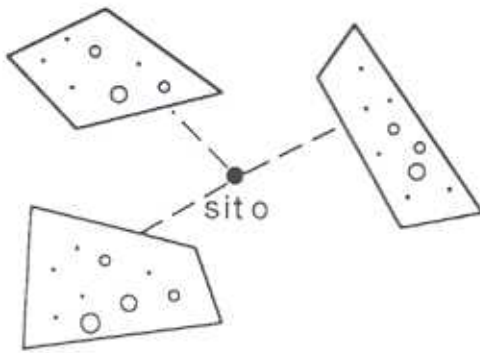


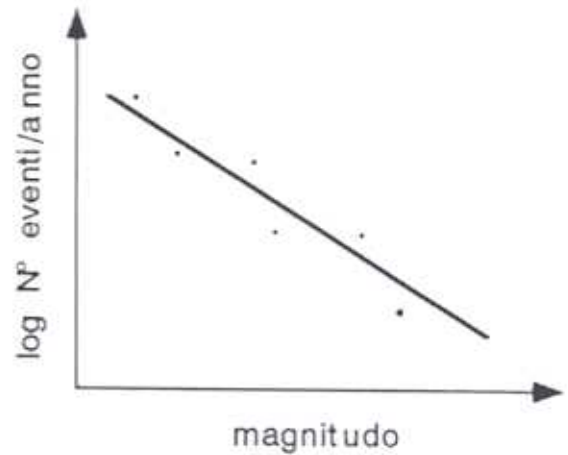
# STIMA PROBABILISTICA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA (metodo di Cornell)



## 1- Scelta di un catalogo sismico

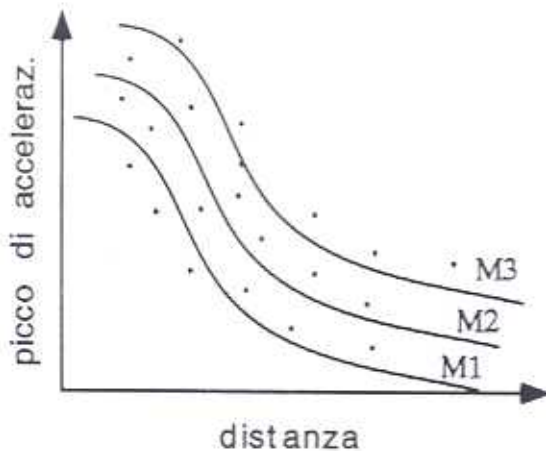
### Identificazione delle zone sismogenetiche

La sismicità all'interno di ogni zona è uniforme: i terremoti hanno la stessa probabilità di comparsa su tutta la zona e seguono la stessa legge di ricorrenza. La sismicità dell'area, la geologia e la geofisica forniscono generalmente la base per l'identificazione delle zone.



## 2- Relazioni di ricorrenza

Per ogni zona va definita una relazione di ricorrenza tra il numero di eventi osservati e la Magnitudo (o Intensità) che consente di attribuire a ciascuna Magnitudo la sua frequenza annua di osservazione o il suo inverso (periodo di ritorno).



## 3- Relazioni di attenuazione

Servono per determinare il contributo attenuato al sito (in termini di intensità, picco di accelerazione, ecc.) di tutte le zone sismogenetiche. Tali relazioni vengono generalmente stimate con analisi di regressione sui dati raccolti nella regione di interesse.



## 4- Valutazione della pericolosità

Calcolo della frequenza con cui il valore del parametro scelto viene superato nel sito in esame. Calcolo (attraverso la distribuzione di Poisson) della probabilità di eccedenza per diversi valori del parametro e dei tempi di esposizione.

## *CURVE DI RICORRENZA (Gutenberg e Richter 1954)*

Ad ogni zona sismogenetica viene attribuita una curva di ricorrenza che definisce, per ciascuna intensità, il numero di eventi osservati annualmente.

Si può così definire, per ciascuna magnitudo, la sua frequenza annua d'osservazione  $\lambda(M)$  o il suo periodo di ritorno (inverso della frequenza annua di osservazione).

La formula proposta è:

$$\lambda(M) = \alpha e^{-\beta M}$$

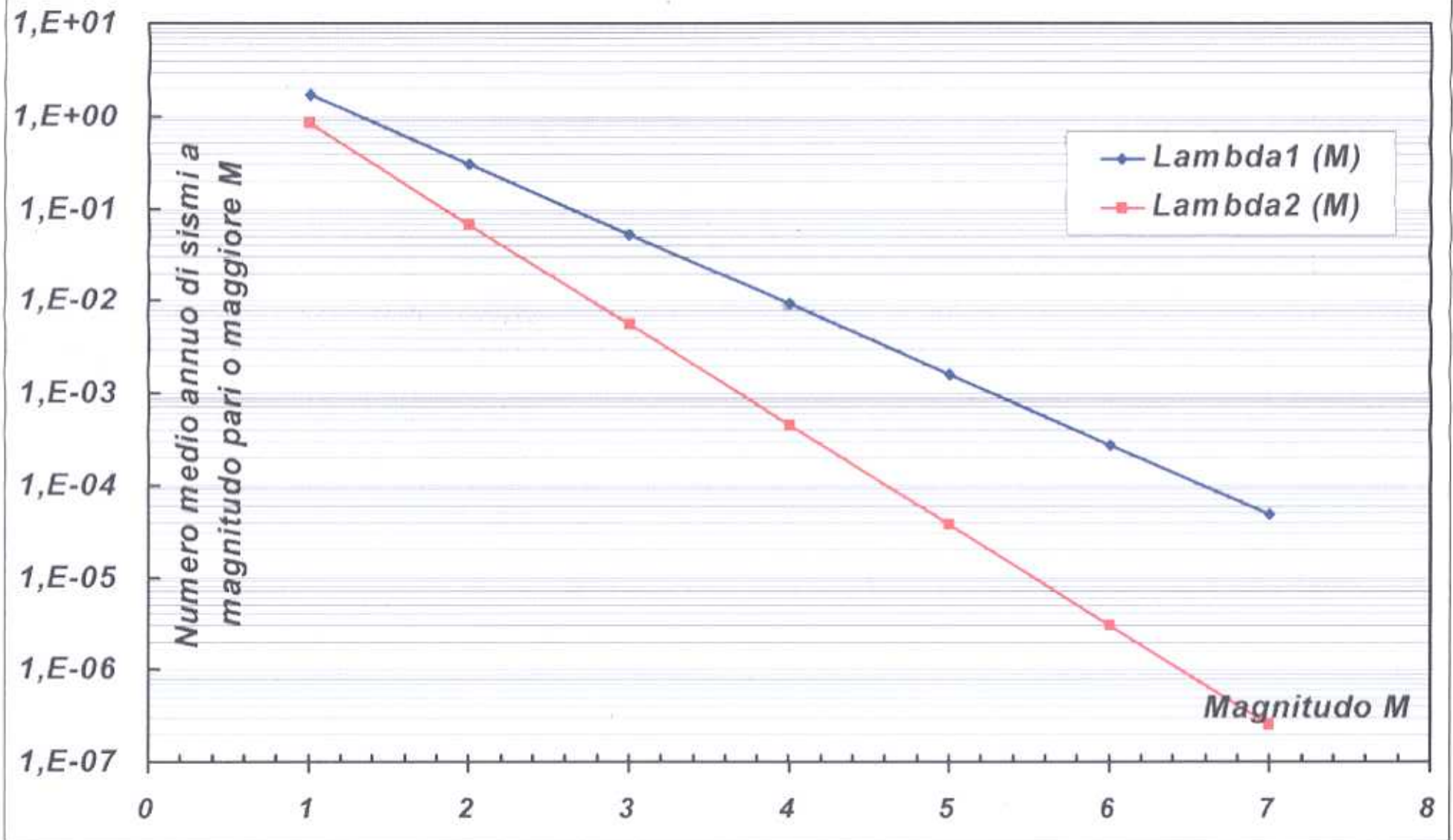
dove:

$\lambda$  = numero medio annuo di sismi aventi magnitudo maggiore o uguale ad un valore  $M$

$\alpha$  = numero medio annuo di sismi (misura l'attività della sorgente)

$\beta$  = indica come l'attività totale si ripartisce fra le varie magnitudo  $M$

*CURVA DI RICORRENZA (Gutenberg e Richter 1954)*



## DISTRIBUZIONE POISSONIANA

**DEFINIZIONE:** La distribuzione Poissoniana è una distribuzione di probabilità discreta che stima la probabilità  $P$  che uno specifico evento avvenga esattamente  $n$  volte in un intervallo di tempo  $T_d$  quando la frequenza media di occorrenze per unità di tempo è una costante  $\lambda$ .

$$P(N(M)=n) = e^{-\lambda(M) T_d} (\lambda(M) T_d)^n / n!$$

Applicata alla sismica è una distribuzione che stima la probabilità che, in un prefissato numero di anni  $T_d$  (intervallo di tempo coincidente con la vita utile di progetto che si assegna ad un edificio), un terremoto che ha probabilità annua di avvenire costante e pari a  $\lambda(M)$  (con  $\lambda(M) = 1/T_r$  essendo  $T_r$  il periodo di ritorno), si presenti un numero  $n$  di volte.

Poiché  $\lambda(M) T_d = T_d/T_r$ , per  $n=0, 1, 2, 3..P$  ha le espressioni:

$P$  di non avere sismi con  $Magn. > M: P(0, M) = e^{-T_d/T_r}$

$P$  di averne uno o più'  $: P(\geq 1, M) = 1 - e^{-T_d/T_r}$

$P$  di averne uno  $: P(1, M) = e^{-T_d/T_r} (T_d/T_r)$

$P$  di averne due  $: P(2, M) = e^{-T_d/T_r} (T_d/T_r)^2 / 2$

$P$  di averne tre  $: P(3, M) = e^{-T_d/T_r} (T_d/T_r)^3 / 6$

**P di averne uno o piu' :  $P(\geq 1, M) = 1 - e^{-T_d/T_r}$**

**P di averne due o piu' :  $P(\geq 2, M) = 1 - e^{-T_d/T_r} (1 + T_d/T_r)$**

**P di averne tre o piu' :**

$$P(\geq 3, M) = 1 - e^{-T_d/T_r} (1 + T_d/T_r + (T_d/T_r)^2/2)$$

**Valore atteso della pericolosità:  $\lambda(M) T_d$**

**Deviazione standard della pericolosità:  $(\lambda(M) T_d)^{1/2}$**

## *CURVE D'ATTENUAZIONE (Sabetta – Pugliese 1987)*

Le curve sono state definite sulla base delle registrazioni (**190**) di componenti orizzontali relative a **17** terremoti italiani di Magnitudo compresa tra **4.6** e **6.8** (vedi tabella successiva).

