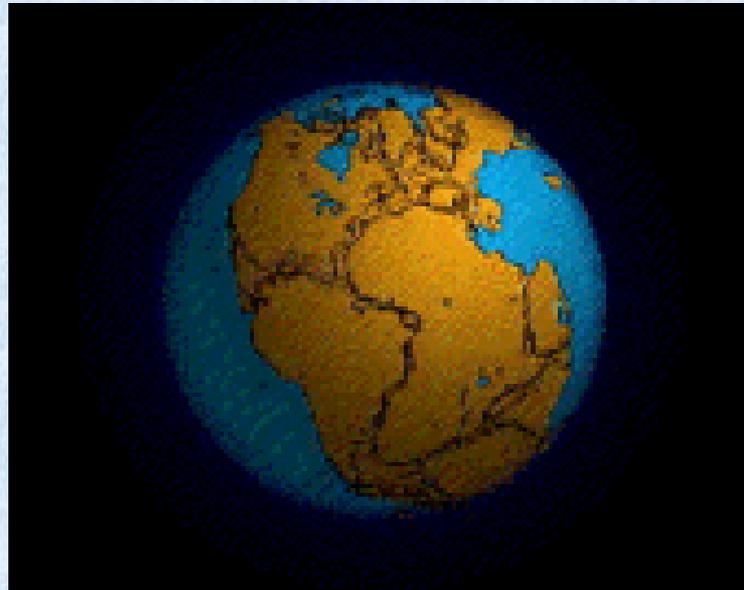


Evoluzione del globo terrestre



530 MILIONI
DI ANNI FA



La struttura interna della Terra

Gli scienziati
paragonano la struttura
della Terra a quella di
una pesca!

La pesca ha una buccia
sottile, una polpa carnosa
e un nocciolo duro
contenente il seme.



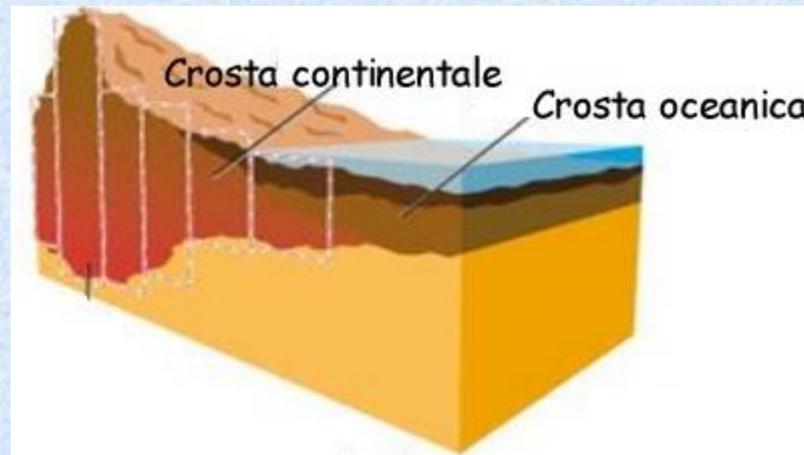
La struttura interna della Terra



La Terra è costituita principalmente da tre strati: la **crosta** esterna, il **mantello** e il **nucleo**.

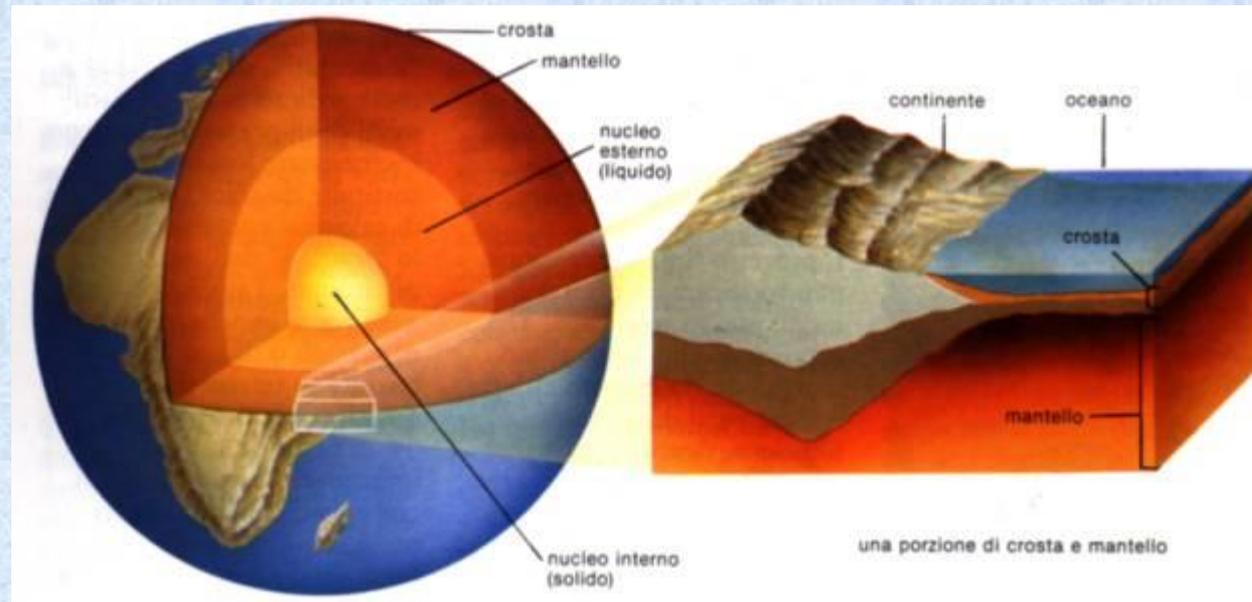
La struttura interna della Terra

La crosta terrestre, conosciuta anche con il termine **SiAl** perché costituita in prevalenza da Silicati di Alluminio, è il sottile strato superficiale, costituito da rocce solide. La crosta si suddivide in **continentale** (più leggera che varia da 30 a 70 km) che costituisce i continenti e **oceanica** (più pesante che varia da 5 a 10 km) che si trova nei fondali oceanici.



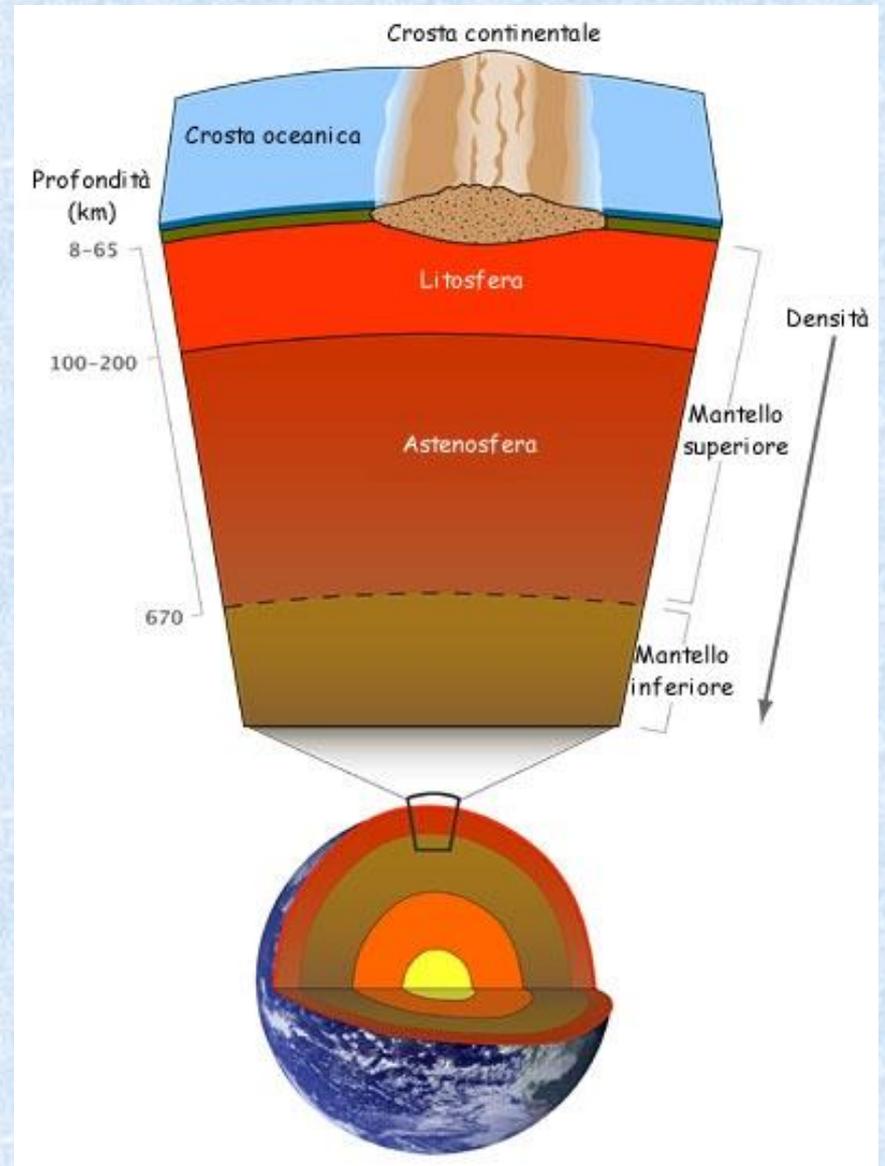
La struttura interna della Terra

Il mantello è lo strato formato da rocce più dense, in uno stato fisico intermedio tra il solido e il liquido; giunge fino alla profondità di 2900 km; è costituito in prevalenza da Silicati di Magnesio e per questo noto con il termine di **SiMa**.



La struttura interna della Terra

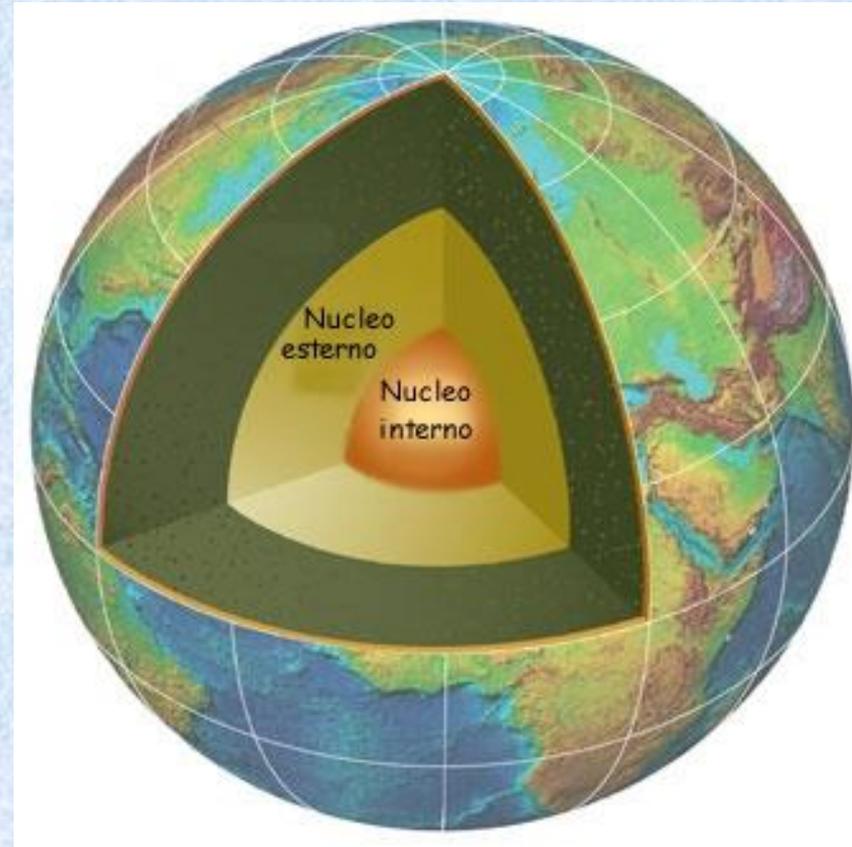
Lo strato di mantello che è strettamente in contatto con la crosta prende il nome di **litosfera**, mentre quello sottostante è l'**astenosfera**. Tra la crosta ed il mantello esiste la discontinuità di Mohorovicic o Moho.



La struttura interna della Terra

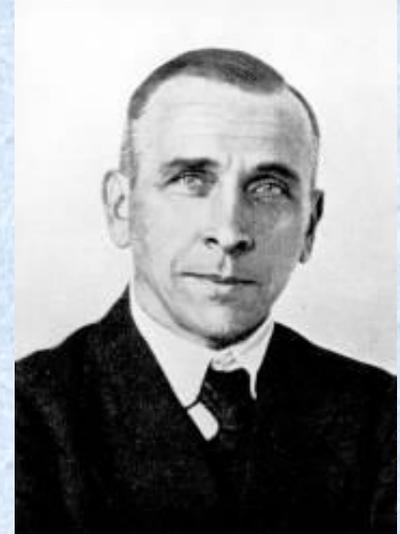
Il nucleo è lo strato più interno, formato da materiali molto densi (nichel e ferro e per questo noto con il termine di **NiFe**).

È distinto in **nucleo esterno** (fuso) e in **nucleo interno** (solido). A separarlo dal mantello esiste la discontinuità di Gutenberg.



La deriva dei continenti

Il geofisico Alfred WEGENER, nel 1915, formulò una teoria sulla formazione dei continenti e degli oceani.

