

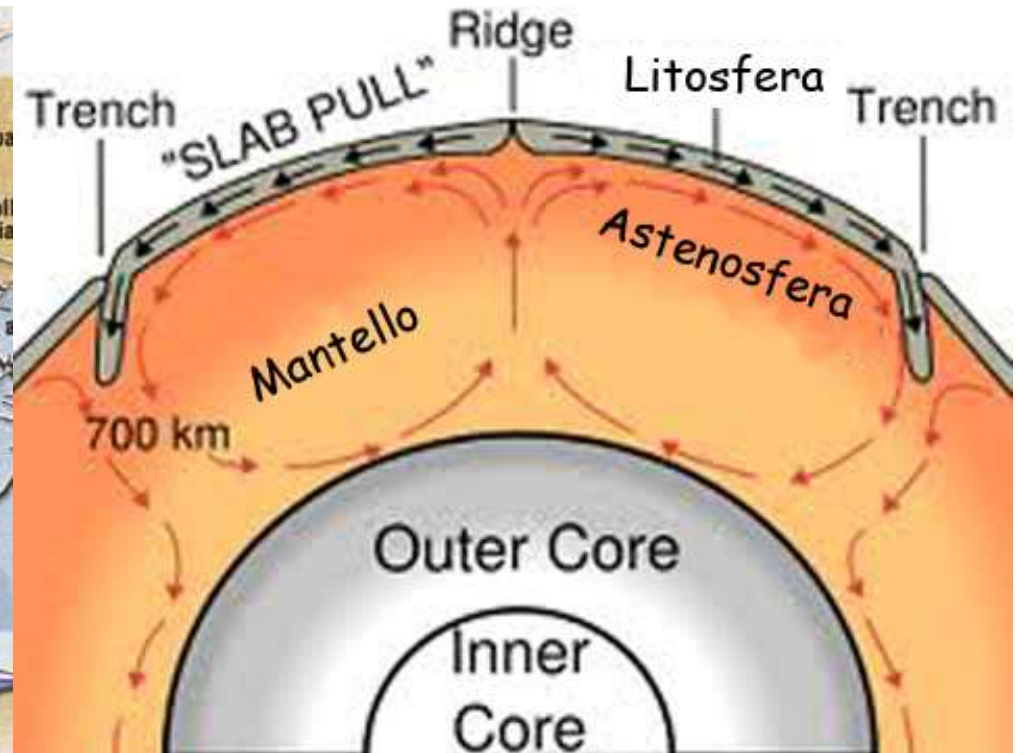
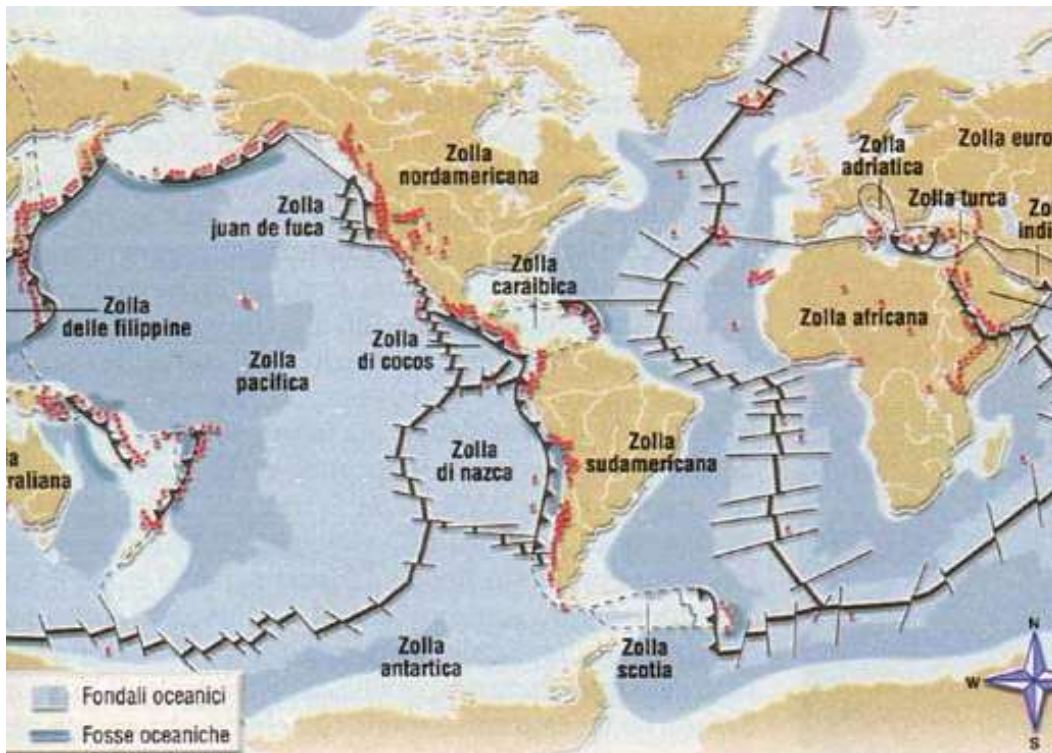
Corso di Laurea in Ingegneria Edile-Architettura

