

I TERREMOTI

DI ANDREA ANELLI, GEOLOGO

Lezione nell'ambito del progetto "L'esperto in classe"

Scuola Casearia Pandino

Maggio 2009

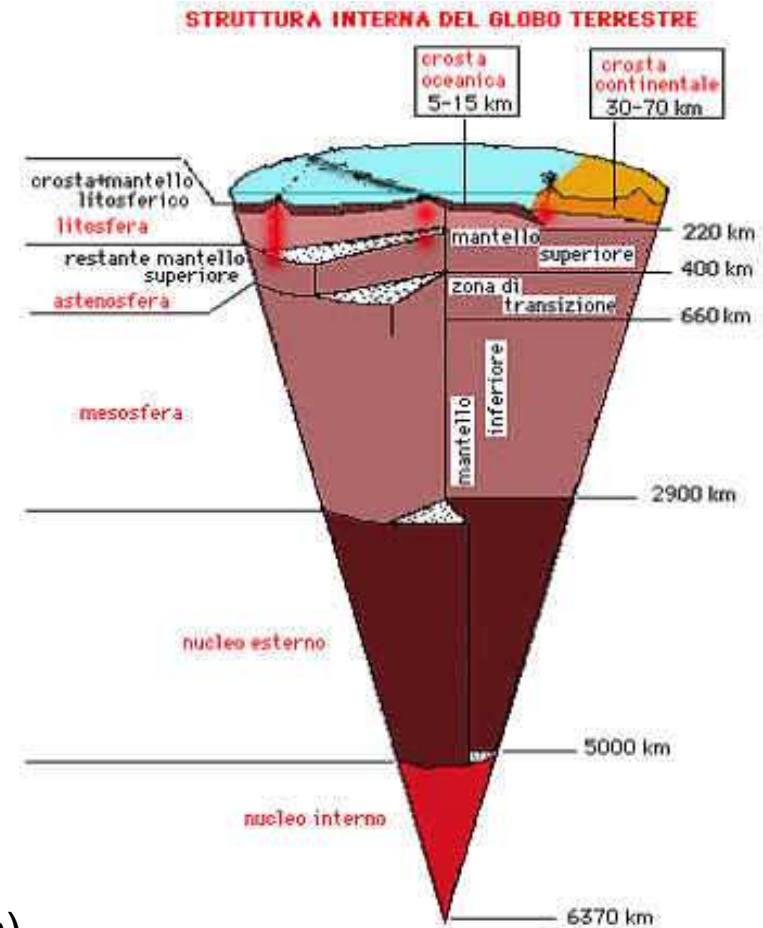
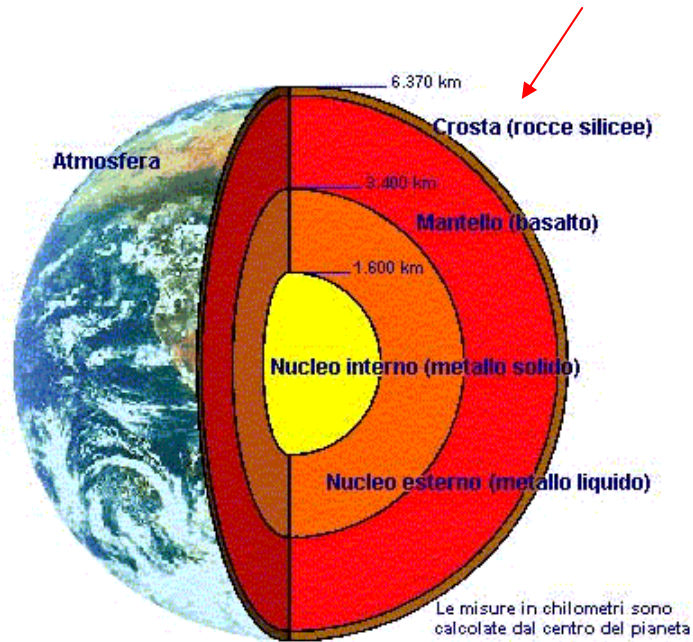
COS'E' UN TERREMOTO

I **terremoti**, detti anche *sismi* o *scosse telluriche*, sono movimenti improvvisi e rapidi della **crosta terrestre**, provocati dalla liberazione di energia in un punto interno, detto **ipocentro**; da questo punto, una serie di **onde elastiche**, dette **onde sismiche**", si propagano in tutte le direzioni; il luogo della superficie terrestre posto sulla verticale dell'ipocentro, si chiama **epicentro** ed è generalmente quello piú interessato dal fenomeno.

I terremoti **possono** diventare una catastrofe naturale!!

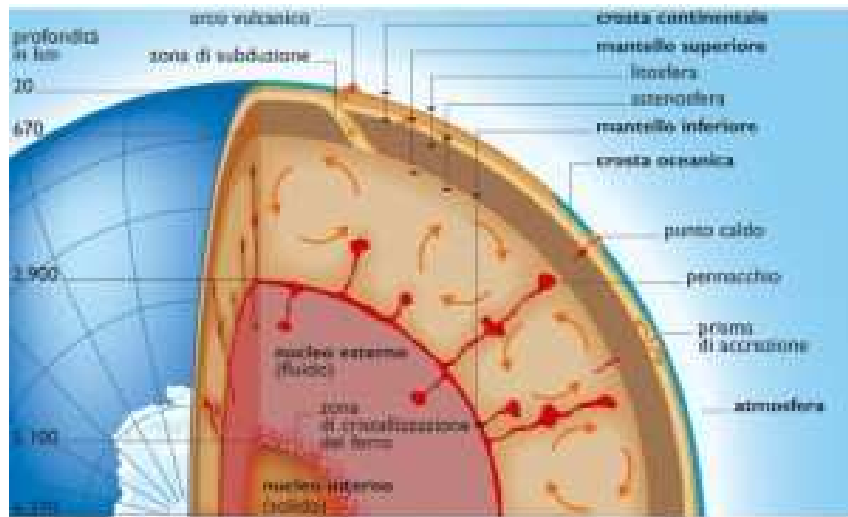


CROSTA TERRESTRE

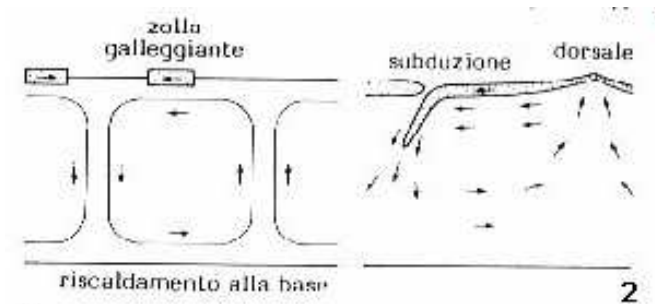


Crosta → solida

Mantello → liquido (densità > della crosta)

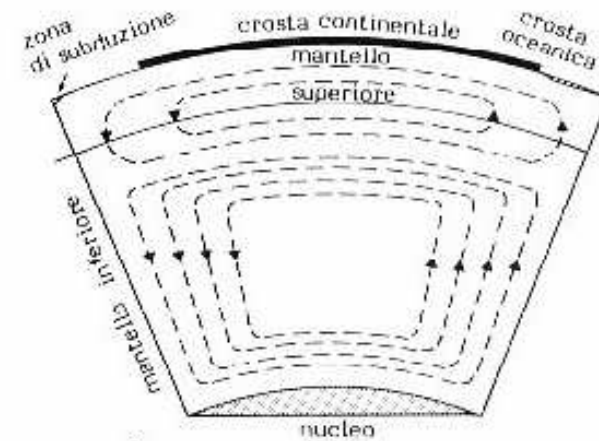


Teorie sul funzionamento delle correnti convettive: in 1 le placche sono trasportate passivamente, in 2 sono le stesse placche che generano le correnti, in 3 un modello a celle convettive separate tra mantello superiore e mantello inferiore



1

2



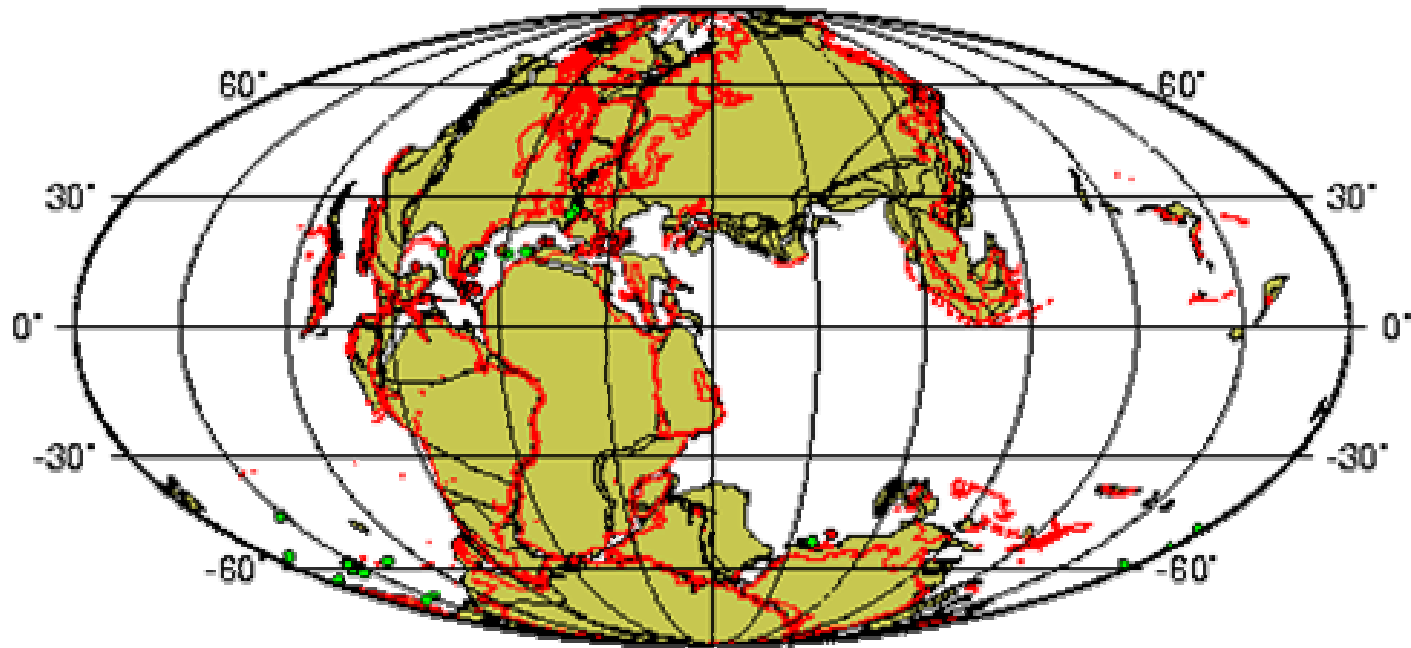
3

- Deriva dei continenti (Wegener)
- Correnti convettive del mantello (Holmes)



