

---

**CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE**

COMMISSIONE INCARICATA DI FORMULARE PARERI IN MATERIA  
DI NORMATIVA TECNICA RELATIVA ALLE COSTRUZIONI

**Istruzioni  
per la Valutazione Affidabilistica  
della Sicurezza Sismica  
di Edifici Esistenti**

Ottobre 2013

**CNR-DT 212/2013**

*Il documento  
CNR-DT 212/2013*

- Tradizione CNR: documento applicativo
- Approccio prestazionale: implementazione probabilistica esplicita
  - Risultato: probabilità di superamento degli stati limite
- Oneri computazionale e teorico (molto) superiori a quanto richiesto oggi
  - analisi non lineare ++, statistica/probabilità --
- CNR-DT212 è un documento di prospettiva, utilizzabile ma non alternativo delle Norme

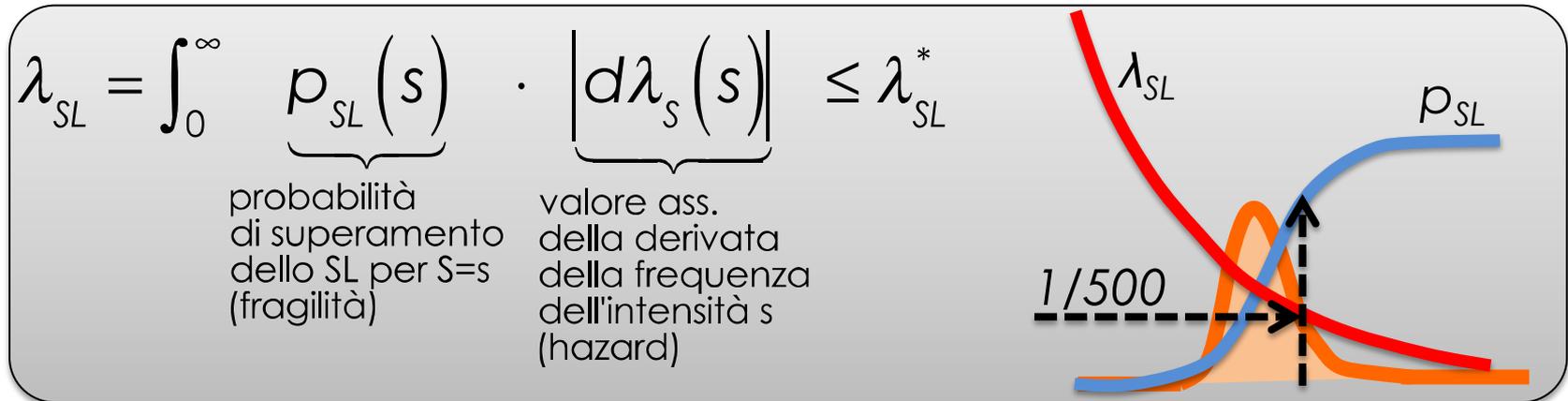
- Impianto normativo attuale:
  - Eurocodice 8 Parte 3
  - OPCM 3274-3431
  - NTC2008
- Aspetti critici principali
  - Definizione degli stati limite in termini qualitativi
  - SLC e SLV alternativi
  - Trattamento delle incertezze
  - Prove/indagini
  - C.A. vs muratura
- Risultati molto dispersi anche a parità di competenza professionale

# Aspetti principali della metodologia

- Natura di tipo prestazionale compiutamente probabilistico
  - Trattamento esplicito e coerente di tutte le incertezze
  - Esito espresso in termini di:  $\lambda_{SL}$ , frequenza media annua di superamento dello SL
- Superamento dello SL: **regole di quantificazione** coerenti con la definizione verbale qualitativa
  - Le regole dipendono anche dalle scelte di modellazione
- Saggi e ispezioni: enfasi sull'utilità delle informazioni raccolte piuttosto che sul numero minimo
  - Prove programmate sulla base di un'**analisi preliminare** (lineare nel c.a. e non lineare nella muratura)
- Utilizzo esclusivo di **analisi non lineare** per la risposta
- Tutti i metodi (tre) di valutazione fanno uso di **storie temporali per caratterizzare il moto sismico**

