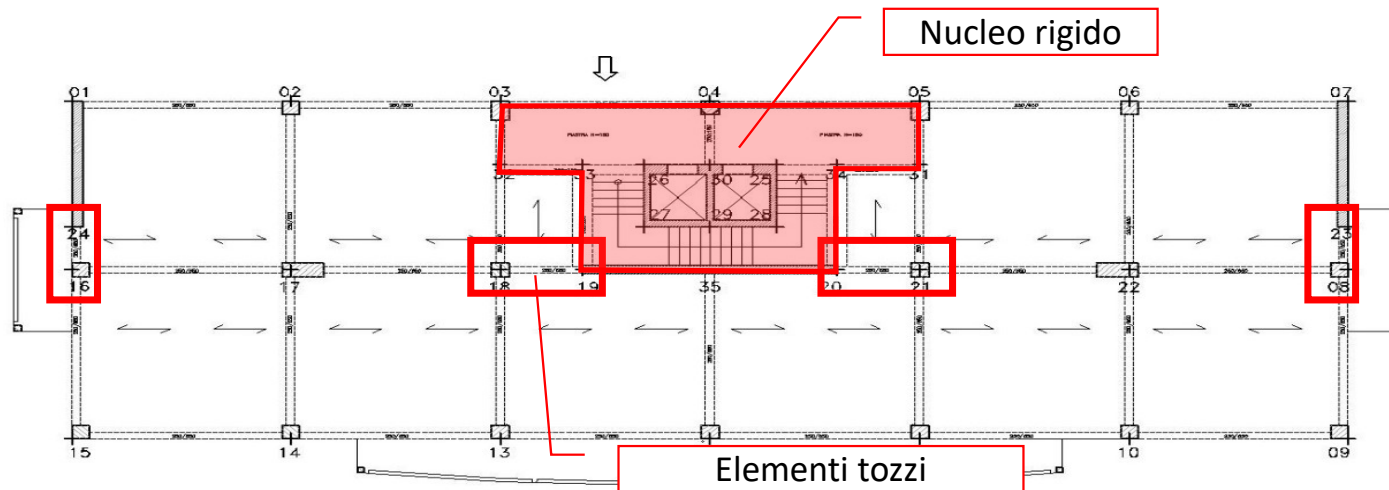
Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

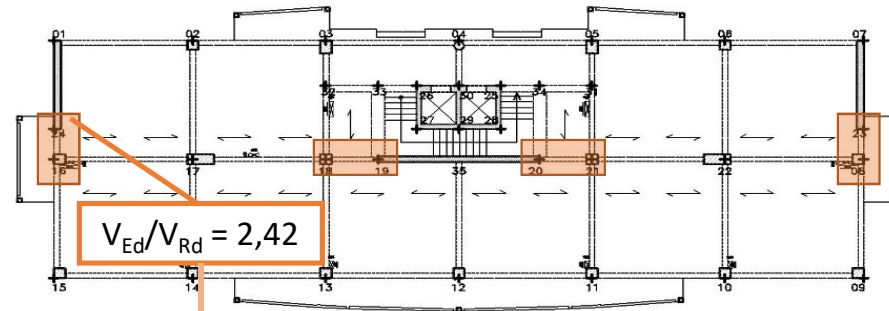
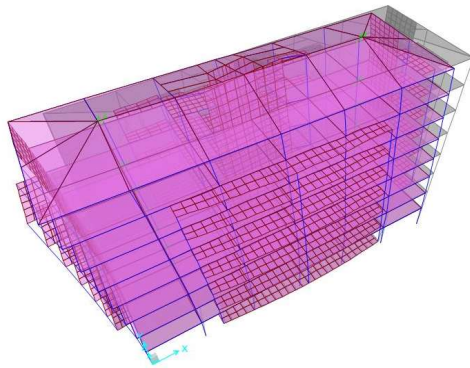
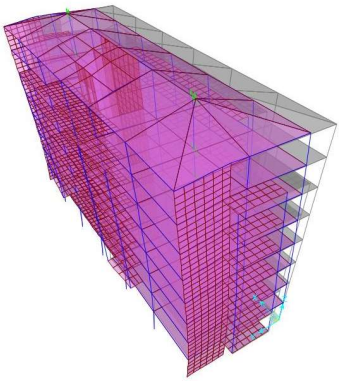
Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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%



ELEMENTO PIÙ VULNERABILE A TAGLIO E FLESSIONE ALLO SLV

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

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

STATO LIMITE	T _{R,C} [ANNI]	STATO LIMITE	T _{R,C} [ANNI]
SLO	>1000	SLO	30
SLD	>1000	SLD	30
SLV	30	SLV	30
SLC	30	SLC	30

Frame	Stat.	V ₂	M ₃	Passo	V _{Rd}	V _{Ed} /V _{Rd}	Verifica taglio	M _{Rd}	M _{Ed} /M _{Rd}	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

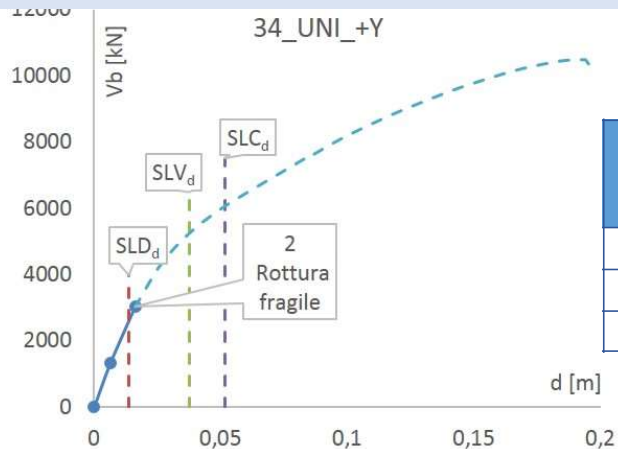
Gli **elementi tozzi si rompono prima** che la struttura raggiunga gli **spostamenti limite** di interpiano associati all'**SLO ed SLD**.

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali. Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

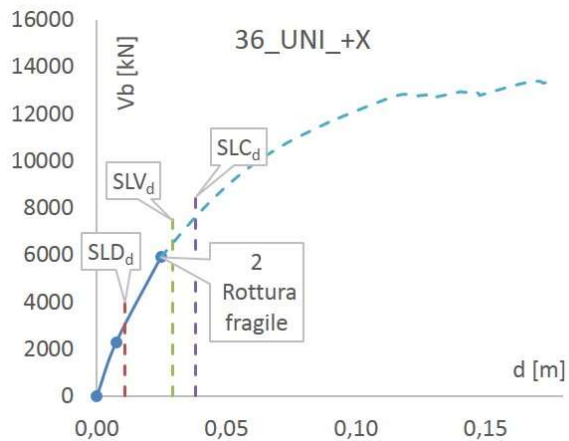
Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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%

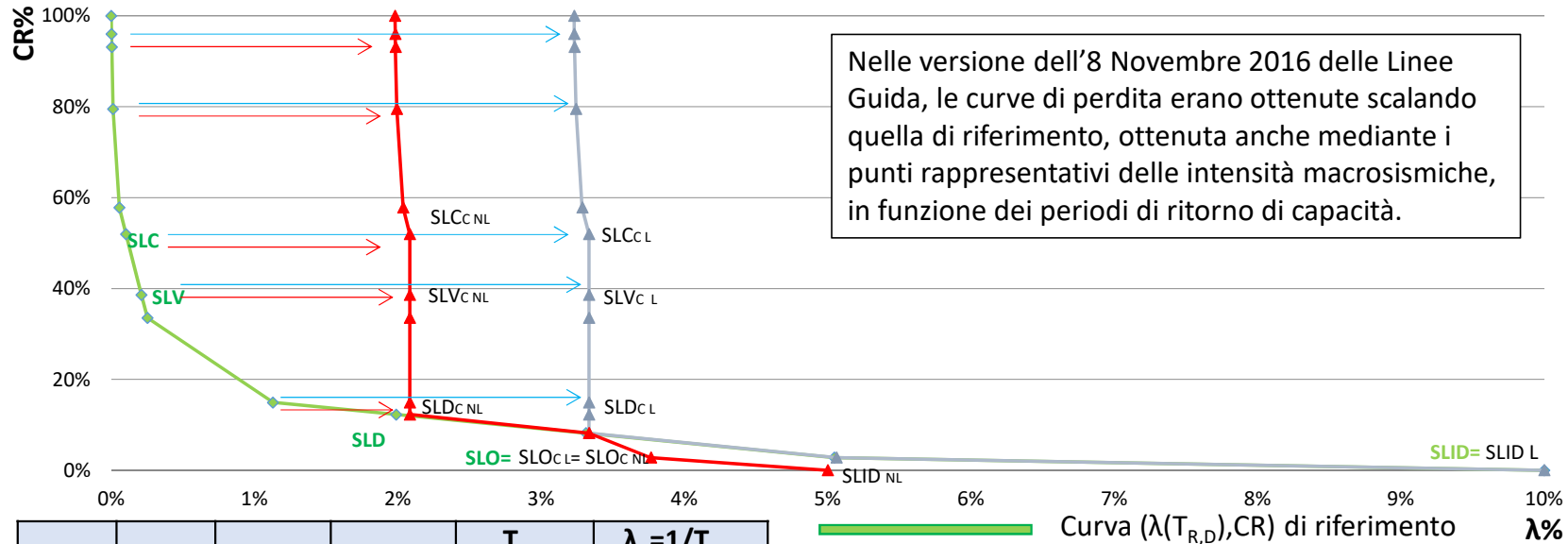
- L'analisi statica non-lineare evidenzia gli stessi problemi strutturali dell'analisi dinamica lineare e cioè **la rottura a taglio delle travi tozze di collegamento dei setti ai pilastri laterali**.
- Questa analisi evidenzia che gli stati limite SLD, SLV ed SLC sono raggiunti contemporaneamente, mentre 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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico



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

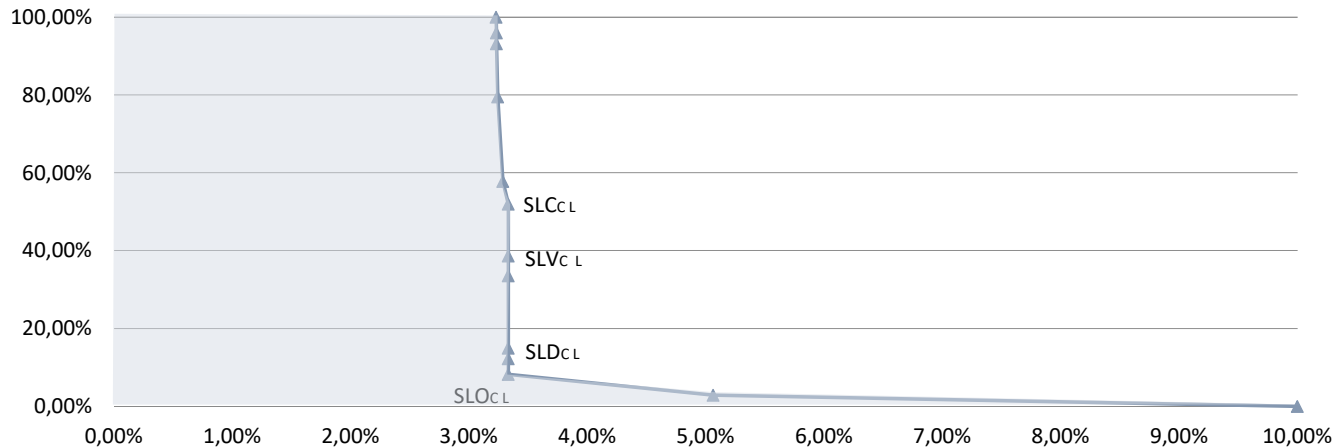
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