Progetto di costruzioni in zona sismica  
A.A. 2024/2025

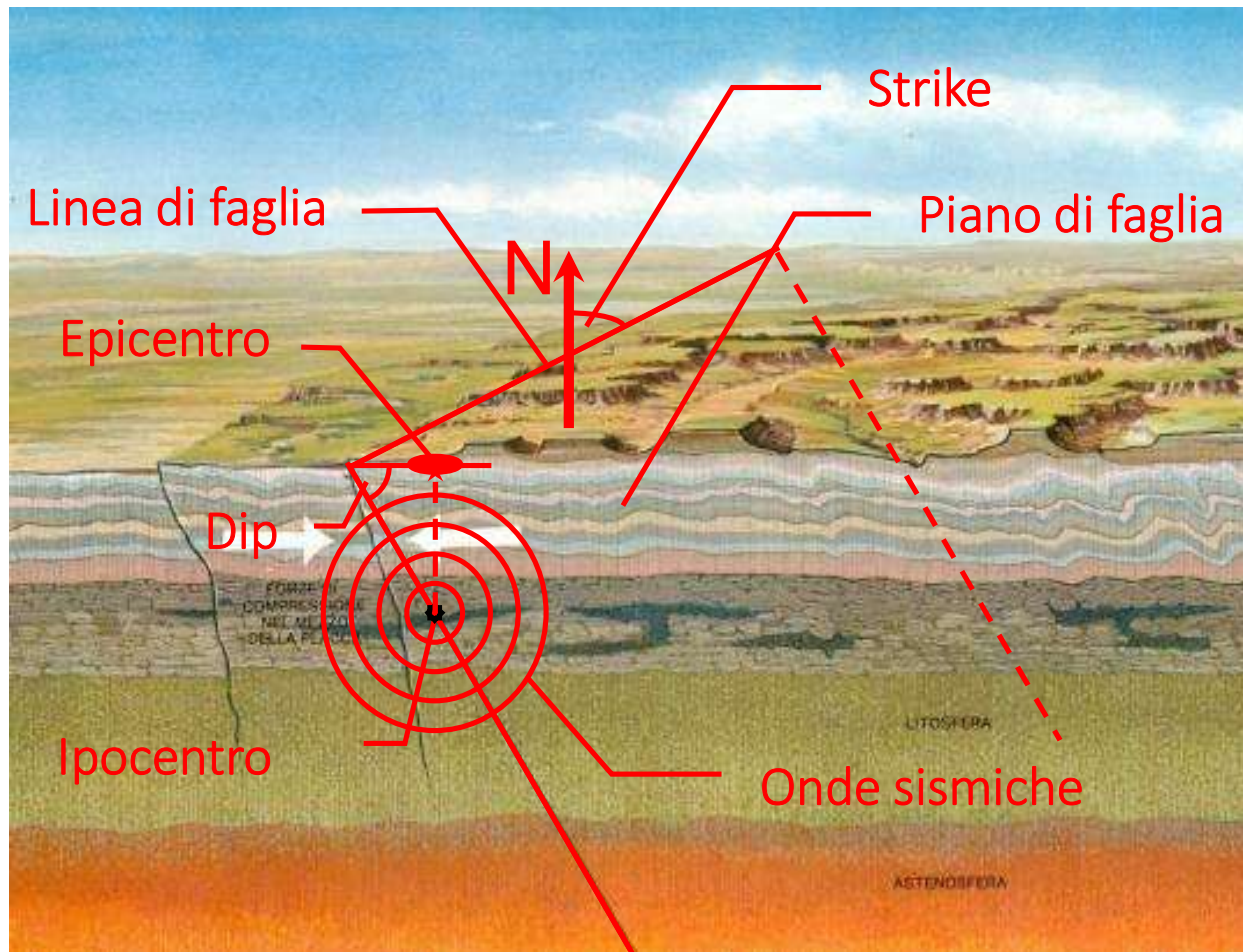
01 – I TERREMOTI

Edoardo M. Marino, Università degli Studi di Catania

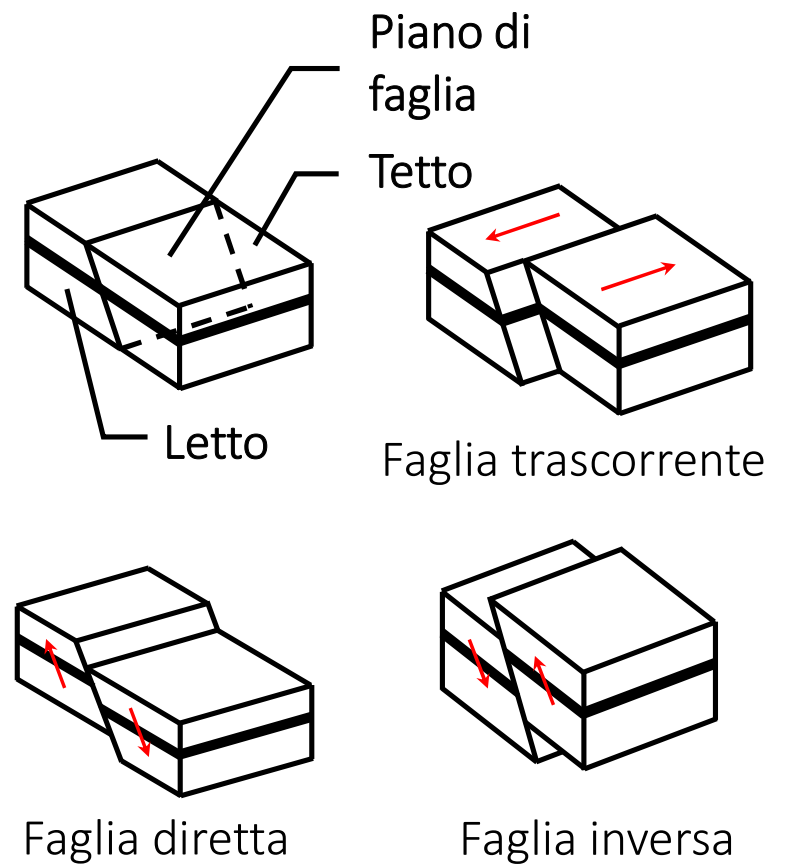
# Moti convettivi nel mantello e movimento delle zolle



# Le faglie



## Tipi di faglia:



# Origine dei terremoti

1



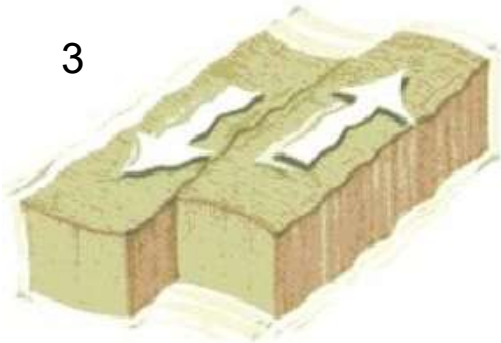
I blocchi di crosta sono a riposo

2



scorrimento impedito:  
deformazione con  
accumulo di energia

3



Rottura e rilascio  
dell'energia