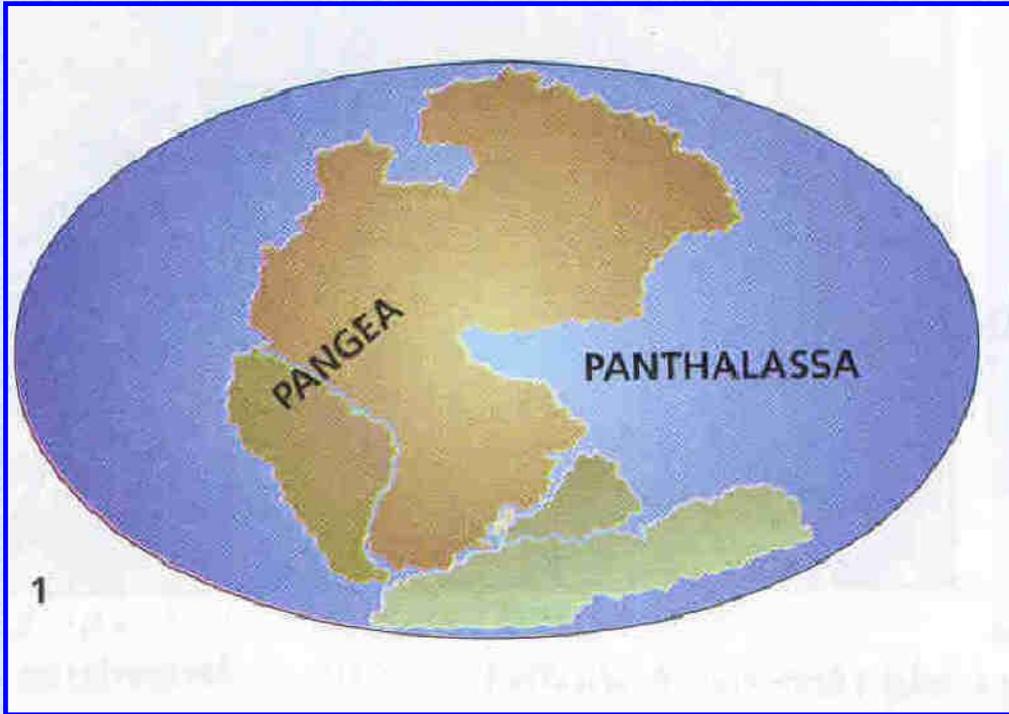


La deriva dei continenti

Wegener presuppose che le terre attualmente emerse costituissero all'inizio dell'Era mesozoica (circa 200 milioni di anni fa) un blocco unico che chiamò **Pangea**, circondato da un unico mare, vastissimo, che chiamò **Pantalassa**. In seguito a colossali fratture, la Pangea sarebbe stata spezzata in molte zolle (continenti e isole).

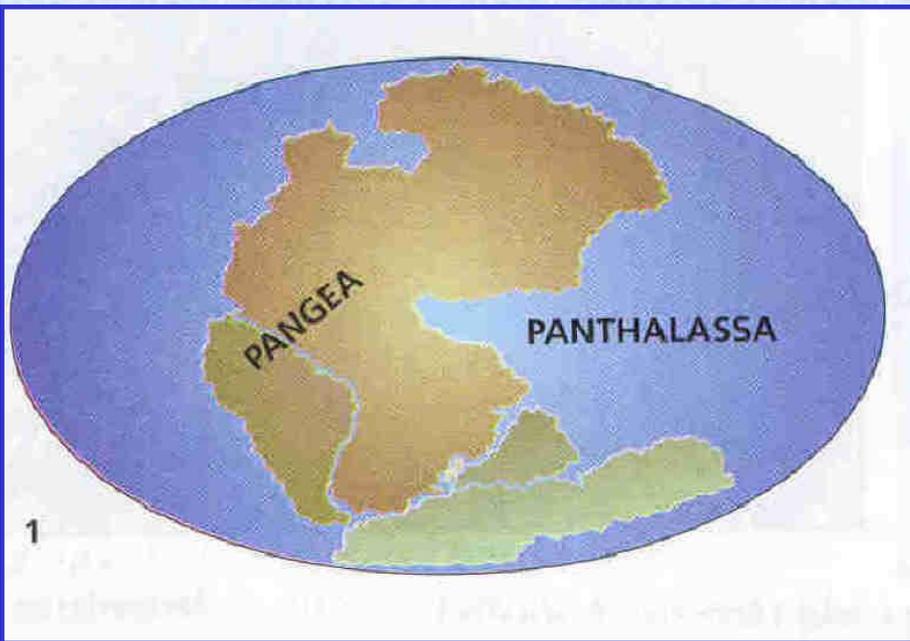


Deriva dei continenti



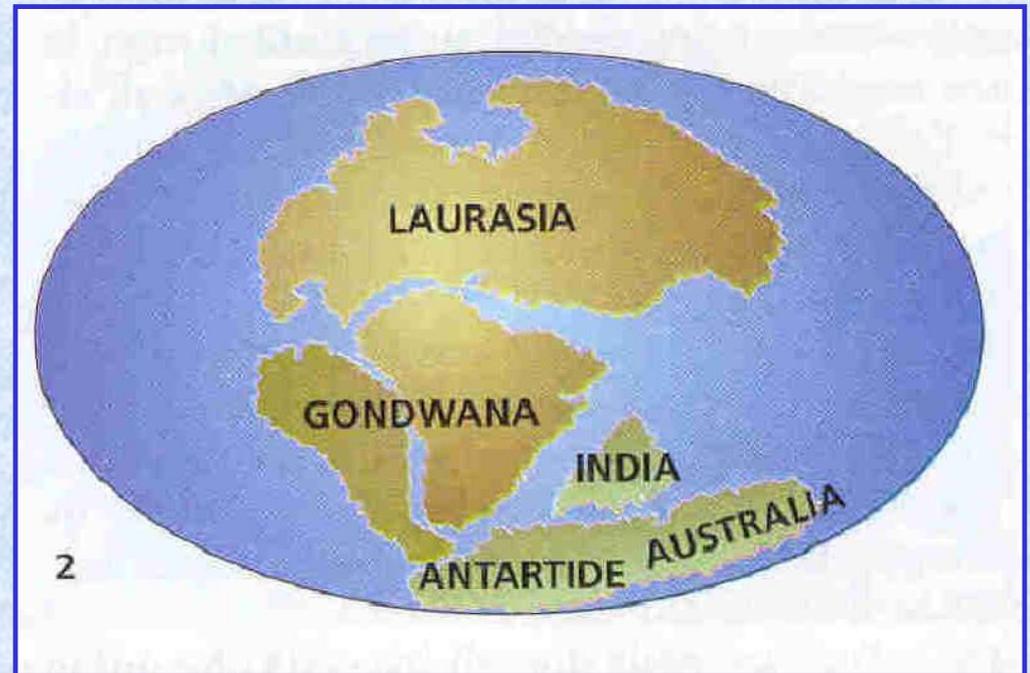
Wegener ipotizzò che esistesse un unico continente chiamato **Pangea** circondato da un unico oceano chiamato **Panthalassa**.

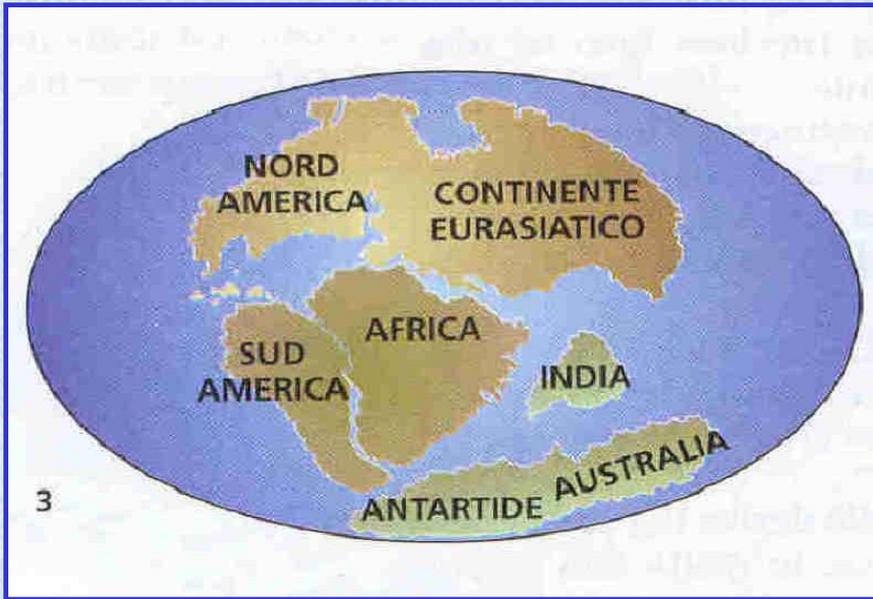
Con il passare del tempo i blocchi si separarono fino a raggiungere l'attuale posizione.



Il super continente
chiamato Pangea
cominciò a fratturarsi
circa 200 milioni di
anni fa.

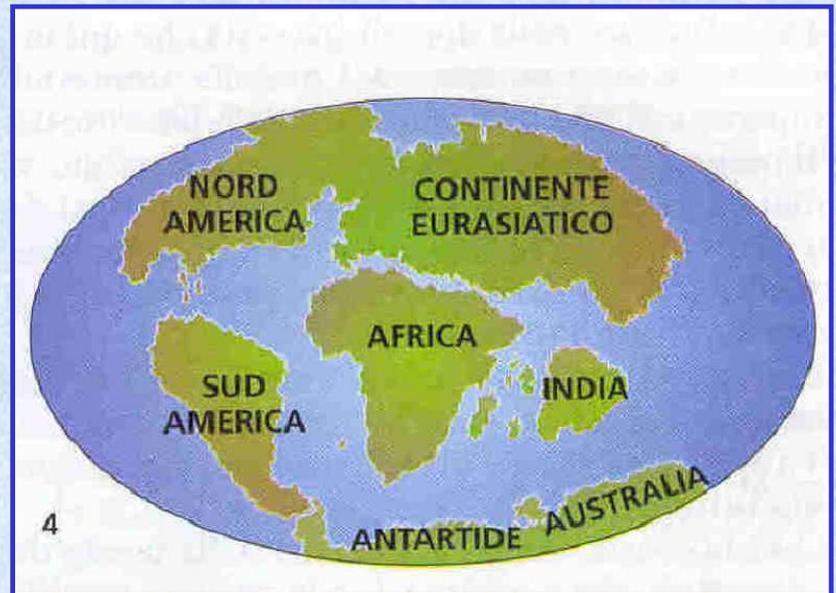
La Pangea si divise in
Laurasia, Gondwana,
Antartide, Australia,
India circa 180 milioni
di anni fa.

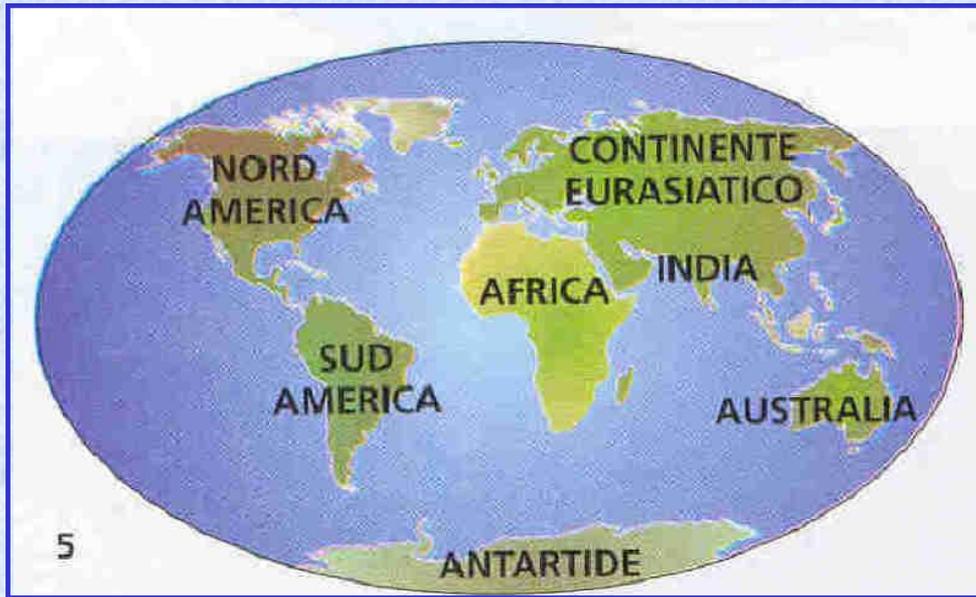




Laurasia e terra di Gondwana, spostandosi, si fratturarono ulteriormente formando Nord America e Eurasia a nord e Sud America, Africa, India, Antartide e Australia a sud.

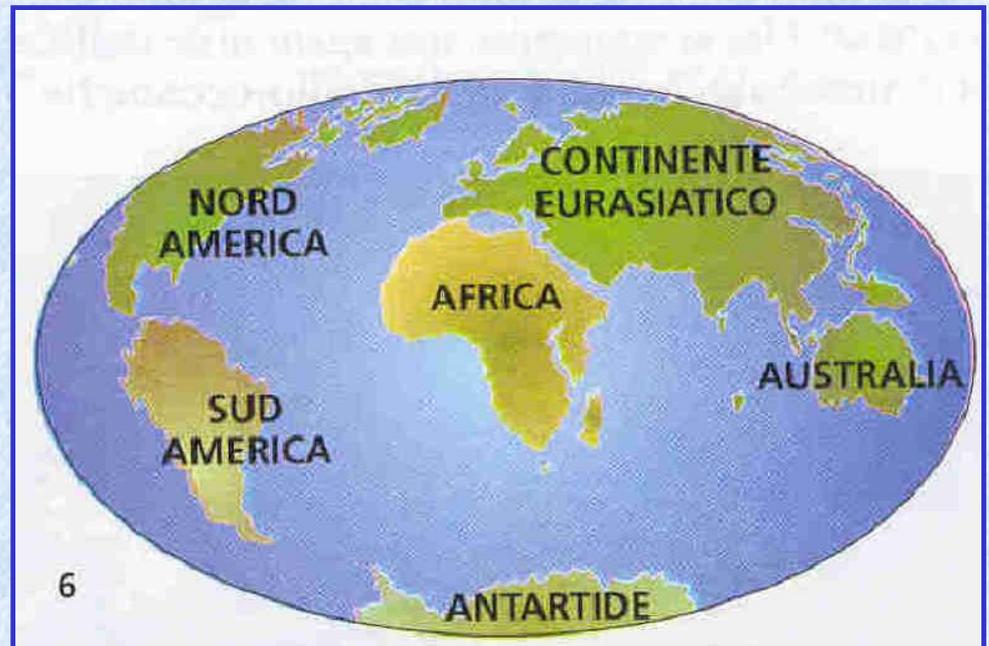
Circa 50 milioni di anni fa, la Panthalassa si ridusse fino all'attuale Pacifico e nello stesso tempo l'Atlantico e l'Indiano si estesero.





