

TERREMOTI

SCUOLA SECONDARIA DI 2° GRADO

SCUOLA SECONDARIA DI 1° GRADO

SCUOLA PRIMARIA



I Laboratori
Terremoti

I TERREMOTI

Premessa



La presente lezione è stata realizzata cercando di raccogliere, e rendere fruibile al più grande pubblico possibile, gli ultimi dati e le scoperte scientifiche più recenti nel campo dei terremoti; le principali fonti di informazione utilizzate sono stati:

l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e l'U.S. Geological Survey.

Questo "Portable Document" (o "PDF") è stato realizzato per avere una versione più leggera e utilizzabile dal più ampio numero possibile di PC e dispositivi mobili rispetto alla versione in formato "Office", sebbene sia caldamente consigliato l'utilizzo della versione "Office" (essenzialmente per 3 motivi: miglior modalità a schermo intero, immagini e grafici a qualità più elevata, e, soprattutto, per mantenere le immagini animate effettivamente animate nelle slide con numero 6, 14 e 15),

Usate questa versione (PDF) soltanto se non riuscite ad aprire la versione OFFICE in quanto il pdf è leggibile da praticamente qualsiasi sistema informatico creato in questo millennio dotato di browser o di lettore pdf (ad es Adobe Reader), inoltre il formato pdf è più adeguato per la stampa

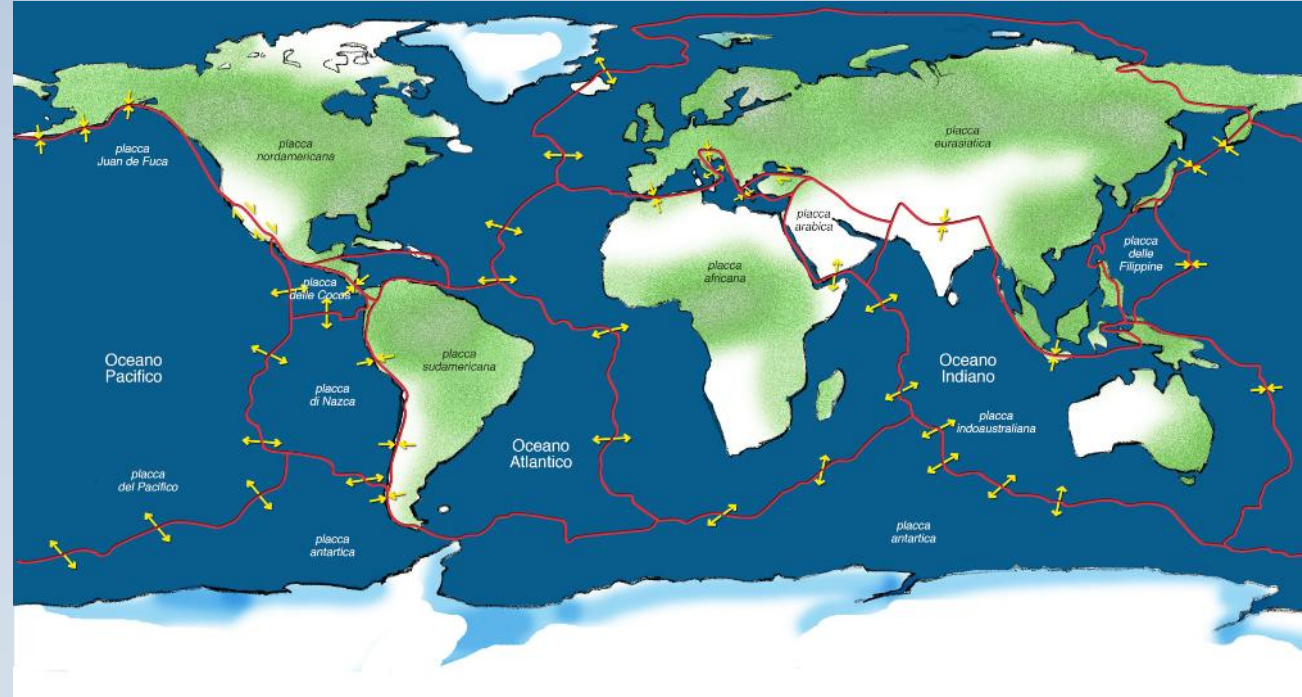


I TERREMOTI

La parola **Terremoto** deriva dal latino “*terra motus*”, letteralmente “*movimento della terra*”