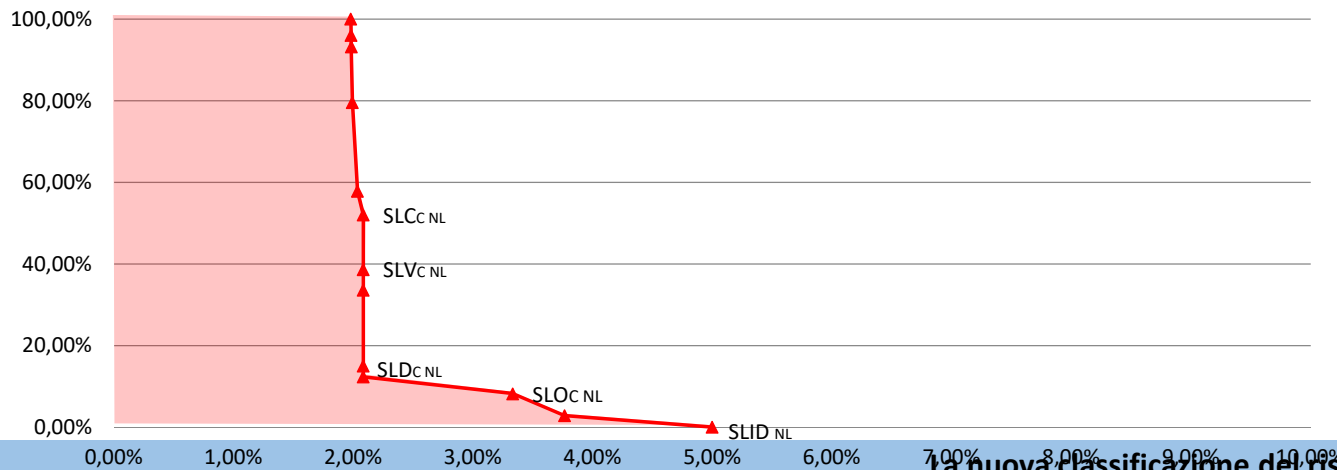
Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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_{EMS}, E_{EMS}
A	$0,50 < <0,75$	D_{EMS}
B	$0,75 < <1,50$	C_{EMS}, B_{EMS}
C	$1,50 < <2,50$	A_{EMS}
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**.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

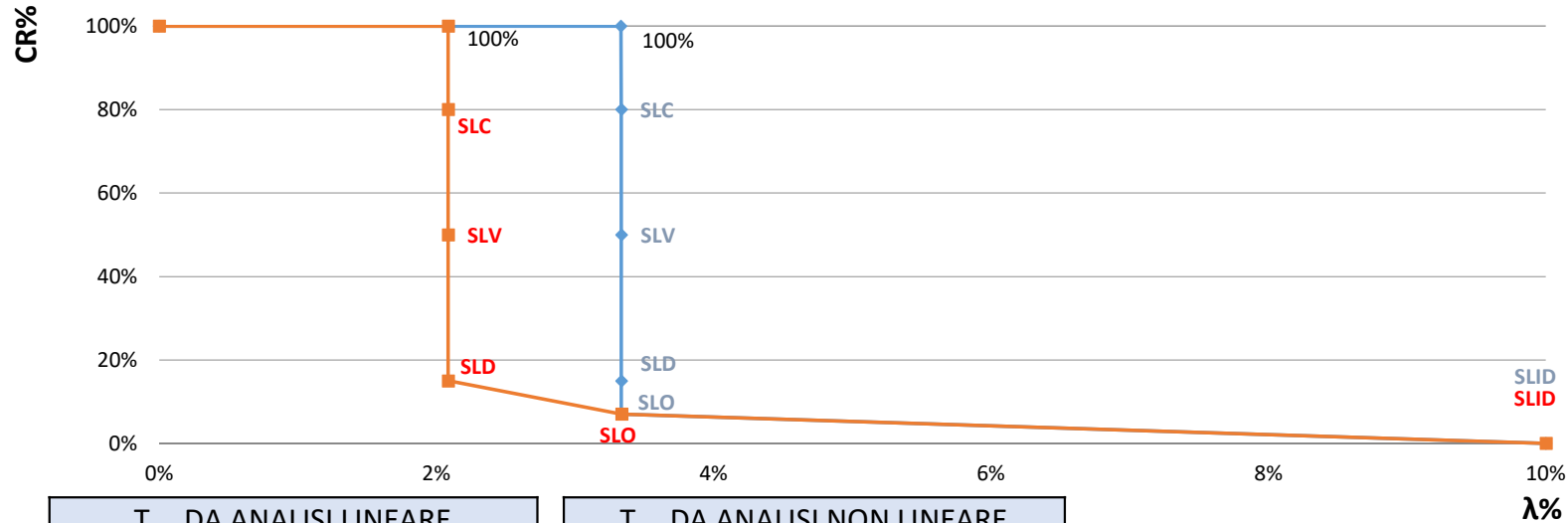
L'applicazione di diverse tipologie di analisi (lineari o non lineari, statica o dinamica), influenza unicamente il calcolo dei periodi di ritorno di capacità associati ai vari stati limite. Non influenza invece il metodo con cui si calcola il valore di EAL.

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4



T _{R,C} DA ANALISI LINEARE		
λ=1/T _R (%)	RC (%)	Stati Limite
10%	0%	SLID
3,33%	7%	SLO
3,33%	15%	SLD
3,33%	50%	SLV
3,33%	100%	SLC
3,33%	100%	
0%	100%	

T _{R,C} DA ANALISI NON LINEARE		
λ=1/T _R (%)	RC (%)	Stati Limite
10%	0%	SLID
3,33%	7%	SLO
2,08%	15%	SLD
2,08%	50%	SLV
2,08%	100%	SLC
2,08%	100%	
0%	100%	

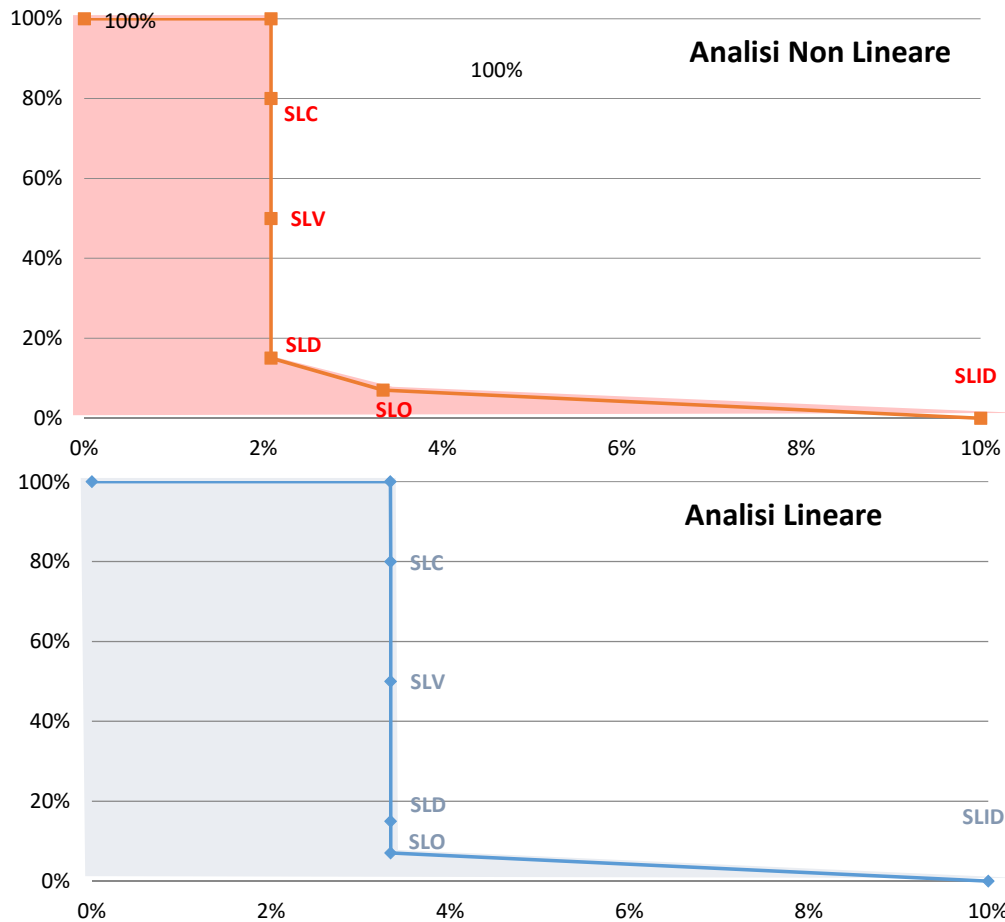
— Curva (λ(T_{R,C}), CR) con T_{R,C} ottenuti dall' **analisi dinamica lineare**

— Curva (λ(T_{R,C}), CR) con T_{R,C} ottenuti dall' **analisi statica non lineare**

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali. Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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
PAM	3,57%	2,45%
CLASSE PAM	E	C

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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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 _C [g]	0,037	0,045
PGA _D [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+	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

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

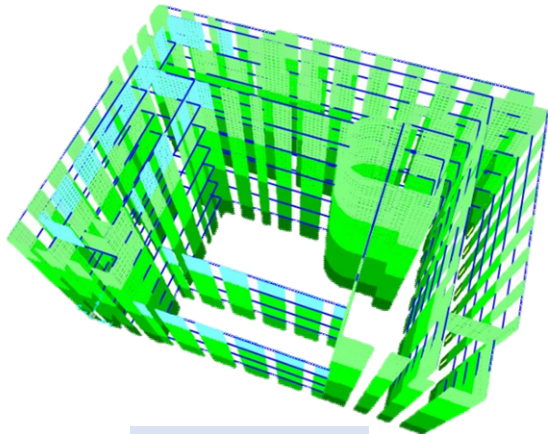
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

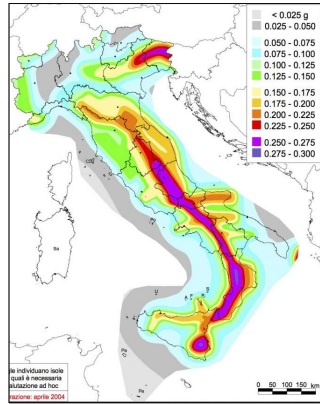
Applicazione dei metodi indicati dalle linee guida applicative ad altri tre casi studio

Presentazione degli altri tre casi di studio



Edificio 2

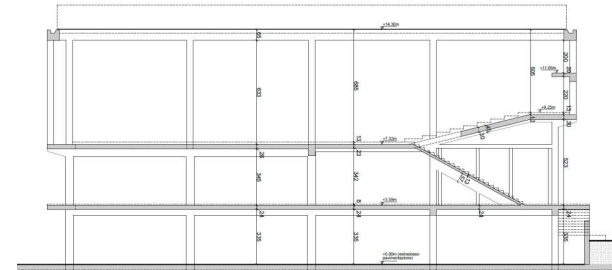
Struttura in muratura.
Situata in **zona 3** e di **classe d'uso II**. Sono stati studiati su di essa **3 tipologie di intervento** che permettono di conseguire **3 livelli di miglioramento**.