Circa un milione di anni fa si definiscono le posizioni attuali.

Situazione futura fra 50 milioni di anni



La deriva dei continenti

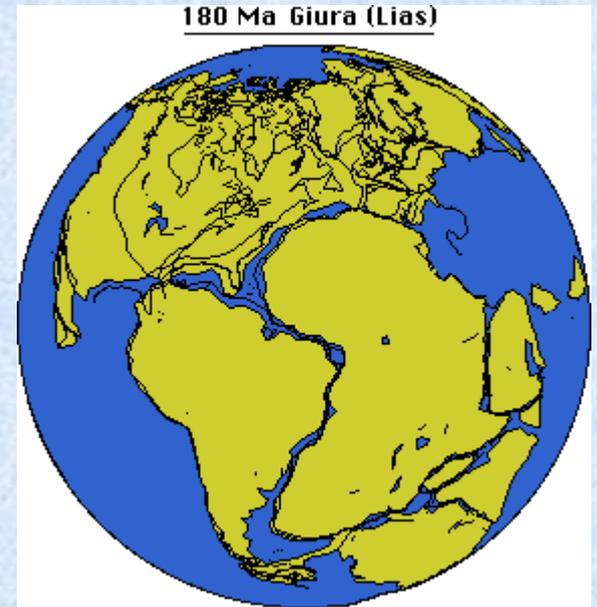
Le placche, trascinate dai moti convettivi, portano con sé i continenti, che lentamente si spostano. Ciò significa che i continenti non hanno avuto sempre lo stesso aspetto e che in epoche passate occupavano una diversa posizione.



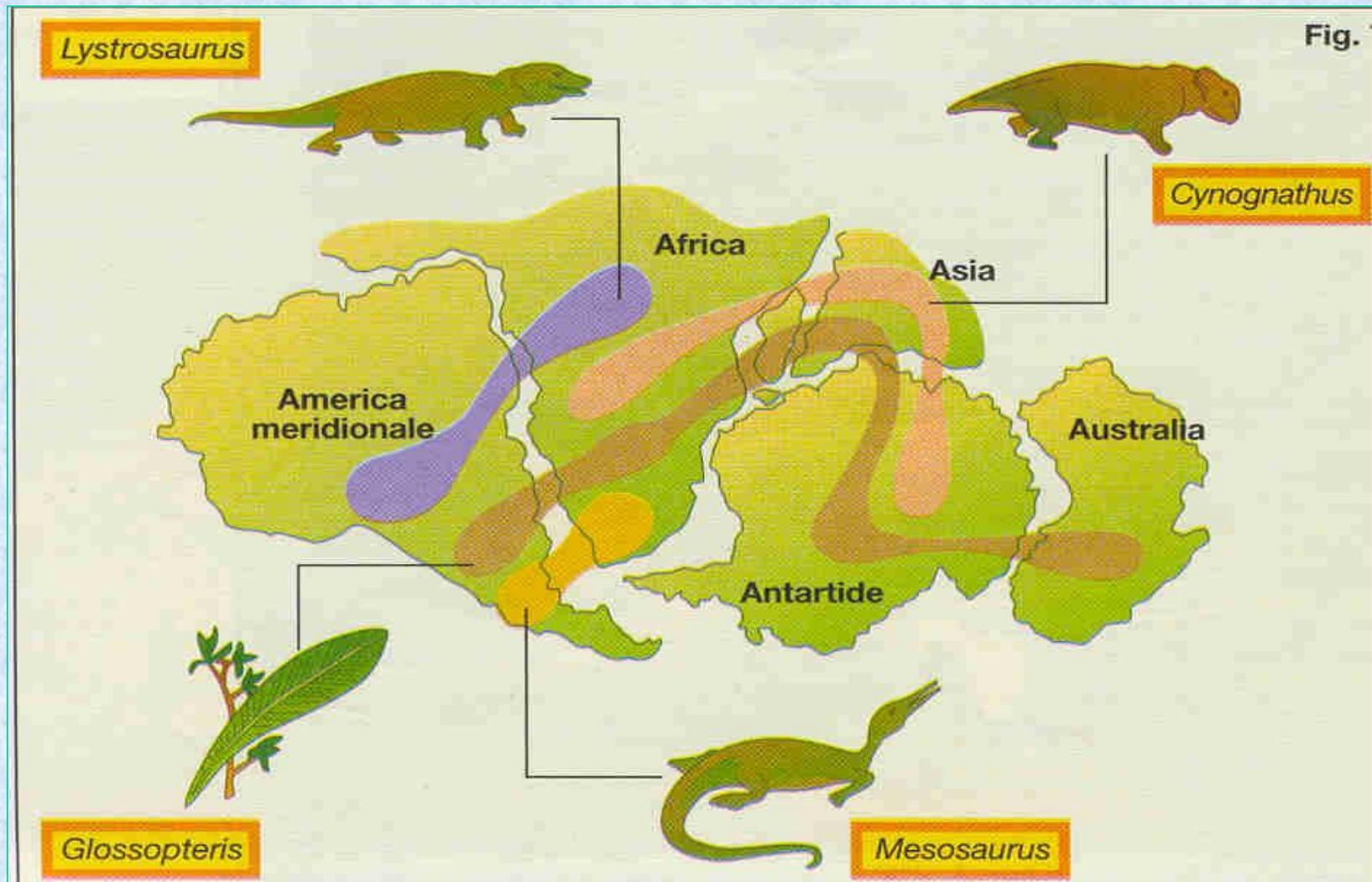
La deriva dei continenti

Pur portando numerose prove a sostegno della sua teoria (**deriva dei continenti**), Wegener non fu creduto dagli studiosi dell'epoca perché non riuscì a spiegare né come potessero muoversi i continenti, né quale fosse la causa di tale moto.

Oggi la **teoria della tettonica delle placche** spiega come i continenti si spostano e chiarisce che la causa del movimento delle placche è da ricercarsi nelle correnti convettive.

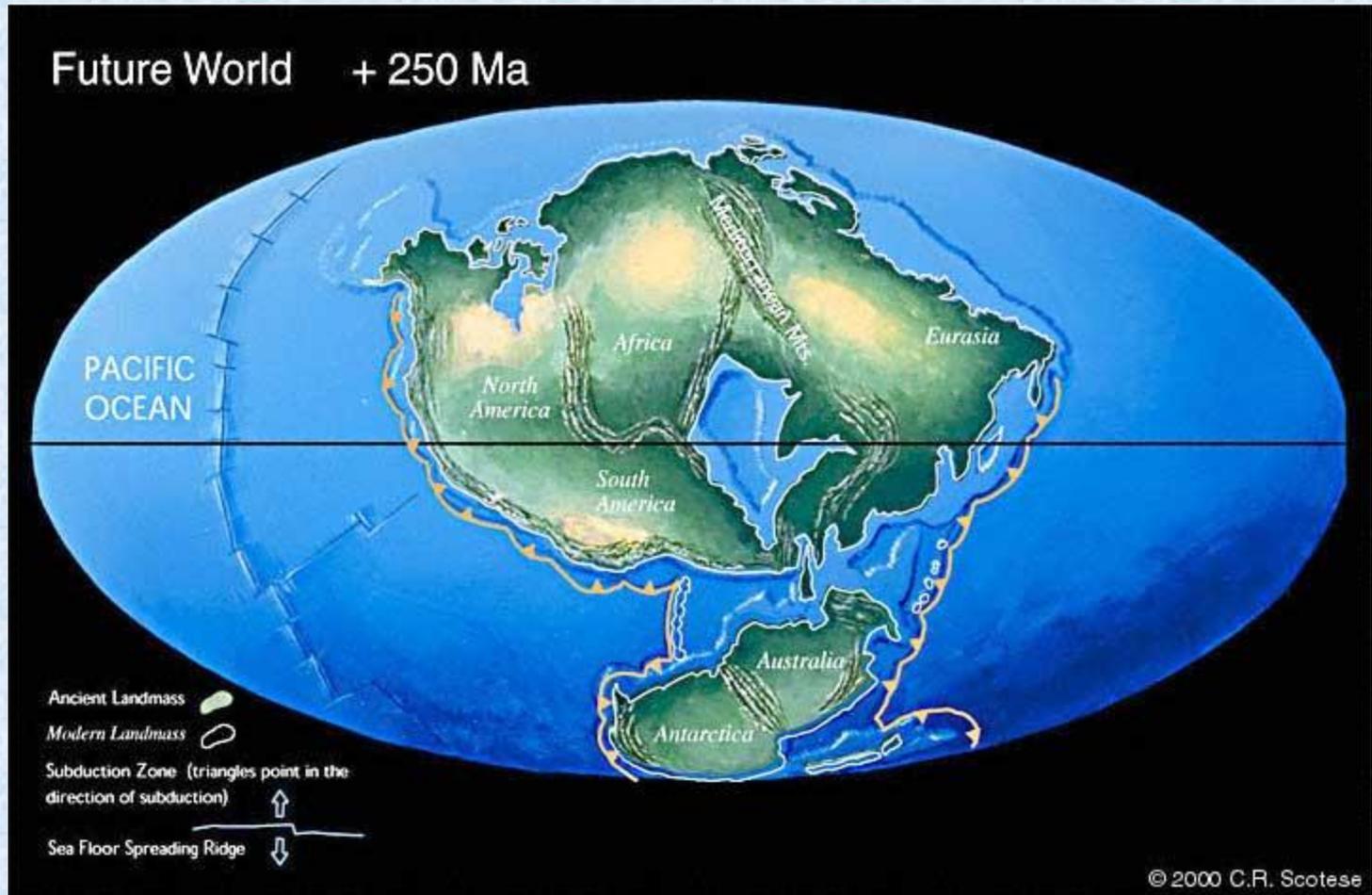


L'immagine animata simula lo spostamento dei continenti, a partire da 180 milioni d'anni fa fino ad oggi.



Prove paleontologiche che avvalorano l'ipotesi di Wegner

La Terra futura...

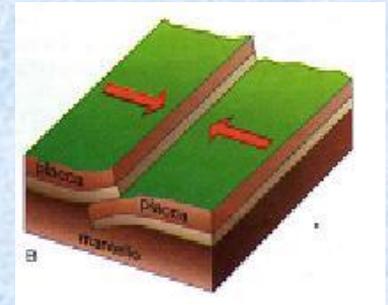


TETTONICA A ZOLLE

1. LA TEORIA

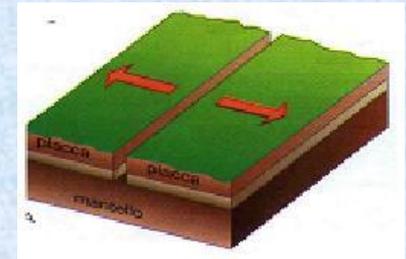
2. MARGINI DI AVVICINAMENTO

- ❖ Scontro tra due zolle oceaniche
- ❖ Scontro tra due zolle continentali
- ❖ Scontro tra zolle continentali e oceaniche