Essa indica una qualsiasi **vibrazione** della crosta terrestre che si propaga tramite **onde sismiche**

I termini **sisma** e **scossa tellurica** sono sinonimi di **terremoto**



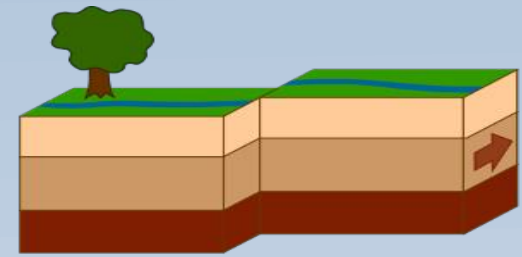
I TERREMOTI

La causa più comune dei **terremoti** è da ricercarsi nel fenomeno conosciuto come **tettonica a placche**:

la crosta terrestre non è un enorme sfera rigida, ma è composta da diverse placche in contatto e movimento reciproco

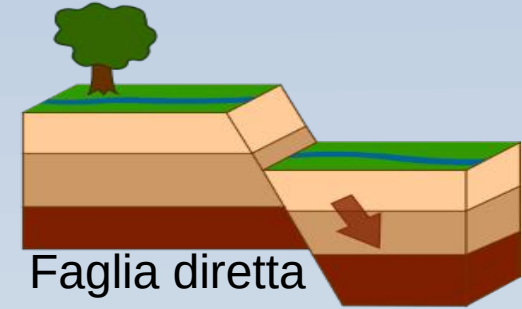
Nelle zone di confine tra le placche, dette **faglie**, si possono verificare sfregamenti e *tensioni* nella roccia, quando queste tensioni si risolvono con una *fratturazione* viene liberata improvvisamente una grande quantità di energia che causa il **terremoto**

A



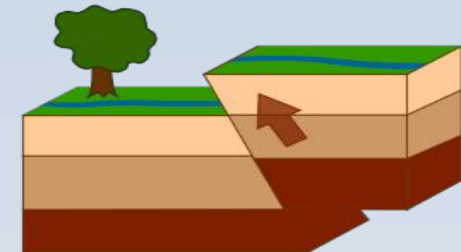
Faglia trascorrente

B



Faglia diretta

C



Faglia inversa

2

flab®



I Laboratori
Terremoti

Sebbene la grande maggioranza dei terremoti siano localizzati nelle faglie, esistono altre cause di eventi sismici:

Vulcanesimo: in questo caso il terremoto è causato dal movimento di grandi quantità di magma sotterraneo e può segnalare un'eruzione imminente

Impatto meteorico: un meteorite sufficientemente grande da raggiungere il suolo causerà un sisma (oltre che un grosso buco)



Vulcano Sabancaya, Perú



Barringer Crater, Arizona - USA

I TERREMOTI

Il punto sotterraneo dove il terremoto ha origine è detto **ipocentro**

Il punto in superficie *perpendicolarmente* sopra all'ipocentro è detto **epicentro**