Le formule forniscono le leggi di attenuazione relative a **Peak Ground Acceleration (PGA)**.e **Peak Ground Velocity (PGV)**.

Le formule proposte sono:

$$\text{Log PGA} = -1,562 + 0,306M - \log(R^2 + 5,8^2)^{1/2} + 0,169S$$

$$\text{Log PGV} = -0,710 + 0,455M - \log(R^2 + 3,6^2)^{1/2} + 0,133S$$

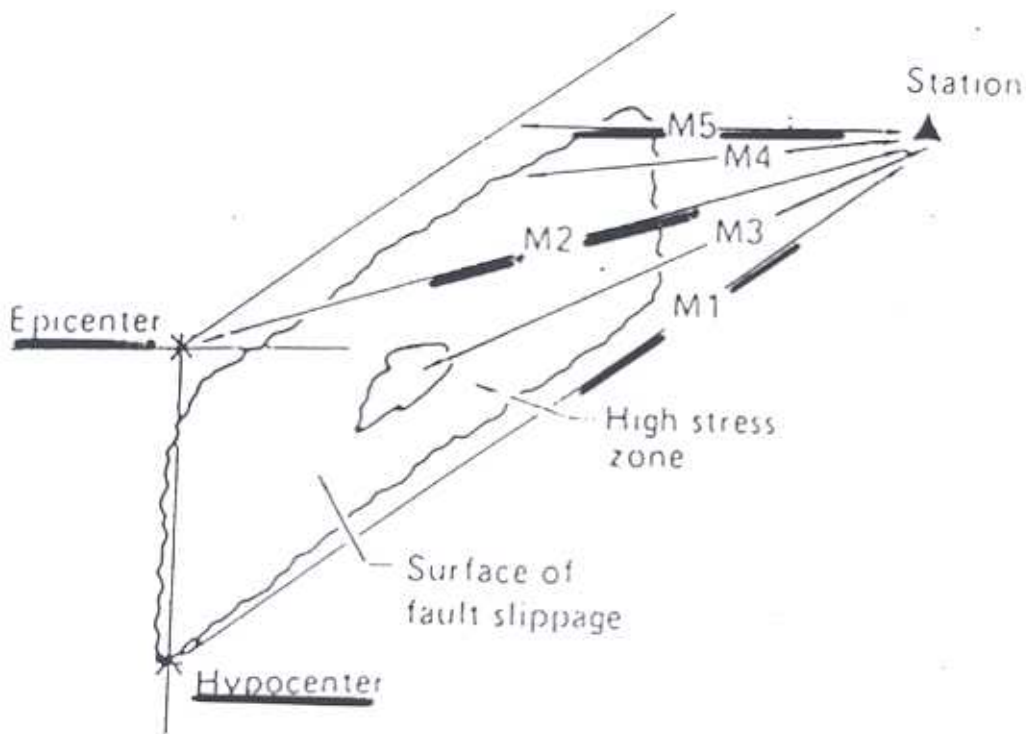
Dove:

*M* è la Magnitudo

*R* è la distanza dalla proiezione, sulla superficie terrestre, della superficie di rottura della faglia

*S* è un parametro che vale 0 per terreni rigidi ed 1 per terreni soffici

**PGA** e **PGV** sono risultate a distribuzione **lognormale** con un errore standard pari, rispettivamente, al **49%** ed al **64%** dei valori mediani stimati.



Distance Measures ( from recording station )

M1 - Hypocentral

M2 - Epicentral

M3 - Dist. to energetic zone

M4 - Dist. to slipped fault

M5 - Dist. to surface projection of fault

**TABLE 1**  
Earthquake Data

Earthquake	Date (Yr-Mo-Dy)	Date (HH MM)	Magnitude (M)*	Depth (km)	N° of Recordings
Friuli	76-05-06	20 00	6.5	6.5	8
Friuli	76-05-09	00 53	5.3	8.5	3
Friuli	76-05-11	22 44	4.8	6.0	4
Friuli	76-09-11	16 31	5.1	6.5	4
Friuli	76-09-11	16 35	5.6	6.5	6
Friuli	76-09-15	03 15	6.0	5.0	4
Friuli	76-09-15	04 38	4.7	8.0	2
Friuli	76-09-15	09 21	5.9	7.0	8
Friuli	77-09-16	23 48	5.2	8.0	4
Sicilia	78-04-15	23 33	5.8	12.0	4
Valnerina	79-09-19	21 35	5.8	6.0	5
Irpinia	80-11-23	18 34	6.8	16.0	17
Irpinia	80-12-01	19 04	4.6	9.0	4
Irpinia	81-01-16	00 37	4.7	15.0	8
Umbria	84-04-29	05 02	5.6	7.0	5
Lazio-Abruzzo	84-05-07	17 49	5.8	8.0	7
Lazio-Abruzzo	84-05-11	10 41	5.4	11.0	2

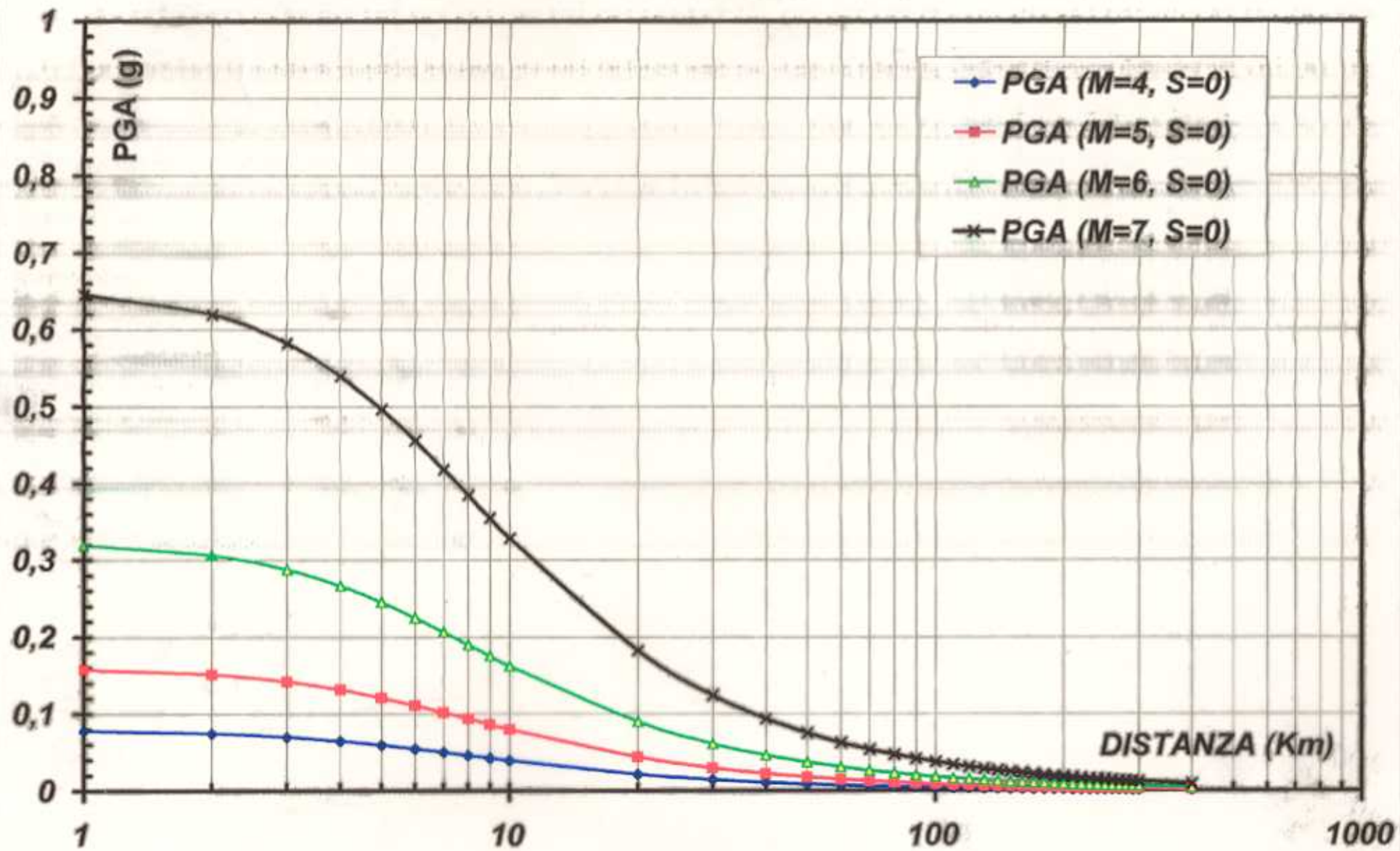
\* M = M<sub>s</sub> for magnitudes equal to 5.5 or greater