Edificio 3

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	30
SLD	50	50
SLV	475	150
SLC	975	300



Edificio 4

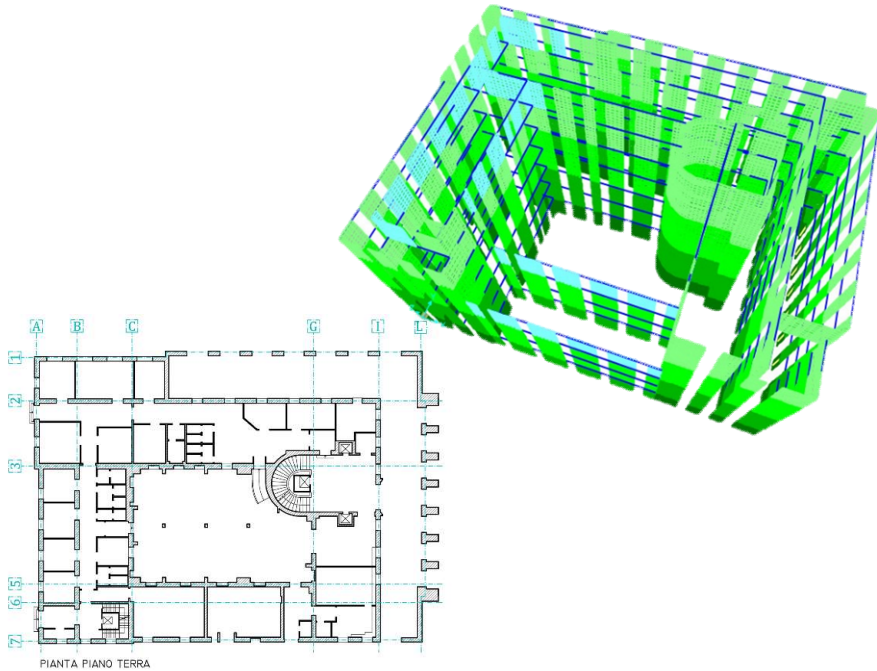
Struttura intelaiata in c.a..
Situata in **zona 3** e di **classe d'uso III**, è caratterizzata da periodi di ritorno di capacità bassi e tutti pari a **30 anni**.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Edificio 2: 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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

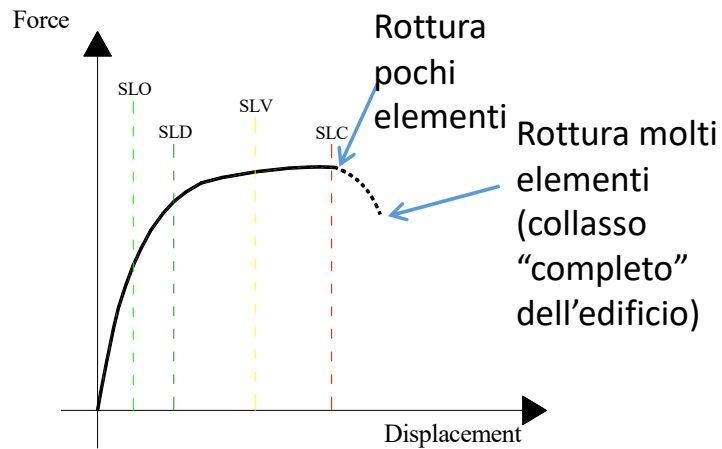
**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

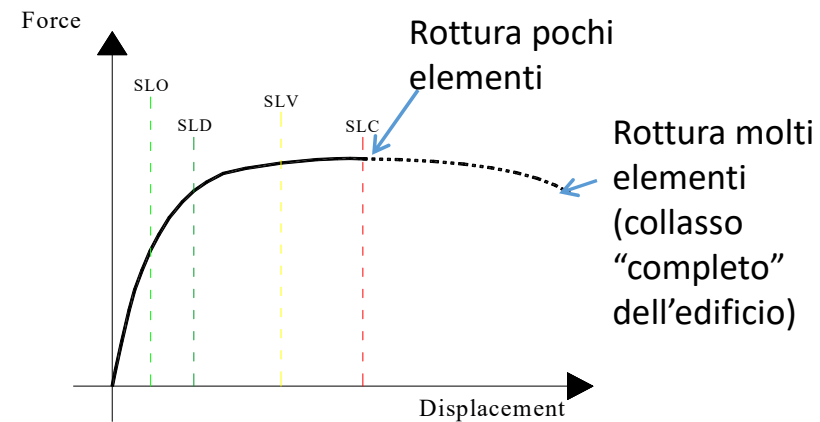
Edificio 2: struttura in muratura

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

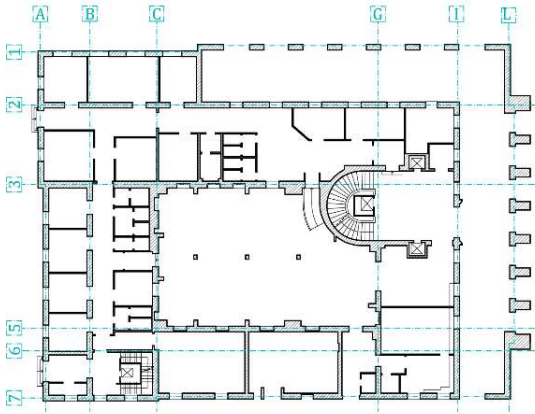
PAM EDIFICIO 2 CON INTERVENTI LOCALI << PAM EDIFICIO 2 STATO DI FATTO

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

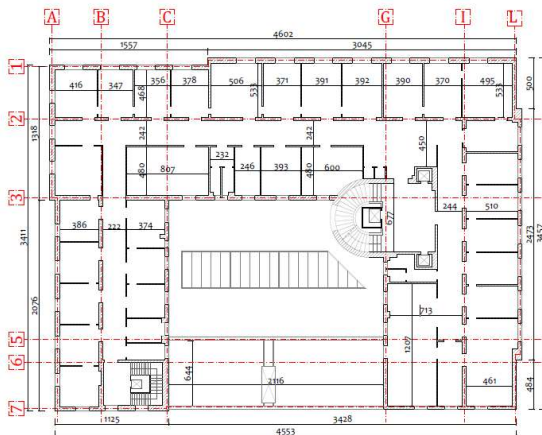
La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Edificio 2: struttura in muratura



PIANTA PIANO TERRA

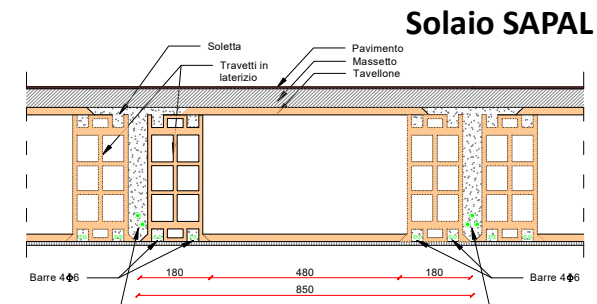
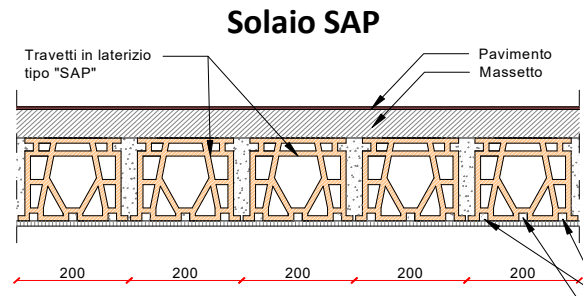


PIANTA QUARTO PIANO

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).



1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Edificio 2: 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



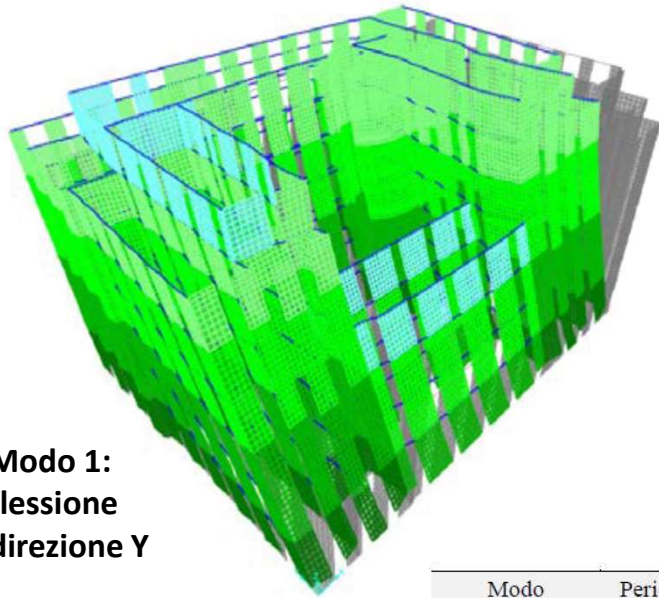
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

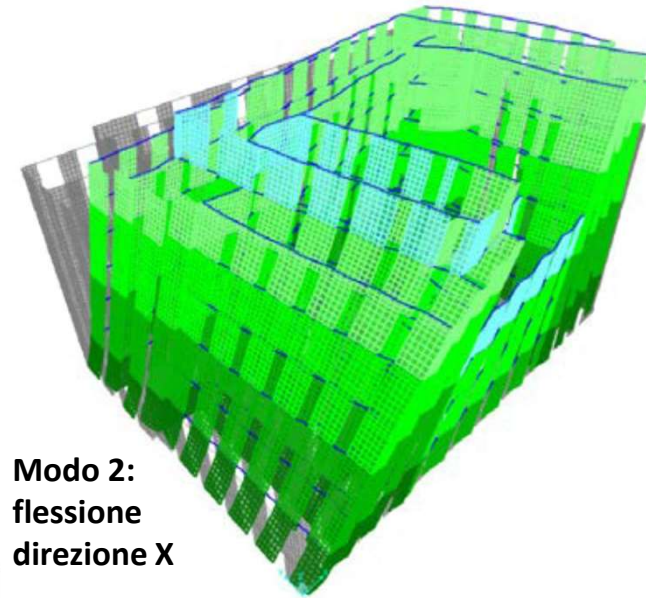
Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Edificio 2: 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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
- 4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

Edificio 2: struttura in muratura

Criticità rilevate a seguito delle verifiche effettuate

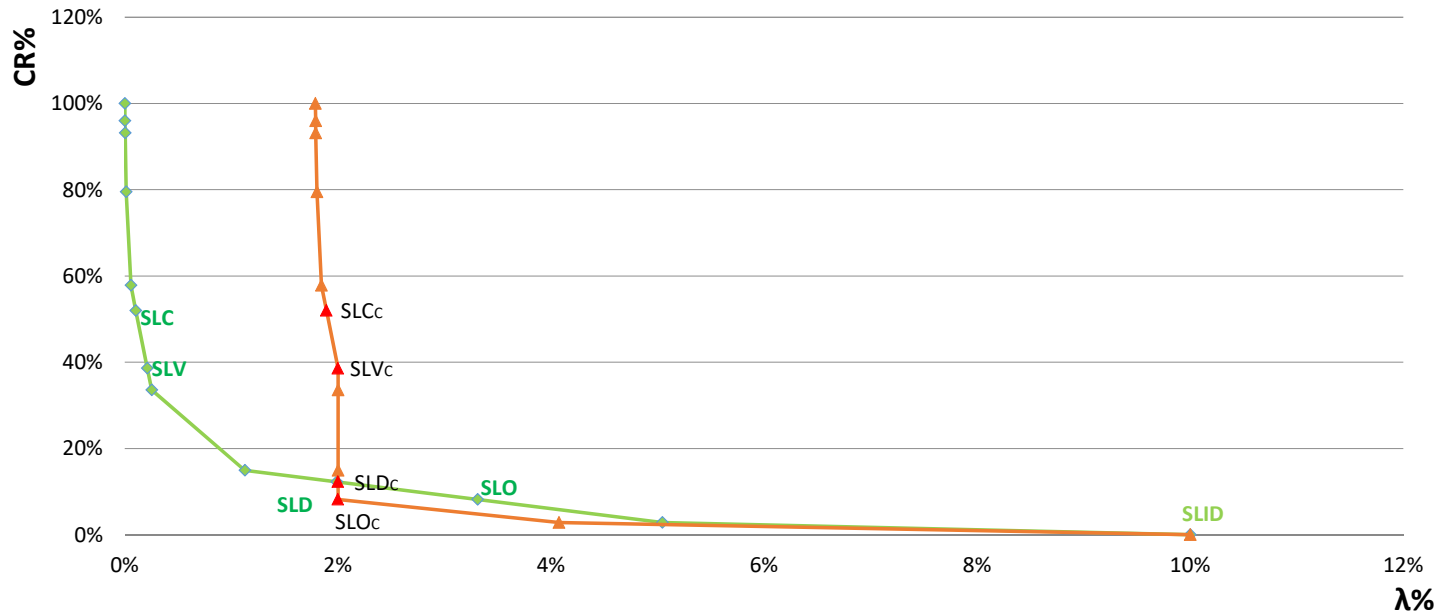
Non sono state riscontrate significative diversità in termini sollecitazioni associate alle combinazioni SLU e SLV, in quanto la zona è caratterizzata da una sismicità bassa ma un carico vento notevole. Gli elementi critici risultano dunque sempre gli stessi.

- 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 σ_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.

