

ROAD SHOW ACCADEMICO 2010 / 2011



ENERGIA
FUTURO
RICERCA



LA TECNOLOGIA NUCLEARE

ENERGIA

FUTURO

RICERCA

LA TECNOLOGIA NUCLEARE



POLITECNICO
DI MILANO

ROAD SHOW ACCADEMICO 2010/2011

Politecnico di Milano - 3 Maggio 2011

***Impianti nucleari ed azioni sismiche:
analisi del rischio e strategie di protezione***

Federico Perotti

Dipartimento di Ingegneria Strutturale

Terremoto di Chūetsu (Giappone) del 16-7-2007

- di severità superiore al terremoto di progetto
- non ha causato danni alle strutture/impianti fondamentali per la sicurezza
- ha causato danni ad altre strutture/impianti, danni che hanno certamente contribuito a ritardare il riavvio dell'impianto

“Lesson learnt” - Kashiwazaki-Kariwa

A team from the IAEA carried out a four day inspection, ...The team of the IAEA confirmed that the plant had "shut down safely" and that "damage appears less than expected."¹ On August 19, the IAEA reported that, **for safety-related and nuclear components, "no visible significant damage has been found" although "nonsafety related structures, systems and components were affected by significant damage"**.

The official report issued by the IAEA stated that the plant "behaved in a safe manner" after a 4-day inspection. Other observations were:

"Safety related structures, systems and components of the plant seem to be in a general condition, much better than might be expected for such a strong earthquake, and there is no visible significant damage"

Conservatism introduced in the construction of the plant compensated for the magnitude of the earthquake being so much greater than planned for.

“Lesson learnt” – Fukushima



Terremoto di Tōhoku (Giappone) del 11-3-2011

- di severità superiore a quella di progetto
- non sembra essere stato responsabile della perdita di controllo dell'impianto, dovuta presumibilmente all'effetto dello tsunami
- ha tuttavia messo in evidenza il livello di eccezionalità delle “condizioni al contorno” che si possono verificare in un evento raro

“Lesson learnt”



- per terremoti di intensità paragonabile a quello di progetto, al di là dei requisiti essenziali di sicurezza occorre **limitare i danni** ad ogni livello
- l'evento eccezionale va trattato come tale; non è un evento di progetto “amplificato”, **comporta scenari e modelli del tutto differenti**

isolamento sismico



- l'isolamento sismico è una strategia per la limitazione della risposta sismica che consente di ridurre fortemente i danni per l'eccitazione sismica di progetto
- occorre peraltro verificare le prestazioni dei sistema di isolamento in condizioni eccezionali di eccitazione sismica

il rischio sismico per un “componente”



vulnerabilità strutturale

rischio sismico =

X

pericolosità al sito

X = “convoluzione”

$$P_f = \int P \{ DM > dm_f \mid IM = im \} p_{IM}(im) d(im)$$

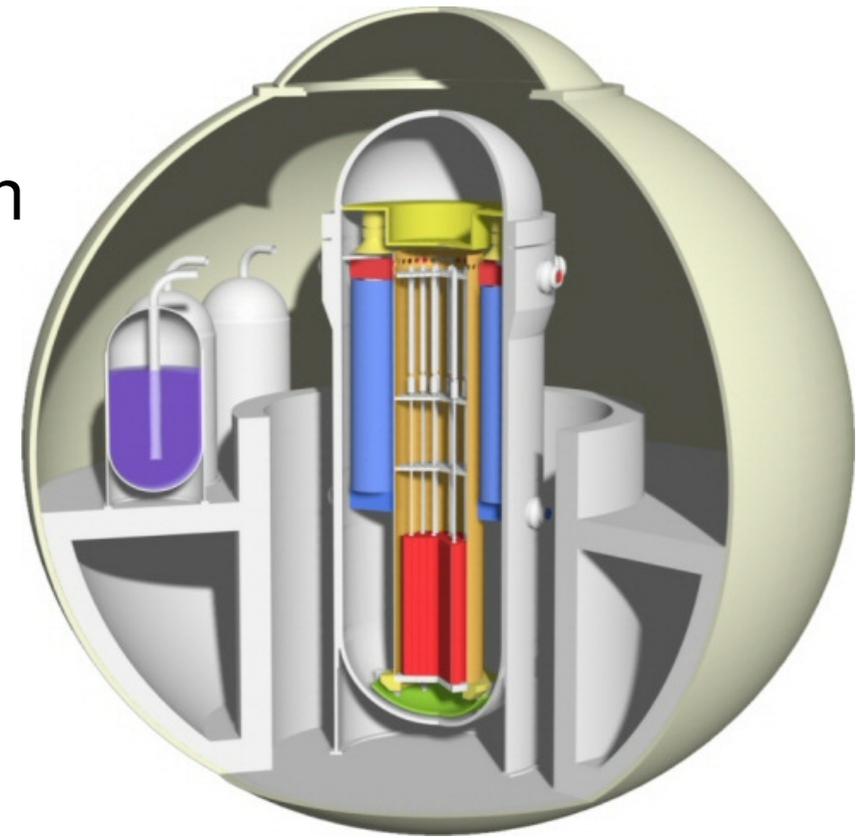
DM “damage measure” (dm_f valore al collasso)