M = M<sub>L</sub> for magnitudes less than 5.5

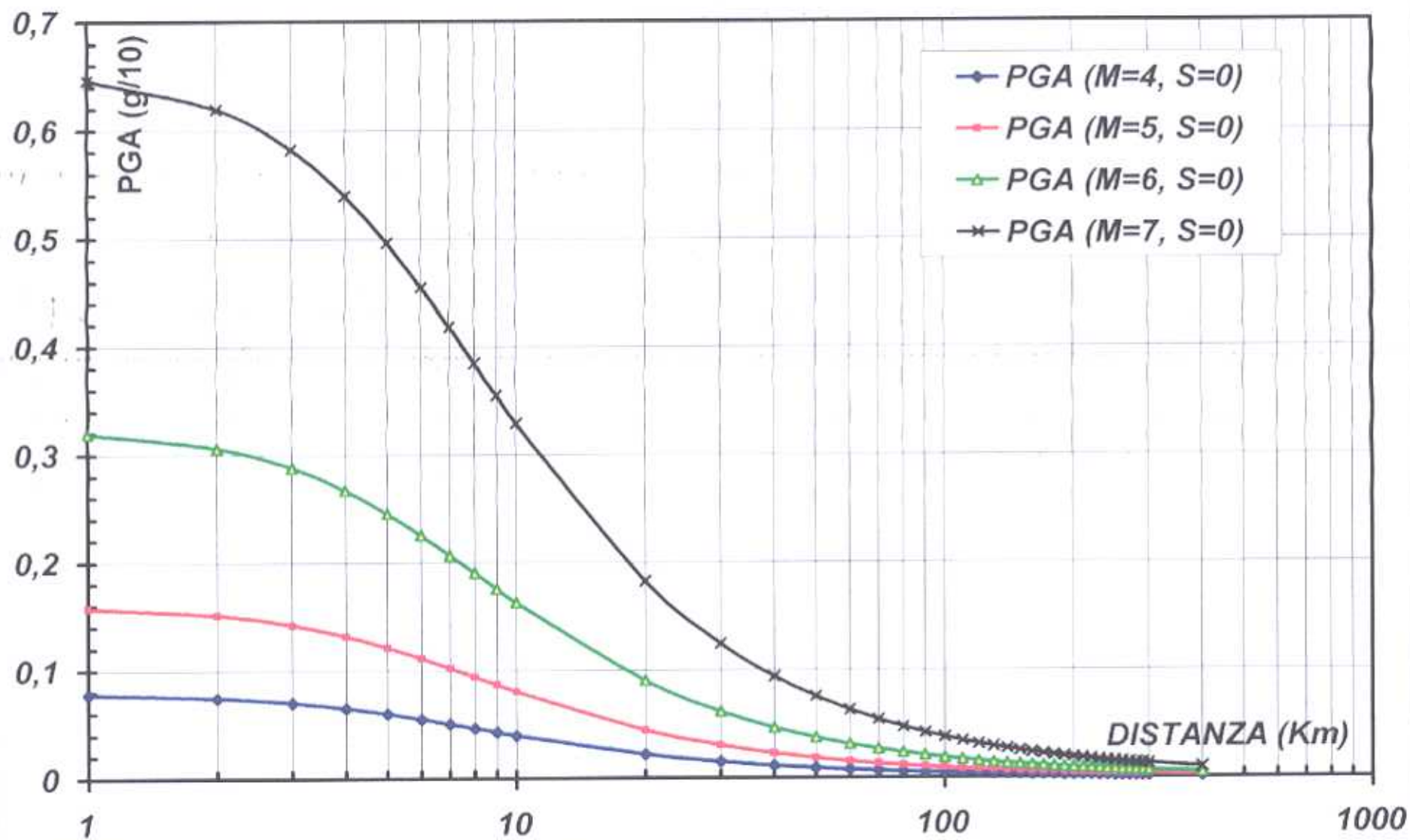
From Sabetta and Pugliese (1987).



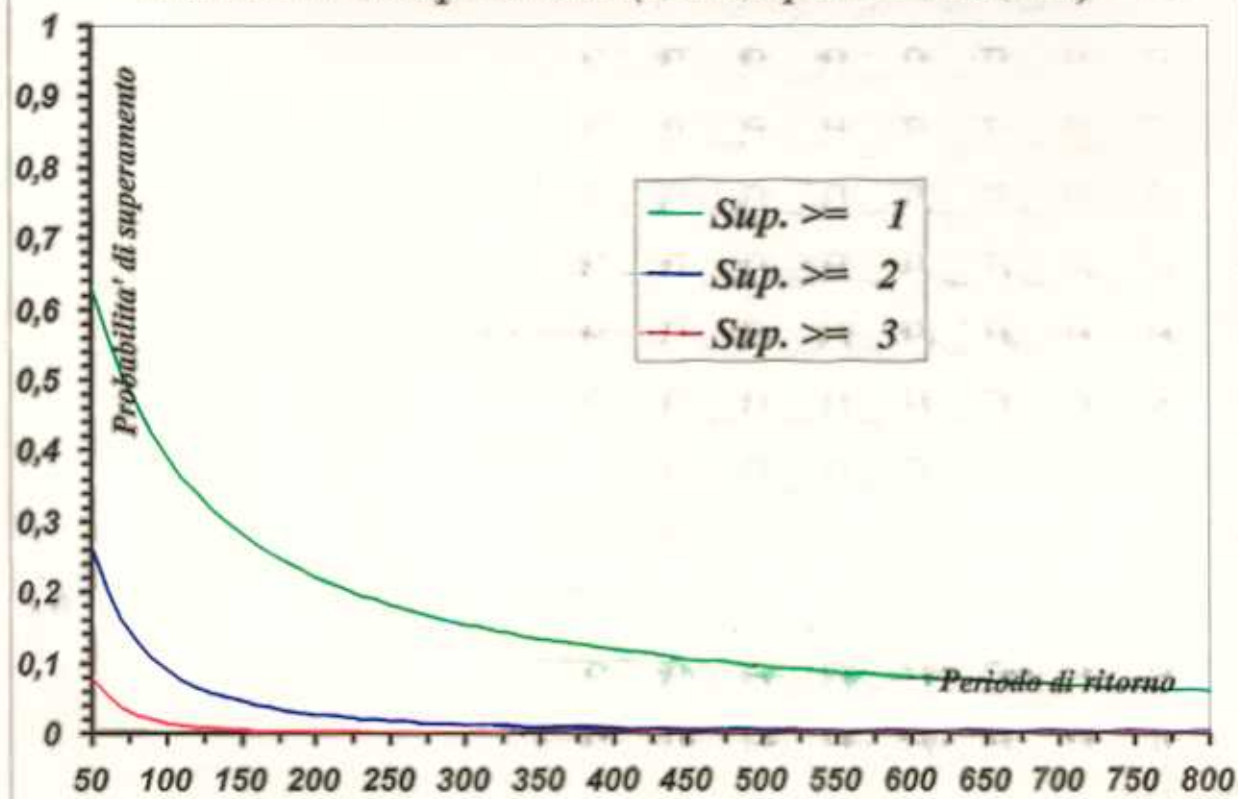
### CURVA DI ATTENUAZIONE PER TERRENI RIGIDI (Sabetta-Pugliese 1987)



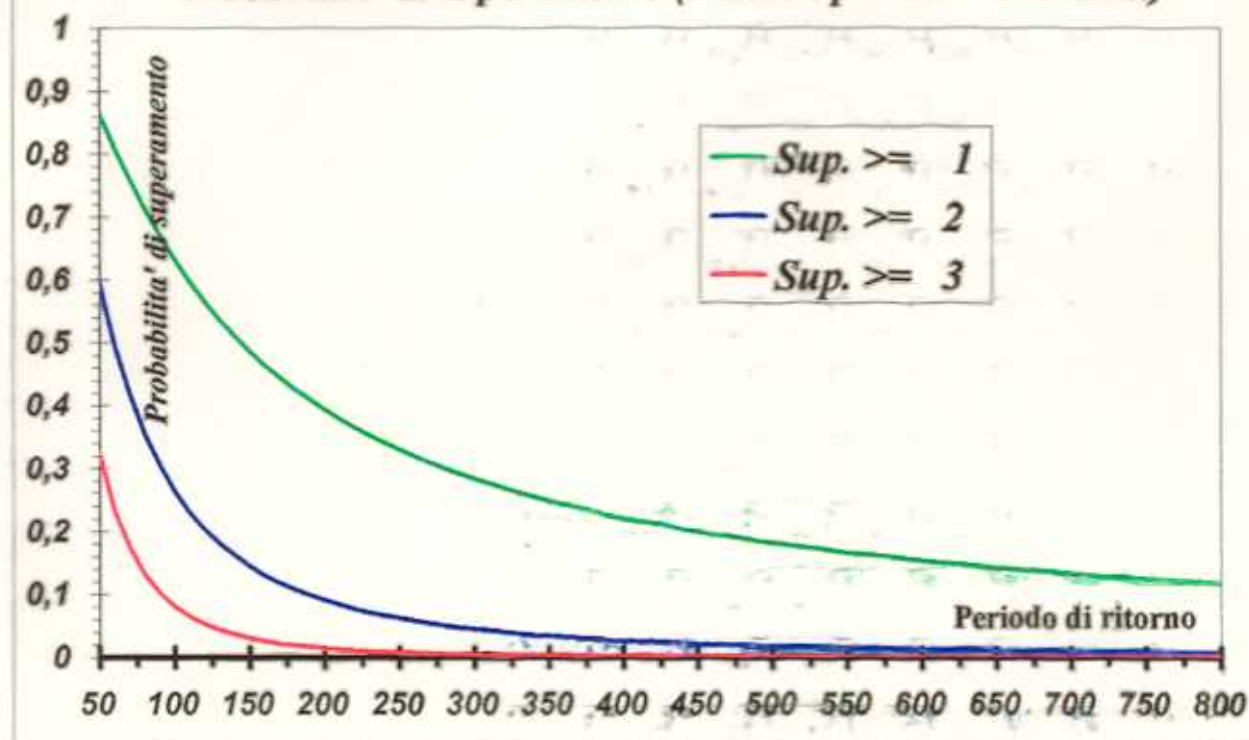
CURVA DI ATTENUAZIONE SABETTA-PUGLIESE (1987)