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 λ 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.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

	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	(*)	-

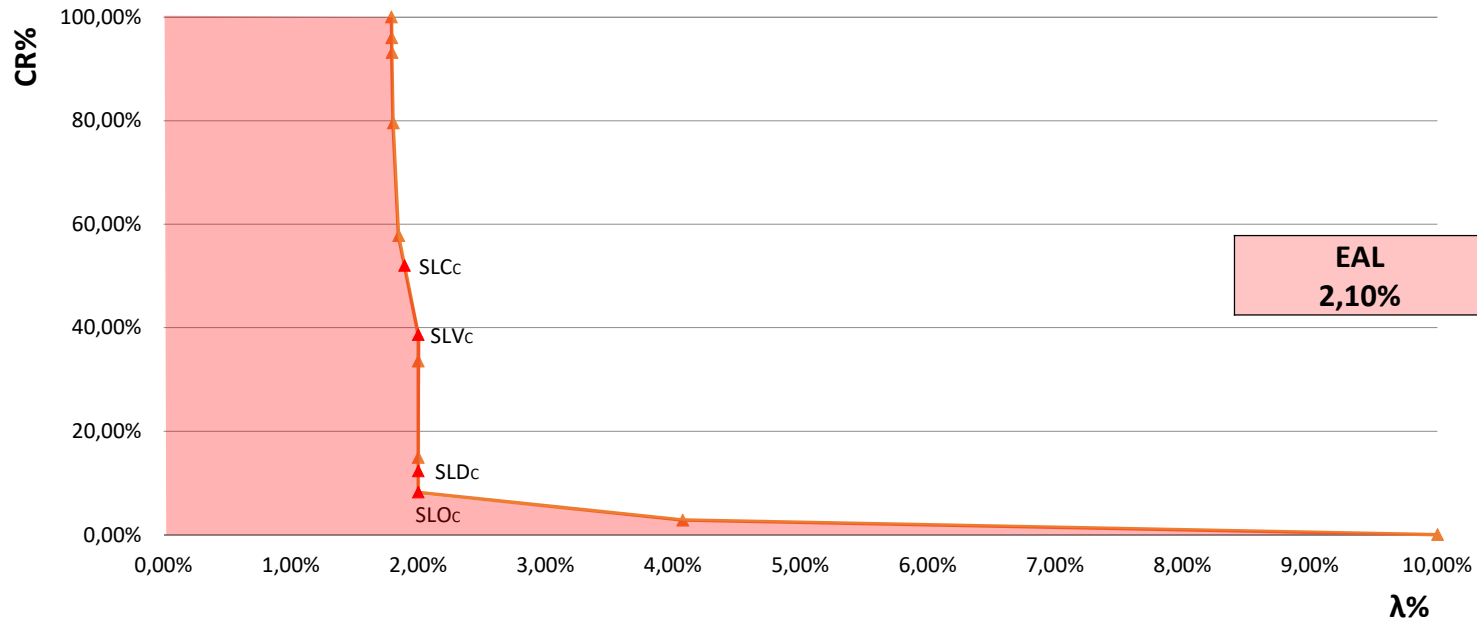
Curva $(\lambda(T_{R,D}), CR)$ di riferimento per la zona 3

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

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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



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

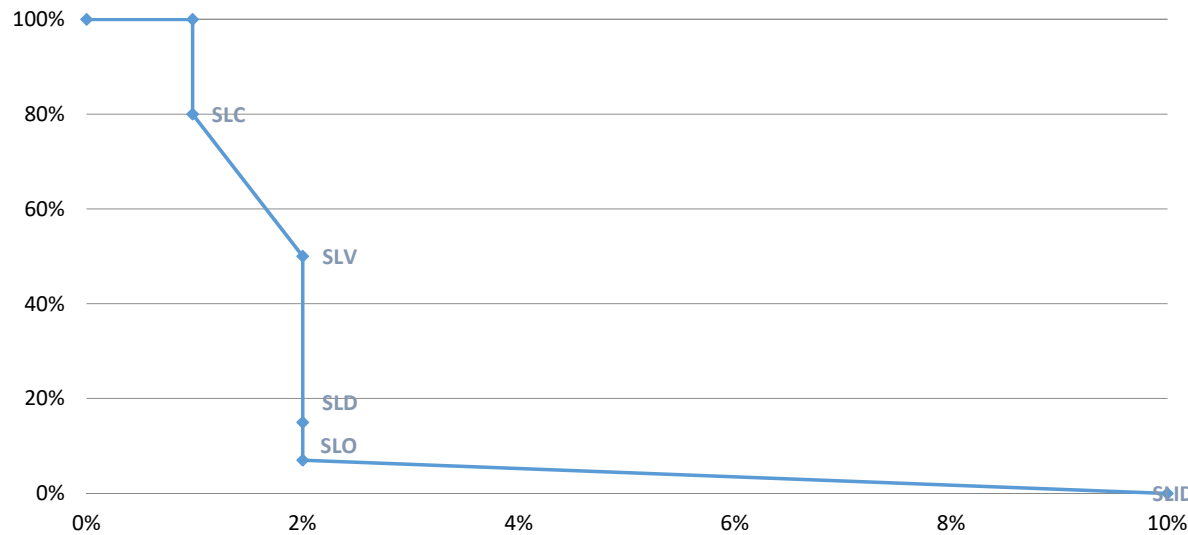
Al valore di EAL corrisponde la classe di rischio **C**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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:

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

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

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

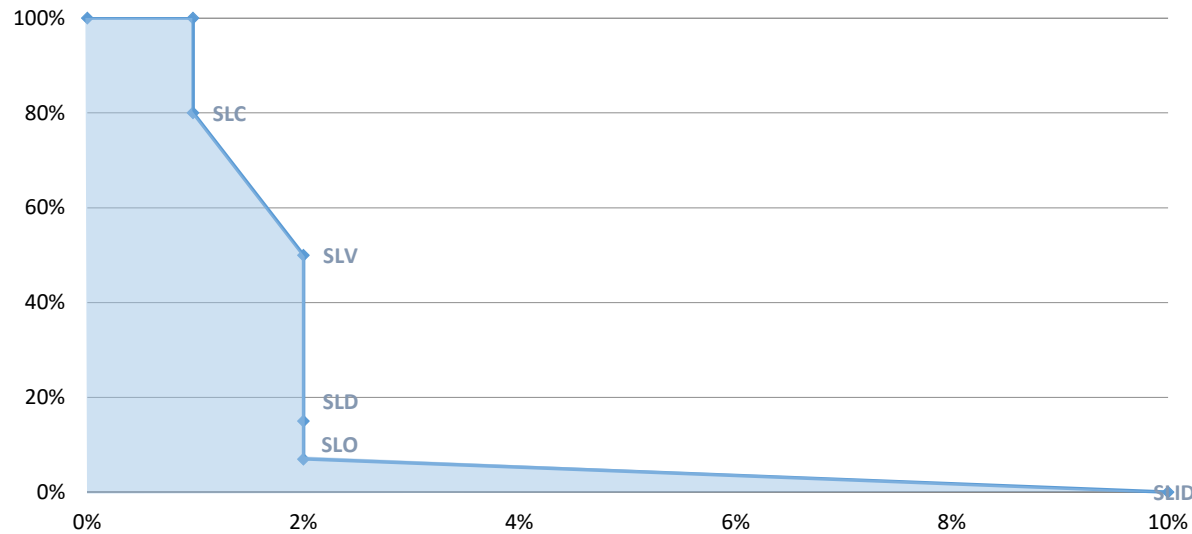
— RC (%)

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

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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.

PAM	1,92%
CLASSE PAM	C

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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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]	0,048
PGA,D [g]	0,121
IS-V	39,75%
CLASSE IS-V	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.

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

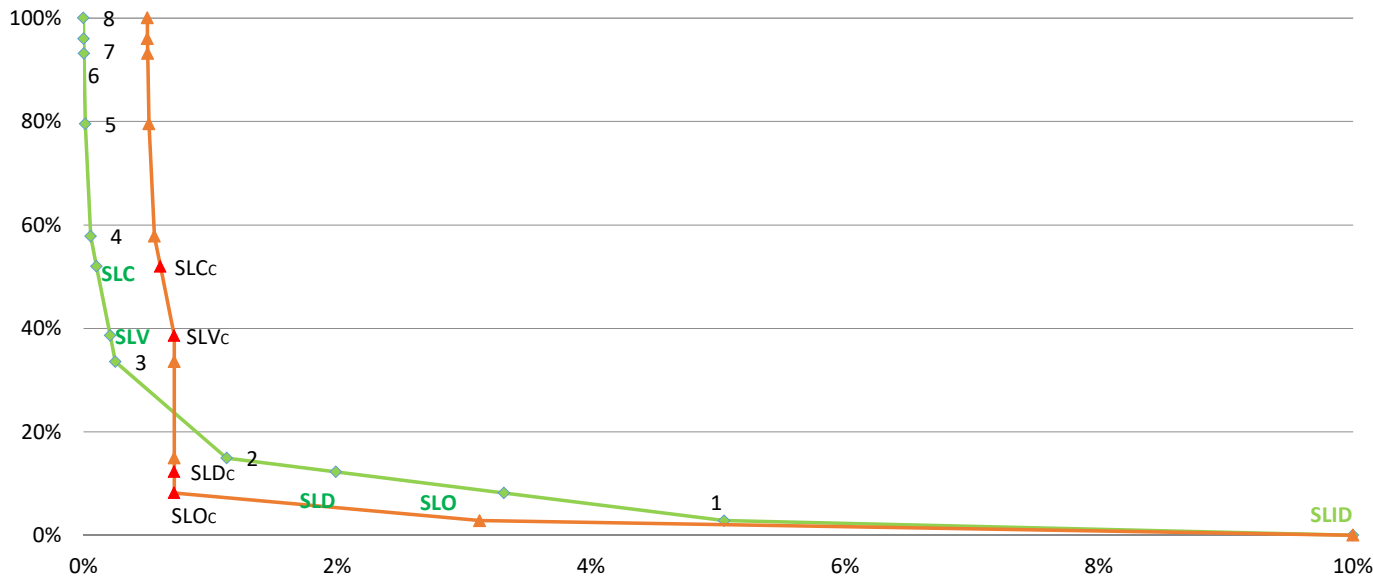
CLASSE DI RISCHIO		CLASSE PAM							
		A+	A	B	C	D	E	F	G
CLASSE IS-V	A+	A+	A	B	C	D	E	F	G
	A	A	A	B	C	D	E	F	G
	B	B	B	B	C	D	E	F	G
	C	C	C	C	C	D	E	F	G
	D	D	D	D	D	D	E	F	G
	E	E	E	E	E	E	E	F	G
	F	F	F	F	F	F	F	F	G

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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 λ 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.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