La distanza tra epicentro e ipocentro è definita **profondità focale**

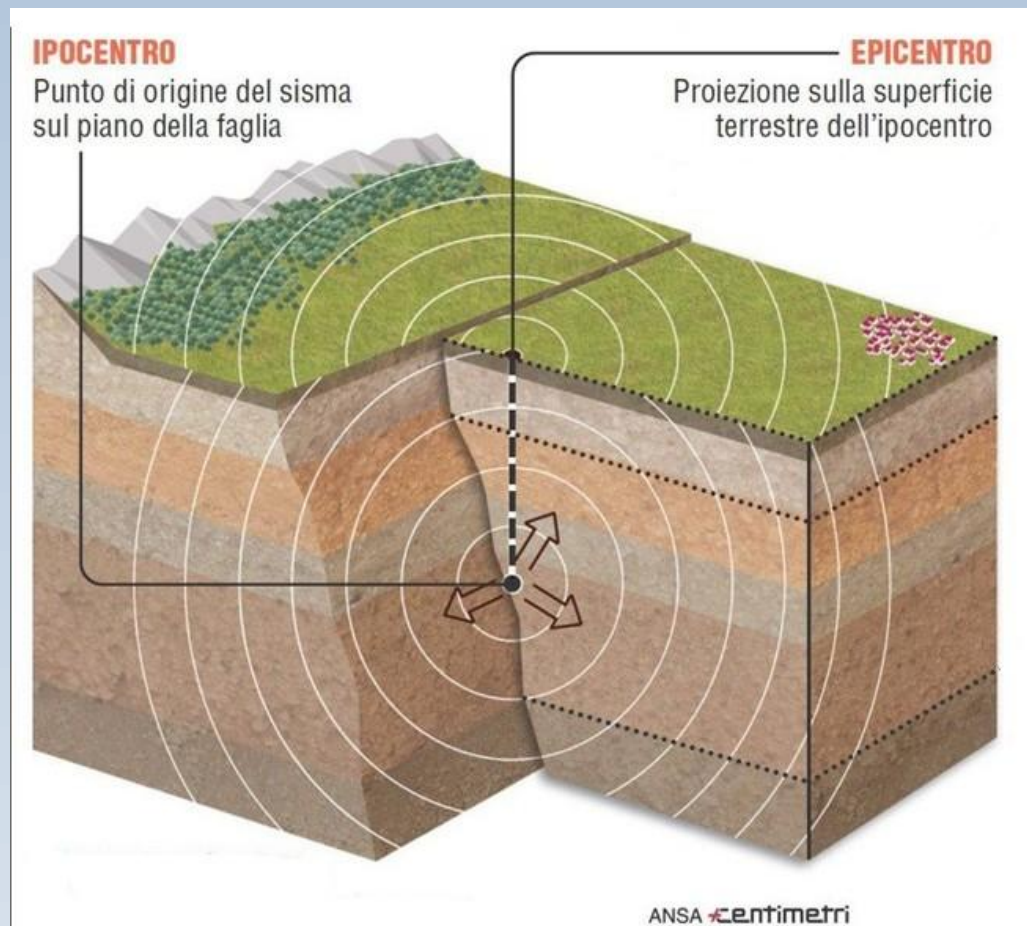
in base alla profondità un terremoto viene classificato come:

superficiale (<70 km di profondità)

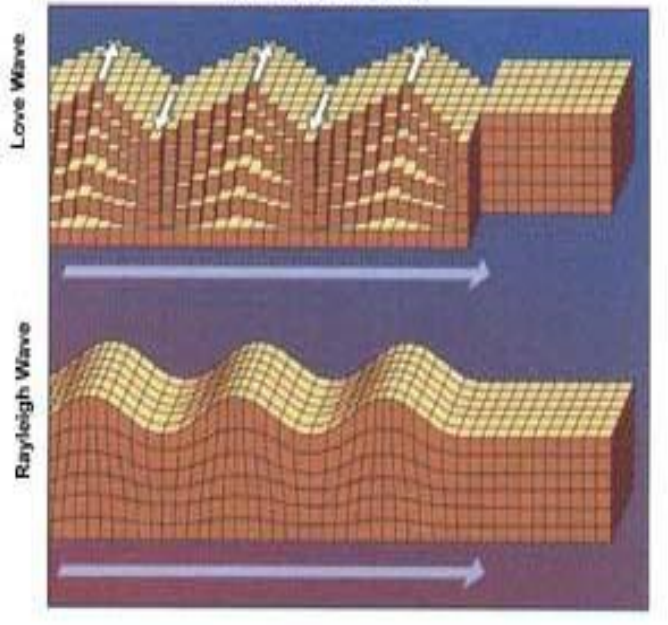
intermedio (70-300 km di profondità)

profondo (>300 km di profondità)