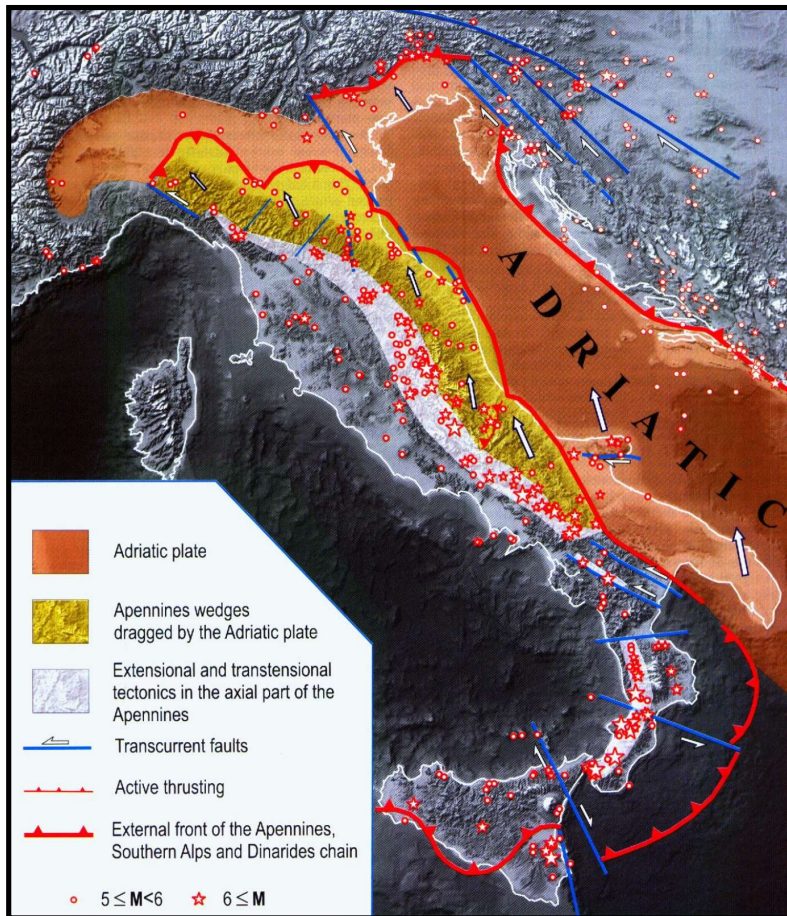
4



Nuovo equilibrio



# Alcune faglie nel mondo



# Le onde sismiche

L'energia liberata dal sisma si propaga in onde

Esistono più tipi di onda, che si propagano con differente velocità, su porzioni diverse del terreno e generando deformazioni diverse:

## Onde di volume

Si hanno:

- Onde primarie (P)  
onde longitudinali,  
di compressione e dilatazione  
sono le più veloci

$$v_p \cong 1.1 \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \text{per roccia, } v_p \cong 5\div 6 \text{ km/h}$$