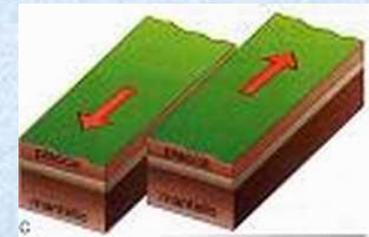
3. MARGINI DI ALLONTANAMENTO

- ❖ Allontanamento di zolle continentali
->dorsali oceaniche

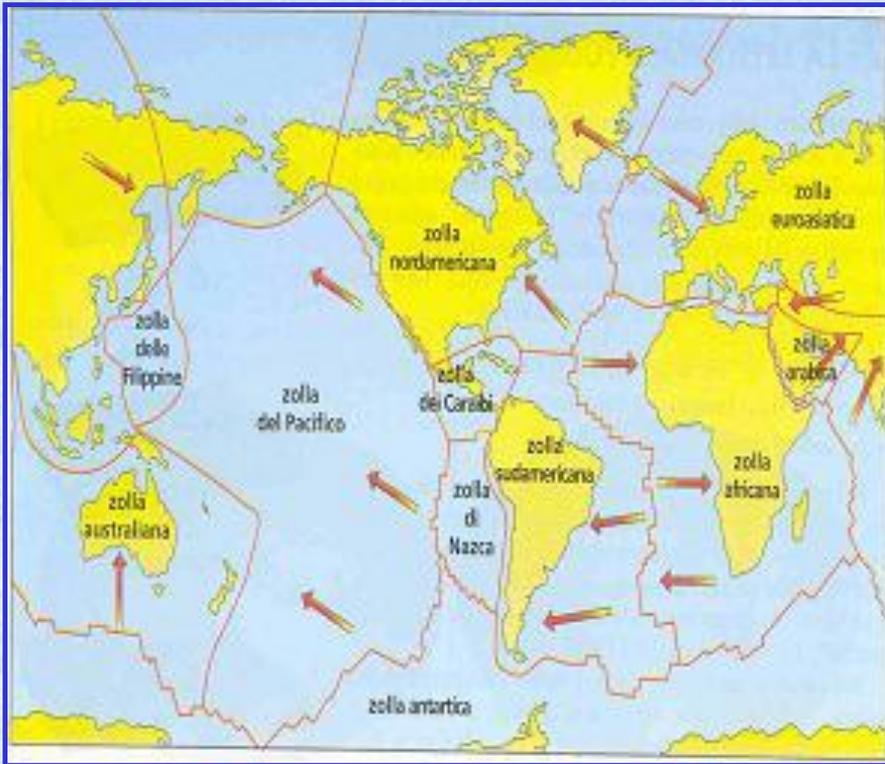


4. MARGINI DI SLITTAMENTO

- ❖ Faglie



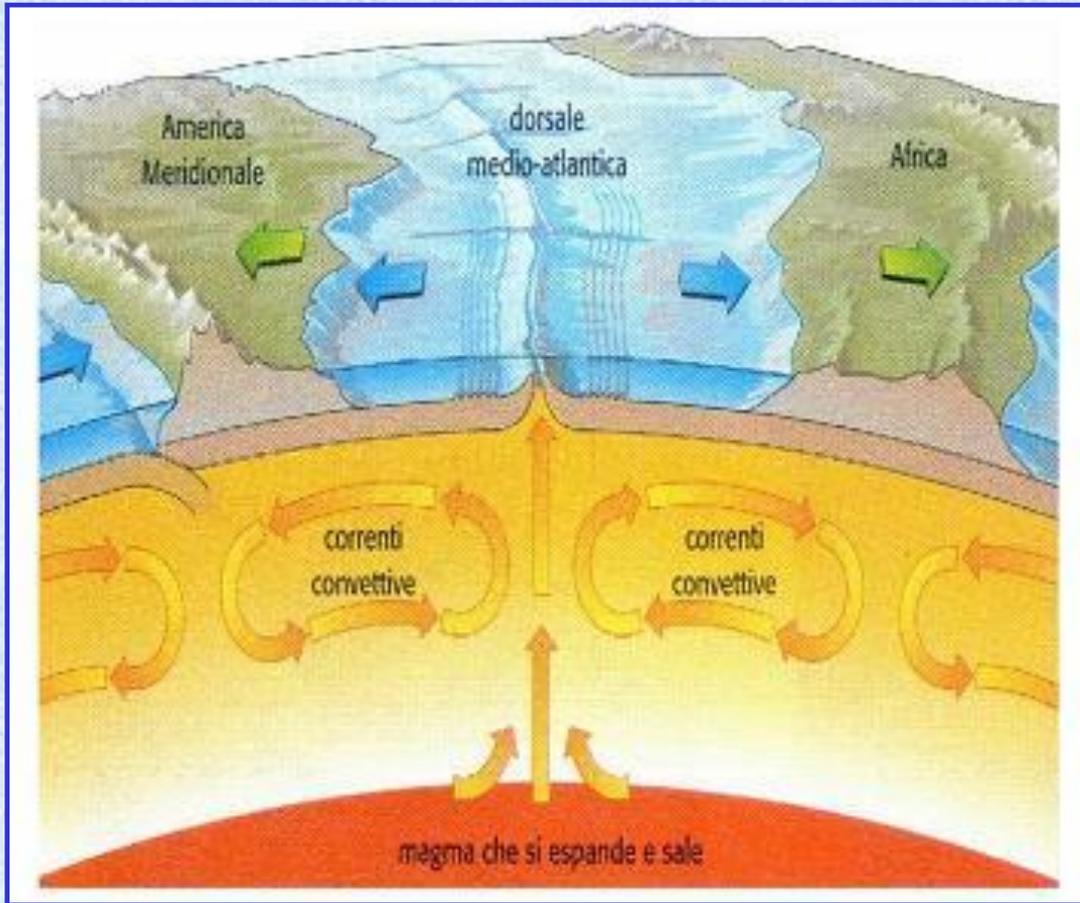
Tettonica a zolle



Questa recente teoria, chiamata tettonica a zolle o a placche, convalida l'ipotesi di Wegener della deriva dei continenti.

Essa afferma che la crosta terrestre è suddivisa in zolle che spostandosi provocano la formazione di montagne e oceani e danno origine a terremoti e fenomeni vulcanici.

Che cosa provoca il movimento delle zolle?



Il motore degli spostamenti delle zolle oceaniche e continentali è costituito dai moti convettivi del mantello

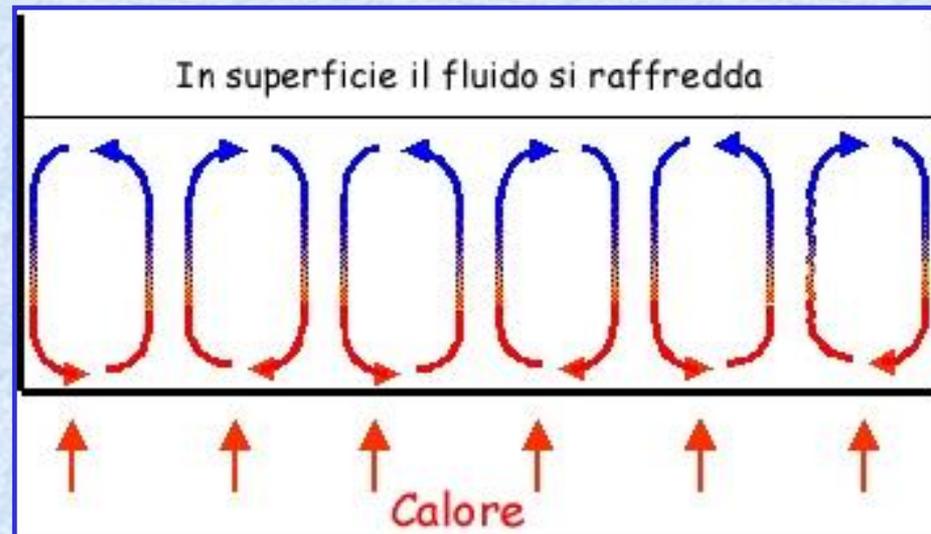
Il movimento delle placche

Il mantello infatti è formato da materiali densi, semiliquidi che, a contatto col nucleo sottostante caldissimo, si comportano in modo simile all'acqua che bolle in una pentola posta sul fuoco.



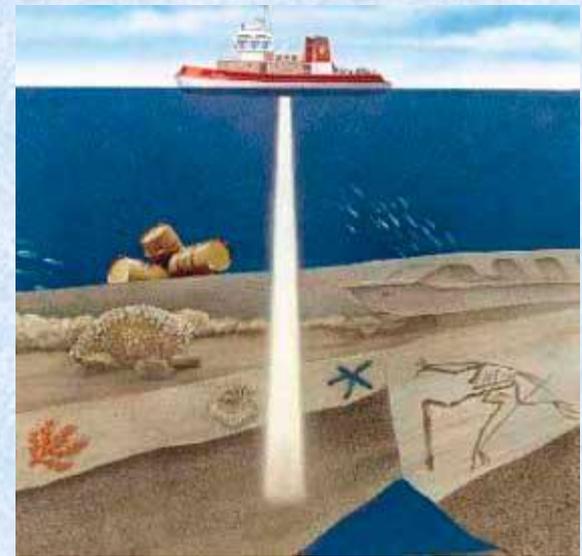
Il movimento delle placche

I materiali più profondi del mantello si riscaldano, diventano più leggeri e salgono (**correnti ascendenti**), prendendo il posto dei materiali più freddi e densi, che, al contrario, scendono (**correnti discendenti**).



La tettonica delle placche o zolle

Se si potessero prosciugare gli oceani, si osserverebbe che il fondo è estremamente accidentato, proprio come le terre emerse, presentando alte cime e grandi depressioni.



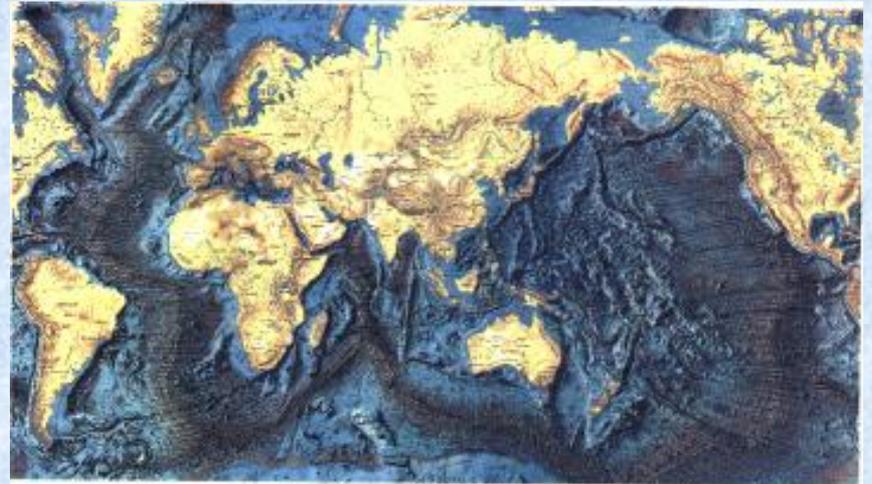
La tettonica delle placche



La tettonica delle placche

In particolare si distinguono due strutture caratteristiche del fondo: le *dorsali oceaniche* e le *fosse* .

Le dorsali sono lunghe catene montuose sottomarine che presentano un'intensa attività vulcanica. Talvolta emergono sopra il livello del mare formando isole come l'Islanda o le Azzorre



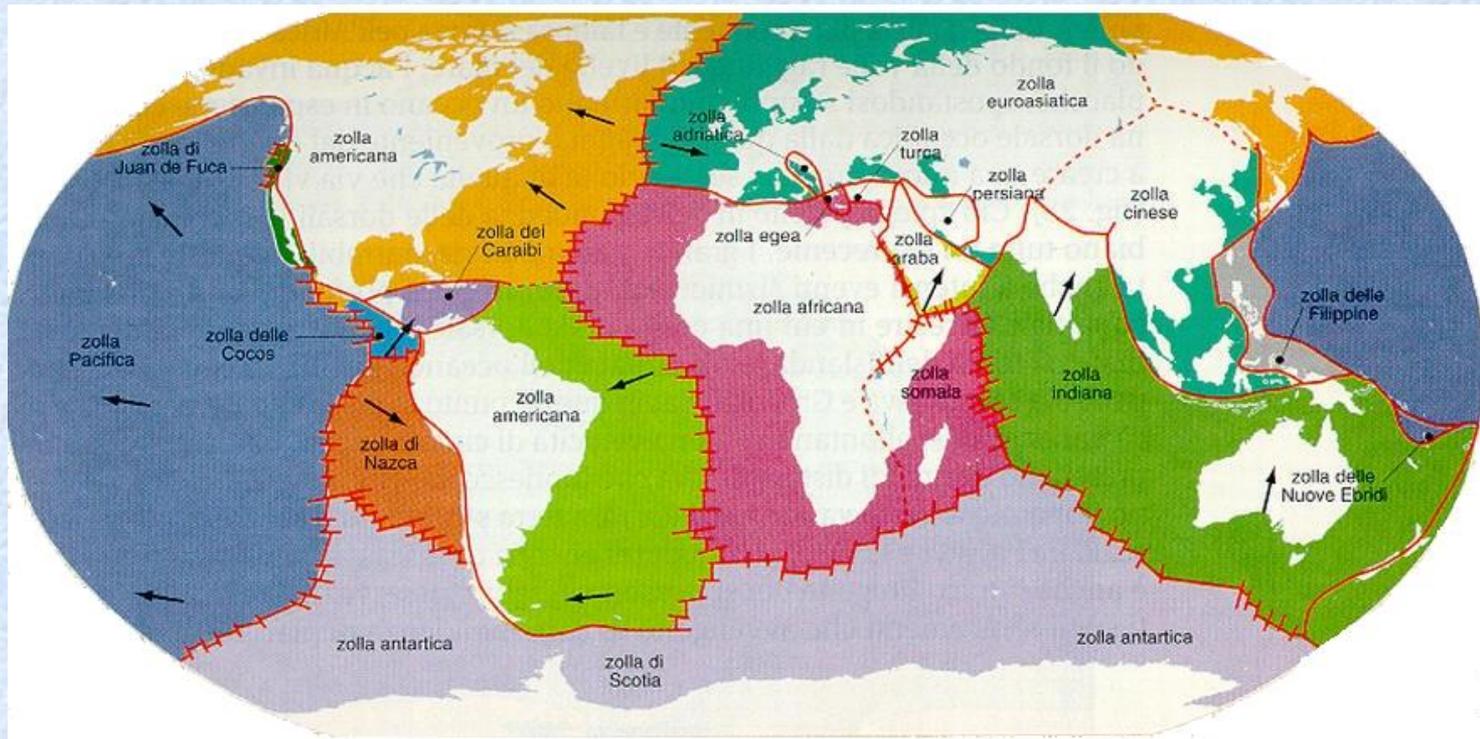
La tettonica delle placche

Le **fosse** sono avvallamenti del fondo lunghi e stretti, spesso presenti in prossimità di arcipelaghi vulcanici detti **archi insulari**.



La tettonica delle placche

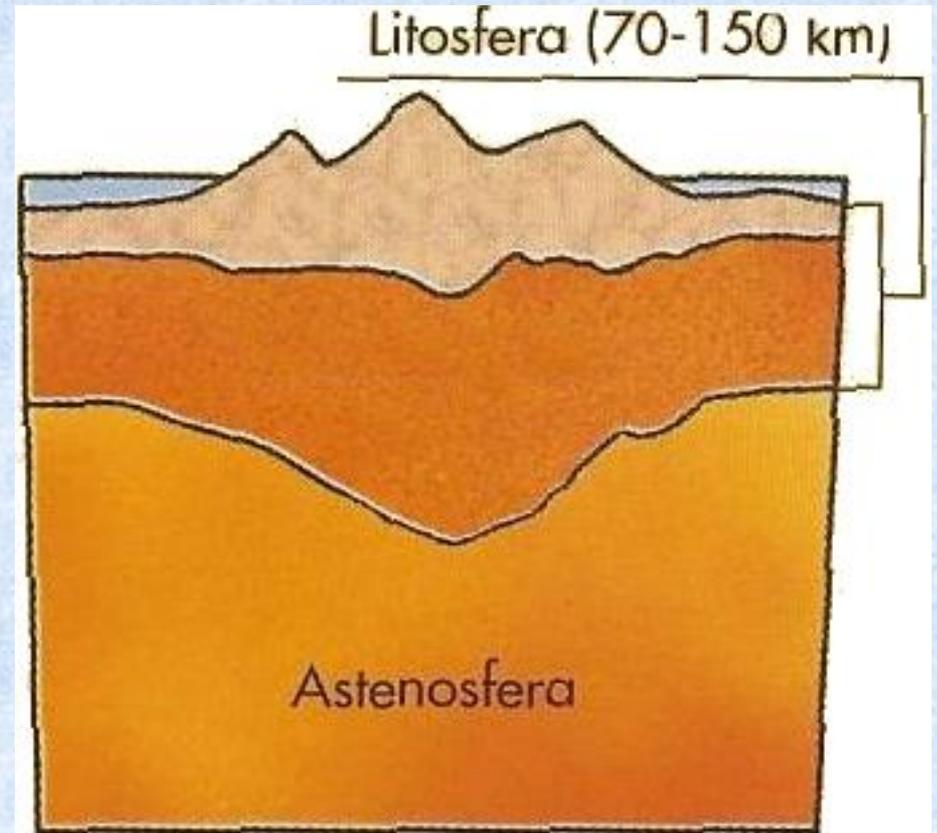
Se osserviamo su una carta la distribuzione di dorsali e fosse e quella di vulcani e terremoti possiamo notare come tutti si addensino nelle stesse fasce lunghe e strette.