I terremoti *superficiali* sono di gran lunga quelli più frequenti



Surface Waves

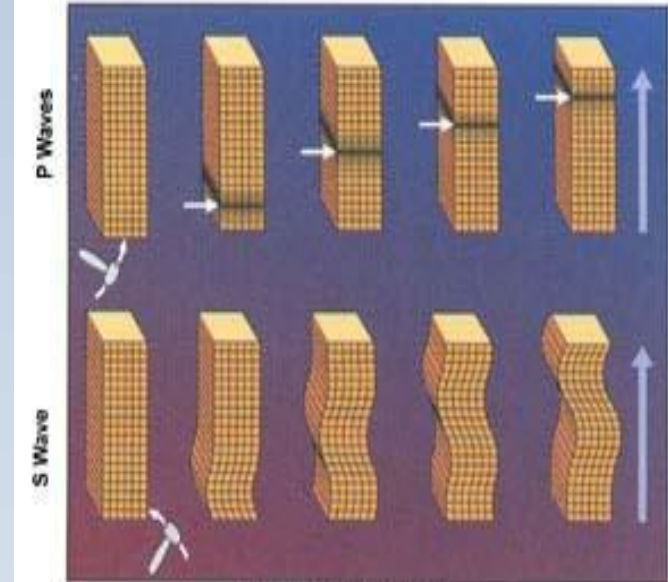


Ogni volta che si verifica un **terremoto** l'energia liberata si propaga attraverso diversi tipi di **onde sismiche**

Esse si dividono in:
onde di corpo, quando si propagano all'interno della crosta terrestre

onde superficiali, quando si propagano al livello del suolo

Body Waves

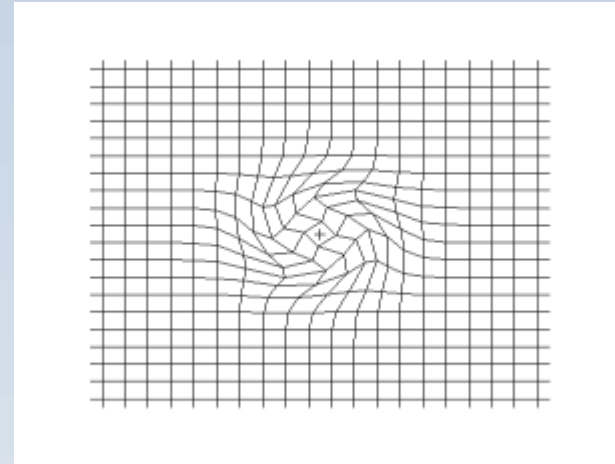
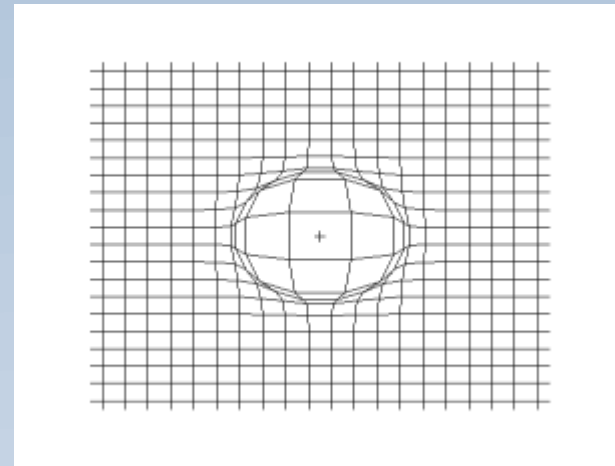


I TERREMOTI

Le **onde di corpo** si dividono in **onde P** e **onde S**. Esse sono libere di propagarsi dall'ipocentro del terremoto verso tutte le direzioni.