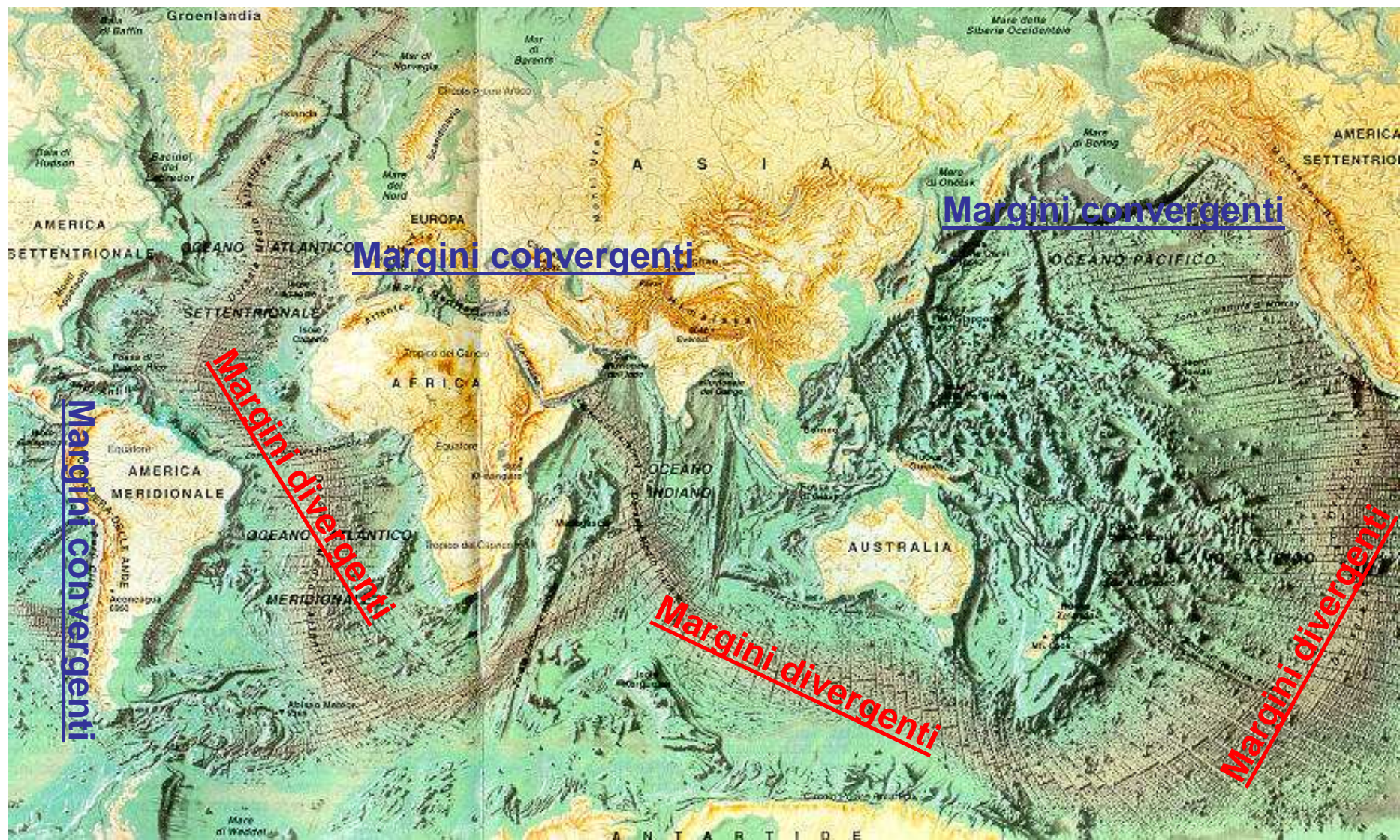
La litosfera (crosta) è divisa in una ventina di frammenti rigidi e di diverse dimensioni: **le Placche o Zolle**. Queste sono giustapposte come le tessere di un mosaico, non sono ferme ma si muovono l'una rispetto all'altra. Ovviamente, in funzione della densità dei materiali di cui sono costituite, le placche hanno comportamento diverso: le granitiche, più leggere, tendono a restare in alto; le basaltiche, più pesanti, tendono a sprofondare. **I margini di separazione tra una placca e l'altra sono le zone in cui avviene il movimento reciproco e possono essere divergenti, convergenti e trascorrenti.**

Quindi le placche, anche se lentamente, si muovono!!



150 My Reconstruction

Ricostruzione movimenti placche dal Giurassico Medio (circa 150 milioni di anni fa) fino ad oggi!!