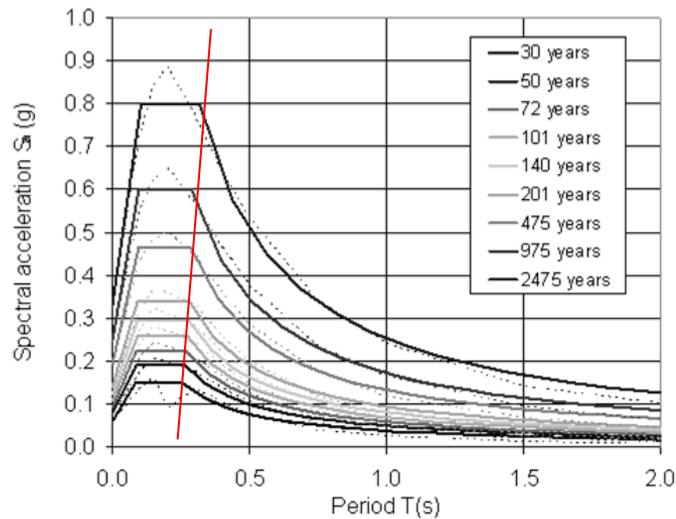
# Frequenza di superamento dello SL

- La frequenza  $\lambda_{LS}$  è calcolata mediante il teorema della probabilità totale (approccio "IM-based"):

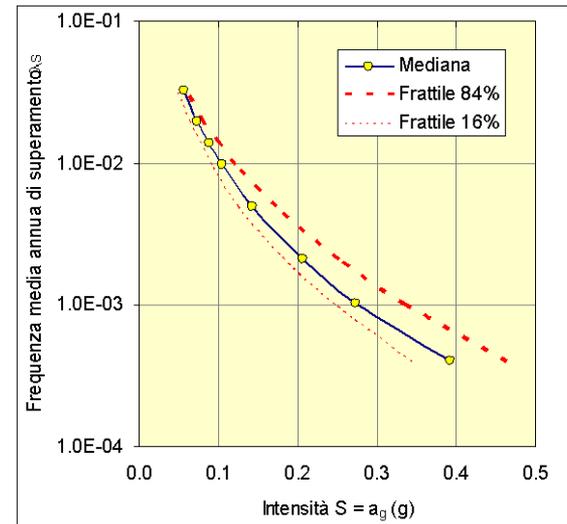


- Caratterizzazione dell'**azione sismica** in termini di:
  - Curve (media) di pericolosità sismica al sito  $\lambda_s(s)$  (PSHA)
  - Insieme di storie temporali del moto del suolo, per calcolare la fragilità  $p_{SL}(s)$

# Azione sismica: pericolosità e storie temporali

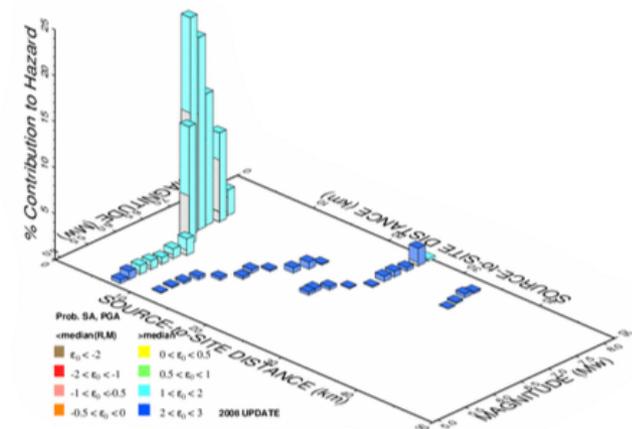


$$s_i = S_{a,50\%} \left( T_i, T_R \right) / S_{50\%} \left( s_i \right) = \frac{1}{T_R}$$



$$\ln /_s = \ln k_0 + k_1 \ln s + k_2 \ln^2 s$$

- Storie temporali naturali o artificiali
- Di norma la selezione di storie naturali si effettua sulla base della disaggregazione della pericolosità
- Minimo 20 moti



- Aspetti della conoscenza:
  - geometria, dettagli costruttivi, materiali
- Saggi e ispezioni (dettagli e materiali) sono **programmati a valle di un'analisi preliminare**
  - Modello: prima approssimazione di quello finale: lineare (spettro di risposta) per il CA, non lineare con parametri nominali per la muratura
- **Non sono prescritti quantitativi minimi** per piano:
  - Estensione prove tale da: confermare documenti progettuali, o permettere di ricostruire il modus operandi del progettista