Secondo la moderna **teoria della tettonica delle placche** queste fasce corrispondono a profonde fratture della litosfera.

Il movimento delle placche

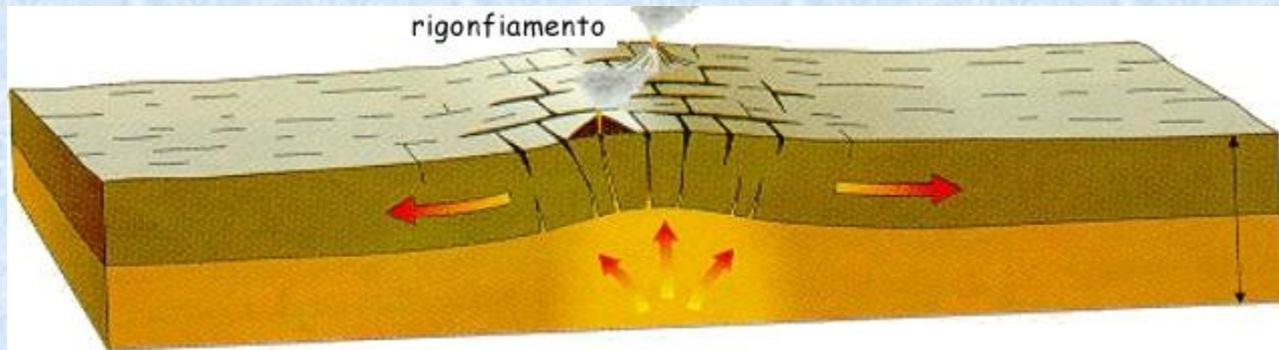
Secondo la teoria della tettonica delle placche, le placche della litosfera si muovono lentamente sulla sottostante astenosfera, più fluida, galleggiando come zattere sul mare. Ma che cosa muove le placche?



I movimenti dei margini

Margini divergenti

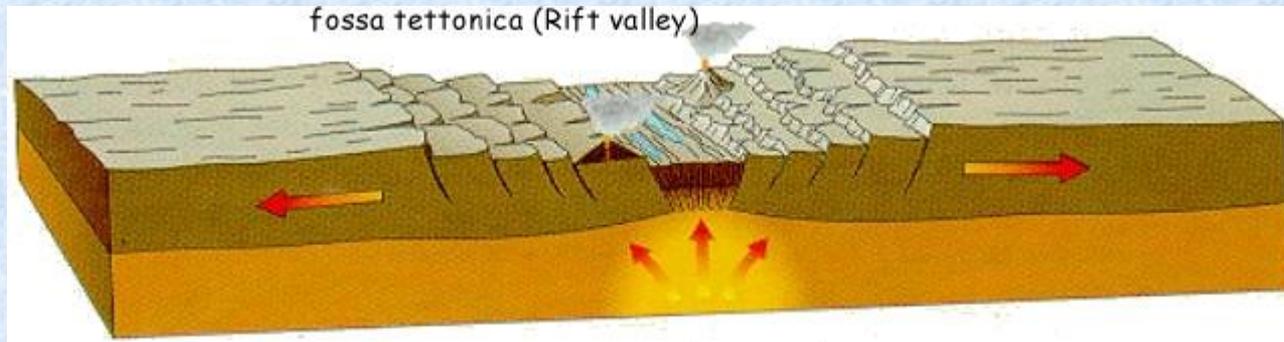
Quando i margini di due placche si allontanano l'uno dall'altro si parla di margini divergenti.



I movimenti dei margini

Margini divergenti

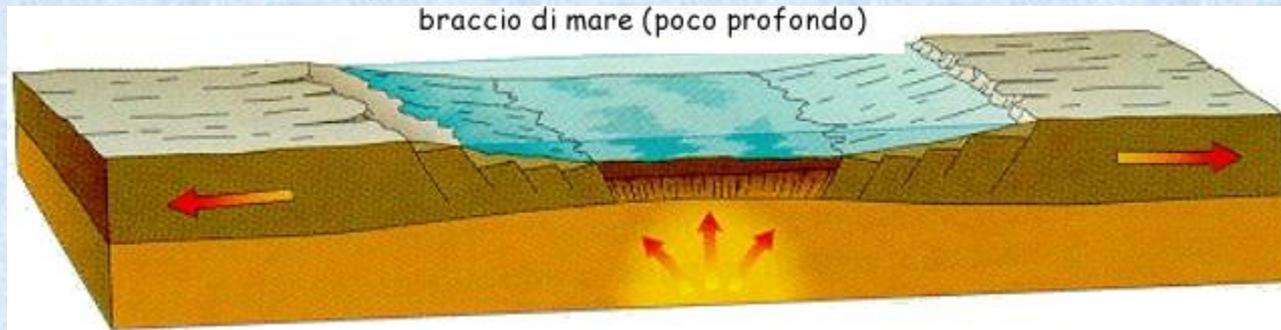
Nelle zone in cui avviene questo fenomeno i magmi profondi risalgono lungo le grandi **fratturazioni** che vengono a crearsi e danno origine ad una **intensa attività vulcanica**, hanno origine le rift valley.



I movimenti dei margini

Margini divergenti

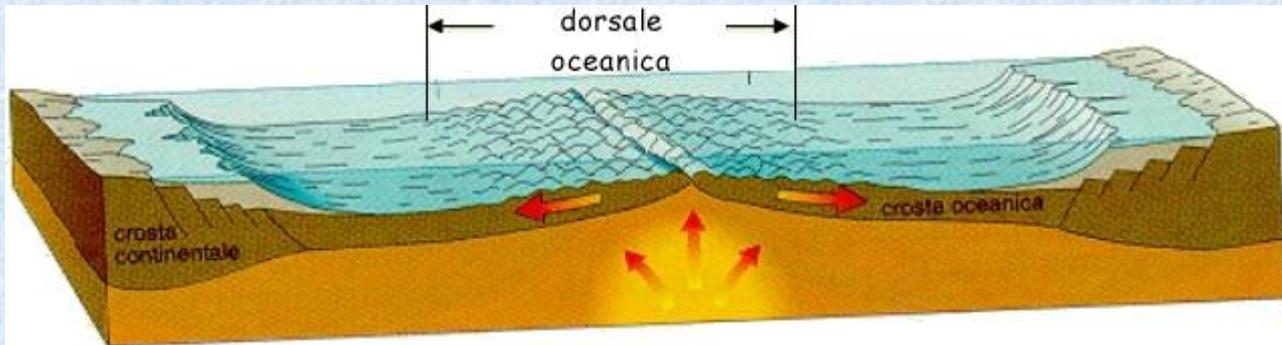
Quando il fondo della fossa raggiunge il livello del mare, le acque la invadono e si genera un oceano in espansione.



I movimenti dei margini

Margini divergenti

La lunga linea di vulcani che è caratteristica di questa struttura viene chiamata DORSALE.



I movimenti dei margini

Margini convergenti

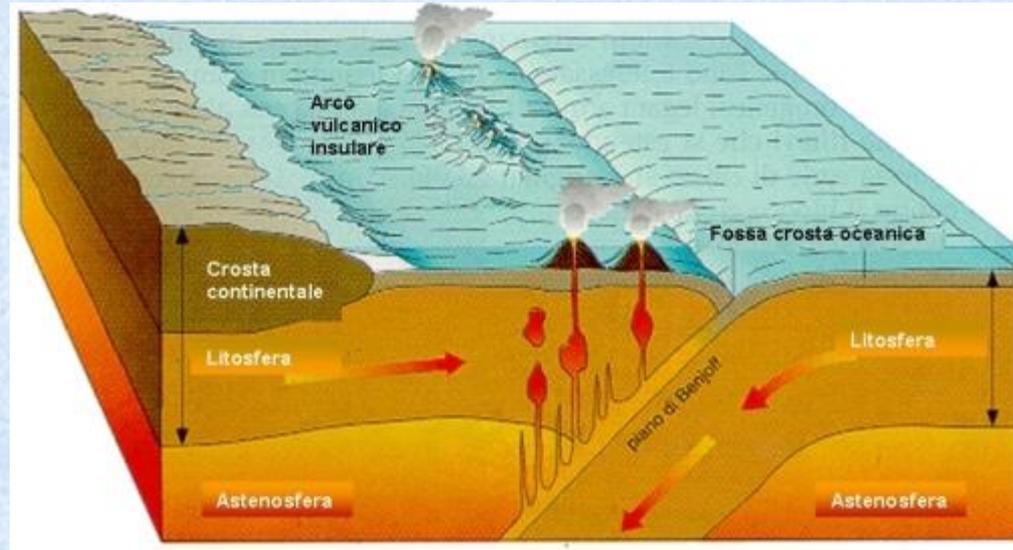
Quando i margini di due placche si avvicinano si parla di margini convergenti, ma gli effetti che ne derivano dipendono dalla natura delle due placche. Possiamo avere tre situazioni differenti tra loro:

- scontro di crosta oceanica con crosta oceanica;
- scontro di crosta oceanica con crosta continentale
- scontro di crosta continentale con crosta continentale.

I movimenti dei margini

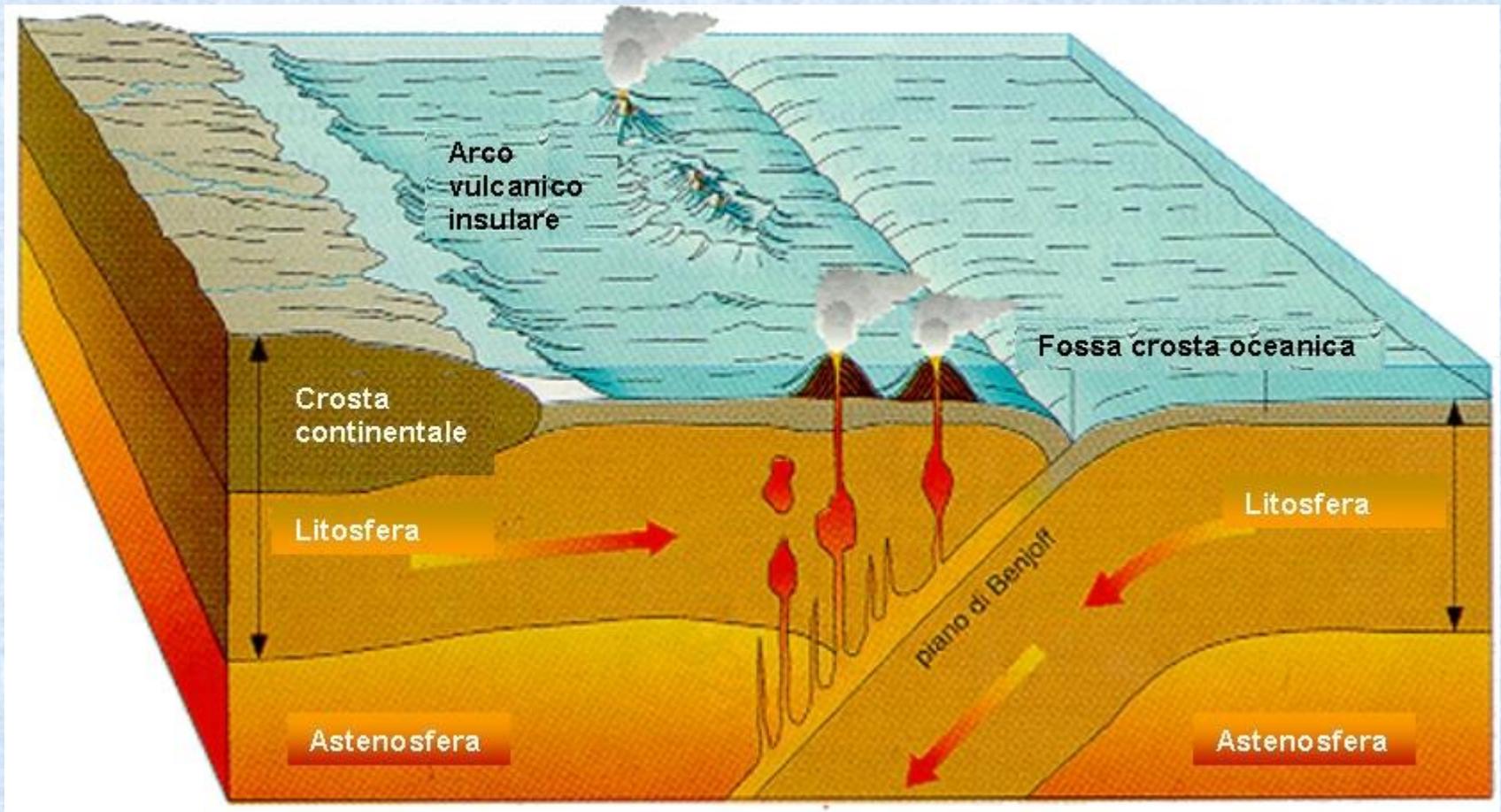
Crosta oceanica con crosta oceanica

Anche se in questo caso non esiste sostanziale differenza di densità di materiali, una delle due placche si infossa sotto l'altra, con un fenomeno chiamato **subduzione**.