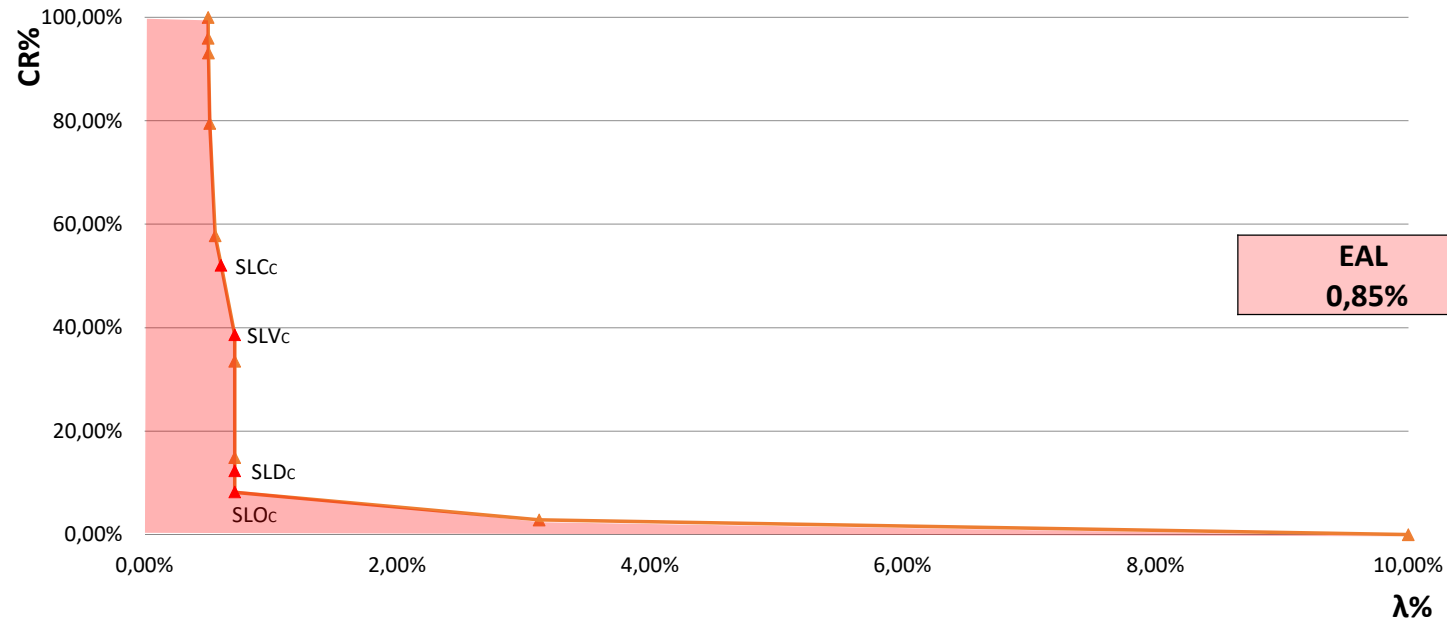
	TR,D	TR,C	$\lambda_C=1/T_{R,C}$
SLO	30	140	0,7%
SLD	50	140	0,7%
SLV	475	140	0,7%
SLC	975	(*)	-

- 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

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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



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

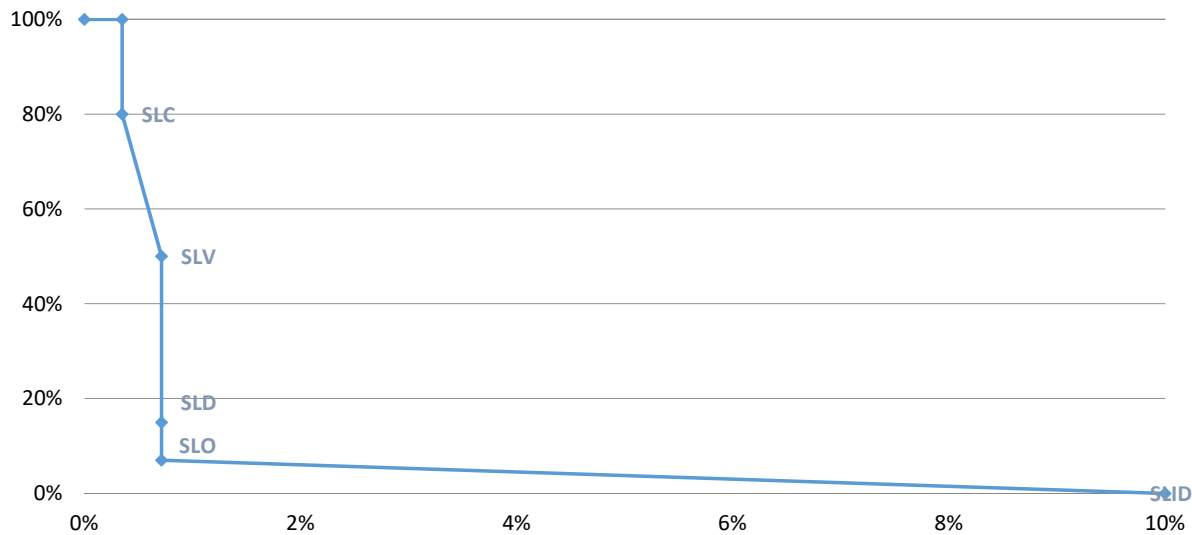
Al valore di EAL corrisponde la classe di rischio **B**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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%	SLID
0,71%	7%	SLO
0,71%	15%	SLD
0,71%	50%	SLV
0,35% (*)	80%	SLC
0,98%	100%	
0%	100%	

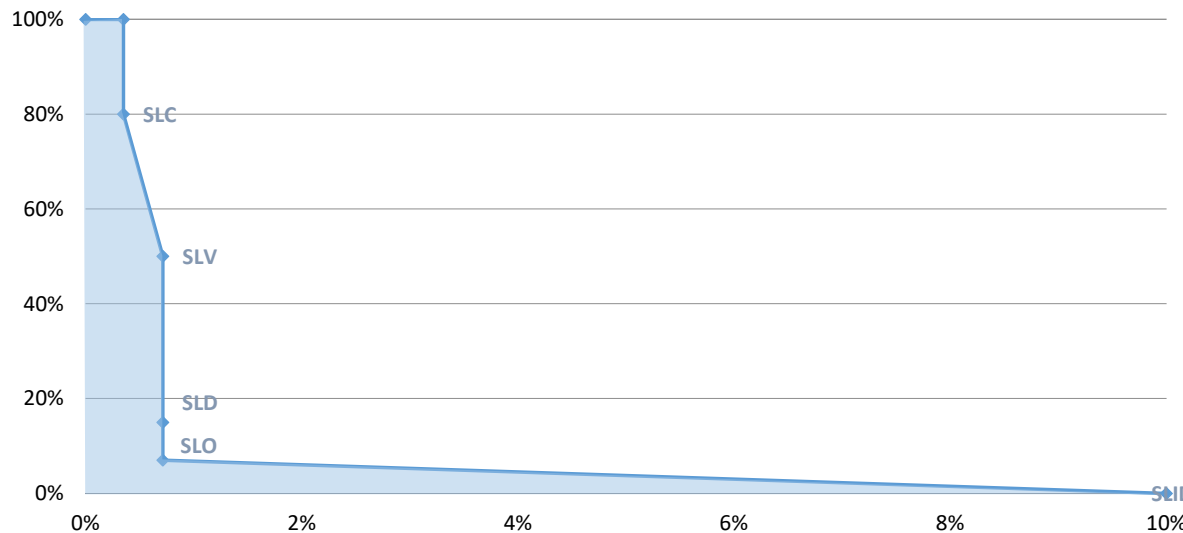
Curva $(\lambda(T_{R,C}), CR)$ con $T_{R,C}$ ottenuti dall'analisi dinamica lineare

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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.

PAM	0,91%
CLASSE PAM	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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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]	0,073
PGA,d [g]	0,121
IS-V	60,62%
CLASSE IS-V	C

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
CLASSE IS-V	C
CLASSE DI RISCHIO	C

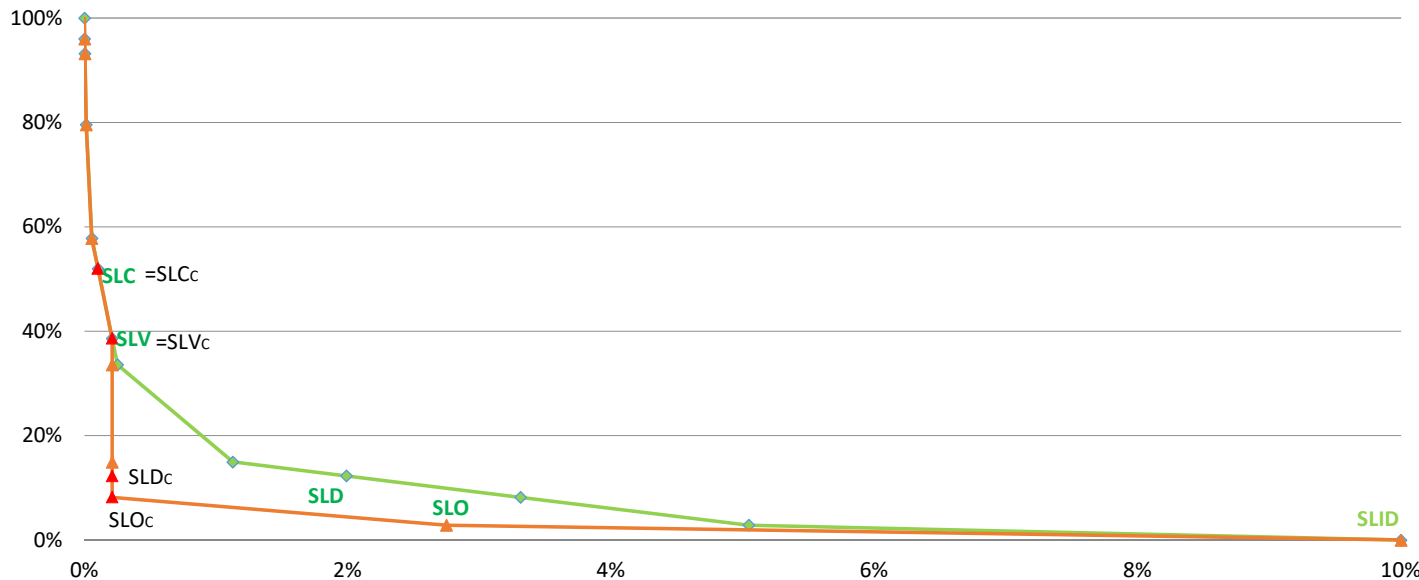
CLASSE DI RISCHIO		CLASSE PAM							
		A+	A	B	C	D	E	F	G
CLASSE IS-V	A+	A+	A	B	C	D	E	F	G
	A	A	A	B	C	D	E	F	G
	B	B	B	B	C	D	E	F	G
	C	C	C	C	C	D	E	F	G
	D	D	D	D	D	D	E	F	G
	E	E	E	E	E	E	E	F	G
	F	F	F	F	F	F	F	F	G

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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 λ 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.

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

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

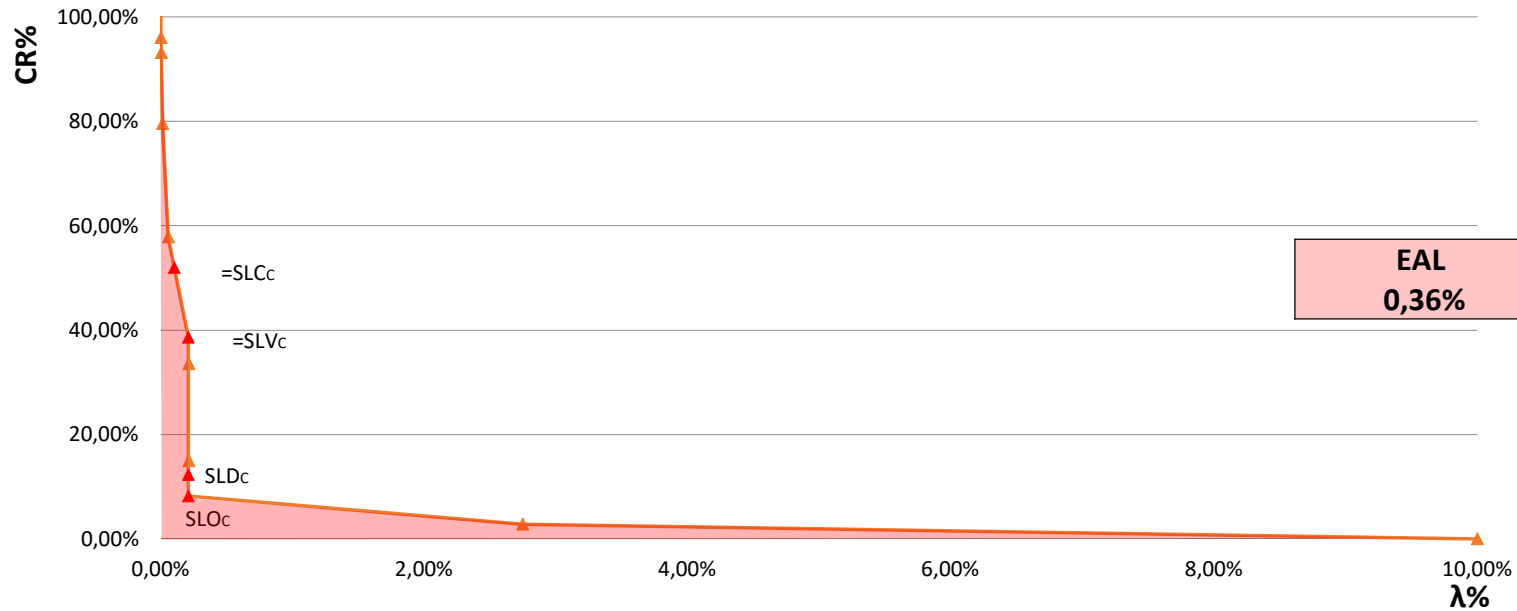
Curva $(\lambda(T_{R,D}), CR)$ di riferimento per la zona 3

