

Corso di aggiornamento

Progettazione strutturale sulla base delle  
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

**Progetto e verifica di edifici antisismici in c.a.**

3 - Spettri di risposta elastica

Spoletto

10-12 dicembre 2009

Aurelio Ghersi

In che modo valutiamo  
l'effetto del sisma su una struttura?

# Risposta sismica

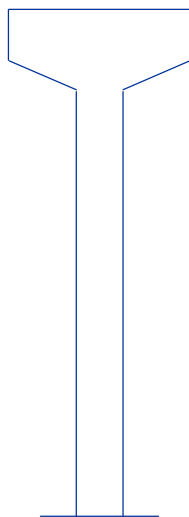
Schemi a un grado di libertà  
in campo elastico

# Struttura a un grado di libertà

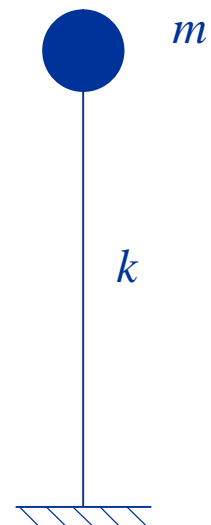
## Serbatoio pensile



Foto



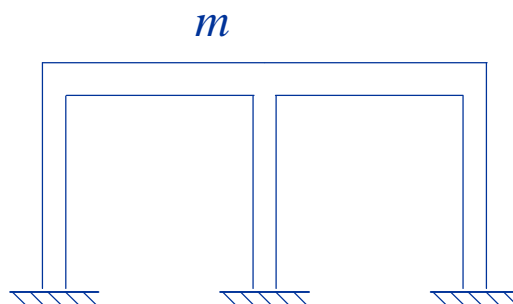
Disegno  
schematico



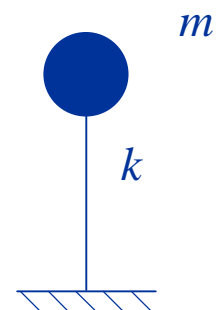
Modello  
di calcolo

# Struttura a un grado di libertà

## Telaio monopiano



Disegno  
schematico

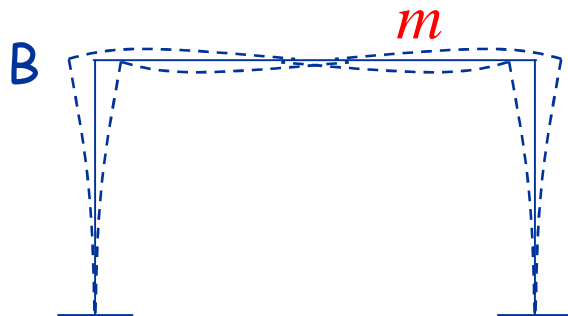


Modello di  
calcolo

# Oscillazioni libere

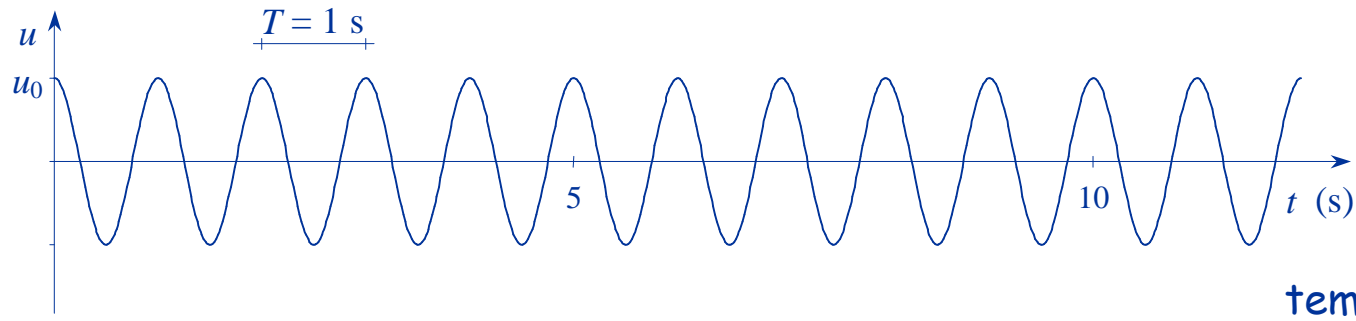
## telaio monopiano

Il telaio oscilla con un periodo ben preciso, legato alla massa ed anche alla rigidità del telaio



$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

spostamento



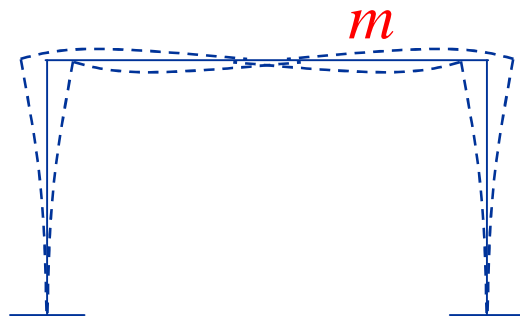
tempo

# Oscillazioni libere con smorzamento

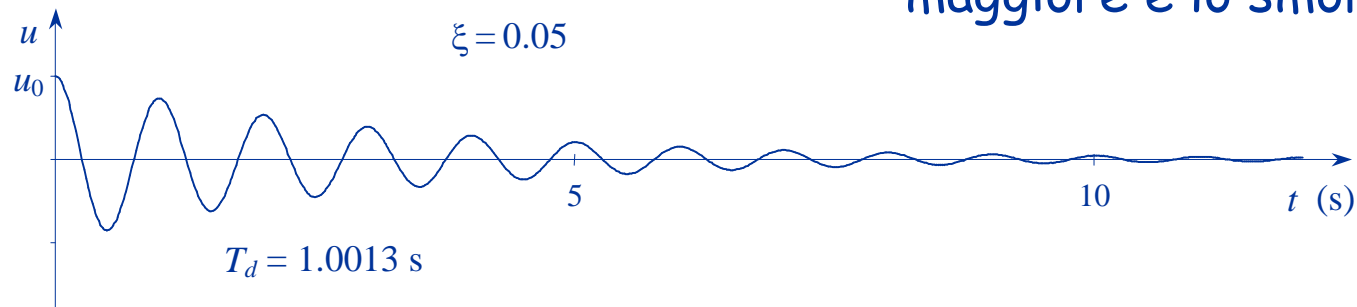
## telaio monopiano

Equazione del moto:

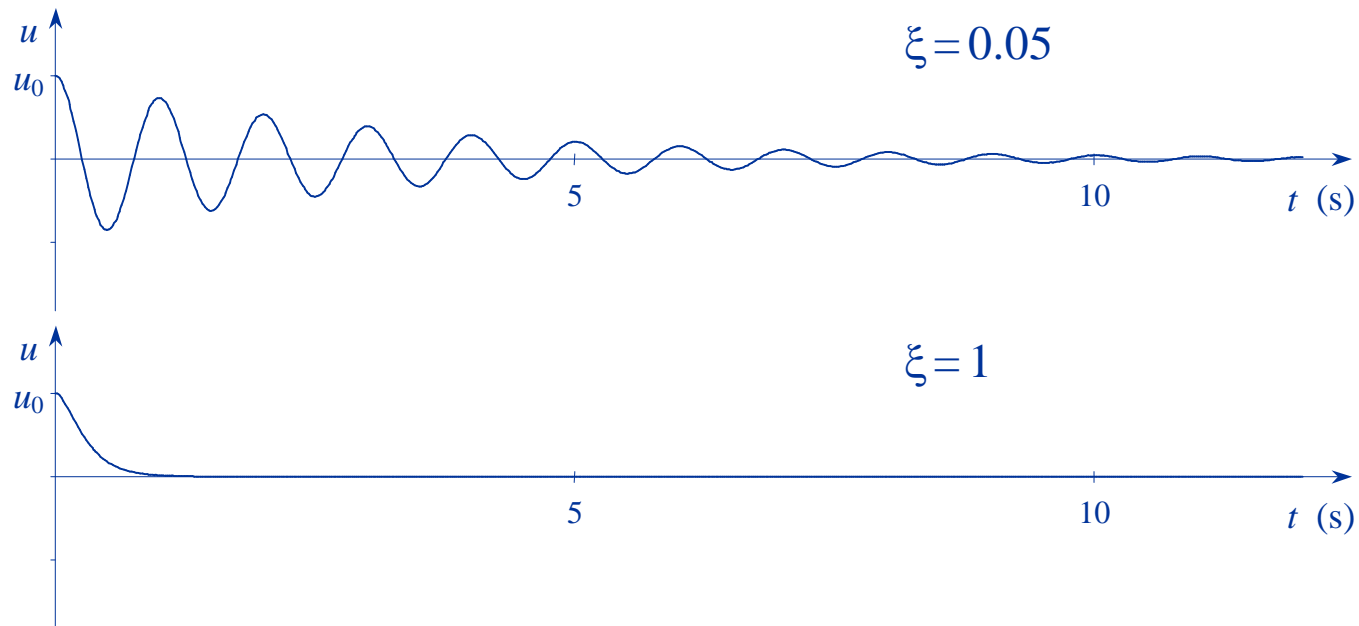
$$m \ddot{u} + c \dot{u} + k u = 0$$



L'ampiezza del moto si riduce tanto più rapidamente quanto maggiore è lo smorzamento



# Oscillazioni libere con smorzamento telaio monopiano



Si indica col termine "smorzamento critico" quel valore per il quale il sistema raggiunge lo stato di quiete senza oscillare

Lo smorzamento viene di solito indicato come percentuale  $\xi$  dello smorzamento critico

$$\xi = \frac{c}{2\sqrt{k m}}$$



# Smorzamento - negli edifici

Dipende da:

- Elementi non strutturali (tramezzi, tompagni) molto
- Non linearità del materiale di meno

Edifici in cemento armato, con tramezzi in muratura:

- Si può assumere un valore di smorzamento percentuale  $\xi = 0.05$

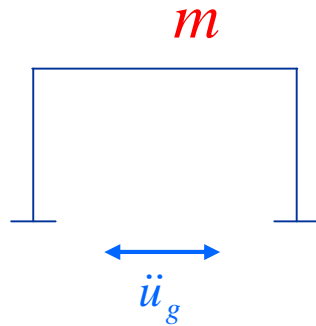
Edifici in acciaio, con tramezzatura leggera:

- È consigliabile usare un valore minore di  $\xi = 0.05$

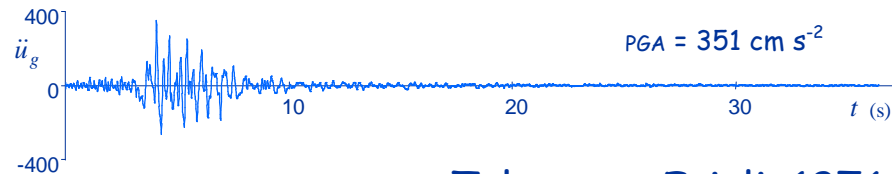
Edifici isolati alla base, con isolatori in gomma:

- Si può usare un valore maggiore di  $\xi = 0.05$

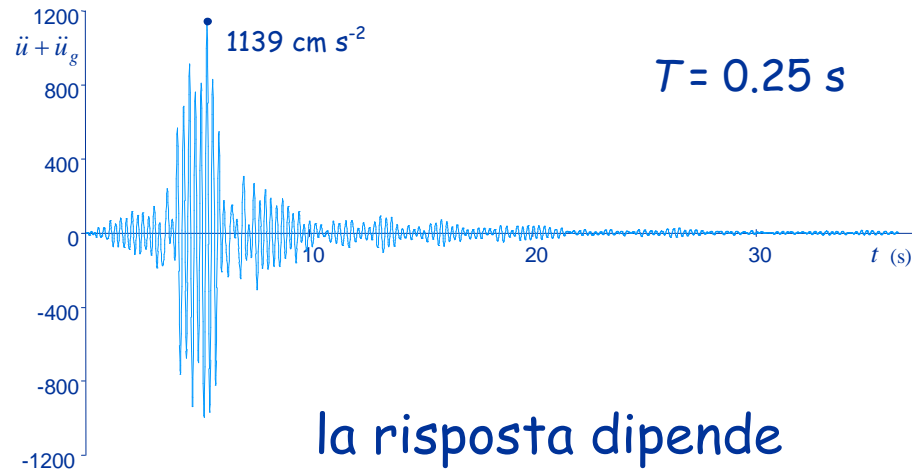
# Oscillazioni forzate (moto del terreno - accelerogramma)



È possibile  
determinare  
numericamente  
la risposta ad un  
accelerogramma

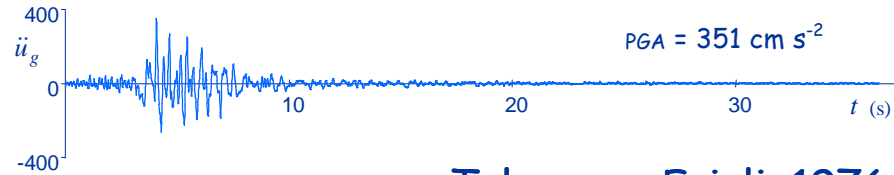
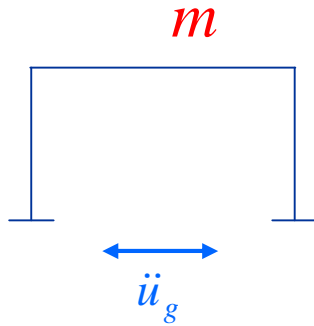


