

Università di Catania  
Corso di laurea in ingegneria civile strutturale e geotecnica

## **Costruzioni in zona sismica**

Risposta elastica e spettri di risposta elastica

12-13 ottobre 2011

Aurelio Ghersi

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

# Risposta sismica

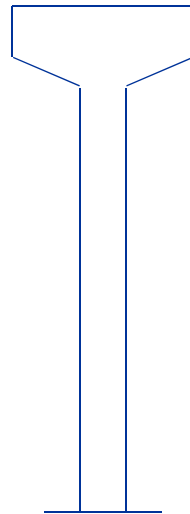
Schemi a un grado di libertà  
in campo elastico

# Struttura a un grado di libertà

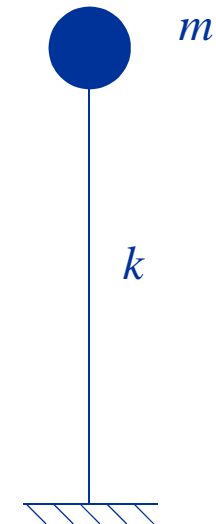
## Serbatoio pensile



Foto



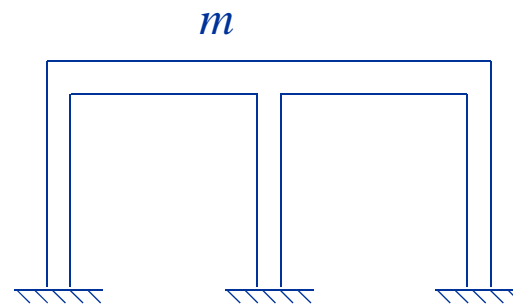
Disegno  
schematico



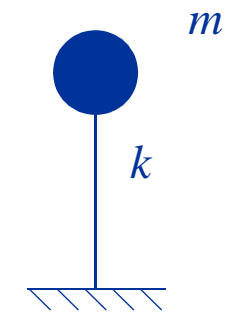
Modello  
di calcolo

# Struttura a un grado di libertà

## Telaio monopiano



Disegno  
schematico



Modello di  
calcolo

# Oscillazioni libere

Esempio: altalena



Spostando il sedile dell'altalena e poi lasciandolo libero, esso oscilla con un periodo  $T$  ben preciso



# Oscillazioni libere

Esempio: altalena



Spostando il sedile dell'altalena e poi lasciandolo libero, esso oscilla con un periodo  $T$  ben preciso

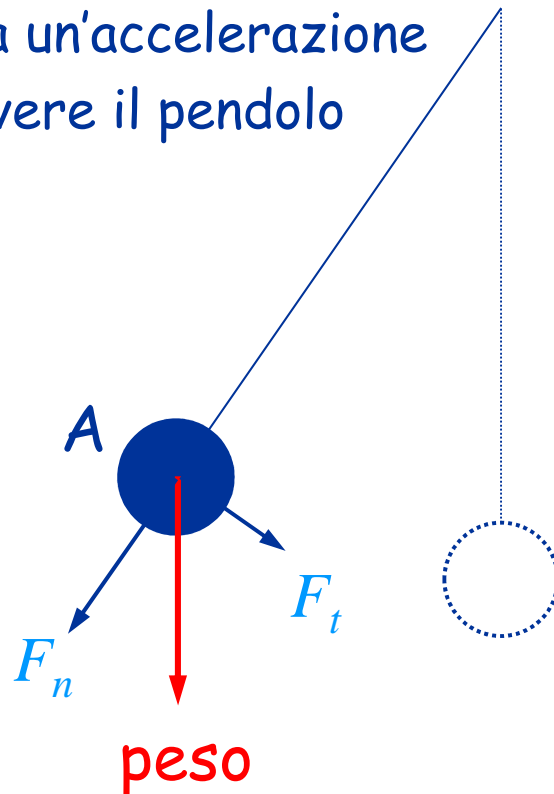


# Oscillazioni libere pendolo (esempio: altalena)

A) Il peso è scomposto nelle forze

$F_n$  assorbita dall'asta del pendolo

$F_t$  che provoca un'accelerazione  
che fa muovere il pendolo



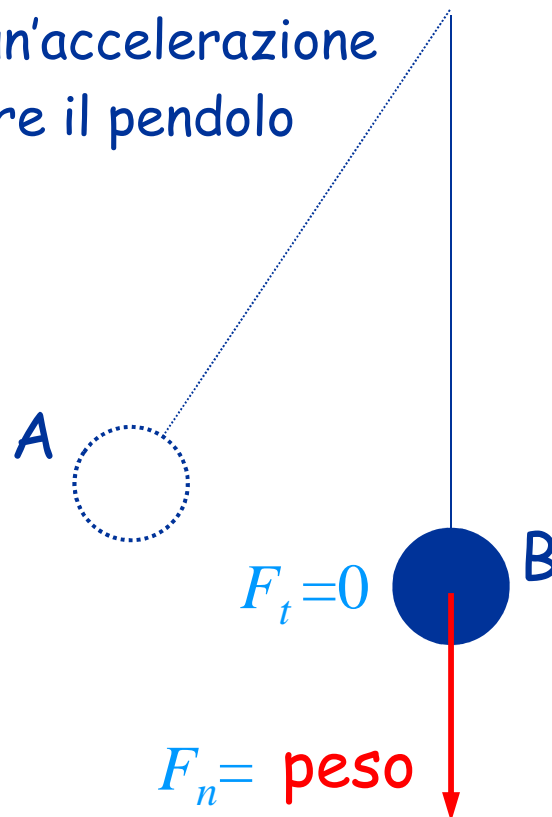


# Oscillazioni libere pendolo (esempio: altalena)

A) Il peso è scomposto nelle forze

$F_n$  assorbita dall'asta del pendolo

$F_t$  che provoca un'accelerazione  
che fa muovere il pendolo



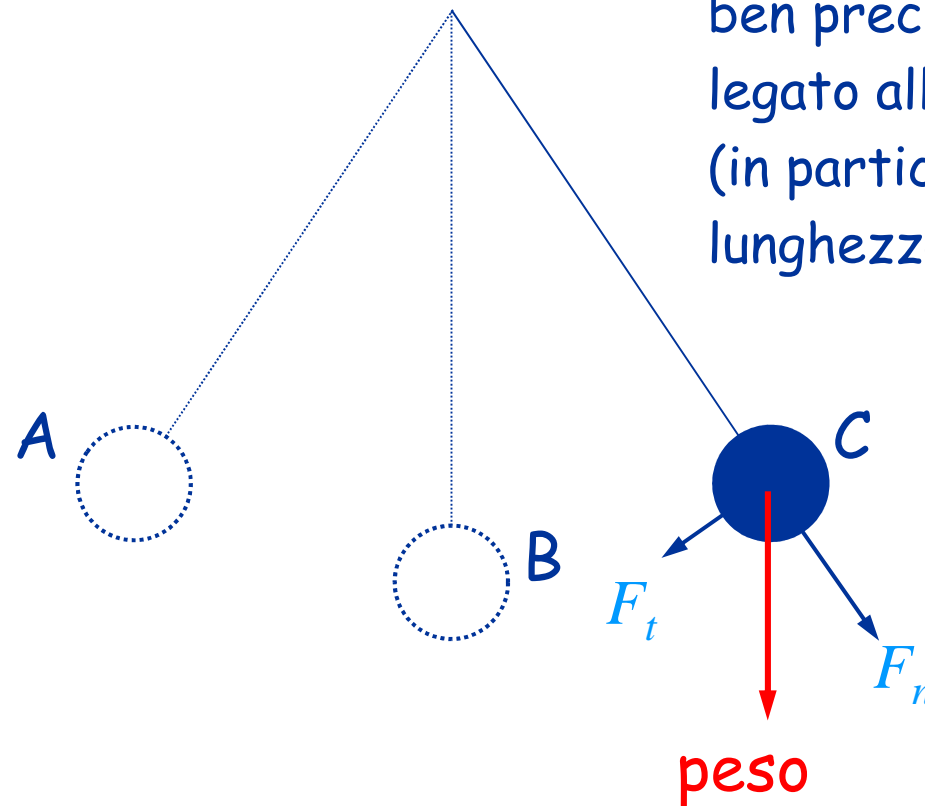
B) In questa posizione la  
velocità è massima  
(quando inizia a  
risalire rallenta) ma  
l'accelerazione è nulla  
perché  $F_t = 0$



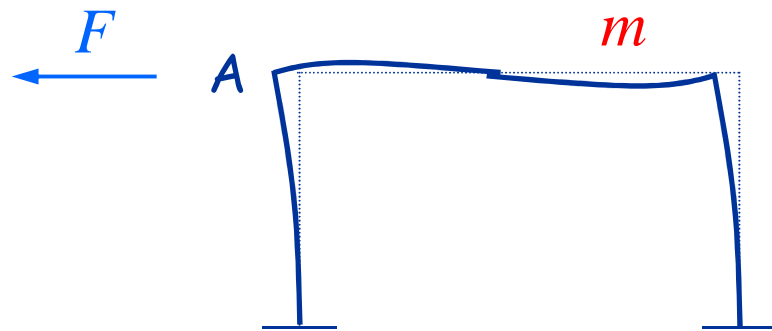
# Oscillazioni libere

## pendolo (esempio: altalena)

Il pendolo oscilla con  
un periodo  $T$   
ben preciso,  
legato alla geometria  
(in particolare, alla  
lunghezza dell'asta)



# Oscillazioni libere telaio monopiano

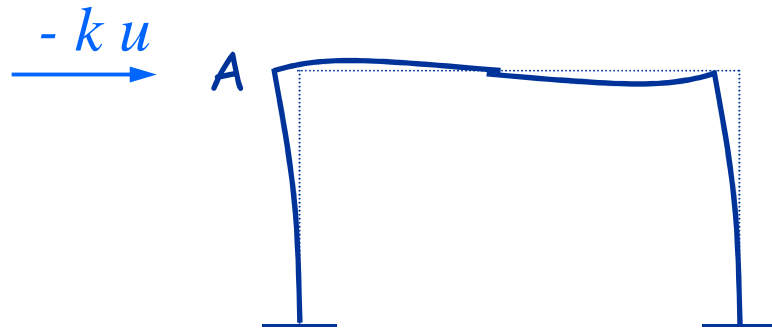


A) Per deformare il telaio in questa posizione occorre applicare una forza  $F$ , uguale ed opposta alla forza elastica che tende a riportare il telaio alla posizione indeformata (forza di richiamo elastico).

Equilibrio statico

$$F = k u$$

# Oscillazioni libere telaio monopiano



Quando si lascia libero il telaio, agisce solo la forza di richiamo elastico, che provoca un'accelerazione.

Equilibrio dinamico

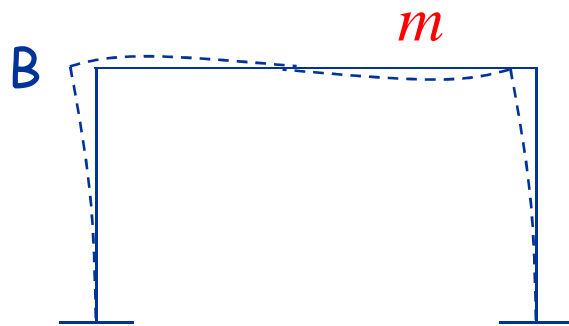
$$- k u = m a$$

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



# Oscillazioni libere

## telaio monopiano



Equazione del moto:

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

equilibrio dinamico

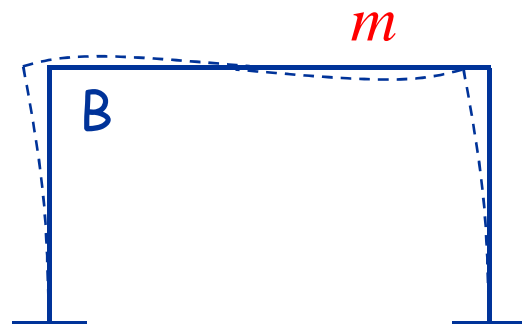
L'equazione differenziale può essere risolta analiticamente.

La soluzione è una funzione trigonometrica (seno, coseno)

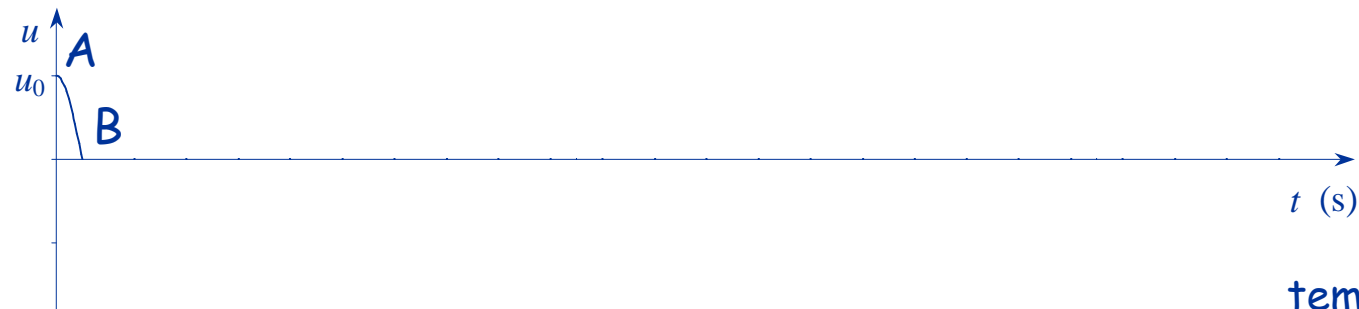
# Oscillazioni libere

## telaio monopiano

- B) Tornato nella posizione indeformata, la velocità è massima e l'accelerazione nulla (come la forza di richiamo elastico).



spostamento



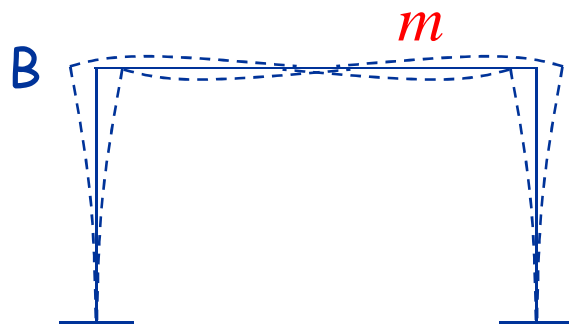
tempo



# Oscillazioni libere

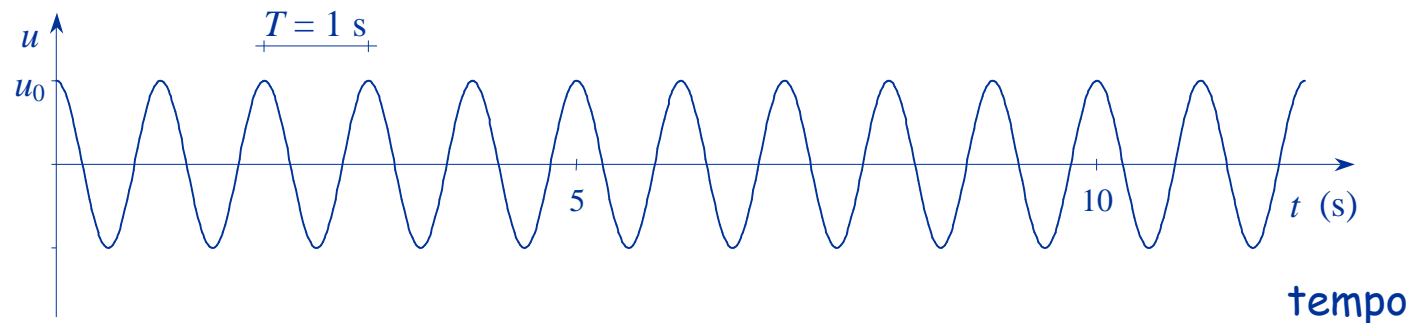
## telaio monopiano

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



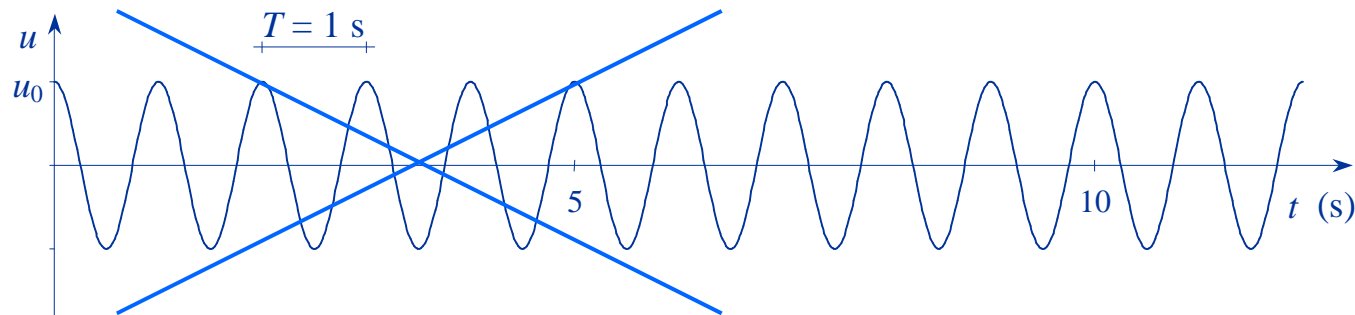
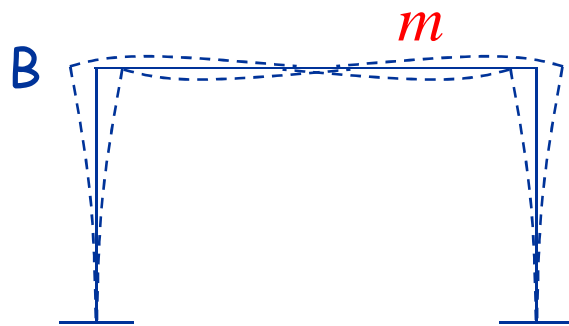
$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

spostamento



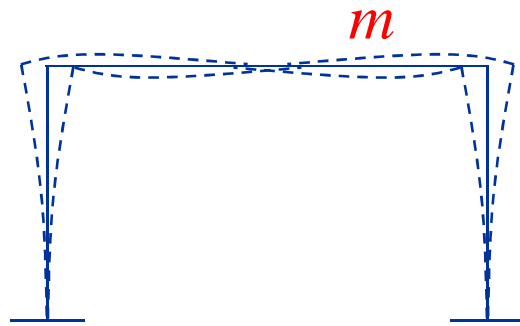
# Oscillazioni libere con smorzamento telaio monopiano

In realtà il moto non  
continua così, a causa  
della dissipazione di  
energia (smorzamento)





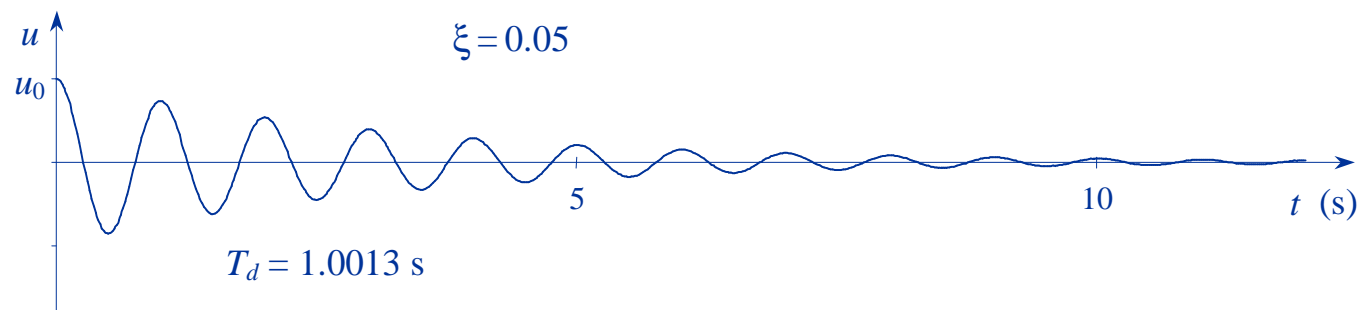
# Oscillazioni libere con smorzamento telaio monopiano