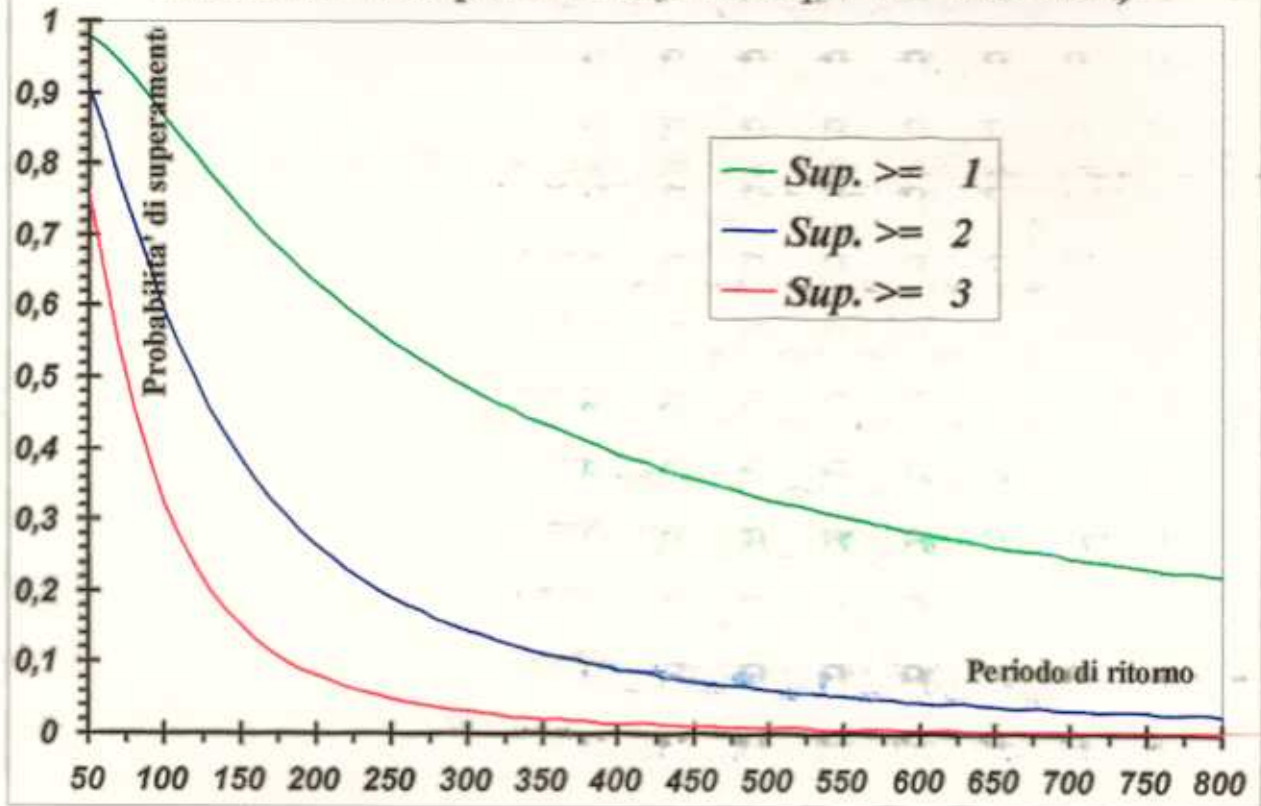
Probabilità di superamento (Poisson per  $T_d = 50$  Anni)



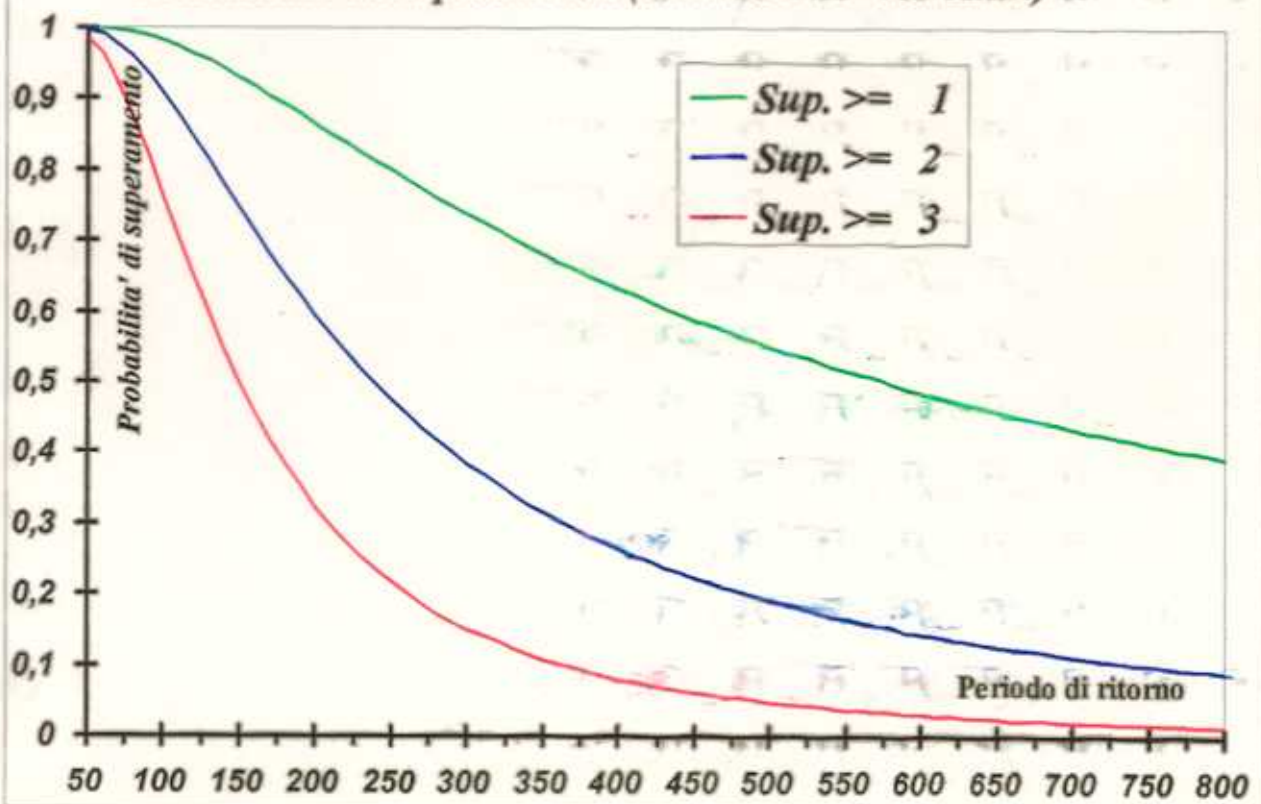
Probabilità di superamento (Poisson per  $T_d = 100$  Anni)



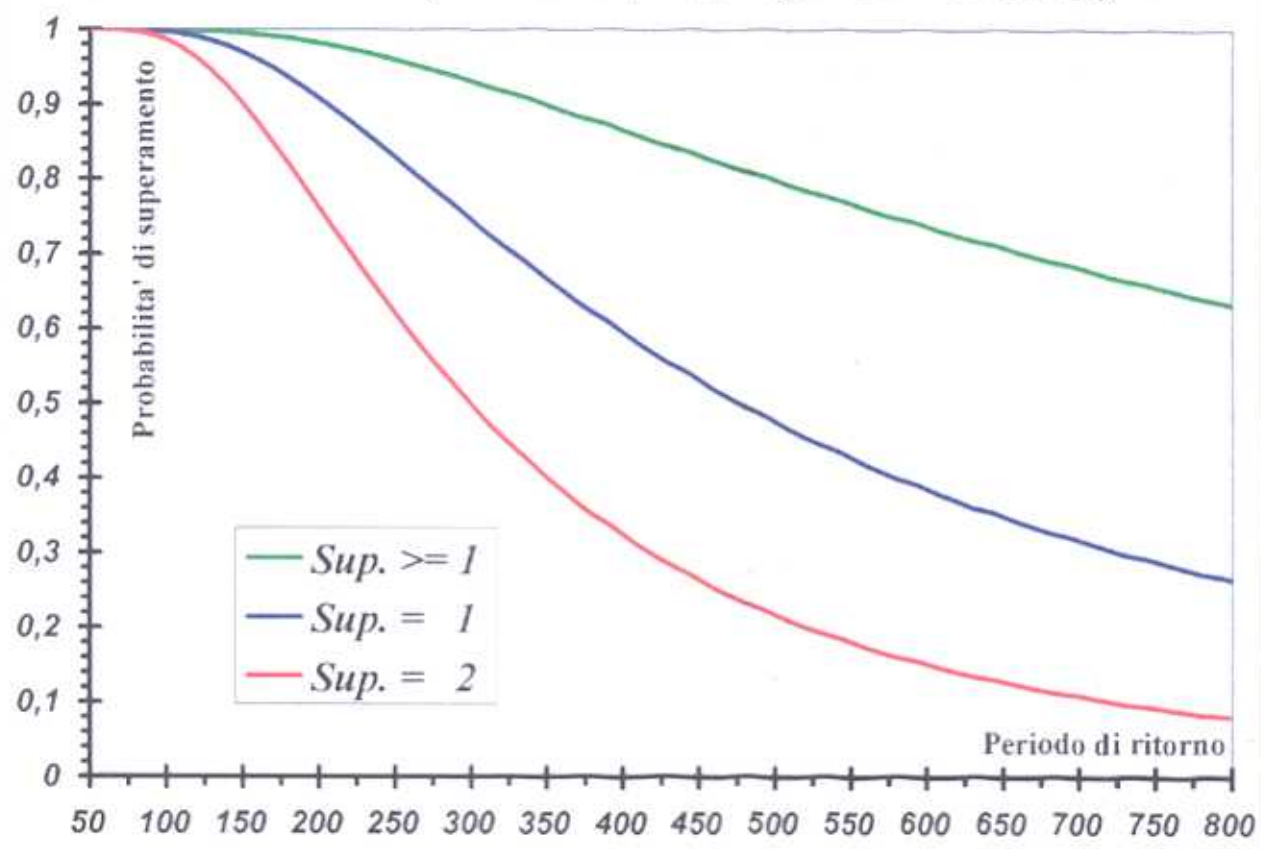
Probabilità di superamento (Poisson per  $T_d = 200$  Anni)