Tolmezzo, Friuli, 1976



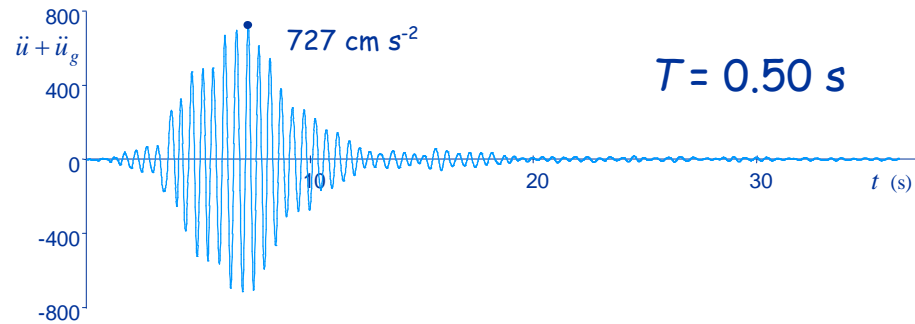
la risposta dipende  
dal periodo  $T$  dell'oscillatore

# Oscillazioni forzate (moto del terreno - accelerogramma)



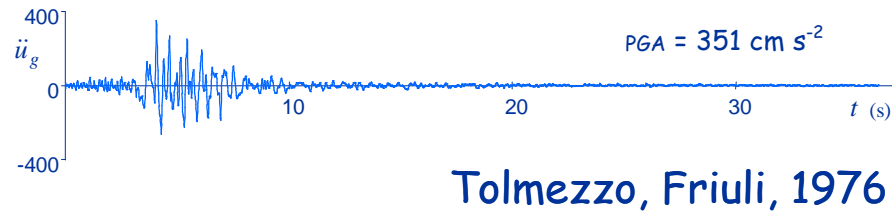
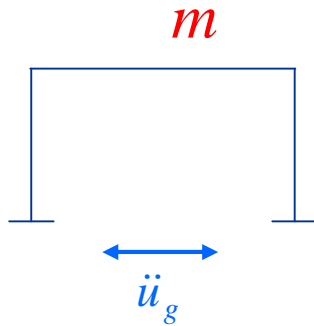
Tolmezzo, Friuli, 1976

Cambiando il periodo  
dell'oscillatore,  
cambia la risposta

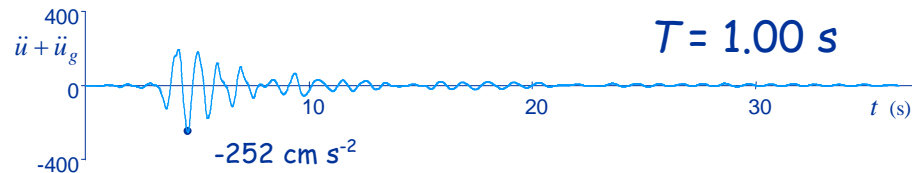


# Oscillazioni forzate

(moto del terreno - accelerogramma)



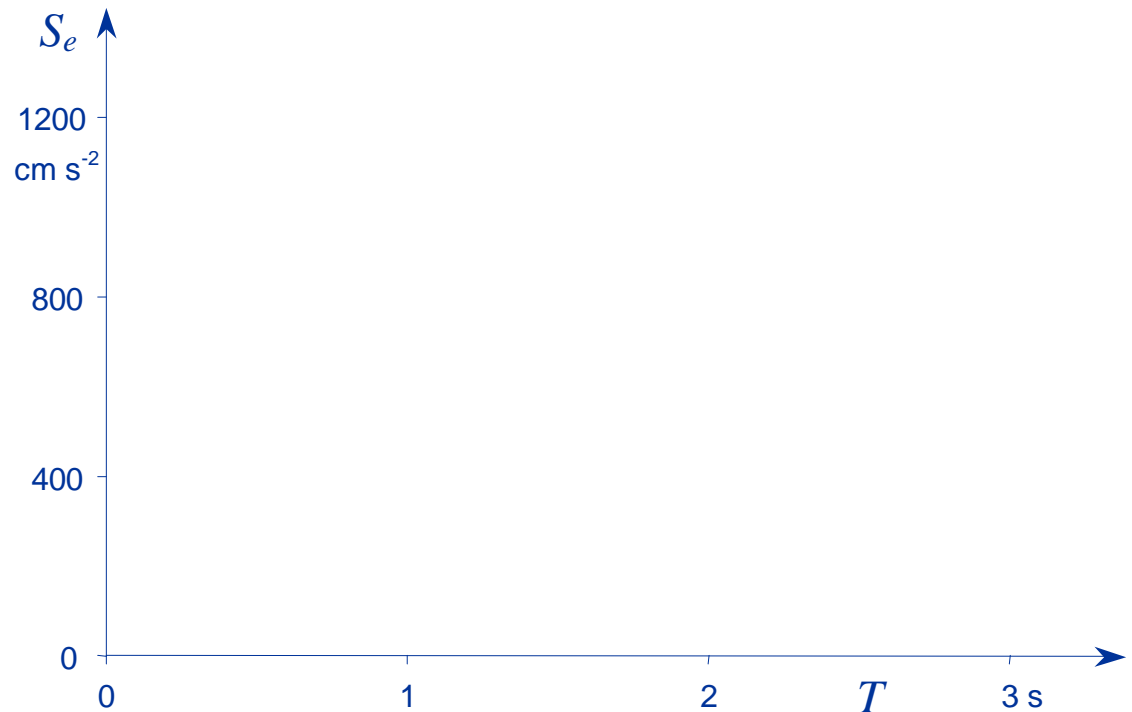
Cambiando il periodo  
dell'oscillatore,  
cambia la risposta



# Oscillazioni forzate

(moto del terreno - accelerogramma)

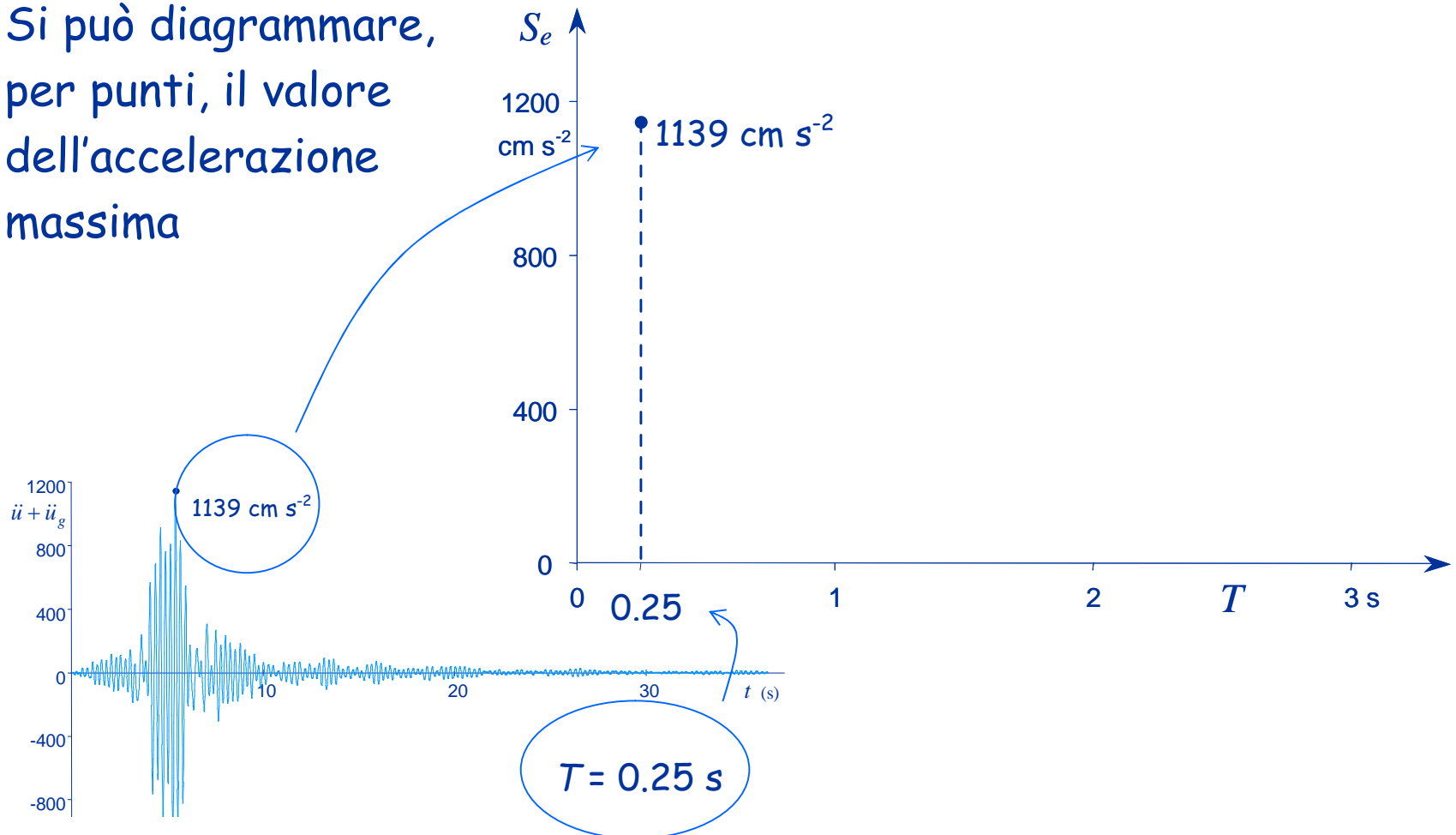
Si può diagrammare,  
per punti, il valore  
dell'accelerazione  
massima



# Oscillazioni forzate

(moto del terreno - accelerogramma)

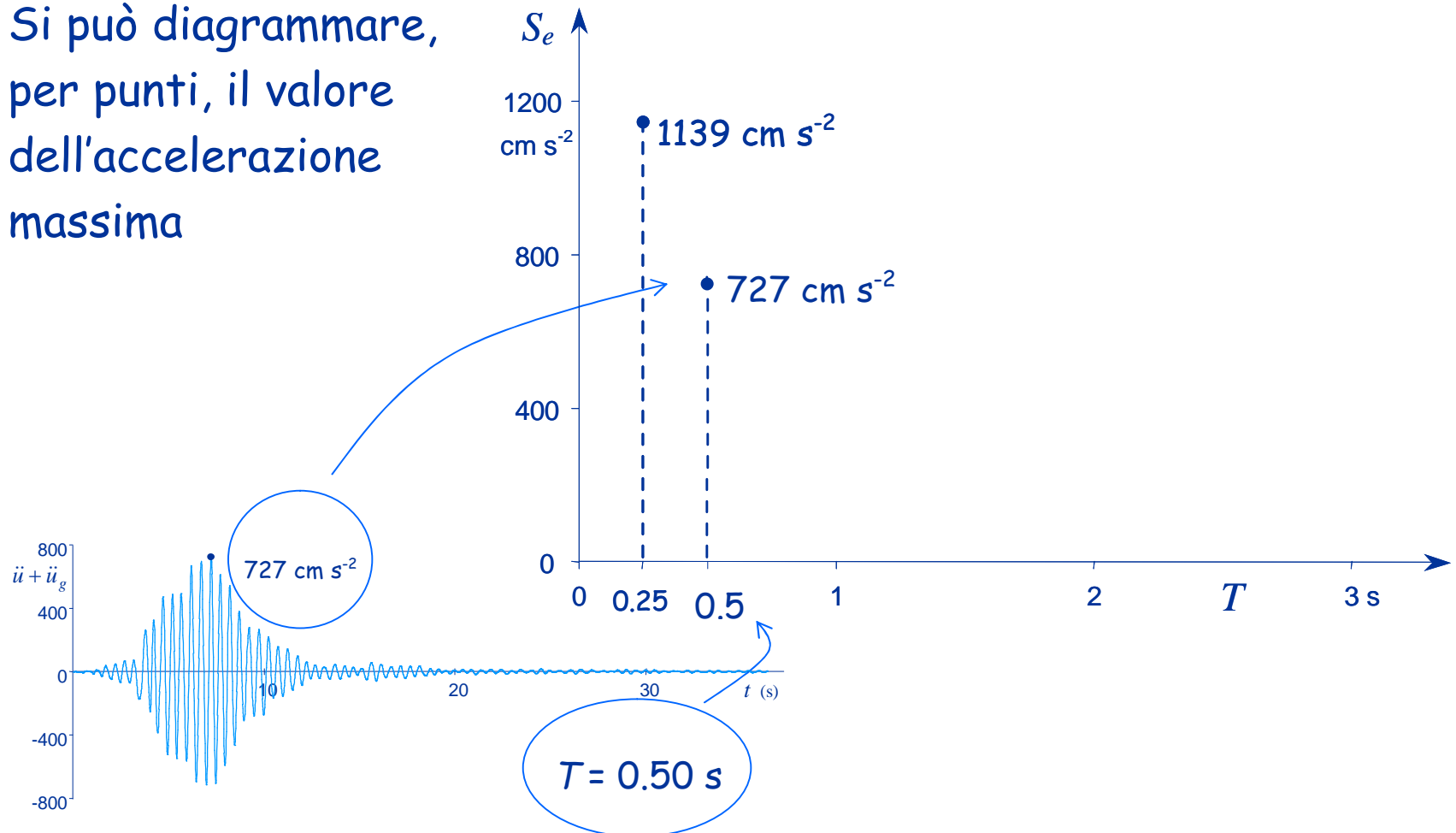
Si può diagrammare, per punti, il valore dell'accelerazione massima



# Oscillazioni forzate

(moto del terreno - accelerogramma)

