



SETTIMANA  
NAZIONALE  
DELLA  
PROTEZIONE  
CIVILE

PROMOSSA DA



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile

## Terremoti

# Cos'è il terremoto

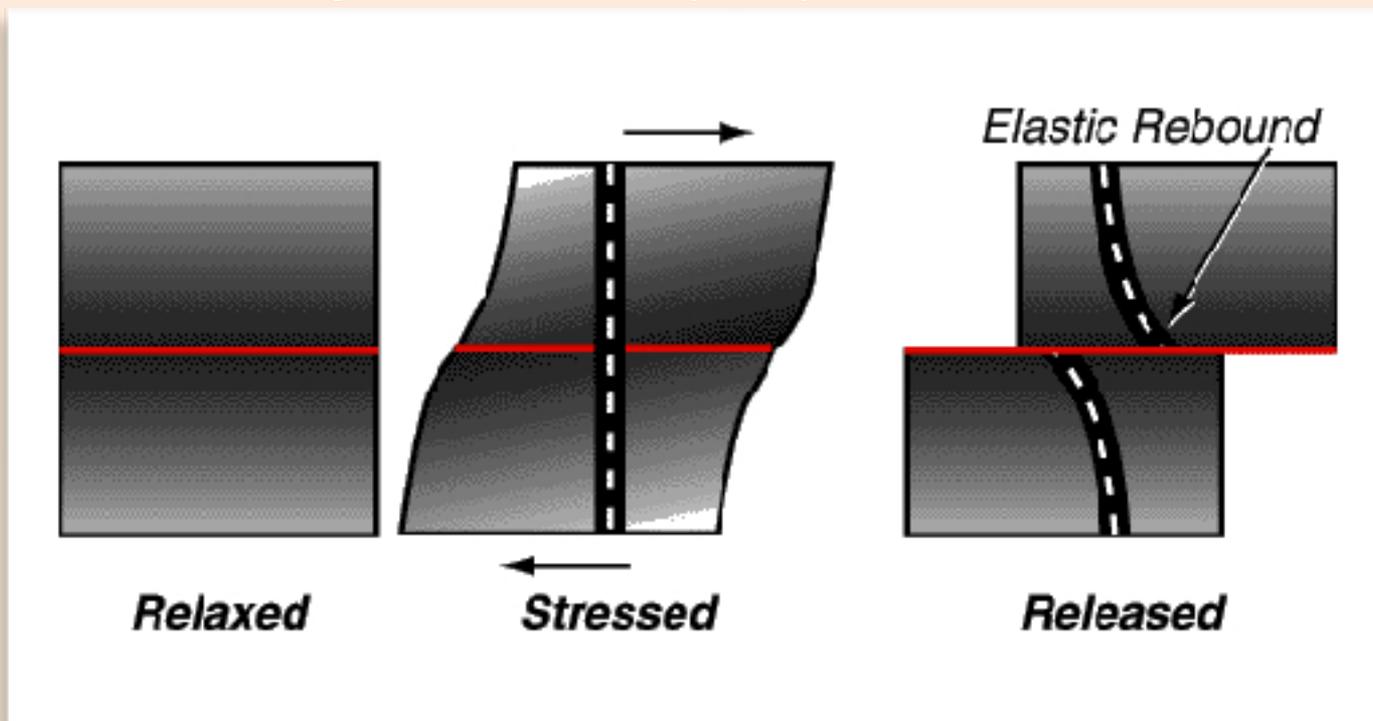
Il terremoto, o sisma, è un movimento del suolo prodotto sulla superficie terrestre, che avviene in un periodo di tempo compreso tra pochi secondi ed alcuni minuti. Tale movimento corrisponde all'arrivo di onde sismiche, indotte da improvvise rotture che si producono nelle rocce della litosfera terrestre lungo il piano di frattura che separa due porzioni rocciose (faglie). Il movimento può avvenire lungo faglie preesistenti.

I terremoti sono caratterizzati dal rilascio improvviso di energia che si è accumulata nella litosfera a causa degli sforzi e gli attriti che avvengono in essa. Tale energia viene spesa nella rottura delle rocce e si libera in parte sotto forma di onde elastiche, i terremoti, e in parte come calore. Dopo la deformazione, le rocce tornano bruscamente alla condizione iniziale di equilibrio con un meccanismo che prende il nome di teoria del rimbalzo elastico (elastic rebound).

Durante tale condizione la perturbazione (deformazione) si propaga dall'ipocentro in ogni direzione per mezzo di onde elastiche.