I movimenti dei margini

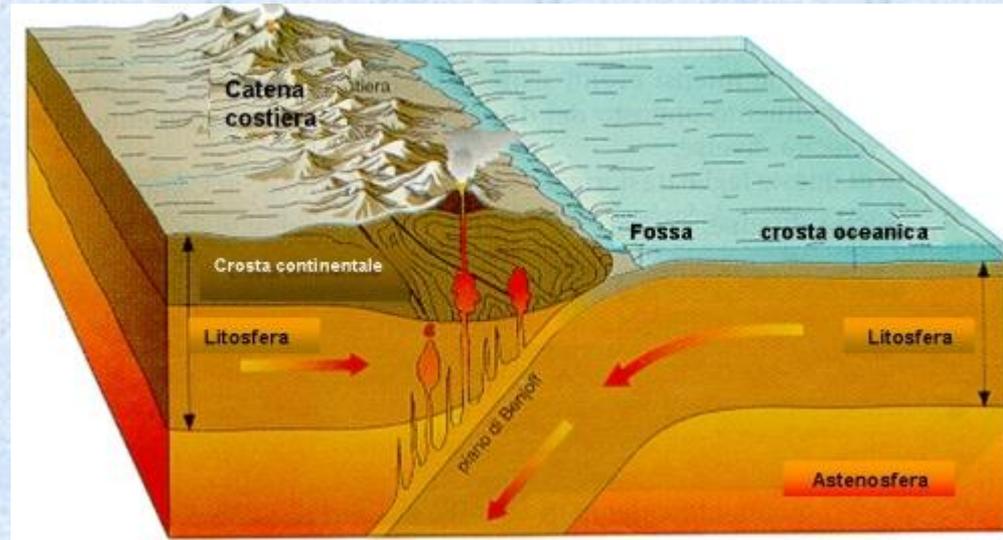
Crosta oceanica con crosta oceanica



I movimenti dei margini

Crosta oceanica con crosta continentale

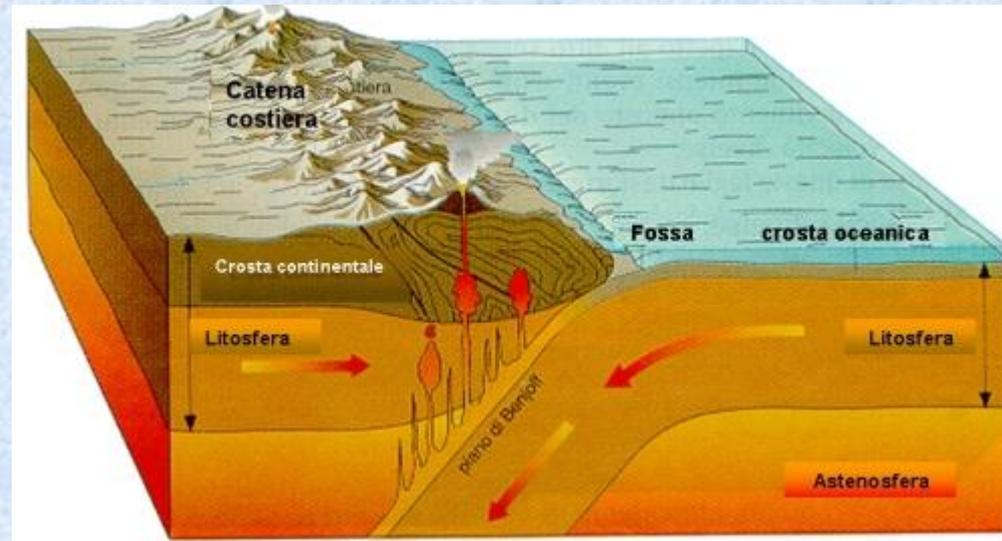
In questo caso la notevole differenza di densità tra le due placche fa sì che sia la placca oceanica ad essere subdotta.



I movimenti dei margini

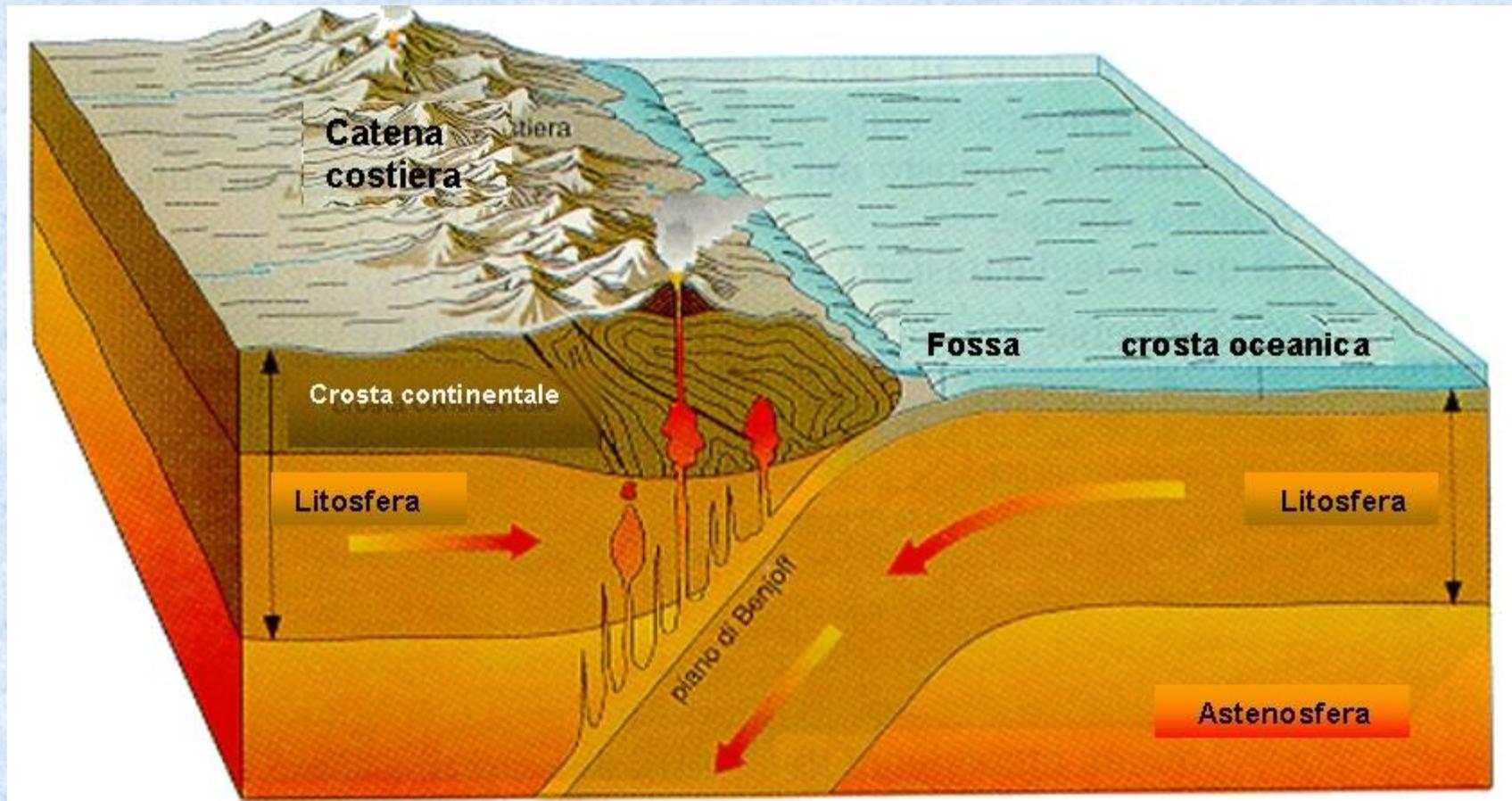
Crosta oceanica con crosta continentale

Nasce in questo modo il fenomeno della **orogenesi** che vede catene di rilievi allineate lungo le coste. Si formano altresì le **fosse oceaniche**.



I movimenti dei margini

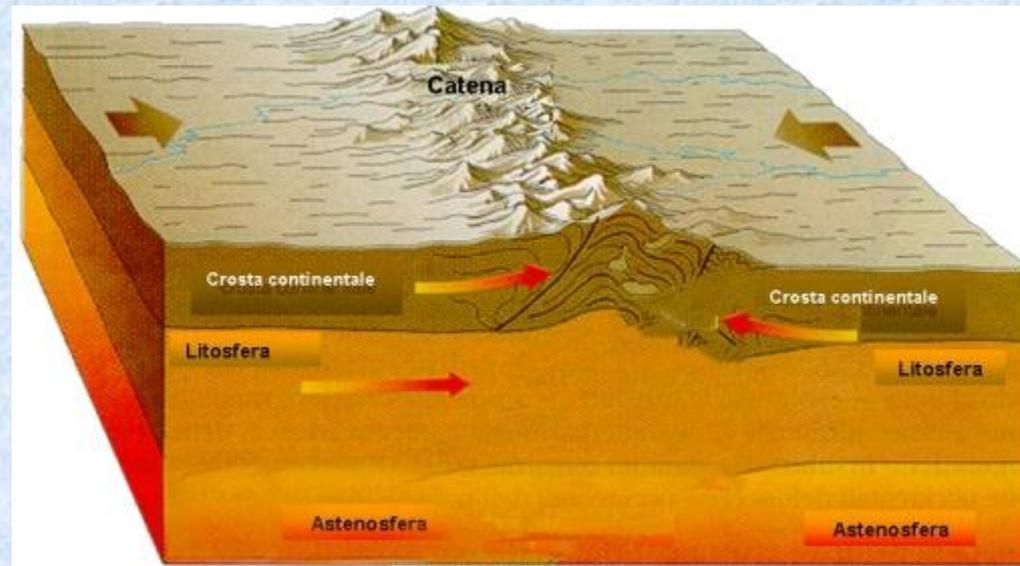
Crosta oceanica con crosta continentale



I movimenti dei margini

Crosta continentale con crosta continentale

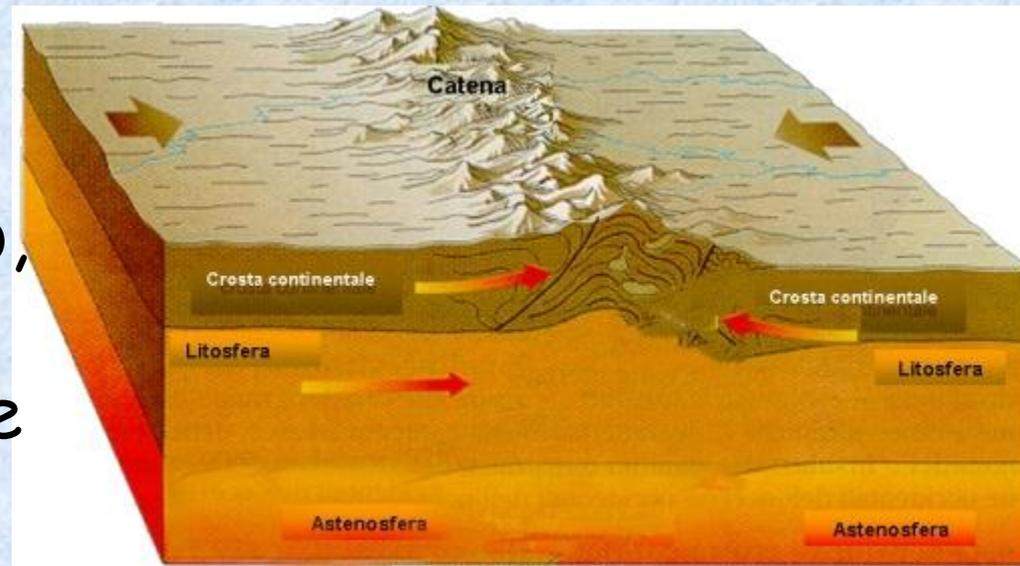
La sostanziale corrispondenza di densità tra le due placche interessate al fenomeno fa sì che non ci sia subduzione.



I movimenti dei margini

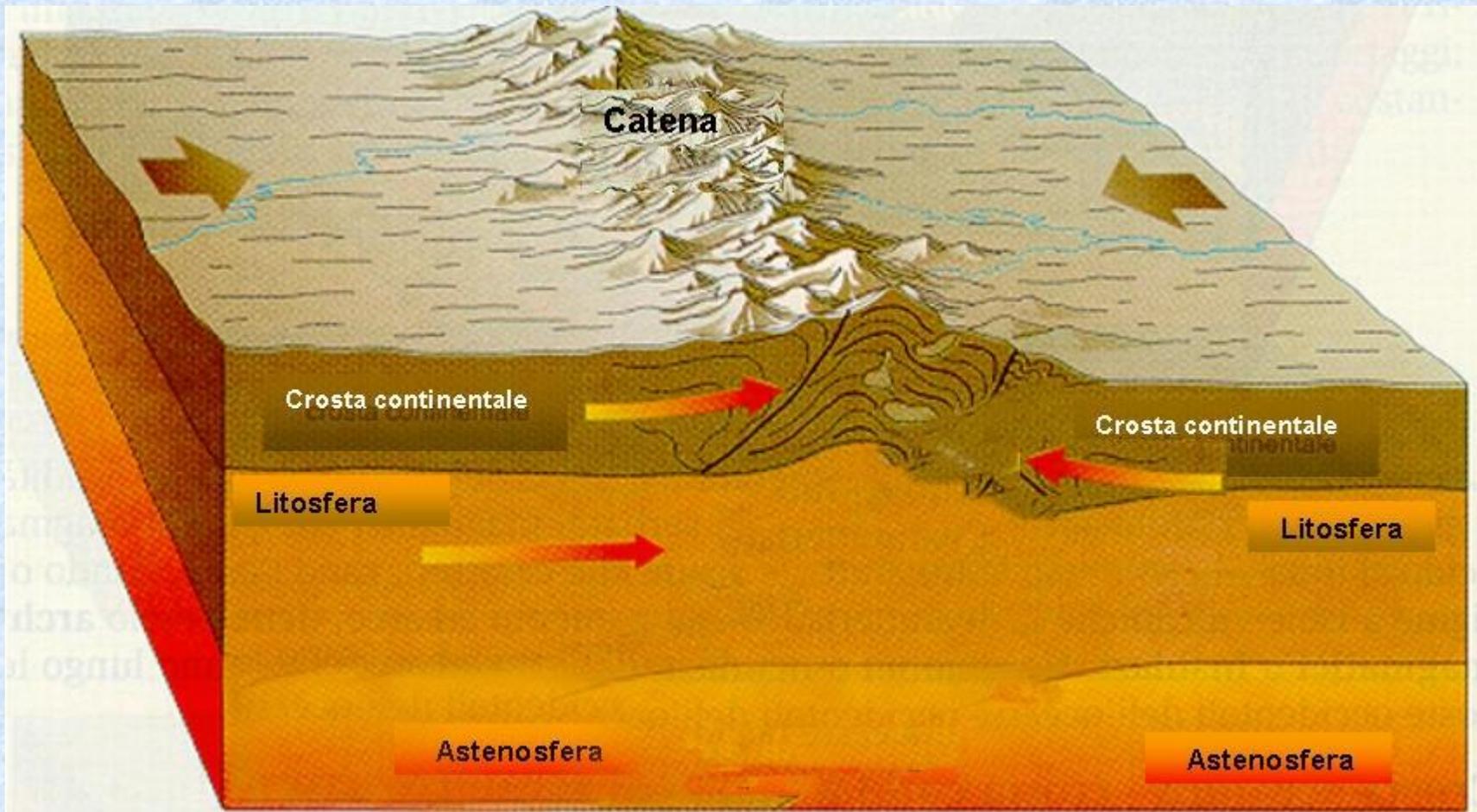
Crosta continentale con crosta continentale

I margini delle zolle si sovrappongono e si accavallano l'uno all'altro, dando così origine a catene montuose interne ai continenti.