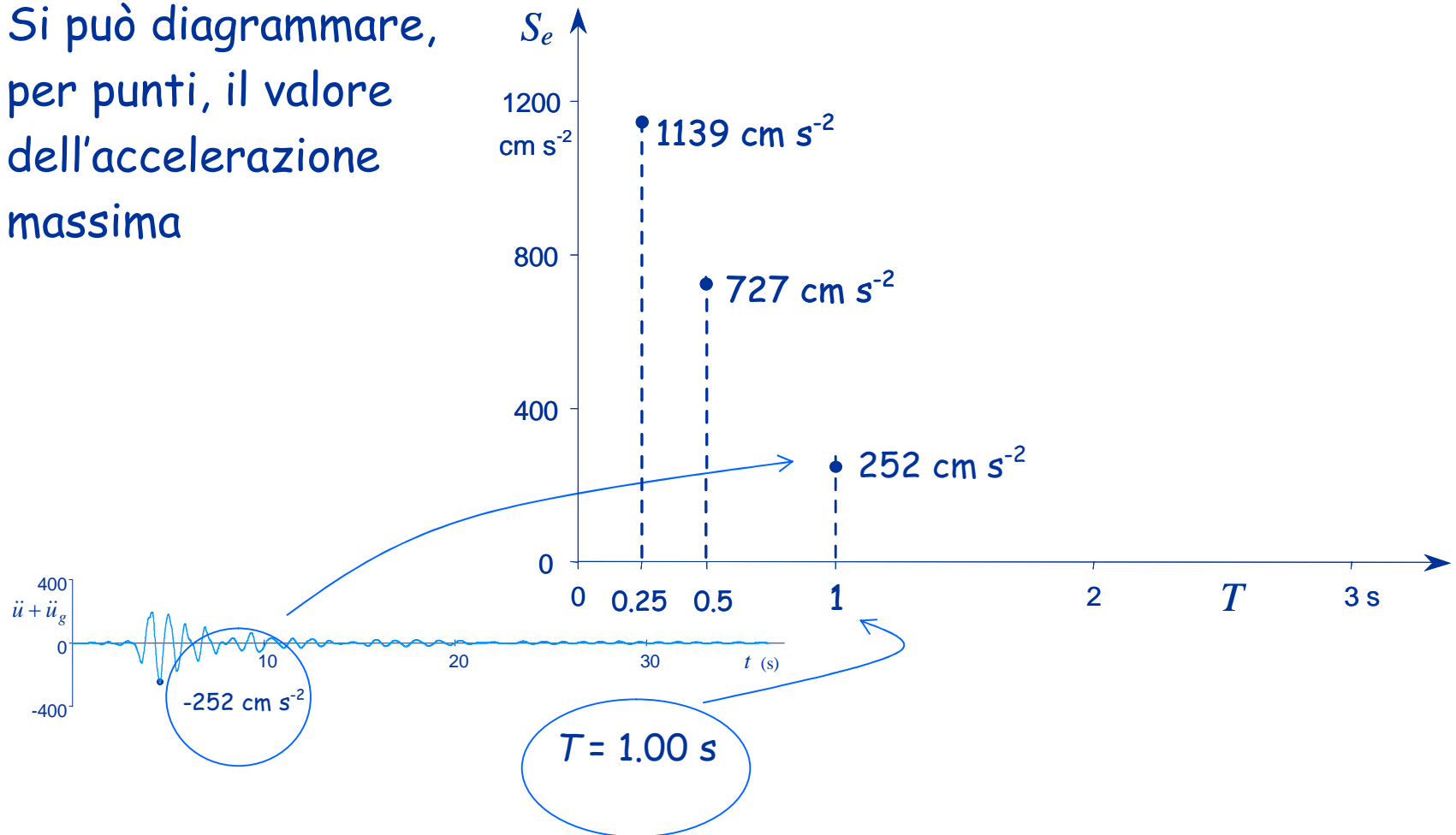
Si può diagrammare, per punti, il valore dell'accelerazione massima



# Oscillazioni forzate

(moto del terreno - accelerogramma)

Si può diagrammare, per punti, il valore dell'accelerazione massima

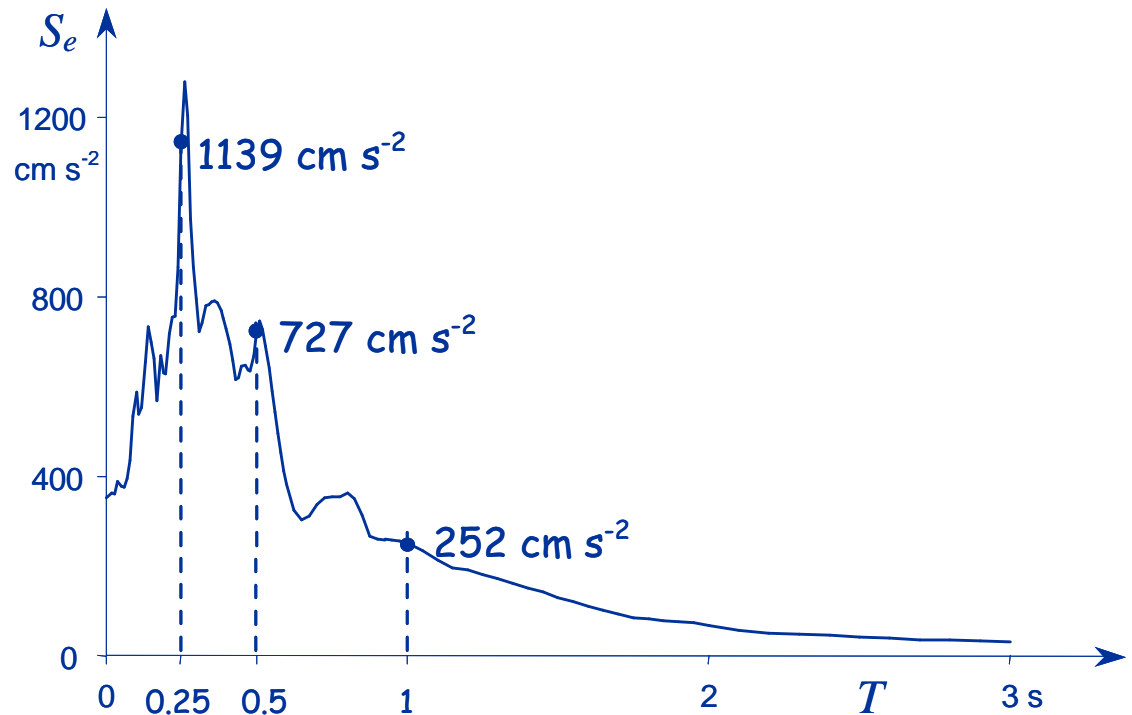




# Oscillazioni forzate

## Spettro di risposta

Si può diagrammare, per punti, il valore dell'accelerazione massima

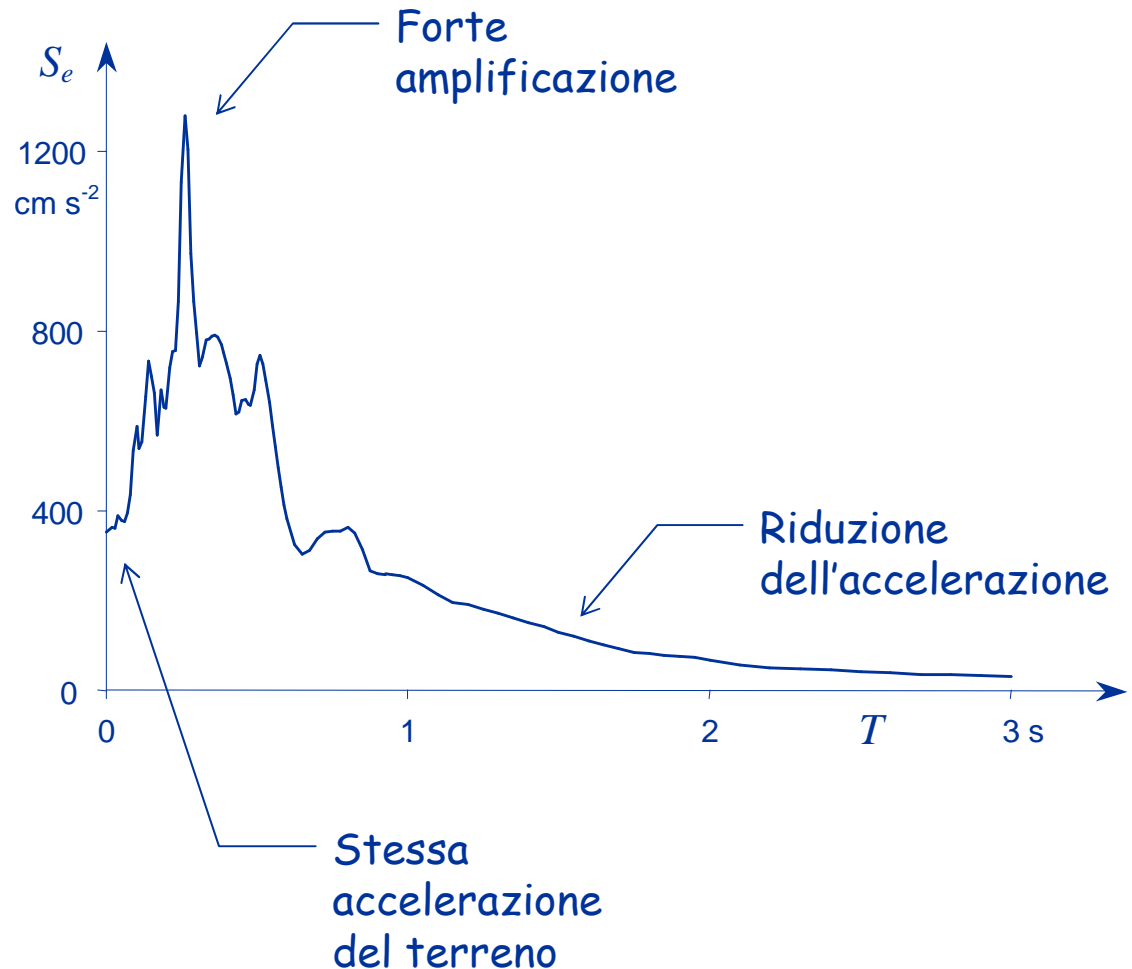


Il diagramma ottenuto unendo i vari punti viene detto "spettro di risposta" (in termini di accelerazione)

# Oscillazioni forzate

## Spettro di risposta (accelerazione)

L'andamento  
dell'accelerazione  
massima in funzione  
del periodo proprio  
ha un andamento  
ben preciso



# Oscillazioni forzate

## Spettro di risposta (accelerazione)

Al variare dello smorzamento si ottengono diverse curve

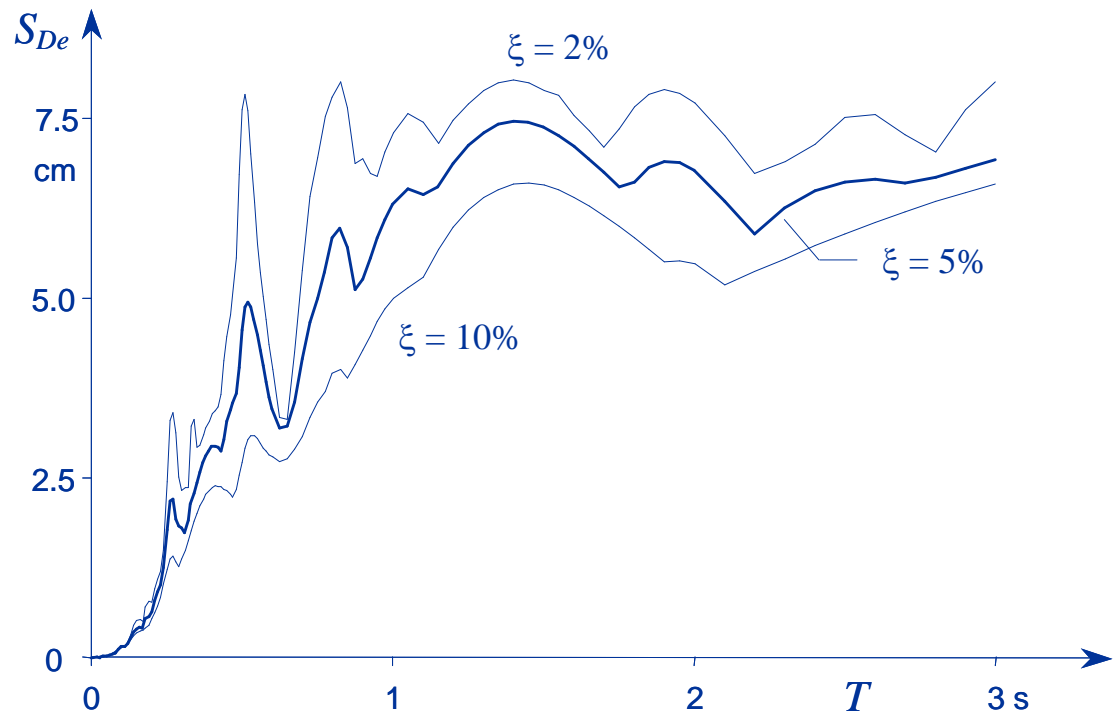


L'accelerazione massima nel sistema è maggiore quando lo smorzamento è minore

# Oscillazioni forzate

## Spettro di risposta (spostamento)

Allo stesso modo si può diagrammare lo spostamento relativo massimo in funzione del periodo