Margini convergenti

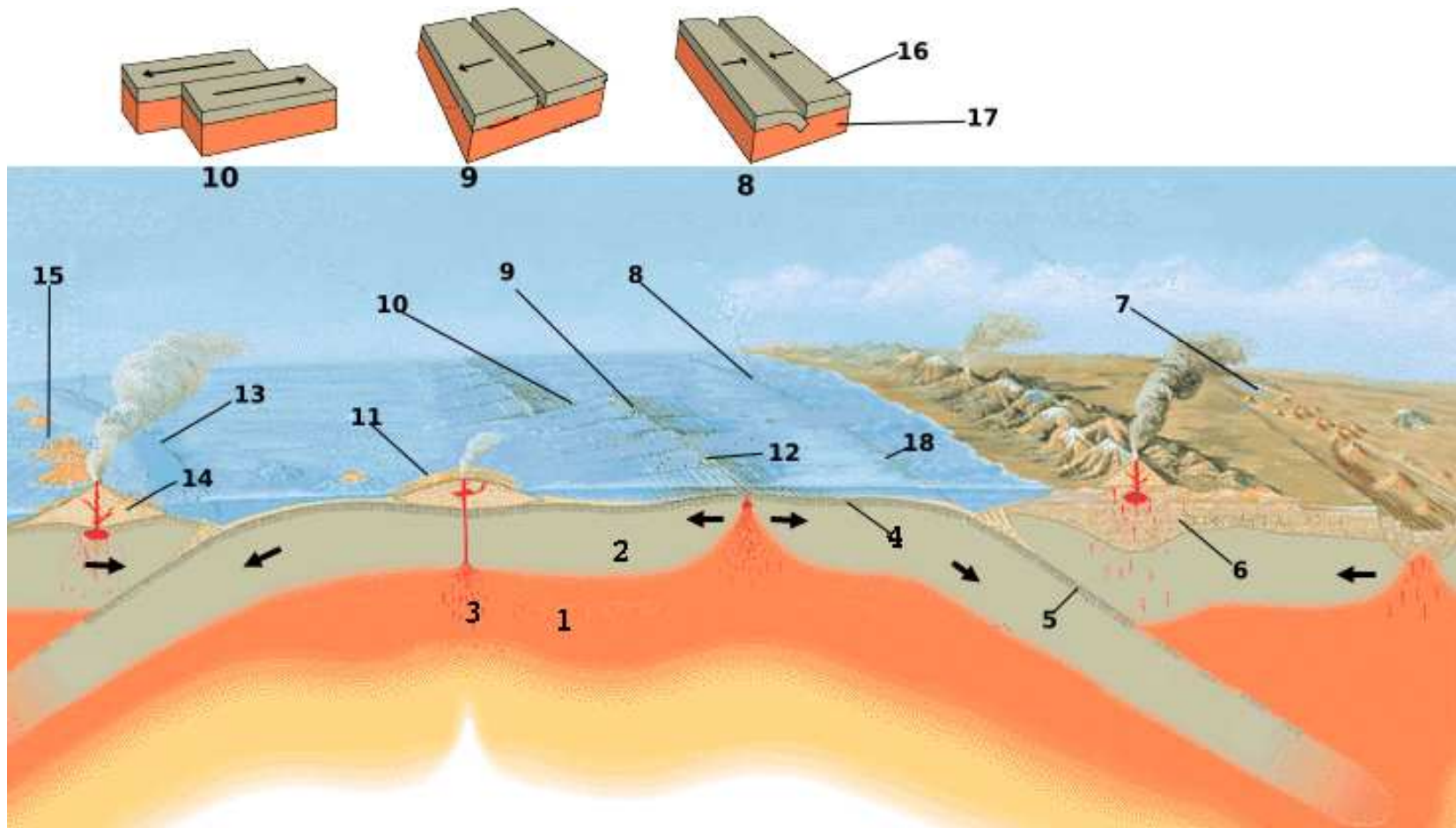
Margini convergenti

Margini convergenti

Margini divergenti

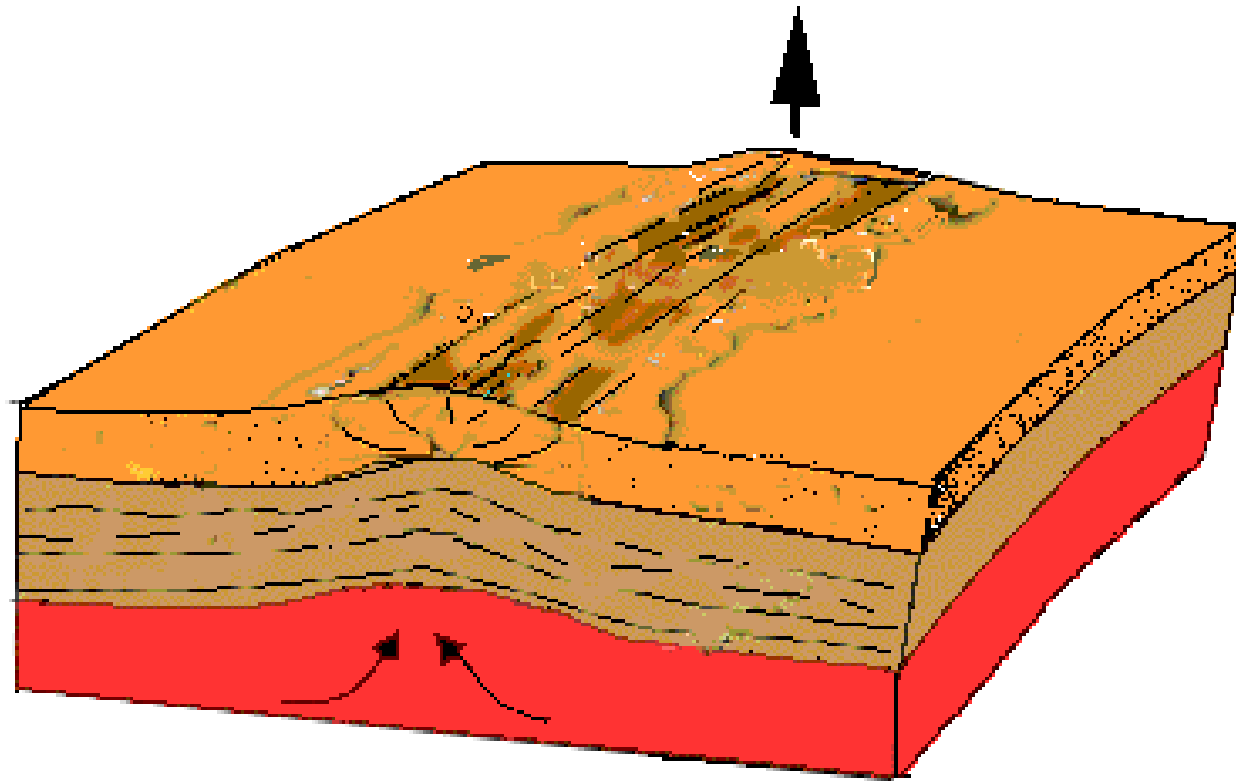
Margini divergenti

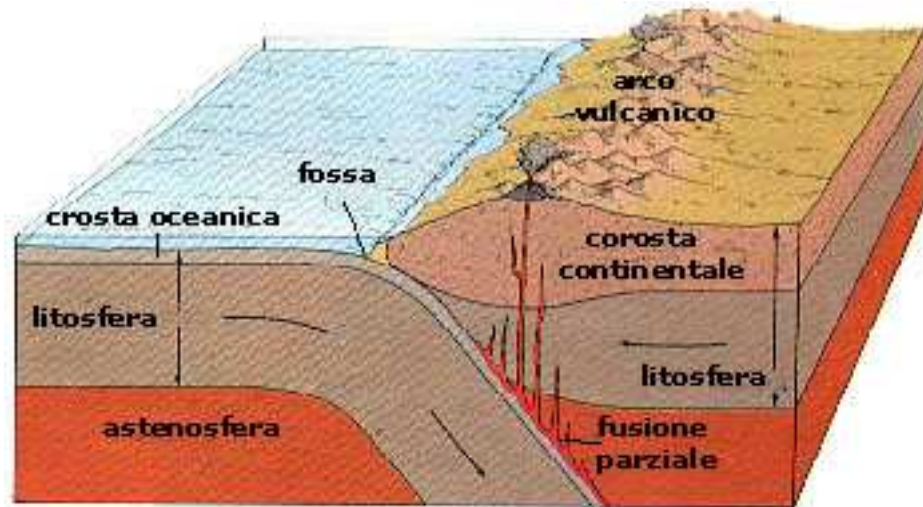
Margini divergenti



1- Astenosfera; 2- Litosfera; 3- Punto caldo; 4- Crosta oceanica; 5- Placca in subduzione; 6- Crosta continentale; 7- Zona di rift continentale (Nuovo margine di placca); 8- Placca a margine convergente; 9- Placca a margine divergente; 10- Placca a margine trasforme; 11- Vulcano a scudo; 12- Dorsale oceanica; 13- Margine di placca convergente; 14- Strato vulcano; 15- Arco isola; 16- Placca 17- Astenosfera; 18- Fossa

L'animazione mostra un processo durato decine di milioni di anni e che ha dato origine prima ad un oceano e poi ad una catena montuosa.

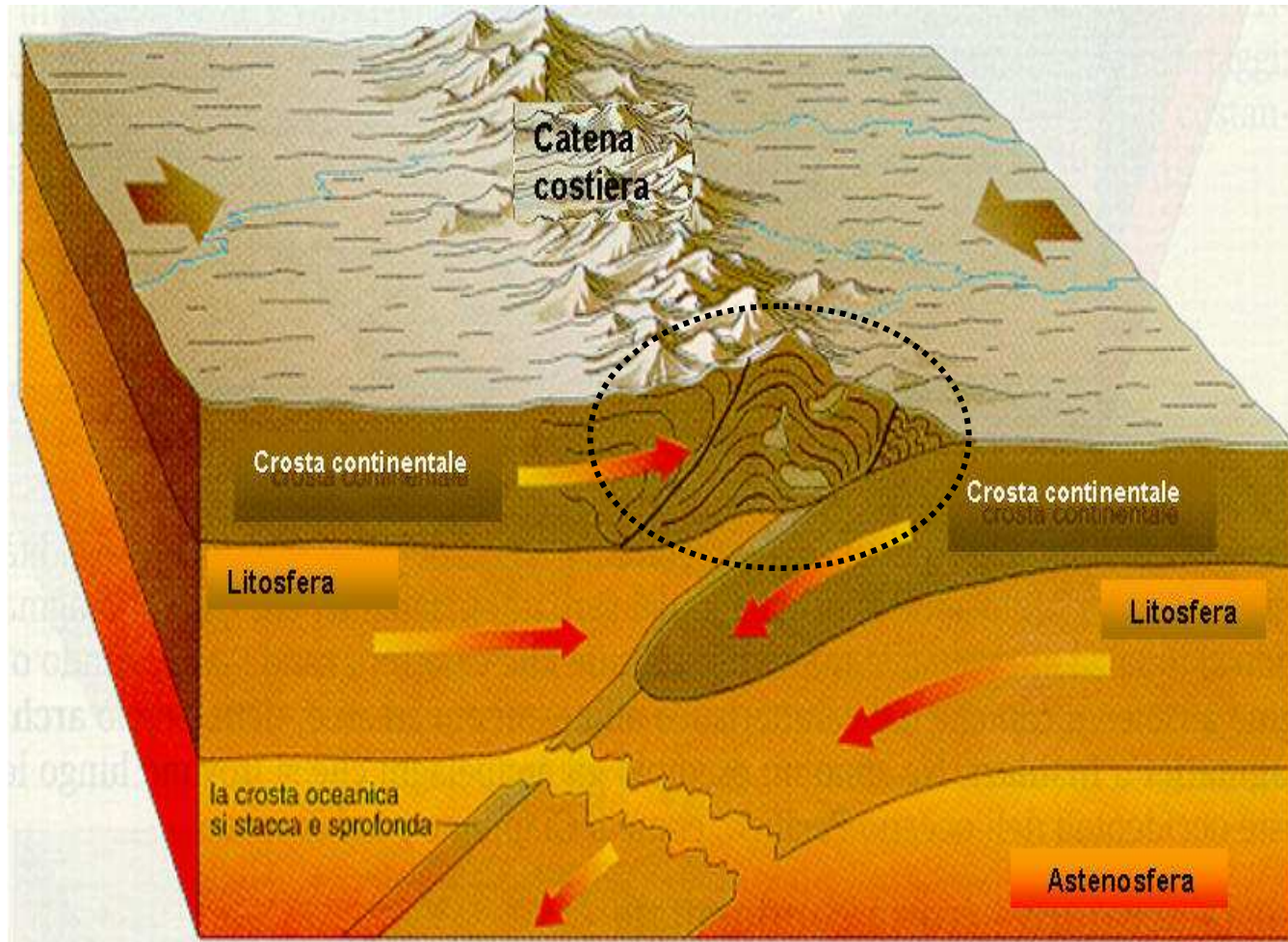




Nei margini convergenti invece si hanno due placche che convergono, cioè che si scontrano; quando questo accade una delle due placche inizierà a scivolare al di sotto dell'altra penetrando nell'astenosfera dove inizia a fondersi per poi scomparire all'interno del mantello; si ipotizza che ciò avvenga intorno ai 700 Km di profondità poiché non si registrano terremoti al di sotto di tale profondità.

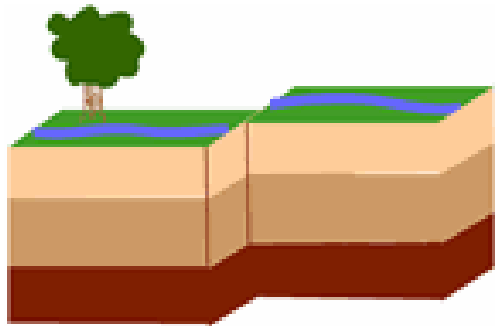


Quando una placca scivola al di sotto di un'altra allora si parla di **zona di subduzione** nella quale generalmente si ha la formazione di un prisma di accrezione, di un arco magmatico e di una fossa.

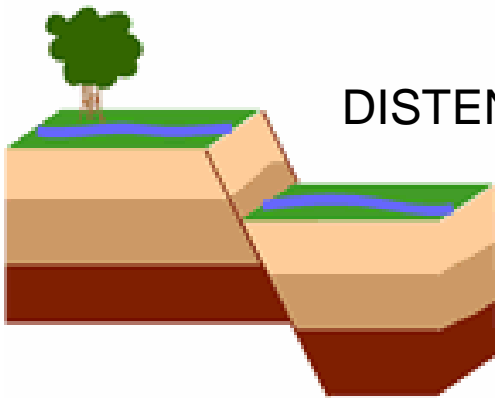
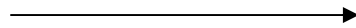


Zona di assestamento dovuta a compressione-scontro crosta-crosta; si generano quindi fratture (faglie) che con i loro movimenti mantengono in equilibrio il sistema crostale.