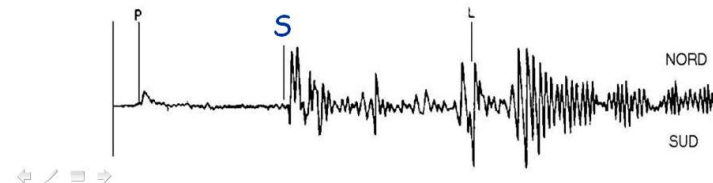
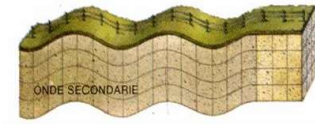


## Onde di volume

Si hanno:

- Onde primarie (P)
- Onde secondarie (S)  
onde trasversali, di taglio

$$v_s = \frac{v_p}{\sqrt{3}} \quad \text{non si propagano nei liquidi}$$



# Le onde sismiche

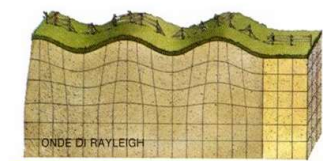
L'energia liberata dal sisma si propaga in onde

Esistono più tipi di onda, che si propagano con differente velocità, su porzioni diverse del terreno e generando deformazioni diverse:

## Onde di superficie

Si hanno vari tipi, tra cui:

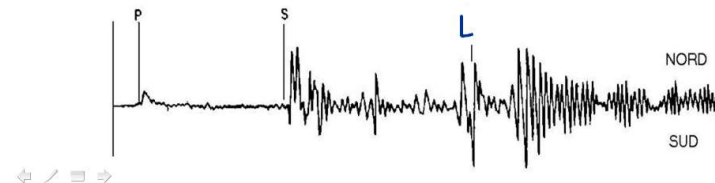
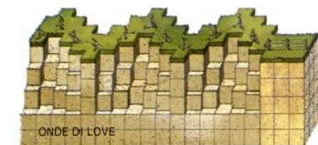
- Onde di Rayleigh (R) con moto secondo un'ellisse nel piano verticale



## Onde di superficie

Si hanno vari tipi, tra cui:

- Onde di Rayleigh (R) con moto secondo un'ellisse nel piano verticale
- Onde di Love (L) con moto tipo onde di taglio nel piano orizzontale