Equazione del moto:

$$m \ddot{u} + \underbrace{c \dot{u}}_{\text{smorzamento}} + k u = 0$$

Lo smorzamento è  
legato alla variazione di  
spostamento (velocità)

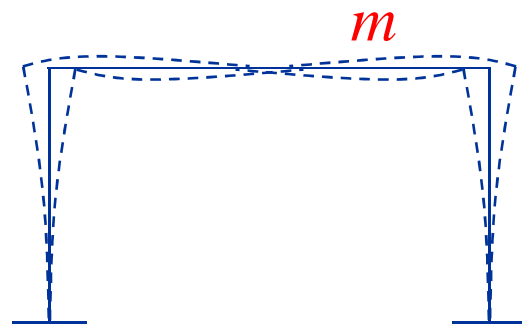


# Oscillazioni libere con smorzamento

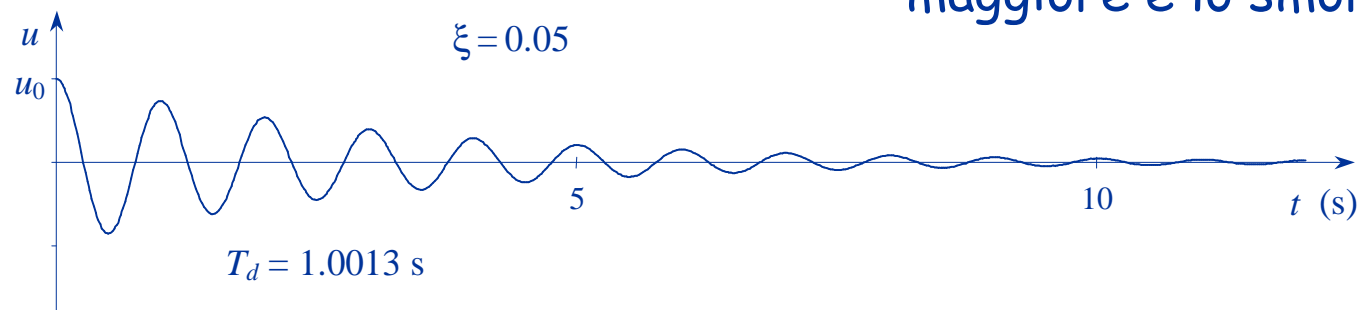
## telaio monopiano

Equazione del moto:

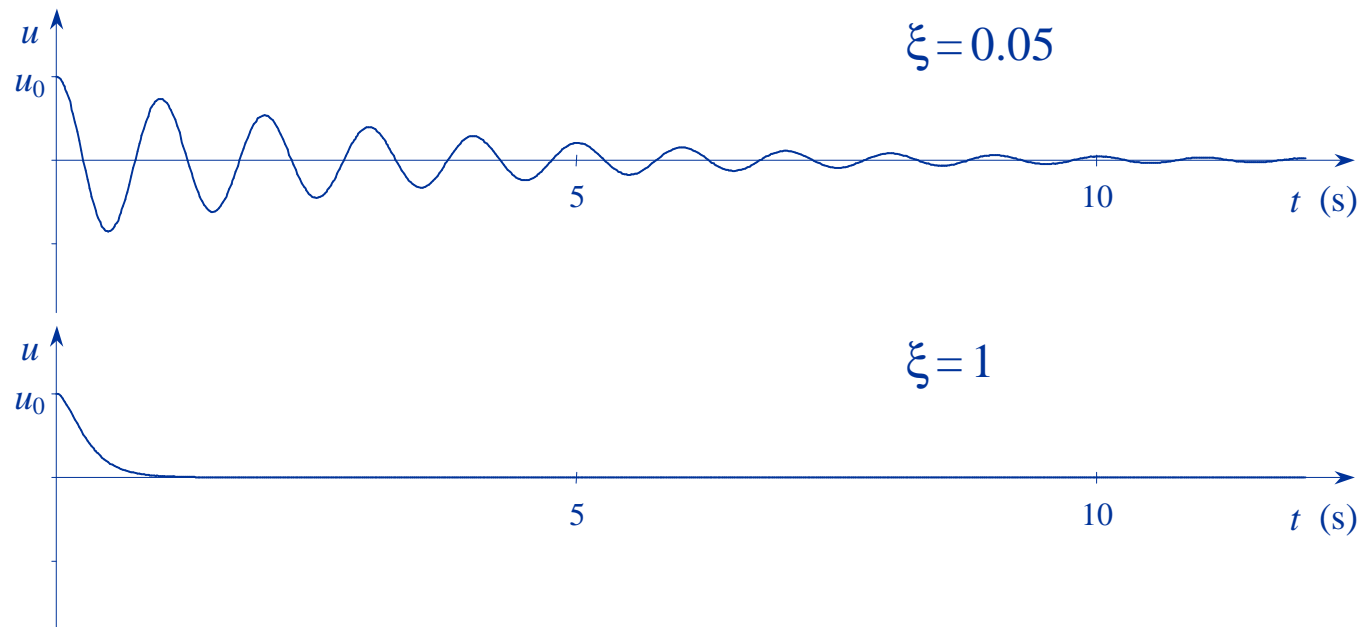
$$m \ddot{u} + c \dot{u} + k u = 0$$



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 poco

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

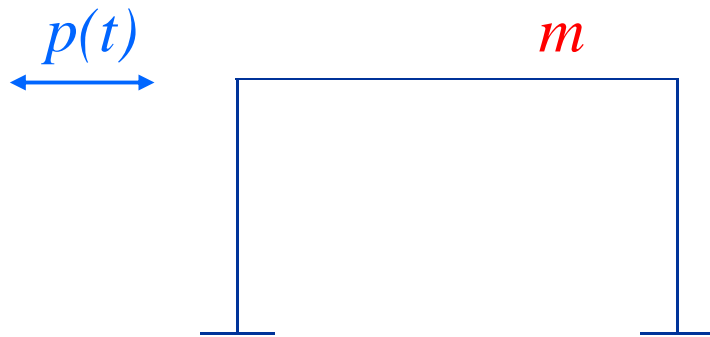
Esempio: altalena



Dando (in maniera periodica) una piccola spinta al sedile dell'altalena, le oscillazioni si amplificano sempre di più



# Oscillazioni forzate telaio monopiano



Equazione del moto:

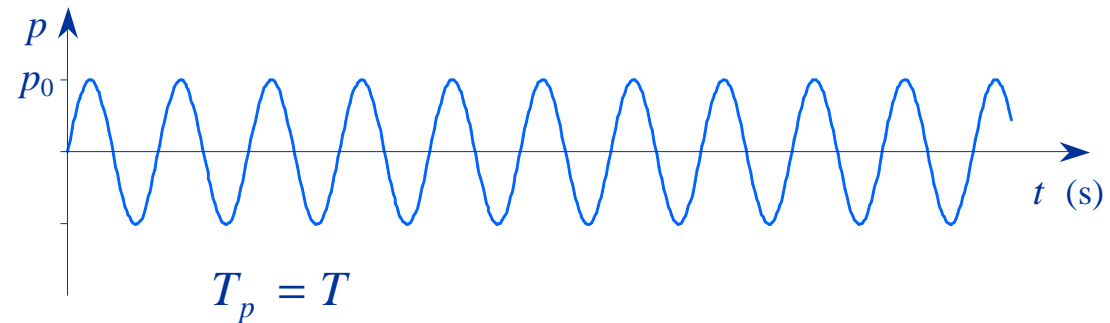
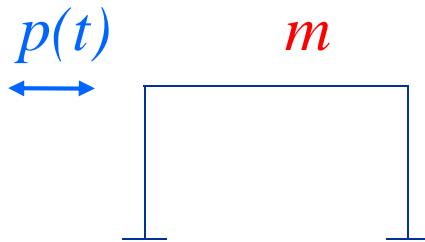
$$m \ddot{u} + c \dot{u} + k u = p(t)$$

Nell'equazione del moto  
compare un nuovo termine  
(l'azione forzante)

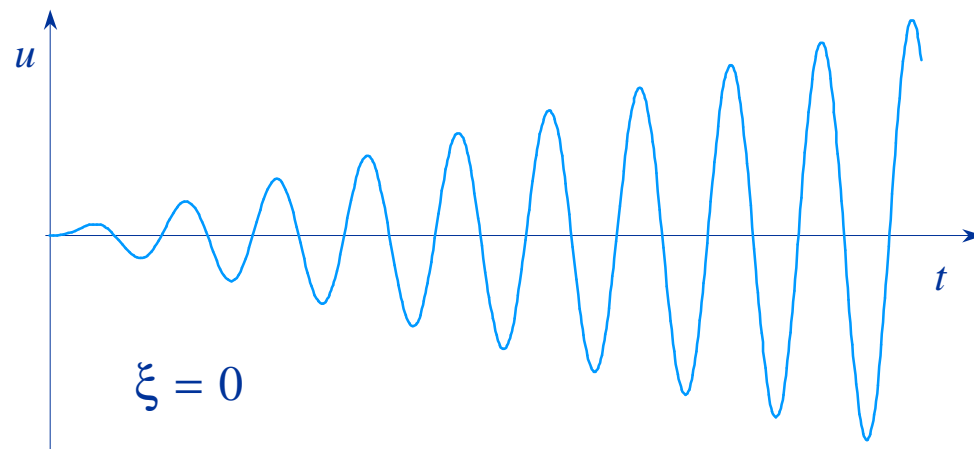
Se la forzante è armonica (seno, coseno) è possibile risolvere  
analiticamente l'equazione differenziale

# Oscillazioni forzate

## telaio monopiano, forzante armonica (periodica)



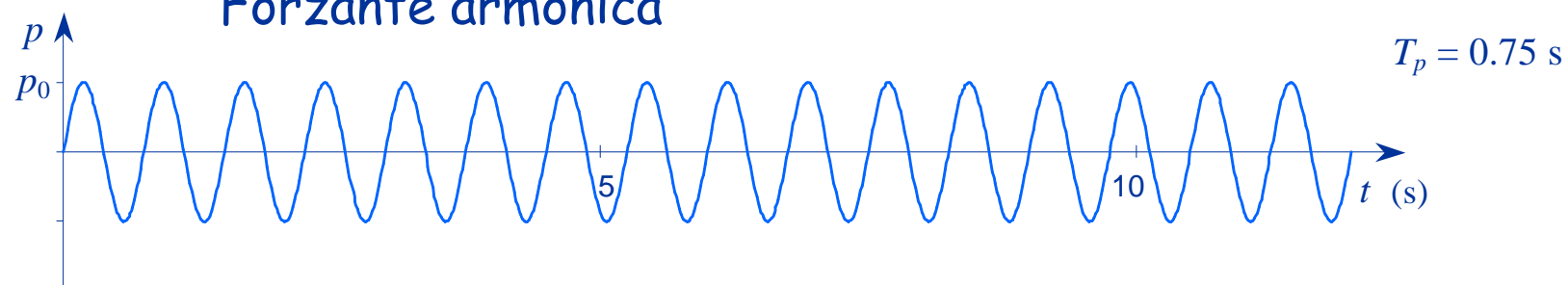
Se il periodo della  
forzante coincide con  
quello del sistema,  
in assenza di  
smorzamento  
il moto si amplifica  
sempre più



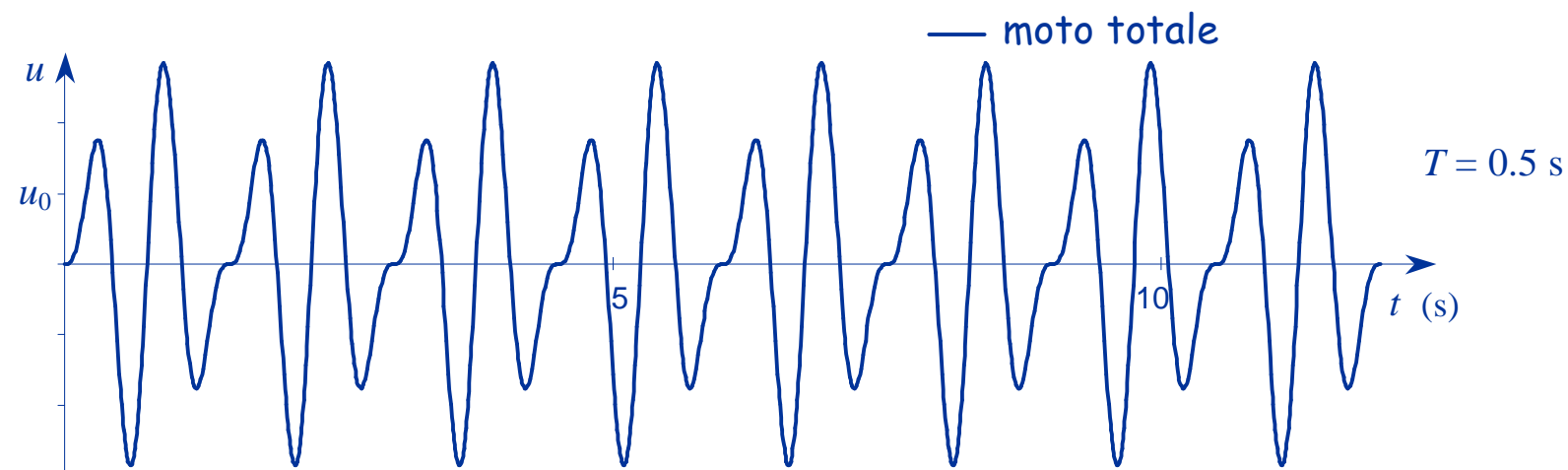
risonanza



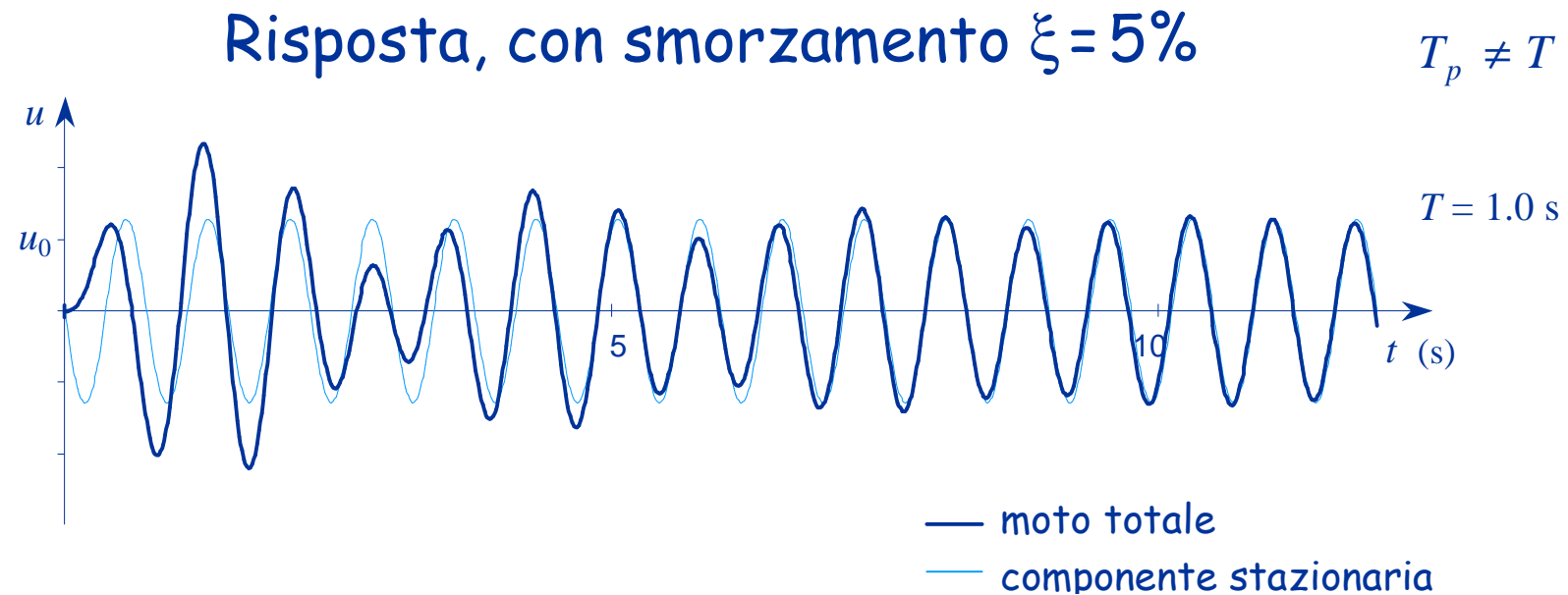
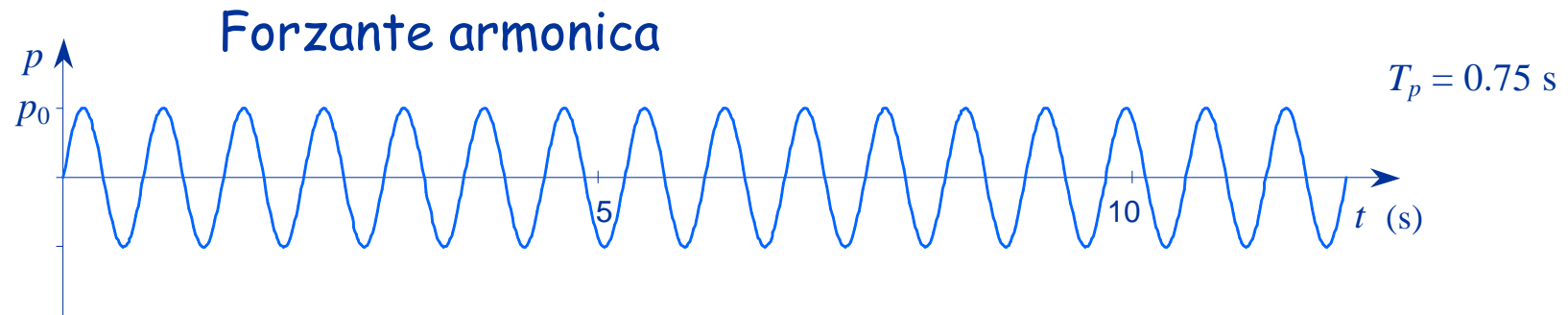
## Forzante armonica