IM “intensity measure” (ad esempio *PGA*)

il progetto internazionale IRIS

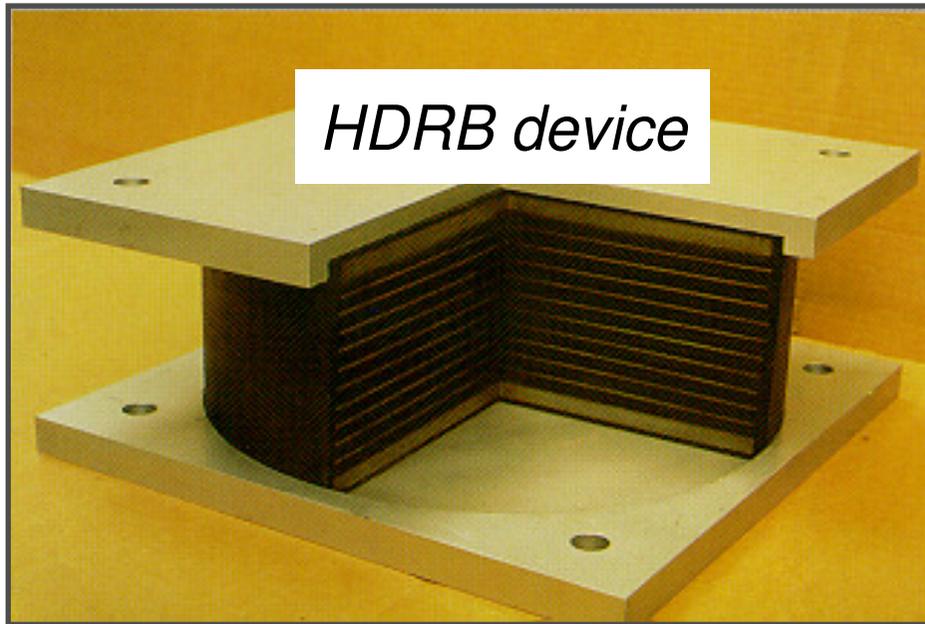


progetto di un reattore
PWR da 335 MWe con
sistema primario
completamente
integrato nel vessel



sviluppato da parte di un consorzio internazionale formato da più di 20 partner (industrie, università, laboratori, produttori)