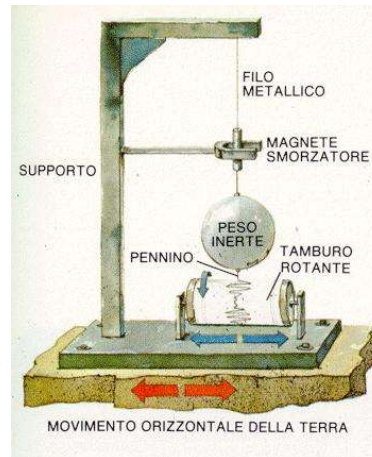
# Registrazione di un evento sismico

## Sismoscopi



Usati nell'antichità ... non davano informazioni sull'entità del terremoto

## Sismografo e sismogramma



Restituisce la legge degli spostamenti

## Accelerometro e accelerogramma



Restituisce la legge delle accelerazioni



# Registrazione di un evento sismico

## Intensità sismica, scala Mercalli

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <p>I Non percepito dalle persone.</p> <p>II Percepito da persone in riposo, nei piani superiori delle case o in posizione favorevole</p> <p>III Percepito nelle case. Oscillazione di oggetti appesi. Vibrazioni come al passaggio di autocarri leggeri. Stime della durata. Talora non riconosciuto come terremoto.</p> <p>IV Oscillazione di oggetti appesi. Vibrazioni come al passaggio di autocarri pesanti, o scossa come di una pesante palla che colpisca le pareti. Oscillazione di automezzi fermi. Movimento di porte e finestre. Tintinnio di vetri. Vibrazione di vasellami. Nello stadio superiore del IV, scricchiolio di pareti e di strutture in legname.</p> <p>V Risentito all'esterno; stima della direzione. Sveglia di persone dormienti. Movimento della superficie dei liquidi, versamento di taluni dai recipienti. Spostamento o rovesciamento di piccoli oggetti instabili. Oscillazione di porte che si aprono o si chiudono. Movimento di imposte e quadri. Arresto, messa in moto, cambiamento del passe di orologi a pendolo.</p> <p>VI Sentito da tutti. Spavento e fuga all'esterno. Barcollare di persone in moto. Rottura di vetrine, piatti, vetrerie. Caduta dagli scaffali di ninnoli, libri ecc. e di quadri dalle pareti. Spostamento o rotazione di mobili. Screpolature di intonaci deboli e di murature tipo D(*). Suono di campanelli (di chiese, di scuole). Stormire di alberi e di cespugli.</p> | <p>VII Difficile stare in piedi. Risentito dai guidatori di automezzi. Tremolio di oggetti sospesi. Rottura di mobili. Danni alle murature tipo D(*), incluse fenditure. Rotture di comignoli deboli situati sul colmo dei tetti. Caduta di intonaci, mattoni, pietre, tegole, cornicioni (anche di parapetti isolati e ornamenti architettonici). Qualche lesione a murature tipo C(*). Formazione di onde sugli specchi d'acqua; intorbidamento di acque. Piccoli smottamenti e scavarnamenti in depositi di sabbia e ghiaia. Forte suono di campane. Danni a canali d'irrigazione rivestiti.</p> <p>VIII Risentito nella guida di automezzi. Danni a murature tipo C(*), crolli parziali. Alcuni danni a murature tipo B(*), non tipo A(*). Caduta di stucchi e di alcune pareti in muratura. Rotazione e caduta di camini, monumenti, torri, serbatoi elevati. Costruzioni con strutture in legname smosse dalle fondazioni se non imbullonate; pannelli delle pareti lanciati fuori. Rottura di palizzate deteriorate. Rottura di rami di alberi. Variazioni di portata o temperatura di sorgenti e pozzi. Crepacci nel terreno e sui pendii ripidi.</p> <p>IX Panico generale. Distruzione di murature tipo D(*), gravi danni a murature tipo C(*) talvolta con crollo completo; seri danni a murature tipo B(*) (danni generali alle fondazioni). Gravi danni ai serbatoi. Rottura di tubazioni sotterranee. Rilevanti crepacci nel terreno. Nelle aree alluvionali espulsione di sabbie e fango, formazione di crateri di sabbia.</p> | <p>X Distruzione di gran parte delle murature e delle strutture in legname, con le loro fondazioni. Distruzione di alcune robuste strutture in legname e di ponti. Gravi danni a dighe, briglie, argini. Grandi frane. Disalveamento delle acque di canali, fiumi, laghi ecc. Traslazione orizzontale di sabbie e argille sulle spiagge e su regioni piane. Rotaie debolmente deviate.</p> <p>XI Rotaie fortemente deviate. Tubazioni sotterranee completamente fuori servizio.</p> <p>XII Distruzione pressoché totale. Spostamento di grandi masse rocciose. Linee di riferimento deformate. Oggetti lanciati in aria.</p> <p>(*) A = Buon manufatto, legato insieme con ferri, calcestruzzo ecc., progettato per resistere a forze laterali.</p> <p>B = Buon manufatto con malta; rinforzato, ma non destinato in particolare a resistere a forze laterali.</p> <p>C = Manufatto ordinario con malta, senza tiranti agli angoli né rinforzi.</p> <p>D = Materiali deboli, come mattoni cotti al sole; malte povere; manufatto di bassa qualità, debole orizzontalmente.</p> |
|---|---|--|

# Registrazione di un evento sismico

Oggi si usa l'accelerometro e si fa riferimento all'accelerogramma, che descrive l'accelerazione in funzione del tempo

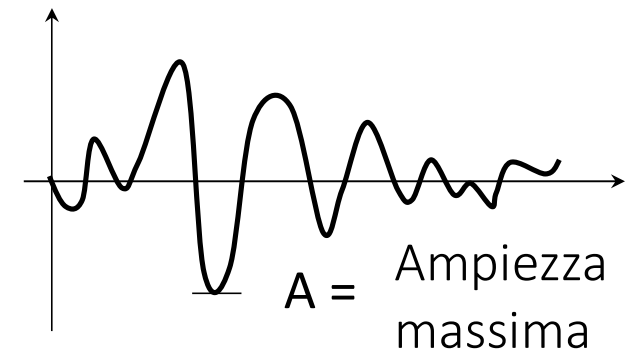
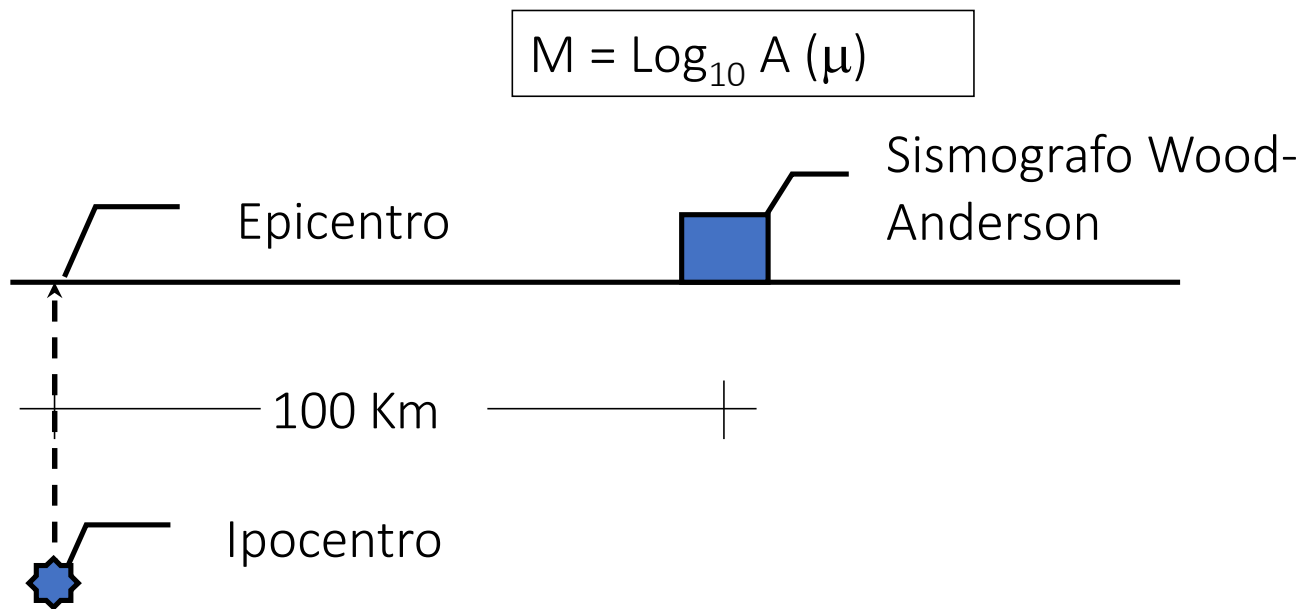