ESEMPI DI FAGLIE

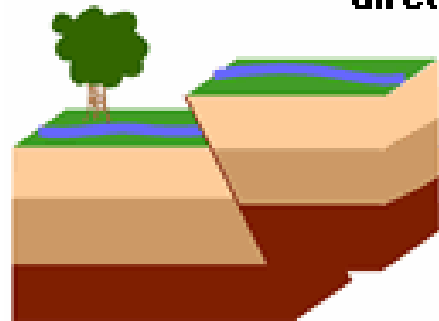
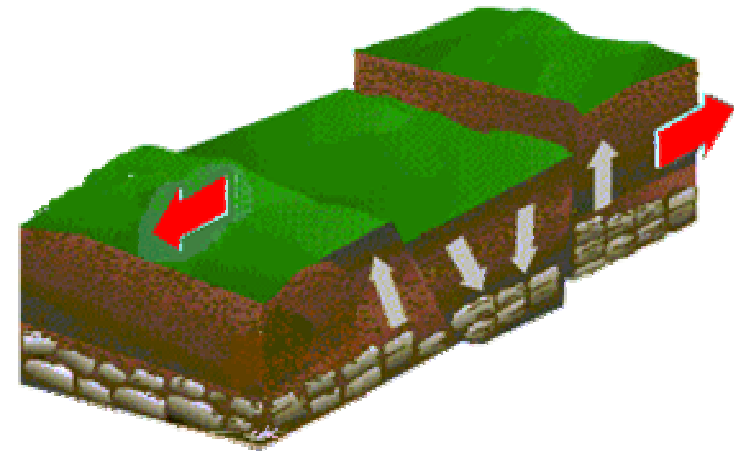


trascorrente



DISTENSIONE

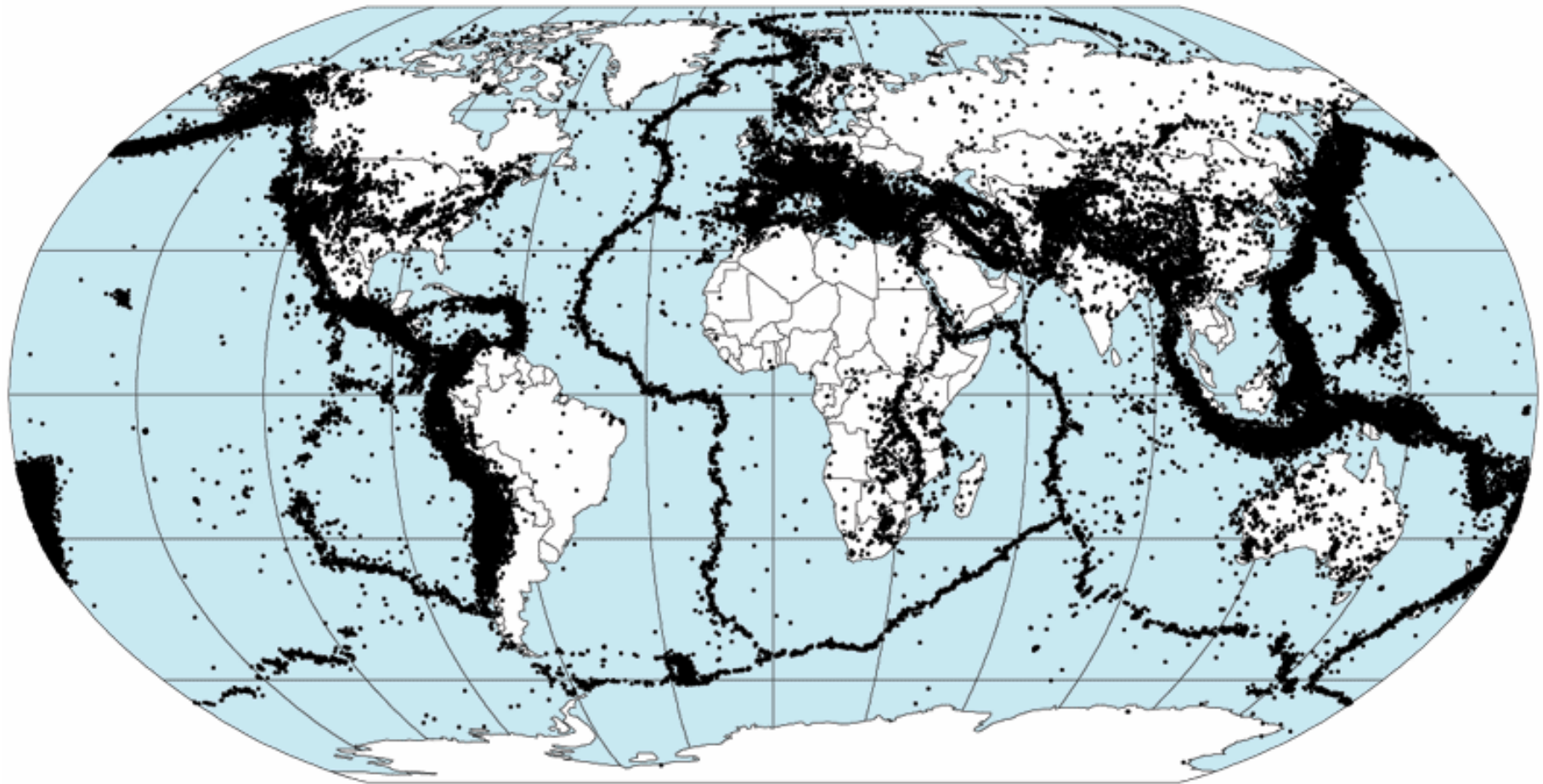
diretta

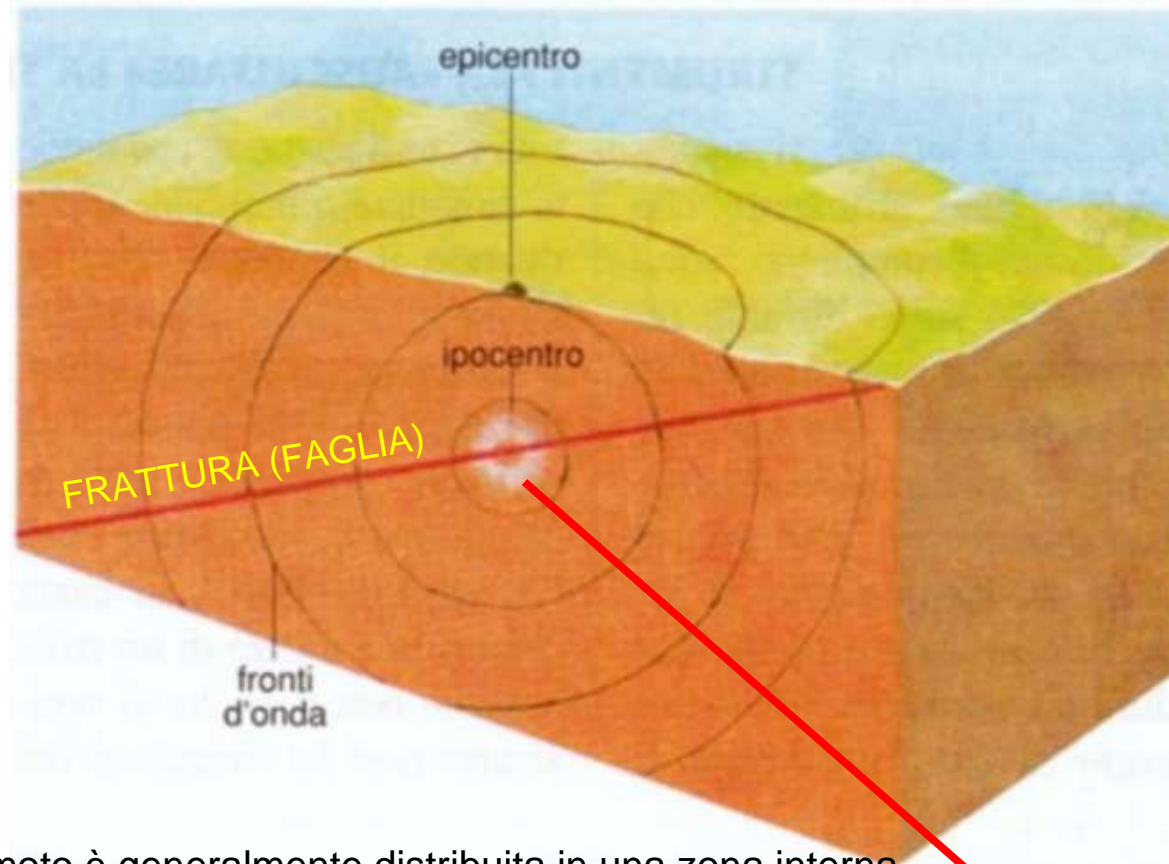


COMPRESSIONE

inversa

Preliminary Determination of Epicenters
358,214 Events, 1963 - 1998



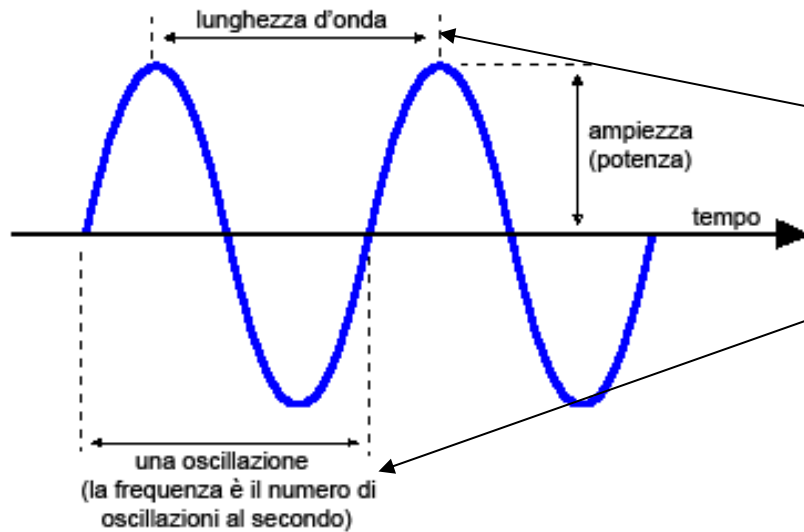


La fonte del terremoto è generalmente distribuita in una zona interna della crosta terrestre — nel caso dei terremoti più devastanti questa può avere un'estensione dell'ordine di un migliaio di chilometri — ma è normalmente possibile identificare un punto preciso dal quale le onde sismiche hanno avuto origine; questo si chiama "**ipocentro**" e qui si è originato il movimento della frattura preesistente (*faglia*) o la sua improvvisa generazione. La proiezione verticale dell'ipocentro sulla superficie terrestre viene invece detta "**epicentro**", ed è il punto in cui di solito si verificano i maggiori danni.