# I metodi di valutazione

- Curva di fragilità  $p_{LS}(s)$  assunta lognormale:

$$p_{\underline{s}}(s) = p(Y \geq 1 | \mathbf{S} = \mathbf{s}) = p(\mathbf{S}_{Y=1} \leq \mathbf{s}) = F\left(\frac{\ln s - m_{\ln S_{Y=1}}}{S_{\ln S_{Y=1}}}\right)$$

- $Y$  variabile di stato limite, ad esempio per danno severo

$$Y_{\underline{s}S} = \frac{1}{t_{\underline{s}S}} \begin{cases} a_{st} \sum_{i=1}^{n_{st}} w_i c\left(\frac{D_i}{C_{i,\underline{s}S}}\right) + (1 - a_{st}) \sum_{j=1}^{n_{nst}} w_j c\left(\frac{D_j}{C_{j,\underline{s}S}}\right) \\ 1 \text{ se } Y_{\underline{s}C} \geq 1 \end{cases}$$

- **Tre** metodi:
  - A) Dinamico, B) statico+SDOF dinamico, C) statico
  - Differiscono nel modo in cui sono valutati  $\int_{ln}$  e  $\int_{ln}$

# Metodo A: incertezza sito/struttura

- Approccio approssimato, associazione uno-a-uno tra moti e campioni del sistema terreno-struttura (maggiore dispersione, mediana diversa)

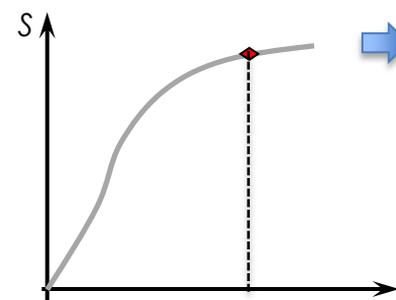
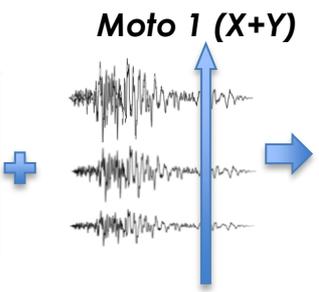
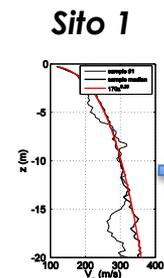
Modelli del sito

Modelli 3D dell'edificio

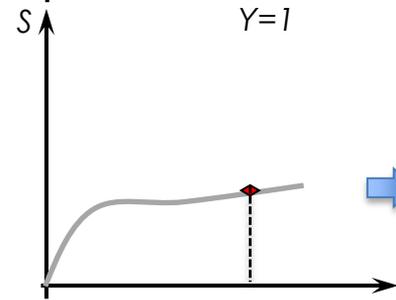
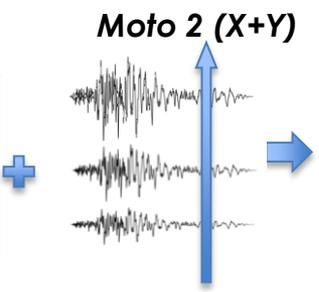
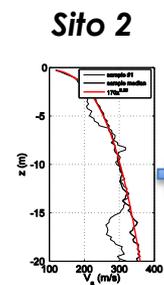
Moti scalati a int. crescente

Curve IDA

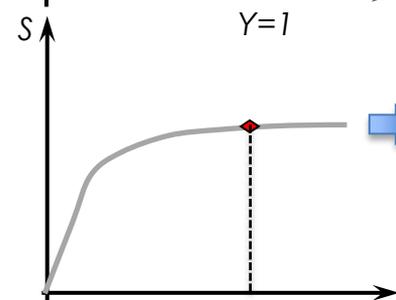
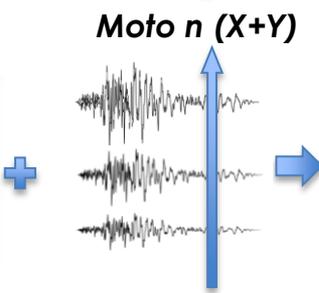
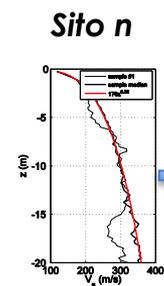
Intensità di collasso