il consorzio è caratterizzato da una significativa componente italiana

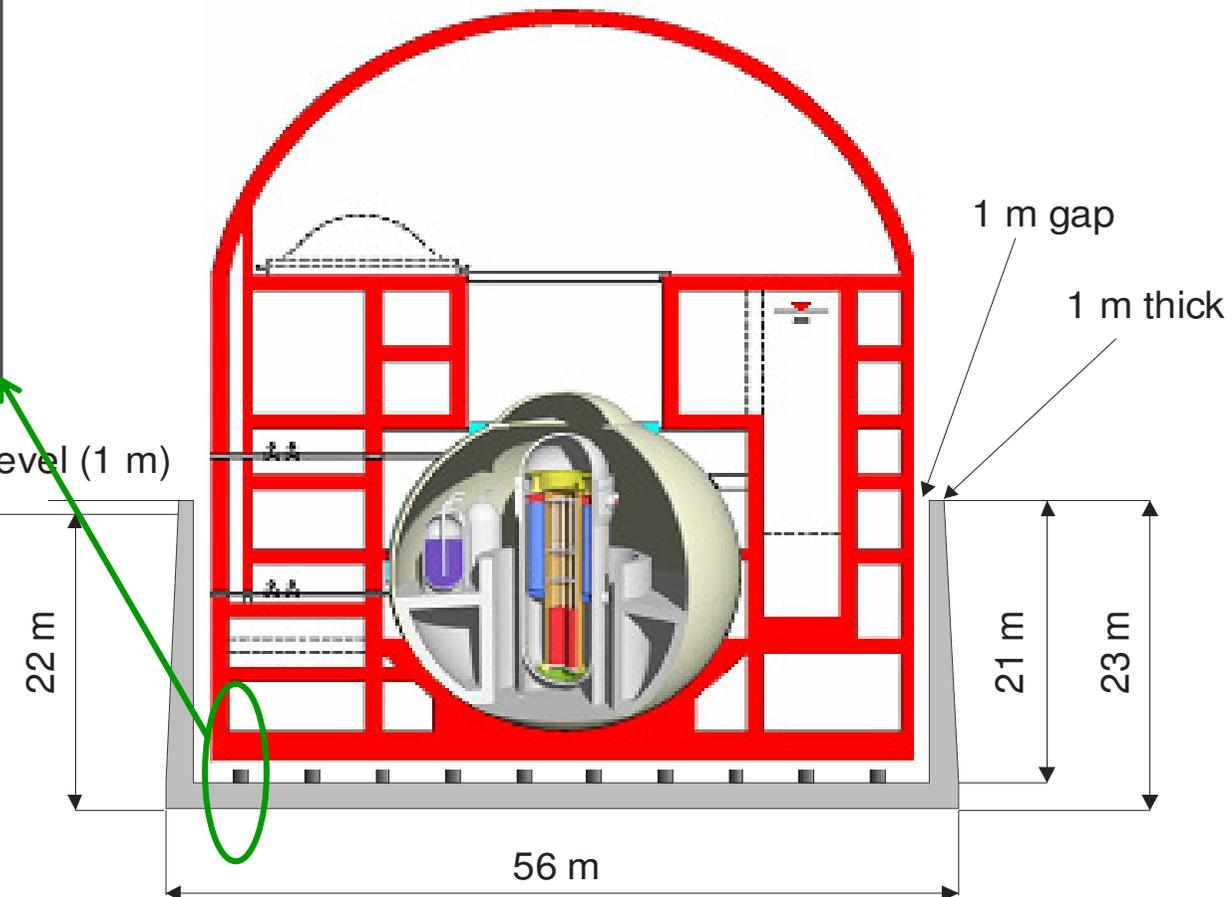


HDRB device

edificio reattore di IRIS

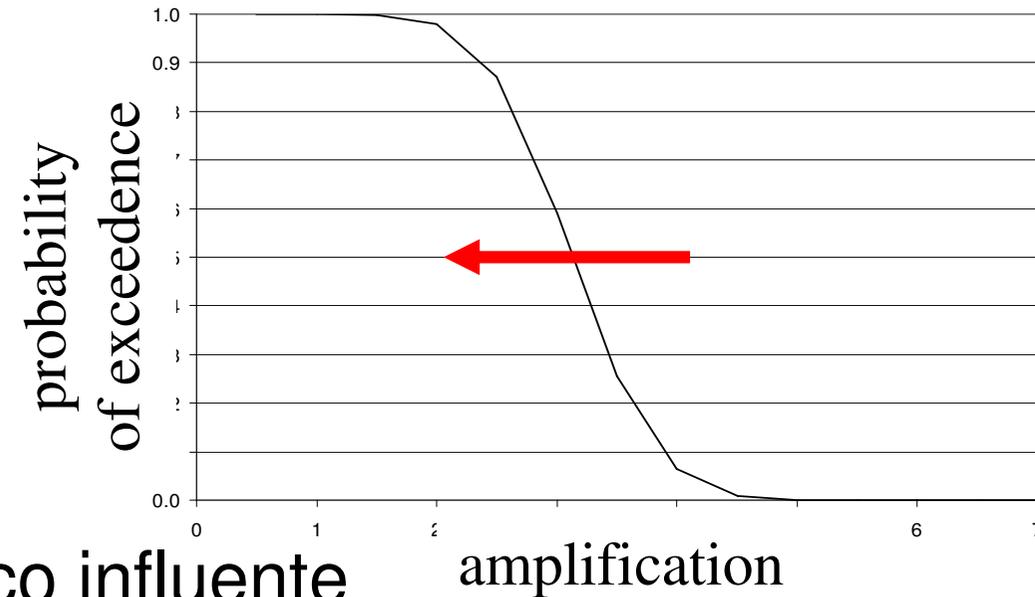
elementi di isolamento
 tipo HDRB (High
 Damping Rubber
 Bearings)