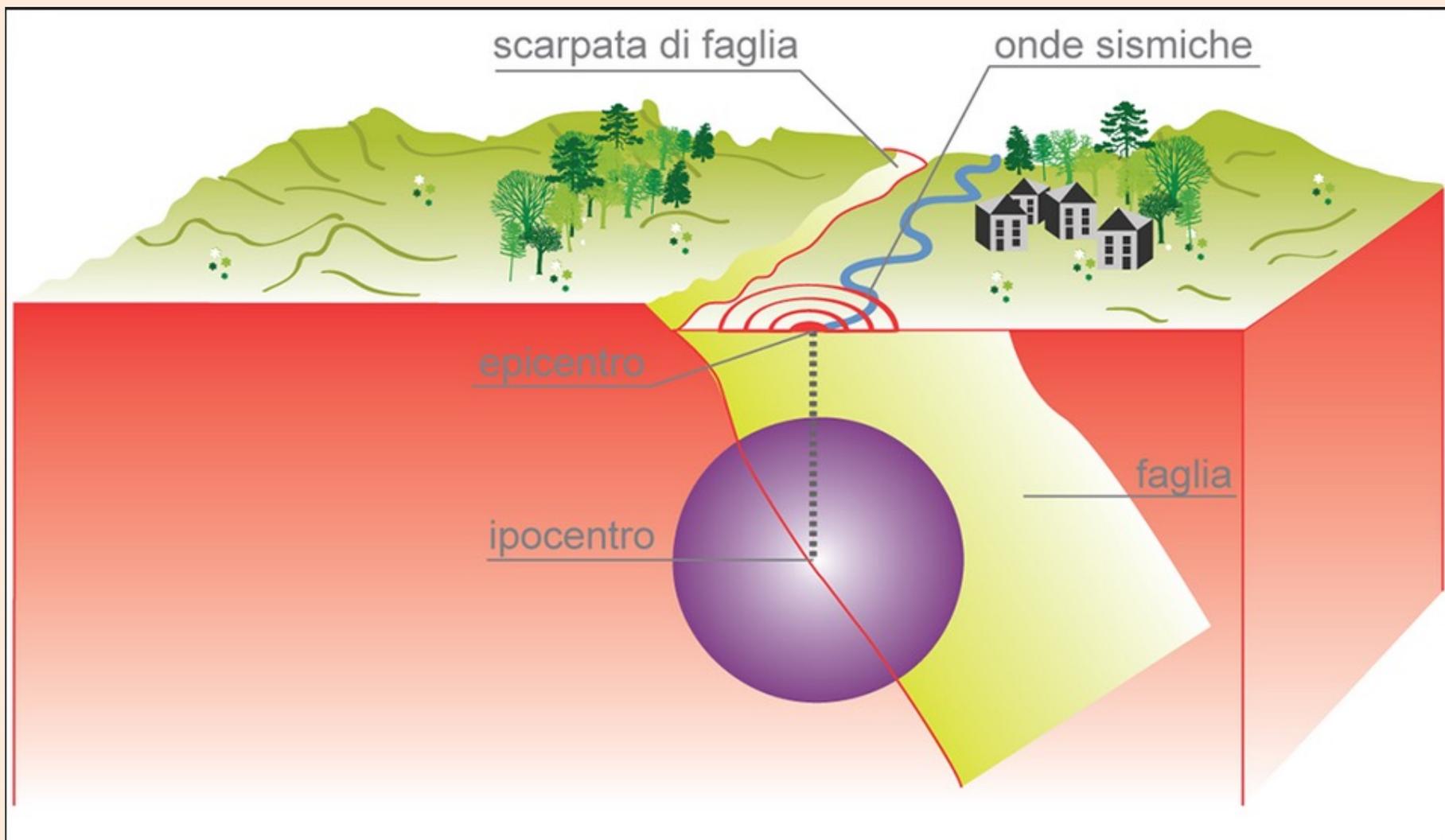
Un esempio calzante, che può dare un'idea di come avviene la liberazione di energia, è dato da un bastone di legno, che sottoposto a sforzi alle due estremità, inizialmente si flette e poi si spezza. Le due porzioni del bastone riprendono la forma originaria dopo aver compiuto vibrazioni. Il momento in cui il pezzo di legno si spezza è lo stesso nel quale si libera l'energia che genera il sisma.

L'energia generalmente si scarica con una forte scossa, preceduta nella maggior parte dei casi da scosse premonitrici (foreshocks) e seguita da numerose scosse chiamate repliche (aftershocks). Questo non avviene in tutti gli eventi sismici. In alcuni casi le scosse premonitrici possono mancare del tutto, in altri possono rimanere di scarsa intensità senza che avvenga mai una scossa principale.