## Risposta, senza smorzamento

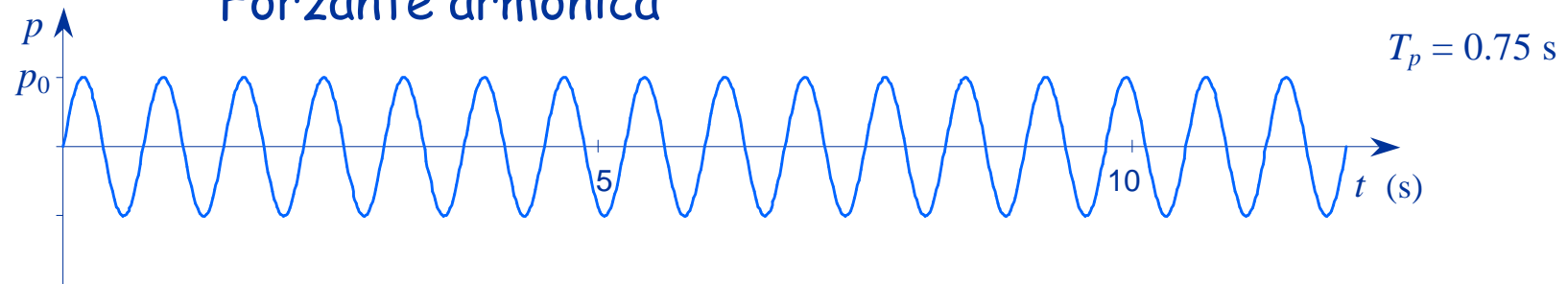






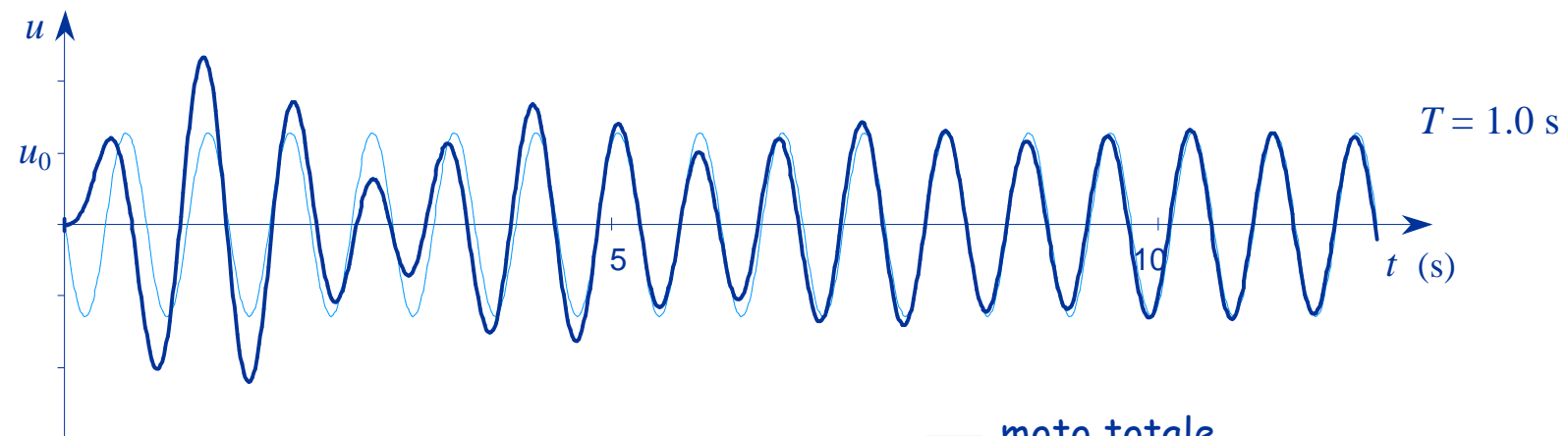
Il moto è somma di una componente armonica che ha lo stesso periodo della forzante ed ampiezza costante (componente stazionaria) e di una componente che ha lo stesso periodo del sistema ma ampiezza che si riduce man mano (componente transitoria)

## Forzante armonica

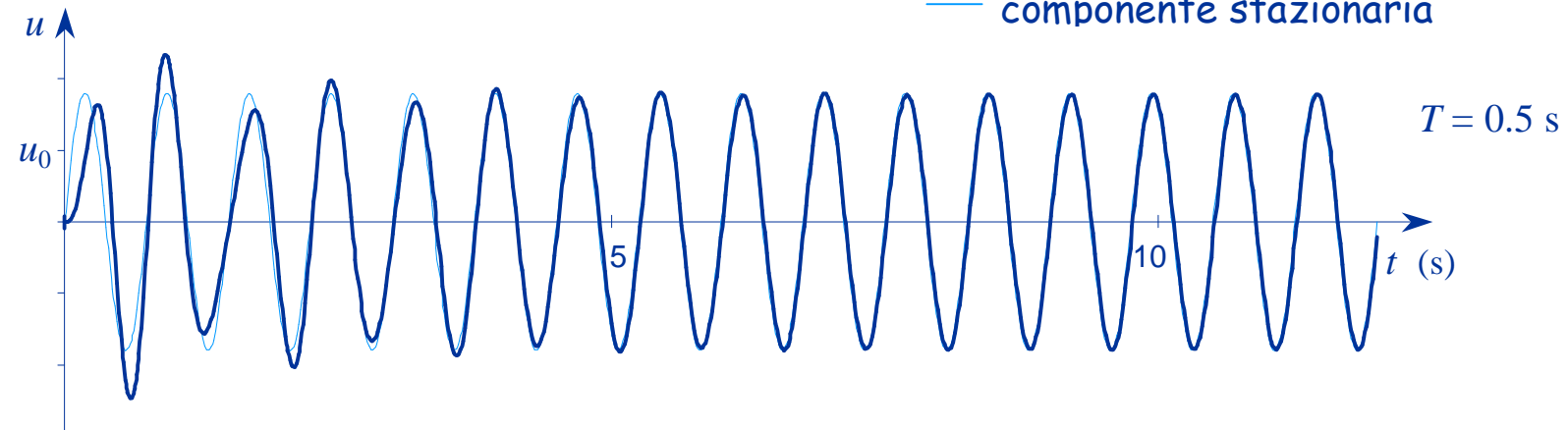


## Risposta, con smorzamento $\xi = 5\%$

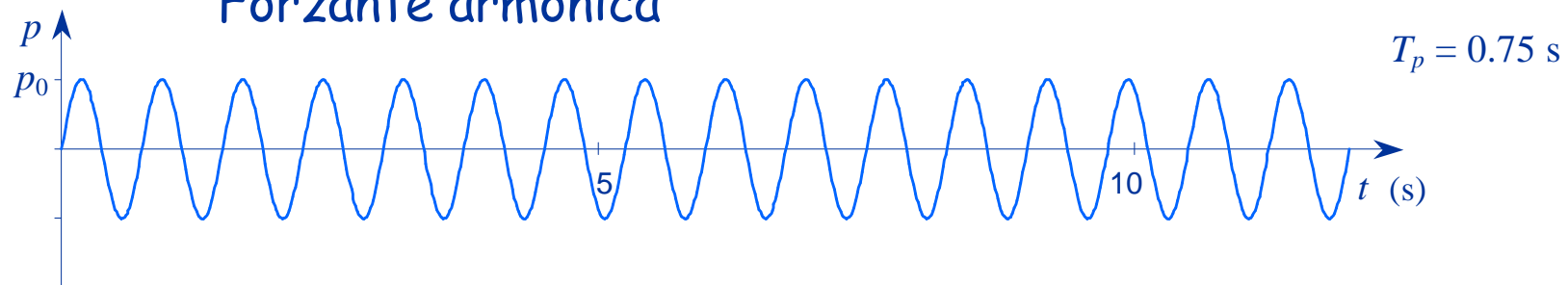
$$T_p \neq T$$



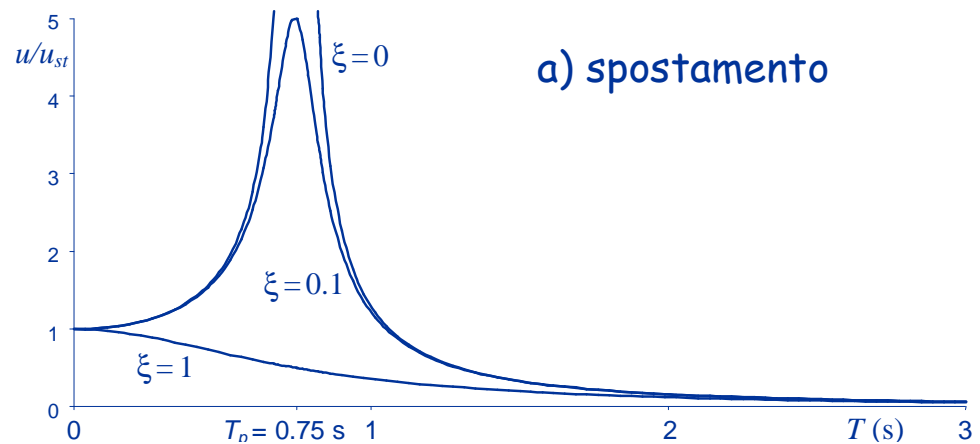
— moto totale  
— componente stazionaria



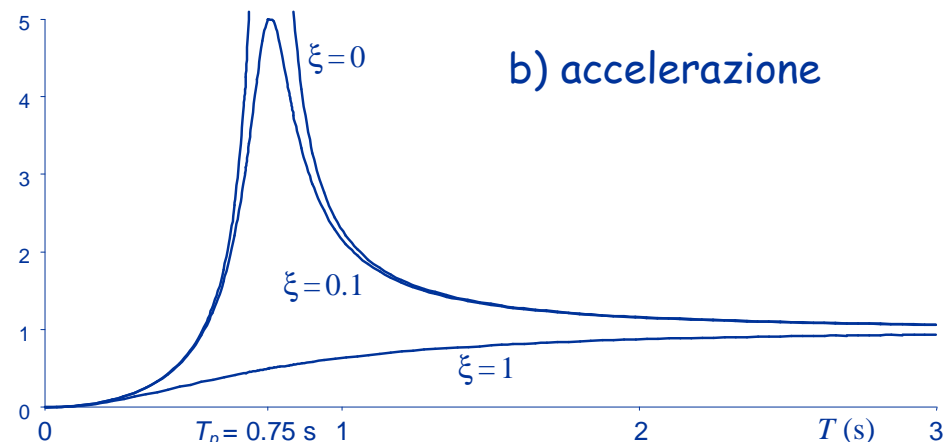
## Forzante armonica



Il moto viene  
amplificato o ridotto,  
in funzione  
del periodo proprio  
e dello smorzamento  
del sistema



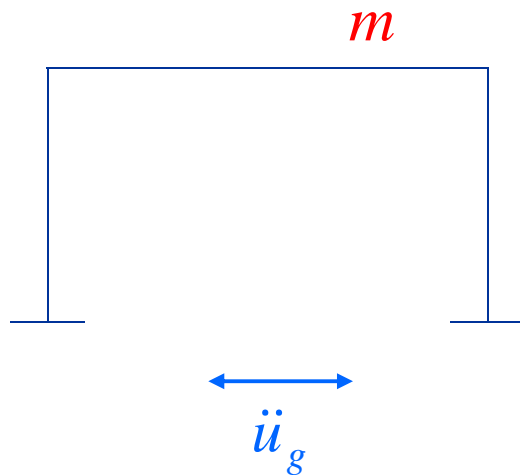
a) spostamento



b) accelerazione



# Oscillazioni forzate (moto del terreno)



Equazione del moto:

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

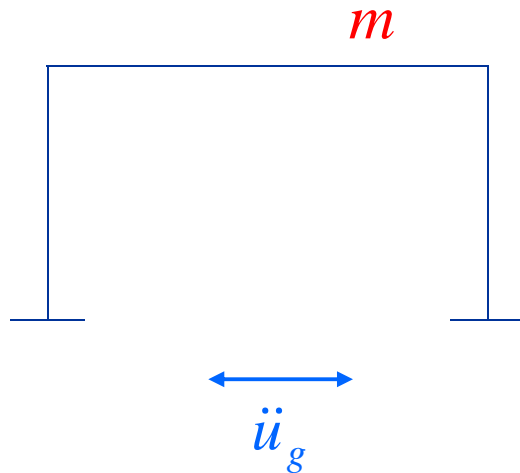
Cambia (formalmente)  
il termine noto  
nell'equazione del moto

Il problema è sostanzialmente  
identico a quello del moto con  
forzante applicata al traverso

# Oscillazioni forzate (moto del terreno)

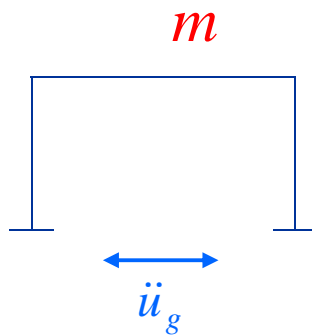
Equazione del moto:

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

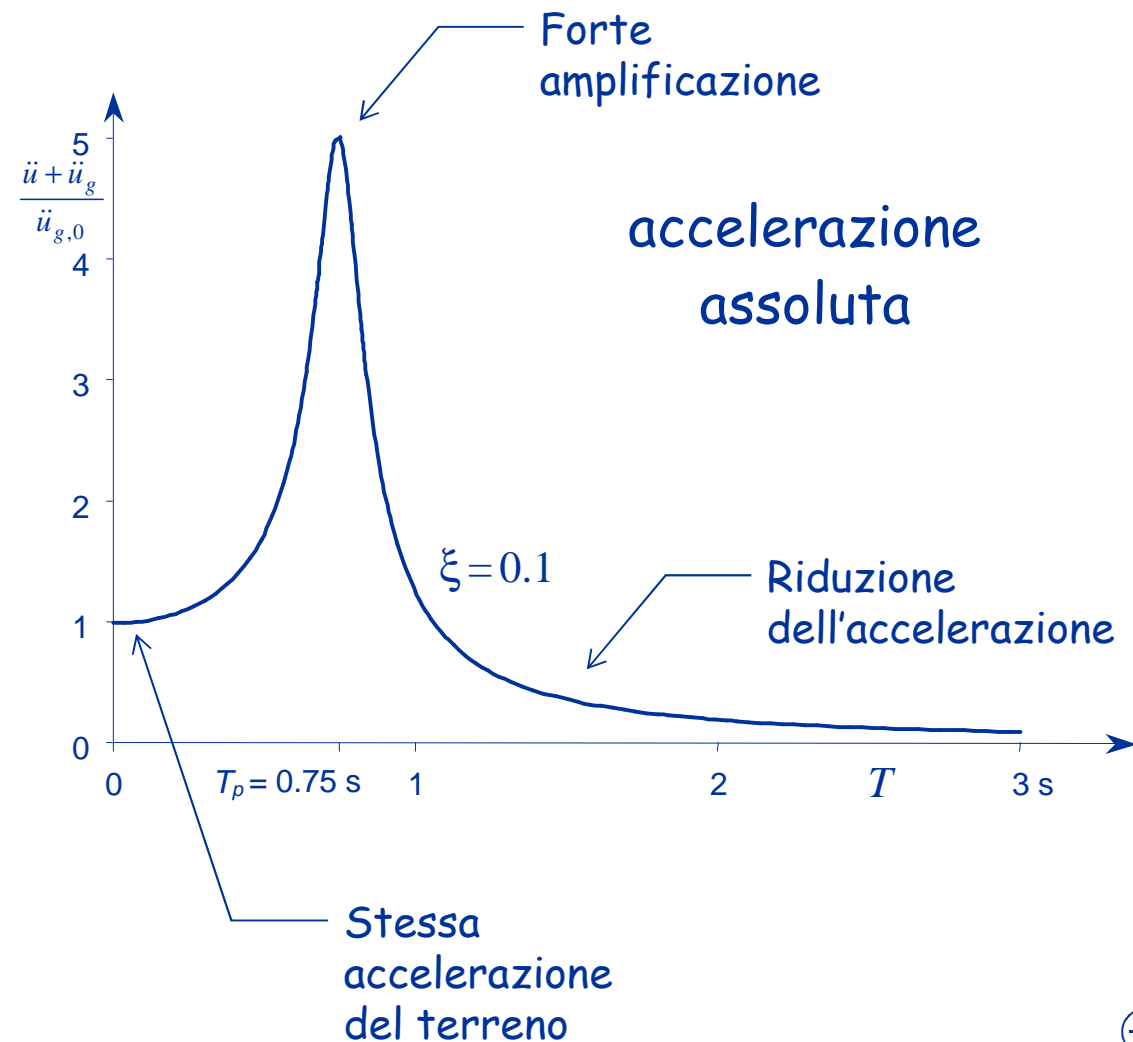


Se la forzante è armonica (seno, coseno) è possibile risolvere analiticamente l'equazione differenziale

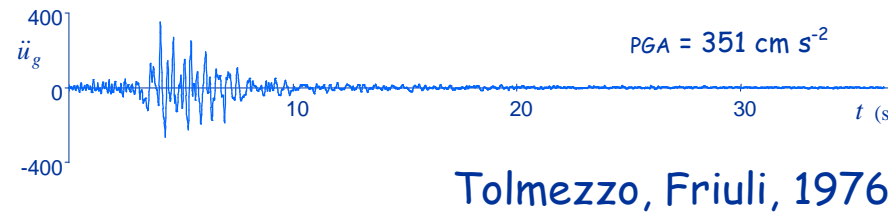
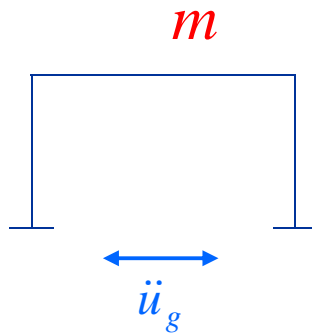
# Oscillazioni forzate (moto del terreno - armonico)



Si noti, in particolare,  
l'andamento  
dell'accelerazione  
massima in funzione  
del periodo proprio



# Oscillazioni forzate (moto del terreno - accelerogramma)



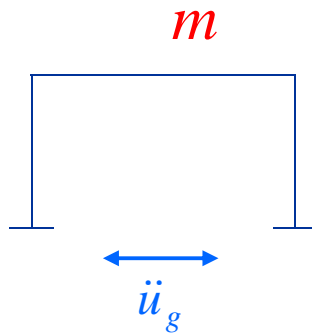
Input sismico: accelerogramma

Equazione del moto:

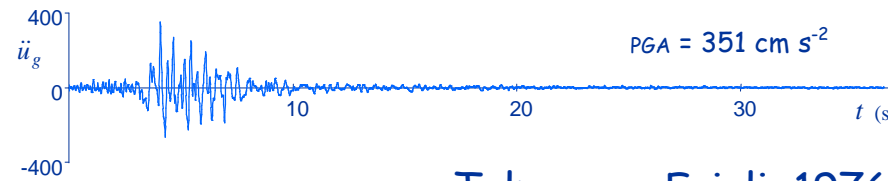
$$m \ddot{u} + c \dot{u} + k u = -m \ddot{u}_g$$

# Oscillazioni forzate

## (moto del terreno - accelerogramma)



È possibile  
determinare  
numericamente  
la risposta ad un  
accelerogramma



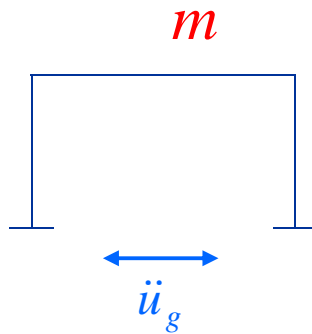
Tolmezzo, Friuli, 1976

Noti i valori di  $u, \dot{u}, \ddot{u}$  in un certo  
istante  $t_1$  ed il valore di  $\ddot{u}_g$  tra  $t_1$  e  
 $t_1 + \Delta t$  si possono ricavare i valori di  
 $u, \dot{u}, \ddot{u}$  nell'istante  $t_1 + \Delta t$

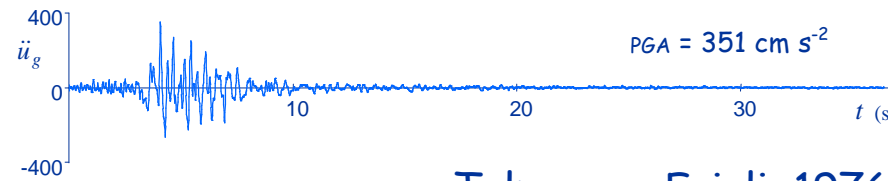
Si ottiene la risposta nel tempo  
(time history)