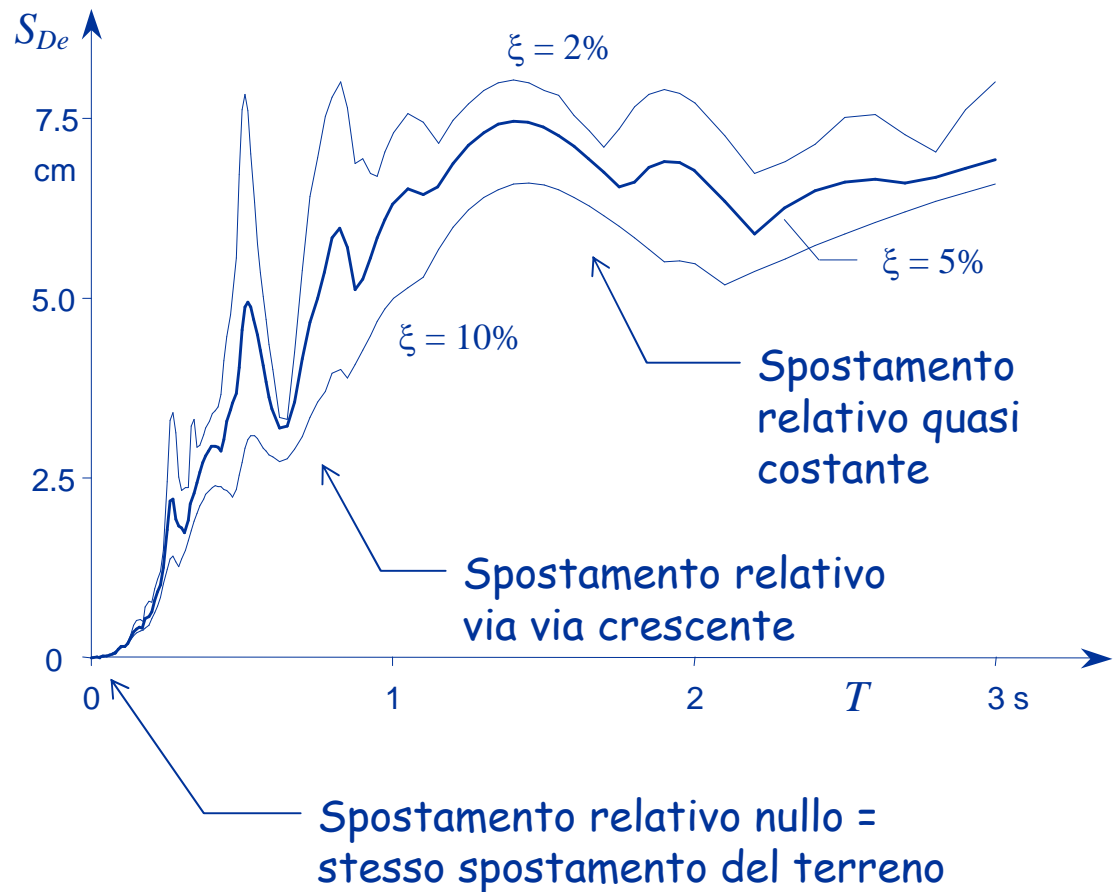
Il diagramma così ottenuto viene detto "spettro di risposta" (in termini di spostamento)

# Oscillazioni forzate

## Spettro di risposta (spostamento)

Si noti l'andamento dello spostamento relativo massima in funzione del periodo proprio

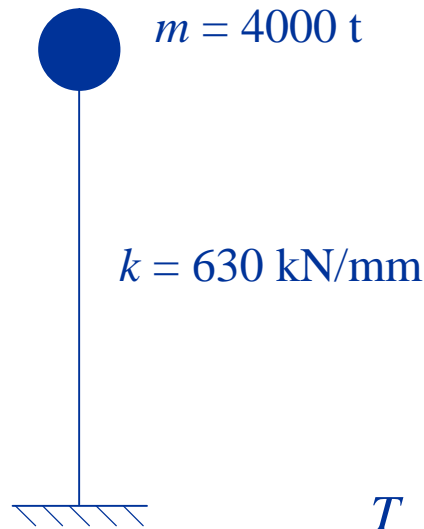
Lo spostamento massimo nel sistema è maggiore quando lo smorzamento è minore



# A cosa servono gli spettri?



Foto



Modello  
di calcolo

Conoscendo  
massa e rigidezza  
possiamo  
determinare il  
periodo proprio

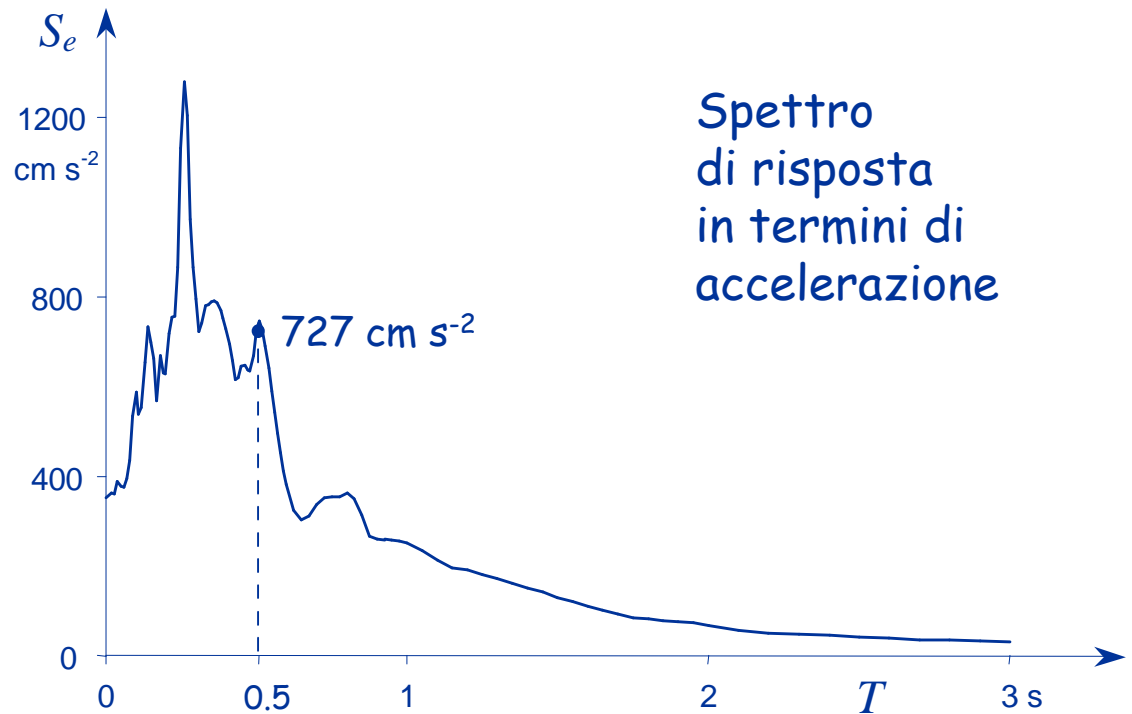
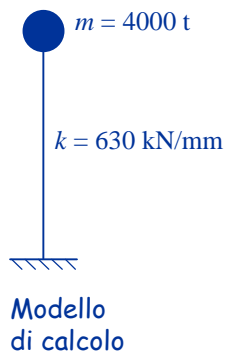
$$\begin{aligned} T &= 2 \pi \sqrt{\frac{m}{k}} = \\ &= 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{4000 \times 10^3}{630 \times 10^6}} = \\ &= 0.5 \text{ s} \end{aligned}$$

# A cosa servono gli spettri?



Foto

$$T = 0.5 \text{ s}$$

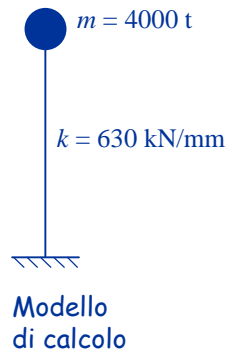


Noto il periodo proprio, possiamo leggere dallo spettro l'accelerazione assoluta massima  $a_{\max} = 7.27 \text{ m s}^{-2} = 0.74 \text{ g}$

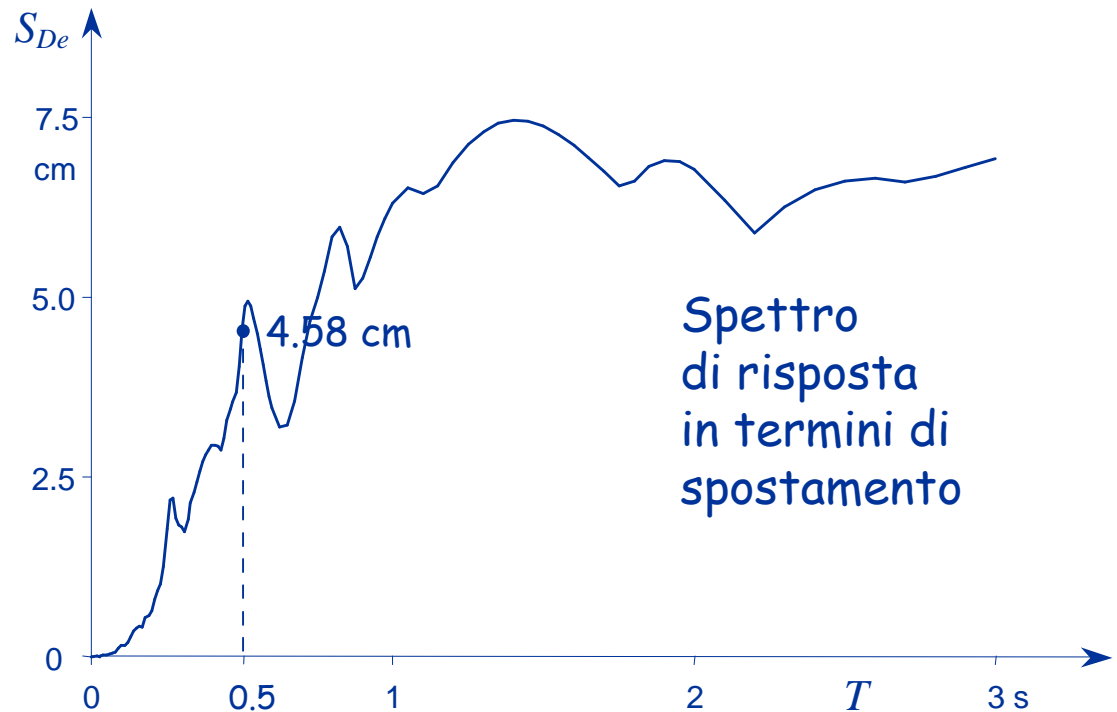
# A cosa servono gli spettri?



Foto



$$T = 0.5 \text{ s}$$



Noto il periodo proprio, possiamo leggere dallo spettro l'accelerazione assoluta massima o lo spostamento relativo massimo

$$a_{\max} = 7.27 \text{ m s}^{-2} = 0.74 \text{ g}$$

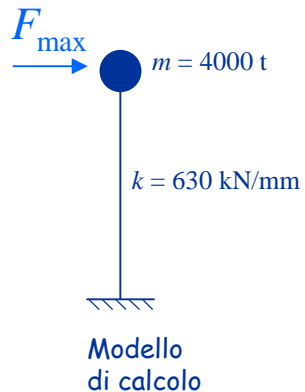
$$u_{\max} = 4.58 \text{ cm}$$



# A cosa servono gli spettri?



Foto



Ma dall'accelerazione  
possiamo ricavare anche la  
massima forza d'inerzia

$$F_{\max} = m a_{\max} = 4000 \times 7.27 = 29000 \text{ kN}$$

$$T = 0.5 \text{ s}$$

e quindi le massime  
sollecitazioni nella struttura

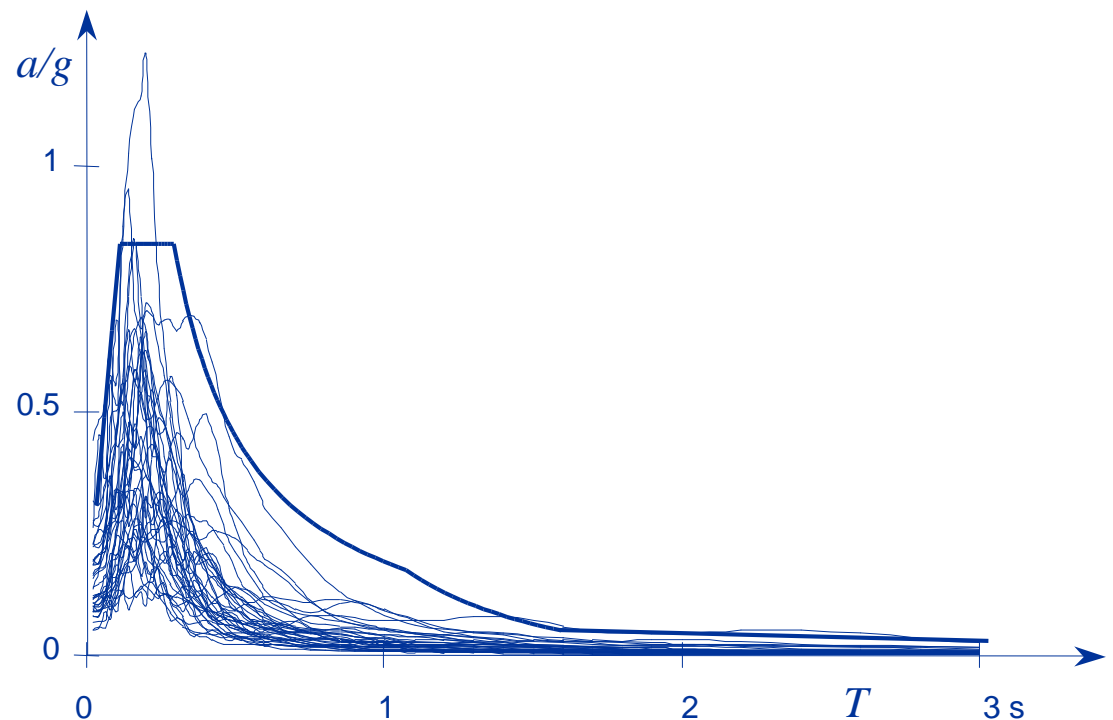
Noto il periodo proprio, possiamo leggere  
dallo spettro l'accelerazione assoluta massima  
o lo spostamento relativo massimo

$$a_{\max} = 7.27 \text{ m s}^{-2} = 0.74 \text{ g}$$

$$u_{\max} = 4.58 \text{ cm}$$

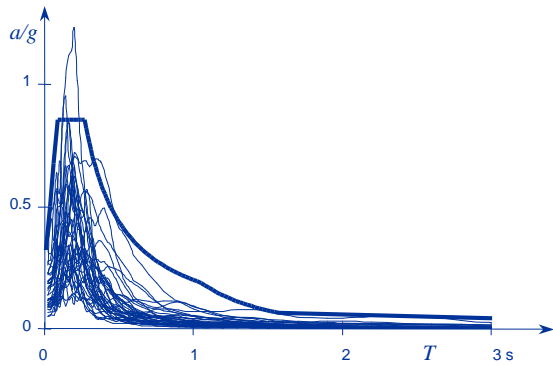
# Spettri di risposta

L'analisi di oscillatori semplici può essere ripetuta per diversi accelerogrammi (con un assegnato smorzamento)