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

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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



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

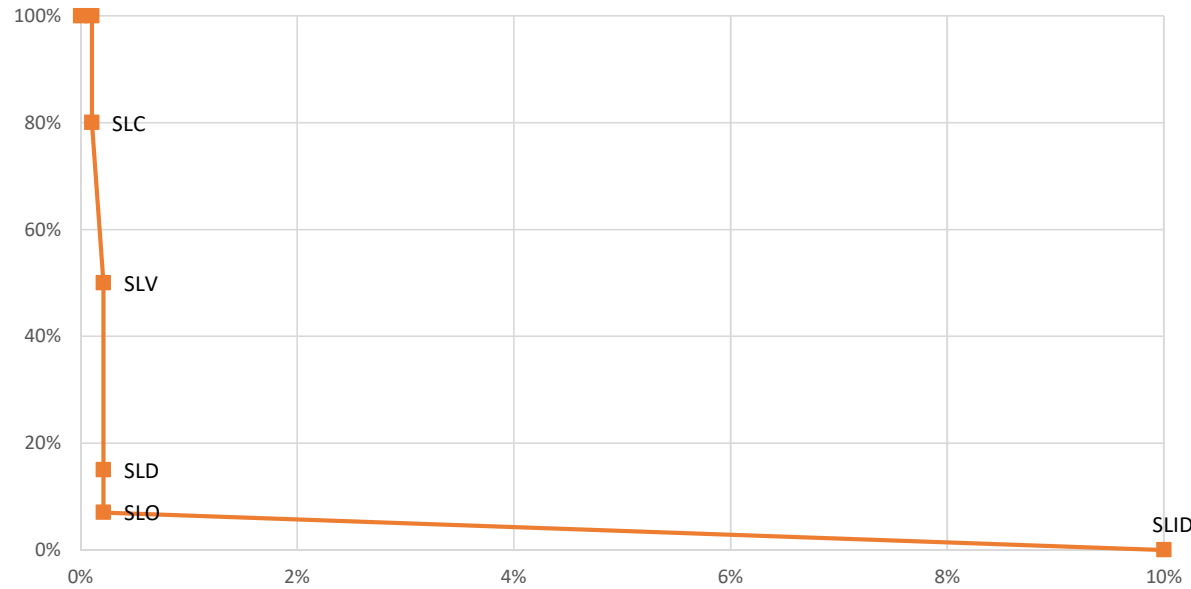
Al valore di EAL corrisponde la classe di rischio **A+**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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%	SLID
0,21%	7%	SLO
0,21%	15%	SLD
0,21%	50%	SLV
0,10% (*)	80%	SLC
0,10%	100%	
0%	100%	

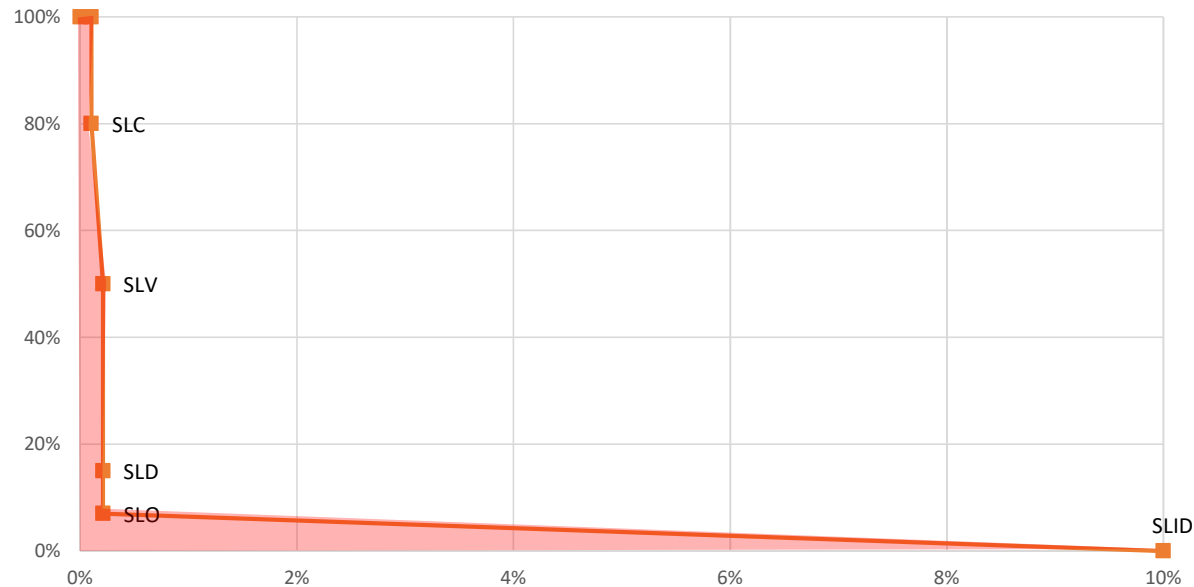
Curva $(\lambda(T_{R,C}), CR)$ con $T_{R,C}$ ottenuti dall' **analisi dinamica lineare**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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.

PAM	0,52%
CLASSE PAM	A

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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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]	0,121
PGA,d [g]	0,121
IS-V	100%
CLASSE IS-V	A

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	A
CLASSE IS-V	A
CLASSE DI RISCHIO	A

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

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

- 1. Introduzione
- 2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
- 3. Edifici Industriali
- 4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

Edificio 2: 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 eguali il costo dell'intervento.

Edificio 2: 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 €.

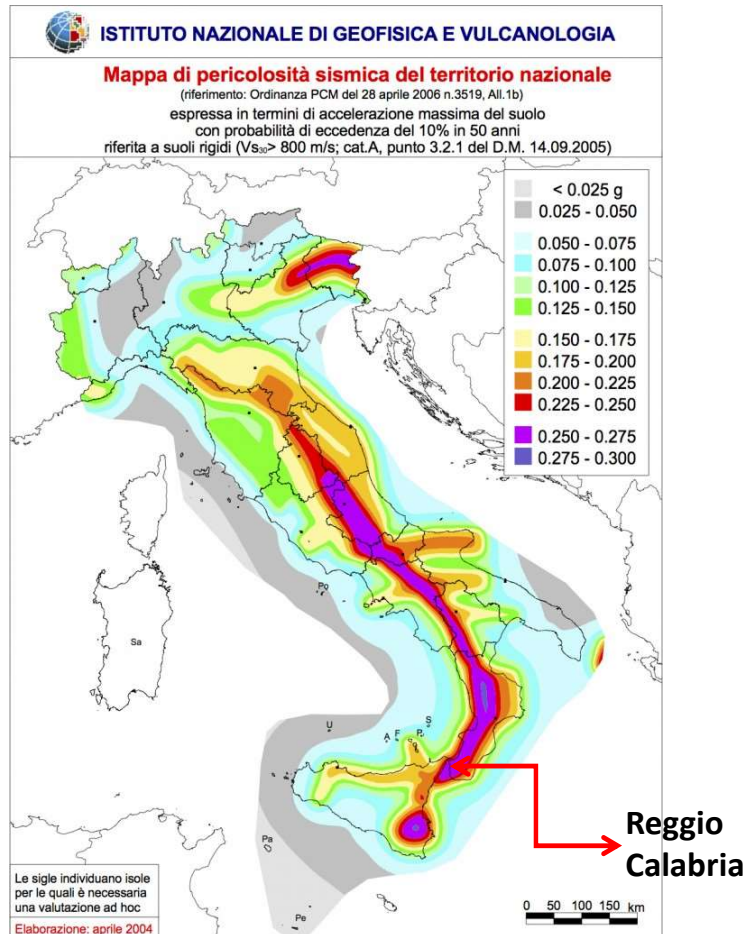
	PAM	COSTO RICOSTRUZIONE	COSTO INTERVENTO	DIFFERENZA DI COSTO RISPETTO ALLO STATO ATTUALE		BENEFICI/COSTI	TEMPO DI PAREGGIO
	[%]			[€]	[€]		
Stato attuale: miglioramento sismico 40%	1,92 %	17.000.000 €	327.000 €	0	-	-	-
Miglioramento sismico 60%	0,91 %		344.000 €	17.000 €	0,1%	505	0,1 ANNI
Adeguamento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

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Edificio 3: 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

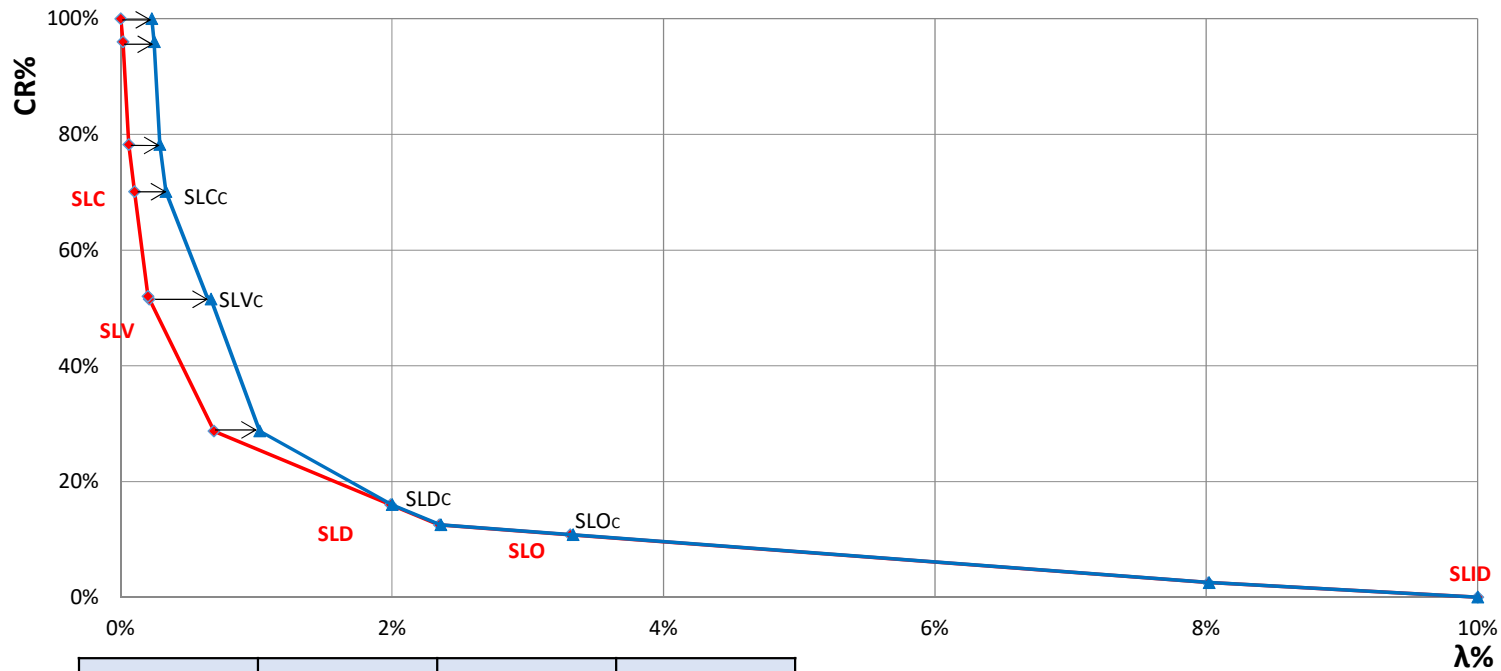
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