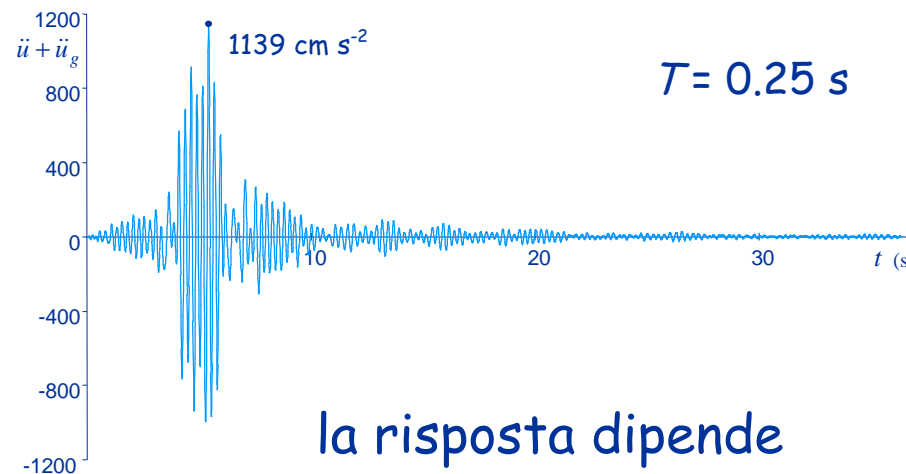
# Oscillazioni forzate (moto del terreno - accelerogramma)



È possibile  
determinare  
numericamente  
la risposta ad un  
accelerogramma

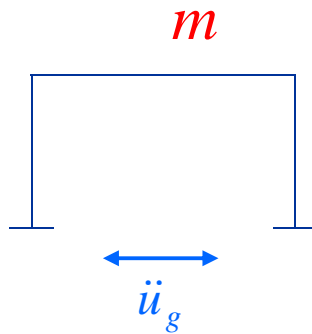


Tolmezzo, Friuli, 1976

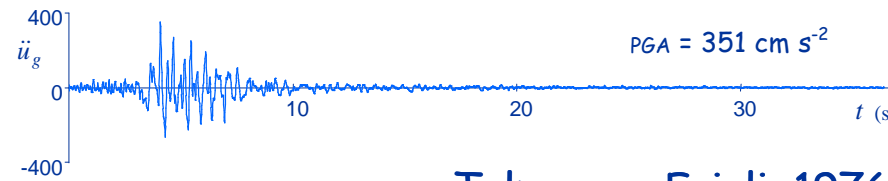


la risposta dipende  
dal periodo  $T$  dell'oscillatore

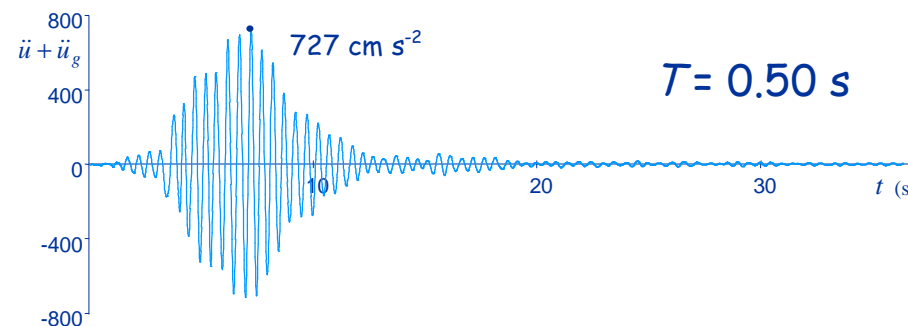
# Oscillazioni forzate (moto del terreno - accelerogramma)



Cambiando il periodo  
dell'oscillatore,  
cambia la risposta

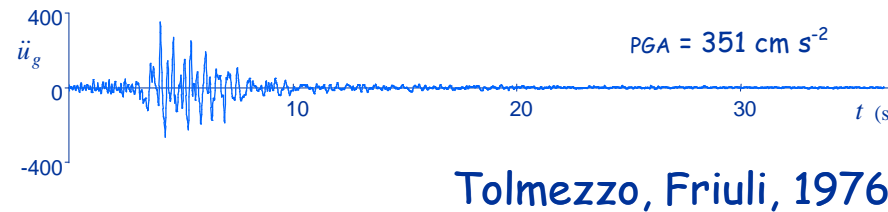
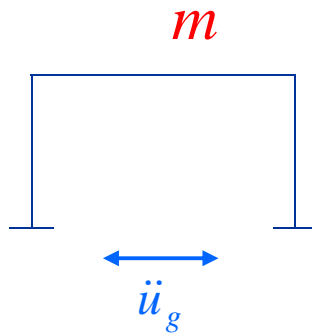


Tolmezzo, Friuli, 1976

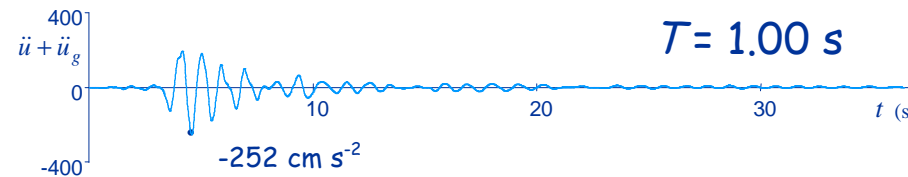


# Oscillazioni forzate

(moto del terreno - accelerogramma)



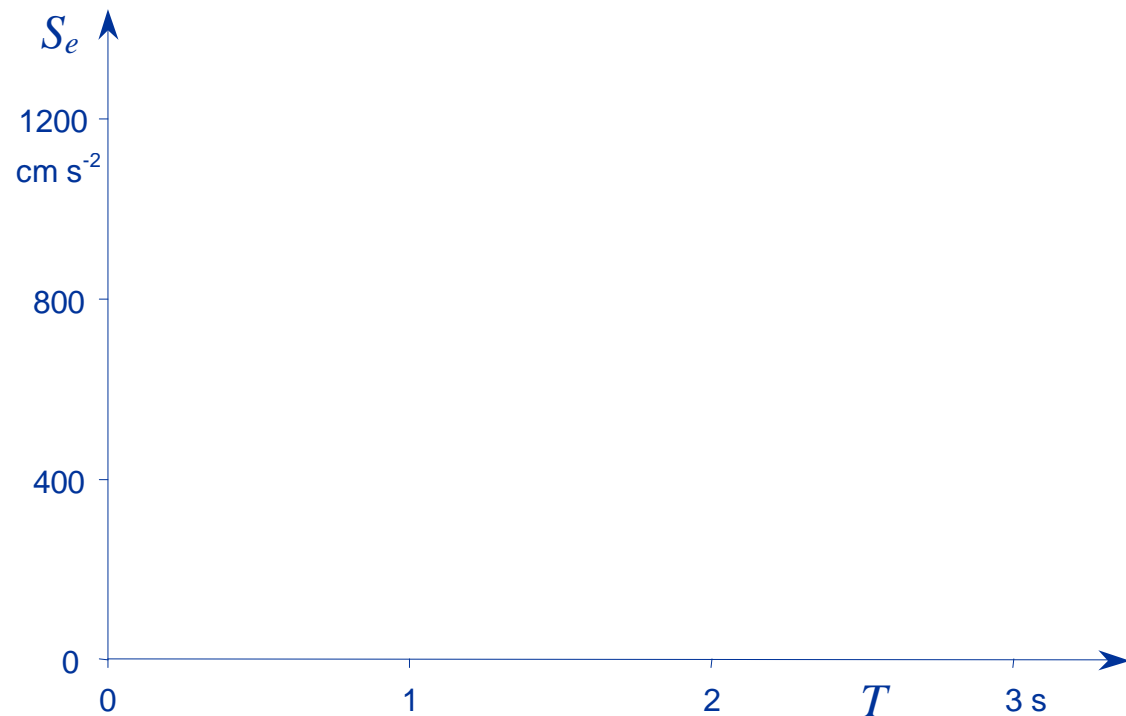
Cambiando il periodo  
dell'oscillatore,  
cambia la risposta



# Oscillazioni forzate

(moto del terreno - accelerogramma)

Si può diagrammare, per punti, il valore dell'accelerazione massima per schemi con periodo diverso

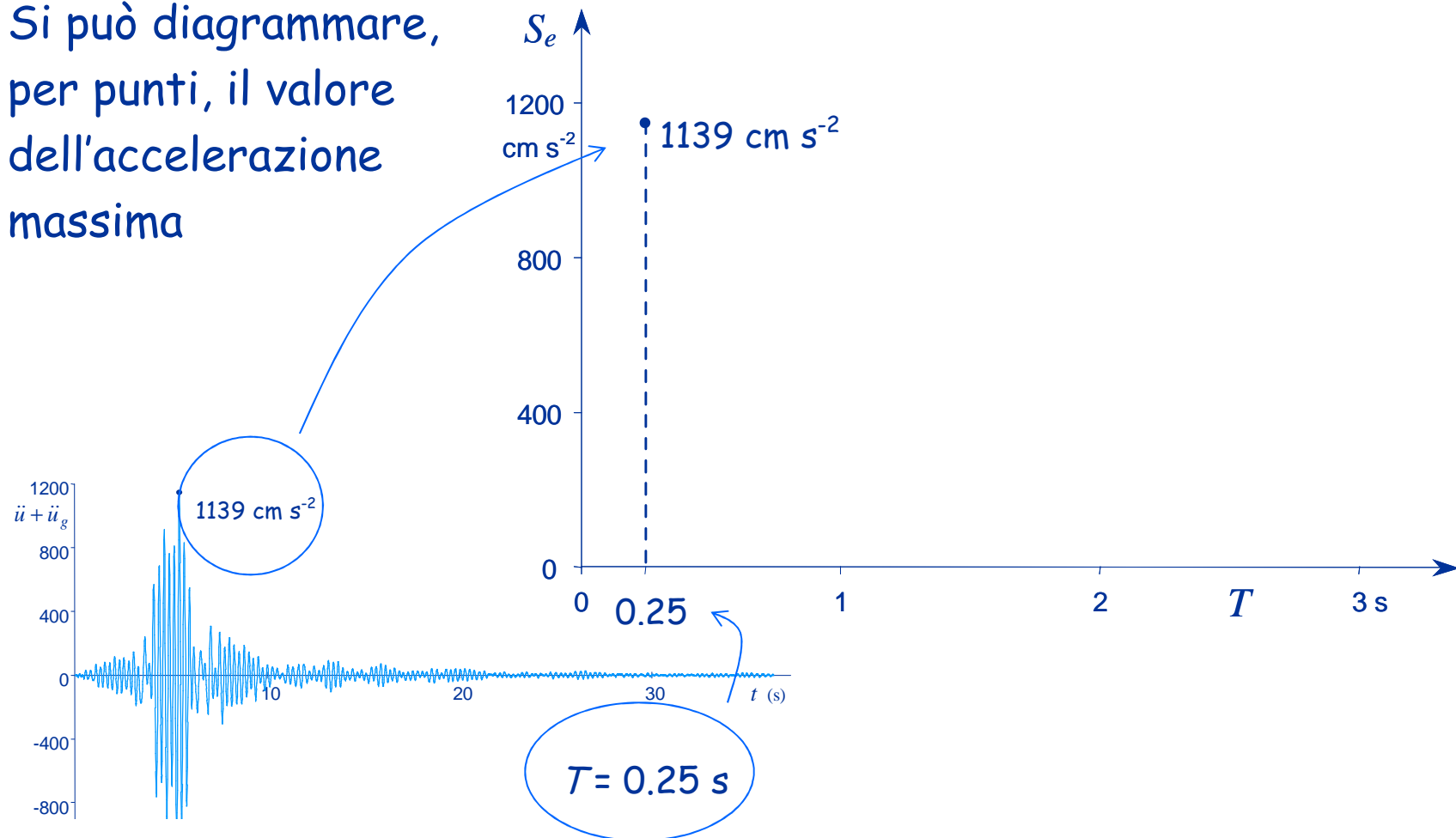


In genere ci interessa la risposta massima, non quello che succede istante per istante

# Oscillazioni forzate

(moto del terreno - accelerogramma)

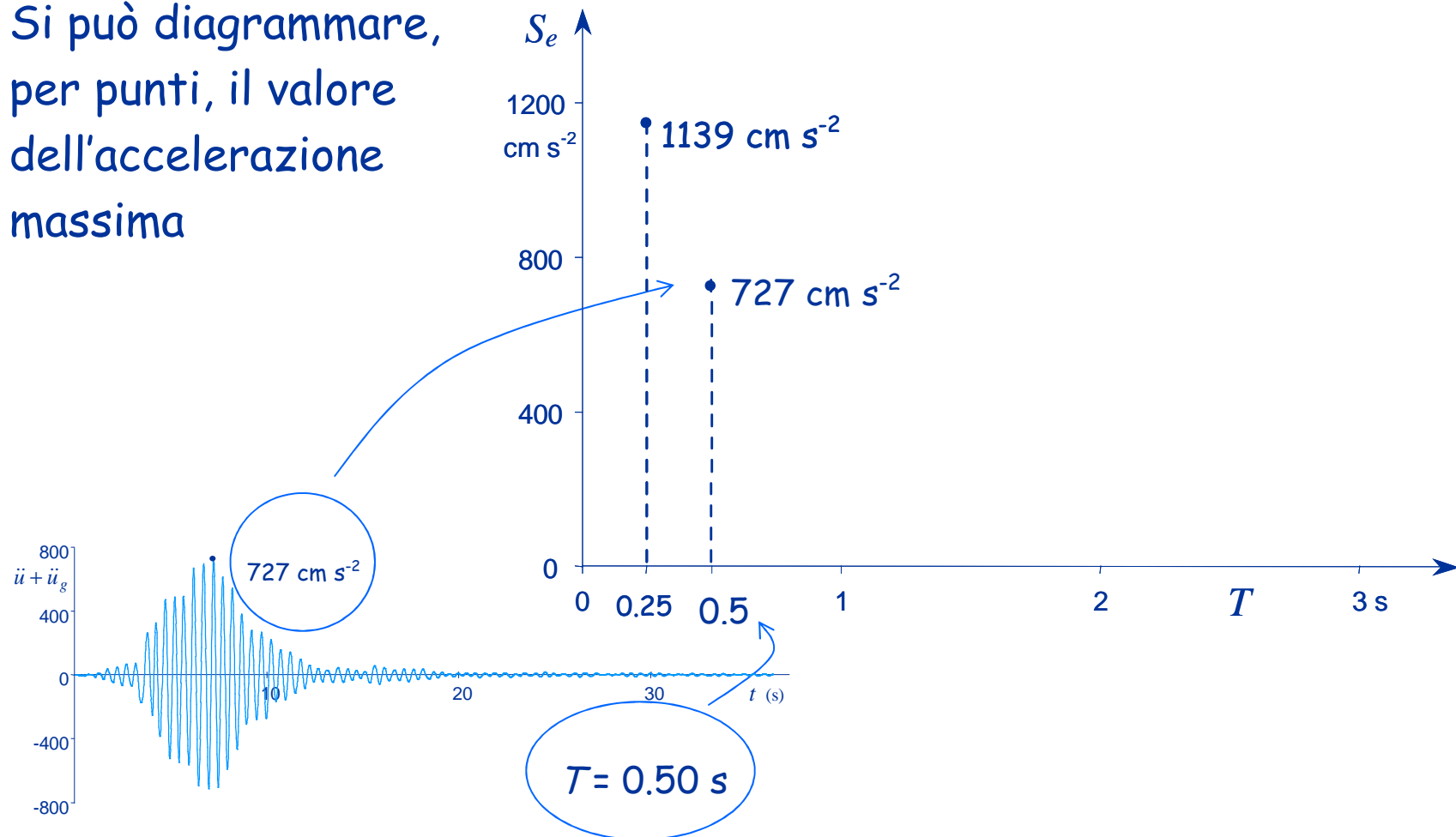
Si può diagrammare,  
per punti, il valore  
dell'accelerazione  
massima



# Oscillazioni forzate

(moto del terreno - accelerogramma)

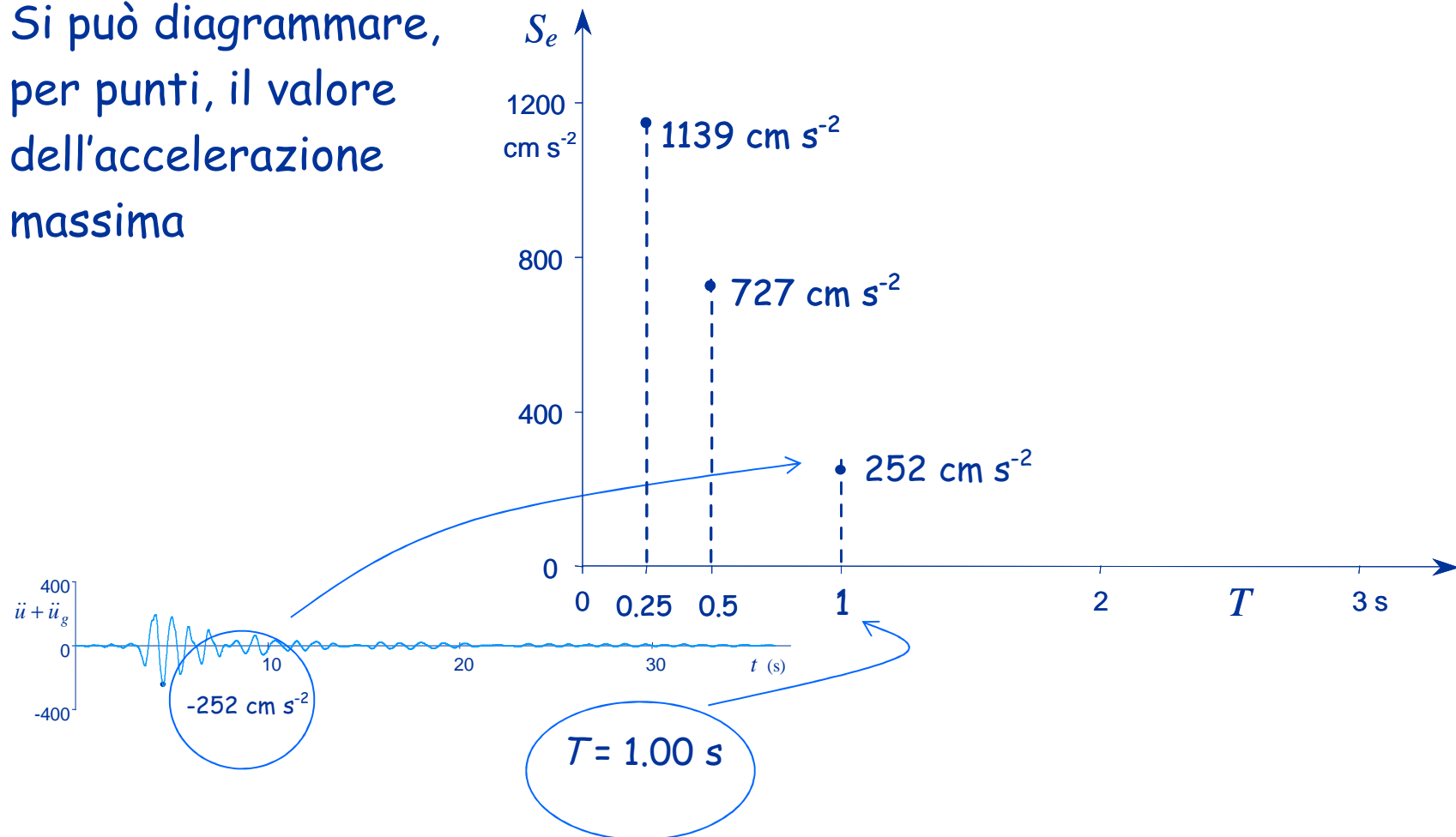
Si può diagrammare, per punti, il valore dell'accelerazione massima