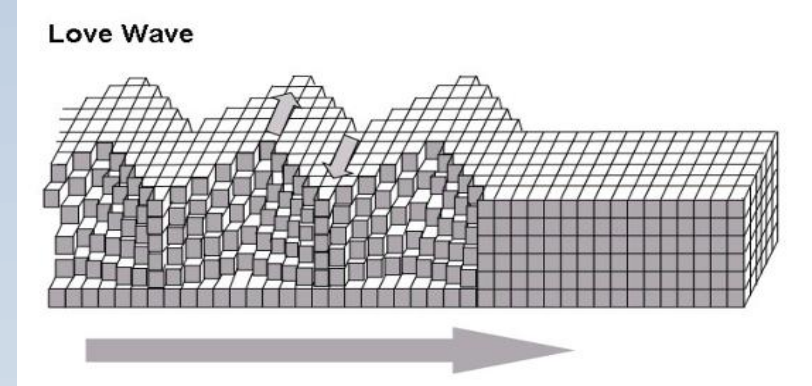
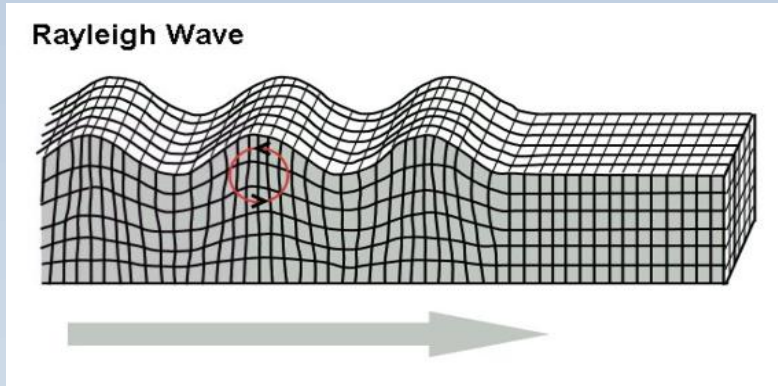
Le **onde P (Primarie)** sono *onde longitudinali*, si muovono cioè tramite compressione e rarefazione della roccia che attraversano, come suggerisce il nome, sono le onde più veloci e viaggiano intorno ai 4-8 km/s.

Le **onde S (Secondarie)** sono *onde trasversali* si muovono cioè con movimenti ondulatori attraverso la roccia, non possono propagarsi nei fluidi e la loro velocità è circa la metà delle onde P.



I TERREMOTI

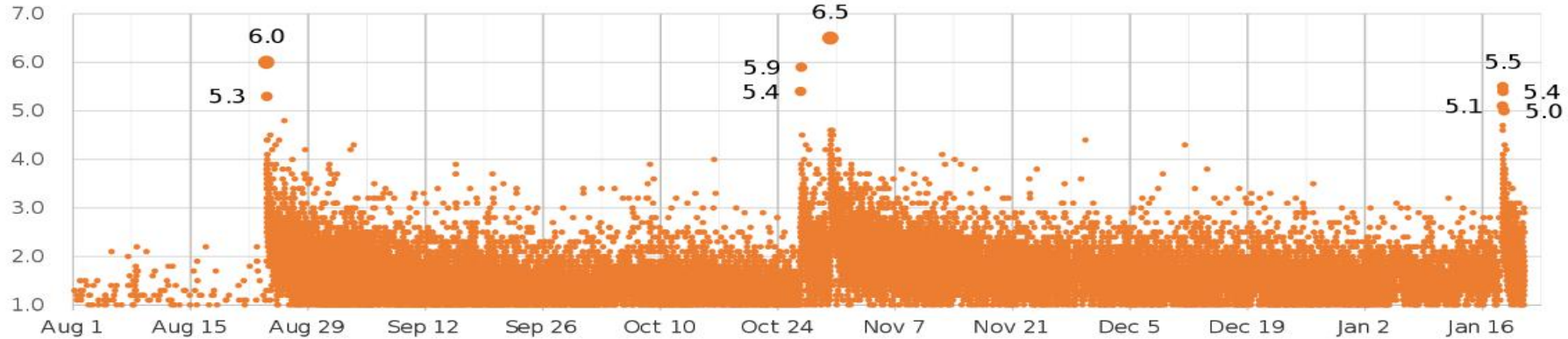
Una volta che le **onde di corpo** raggiungono la superficie la situazione si fa più complessa: le **onde sismiche** non sono più libere di propagarsi in ogni direzione, ma sono costrette a muoversi lungo la **superficie** terrestre, sono molto più lente delle onde di corpo, ma notevolmente più distruttive e si generano solo se il terremoto è di tipo *superficiale*