Onde sismiche

(onda → perturbazione che si propaga attraverso lo spazio trasportando energia e non materia)



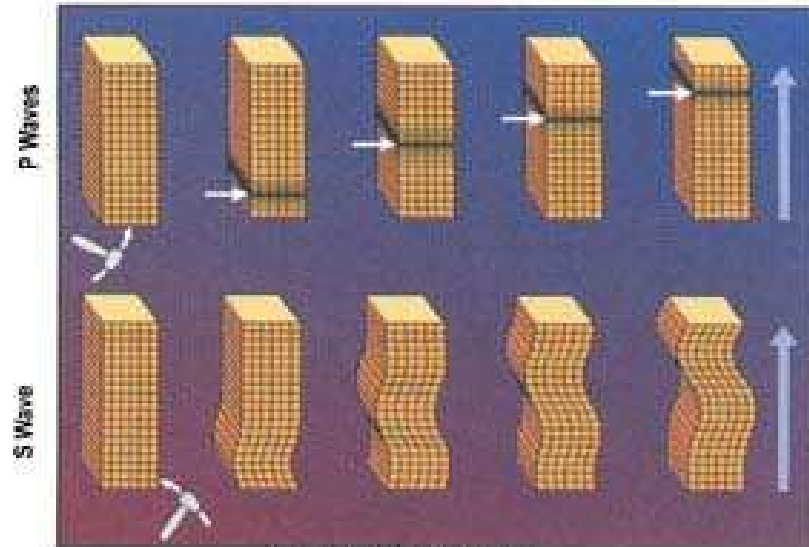
Periodo T : il tempo necessario affinché un ciclo completo di oscillazione venga completato

Frequenza ν : è il numero di periodi per unità di tempo

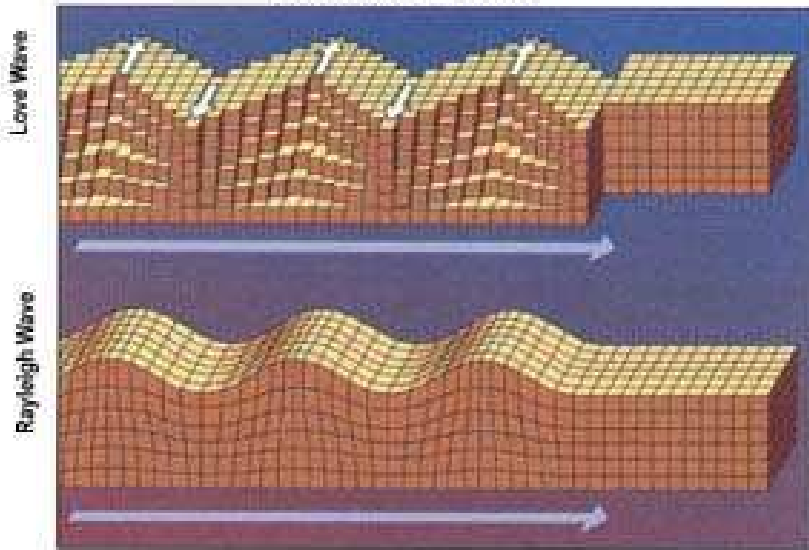
$$\nu = \frac{1}{T}$$

Le **onde sismiche** sono onde che si propagano attraverso il globo terrestre, generate da un terremoto, da attività vulcanica o artificialmente ad opera dell'uomo tramite un'esplosione o un'altra forma di energizzazione del terreno.

Body Waves



Surface Waves



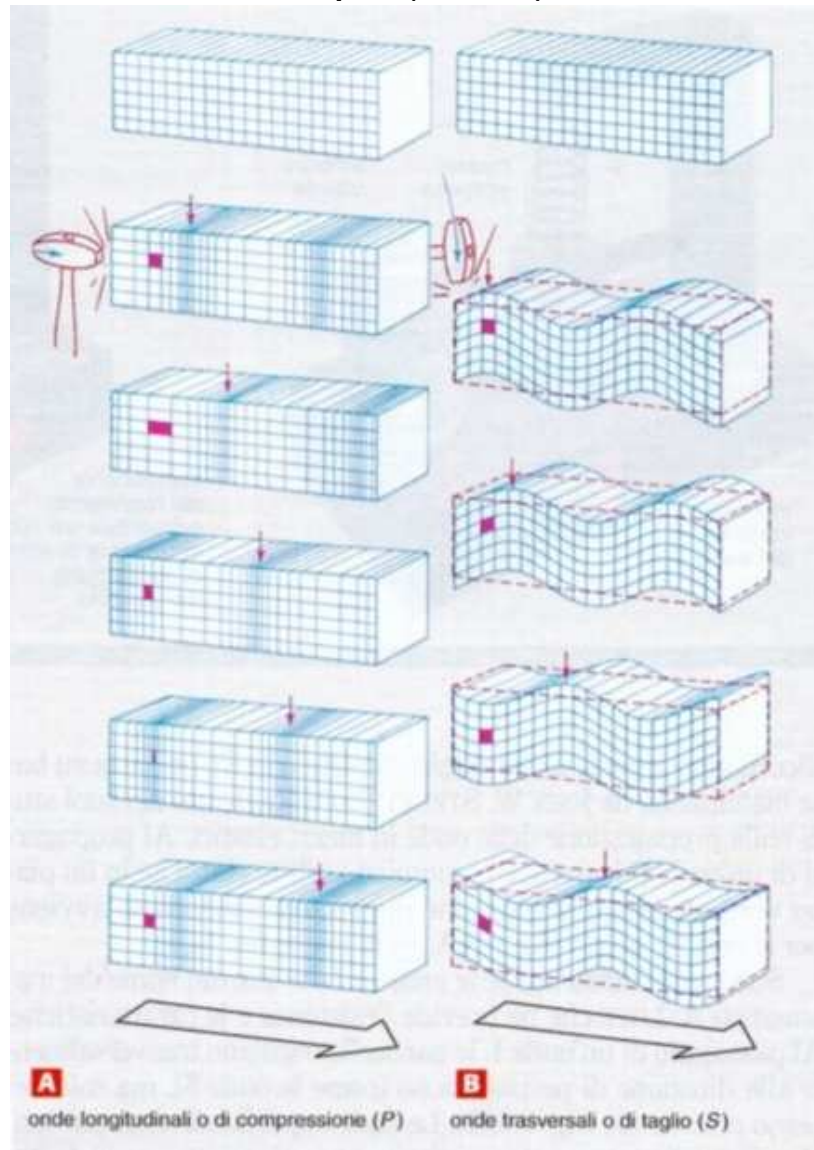
Tipi onde sismiche:

Onde di Corpo o **Onde di Volume** sono quelle onde che si propagano dalla sorgente sismica, attraverso il volume del mezzo interessato, in tutte le direzioni. Una sorgente sismica genera due tipi di onde di corpo (**S e P**)

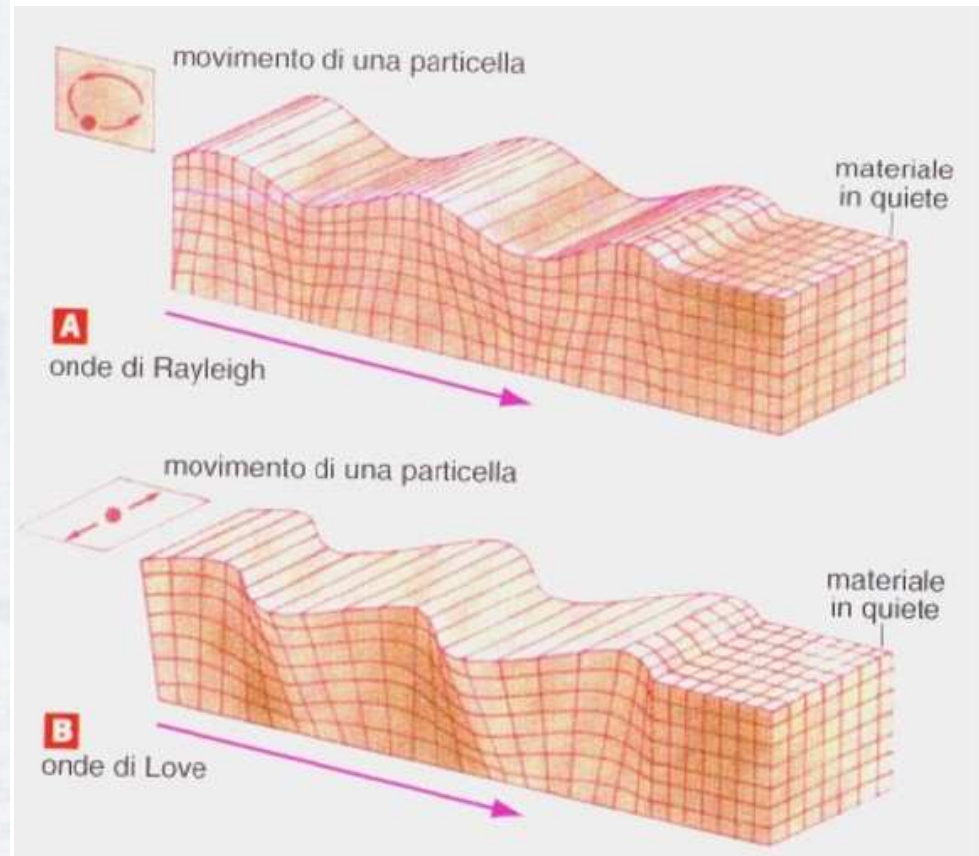
La *velocità di propagazione* di queste onde dipende sia dal tipo di onda che dal mezzo di propagazione, ma risulta comunque sempre massima per le Onde P. **Ad esempio, nel granito la velocità di propagazione delle Onde P è di circa 5,5 km/s, quella delle Onde S è 3,0 km/s, mentre nell'acqua la velocità delle onde P è circa di 1,5 km/s. Le onde S, non si possono invece propagare nei mezzi fluidi.**

Onde superficiali (o **onde di superficie**) vengono a crearsi a causa dell'intersezione delle onde di corpo con una superficie di discontinuità fisica, la più studiata delle quali è la superficie libera della terra, cioè la superficie di separazione tra la crosta terrestre e l'atmosfera terrestre. Queste onde si propagano guidate lungo la superficie e la loro energia decade esponenzialmente con la profondità (è questo il motivo per cui si dicono superficiali). Queste onde vengono indotte facilmente nelle situazioni in cui la sorgente sismica (ipocentro) è poco profonda.