# Oscillazioni forzate

(moto del terreno - accelerogramma)

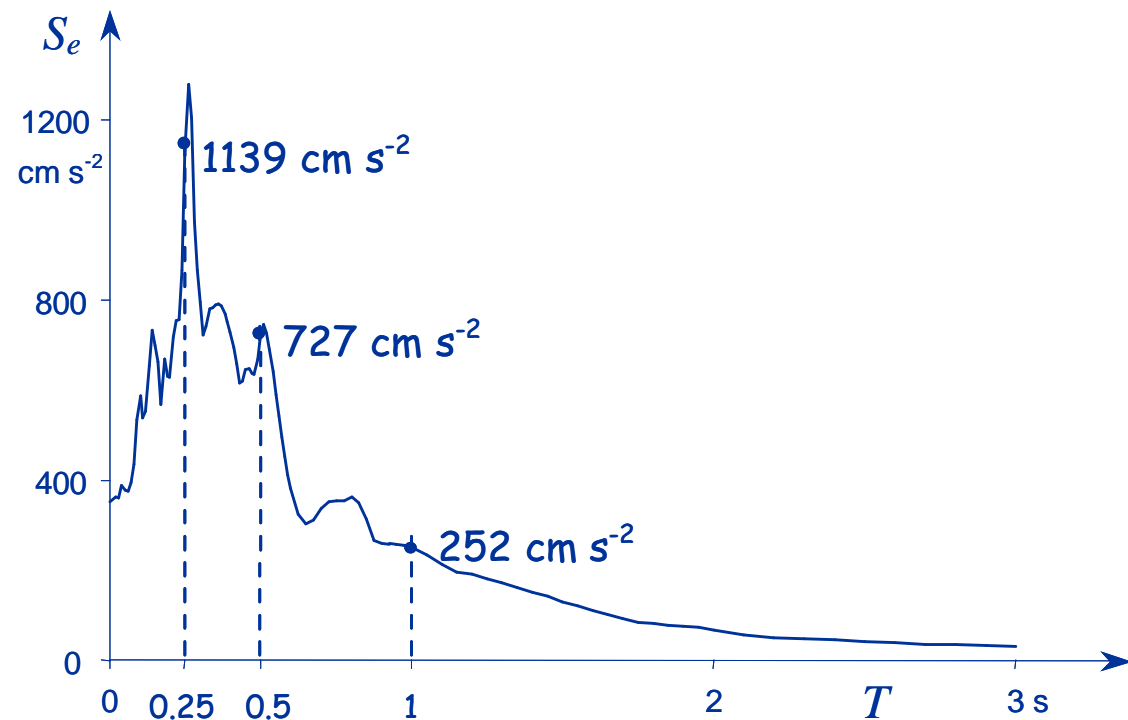
Si può diagrammare, per punti, il valore dell'accelerazione massima



# Oscillazioni forzate

## Spettro di risposta

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



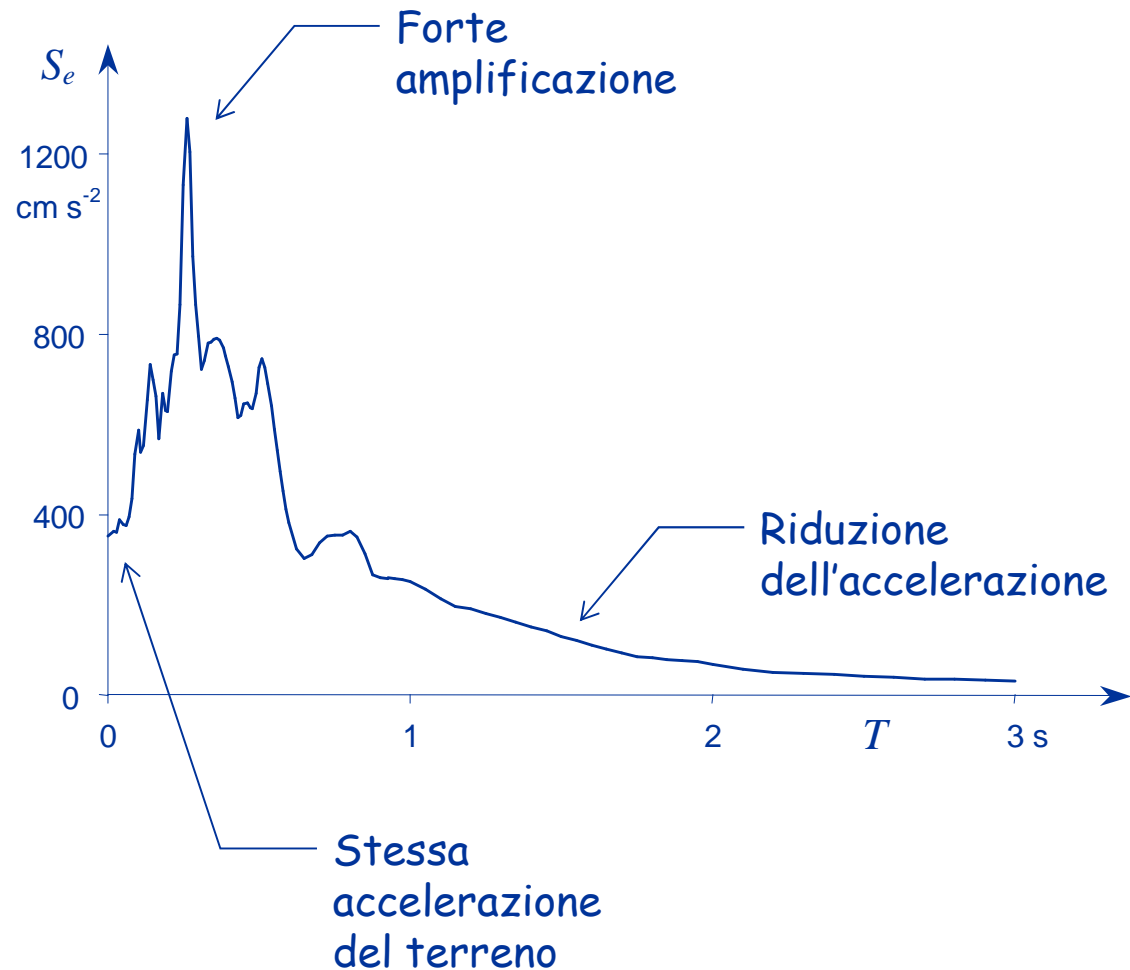
Il diagramma ottenuto unendo i vari punti viene detto "spettro di risposta" (in termini di accelerazione)



# Oscillazioni forzate

## Spettro di risposta (accelerazione)

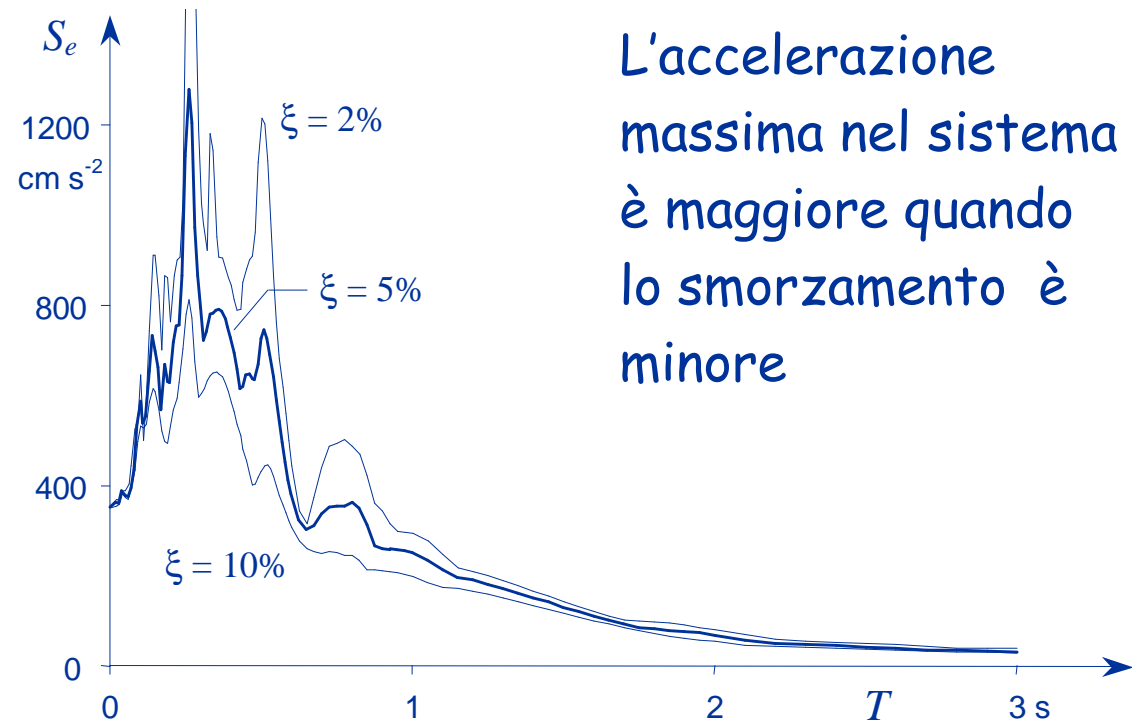
L'andamento  
dell'accelerazione  
massima in funzione  
del periodo proprio  
ha un andamento  
ben preciso



# Oscillazioni forzate

## Spettro di risposta (accelerazione)

Al variare dello smorzamento si ottengono diverse curve

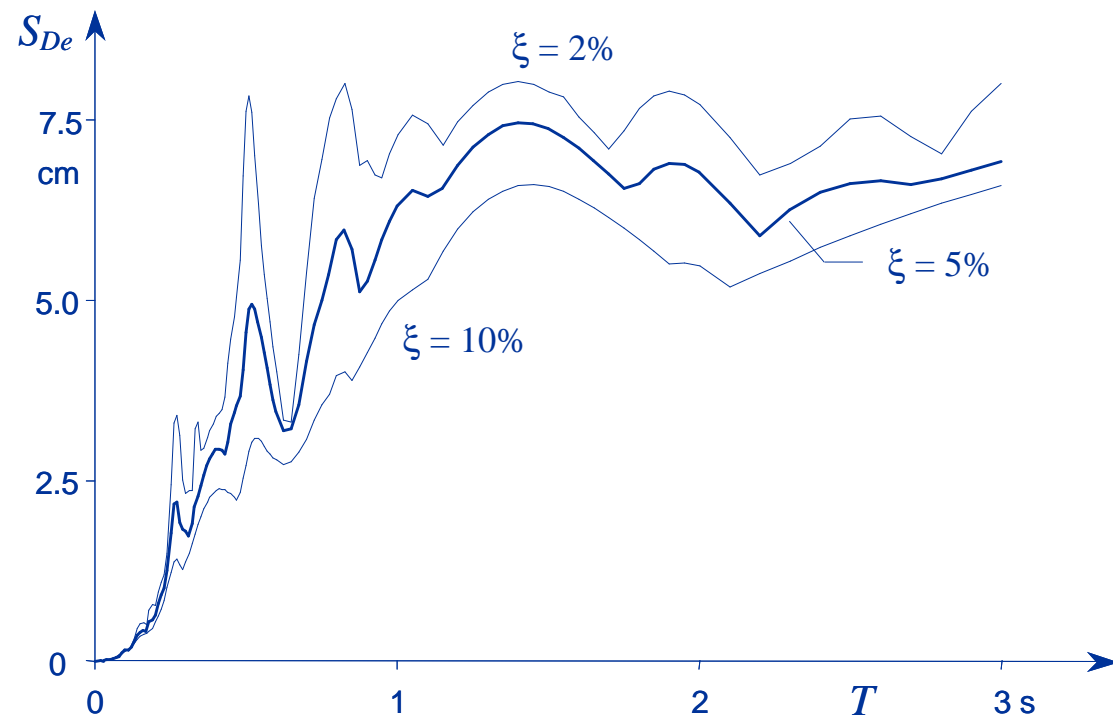


L'accelerazione massima nel sistema è maggiore quando lo smorzamento è minore

# Oscillazioni forzate

## Spettro di risposta (spostamento)

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



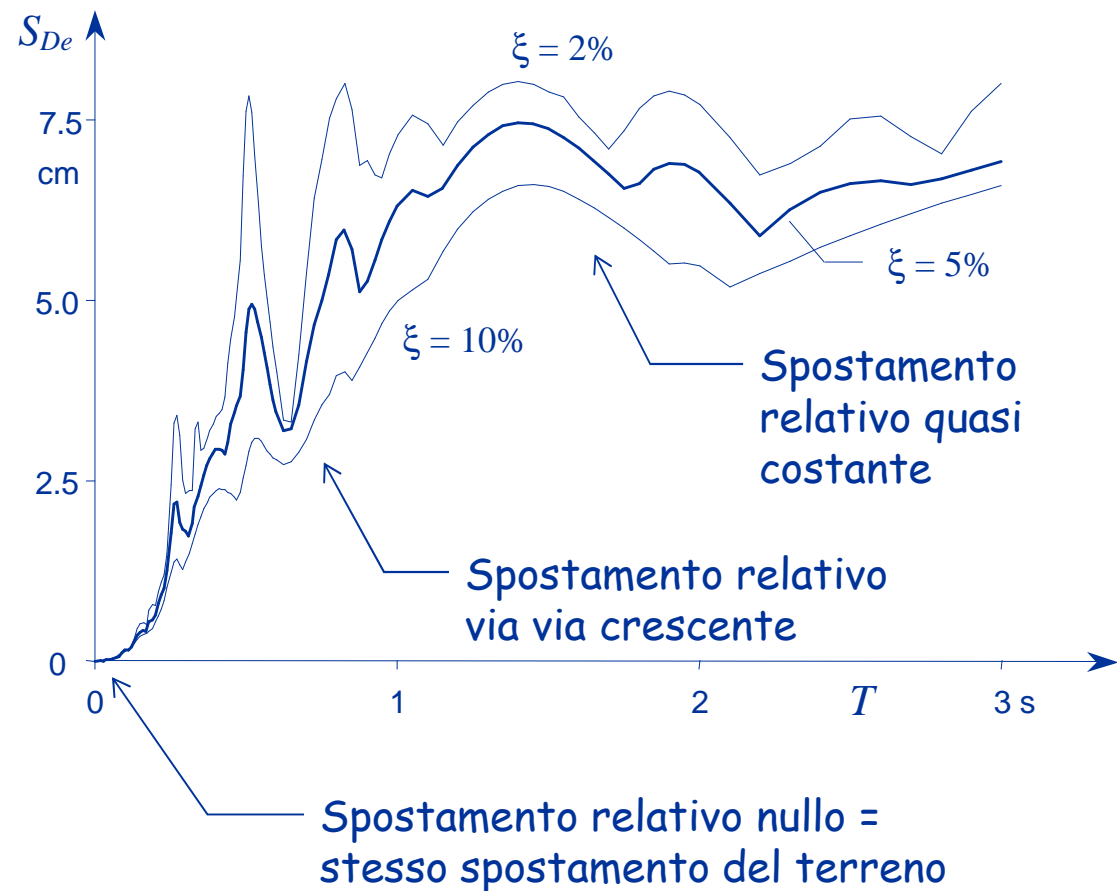
Il diagramma così ottenuto viene detto "spettro di risposta" (in termini di spostamento)

# 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



# Oscillazioni forzate

## Spettri di risposta (accelerazione-spostamento)

Nota:

- Se lo smorzamento fosse nullo, accelerazione massima e spostamento massimo si raggiungerebbero nello stesso istante
- Con i reali smorzamenti il valore massimo dell'accelerazione assoluta è vicino ma non identico al valore che si ha nell'istante in cui si ha lo spostamento massimo (questo è detto pseudo-accelerazione massima)

La differenza è comunque trascurabile

- I valori dello spettro in termini di spostamento e pseudo-accelerazione sono legati analiticamente dalla relazione

$$\left| \ddot{u} + \ddot{u}_g \right| = \left( \frac{2 \pi}{T} \right)^2 u$$

# Relazione tra i valori massimi di spostamento relativo e accelerazione assoluta

Equazione del moto:

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

Quando lo spostamento relativo  $u$   
è massimo la sua derivata è nulla

$$u = u_{\max} \quad \Rightarrow \quad \dot{u} = 0$$

Si ha allora:

$$m \ddot{u} + k u_{\max} = -m \ddot{u}_g$$

$$k u_{\max} = -m (\ddot{u} + \ddot{u}_g)$$

$$\left| \ddot{u} + \ddot{u}_g \right| = \frac{k}{m} u_{\max} = \left( \frac{2 \pi}{T} \right)^2 u_{\max}$$

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



# Relazione tra i valori massimi di spostamento relativo e accelerazione assoluta

La quantità  $\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 u$   
viene detta pseudoaccelerazione

Essa coincide con l'accelerazione  
assoluta quando lo smorzamento  
è nullo

L'accelerazione assoluta massima e la pseudoaccelerazione massima  
a rigore sono diverse, ma in sostanza sono praticamente coincidenti

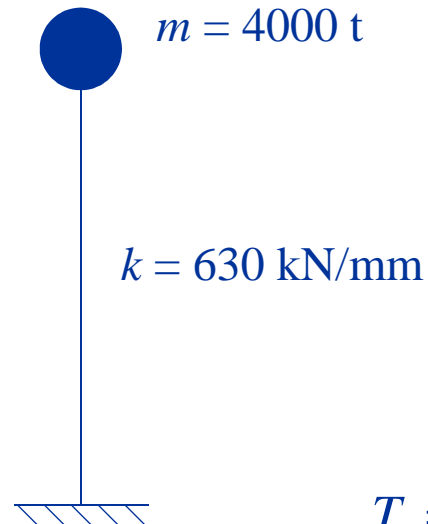
La relazione  $|\ddot{u} + \ddot{u}_g| = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 u$

consente di passare dai valori massimi dello spostamento a quelli  
massimi dell'accelerazione assoluta, e viceversa

# A cosa servono gli spettri?



Foto



Modello  
di calcolo

Conoscendo  
massa e rigidezza  
possiamo  
determinare il  
periodo proprio

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

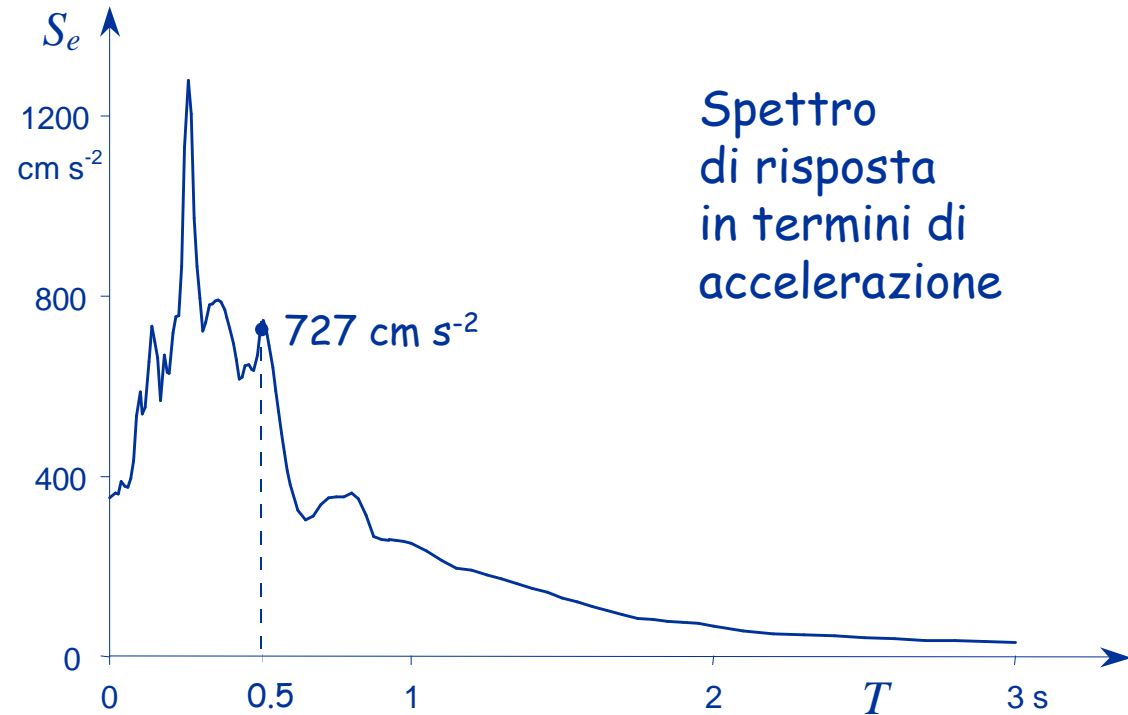
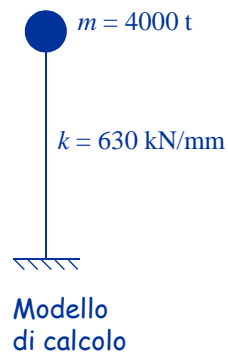


# A cosa servono gli spettri?



Foto

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

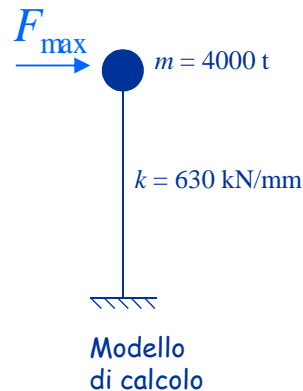


Noto il periodo proprio, possiamo leggere dallo spettro l'accelerazione assoluta massima  $a_{\max} = 7.27 \text{ m s}^{-2} = 0.74 \text{ g}$

# A cosa servono gli spettri?



Foto



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

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

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

e quindi le massime  
sollecitazioni nella struttura,  
i massimi spostamenti, ecc.