I movimenti dei margini

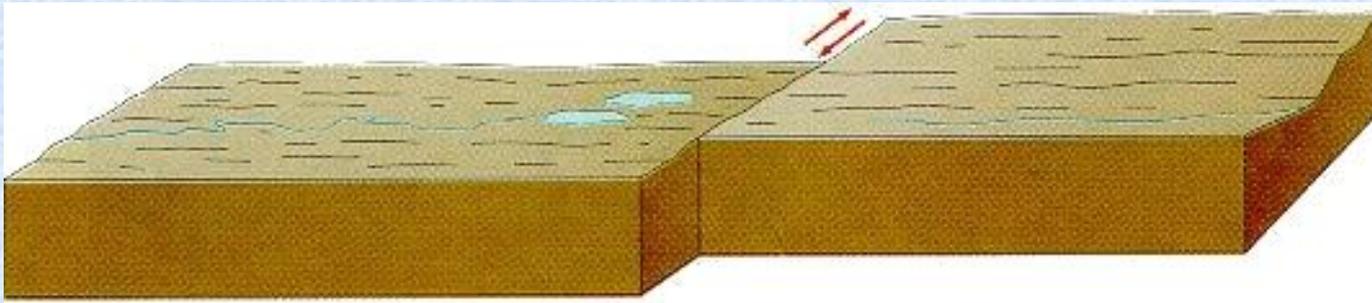
Crosta continentale con crosta continentale



I movimenti dei margini

Margini trasformati

In alcuni casi il movimento reciproco delle zolle non vede né subduzione né accavallamento, ma scivolamento, scorrimento laterale, senza che i due blocchi si avvicinino o si allontanino.

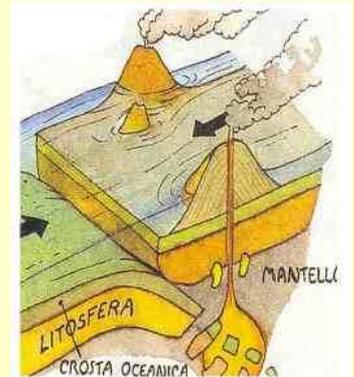
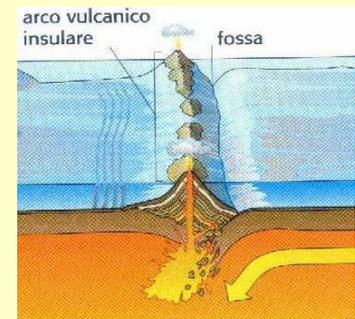
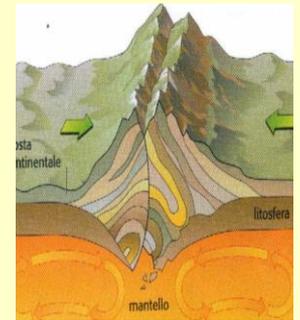


RIVEDIAMO: MARGINI di AVVICIMAMENTO

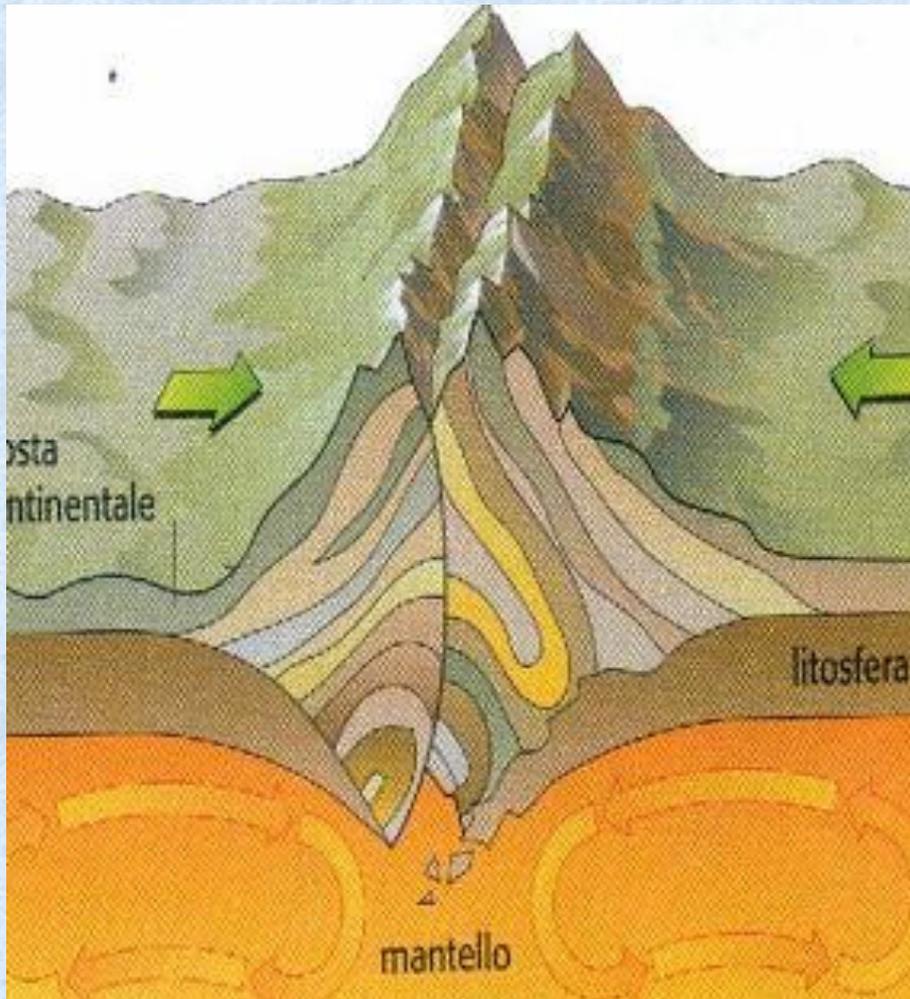
Quando due zolle si scontrano si consuma una parte della crosta terrestre.

Si può verificare:

- Scontro tra due zolle continentali con formazione di montagne
- Scontro tra due zolle oceaniche con formazione di fosse oceaniche e archi insulari vulcanici.
- Scontro tra zolle continentali e oceaniche, con formazione di zone di subduzione, fosse e vulcani costieri.

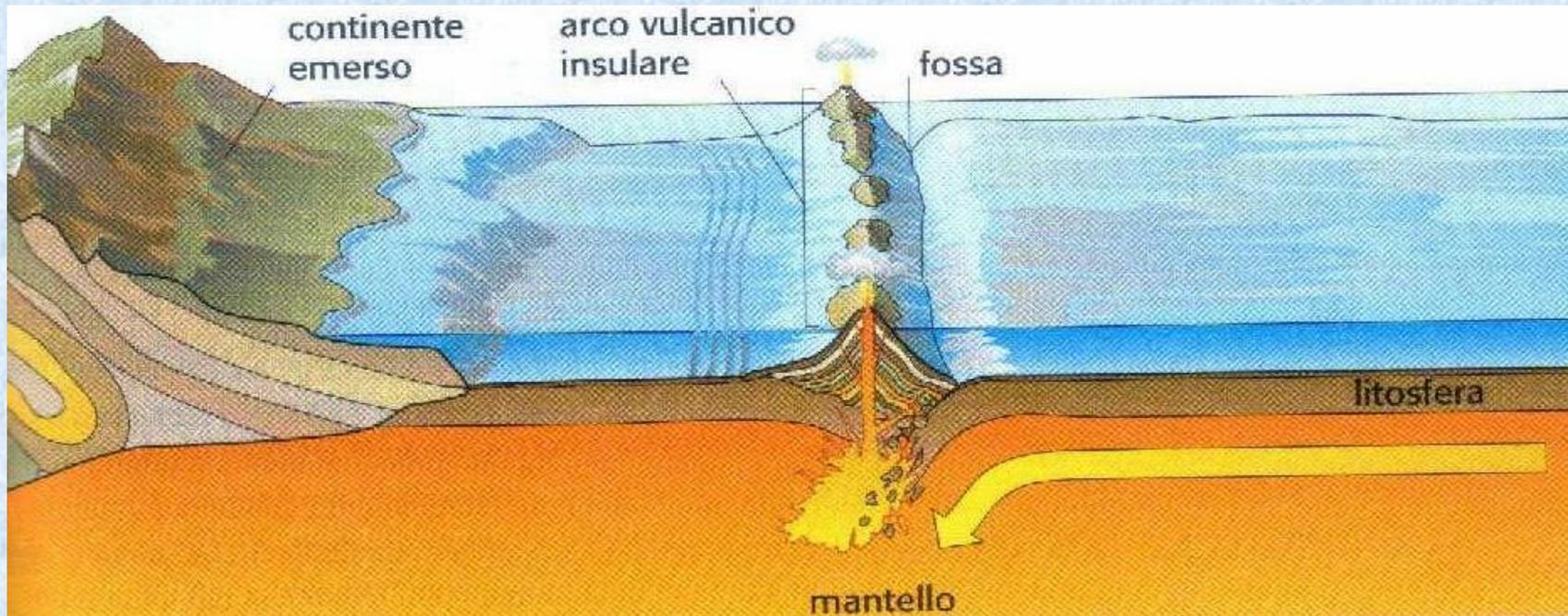


Scontro di due zolle continentali:



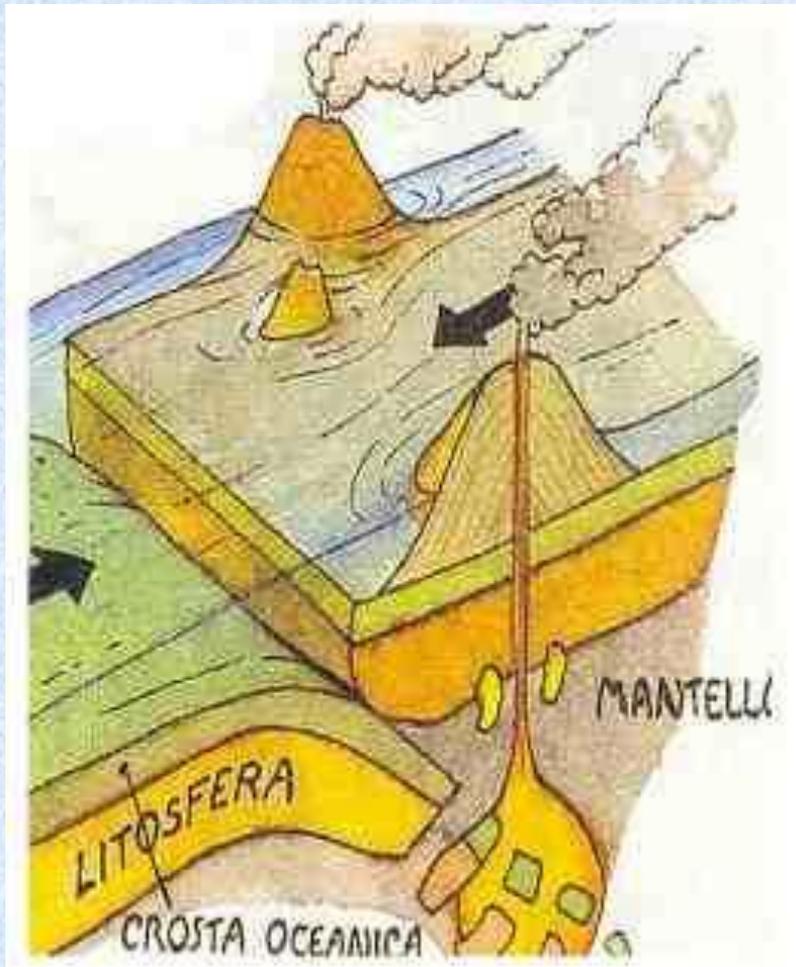
- Conseguenza dello scontro di due zolle continentali è l' OROGENESI.
- La collisione tra l'India e l'Asia ha formato la catena dell'Himalaya, quella tra Africa ed Europa le Alpi.

Scontro tra due zolle oceaniche



si ha una subduzione e la formazione di una fossa e di un arco vulcanico insulare; in questo modo si sono formate le fosse delle Filippine e delle Marianne e si è formato l'arcipelago giapponese.