Onde di corpo (P e S)

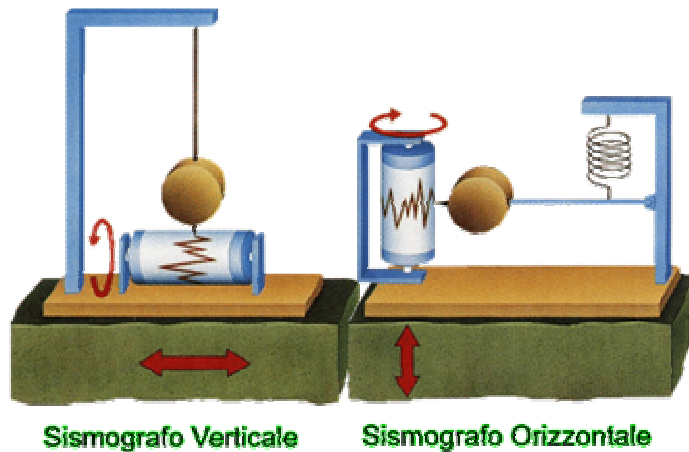


Onde superficiali (R e L)



EFFETTI: COME SI MISURA UN TERREMOTO

SISMOGRAFO → misura e registra gli eventi sismici, valutando il moto del suolo nelle sue componenti verticali ed orizzontali



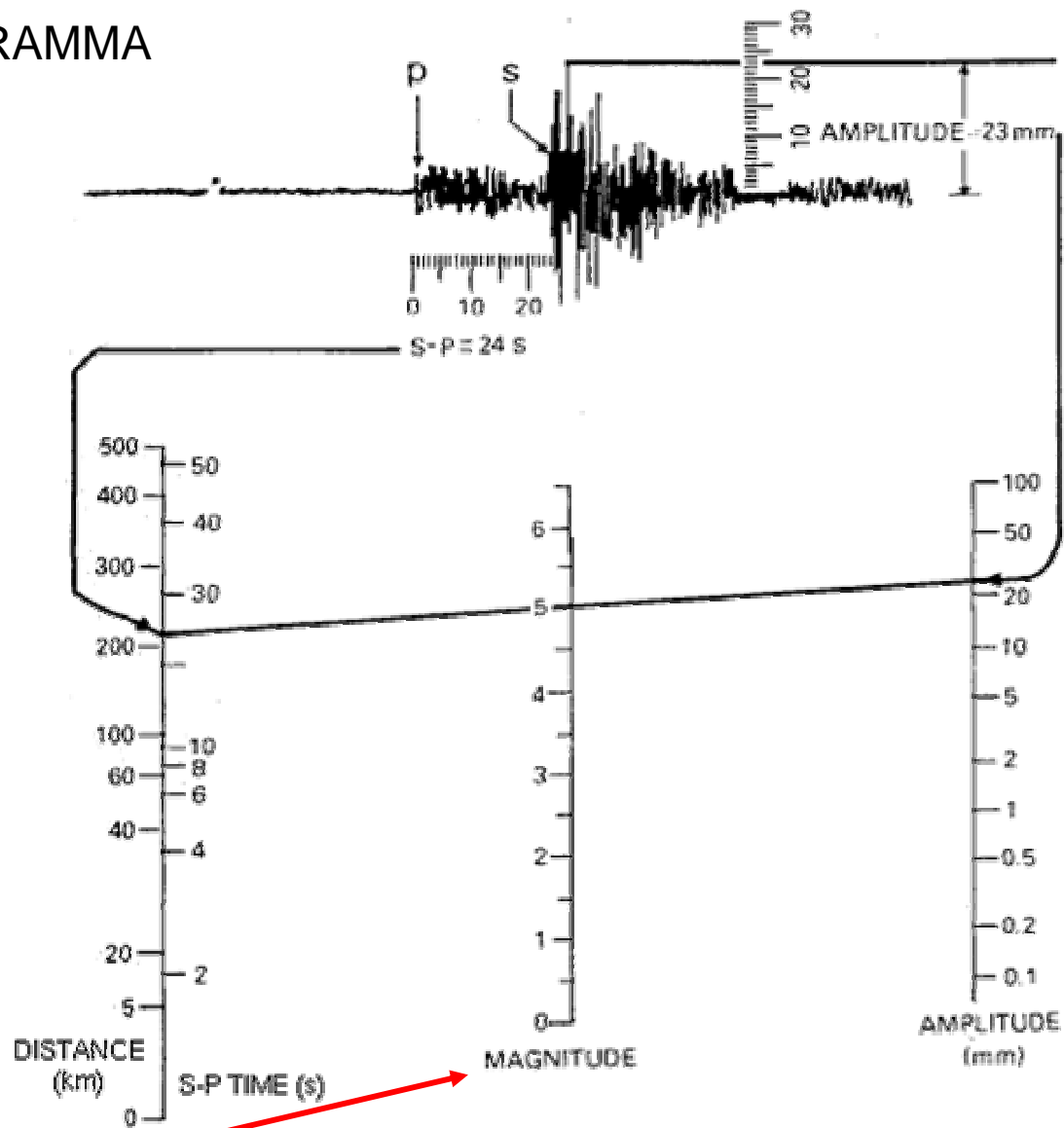
In Italia, invece, l'invenzione del sismografo a pendolo viene attribuita al padre benedettino Don Andrea Bina, a metà del Settecento.



Il primo sismografo fu inventato dal cinese Zhang Heng nel 132 d.C.



SISMOGRAMMA



(Richter)

$$ML = \log_{10}A(mm) + (\text{fattore correttivo per la distanza})$$

ENERGIA RILASCIATA DA UN TERREMOTO PER CLASSI DI MAGNITUDO (RICHTER)

Magnitudo	Equivalente in TNT (quantita' di esplosivo)	Esempio approssimativo
-1.5	170 gr.	Rompere un provino roccioso in laboratorio
1.0	13.5 kg	Esplosione per scavi di palazzi
1.5	145 kg	
2.0	1 ton	Forte esplosione in una cava
2.5	4.6 ton	
3.0	29.0 ton	
3.5	73.0 ton	
4.0	1000 ton	Piccola esplosione nucleare
4.5	5100 ton	Tornado (energia totale in media)
5.0	32000 ton	ad es. Terremoto del 21/8/2000, Monferrato
5.5	80000 ton	... un po' di piu' del terremoto di Carlentini (SR) 15/12/1990 (ML 5.2)
6.0	1 milione ton	ad es. Umbria Marche settembre 1997; Friuli, 1976 (ML 6.3)
6.5	5 milioni ton	ad es. Mar Ligure - 23 Febbraio 1887; Irpinia, 1980
7.0	32 milioni ton	ad es. Messina e Calabria Meridionale 28/12/1908 oppure maggiori test nucleari effettuati
7.5	160 milioni ton	Landers, California, 1992
8.0	1 miliardo ton	San Francisco, California, 1906
8.5	5 miliardi ton	Anchorage, Alaska, 1964
9.0	32 miliardi ton	Cile, 1960
12.0	160000 miliardi tons	Se una faglia tagliasse a meta' la terra!!! (eppure non e' altro che l'energia solare ricevuta in un giorno dalla terra)

Tabella di gravità del terremoto

magnitudo Richter	effetti sisma
0- 1,9	può essere registrato solo mediante adeguati apparecchi.
2- 2,9	solo coloro che si trovano in posizione supina lo avvertono; un pendolo si muove
3- 3,9	poca gente lo avverte come un passaggio di un camion; vibrazione di un bicchiere
4- 4,9	normalmente viene avvertito; un pendolo si muove notevolmente; bicchieri e piatti tintinnano; piccoli danni
5- 5,9	tutti lo avvertono scioccante; molte fessurazioni sulle mura; crollo parziale o totale di poche case; alcuni morti e feriti
6- 6,9	tutti lo percepiscono; panico; crollo delle case; morti e feriti; onde alte
7- 7,9	panico; pericolo di vita negli edifici; solo alcune costruzioni rimangono illese; morti e feriti
8- 8,9	ovunque pericolo di vita; edifici inagibili; onde alte sino a 40 metri
9 e più	totale allagamento dei territori in questione o spostamento delle terre e numerosissimi morti. Pochi sopravvissuti

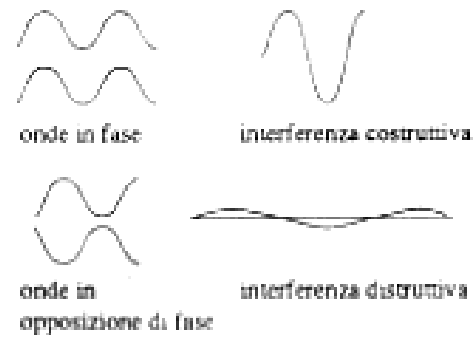
SCALA MERCALLI: misura l'intensità di un terremoto tramite gli effetti che esso produce su persone, cose e manufatti

Grado	Scossa	Descrizione
I	strumentale	avvertita solo dagli strumenti
II	leggerissima	avvertito solo da poche persone sensibili in condizioni particolari
III	leggera	avvertito da poche persone
IV	mediocre	avvertito da molte persone; tremiti di infissi e cristalli; oscillazione di oggetti sospesi
V	forte	avvertito da molte persone, anche addormentate; caduta di oggetti
VI	molto forte	qualche lesione agli edifici
VII	fortissima	caduta di comignoli; lesione agli edifici
VIII	rovinosa	rovina parziale di alcuni edifici; vittime isolate
IX	disastrosa	rovina totale di alcuni edifici; molte vittime umane; crepacci nel suolo
X	disastrosissima	crollo di parecchi edifici; numerose vittime umane; crepacci evidenti nel terreno
XI	catastrofica	distruzione di agglomerati urbani; moltissime vittime; crepacci; frane; maremoto
XII	apocalittica	danneggiamento totale; distruzione di ogni manufatto; pochi superstiti; sconvolgimento del suolo, maremoto