# Propagazione e registrazione delle onde sismiche

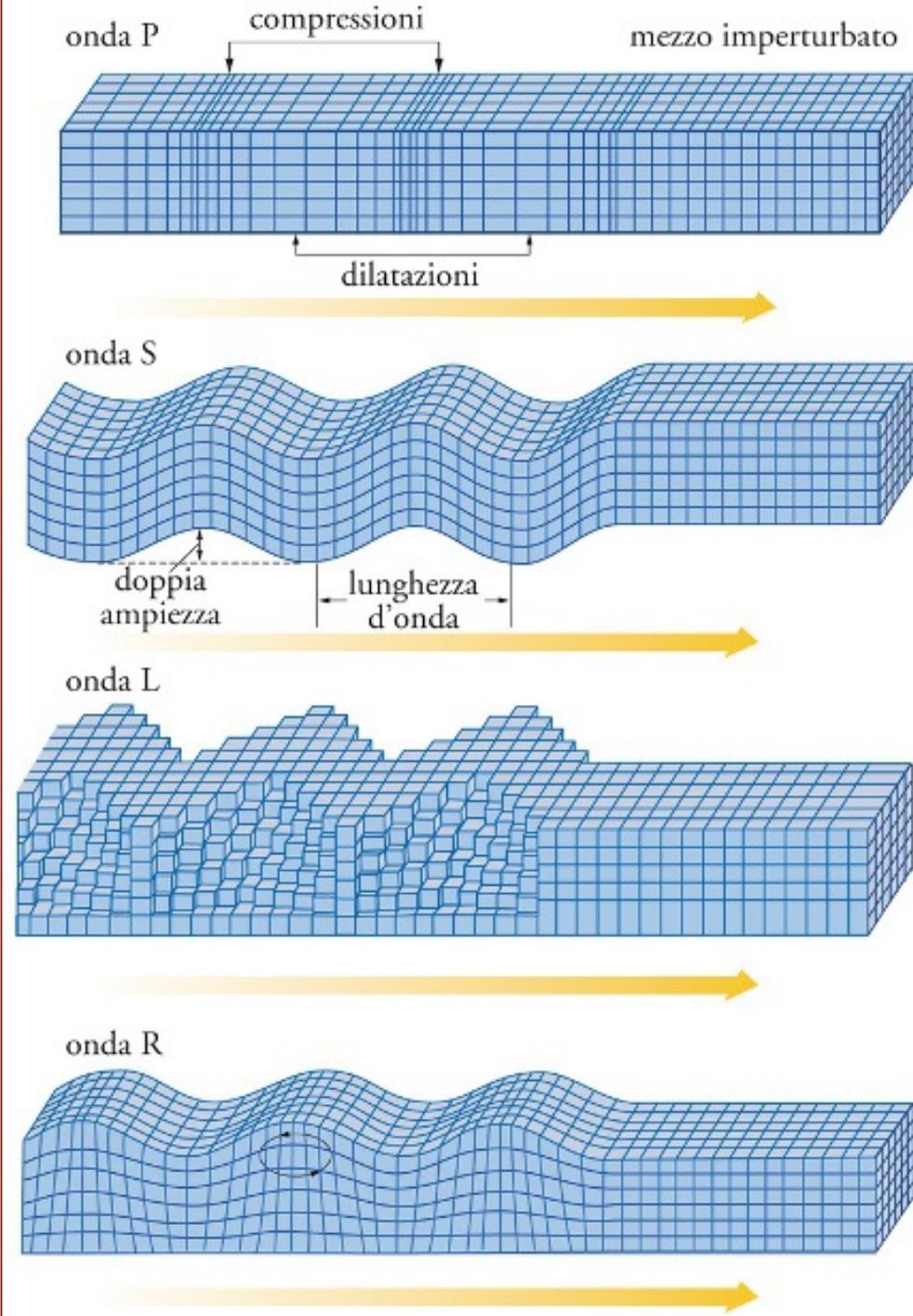
L'ipocentro di un terremoto corrisponde al punto sotterraneo dove si è generato il movimento, ossia il punto esatto da dove si sono liberate le onde sismiche. L'epicentro è il punto proiettato sulla superficie terrestre a partire dalla verticale dell'ipocentro, mentre la profondità ipocentrale è la distanza fra epicentro e ipocentro. Le onde sismiche vengono distinte in onde di volume, che si propagano all'interno della Terra, e onde superficiali, che si propagano in strati terrestri la cui profondità non è grande rispetto alla lunghezza d'onda. Le onde di volume sono di due tipi: longitudinali, chiamate onde P, e trasversali, chiamate onde S.



*Rappresentazione schematica dell'ipocentro e dell'epicentro di un terremoto (rielaborazione tratta da Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Conoscere il terremoto, 2001<sup>(2)</sup>).*

Le onde più veloci sono le onde P, chiamate per questo primarie; esse determinano compressioni e dilatazioni lungo la direzione di propagazione dell'onda. Esse quando intercettano la superficie possono propagarsi in atmosfera generando onde sonore e producendo il caratteristico boato. Le onde S, chiamate seconde, sono onde di taglio e determinano nel mezzo che attraversano oscillazioni perpendicolari alla direzione di propagazione (figura 3b); esse scuotono la superficie in senso orizzontale e verticale; queste sono le onde che danneggiano maggiormente i manufatti. Le onde S, a differenza delle onde P, hanno la peculiarità di non propagarsi nei fluidi. Le onde P sono principalmente utilizzate per la localizzazione degli eventi sismici a grande distanza (oltre 1000 km dall'epicentro). Le onde superficiali hanno un carattere complesso e si dividono in onde di Rayleigh e onde di Love. Le onde di Rayleigh causano spostamenti ellittici delle particelle nel piano verticale secondo la direzione di propagazione (figura 3c); le onde di Love, invece, provocano spostamenti orizzontali e trasversali secondo la direzione di propagazione (figura 3d).