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

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico



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

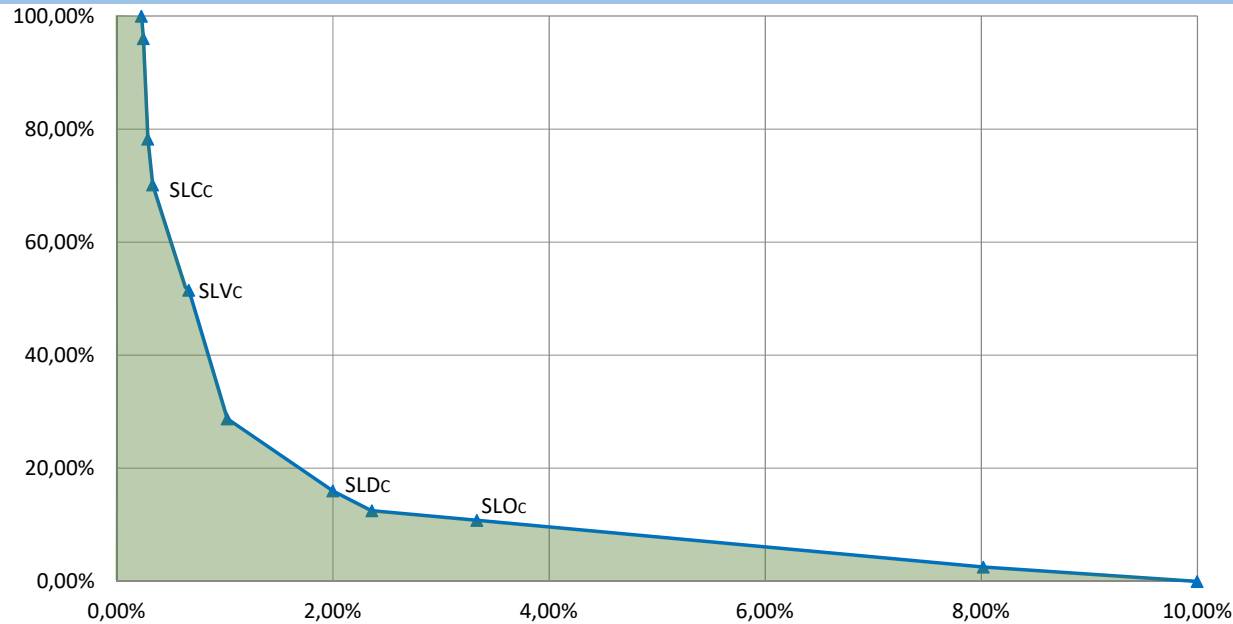
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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 _{EMS}
B	0,75 < <1,50	E _{EMS}
C	1,50 < <2,50	
D	2,50 < <3,50	C _{EMS} , D _{EMS}
E	3,50 < <4,50	B _{EMS}
F	4,50 < <7,50	A _{EMS}

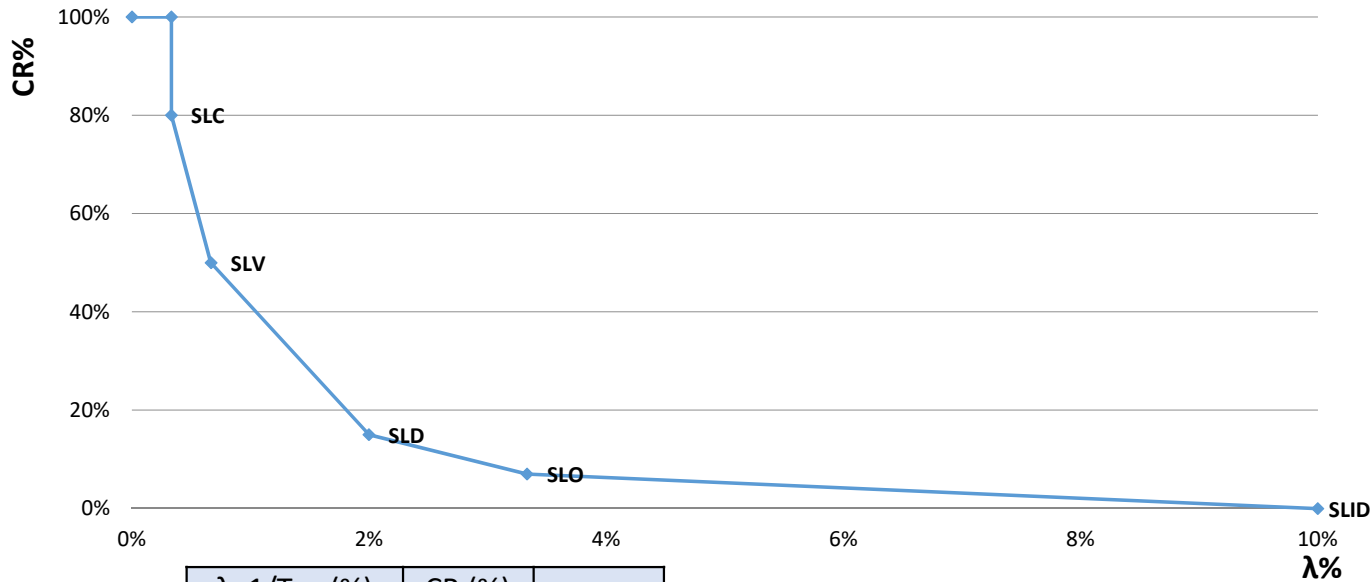
Al valore di EAL corrisponde la classe di rischio **B**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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



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

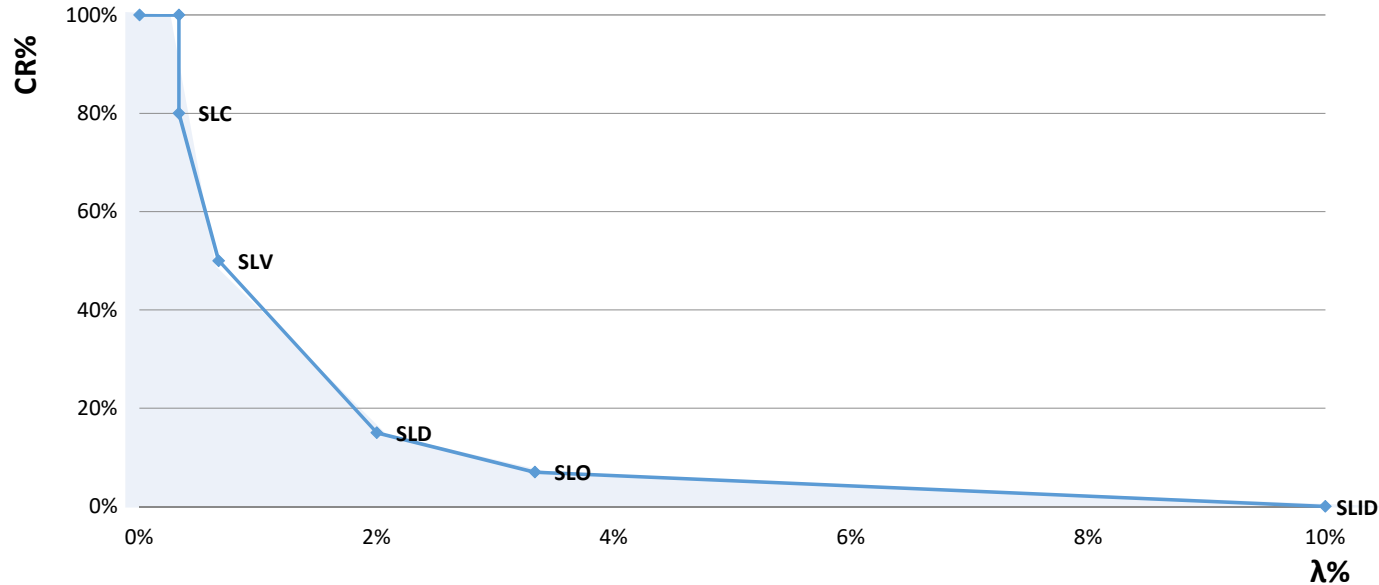
— Curva ($\lambda(T_{R,C}), CR$) con $T_{R,C}$ ottenuti dall'analisi dinamica lineare

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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.

PAM	1,36%
CLASSE PAM	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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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

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
CLASSE IS-V	C
CLASSE DI RISCHIO	C

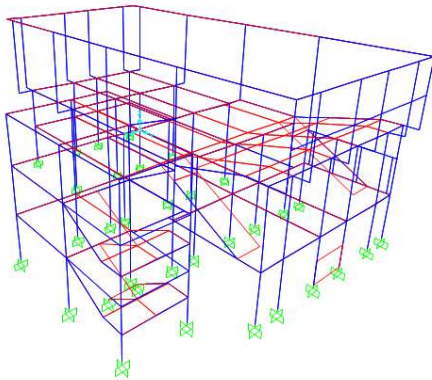
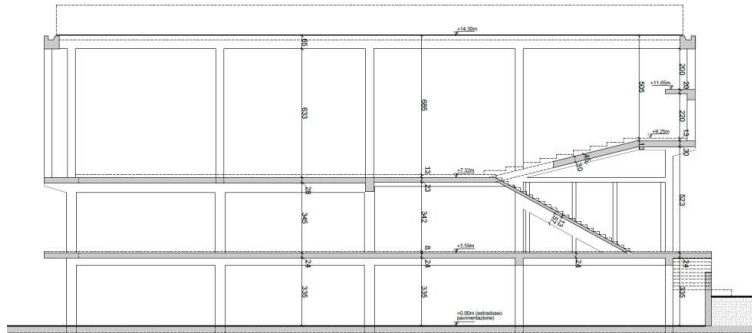
CLASSE DI RISCHIO	CLASSE PAM								
	A+	A	B	C	D	E	F	G	
CLASSE IS-V	A+	A	B	C	D	E	F	G	
	A	A	B	C	D	E	F	G	
	B	B	B	C	D	E	F	G	
	C	C	C	C	D	E	F	G	
	D	D	D	D	D	E	F	G	
	E	E	E	E	E	E	F	G	
	F	F	F	F	F	F	F	G	

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Edificio 4: 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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

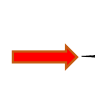
**La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.**

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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:

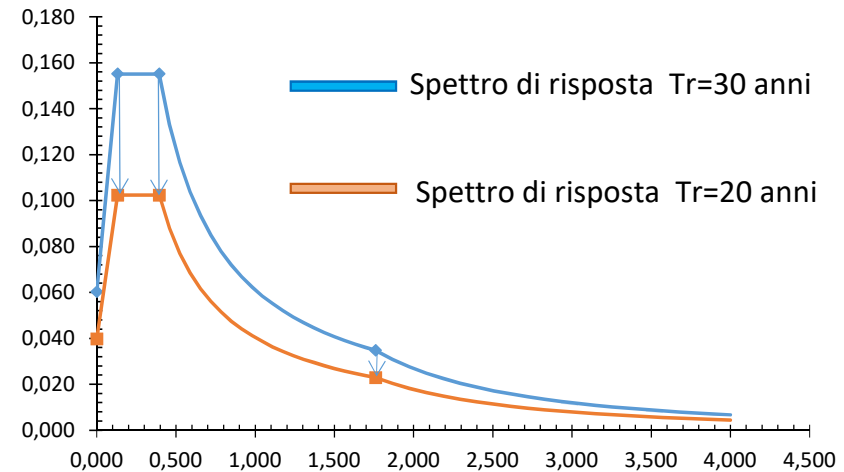
- a) Valutare la PGA per la quale la struttura soddisfa lo stato limite di interesse;
- b) Scalare le ordinate dello spettro di risposta relativo al periodo di ritorno di 30 anni (mantenendo costanti i valori di T_B , T_C e T_D) fino ad ottenere lo spettro con PGA desiderata (PGA_C)
- c) Calcolare il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