Le principali **onde superficiali** sono le **onde di Love** (o **onde Q**) e le **onde di Rayleigh** sono entrambe onde di tipo trasversale, la differenza sta nel loro orientamento: Le **Rayleigh** sono simili alle onde del mare, con un'oscillazione basso-alto Le **Love** invece hanno un'oscillazione laterale e sono quelle percepite maggiormente

I TERREMOTI

2016-2017 Central Italy earthquakes (magnitude)



Raramente un terremoto rimane un fenomeno isolato, specialmente se particolarmente forte

Di solito ad un “**mainshock**”, cioè un terremoto di energia elevata, segue un periodo più o meno lungo di “**scosse di assestamento**” (anche chiamate “**aftershock**”)

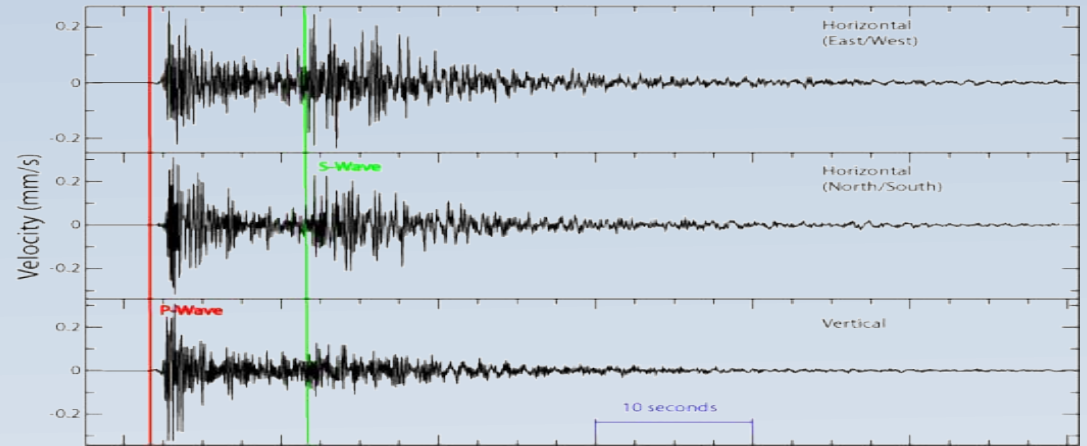
Nell’eventualità che il **mainshock** facesse parte di uno **sciame sismico** (una lunga sequenza di scosse sismiche) scosse precedenti all’evento principale sono chiamate **scosse premonitrici** o “**foreshock**”, si noti comunque che, di norma, uno sciame sismico tende ad esaurirsi nel tempo senza produrre eventi di rilievo, anche se esistono delle rare eccezioni (si veda immagine)

I TERREMOTI

Per rilevare i terremoti lo strumento principale è il **Sismografo**

Il **sismografo** consiste semplicemente in un pennino che scrive una linea su un foglio di carta che si muove, quando un *onda sismica* attraversa il terreno sotto il sismografo la linea si muove, più ampio è lo spostamento, maggiore è la forza dell'onda sismica

Avendo a disposizione un numero sufficiente di sismografi (*minimo 3*) è possibile triangolare la posizione e stimare l'energia totale di un sisma