Primo parametro di interesse: accelerazione massima

Ma sono importanti anche: durata, contenuto energetico

# Magnitudo (Richter, 1935)

È il logaritmo in base 10 dell'oscillazione (in micron) misurata da un sismografo Wood-Anderson posto a 100 Km dall'epicentro.



# Magnitudo e capacità distruttiva del terremoto

È il logaritmo in base 10 dell'oscillazione (in micron) misurata da un sismografo Wood-Anderson posto a 100 Km dall'epicentro.

- M = 9      Massimo valore di magnitudo mai registrato
- M = -2      Minimo valore di magnitudo possibile da registrare
- M = 5      Valore minimo che può produrre danni sensibili alle strutture

Un incremento di M di un'unità corrisponde ad un incremento delle oscillazioni di 10 volte.



# Magnitudo e capacità distruttiva del terremoto

È il logaritmo in base 10 dell'oscillazione (in micron) misurata da un sismografo Wood-Anderson posto a 100 Km dall'epicentro.

- M = 9      Massimo valore di magnitudo mai registrato
- M = -2      Minimo valore di magnitudo possibile da registrare
- M = 5      Valore minimo che può produrre danni sensibili alle strutture

Magnitudo di alcuni terremoti:

- M = 5.6      Sicilia orientale, 1990 (terremoto di Santa Lucia)
- M = 6.0      L'Aquila, 2009
- M = 6.0      Amatrice, 2016
- M = 7.8      Turchia, 2023
- M = 7.1      Messina, 1908

# Magnitudo e capacità distruttiva del terremoto

È il logaritmo in base 10 dell'oscillazione (in micron) misurata da un sismografo Wood-Anderson posto a 100 Km dall'epicentro.

- M = 9      Massimo valore di magnitudo mai registrato
- M = -2      Minimo valore di magnitudo possibile da registrare
- M = 5      Valore minimo che può produrre danni sensibili alle strutture

La magnitudo è legata all'energia rilasciata da un sisma:

$$\log E = 4.4 + 1.5 M \quad (E \text{ in joule})$$

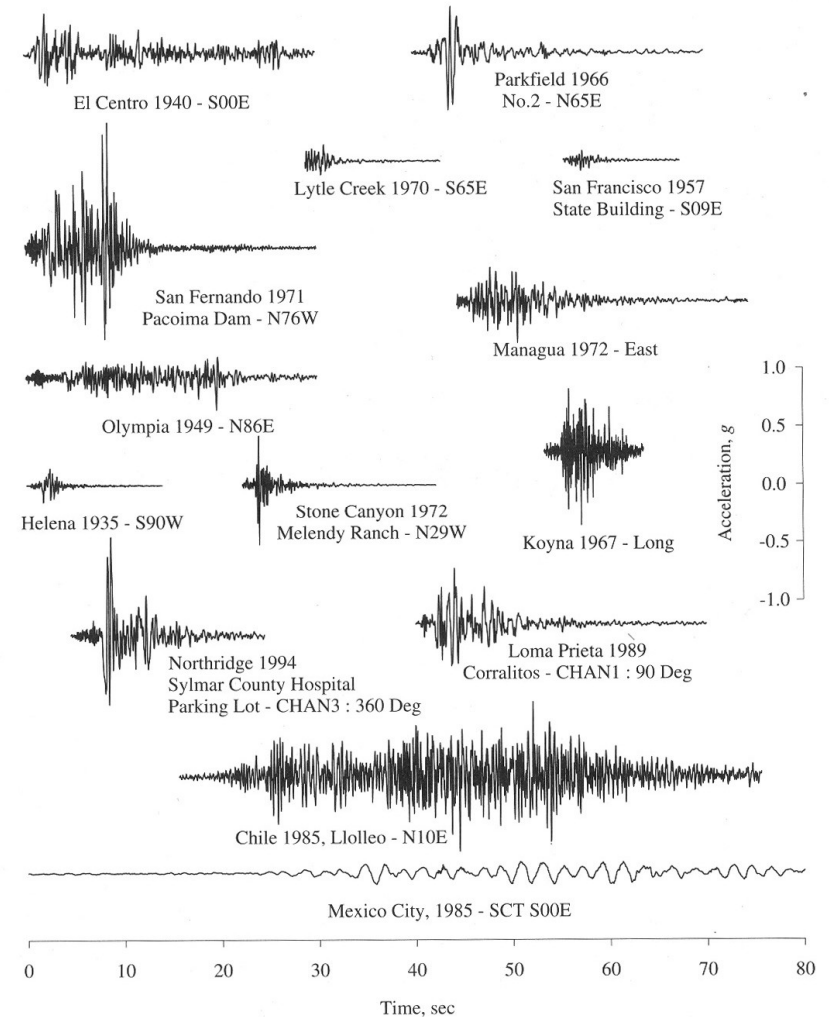
# Dove trovare gli accelerogrammi

Sono disponibili vari database:

- European Strong Motion Database (ESD)  
<http://esm.mi.ingv.it/>  
[http://www.isesd.hi.is/ESD\\_Local/frameset.htm](http://www.isesd.hi.is/ESD_Local/frameset.htm)
- Italian Accelerometric Archive (ITACA)  
<http://itaca.mi.ingv.it/>

Si veda anche:

- Selected Input Motions for Displacement-Based Assessment and Design (SIMBAD)  
[http://wpage.unina.it/iuniervo/SIMBAD\\_Database\\_Polimi.pdf](http://wpage.unina.it/iuniervo/SIMBAD_Database_Polimi.pdf)



# Visualizzare e usare gli accelerogrammi

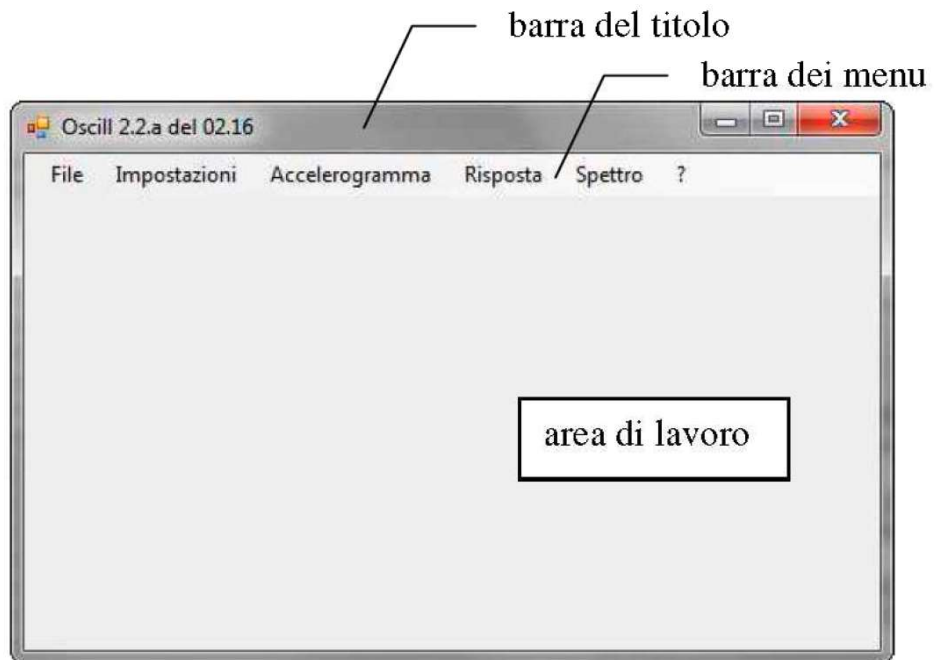
## Il programma Oscill

Il file Oscill\_22a.zip può essere scaricato dal sito [www.agheresi.it](http://www.agheresi.it), pagina Software