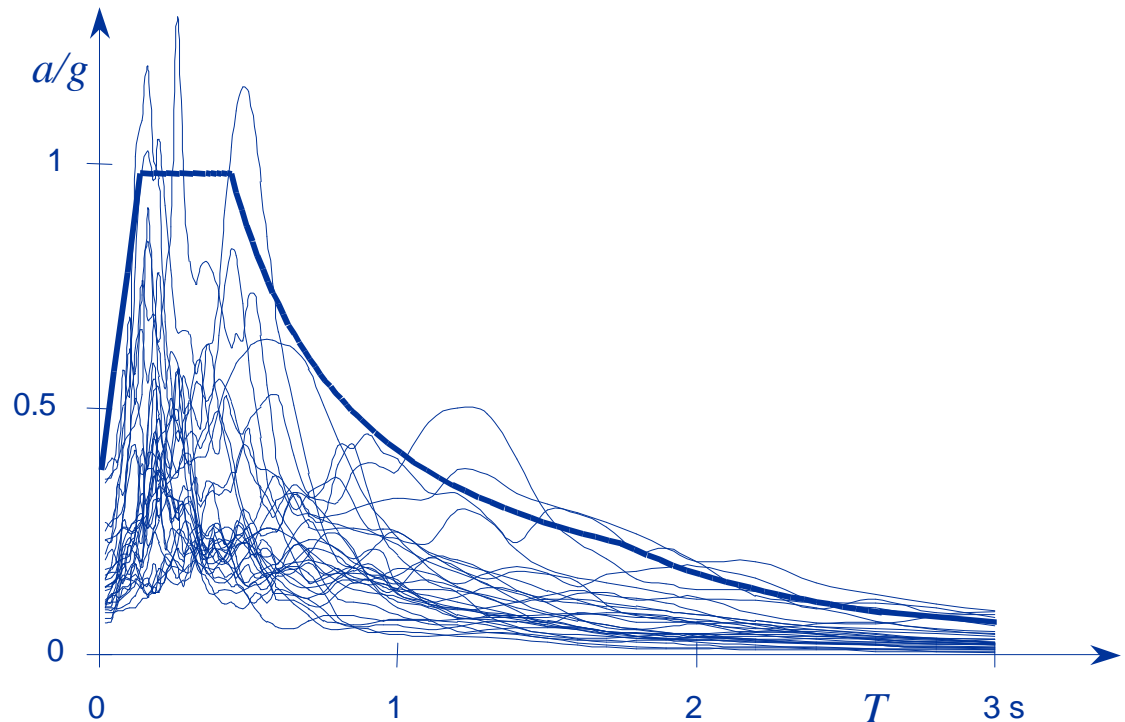


Si può quindi definire una curva che inviluppa tutti gli spettri di risposta, o che viene superata solo occasionalmente

# Spettri di risposta

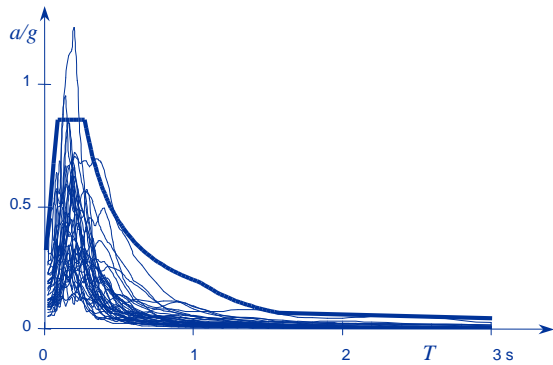


In zone differenti  
e su terreni  
differenti  
si otterranno  
risultati diversi

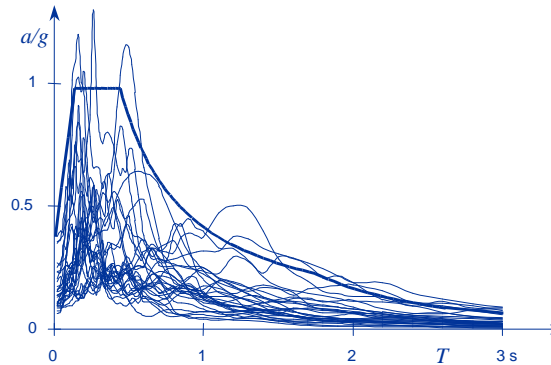


Si può quindi definire una curva che inviluppa tutti gli spettri di risposta, o che viene superata solo occasionalmente

# Spettri di risposta



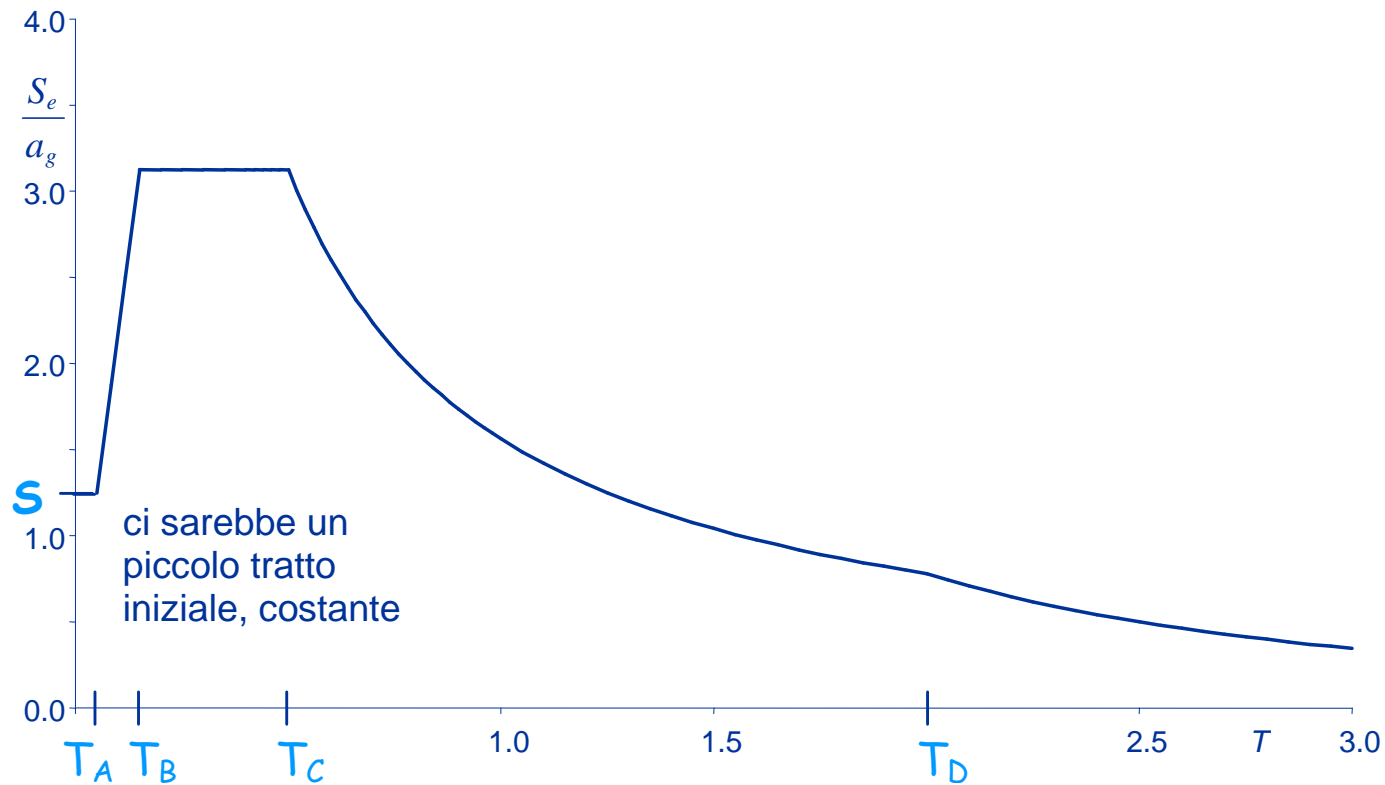
In zone differenti  
e su terreni  
differenti  
si otterranno  
risultati diversi



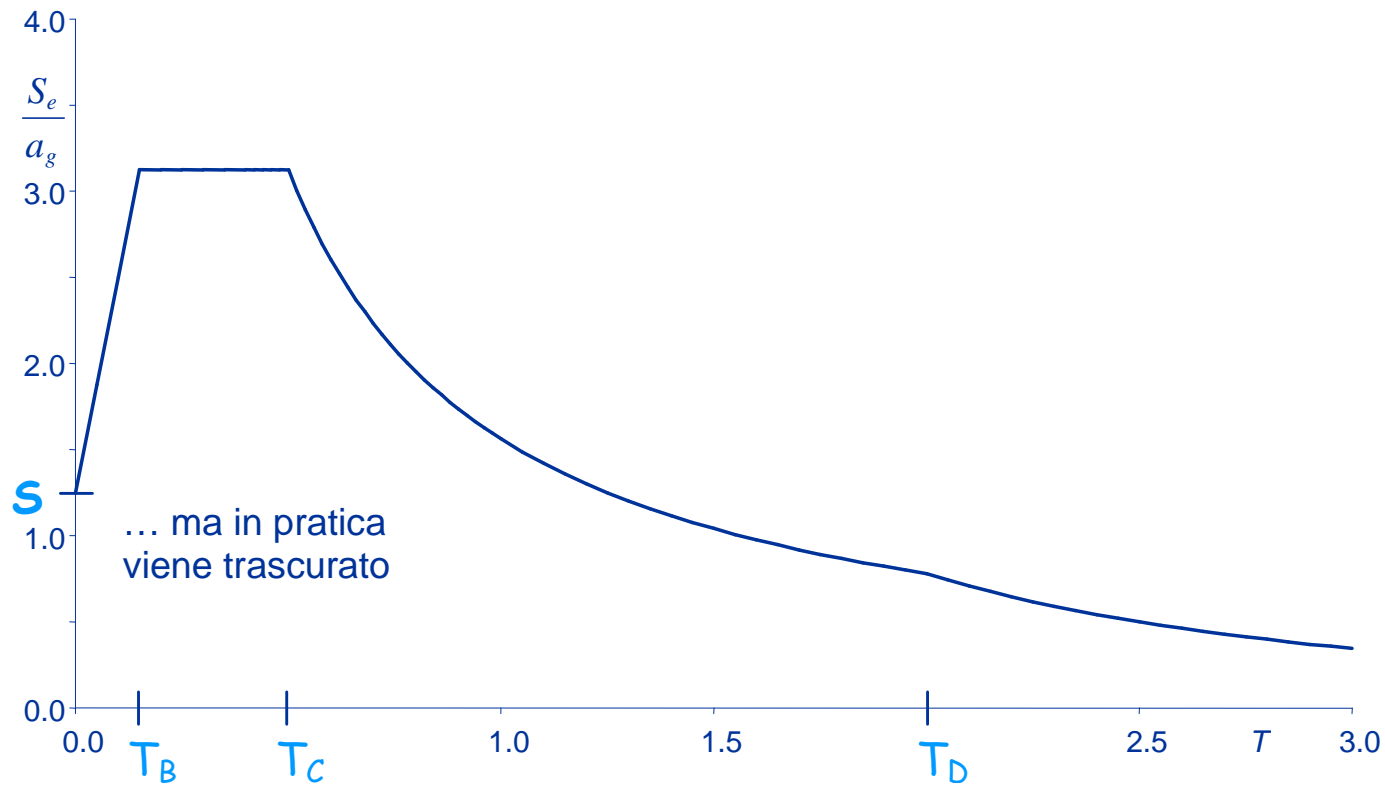
La normativa fornisce quindi spettri di  
risposta differenziati in funzione delle  
caratteristiche del suolo e della zona in  
cui è ubicata la struttura