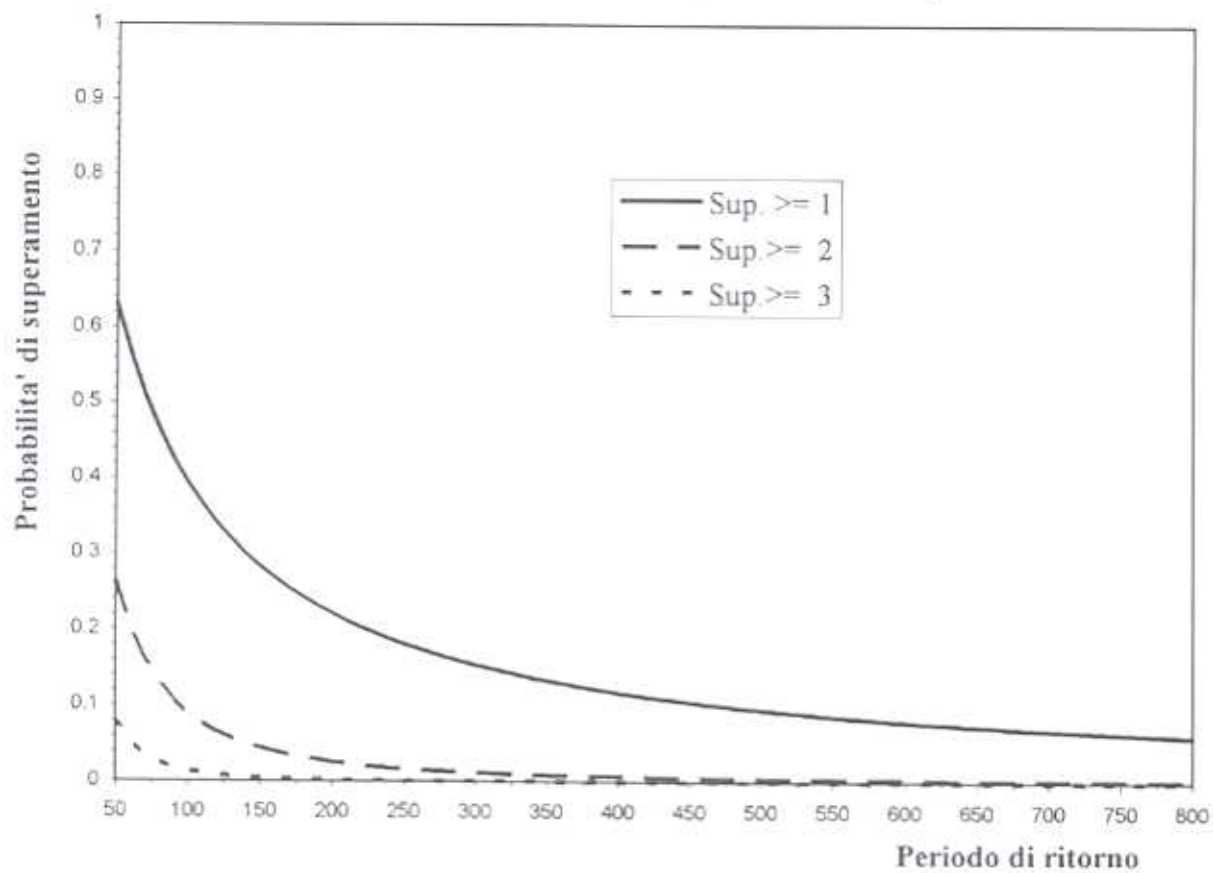
Probabilità di superamento (Poisson  $T_d = 400$  Anni)



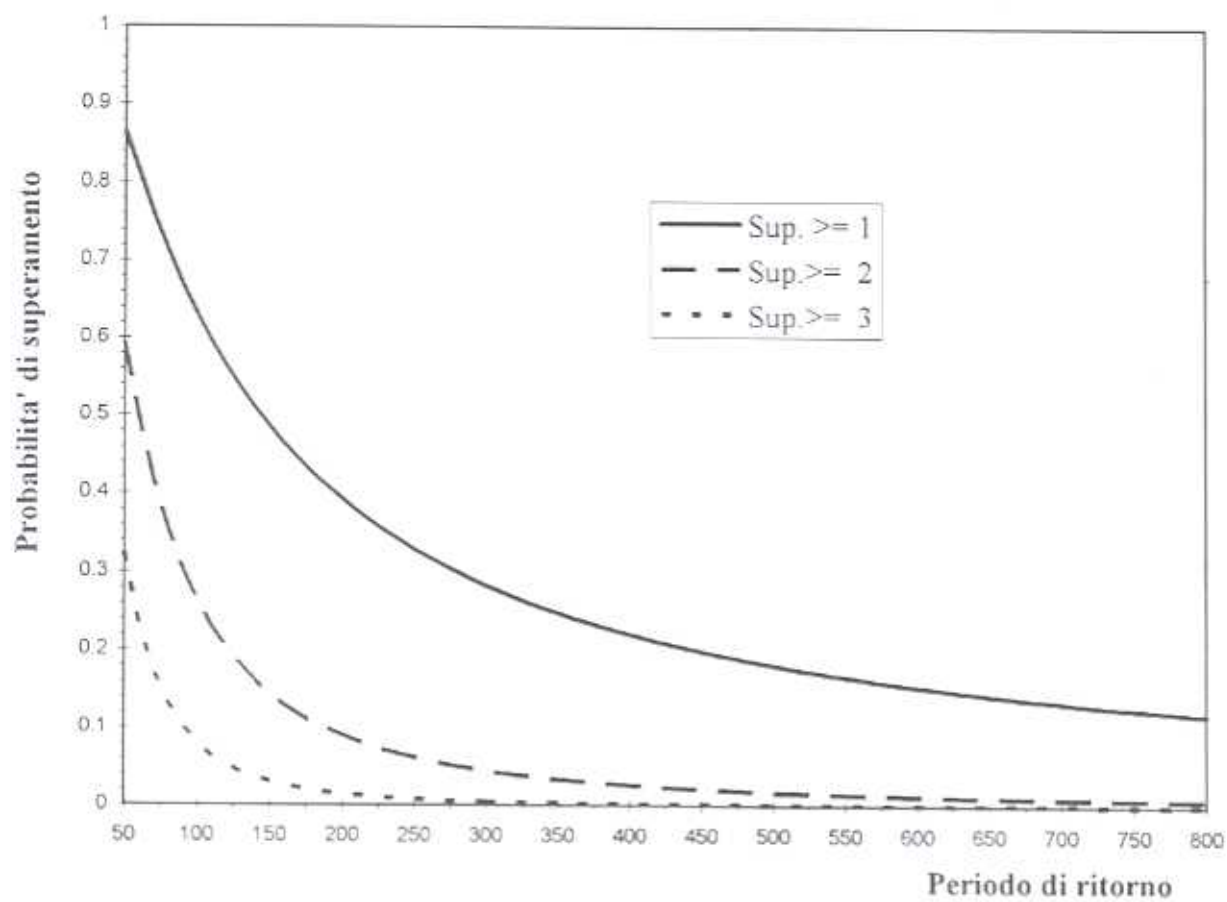
Probabilità di superamento (Poisson per  $T_d = 800$  Anni)



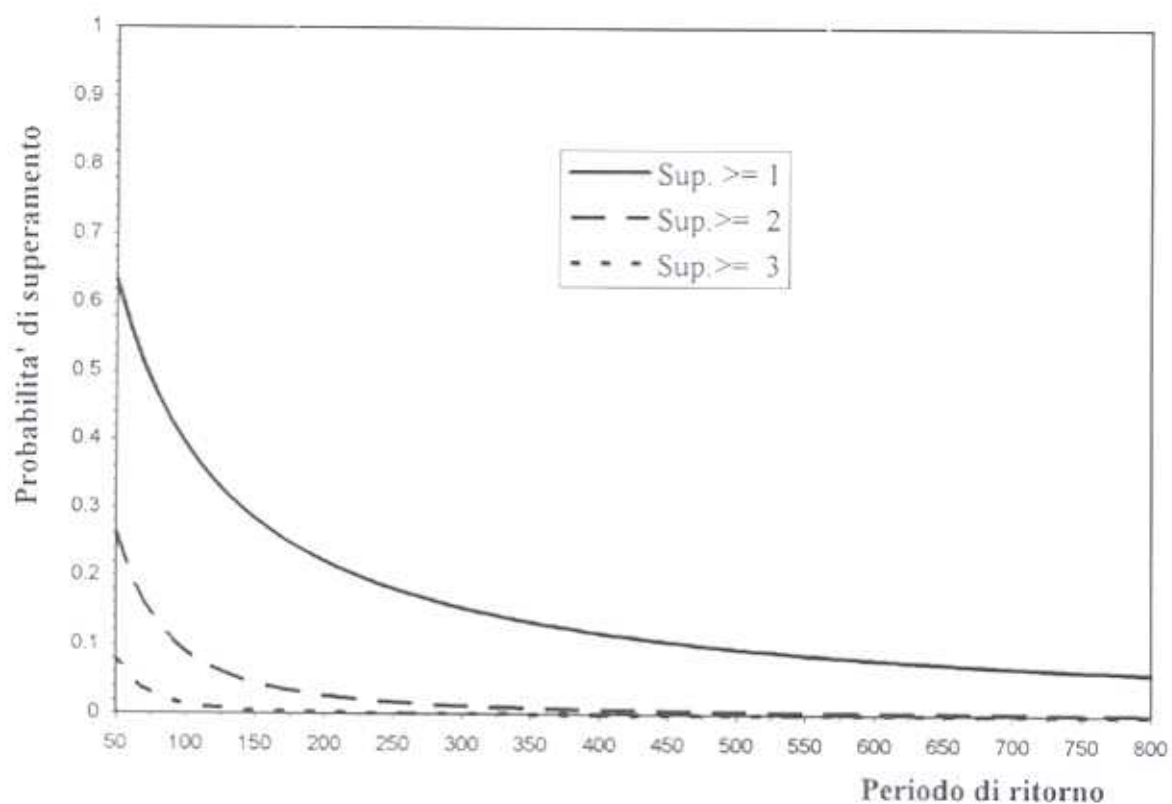
Probabilità di superamento (Poisson per  $T_d = 50$  Anni)