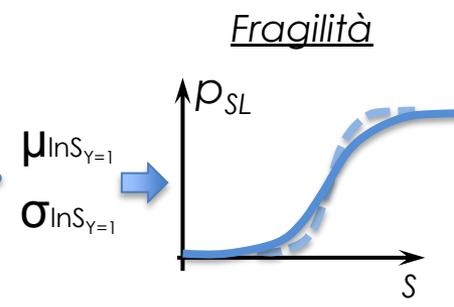
$(S_{Y=1})_1$



$(S_{Y=1})_2$

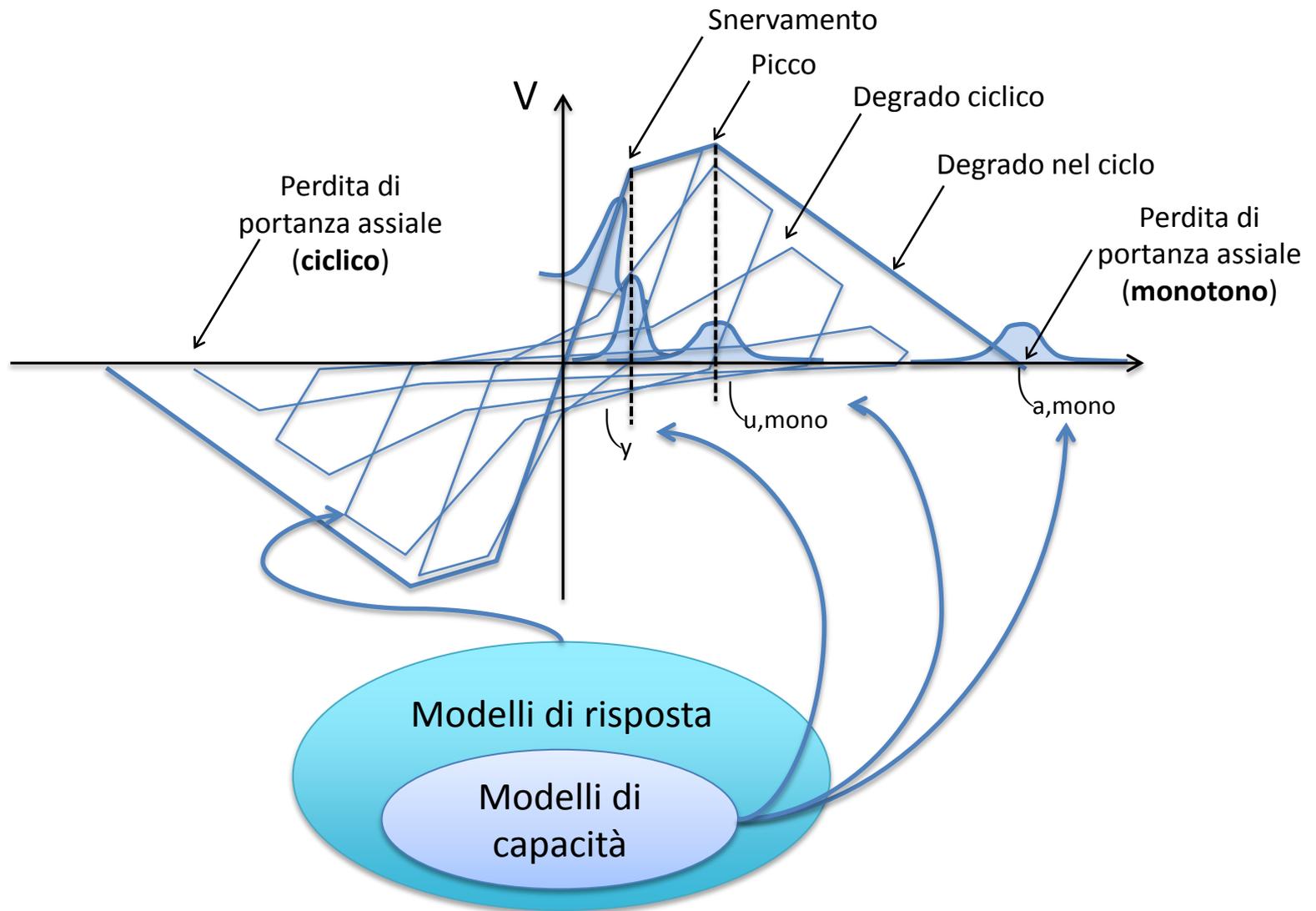


$(S_{Y=1})_n$

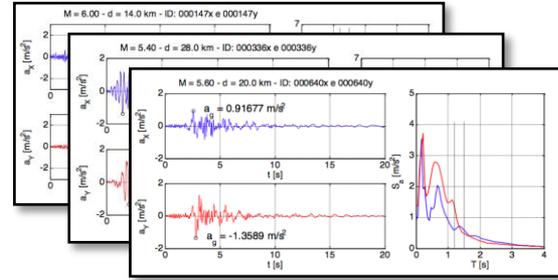


$\mu_{\ln S_{Y=1}}$   
 $\sigma_{\ln S_{Y=1}}$

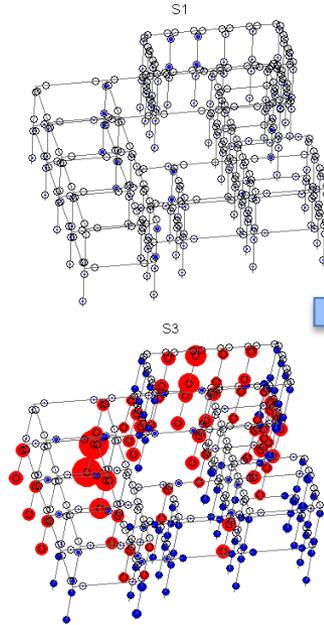
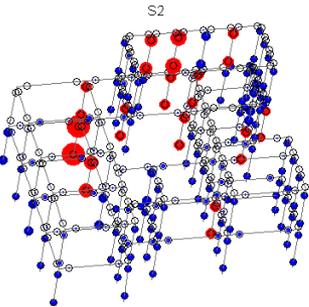
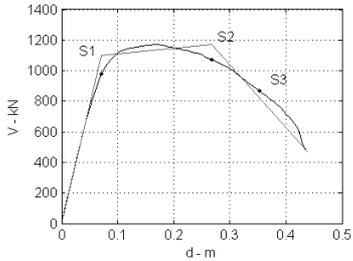