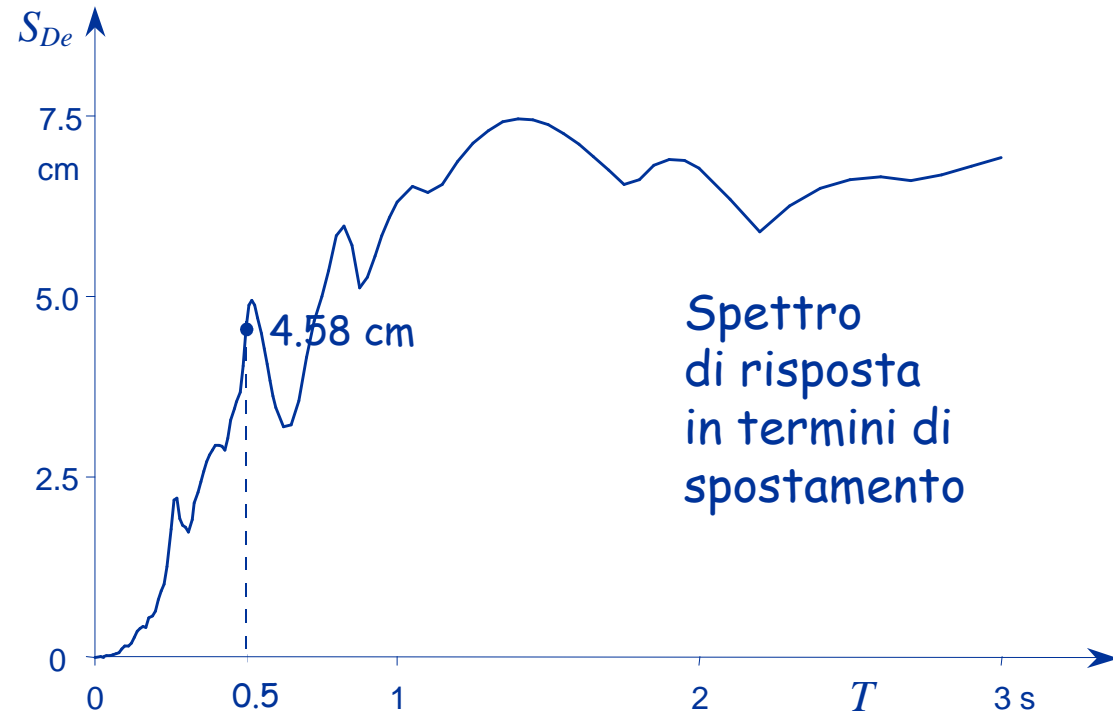
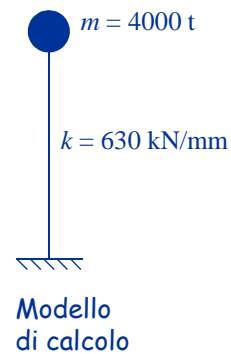
Idea base del calcolo sismico:  
valutare il comportamento dinamico applicando forze statiche

# A cosa servono gli spettri?



Foto

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

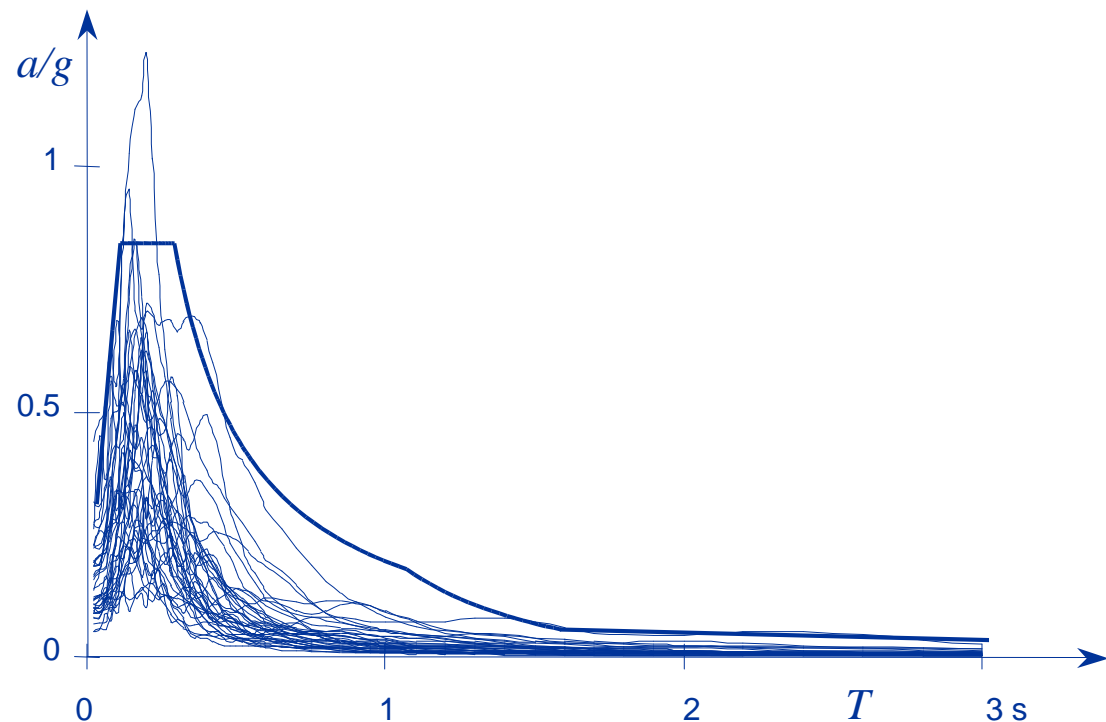


Lo spostamento relativo massimo può essere calcolato risolvendo lo schema strutturale con le forze orizzontali applicate oppure dallo spettro di risposta in termini di spostamento

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

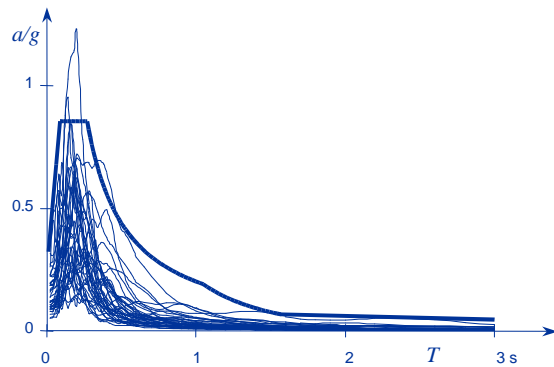
# Spettri di risposta

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

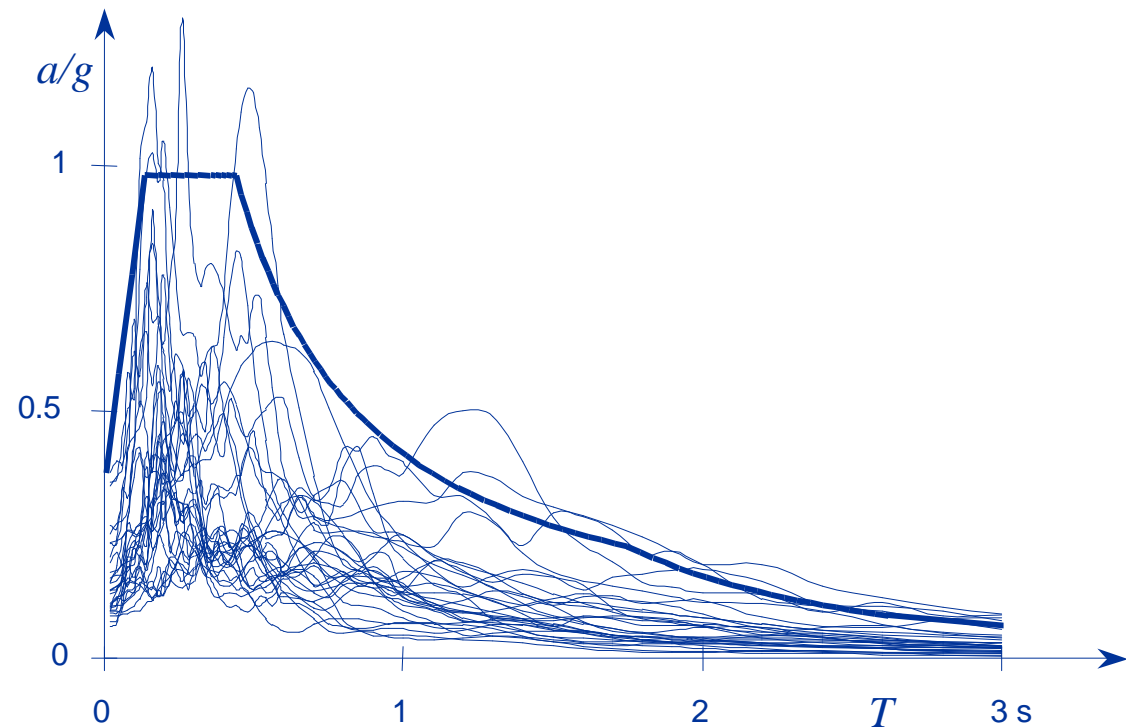


Si può quindi definire una curva che inviluppa tutti gli spettri di risposta, o che viene superata solo occasionalmente

# Spettri di risposta

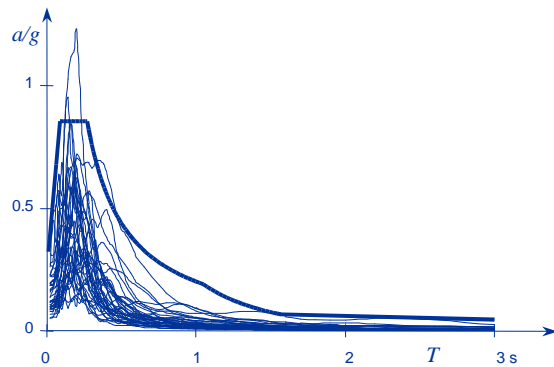


In zone differenti  
e su terreni  
differenti  
si otterranno  
risultati diversi

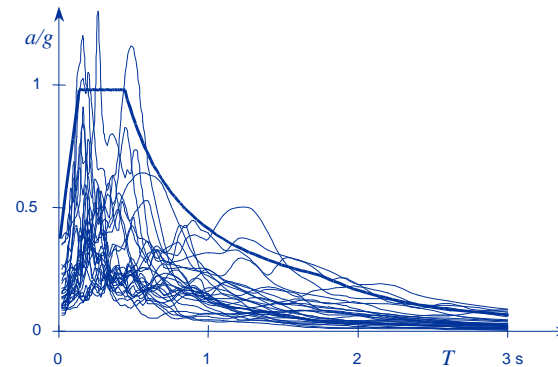


Si può quindi definire una curva che inviluppa tutti gli spettri di risposta, o che viene superata solo occasionalmente

# Spettri di risposta



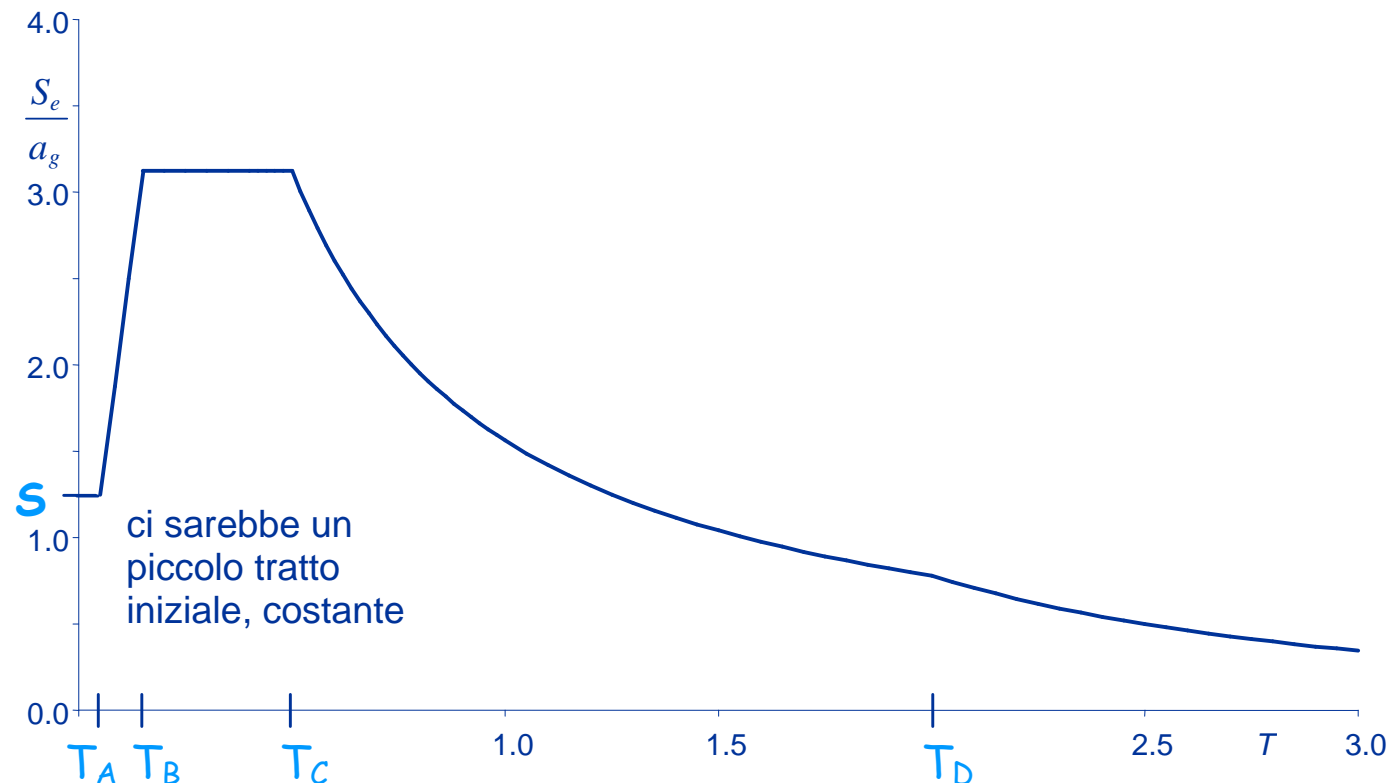
In zone differenti  
e su terreni  
differenti  
si otterranno  
risultati diversi



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

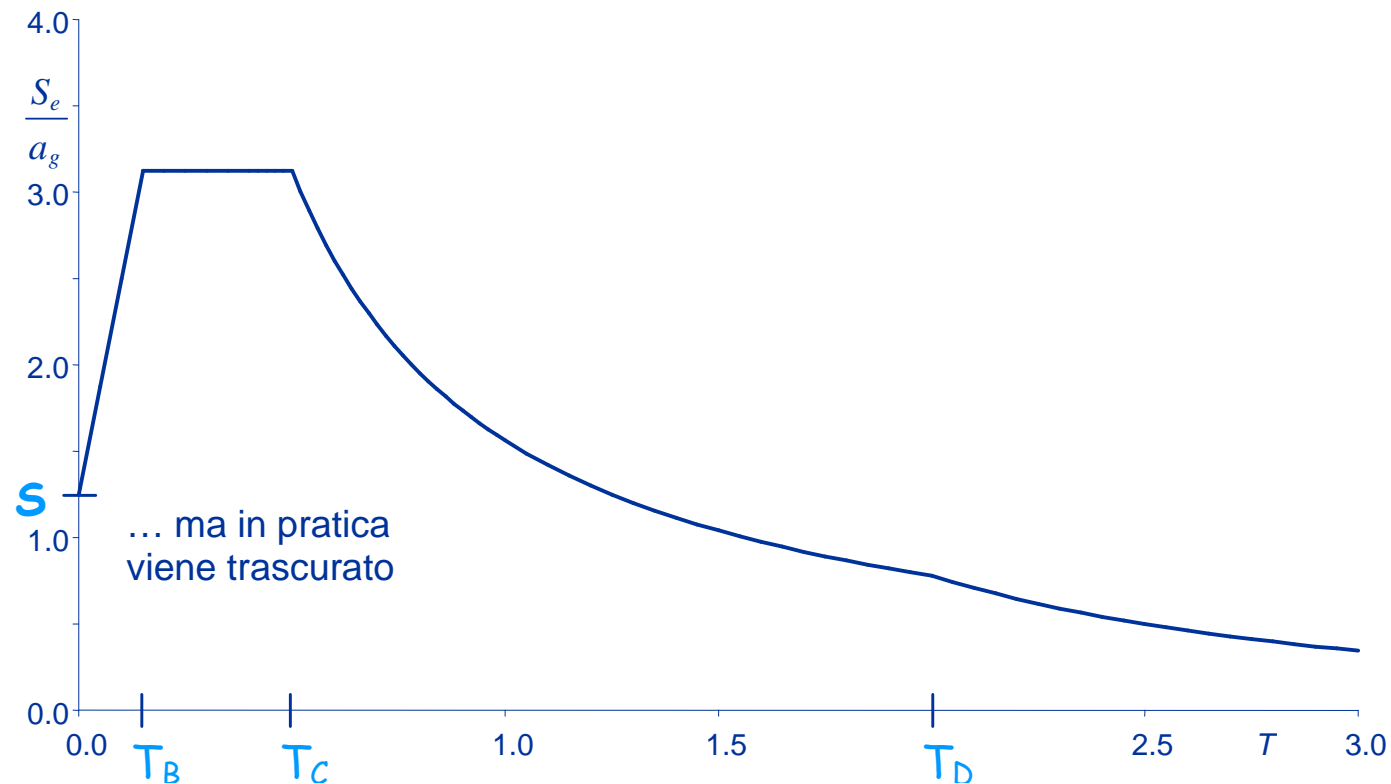
# Spettri di risposta elastica NTC 08 (D.M. 14/1/2008)