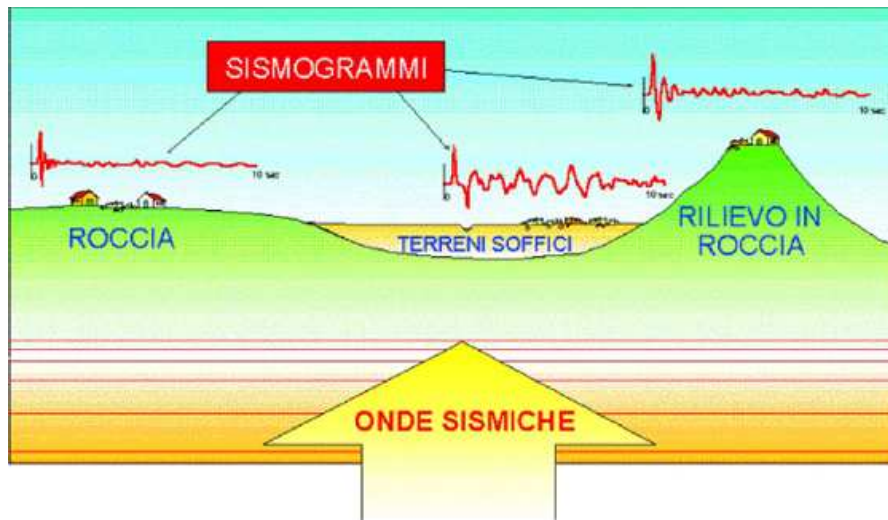




Ponte Tacoma (USA)



(Hugens)



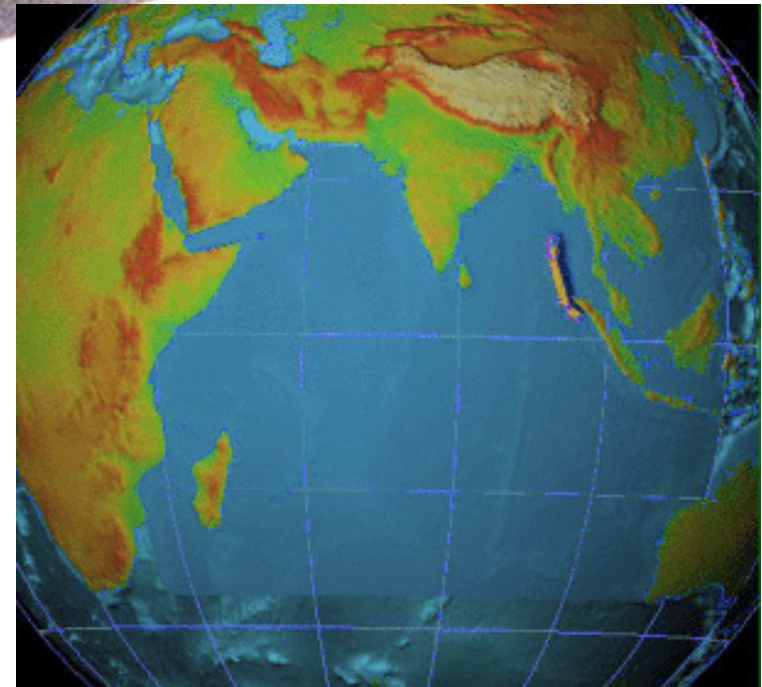
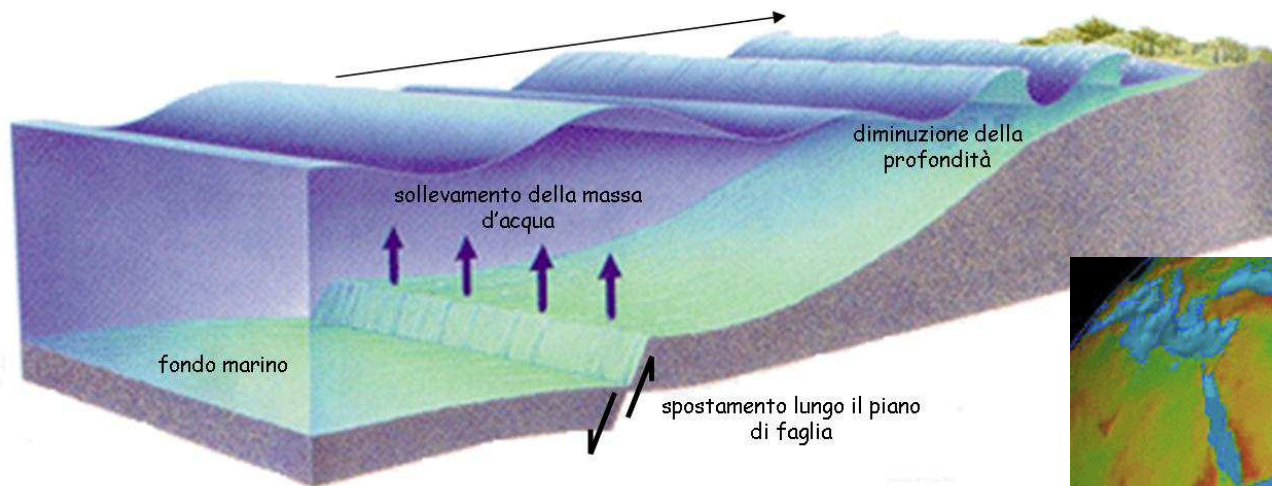
Le onde sismiche sono onde elastiche che provocano l'oscillazione delle particelle di terreno con frequenze (numero di oscillazioni nell'unità di tempo) variabili. Le frequenze delle onde sismiche dipendono non solo dalle caratteristiche geologiche dei terreni, ma anche dalla morfologia della superficie che incontrano, un po' come accade per le onde sonore che subiscono, in certe condizioni, fenomeni di "eco".

Se si verifica una **oscillazione** di intensità tale da entrare in **"risonanza"** con un **edificio**, si possono verificare **danni molto gravi** o il crollo dell'edificio stesso. Questo è il motivo per cui si osservano spesso danni maggiori sugli edifici posti in cima a rilievi, lungo orli di scarpata, ma anche in quelle aree dove sono a contatto terreni con caratteristiche diverse di risposta sismica (terreni rigidi a contatto con terreni soffici).

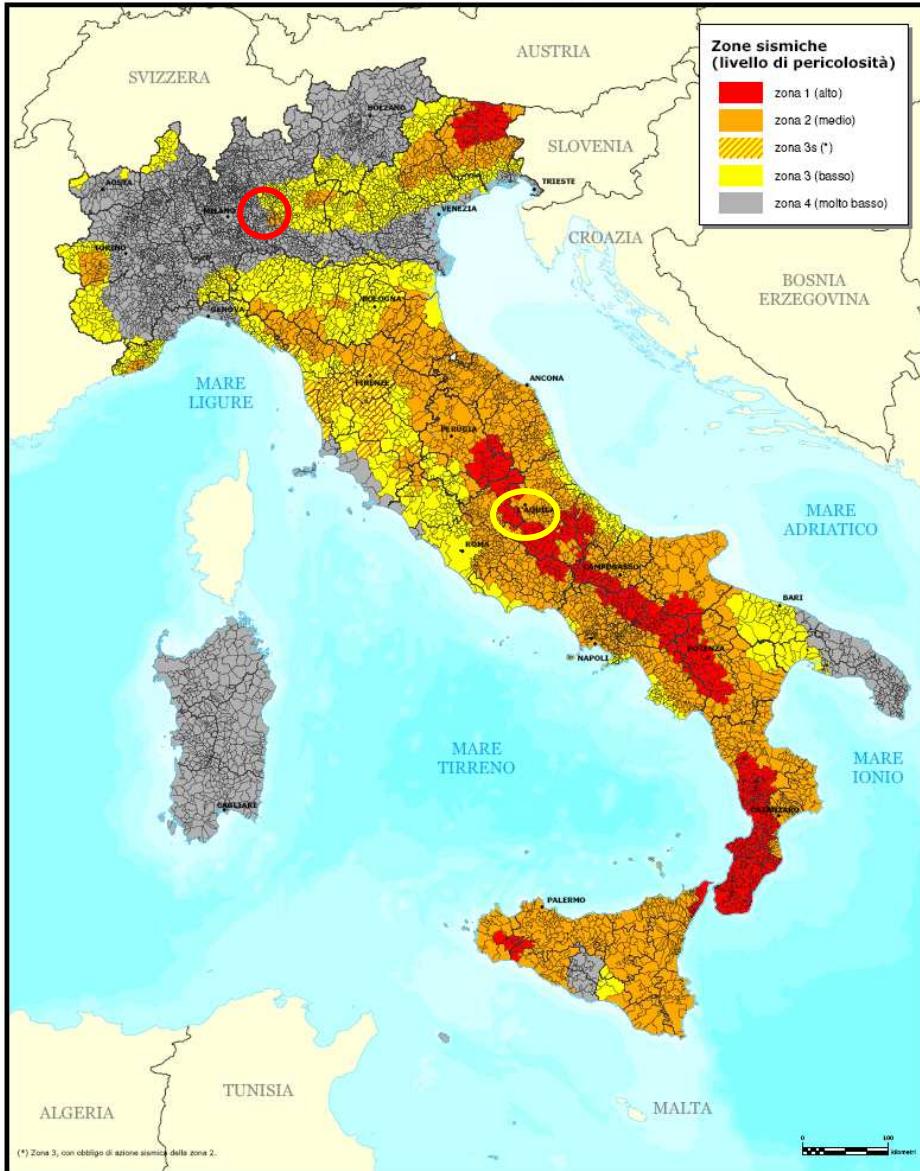
Gli effetti che provoca un terremoto dipendono naturalmente anche dalle modalità con cui l'uomo è intervenuto sul territorio e dalla qualità delle sue costruzioni. Può accadere che, di due edifici sottoposti alla stessa scossa di terremoto, uno possa crollare ed un altro rimanere quasi intatto. È per questo che un fondamentale strumento di prevenzione sismica è l'adozione di **criteri antisismici** per le nuove costruzioni ed il rafforzamento delle costruzioni esistenti.