Comportamento delle onde di volume, chiamate P, e S, e delle onde di superficie, chiamate onde di Rayleigh e di Love

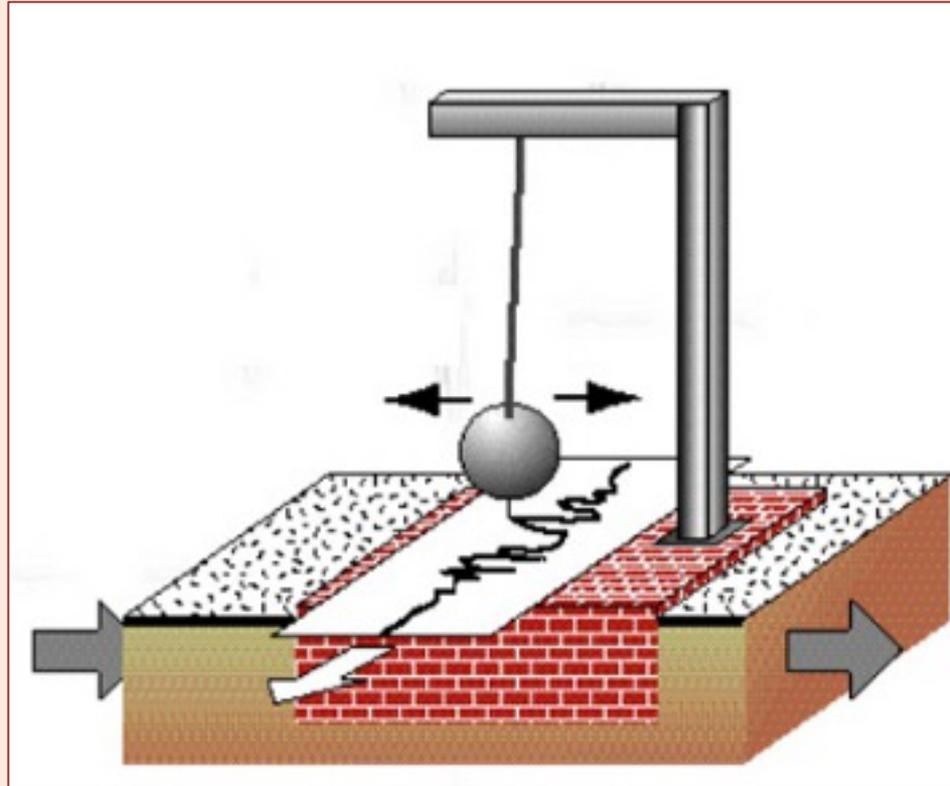


# Il sismografo

Precedentemente all'entrata in funzione dei sismografi, che registrano gli arrivi delle diverse onde sismiche, i terremoti venivano localizzati individuando l'area dove gli effetti erano stati più disastrosi. Tale pratica è ancora oggi impiegata per lo studio dei terremoti antichi.

Le onde sismiche vengono registrate e codificate attraverso un dispositivo che ha raggiunto una tecnologia avanzatissima alla base della quale si trova un principio molto semplice, il pendolo. Il sismografo, utilizzato dall'inizio del XX secolo, è uno strumento costituito da una massa sospesa, ferma per inerzia, che registra il movimento del suolo (figura 4). Il suo funzionamento può essere raffrontato al movimento, come già detto, di un pendolo semplice.

# Schematizzazione di un sismografo



L'arrivo delle onde sismiche provoca il movimento del terreno e della struttura del sismografo, che è solidale al terreno stesso. La massa del pendolo rimane in quiete, ovvero nella posizione di equilibrio, a causa della sua inerzia; il risultato che ne deriva è che la massa del pendolo si muove relativamente al terreno.

Tale movimento permette al pennino posto alla base della massa di registrare nel tempo gli spostamenti del pendolo che vengono racchiusi in un grafico chiamato sismogramma. Questa è una descrizione semplificata dei sistemi di registrazione attualmente in uso, che mostrano in realtà caratteristiche e meccanismi più complessi. Un semplice pendolo non è comunque un sismografo! Per ottenere le informazioni per ogni singola scossa è necessario conoscere la componente verticale, Nord- Sud ed Est-Ovest del moto del suolo.

Il sismogramma è il grafico o tracciato attraverso cui è possibile ricavare i dati riguardanti l'evento sismico (figura 4). In base alle differenze dei tempi di arrivo delle onde P e S, presi in almeno tre stazioni di registrazione, preferibilmente disposte in senso circolare, è possibile risalire alla distanza dall'epicentro di un sisma (proiezione superficiale dell'ipocentro).

## ***La forza di un terremoto (intensità, magnitudo ed energia)***

Prima dell'avvento del sismografo la valutazione soggettiva di un uomo rappresentava l'unica possibilità di descrivere un terremoto. Nel caso di un sisma le differenti reazioni umane e il danno ai diversi tipi di strutture e manufatti rappresentavano in qualche modo una misura dell'entità di un terremoto.

Grazie all'avvento dei sismografi è stato possibile ottenere una valutazione quantitativa del contenuto energetico di un evento sismico, e le valutazioni soggettive sono rimaste rilevanti solo per i terremoti storici. Esistono diverse scale sismiche. La più nota è la scala Mercalli, sviluppata nel 1880 da un sismologo italiano da cui prende il nome. Tale scala fu successivamente modificata per i paesi di lingua inglese, diventando una scala accettata come standard internazionale con la denominazione di scala MCS (Mercalli, Cancani, Sieberg) o MM (Mercalli Modificata). La scala Mercalli valuta gli effetti prodotti da un terremoto sulle persone e sulle cose ed è stata inizialmente divisa in 10 gradi e poi ampliata in 12 gradi (figura 5). Il primo grado è stato attribuito a scosse avvertite solo dagli strumenti, mentre il dodicesimo a scosse distruttive.