Flood level (1 m)
 Ground level



vulnerabilità di edifici isolati

- la risposta dinamica dell'edificio si riduce drasticamente
- l'incertezza legata ai parametri strutturali e del terreno diventa poco influente
- le condizioni di progetto per gli impianti possono essere **standardizzate**
- **la sicurezza sismica dipende quasi esclusivamente dalle prestazioni dell'isolatore**



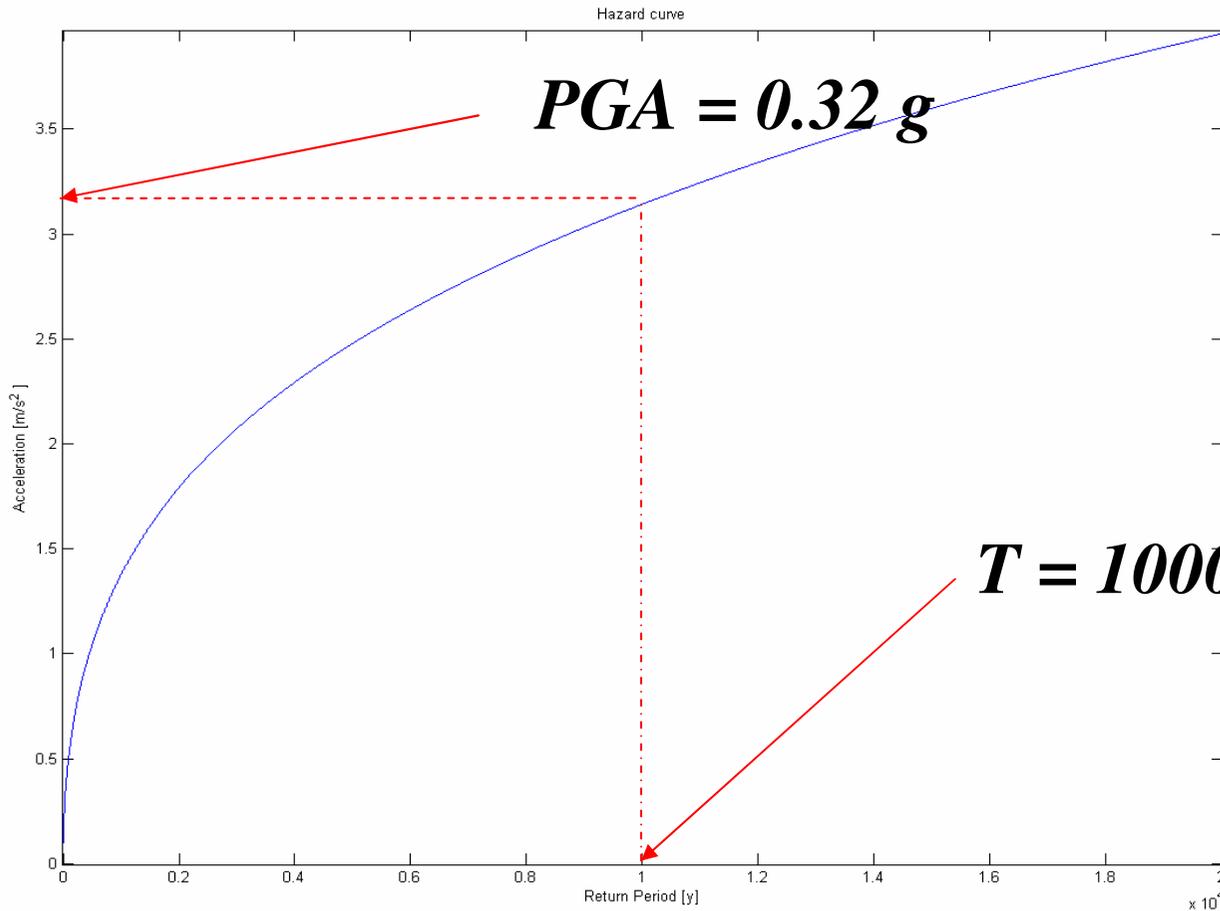
condizioni critiche degli isolatori

- la caratterizzazione del comportamento a collasso di un isolatore di grandi dimensioni presenta notevoli difficoltà
- alternativamente si può fare riferimento ad una condizione di “primo danno”, ad esempio corrispondente al distacco delle piastre in acciaio dagli elementi elastomerici