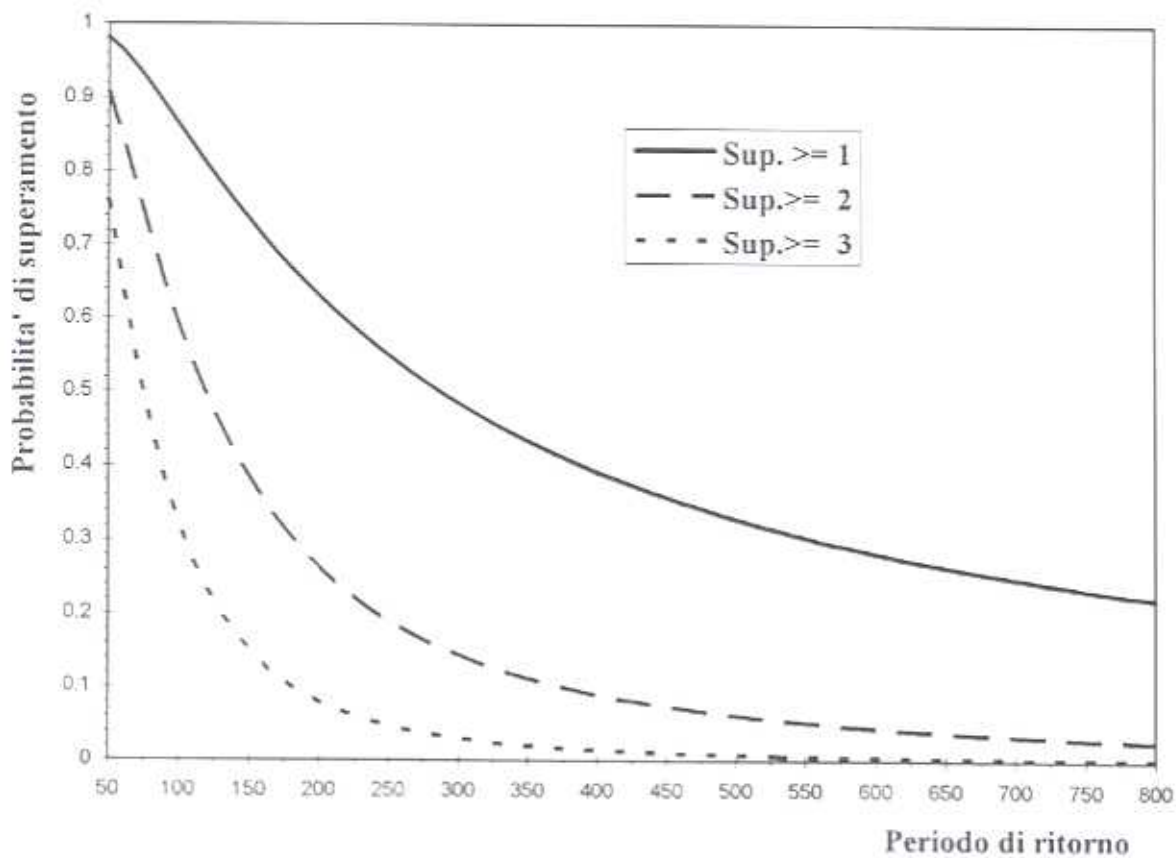
Probabilità di superamento (Poisson per  $T_d = 100$  Anni)



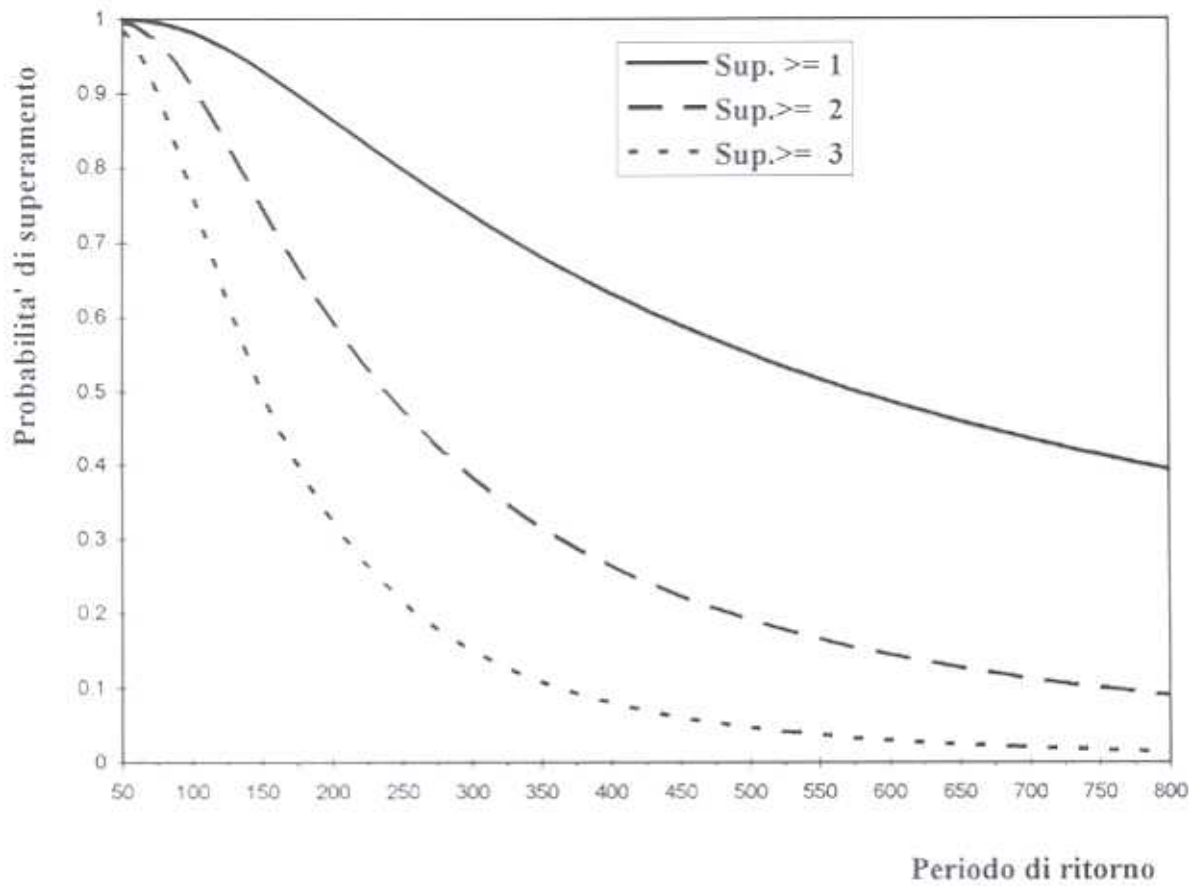
Probabilità di superamento (Poisson per  $T_d = 50$  Anni)



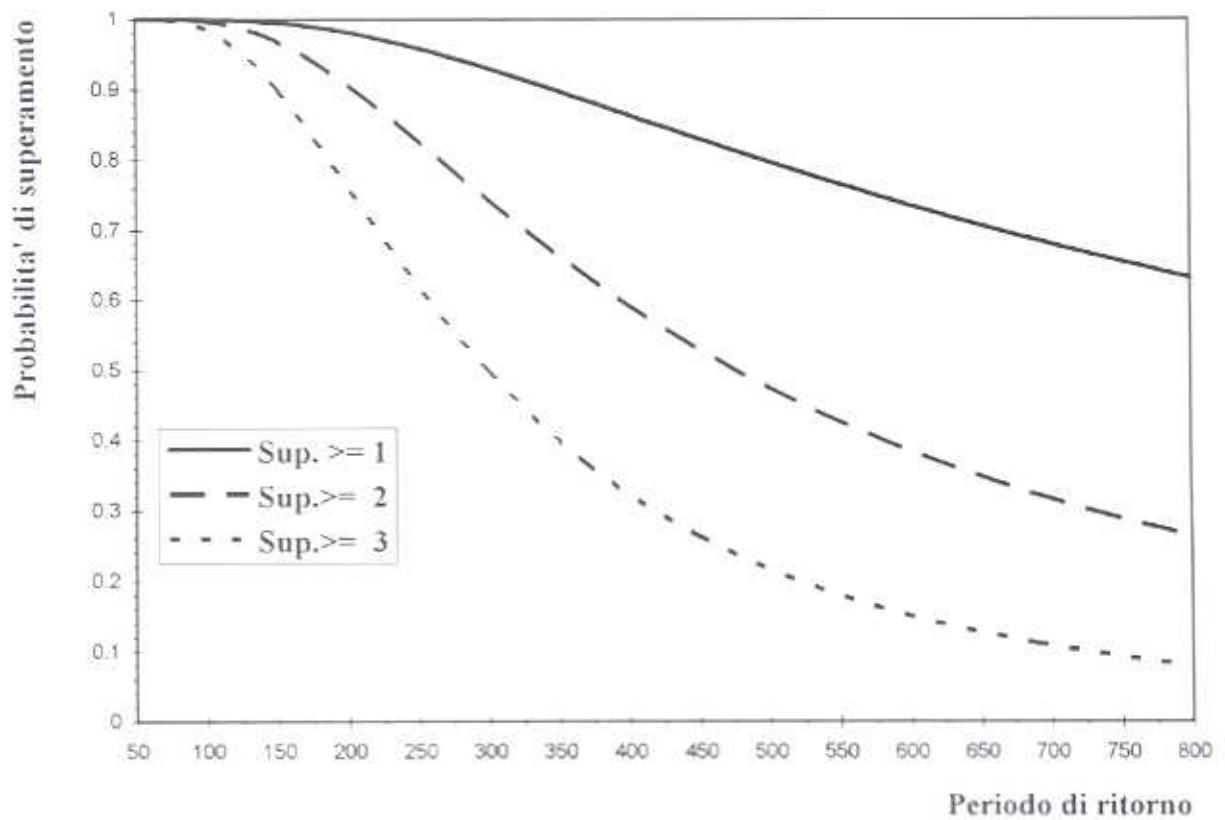
Probabilità di superamento (Poisson per  $T_d = 200$  Anni)



Probabilità' di superamento (Poisson Td = 400 Anni)