## TERREMOTO

### SCALA SISMICA MERCALLI-CANCANI-SIEBERG

grado	denominazione della scossa	accelerazione massima (in mm/s <sup>2</sup> ) impressa al suolo	caratteristiche ed effetti
I	strumentale	0-2,5	avvertita solo dagli strumenti sismici
II	leggerissima	2,5-5	avvertita solo da qualche persona in opportune condizioni
III	leggera	5-10	avvertita da poche persone
IV	mediocre	10-25	avvertita da molte persone; tremito di infissi e cristalli, e leggere oscillazioni di oggetti appesi
V	forte	25-50	avvertita anche da persone addormentate; caduta di oggetti
VI	molto forte	50-100	qualche leggera lesione negli edifici
VII	fortissima	100-250	caduta di fumaioli, lesioni negli edifici
VIII	rovinosa	250-500	rovina parziale di qualche edificio; qualche vittima isolata
IX	disastrosa	500-1000	rovina totale di alcuni edifici e gravi lesioni in molti altri; vittime umane sparse ma non numerose
X	disastrosissima	1000-2500	rovina di molti edifici; molte vittime umane; crepacci nel suolo
XI	catastrofica	2500-5000	distruzione di agglomerati urbani; moltissime vittime; crepacci e frane nel suolo; maremoto
XII	grande catastrofe	oltre 5000	distruzione di ogni manufatto; pochi superstiti; sconvolgimento del suolo; maremoto distruttivo

I valori di intensità vengono usati anche per ottenere rappresentazioni cartografiche degli effetti di un terremoto. Le isosisme sono le linee che individuano aree in cui il terremoto ha colpito con la stessa intensità.

In sismologia, si preferisce utilizzare la scala della magnitudo basata su parametri rigorosamente oggettivi. Il concetto di magnitudo fu introdotto da Charles F. Richter nel 1935, ed è definita come il logaritmo in base dieci della massima ampiezza dell'onda sismica registrata (misurata in micron) da un sismografo standard "Wood Anderson" (scelto come riferimento) nel corso di un terremoto avvenuto alla distanza epicentrale di 100 km. Tale grandezza rappresenta una misura oggettiva in quanto valuta unicamente la quantità di energia rilasciata da un terremoto. La Magnitudo locale Richter,  $M_L$ , è espressa in scala logaritmica per poter rappresentare su una stessa scala eventi di piccola e grande entità; ogni aumento di un'unità nella magnitudo corrisponde un aumento di 10 volte nell'ampiezza misurata (e un rilascio di energia circa 30 volte maggiore).

L'evento sismico viene misurato in base a due distinti criteri:

**1) la magnitudo Richter**

**2) l'intensità o scala Mercalli MCS.**

Con la prima si stima il valore dell'energia liberata dal sisma (da 1 a 9); con la seconda vengono stimati il grado di percezione sulle persone e gli effetti prodotti dalla scossa sulle cose tenendo conto del grado di vulnerabilità degli edifici e delle opere umane (da 1 a 12) . E' quindi difficile ed empirico accumunare le due scale, proprio perchè anche un sisma di medio-piccola potenza potrebbe provocare seri danni agli edifici e/o alle persone a seconda del grado di vulnerabilità degli stessi.

## **Scala Mercalli**

I-II > Percezione strumentale

III-V > percezione crescente, reazioni di paura, caduta di oggetti, ma nessun danno