# Spettri di risposta elastica NTC 08 (D.M. 14/1/2008)

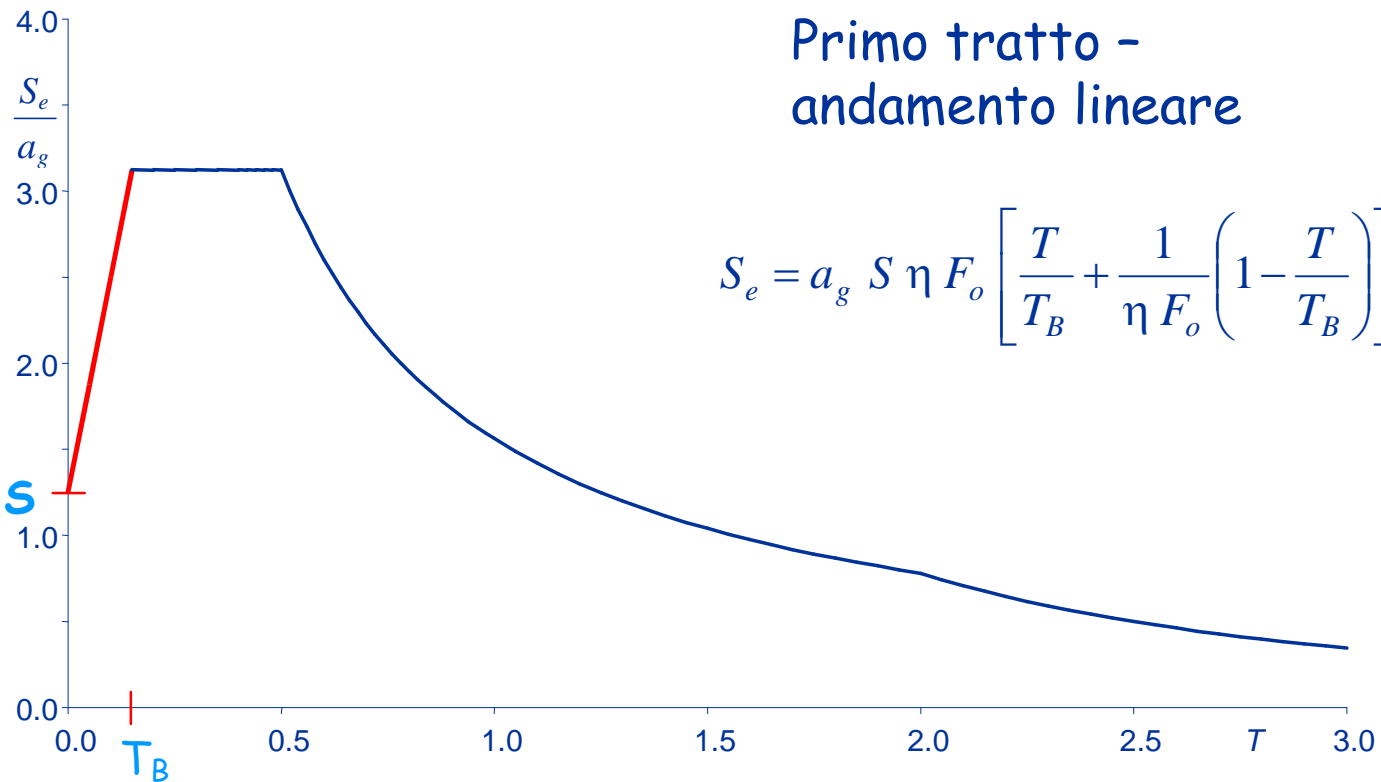
# Forma generale degli spettri di risposta elastica



# Forma generale degli spettri di risposta elastica



# Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali

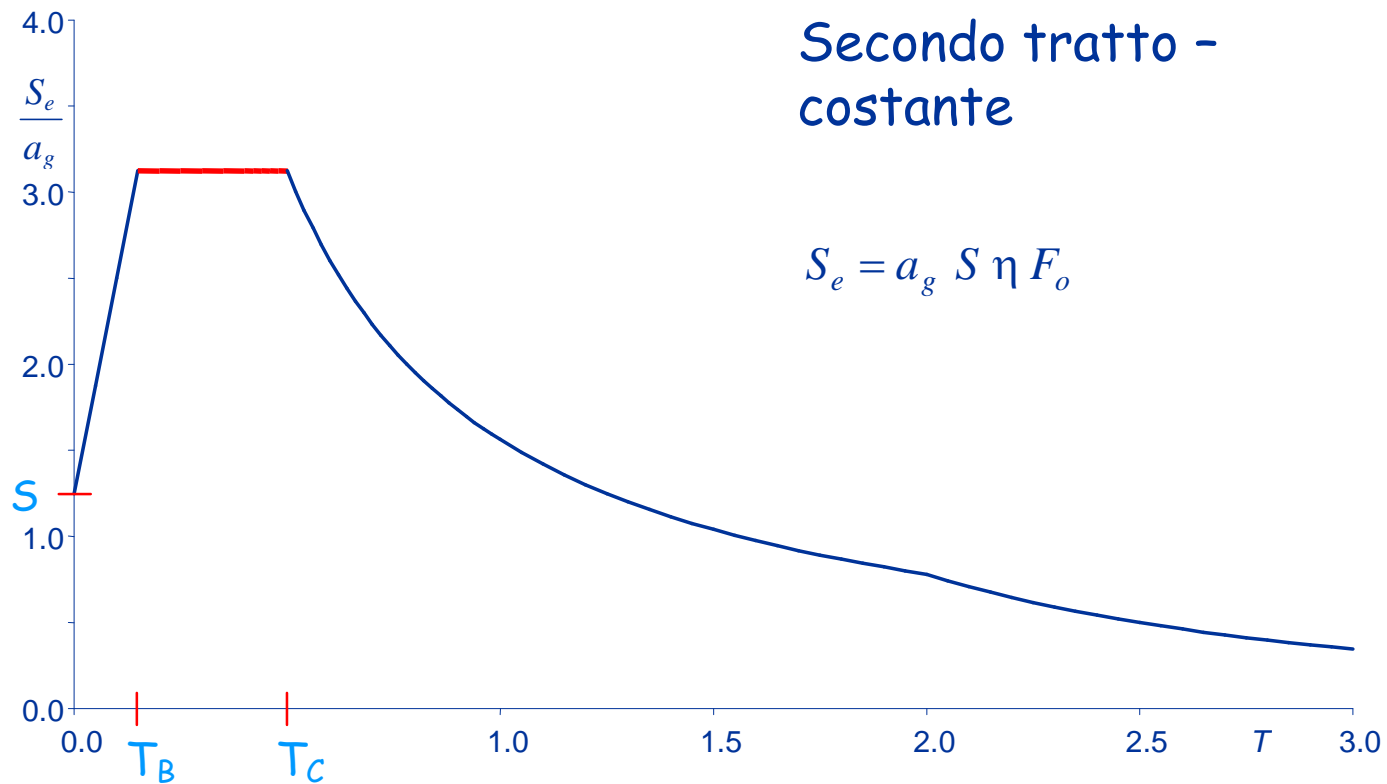


Amplificazione, legata  
al tipo di terreno

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

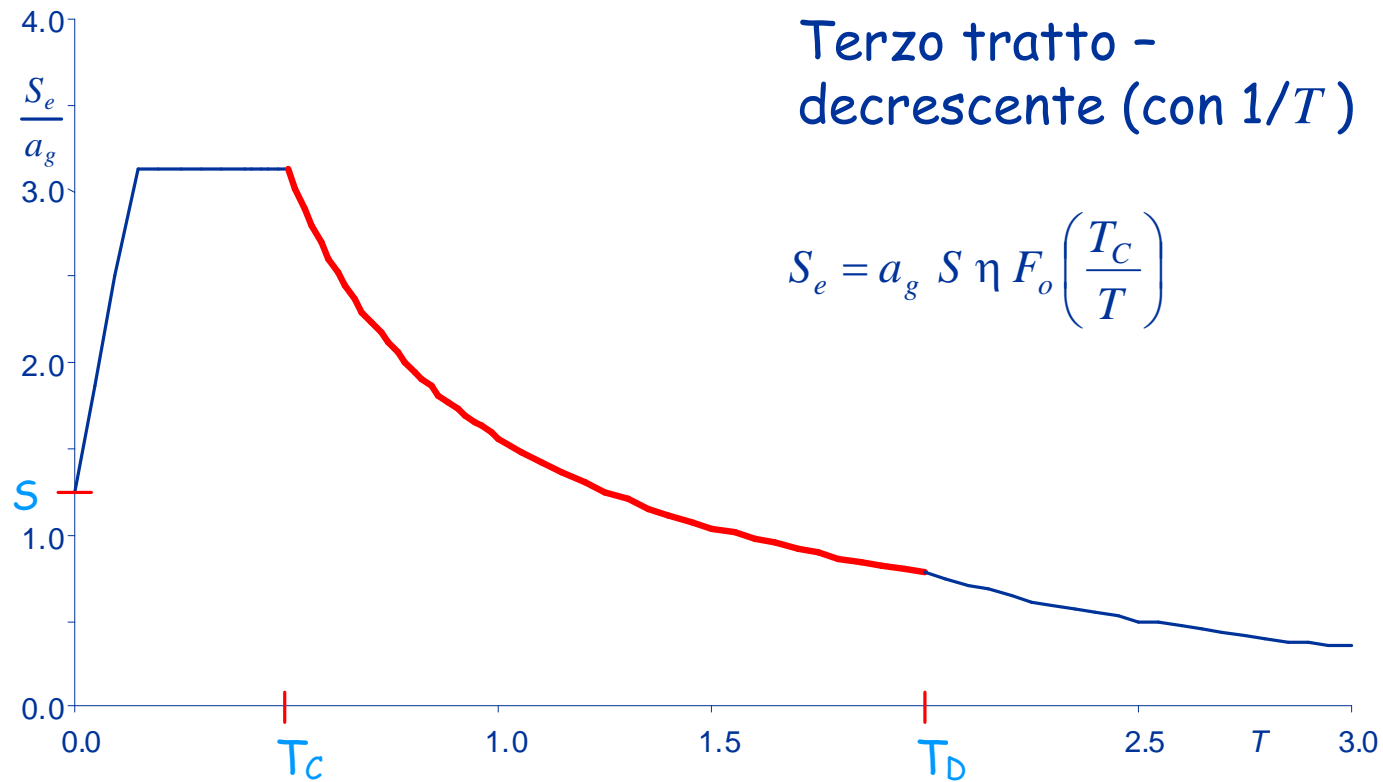


# Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali



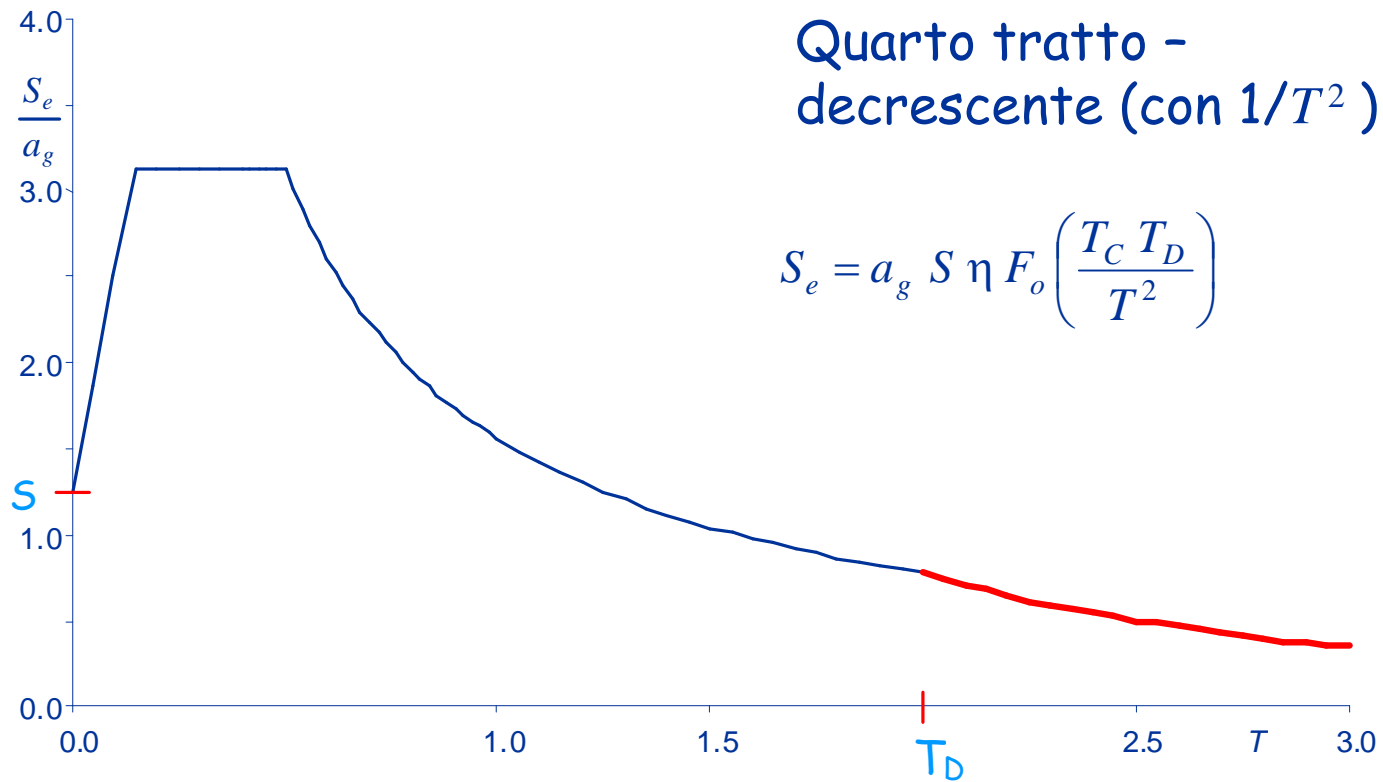
$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

# Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali



$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

# Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali



$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

# Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali

Per definire uno spettro di risposta elastico occorre indicare i parametri

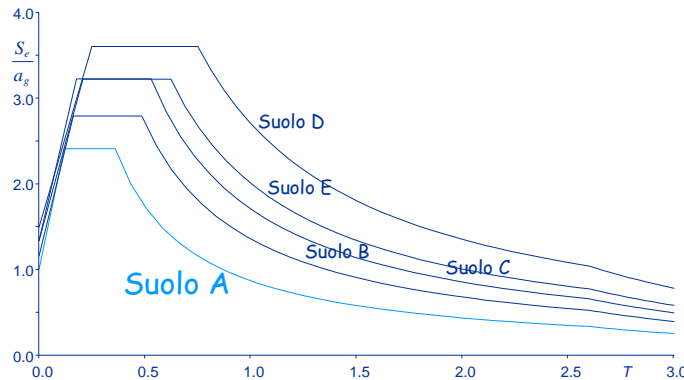
- $a_g$  accelerazione del terreno (su roccia)
- $S$  amplificazione dovuta al tipo di terreno
- $T_B$   $T_C$   $T_D$  periodi che separano i diversi tratti
- $\xi$  smorzamento della struttura

$S$   $T_B$   $T_C$   $T_D$  si ricavano a partire dai tre parametri

$$a_g \quad F_o \quad T_C^*$$

(che sono legati al sito e al periodo di ritorno  $T_r$ )  
e dipendono anche dalle caratteristiche del terreno