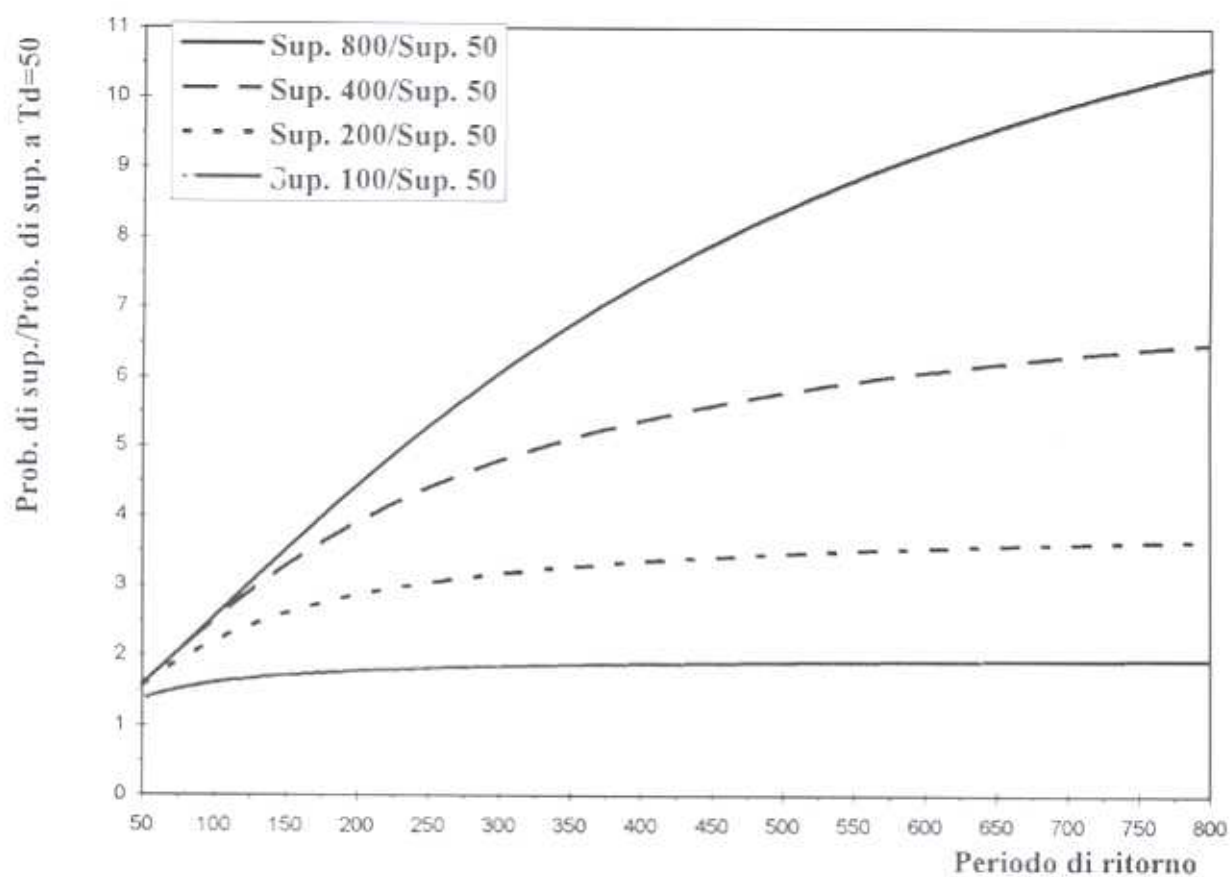


Probabilità' di superamento (Poisson per Td = 800 Anni)

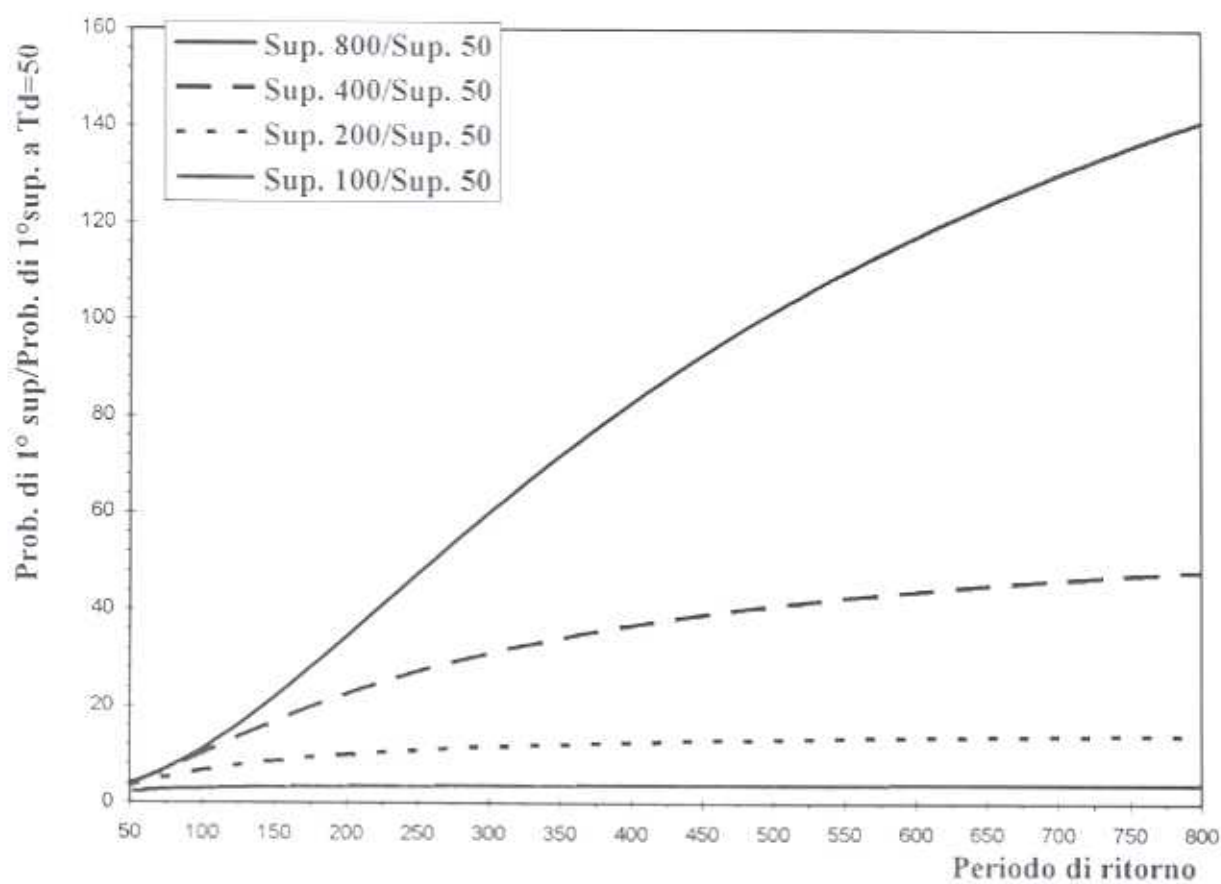




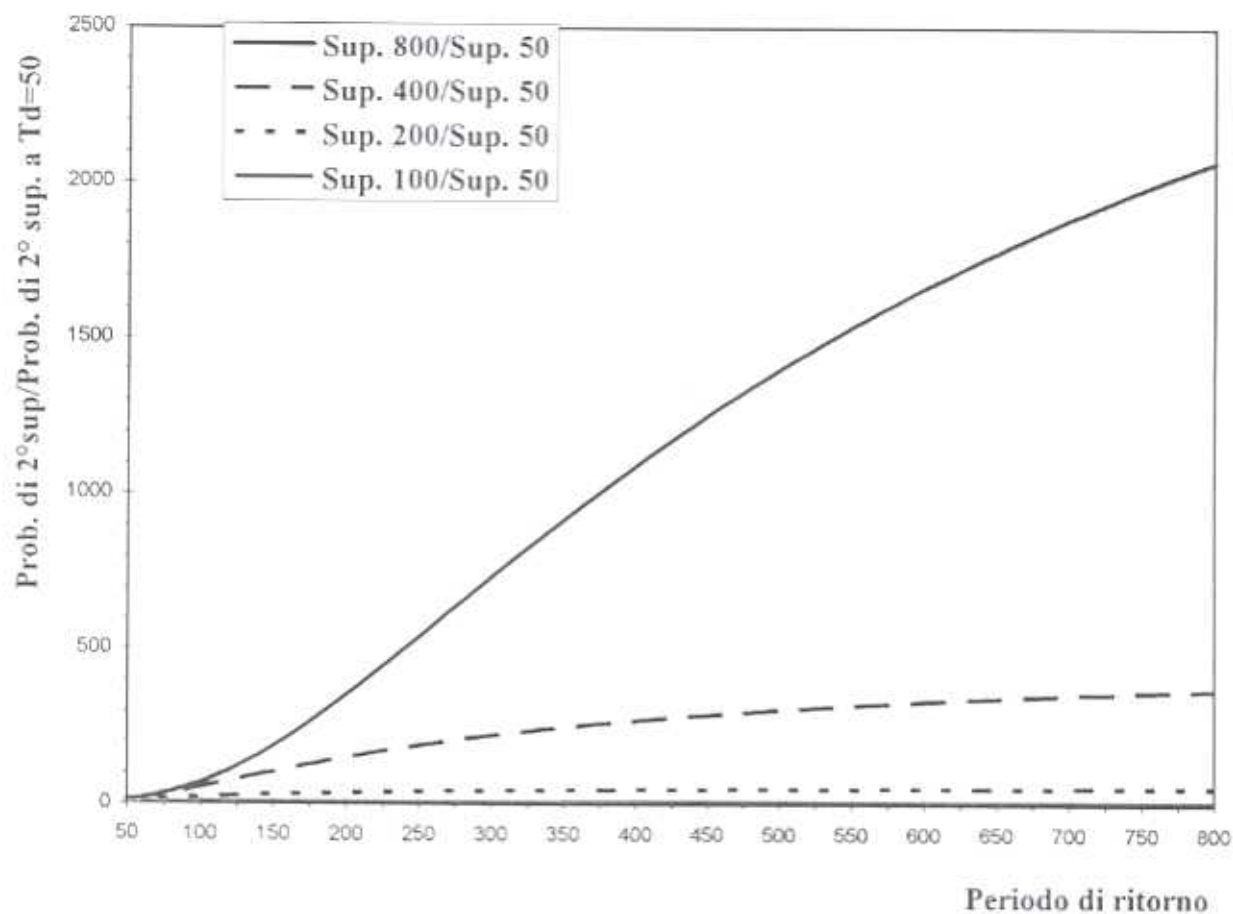
### Rapporto tra le probabilita' di superamento