V-VII danni lievi agli edifici, in particolare a quelli non antisismici

VIII-XI > crolli e distruzione di una percentuale crescente di edifici

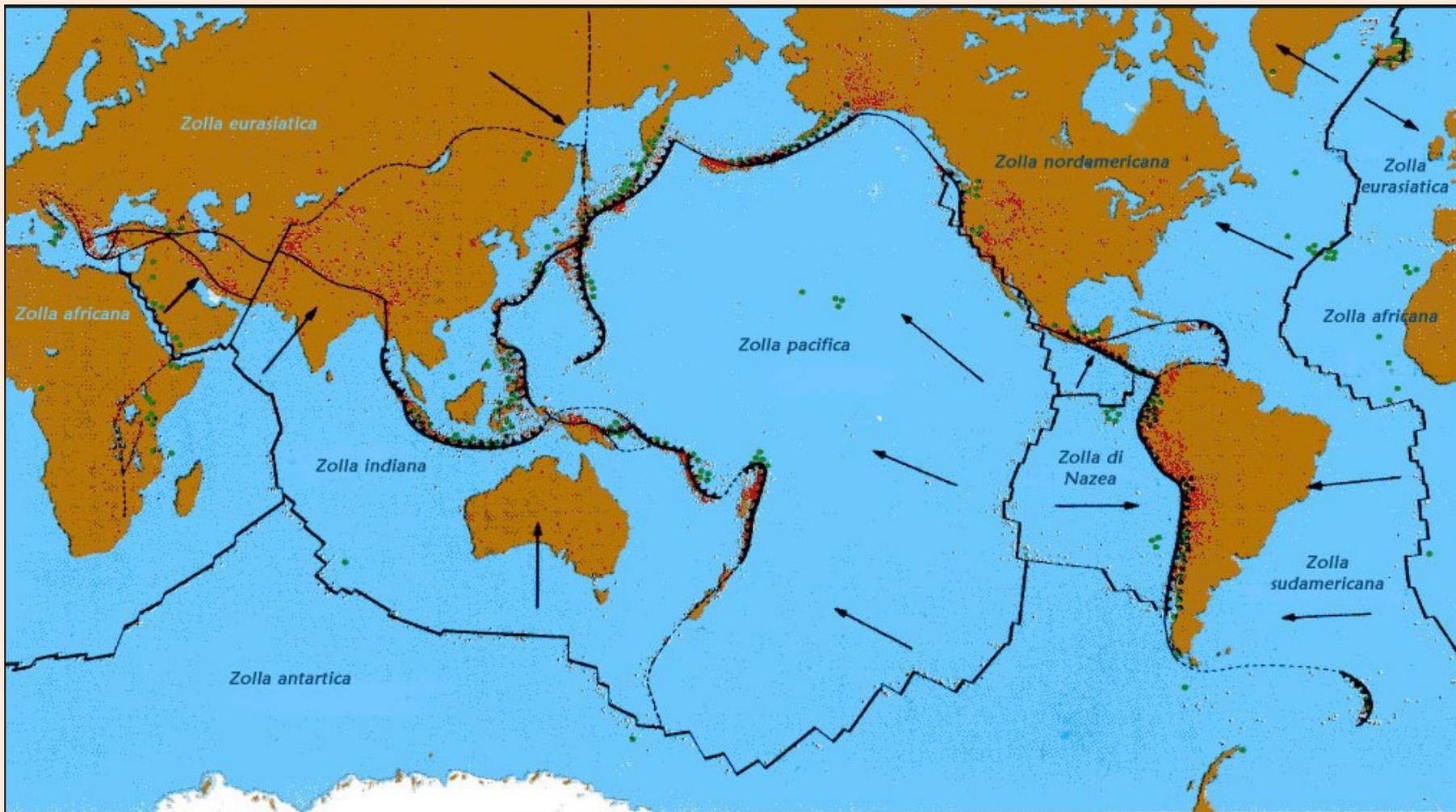
XII > sconvolgimento catastrofico. Storicamente mai raggiunto.

I più grandi e devastanti terremoti di questo secolo si sono verificati in Cile (M 8.9), Alaska (M 8.4), Cina (M 8.2), Isole del Pacifico (M 8.0), Iran (7.6), che hanno causato centinaia di migliaia di morti.

Le zone di attività sismica sono per lo più concentrate sulle linee di contatto delle placche tettoniche, là dove è minore l'equilibrio delle stesse. Le fratture superficiali (nell'ordine di 5/15 km di profondità) della crosta terrestre sono chiamate **“faglie”** ed è in prossimità di esse che si originano i terremoti.

E' per questo che il terremoto, pur essendo un fenomeno assolutamente imprevedibile ed improvviso, di solito avviene con una certa ripetitività e frequenza nelle medesime zone, quelle appunto sopra citate.

Ha una durata che difficilmente supera il minuto. L'evento principale qualche volta è preceduto da qualche scossa di "avvertimento", ma, soprattutto, è seguito da una serie di "repliche" minori, che sono causate dal naturale assestamento del terreno.



## TETTONICA A ZOLLE

 Vulcani

 Zona di subduzione

 Margini dislocati da faglie trasformi

 Direzione di accrescimento della zolla

 Zona di terremoti

 Margini di zolla incerti

 Zolle di collisione

 Crosta continentale

# La pericolosità sismica

**Con pericolosità sismica si intende lo scuotimento del suolo atteso in un sito a causa di un terremoto.** Essendo prevalentemente un'analisi di tipo probabilistico, si può definire un certo scuotimento solo associato alla probabilità di accadimento nel prossimo futuro. Non si tratta pertanto di previsione deterministica dei terremoti, obiettivo lungi dal poter essere raggiunto ancora in tutto il mondo, né del massimo terremoto possibile in un'area, in quanto il terremoto massimo ha comunque probabilità di verificarsi molto basse.

Nel **2004** è stata rilasciata questa **mappa della pericolosità sismica** (<http://zonesismiche.mi.ingv.it>) che fornisce **un quadro delle aree più pericolose in Italia**. La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (GdL MPS, 2004; rif.