# Classificazione dei suoli e spettri di risposta



## Suolo A

Formazioni litoidi o suoli  
omogenei molto rigidi

$$V_{S30} > 800 \text{ m/s}$$

$$S = 1 \quad T_B = 0.15 \text{ s} \quad T_C = 0.4 \text{ s} \quad T_D = 2.5 \text{ s}$$

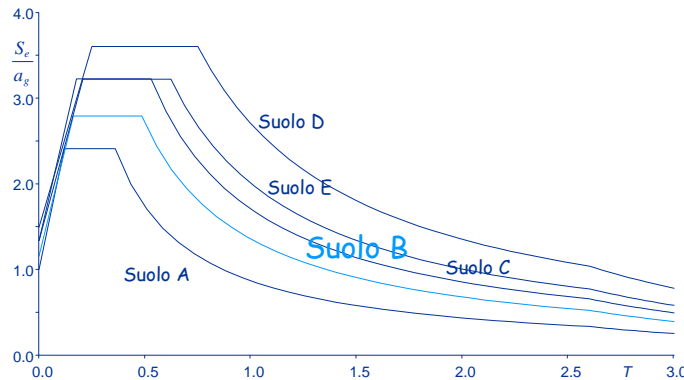
Valori orientativi per terremoti  
con alto periodo di ritorno

$$V_{S30}$$

Velocità media di propagazione  
delle onde di taglio nei 30 m  
superiori del suolo

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

# Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali, alto periodo di ritorno



$$S = 1.20 \quad T_B = 0.15 \text{ s} \quad T_C = 0.5 \text{ s}$$

Valori orientativi per terremoti  
con alto periodo di ritorno

$V_{S30}$

Velocità media di propagazione  
delle onde di taglio nei 30 m  
superiori del suolo

## Suolo B

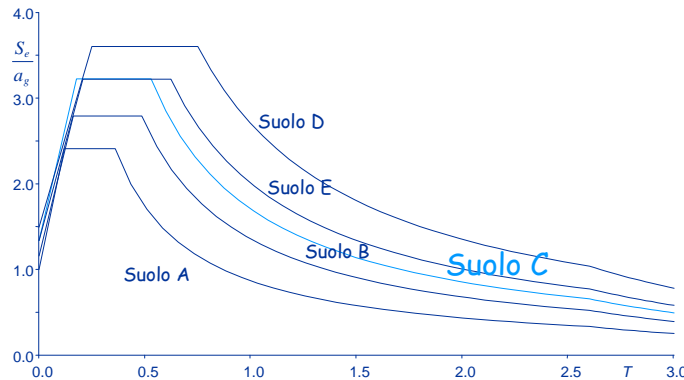
Depositi di sabbie e ghiaie  
molto addensate o argille  
molto consistenti

$$360 \text{ m/s} < V_{S30} < 800 \text{ m/s}$$

Resistenza penetrometrica  
 $N_{SPT} > 50$

Coesione non drenata  
 $c_u > 250 \text{ kPa}$

# Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali, alto periodo di ritorno



$$S = 1.30 \quad T_B = 0.15 \text{ s} \quad T_C = 0.5 \text{ s}$$

Valori orientativi per terremoti  
con alto periodo di ritorno

$V_{S30}$

Velocità media di propagazione  
delle onde di taglio nei 30 m  
superiori del suolo

## Suolo C

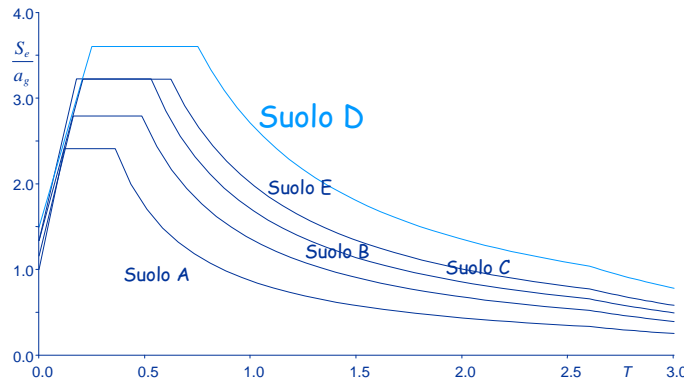
Depositi di sabbie e ghiaie  
mediamente addensate o  
argille di media consistenza

$$180 \text{ m/s} < V_{S30} < 360 \text{ m/s}$$

Resistenza penetrometrica  
 $15 < N_{SPT} < 50$

Coesione non drenata  
 $70 < c_u < 250 \text{ kPa}$

# Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali, alto periodo di ritorno



$$S = 1.45 \quad T_B = 0.25 \text{ s} \quad T_C = 0.8 \text{ s}$$

Valori orientativi per terremoti  
con alto periodo di ritorno

$$V_{S30}$$

Velocità media di propagazione  
delle onde di taglio nei 30 m  
superiori del suolo

## Suolo D

Depositi di terreni granulari da  
sciolti a poco addensati oppure  
coesivi da poco a  
mediamente consistenti

$$V_{S30} < 180 \text{ m/s}$$

Resistenza penetrometrica

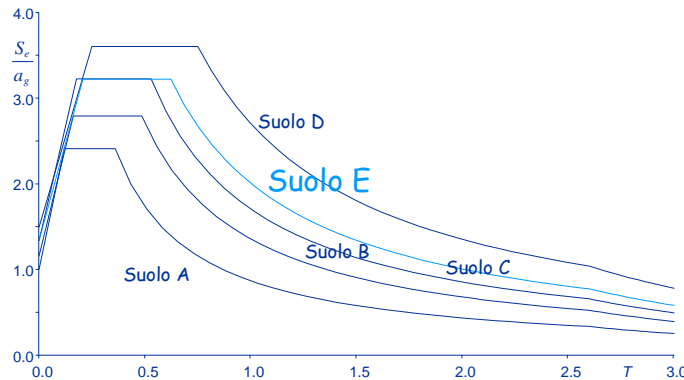
$$N_{SPT} < 15$$

Coesione non drenata

$$c_u < 70 \text{ kPa}$$



# Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali, alto periodo di ritorno



## Suolo E

Strati superficiali alluvionali,  
di caratteristiche simili ai tipi  
C e D e spessore tra 5 e 20 m,  
su un substrato più rigido con  
 $V_{S30} > 800$  m/s

$$S = 1.30 \quad T_B = 0.2 \text{ s} \quad T_C = 0.6 \text{ s}$$

Valori orientativi per terremoti  
con alto periodo di ritorno

$V_{S30}$

Velocità media di propagazione  
delle onde di taglio nei 30 m  
superiori del suolo

# Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali, alto periodo di ritorno

## Suolo S1

Depositi con strato di almeno  
10 m di argille di bassa  
consistenza ed elevato indice  
di plasticità e contenuto di  
acqua

$$V_{s30} < 100 \text{ m/s}$$

Coesione non drenata  
 $10 < c_u < 20 \text{ kPa}$

## Suolo S2

Depositi di terreni soggetti a  
liquefazione

Per questi tipi di terreno occorrono studi speciali

# Esempio

Dall'alto:

12 m - sabbie marnose

$$N_{SPT} = 26$$

6.1 m - argille grigio-brune

$$N_{SPT} = 47$$

1.9 m - marne sabbiose

$$N_{SPT} = 16$$

6.5 m - argille marnose

$$N_{SPT} = 18$$

3.5 m - ciottoli, argille brune

$$N_{SPT} = 40$$

SONDAGGIO N° 6

ATTREZZATURA ATLAS A50

CAROTIERE Ø 101 mm

CASSETTE CATALOGATRICI

5

Scala 1:150	Profondità*	Stratigrafia	Descrizione	Potenza	Camp. indisturb.	Camp. rimaneg.	Falda	S.P.T.	R.Q.D.	Piezometro
								10 20 30 40	20 40 60 80	
1	0.00		Materiale di riporto costituito da piccoli ciottoli in abbondante matrice sabbioso-limosa.	0.00						
2				1.60		2.20				
3	2.50		Sabbie marnose, grigiastre a tratti debolmente argillose con inclusi elementi lapidei.		C.1	2.50		2.8		
4			Sabbie marnose e/o marne sabbiose bianco crema.					3.25		
5										
6				7.50	6.00					
7					C.1					
8					6.50			7.5		
9								7.95		
10	10.00						6.70			
11			Sabbie marnose con a tratti livelli decimetrici di argille brune.	2.00		11.50				
12	12.00				C.2					
13			Argille grigio-brune debolmente sabbiose con a tratti abbondanti elementi lapidei (paleosuolo).	2.50		11.80				
14					C.3					
15	14.50					13.40				
16			Argille grigio-brune a tratti marnose con intercalati livelli sabbioso-marnosi.		15.70					
17				3.80	C.2			16.2		R
18	18.10				16.20			16.65		
19			Marne sabbiose e/o sabbie marnose bianco crema.	1.90		19.20		19.5		
20	20.00				C.4			19.95		
21						19.50				
22			Argille marnose bianco giallastre con inclusi sporadici elementi lapidei eterometrici e con intercalati livelli di sabbie argillose debolmente limose.		21.00					
23					C.3					
24				6.50	21.50					
25						24.70		24.7		
26						C.5		25.15		
27	26.50		Ciottoli eterometrici sub-arrotolati in poca matrice sabbiosa-argillosa.	1.00		25.00				
28	27.50									
29	28.90		Argille di colore bruno (paleosuolo) con abbondanti inclusioni di minus elementi lapidei.	1.40						
30	30.00		Sabbie marnose a tratti argillose bianco-crema.	1.10						

# Esempio

Dall'alto:

12 m - sabbie marnose  
 $N_{SPT} = 26$

6.1 m - argille grigio-brune  
 $N_{SPT} = 47$

1.9 m - marne sabbiose  
 $N_{SPT} = 16$

6.5 m - argille marnose  
 $N_{SPT} = 18$

3.5 m - ciottoli, argille brune  
 $N_{SPT} = 40$

$$N_{SPT} = \frac{30}{\frac{12}{26} + \frac{6.1}{47} + \frac{1.9}{16} + \frac{6.5}{18} + \frac{3.5}{40}}$$

$$N_{SPT} = 25.9$$

Si può considerare  
suolo di tipo C, perché  
 $15 < N_{SPT} < 50$

# Classificazione sismica oggi (NTC 08)

La normativa fornisce  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$

A che servono?

- consentono di definire lo spettro di risposta

I valori sono forniti per ogni punto e per qualsiasi periodo di ritorno

Serve veramente tutta questa precisione?

# Determinazione dei dati sismici

Periodo di riferimento  $V_R$

Indirizzo <http://www.acca.it/EdiLus-MS/>

Vai Collegamenti

## EdiLus-MS

### Mappe Sismiche

EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

ad es. "Via M. Giandulli, 114 MONTELUCA"

via di Villa Redenta, Spoleto (PG)

Cerca

classe

indirizzo

vita  
nominale

Latitudine

42.74480607

Longitudine

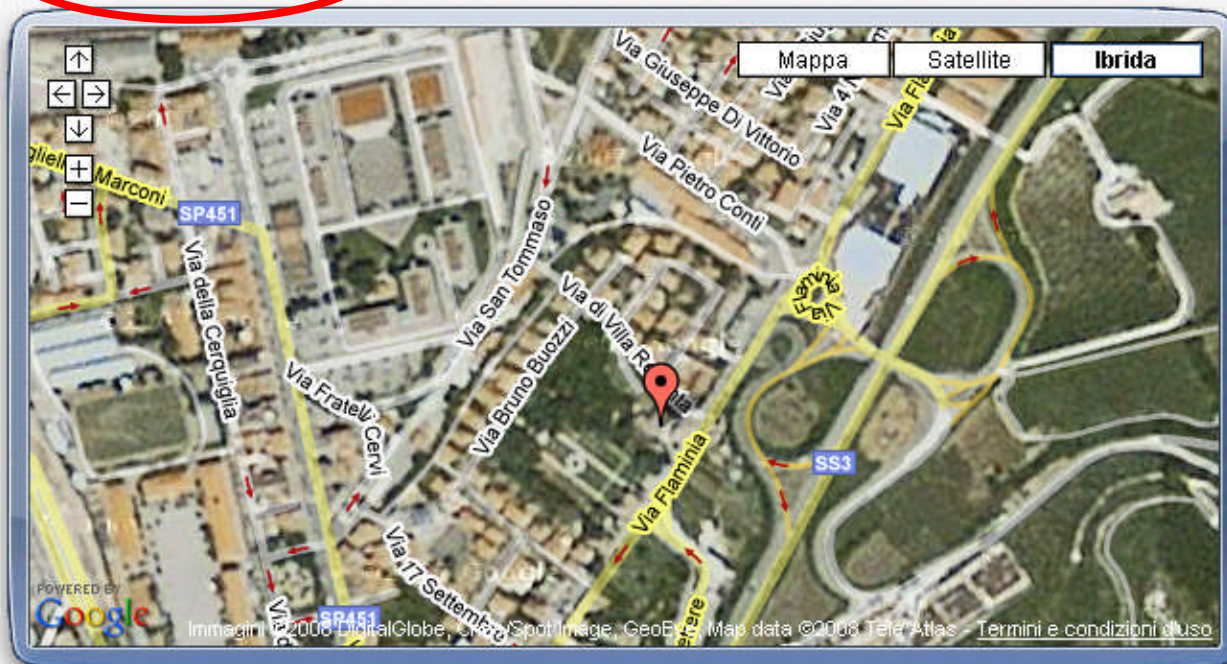
12.74130821

Classe dell'edificio

II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti...