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

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

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

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

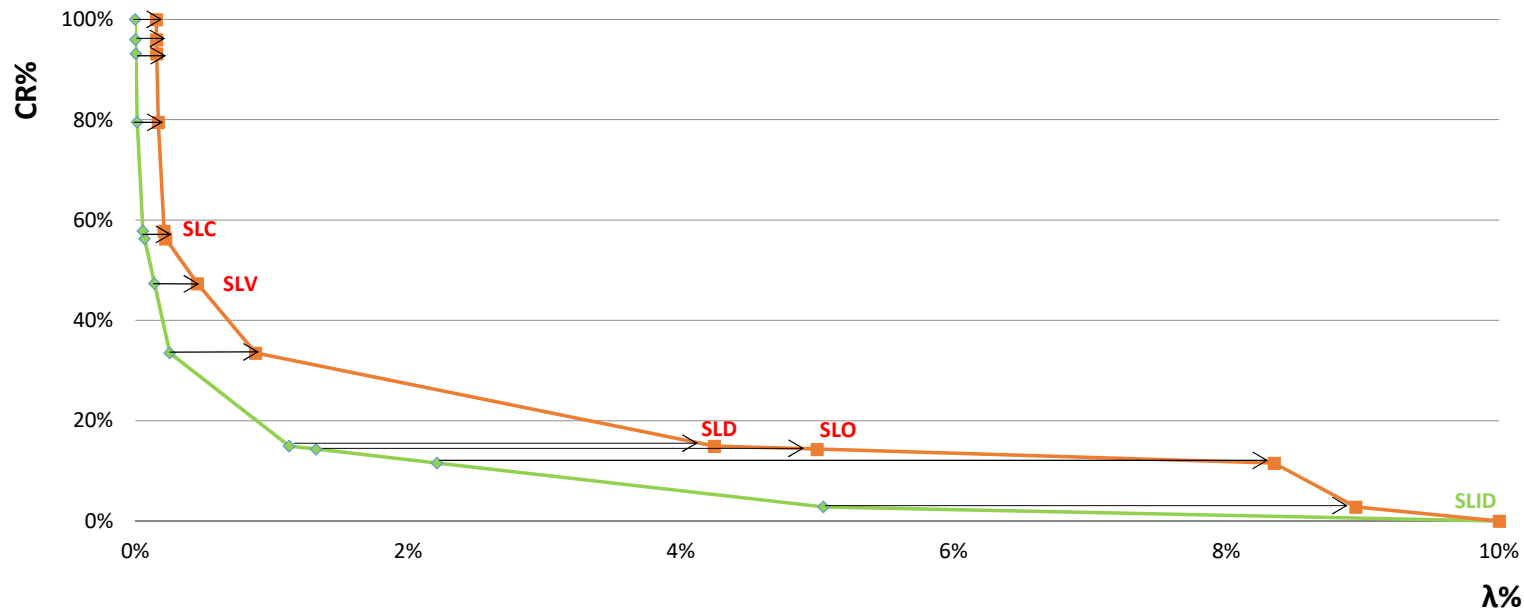
$$\lambda_{SLC} = 0,49 \cdot (1/220\text{anni}) = 0,2\%$$

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4


La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.


Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

Valutazione indice PAM secondo «Background document» - metodo analitico



	TR,D	TR,C	$\lambda_c = 1/T_{R,C}$
SLO	45	12	8,4%
SLD	76	20	5,0%
SLV	712	220	0,4%
SLC	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

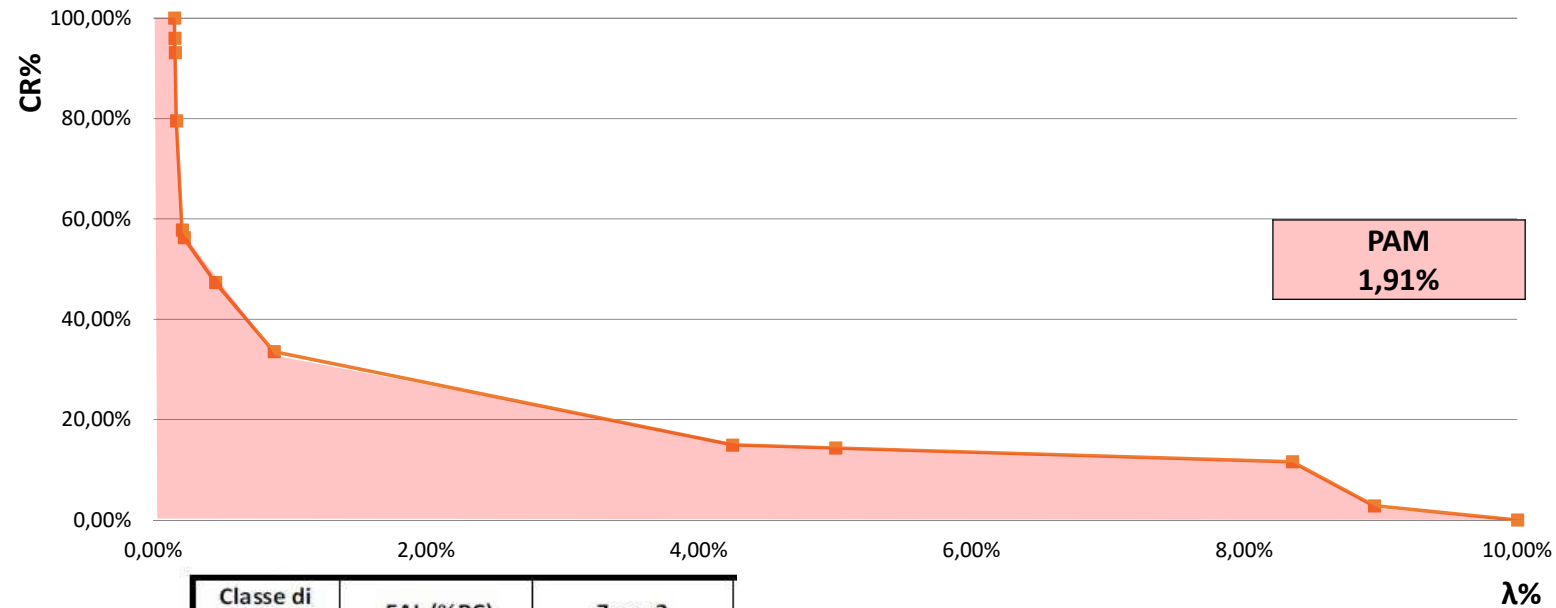
1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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 _{EMS} , E _{EMS}
A	0,50 < 0,75	D _{EMS}
B	0,75 < 1,50	C _{EMS} , B _{EMS}
C	1,50 < 2,50	A _{EMS}
D	2,50 < 3,50	
E	3,50 < 4,50	
F	4,50 < 7,50	

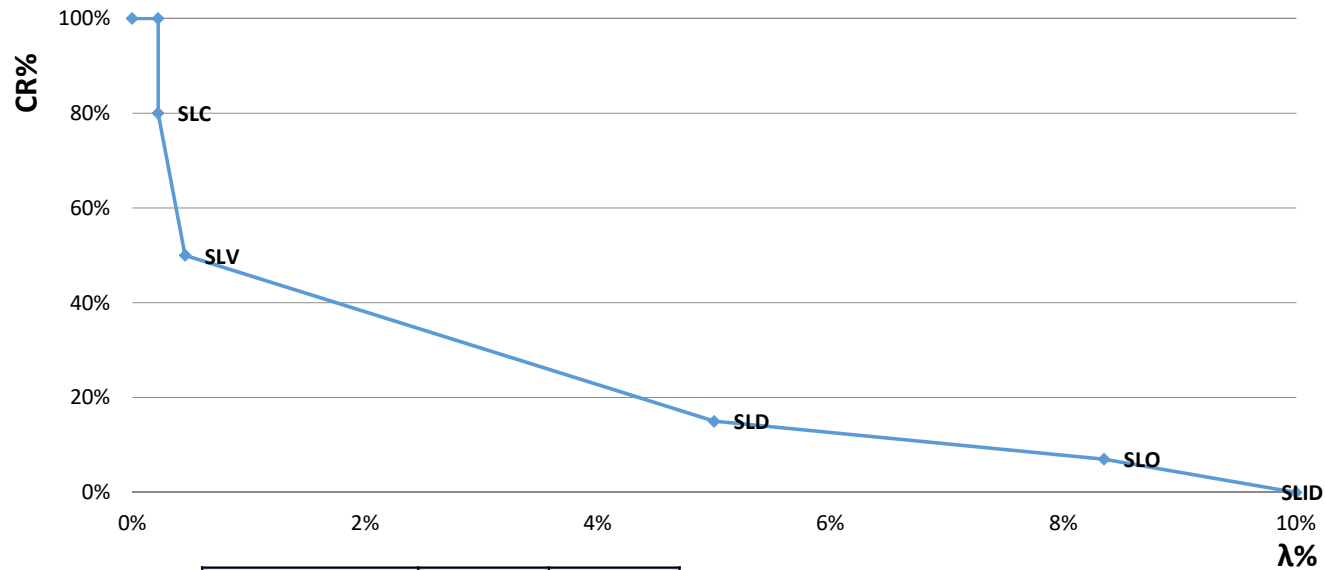
Al valore di EAL corrisponde la classe di rischio **C**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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



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

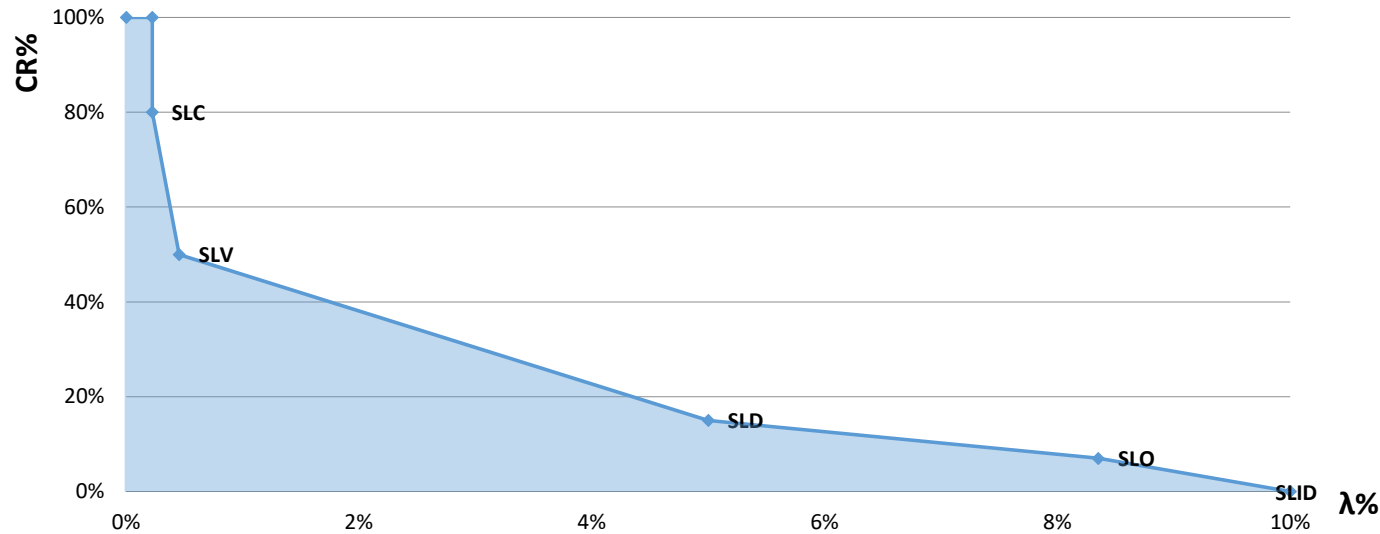
— Curva $(\lambda(T_{R,C}), CR)$ con $T_{R,C}$ ottenuti dall' **analisi dinamica lineare**

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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.

PAM	2,28%
CLASSE PAM	C

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
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali

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]	0,085
PGA,d [g]	0,138
IS-V	61,79%
CLASSE IS-V	C

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	C
CLASSE IS-V	C
CLASSE DI RISCHIO	C

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

1. Introduzione
2. Linee guida per la valutazione del rischio sismico
3. Edifici Industriali
4. Casi Studio
 - 4.1 Edificio 1
 - 4.2 Edificio 2
 - 4.3 Edificio 3
 - 4.4 Edificio 4

La nuova classificazione del rischio sismico. Applicazione agli edifici industriali.
 Il calcolo della classe di rischio sismico degli edifici industriali: metodologia e applicazioni pratiche.

Prof. Ing. Walter Salvatore, Dott. Ing. Francesco Morelli, Ing. Agnese Natali