# Forma generale degli spettri di risposta elastica

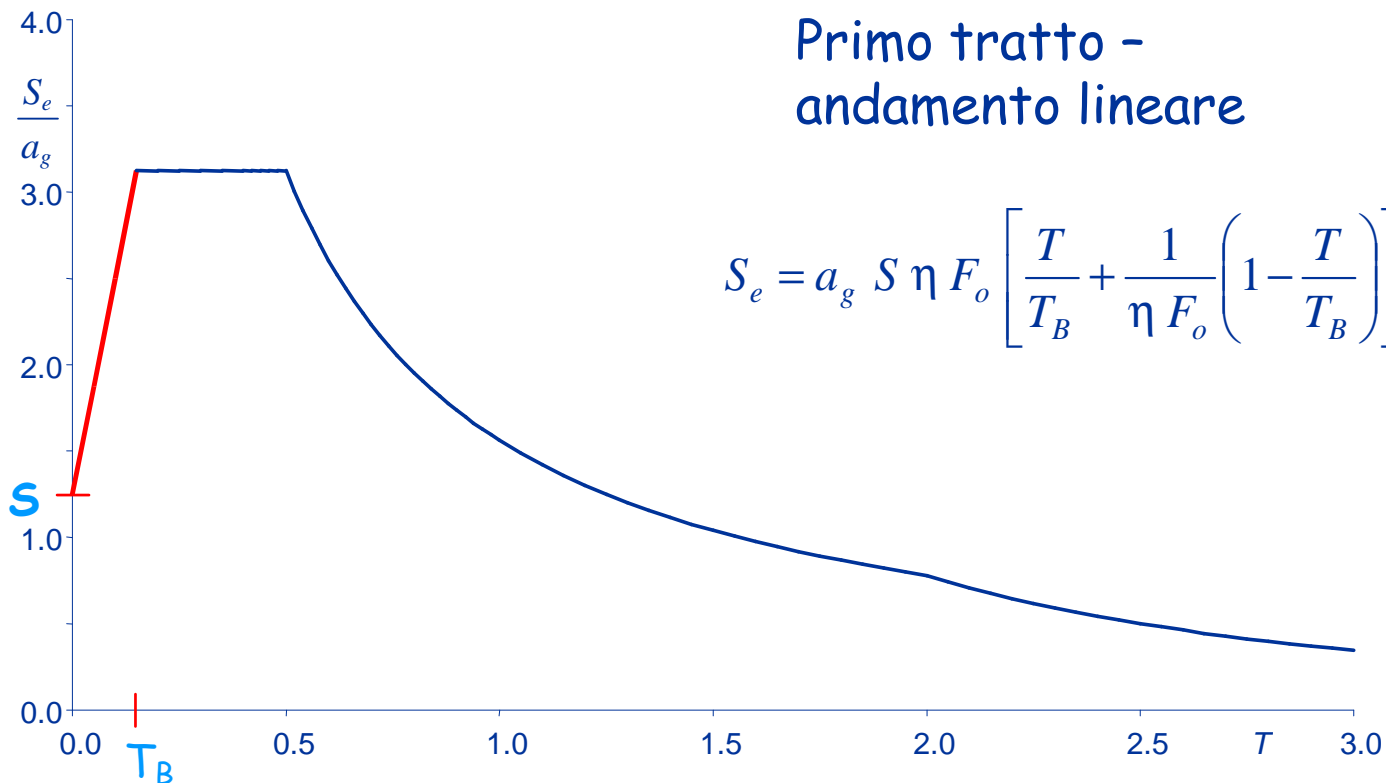




# Forma generale degli spettri di risposta elastica



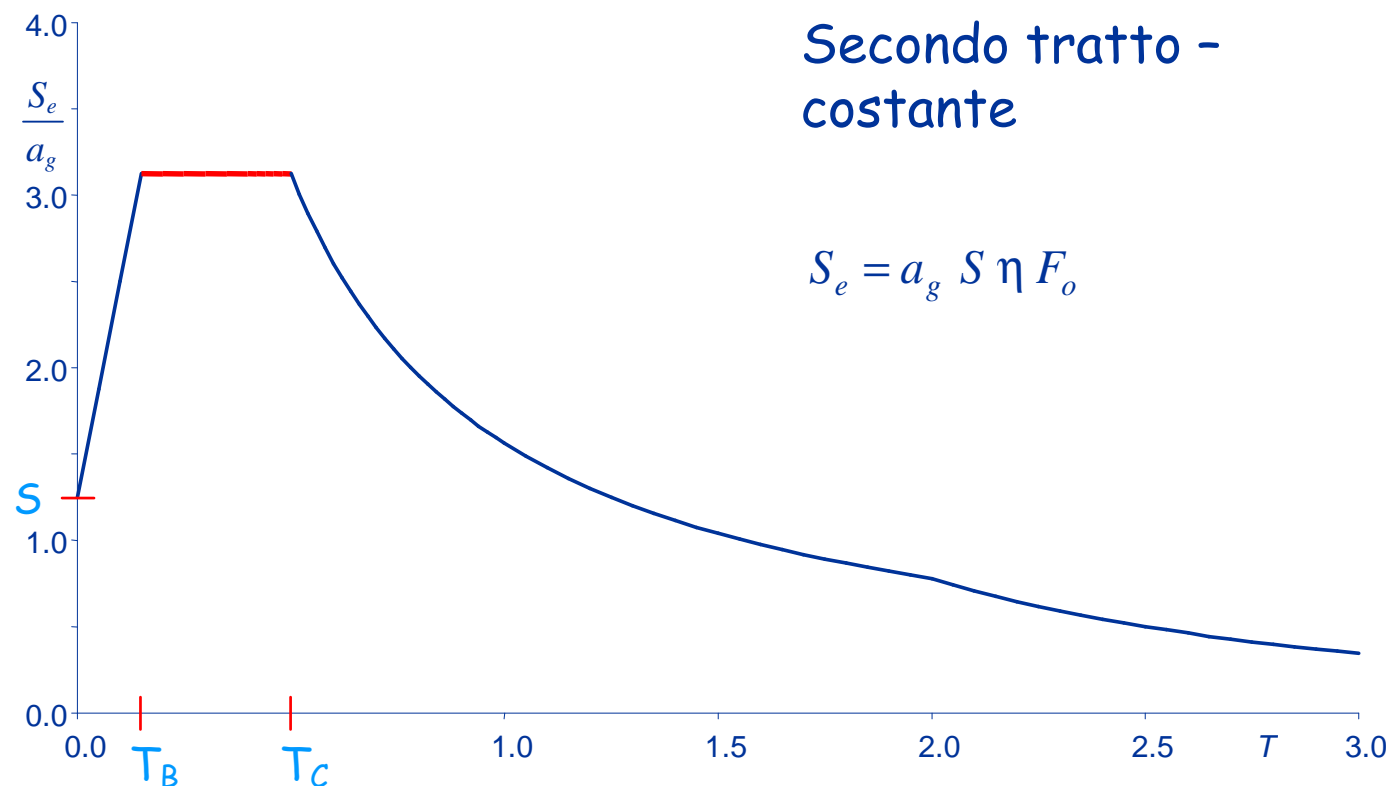
# Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali



Amplificazione, legata  
al tipo di terreno

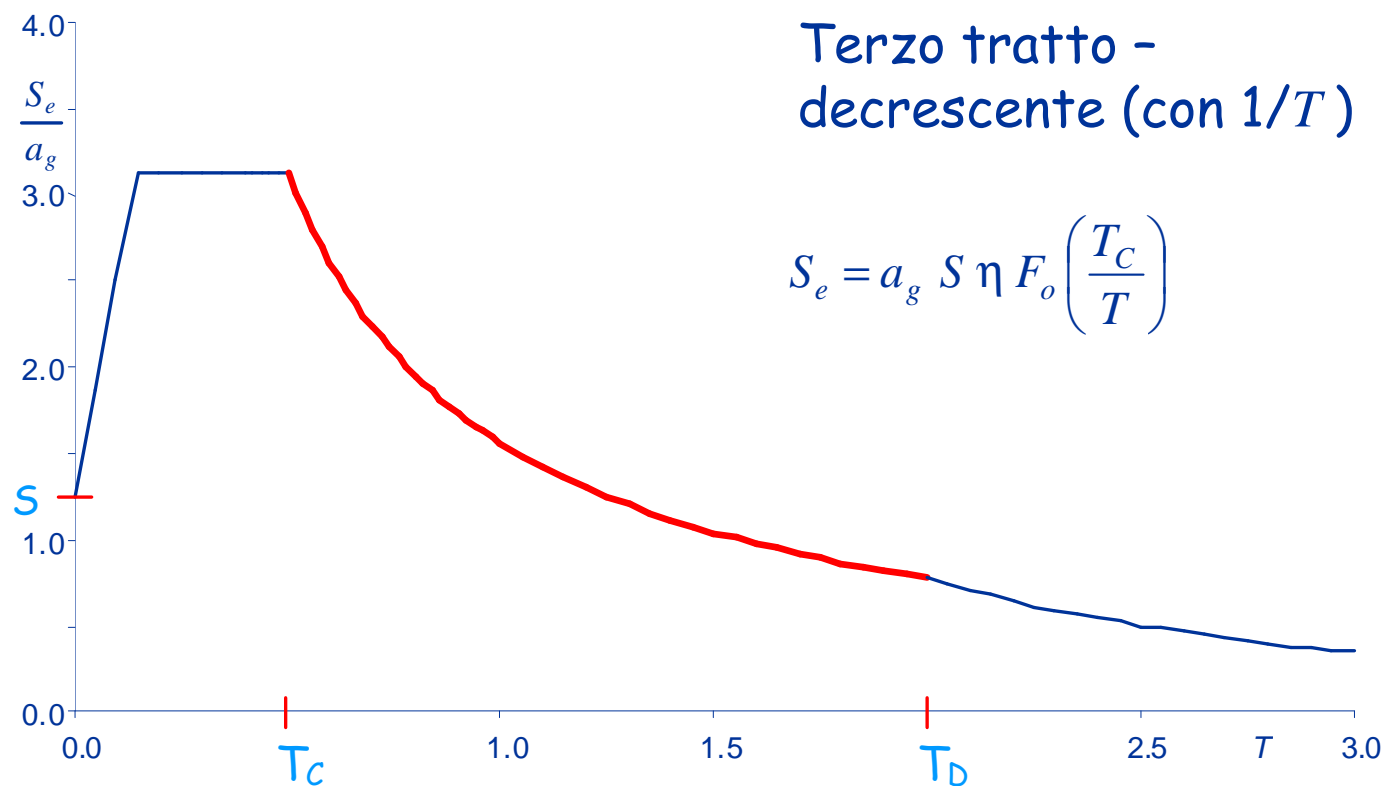
$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

# 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

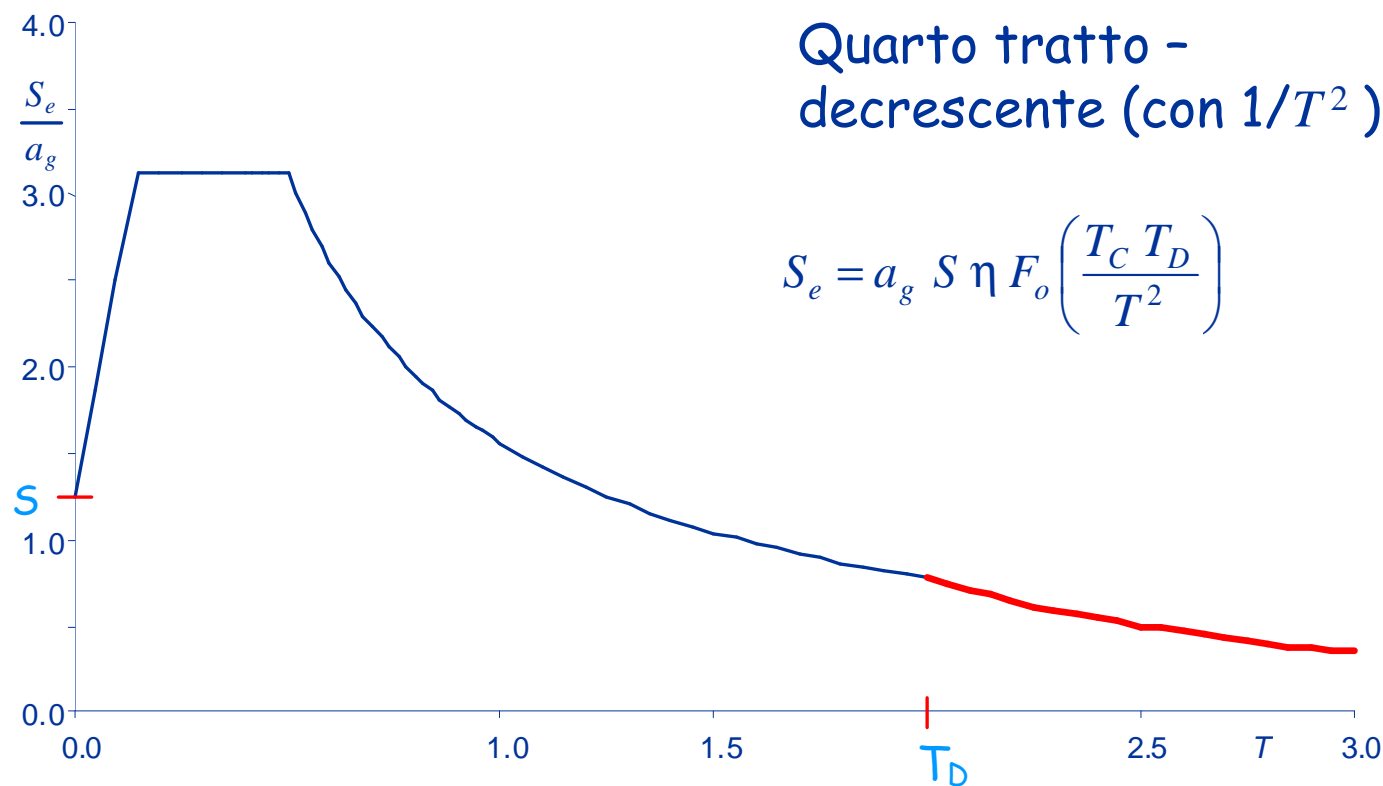


Terzo tratto -  
decrescente (con  $1/T$ )

$$S_e = a_g S \eta F_o \left( \frac{T_c}{T} \right)$$

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

# 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

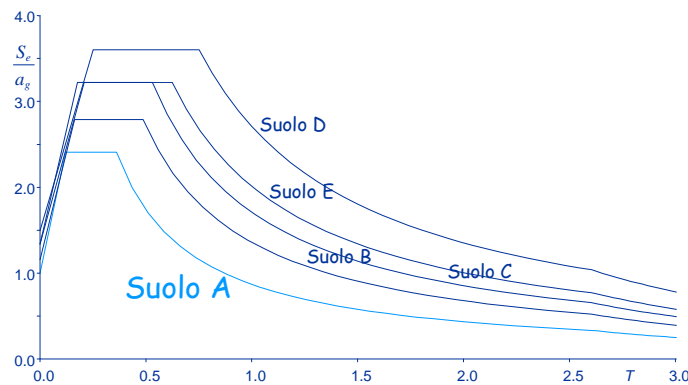
- $a_g$  accelerazione del terreno (su roccia)
- $S$  amplificazione dovuta al tipo di terreno
- $T_B$   $T_C$   $T_D$  periodi che separano i diversi tratti
- $\xi$  smorzamento della struttura

$S$   $T_B$   $T_C$   $T_D$  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

$V_{S30} > 800$  m/s

$S = 1$        $T_B = 0.15$  s       $T_C = 0.4$  s       $T_D = 2.5$  s

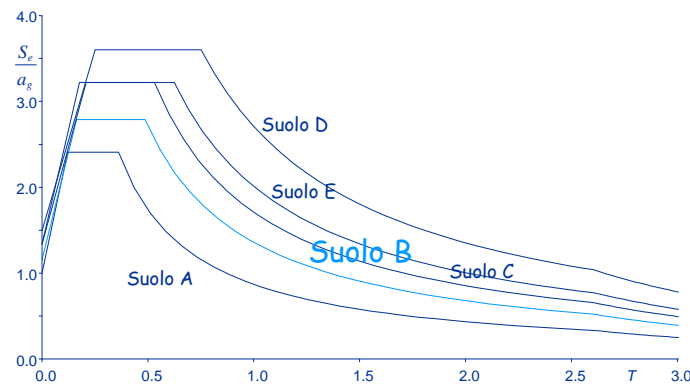
Valori orientativi per terremoti  
con alto periodo di ritorno

$V_{S30}$

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

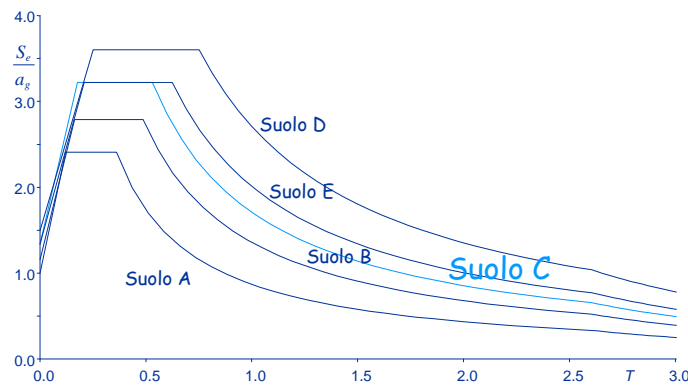
$$360 \text{ m/s} < V_{S30} < 800 \text{ m/s}$$

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

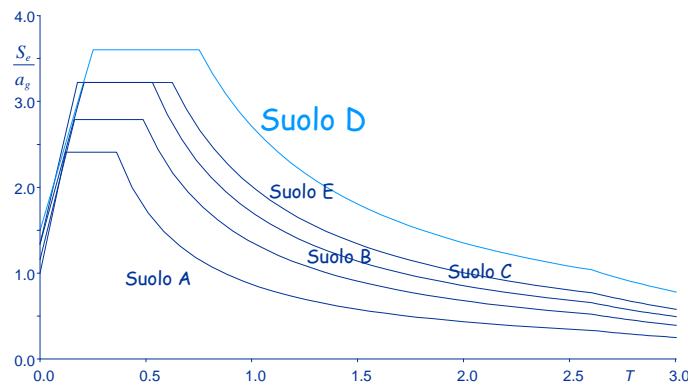
Depositi di sabbie e ghiaie  
mediamente addensate o  
argille di media consistenza