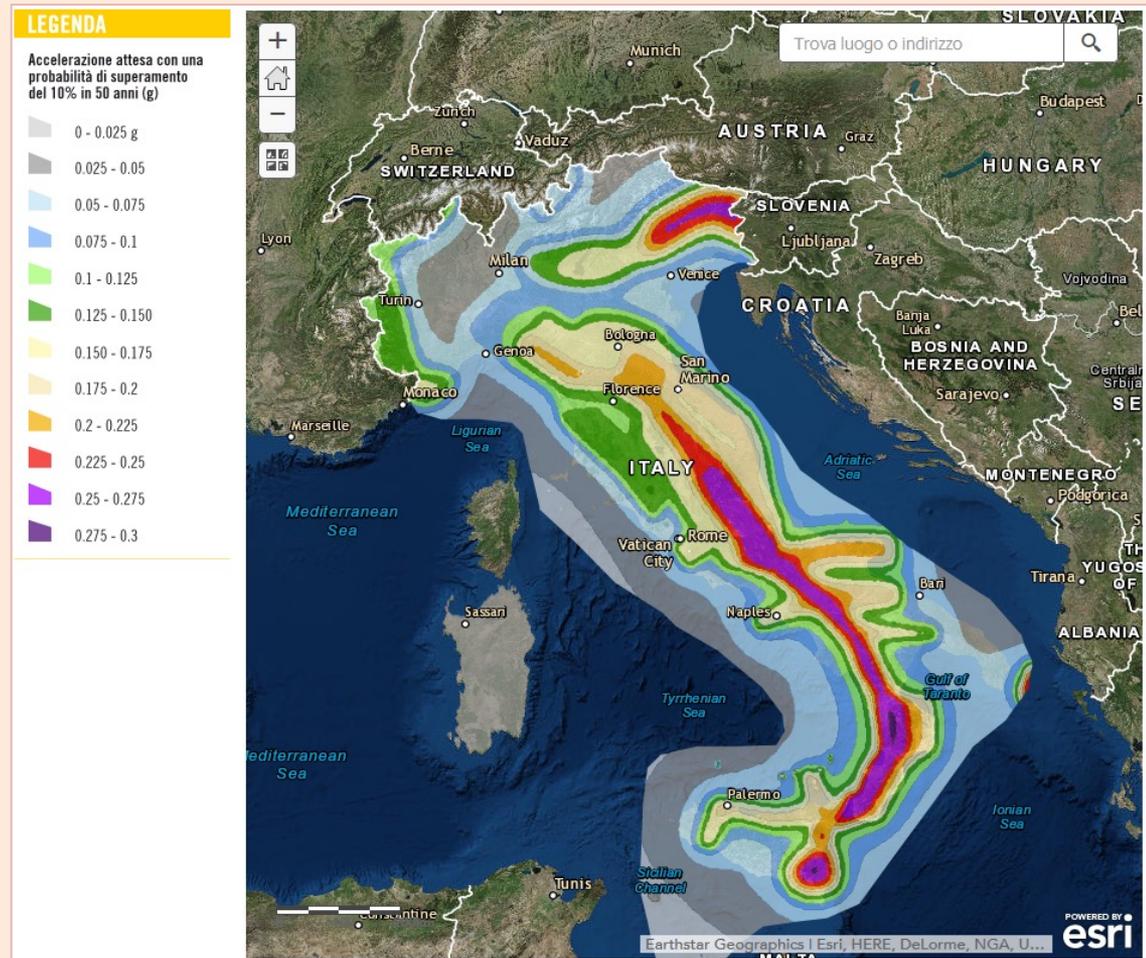
Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, n. 3519, All. 1b) è espressa in termini di accelerazione orizzontale del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005). **L'Ordinanza PCM n. 3519/2006 ha reso tale mappa uno strumento ufficiale di riferimento per il territorio nazionale.**

Nel 2008 sono state aggiornate le **Norme Tecniche per le Costruzioni**: per ogni luogo del territorio nazionale l'azione sismica da considerare nella progettazione si basa su questa stima di pericolosità opportunamente corretta per tenere conto delle effettive caratteristiche del suolo a livello locale.

# Mappa della pericolosità sismica

I colori indicano i diversi valori di accelerazione del terreno che hanno una probabilità del 10% di essere superati in 50 anni. Indicativamente i colori associati ad accelerazioni più basse indicano zone meno pericolose, dove la frequenza di terremoti più forti è minore rispetto a quelle più pericolose, ma questo non significa che non possano verificarsi.

Gli scuotimenti più forti, con valori delle accelerazioni del suolo superiori a 0.225 g ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , accelerazione di gravità), sono attesi in Calabria, Sicilia sud-orientale, Friuli-Venezia Giulia e lungo tutto l'Appennino centro-meridionale. Valori medi sono riferiti alla Penisola Salentina, lungo la costa tirrenica tra Toscana e Lazio, in Liguria, in gran parte della Pianura Padana e lungo l'intero Arco Alpino. La Sardegna è la regione meno pericolosa con valori di scuotimento atteso moderati.



I TERREMOTI STORICI

# **IL TERREMOTO DI MESSINA REGGIO CALABRIA DEL 28/12/1908**



## Il terremoto di Reggio Calabria Messina – 28/12/1908

*«Ormai in quel lido, non altra opera umana si compie che l'ultima; il seppellimento. Non si aggirano tra le rovine se non fossori. E i fossori sono militi, come dopo una battaglia. E fu invero una battaglia quale mai non si raccontò nella storia degli uomini. Una immensa torma di cavalli [...] sembrò passare al galoppo, sottoterra, nella fragorosa carica di un minuto. Una bocca di fuoco sparò [...] col rombo di cento cannoni in uno, nel cupo silenzio della notte. E il mare si alzò di cinquanta metri, e la terra si abbassò e poi balzò su. E un soffio vastissimo di luce rossa, come un'improvvisa aurora boreale, alitò dal lido opposto; e un astro o più astri si sgretolarono in cielo. Fu una battaglia davvero, ma di Titani, ridesti dal loro sonno millenario in fondo agli abissi, e ritrovatisi in cuore la terribile loro collera primordiale. Ora in quel campo di battaglia, battaglia durata un attimo, dopo quindici giorni si procede all'opera ultima e postuma». G. Pascoli*

**Il grande terremoto avvenne all'alba del 28 dicembre, alle ore 5:20:27 locali.** L'ora esatta risulta dal sismogramma registrato all'Osservatorio di Messina, salvato dal sismologo Emilio Oddone, che fu tra i primi studiosi a giungere sui luoghi del disastro. La durata della scossa percepita dalle persone fu di 30-40 secondi e, secondo la maggioranza dei testimoni, fu divisa in due o tre fasi distinte, di cui l'ultima molto più violenta. **Il valore di magnitudo fu di 7.1**, secondo i dati convergenti risultanti dalle analisi delle registrazioni strumentali e delle stime macrosismiche.