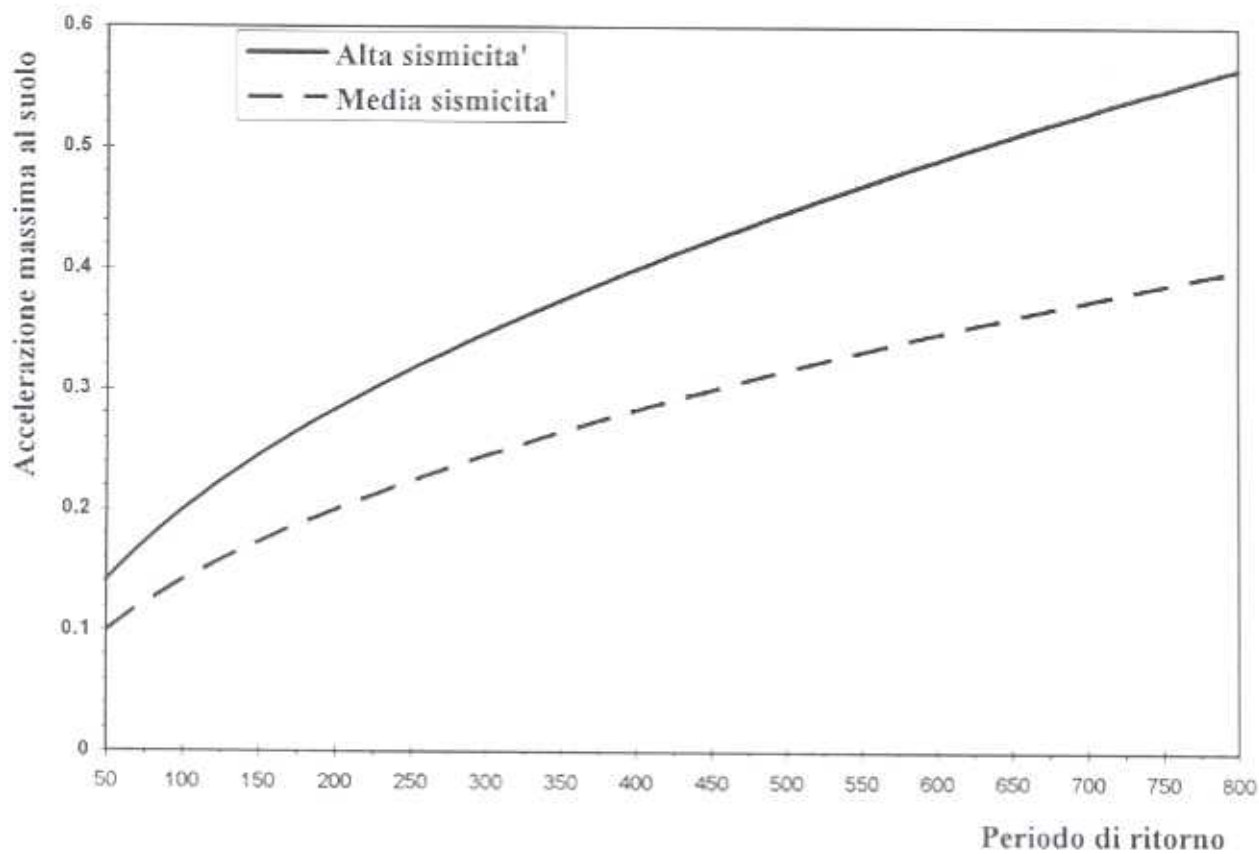
### Rapporto tra le probabilita' di 1° superamento



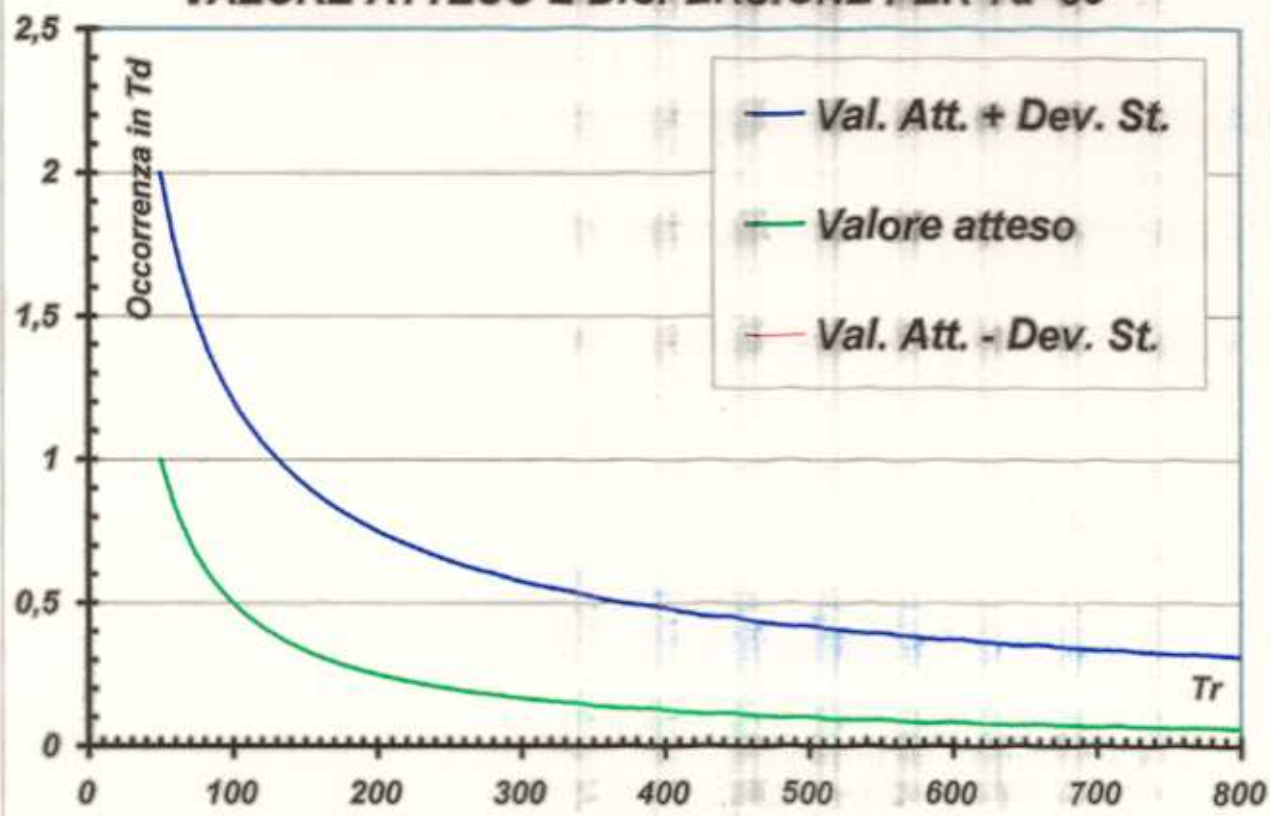
### Rapporto tra le probabilita' di $\geq \ddot{u}$ superamento



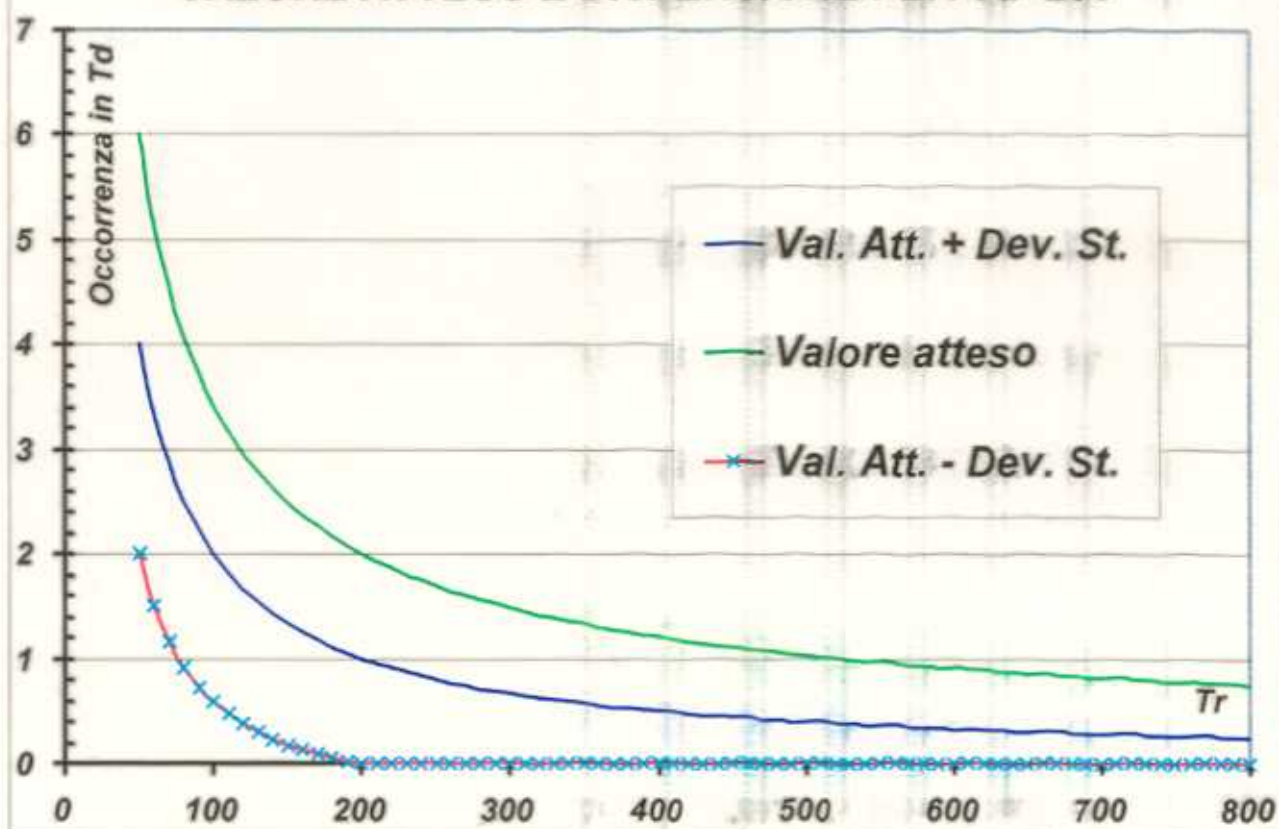
### Accelerazione max. al suolo in funzione del periodo di ritorno



### VALORE ATTESO E DISPERSIONE PER $T_d=50$



### VALORE ATTESO E DISPERSIONE PER $T_d=200$



*Sismologia/Neotettonica*

*Geofisica*

*Geologia*

*Geotecnica*

*Ingegneria Strutturale*

*Urbanistica*