Sismogramma, si può notare il differente arrivo di onde P ed S

I TERREMOTI

Esistono due classi di misurazione dei terremoti: quelle basate sui **danni** in superficie (come la **scala Mercalli**) e quelle basate sull'**energia sviluppata** da un terremoto (come la scala **Richter** e la scala di **Momento Sismico**)

Le due classi sono di fatto *indipendenti* l'una dall'altra: sebbene sia ovvio che un terremoto di intensità maggiore abbia maggiori potenzialità di causare danni ci sono molti fattori che possono o amplificare o ridurre i danni effettivi

pensando ad un caso estremo: un forte terremoto non farebbe vittime o danni se colpisse un'area disabitata (ad esempio, il terremoto delle "Isole Balleny", Antartide: un notevole 8.1 sulla scala Momento, un modesto VI sulla scala Mercalli)



Il terremoto in Turchia-Siria del 6 febbraio 2023 magnitudo 7.9 sulla scala di Momento Sismico grado XI – XII sulla scala Mercalli

I TERREMOTI

La **scala Mercalli** è stata presentata alla comunità scientifica nel 1902 dal vulcanologo *Giuseppe Mercalli*, come evoluzione della scala Rossi-Forel

Essa consiste in una scala divisa in **12 gradi** espressa in *numeri romani* (quindi da I a XII)

Ogni grado corrisponde ad un diverso effetto del terremoto andando dal livello I definito “impercettibile” (cioè il terremoto è stato sentito solo dai sismografi) al XII definito “apocalittico” (distruzione totale, modifica del paesaggio)

La scala ha il vantaggio di dare una valutazione immediata sulla gravità dei danni, ma ha lo svantaggio di essere soggettiva e poco rigorosa

Grado di intensità	Scossa
I	impercettibile
II	molto leggera
III	leggera
IV	moderata
V	piuttosto forte
VI	forte
VII	molto forte
VIII	rovinosa
IX	distruttiva
X	completamente distruttiva
XI	catastrofica
XII	apocalittica



I TERREMOTI

Magnitudo	TNT equivalente	Energia	Frequenza
0	15 grammi	63 kJ	Circa 8 000 al giorno
1	0,48 chilogrammi	2 MJ	
1,5	2,7 chilogrammi	11 MJ	
2	15 chilogrammi	63 MJ	Circa 1 000 al giorno
2,5	85 chilogrammi	355 MJ	
3	477 chilogrammi	2.0 GJ	Circa 130 al giorno
3,5	2,7 tonnellate	11 GJ	
4	15 tonnellate	63 GJ	Circa 15 al giorno
4,5	85 tonnellate	355 GJ	
5	477 tonnellate	2 TJ	2-3 al giorno
5,5	2 682 tonnellate	11 TJ	
6	15 000 tonnellate	63 TJ	120 all'anno
6,5	85 000 tonnellate	354 TJ	
7	477 000 tonnellate	2 PJ	18 all'anno
7,5	2,7 milioni di tonnellate	11 PJ	
8	15 milioni di tonnellate	63 PJ	1 all'anno
8,35	50,5 milioni di tonnellate	211 PJ	
8,5	85 milioni di tonnellate	355 PJ	
9	477 milioni di tonnellate	2 EJ	1 ogni 20 anni
9,15	800 milioni di tonnellate	3,35 EJ	
9,5	2,7 miliardi di tonnellate	11 EJ	Sconosciuto
10	15 miliardi di tonnellate	63 EJ	
13	476 880 miliardi di tonnellate	2 YJ	

La **scala Richter** e la sua evoluzione, la **scala di Momento Sismico**, sono scale di **magnitudo**



Le *scale di magnitudo* hanno come obiettivo quello di classificare i terremoti in base all'*energia totale* rilasciata all'ipocentro

Il vantaggio di queste scale è di essere completamente oggettive e indipendenti dal luogo colpito, ma danno poche informazioni sulle possibili conseguenze in superficie