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

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

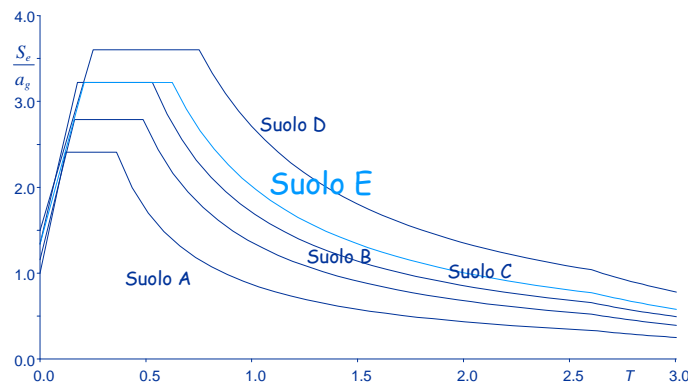
Depositi di terreni granulari da  
sciolti a poco addensati oppure  
coesivi da poco a  
mediamente consistenti

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

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

$$N_{\text{SPT}} = 26$$

6.1 m - argille grigio-brune

$$N_{\text{SPT}} = 47$$

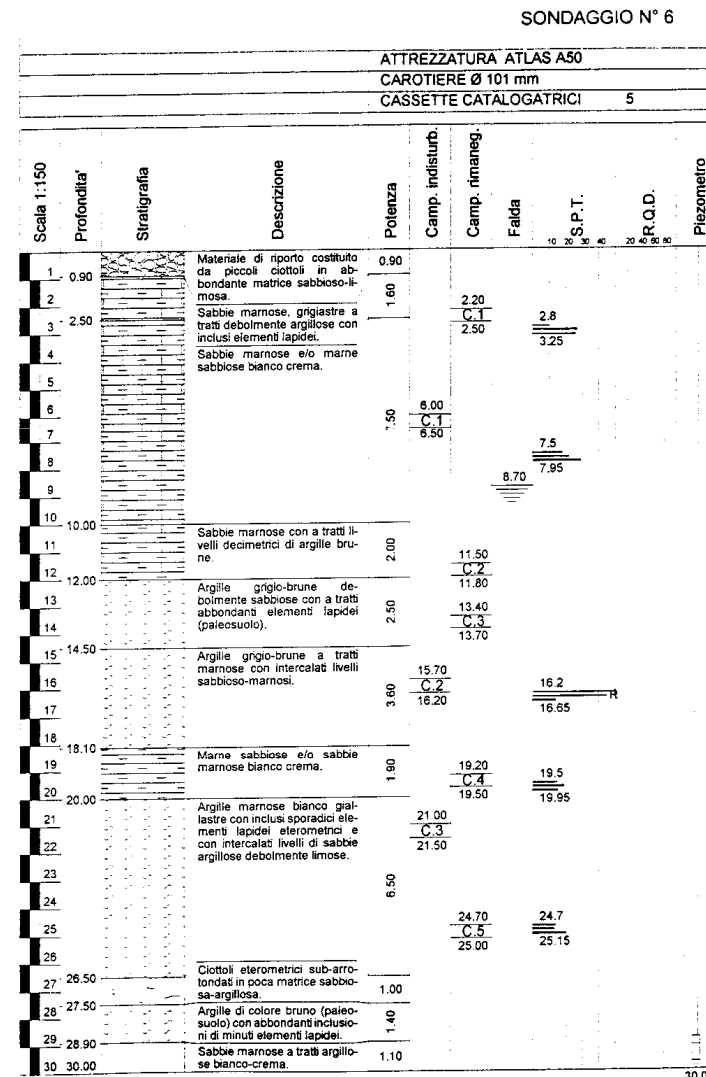
## 1.9 m - marne sabbiose

$$N_{SPT} = 16$$

6.5 m - argille marnose

$$N_{SPT} = 18$$

3.5 m - ciottoli, argille brune

$$N_{SPT} = 40$$


# 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

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

## EdiLus-MS

Mappe Sismiche

Available on the App Store

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.

Viale A. Doria 6, Catania Cerca

Latitudine: 37.52587305 Longitudine: 15.07482737

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	0.064	2.553	0.241
Danno	50	0.079	2.549	0.263
Salvaguardia Vita	475	0.205	2.471	0.355
Prevenzione Collasso	975	0.280	2.447	0.438

ACCA SOFTWARE

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

Termini e Condizioni di utilizzo di EdilLus-MS



# Determinazione dei dati sismici

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.

Viale A. Doria 6, Catania Cerca

Latitudine: 37.52587305 Longitudine: 15.07482737

Classe dell'edificio: II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti... 50

Vita Nominale Struttura: 50

Periodo di Riferimento per l'azione sismica: 50

Periodo di riferimento  $V_R$

indirizzo

classe

vita nominale

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	0.064	2.553	0.241
Danno	50	0.079	2.549	0.263
Salvaguardia Vita	475	0.205	2.471	0.355
Prevenzione Collasso	975	0.280	2.447	0.438

Termini e Condizioni di utilizzo di EdilLus-MS

37.52451589, 15.07444382

# 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: Catania, cittadella universitaria

Per  $T_r=475$  anni       $a_g=0.205\ g$        $F_o=2.471$        $T_C^*= 0.355\ s$   
 Per  $T_r=50$  anni       $a_g=0.079\ g$        $F_o=2.549$        $T_C^*= 0.263\ s$

Valori che definiscono lo spettro di risposta elastico  
 Accelerazioni orizzontali, terremoto con  $T_r=475$  anni (SLV)

Categoria suolo	PGA su roccia $a_g$	$S$	$S a_g$	$F_o$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	0.205 g	1.000	0.205 g	2.471	0.118 s	0.355 s	2.420 s
B		1.197	0.245 g		0.160 s	0.480 s	2.420 s
C		1.396	0.286 g		0.175 s	0.525 s	2.420 s
D		1.640	0.336 g		0.248 s	0.745 s	2.420 s
E		1.443	0.296 g		0.206 s	0.618 s	2.420 s

# Spettri di risposta NTC 08

## Esempio: Catania, cittadella universitaria

Per  $T_r=475$  anni       $a_g=0.205 g$        $F_o=2.471$        $T_C^*= 0.355 s$   
 Per  $T_r=50$  anni       $a_g=0.079 g$        $F_o=2.549$        $T_C^*= 0.263 s$

Valori che definiscono lo spettro di risposta elastico  
 Accelerazioni orizzontali, terremoto con  $T_r=50$  anni (SLD)

Categoria suolo	PGA su roccia $a_g$	$S$	$S a_g$	$F_o$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	0.079 g	1.000	0.079 g	2.549	0.088 s	0.263 s	1.916 s
B		1.200	0.095 g		0.126 s	0.378 s	1.916 s
C		1.500	0.119 g		0.143 s	0.429 s	1.916 s
D		1.800	0.142 g		0.214 s	0.641 s	1.916 s
E		1.600	0.126 g		0.172 s	0.516 s	1.916 s

# 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

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

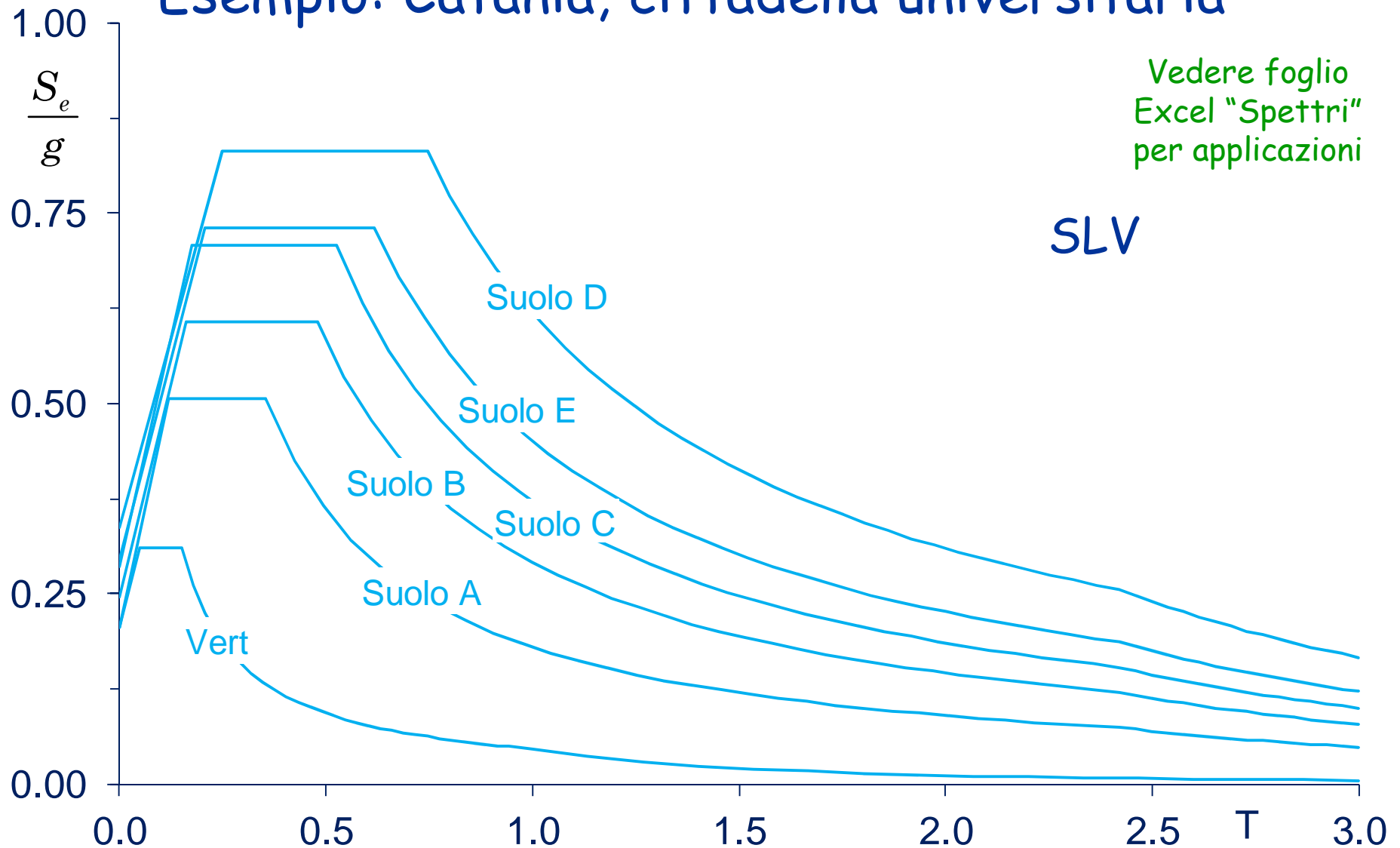


# Spettri di risposta NTC 08

## Esempio: Catania, cittadella universitaria

Vedere foglio  
Excel "Spettri"  
per applicazioni

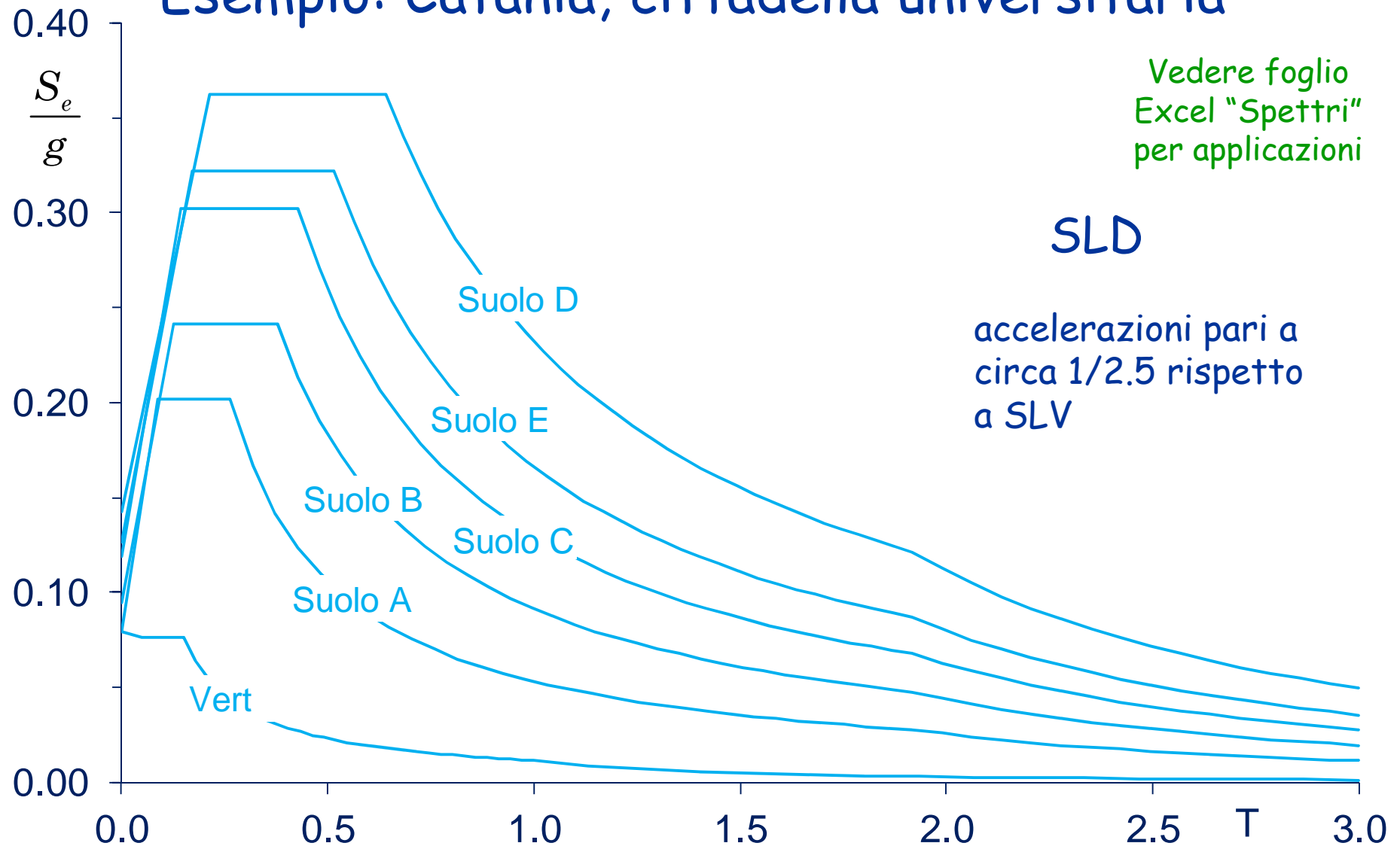
SLV



# Spettri di risposta NTC 08

## Esempio: Catania, cittadella universitaria

Vedere foglio  
Excel "Spettri"  
per applicazioni



# Normativa europea considerazioni

I valori di  $S$ ,  $F_o$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  sono definiti indipendentemente dal sito. Per terremoti con magnitudo superiore a 5.5 si utilizza uno spettro Tipo 1, con parametri sotto indicati

Valori che definiscono lo spettro di risposta elastico (Catania)  
Accelerazioni orizzontali, terremoto con  $T_r=475$  anni (SLV)

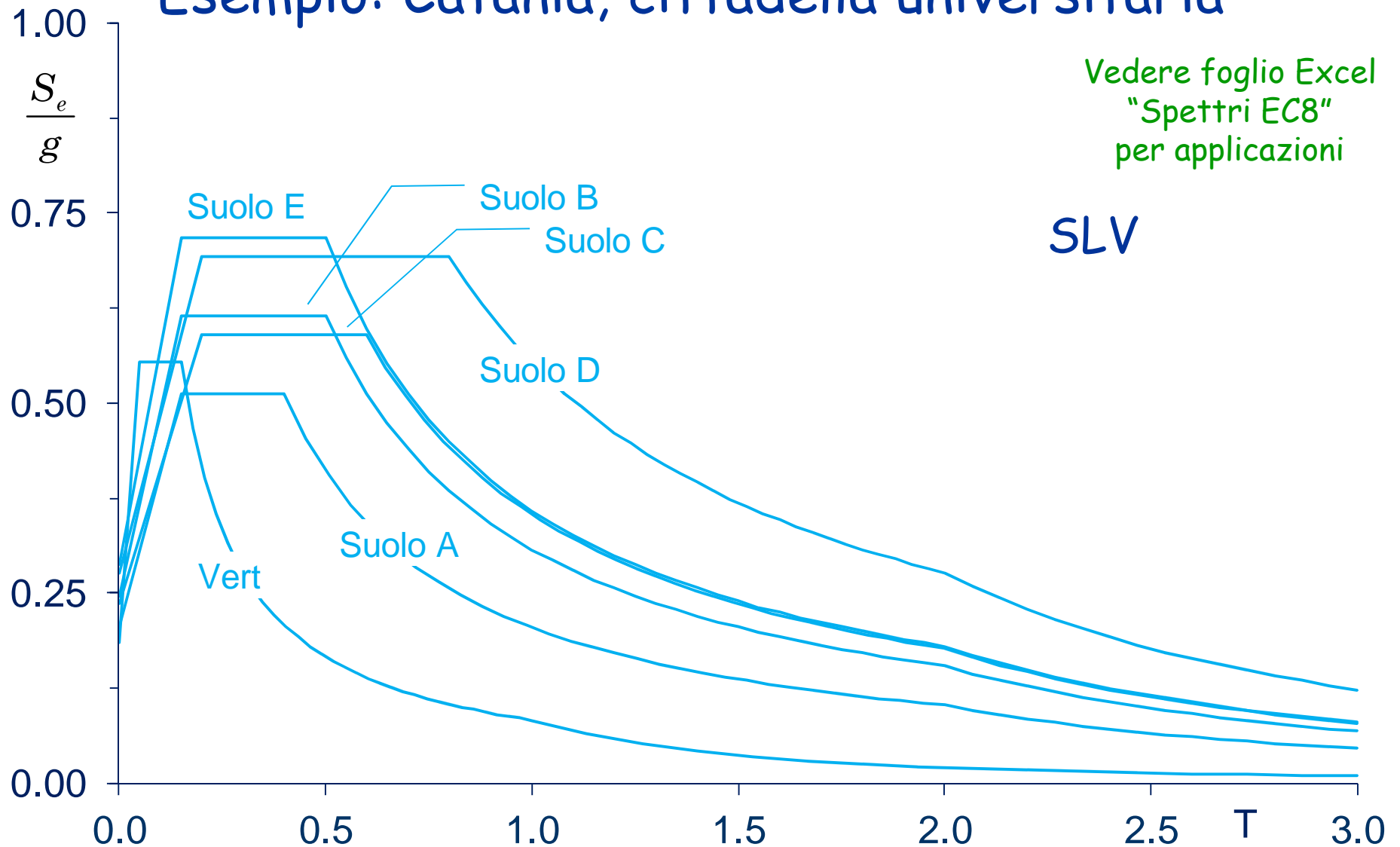
Categoria suolo	PGA su roccia $a_g$	$S$	$S a_g$	$F_o$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	0.205 g	1.00	0.205 g	2.5	0.15 s	0.40 s	2.00 s
B		1.20	0.246 g		0.15 s	0.50 s	2.00 s
C		1.15	0.236 g		0.20 s	0.60 s	2.00 s
D		1.35	0.277 g		0.20 s	0.80 s	2.00 s
E		1.40	0.287 g		0.15 s	0.50 s	2.00 s

# Spettri di risposta EC8

## Esempio: Catania, cittadella universitaria

Vedere foglio Excel  
"Spettri EC8"  
per applicazioni

SLV



# Normativa europea considerazioni