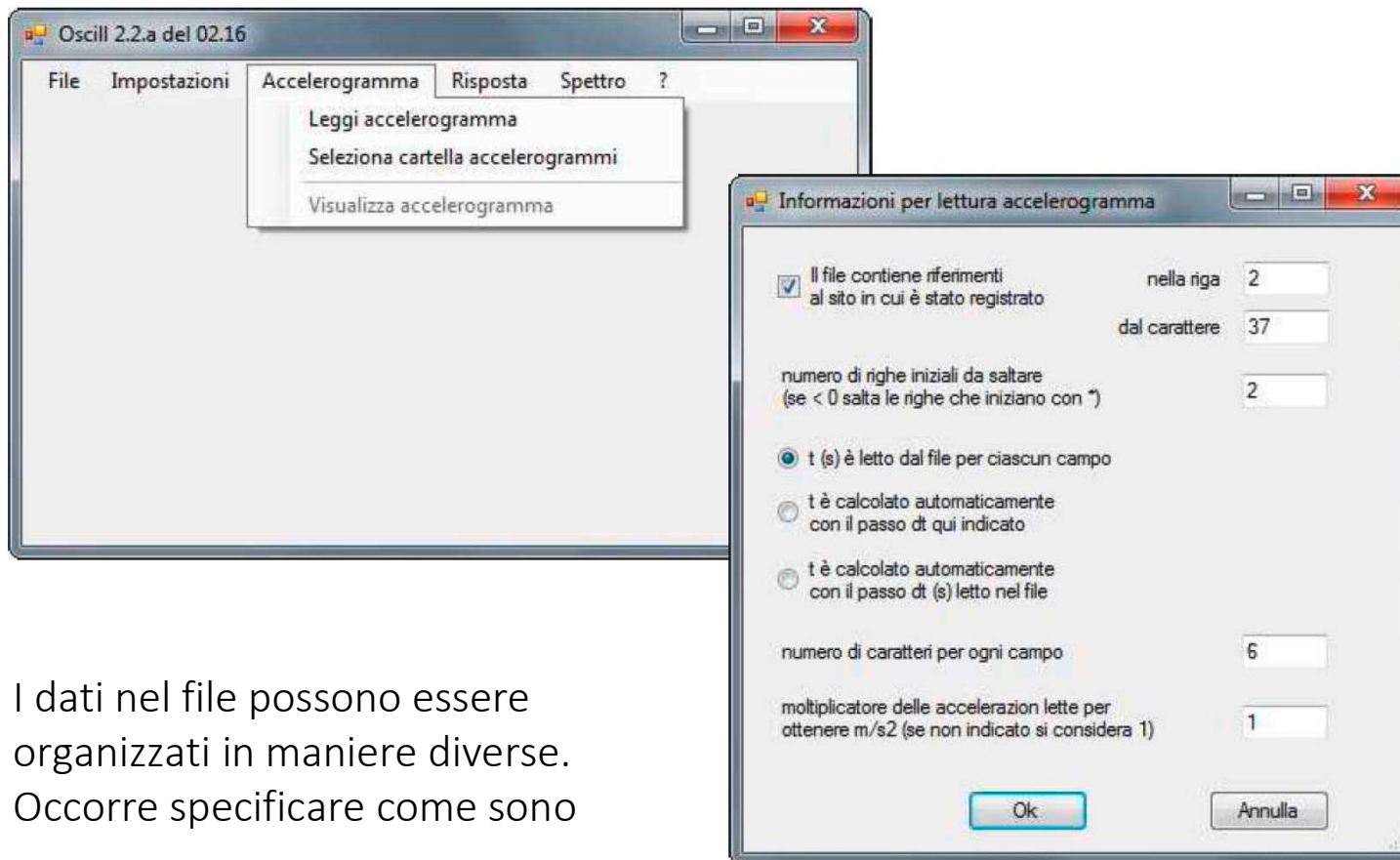
- Unzippare il file
- Dalla cartella Installazione di Oscill mandare in esecuzione il file Setup
- Consultare la documentazione di Oscill (in particolare il file **Oscill 22a**)
- Possono essere utilizzati come esempio gli accelerogrammi contenuti nelle cartelle:
  - 5 accelerogrammi
  - accelerogrammi1
  - accelerogrammi2



# Il programma Oscill

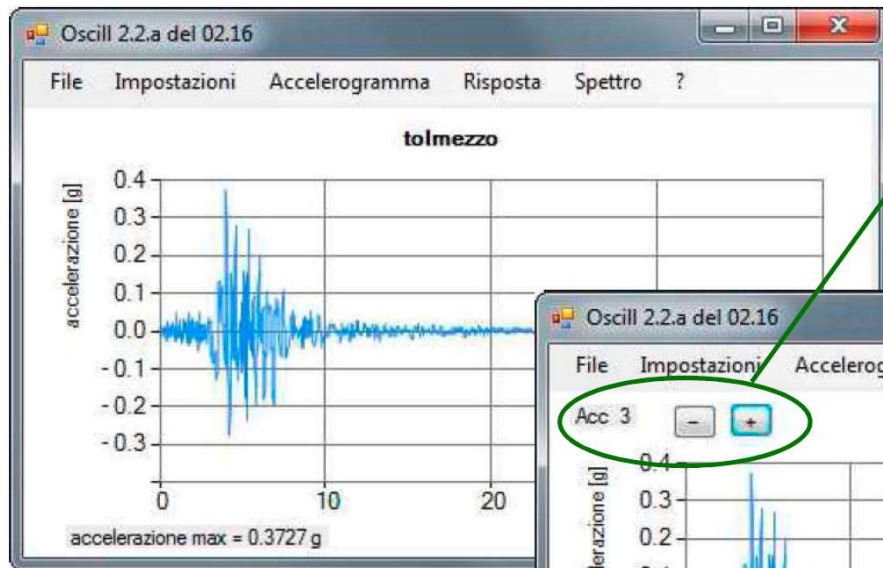


# Il programma Oscill



I dati nel file possono essere organizzati in maniere diverse. Occorre specificare come sono

# Il programma Oscill



Se si è selezionata una cartella, si possono scorrere tutti gli accelerogrammi