La *scala Richter* è stata soppiantata dagli anni '70 dalla *scala di Momento Sismico*, ma visto che, idealmente, le due scale si equivalgono è ancora oggi comune l'utilizzo del nome "Richter" sui canali di informazione generalisti



I Laboratori
Terremoti

I TERREMOTI

13

flab®

Allo stato attuale delle conoscenze scientifiche e della tecnologia impiegata, il cosiddetto **Earthquake Prediction** (cioè la previsione di tempo, luogo e forza di un sisma) **NON** è possibile

Quello che è attualmente realizzabile è una previsione di tipo probabilistico (**Earthquake Forecast**)

In base alle conoscenze che abbiamo delle faglie, del sottosuolo e dei terremoti avvenuti in passato, è possibile fare una stima della **probabilità** che avvenga un terremoto di una *certa intensità* in una *certa area* in un *lasso di tempo* più o meno lungo

Ad esempio: nel 2015 un report (UCERF3) realizzato dall'U.S. Geological Survey ha stimato al **7%** la probabilità che un terremoto di *magnitudo 8* o superiore possa colpire la *California* entro *30 anni*

Table A: Estimated probabilities (minimum, **most likely**, and maximum) of an earthquake of the given magnitude in the next thirty years for different regions of California¹

M _≥	6.0	6.7	7.0	7.5	7.7	8.0
All CA	100% 100%	97% 100%	77% 93%	17% 48%	3% 27%	0% 7%
N. CA	100%	84% 95%	55% 76%	8% 28%	1% 15%	0% 5%
S. CA	100%	77% 93%	44% 75%	9% 36%	2% 22%	0% 7%
SF	89% 98%	52% 72%	27% 51%	5% 20%	0% 10%	0% 4%
LA	84% 96%	28% 60%	17% 46%	5% 31%	1% 20%	0% 7%



I Laboratori
Terremoti

I TERREMOTI

14

flab®

Questo non significa che siamo completamente inermi di fronte agli eventi sismici, infatti è possibile intervenire in modo da prevenire, o almeno mitigare, i danni a cose e persone



Il sistema di prevenzione più ovvio è quello di evitare di costruire nuovi edifici o infrastrutture in note aree sismiche

Vecchi edifici o infrastrutture possono essere adeguati con criteri antisismici che di solito consistono in:

- *riduzione della massa dell'edificio*
- adozione di “*nuclei di irrigidimento*” o “*setti*” che assorbano gli spostamenti laterali
- tecnica della “*gerarchia delle resistenze*” cioè permettere ai materiali non portanti di deformarsi, o persino rompersi, per proteggere le componenti portanti di un edificio



I Laboratori
Terremoti

I TERREMOTI

15

flab®

Per edifici nuovi, se costruiti in terreno sismico, conviene sfruttare la tecnica dell'**isolamento sismico** che consiste nell'isolare (o meglio "disaccoppiare") un edificio dalle proprie fondamenta

L'idea alla base di questo sistema NON è far resistere l'edificio (che comunque *può* essere costruito con i criteri antisismici già esposti) al terremoto, ma di evitare che l'edificio vada "in risonanza" con le frequenze più comuni delle *onde sismiche superficiali*

Di conseguenza, l'edificio può essere attraversato da un terremoto *senza oscillare*



I Laboratori
Terremoti

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

Per approfondire: (Ctrl+clic sui nomi per aprire i link)

“Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia”

“U.S. Geological Survey”

Per rimanere informati sulle nuove pubblicazioni e sugli eventi di FLA:

<https://www.flabs.it/> e in particolare: <https://www.flabs.it/imparare-con-noi/>

<https://flanelt.org/>

<https://www.facebook.com/FondazioneLombardiaAmbiente/>

<https://www.youtube.com/@fondazioneLombardiaAmbiente>

Tutte le immagini, i grafici e le animazioni utilizzate in questa lezione sono di Pubblico Dominio o rilasciate sotto licenza Copyleft (Creative Commons 2.0, 3.0 e 4.0)