**I danni più gravi** (equivalenti a effetti di **XI e X grado della scala MCS**) furono rilevati in un'area di circa **600 km<sup>2</sup>**: in **76 località della provincia di Reggio Calabria** e in **14 della provincia di Messina** ci furono **distruzioni devastanti, estese dal 70 al 100% delle costruzioni**. Nel Messinese l'area delle distruzioni pressoché totali fu ristretta al territorio del comune di Messina e comprese, oltre alla città, diverse frazioni litoranee o dell'immediato entroterra. **A Messina il terremoto fu catastrofico e distrusse completamente il tessuto urbano**: abitazioni, edifici pubblici civili ed ecclesiastici, infrastrutture. Le costruzioni che resistettero furono incredibilmente poche: secondo i dati del Ministero dei Lavori Pubblici soltanto due case risultarono illese. Tutte le altre crollarono totalmente o ne rimasero in piedi solo le pareti esterne, mentre collassarono tetti, solai, muri divisorii e scale. **Ci furono tra Messina e Reggio Calabria oltre 100.000 morti.**

# Gli effetti del terremoto del 28/12/1908



Pure in questo quadro di distruzione generale, fu rilevato che gli effetti furono più catastrofici nei quartieri antichi e più bassi della zona centrale della città, fondati su terreni alluvionali poco stabili e dove la qualità del patrimonio edilizio era generalmente pessima. Gli edifici erano infatti troppo alti, quasi sempre non in seguito a un progetto di edificazione organico, ma a causa di successive sproporzionate soprelevazioni, senza un adeguato rafforzamento delle fondazioni, che risultavano dunque insufficienti. I muri erano troppo sottili in relazione all'altezza, spesso costruiti con ciottoli di fiume o con mattoni tenuti insieme da scarso cemento. I tetti e i solai risultavano eccessivamente pesanti e mal connessi con i muri maestri: per questo in molti casi sprofondarono anche quando le murature esterne rimasero in piedi. Gli effetti furono un po' meno disastrosi nella parte alta più periferica della città, dove gli edifici erano fondati su terreni più stabili e compatti, e nei quartieri nuovi dove la qualità delle costruzioni era migliore.



**In Calabria il terremoto ebbe effetti distruttivi in un'area molto più estesa di quella siciliana, comprendente tutto il versante occidentale del massiccio dell'Aspromonte.** In molte località, inoltre, i danni del 1908 si sovrapposero a quelli non adeguatamente riparati causati dai **precedenti terremoti del 1894, 1905 e 1907.** Oltre che a Reggio Calabria, la scossa fu disastrosa in diversi centri abitati importanti, come Calanna, Sant'Alessio in Aspromonte, Sant'Eufemia in Aspromonte, Villa San Giovanni, e in tutte le località della costa, a nord e a sud di Reggio, rimaste poi devastate anche dallo tsunami che seguì la scossa.

# Cosa fare durante un terremoto

## Se sei in un luogo chiuso

Mettiti nel vano di una porta inserita in un muro portante (quello più spesso), vicino a una parete portante o sotto una trave, oppure riparati sotto un letto o un tavolo resistente.

Al centro della stanza potresti essere colpito dalla caduta di oggetti, pezzi di intonaco, controsoffitti, mobili ecc. Non precipitarti fuori, ma attendi la fine della scossa.



## Se sei all'aperto

Allontanati da edifici, alberi, lampioni, linee elettriche: potresti essere colpito da vasi, tegole e altri materiali che cadono.



Fai attenzione alle altre possibili conseguenze del terremoto: crollo di ponti, frane, perdite di gas ecc.

# Cosa fare dopo il terremoto



Assicurati dello stato di salute delle persone attorno a te e, se necessario, presta i primi soccorsi. →

← Prima di uscire chiudi gas, acqua e luce e indossa le scarpe. Uscendo, evita l'ascensore e fai attenzione alle scale, che potrebbero essere danneggiate. Una volta fuori, mantieni un atteggiamento prudente.



Limita, per quanto possibile, ↑ l'uso del telefono.

Limita l'uso dell'auto per evitare di intralciare il passaggio dei mezzi di soccorso.

Se sei in una zona a rischio maremoto, allontanati dalla spiaggia e raggiungi un posto elevato. →



Raggiungi le aree di attesa previste dal Piano di emergenza comunale. →



Siti consultati:

[www.ingv.it](http://www.ingv.it)

[www.protezionecivile.gov.it](http://www.protezionecivile.gov.it)

[www.istruzione.it](http://www.istruzione.it)

[www.mit.gov.it](http://www.mit.gov.it)

[www.centrostudicni.it](http://www.centrostudicni.it)

[www.istat.it](http://www.istat.it)

[www.enea.it](http://www.enea.it)

[www.cresme.it](http://www.cresme.it)