stima della vulnerabilità degli isolatori

- 1. prove sperimentali (a collasso) degli HDRB (grande diametro!)**
- 2. sviluppo di un modello a EF raffinato per gli isolatori**
- 3. definizione della superficie dello stato limite per l'isolatore**
4. calibrazione di un modello isteretico semplice per l'analisi dinamica dell'edificio isolato
5. sviluppo dell'analisi di vulnerabilità in base al modello semplificato dell'edificio ed alla superficie dello SL e/o al valore di collasso dello spostamento relativo
+ analisi di fragilità "tradizionale" per i componenti dell'impianto (soprattutto per la componente verticale)

esempio: pericolosità “campione”



pericolosità in termini di
PGA - periodo di ritorno T
(sito di sismicità medio-
bassa)

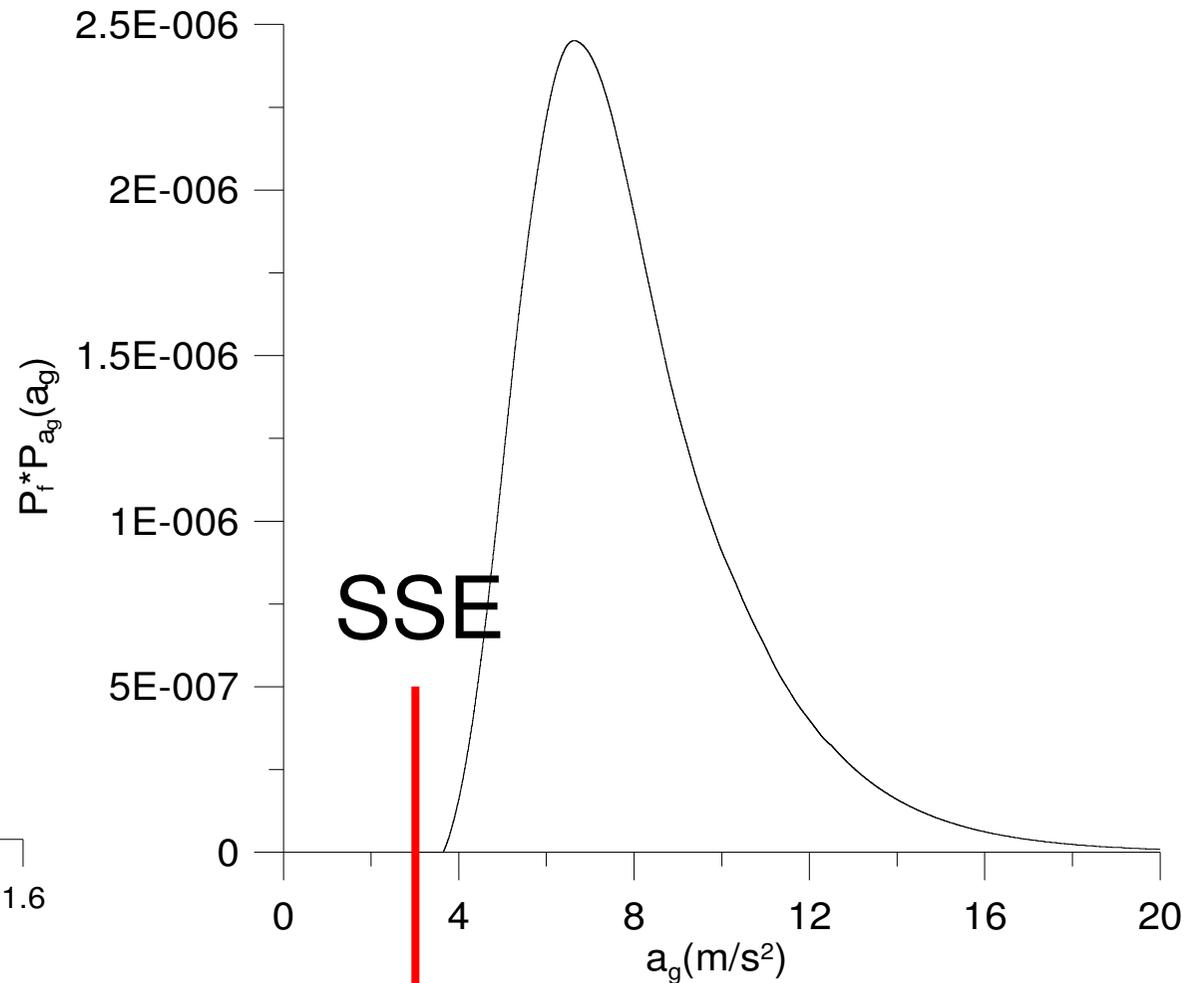
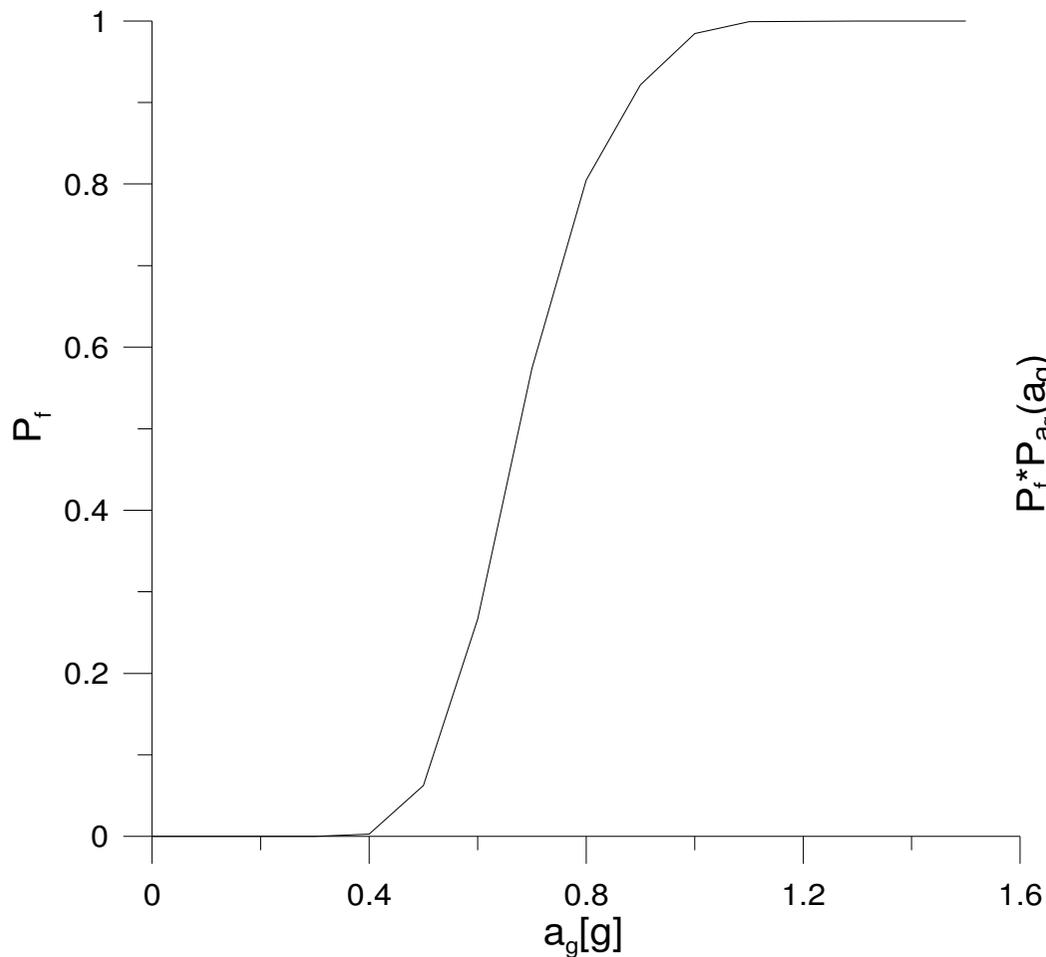
nota $T(a_g)$ la distribuzione del
valore estremo attuale della PGA
è ottenuta come:

$$P_{A_g}(a_g) = 1 - \frac{T(a_{g,\min})}{T(a_g)}$$

calcolo del rischio per un isolatore



risultati ottenuti per il sito "campione"



conclusioni



- l'isolamento sismico è una strategia necessaria per soddisfare gli elevatissimi requisiti prestazionali dei moderni impianti a fronte delle azioni sismiche di progetto
- è necessario continuare le attività in atto per la caratterizzazione delle modalità di collasso degli isolatori soggetti a grandi deformazioni trasversali