# Modellazione



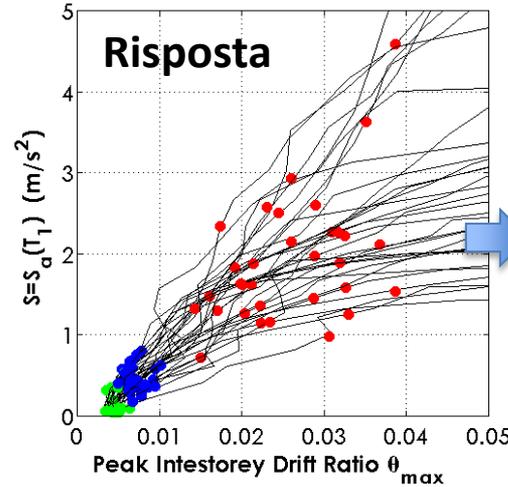
# Applicazione a un edificio reale



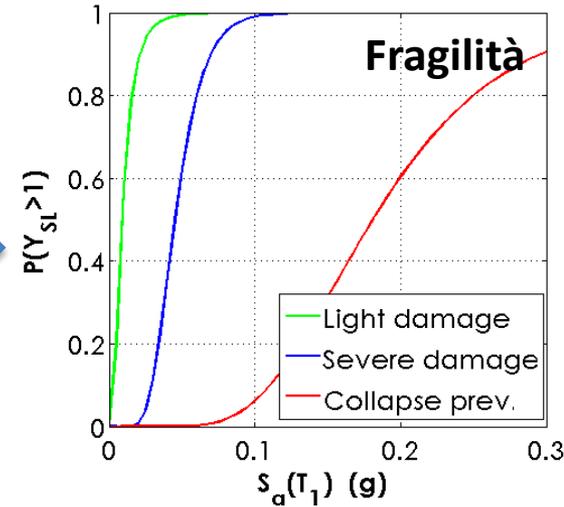
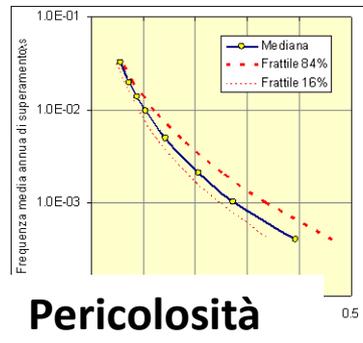
Input



Modello



Pericolosità



$\lambda_{LS} (\times 10^{-3})$	A	Soglia
$T_1$ (s)	1.42	-
Danno Limitato	42.2	30.0
Danno Severo	13.1	3.2
Collasso	1.4	1.5