Un altro effetto indotto dal terremoto è lo **tsunami**, o **maremoto**, che significa "**onda di porto**" e indica tutti quei fenomeni ondosi così violenti da sconvolgere le acque all'interno dei porti. Le cause più frequenti degli tsunami sono i **terremoti con sorgente sottomarina**, ma possono essere generati anche da eruzioni vulcaniche o frane sottomarine. Un terremoto sul fondo del mare genera uno tsunami a causa del movimento lungo la faglia; questo improvviso movimento produce un'onda che si avvicina alla costa a gran velocità (fino a 800 km/h), aumentando la sua altezza (fino a 20 m) in corrispondenza dei fondali poco profondi.



Tsunami, Indonesia, 2004



Gli ultimi eventi distruttivi (Belice 1968, Friuli 1976 e Irpinia 1980) hanno colpito zone non considerate sismiche dalla legge vigente al tempo del terremoto. Questo dipendeva dal fatto che lo Stato classificava sismico un comune solo se era stato colpito da un sisma distruttivo a partire dal terremoto di Messina del 1908.

Zonazione sismica in base a :

- dati storici (ultimi 1000 anni);
- il periodo di ritorno di ciascun sisma;
- le caratteristiche geodinamiche dell'Italia;
- altri fattori quali costi, danni, resistenza degli edifici, numero atteso di vittime

Che cosa fare se si è coinvolti in un terremoto?

- identificare quali possano essere i punti più 'solidi' della struttura (in generi le parti portanti, gli architravi, i vani delle porte e gli angoli in genere) e portarsi nelle loro vicinanze;



- nello stesso tempo cercate di allontanarvi dalle suppellettili che potrebbero cadervi addosso; può essere opportuno cercare di trovare riparo sotto il tavolo o il letto; a scuola ci si può riparare sotto i banchi, oppure addossandosi ad un muro 'maestro', in un punto lontano da finestre che potrebbero rompersi e provocare ferite;

- **se vi trovate all'aperto** il pericolo principale deriva da ciò che può crollare e pertanto dovete prestare attenzione a non sostare o passare sotto parti di edifici (balconi, cornicioni, grondaie ecc.), che potrebbero cadere; un buon riparo può essere offerto dall'architrave di un portone.

Che cosa fare dopo un terremoto?

- uscire con calma chiudendo acqua, luce e gas; per scendere usate le scale (se esistenti privilegiare quelle antincendio), non l'ascensore che potrebbe bloccarsi improvvisamente o, addirittura, precipitare;

- controllare dall'odore, assolutamente senza accendere fiamme libere, se ci sono perdite di gas ed in tal caso aprire porte e finestre e, se possibile, segnalarlo;

- portarsi in zone aperte dove possono giungere facilmente i soccorsi (campi sportivi, giardini pubblici, piazze ampie) e non sostare in prossimità di corsi d'acqua;

- prestare la massima attenzione alle condizioni igieniche (la rottura di tubazioni o fognature può avere come conseguenza l'inquinamento dell'acqua potabile).



PREVENZIONE O PREVISIONE ...?

I giornali: *“Un forte terremoto nelle Isole Ionie*

L'allarme dato con 36 ore di anticipo

Apparecchiature che prevedono le scosse con un minimo di 7 ore

ed un massimo di 36, installate in tutta la Grecia

.. diagnosi del sisma tramite un'apparecchiatura di tre studiosi greci che si chiama VAN

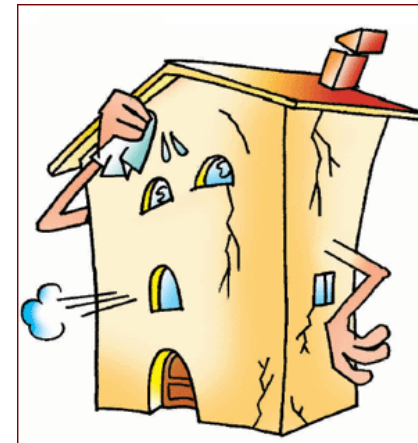
ed e' stata presentata all'Università di Uppsala”

dal giornale "La Stampa", 19.3.1983

*“...George Igarishi dell' Università di Hiroshima ha scoperto, invece, che la concentrazione del **gas radon** in un pozzo monitorato vicino a Kobe poco prima del sisma aveva raggiunto valori dieci volte superiori rispetto a qualche mese prima. Altri pongono notevoli speranze nel metodo **VAN**, messo a punto da ricercatori greci, secondo i quali i terremoti possono essere previsti rilevando anomale correnti elettriche nei terreni qualche giorno prima di un sisma. Sta di fatto, comunque, che la possibilità di fare previsioni sismiche con assoluta certezza e' ancora davvero di là da venire. Quindi non rimane che affidarsi alla prevenzione sismica, costruendo edifici antisismici nelle aree a rischio...” dal Corriere della sera 15 ottobre 1995*

Scienza ufficiale: “Allo stato attuale delle conoscenze **non e' possibile prevedere un terremoto** . Se invece intendiamo per previsione una **previsione probabilistica**, basata sullo studio di una certa area (studio della sismicità storica, recente, studio sismotettonico e geologico, ecc.) possiamo arrivare a "prevedere" per quell' area l'intensità massima e la frequenza dei terremoti che possiamo attenderci e quindi definire la pericolosità sismica dell'area stessa.”

Una politica seria di prevenzione consiste in pratica in una serie di iniziative politico-amministrative e tecniche (vedi DM 14/01/08).



....ma radon, metodo VAN, rilevazione di onde lunghe... non bisogna buttar via nulla!!!

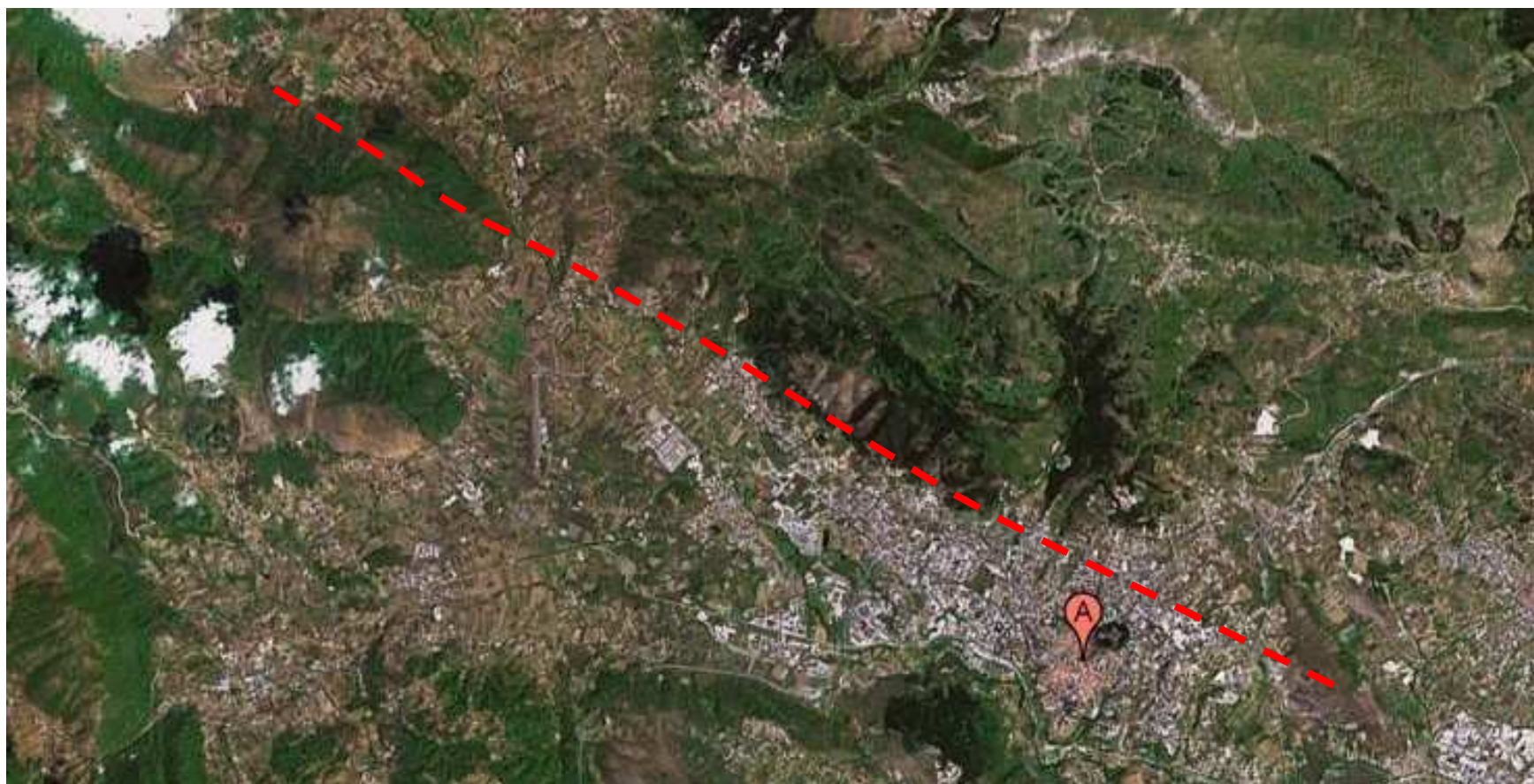


Terremoto Niigata Giappone

“...controllare previsioni meteo e sismiche prima di mettersi in viaggio...”

FORSE UN GIORNO!

FAGLIA ATTIVA L'AQUILA



Link utili ed interessanti:

www.ingv.it/

www.geologi.it

www.earthquake.it/

<http://earthquake.usgs.gov/>

<http://openmap.rm.ingv.it/gmaps/rec-big/Index.htm>

www.protezionecivile.it/

<http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/7/629/2007/nhess-7-629-2007.pdf>
(radon)

<http://www.geopadus.it/download.htm> (di A. Anelli)
(dove scaricare la presentazione)