Vita Nominale: Struttura ..... 50

Periodo di Riferimento per l'azione sismica ..... 50



#### Parametri di pericolosità Sismica

"Stato Limite"	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T^*_c$ [s]
Operatività	30	0.071	2.422	0.270
Danno	50	0.089	2.416	0.280
Salvaguardia Vita	475	0.222	2.385	0.320
Prevenzione Collasso	975	0.284	2.392	0.332



ACCA software S.p.A.

il software per l'edilizia

Tel.: 0827/69.504 - Fax: 0827/60.12.35

P.IVA 01883740647 - E-mail: info@acca.it

42.74387633, 12.74042845

[Termini e Condizioni di utilizzo di EdilLus-MS](#)



# Determinazione dei dati sismici

Periodo di riferimento  $V_R$

Indirizzo <http://www.acca.it/EdiLus-MS/>

Vai Collegamenti

## EdiLus-MS

Mappe Sismiche

EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

ad es. "Via M. Giandulli, 114 MONTELUCA"

via di Villa Redenta, Spoleto (PG)

Cerca

classe

indirizzo

vita  
nominale

Latitudine

42.74480607

Longitudine

12.74130821

Classe dell'edificio

II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti...

Vita Nominale: Struttura ..... 50

Periodo di Riferimento per l'azione sismica ..... 50

Dati  
corrispondenti

Stato limite e  
periodo di ritorno

### Parametri di pericolosità Sismica

"Stato Limite"	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T^*_c$ [s]
Operatività	30	0.071	2.422	0.270
Danno	50	0.089	2.416	0.280
Salvaguardia Vita	475	0.222	2.385	0.320
Prevenzione Collasso	975	0.284	2.392	0.332

42.74387633, 12.74042845

# Spettri di risposta NTC08

## S - amplificazione dovuta al terreno

- Dipende da
  - $S_S$  - Categoria di sottosuolo
  - $S_T$  - Categoria topografica

$$S = S_S \times S_T$$

Categoria sottosuolo	$S_S$
A	1.00
B	$1.00 \leq 1.4 - 0.4 F_o \frac{a_g}{g} \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.7 - 0.6 F_o \frac{a_g}{g} \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.4 - 1.5 F_o \frac{a_g}{g} \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.0 - 1.1 F_o \frac{a_g}{g} \leq 1.60$

Intervengono  
anche  $F_o$  e  $a_g$

Vedere foglio  
Excel "Spettri"  
per applicazioni



# Spettri di risposta NTC08

## S - amplificazione dovuta al terreno

- Dipende da

$S_S$  - Categoria di sottosuolo

$S_T$  - Categoria topografica

$$S = S_S \times S_T$$

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera	$S_T$
T1	---	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

# Spettri di risposta NTC08

$T_B, T_C, T_D$  - periodi

- $T_C$  dipende dal suolo e da  $T_C^*$

Categoria sottosuolo	$C_C$
A	1.00
B	$1.10 (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.05 (T_C^*)^{-0.33}$
D	$1.25 (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.15 (T_C^*)^{-0.40}$

$$T_C = C_C \times T_C^*$$

Vedere foglio  
Excel "Spettri"  
per applicazioni

# Spettri di risposta NTC08

$T_B, T_C, T_D$  - periodi

- $T_C$  dipende dal suolo e da  $T_C^*$

- $T_B$  dipende da  $T_C$

$$T_B = T_C / 3$$

- $T_D$  dipende da  $a_g$

$$T_D = 4.0 \times \frac{a_g}{g} + 1.6$$

Vedere foglio  
Excel "Spettri"  
per applicazioni

# Spettri di risposta NTC 08

## Esempio: località Spoleto

Vedere foglio  
Excel "Spettri"  
per applicazioni

Ad esempio, nel punto di Lat. 42.732 e Long. 12.673 sito nel comune di Spoleto (PG) si ha:

per  $T_R = 475$  anni:  $a_g = 0.1938 \text{ g}$   $F_o = 2.42$   $T_C^* = 0.32 \text{ s}$

per  $T_R = 50$  anni:  $a_g = 0.0803 \text{ g}$   $F_o = 2.46$   $T_C^* = 0.28 \text{ s}$

Tab. 7. Valori dei coefficienti che definiscono lo spettro di risposta elastico:  
accelerazioni orizzontali, terremoto con  $T_R=475$  anni (SLV), Spoleto, D.M. 14/1/08

Categoria suolo	accelerazione orizzontale	$S$	$F_o$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	0.194 g	1.00	2.42	0.107 s	0.320 s	2.375 s
B	0.194 g	1.20	2.42	0.147 s	0.442 s	2.375 s
C	0.194 g	1.42	2.42	0.163 s	0.489 s	2.375 s
D	0.194 g	1.70	2.42	0.236 s	0.707 s	2.375 s
E	0.194 g	1.48	2.42	0.193 s	0.580 s	2.375 s

# Spettri di risposta NTC 08

## Esempio: località Spoleto

Vedere foglio  
Excel "Spettri"  
per applicazioni

Ad esempio, nel punto di Lat. 42.732 e Long. 12.673 sito nel comune di Spoleto (PG) si ha:

per $T_R = 475$ anni:	$a_g = 0.1938 \text{ g}$	$F_o = 2.42$	$T_C^* = 0.32 \text{ s}$
per $T_R = 50$ anni:	$a_g = 0.0803 \text{ g}$	$F_o = 2.46$	$T_C^* = 0.28 \text{ s}$

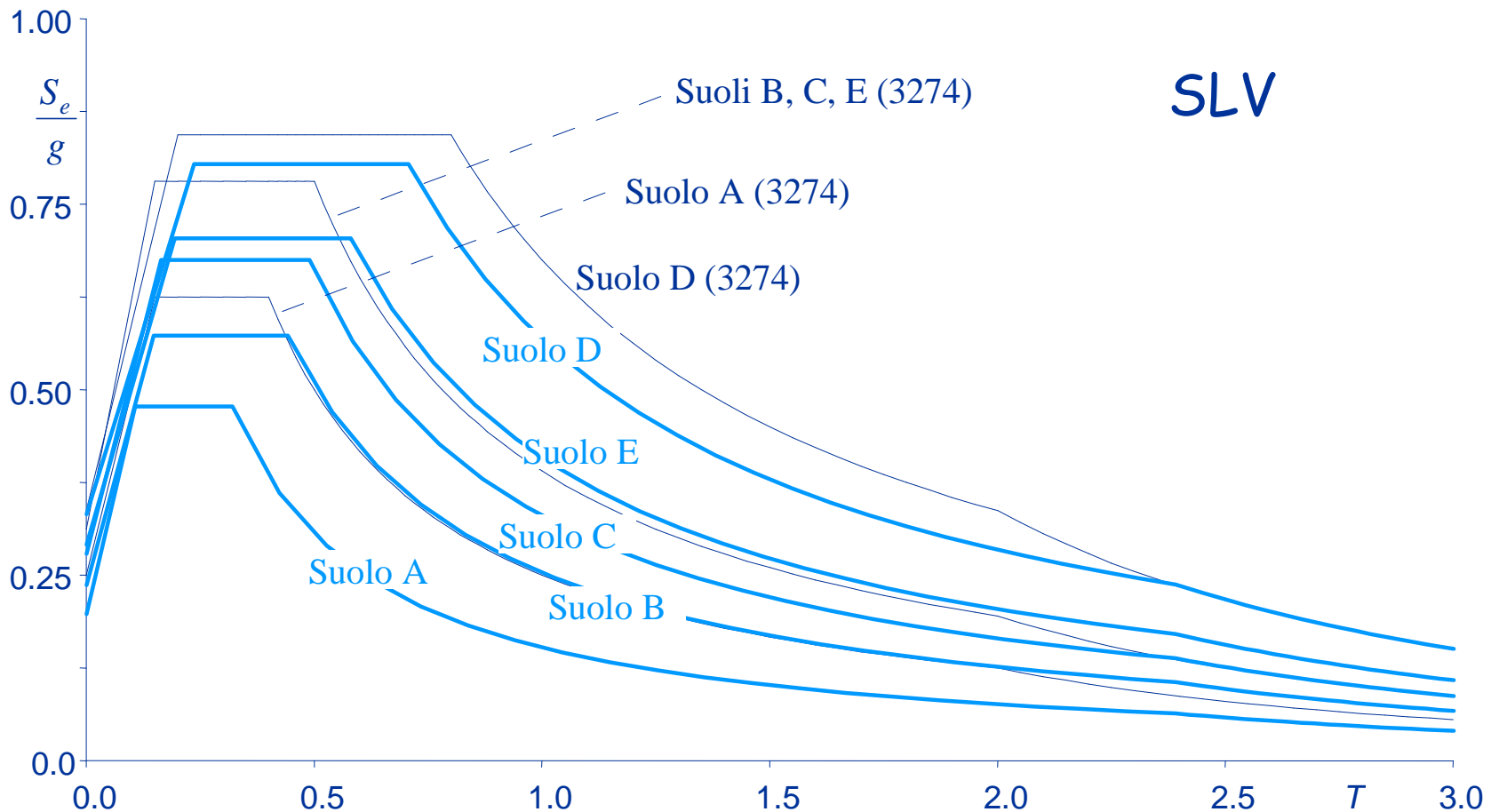
Tab. 8. Valori dei coefficienti che definiscono lo spettro di risposta elastico:  
accelerazioni orizzontali, terremoto con  $T_R=50$  anni (SLD), Spoleto, D.M. 14/1/08

Categoria suolo	accelerazione orizzontale	$S$	$F_o$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	0.080 g	1.00	2.46	0.093 s	0.280 s	1.921 s
B	0.080 g	1.20	2.46	0.132 s	0.397 s	1.921 s
C	0.080 g	1.50	2.46	0.149 s	0.447 s	1.921 s
D	0.080 g	1.80	2.46	0.220 s	0.661 s	1.921 s
E	0.080 g	1.60	2.46	0.179 s	0.536 s	1.921 s

# Spettri di risposta NTC 08

## Esempio: località Spoleto

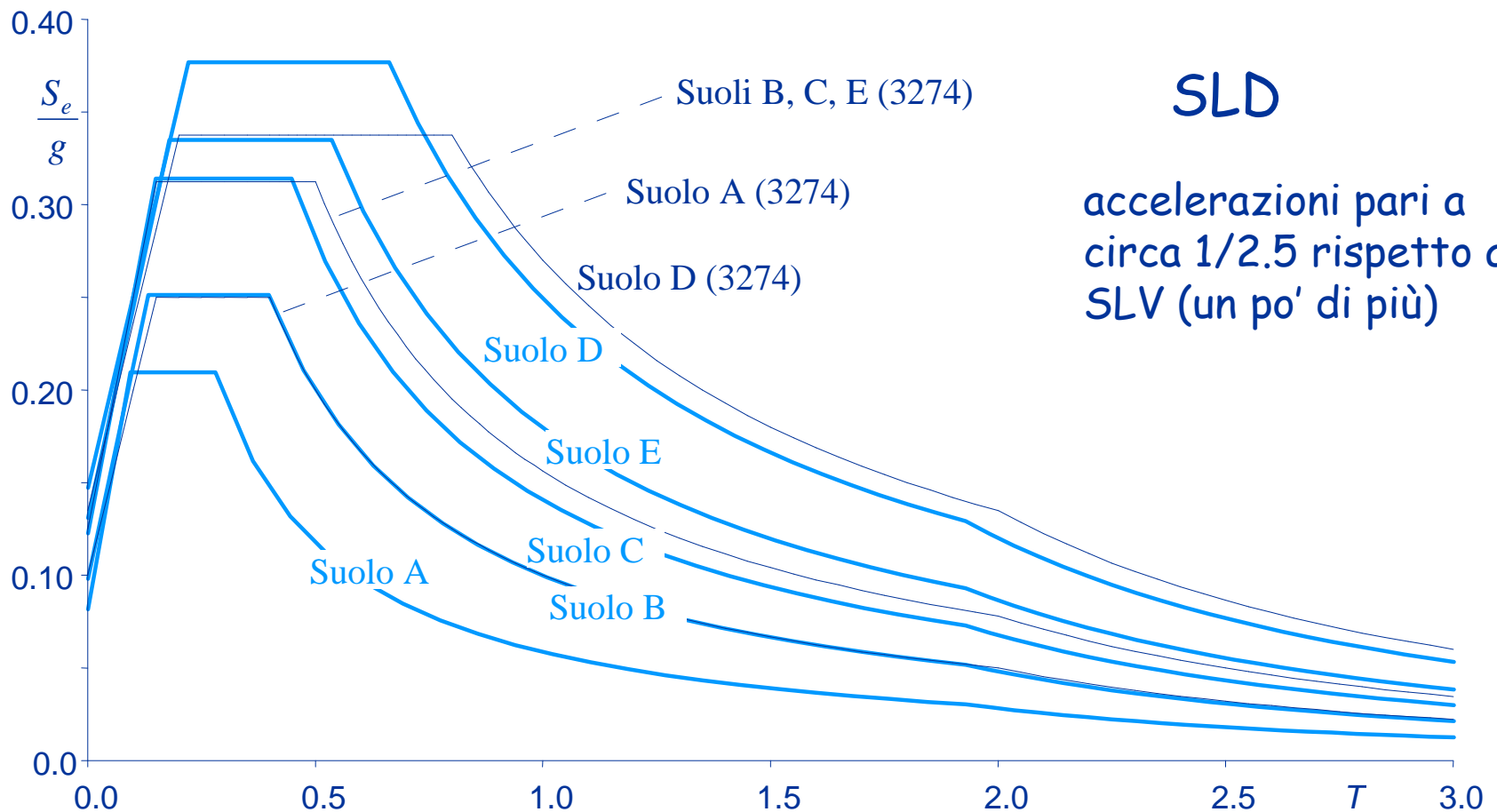
Vedere foglio  
Excel "Spettri"  
per applicazioni



# Spettri di risposta NTC 08

## Esempio: località Spoleto

Vedere foglio  
Excel "Spettri"  
per applicazioni



# Spettri di risposta NTC08

## accelerazioni verticali

- Lo spettro ha la stessa forma, cambiano i parametri

Categoria di sottosuolo	$S_S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1.0	0.05	0.15	1.00

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$



# Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali e verticali, alto periodo di ritorno

accelerazione (normalizzata)