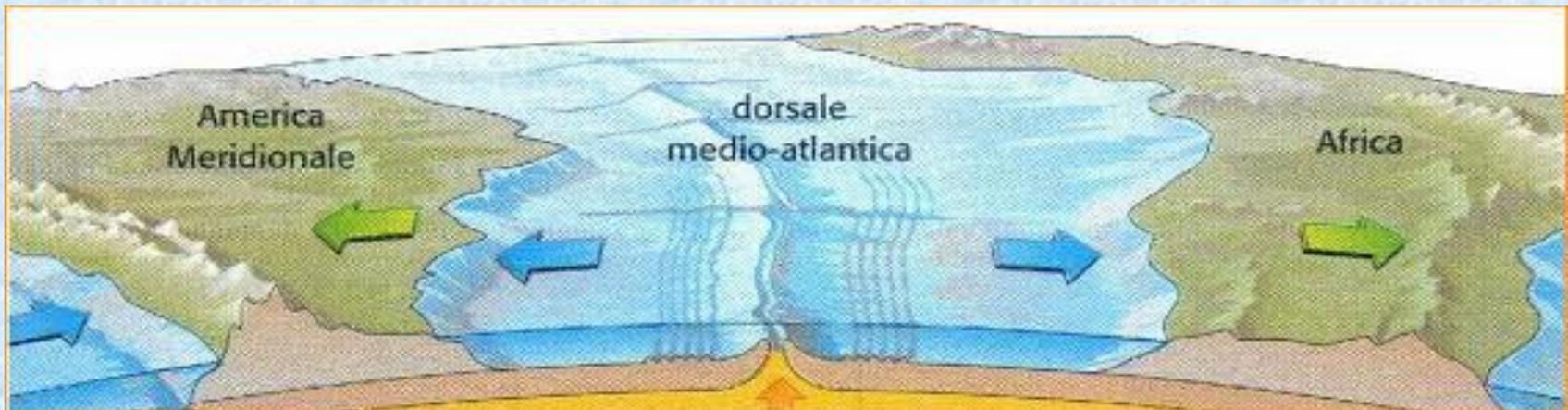
Scontro tra zolle continentali e oceaniche



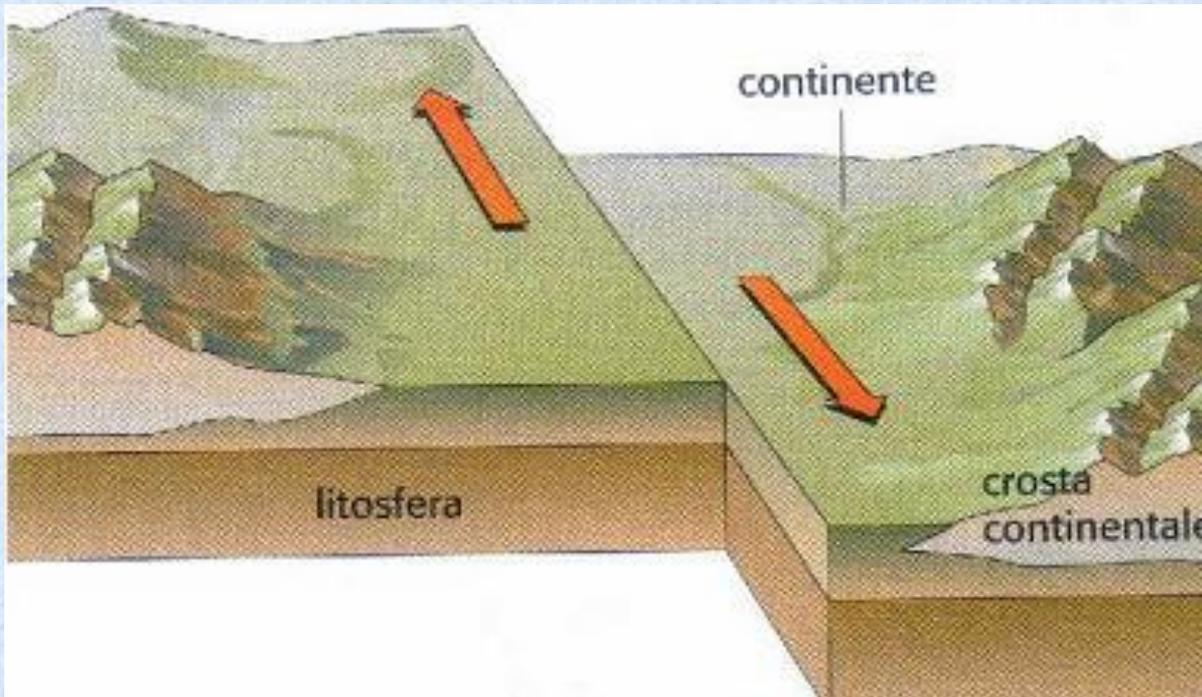
- Si ottiene una zona di subduzione con formazione di fosse.
- Le rocce oceaniche più pesanti sprofondano nel mantello e dilatandosi creano pressioni che determinano la risalita del magma attraverso vulcani costieri. Un esempio è la fossa del Cile con la Cordigliera delle Ande.

MARGINI di ALLONTANAMENTO

- Quando due zolle si allontanano si forma nuova crosta e nasce un nuovo oceano.
- Dalle dorsali oceaniche fuoriesce magma che, solidificandosi, forma nuova crosta oceanica.
- L'oceano Atlantico si è formato in questo modo 200 milioni di anni fa. Oggi la Rift Valley è l'esempio di un oceano nascente.



MARGINI DI SLITTAMENTO tra due zolle continentali



Le tensioni determinate dal movimento di slittamento causano violenti terremoti.

Due zolle possono scorrere l'una accanto all'altra senza avvicinarsi o allontanarsi.

La linea di frattura si chiama faglia

La faglia è una frattura della crosta terrestre, originata da forze tettoniche, in corrispondenza della quale si verifica un moto di scorrimento parallelo al piano di frattura



Nella foto possiamo vedere la faglia di San Andreas in California

I Fenomeni Endogeni



Che cos'è un terremoto

Un terremoto (o **sisma**) è una qualunque rapida vibrazione della crosta terrestre, indipendentemente dagli effetti che provoca.



Che cos'è un terremoto

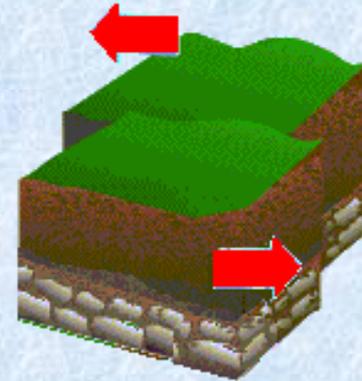
I terremoti possono essere principalmente di due origini:

- **terremoti tettonici**
- **terremoti vulcanici**



Che cos'è un terremoto

I terremoti tettonici sono i più numerosi e anche i più pericolosi; sono dovuti all'apertura improvvisa di grandi spaccature nelle rocce, seguite da movimenti del suolo.



Perché avviene un terremoto

Se afferriamo le due estremità di un bastone e proviamo a piegarlo, esso si deforma e accumula una certa quantità di energia (energia elastica).



Perché avviene un terremoto

Che succede se lasciamo una delle due estremità?

Si libera l'energia precedentemente accumulata e il bastone si mette a oscillare rapidamente.



Perché avviene un terremoto

Che succede se, invece di lasciare una delle estremità, aumentiamo la forza applicata?



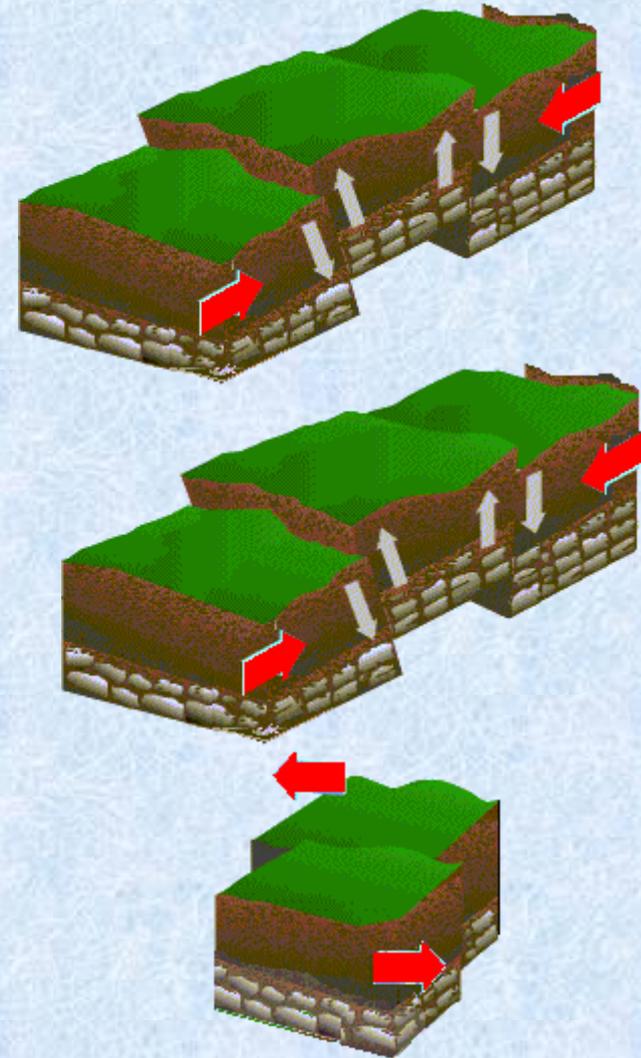
Perché avviene un terremoto

A un certo punto il bastone si spezza e i due tronconi rimasti liberano l'energia elastica vibrando per un po' di tempo.



Perché avviene un terremoto

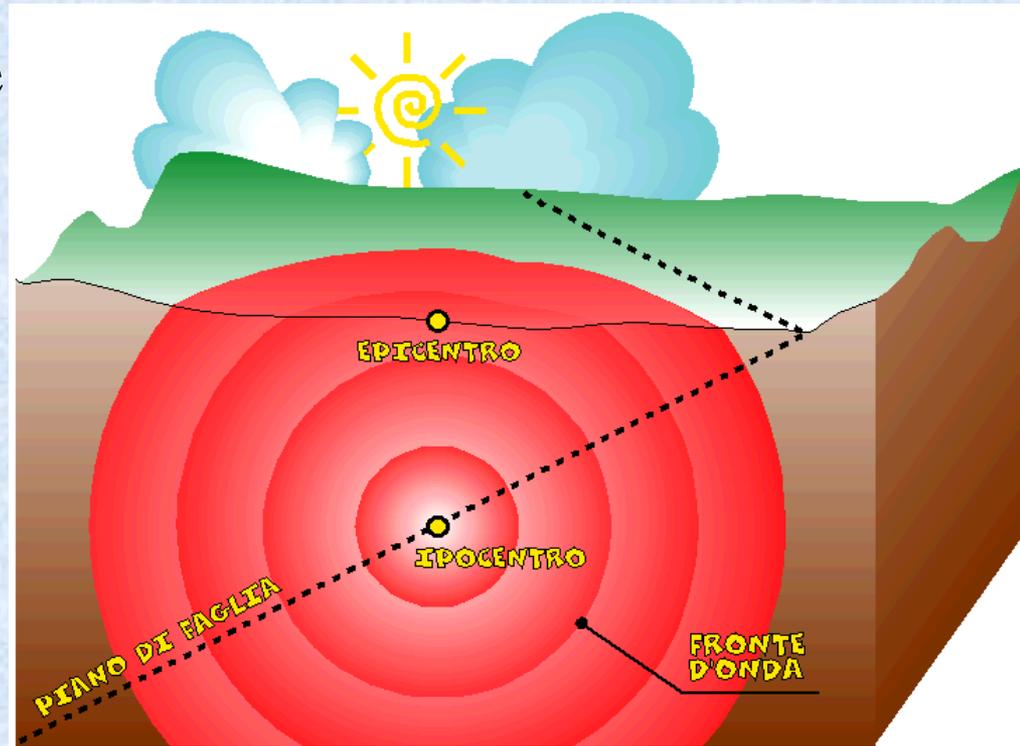
Nel caso dei terremoti la situazione è analoga: ci sono enormi forze che comprimono, tendono o fanno scorrere le rocce fino a che non si “fratturano”, l’energia che si libera fa così oscillare il terreno sovrastante.



Ipocentro ed epicentro

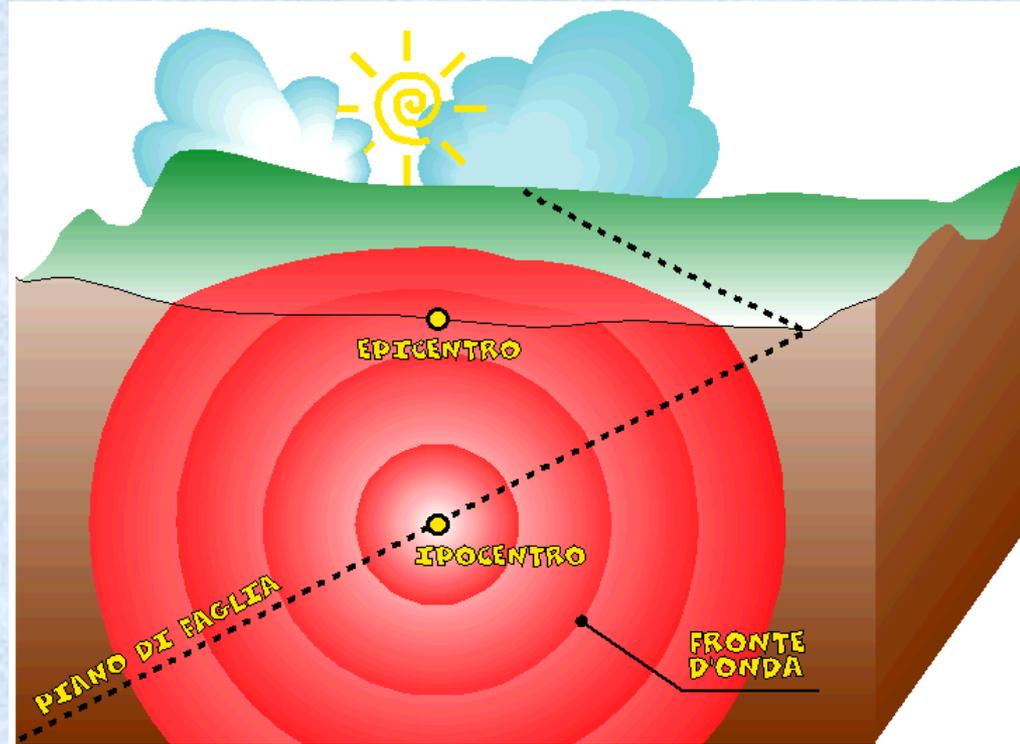
Il punto, posto nel sottosuolo, in cui avviene la frattura e da cui si originano le onde sismiche viene chiamato **ipocentro**.

Quanto l'ipocentro è profondo tanto più il sisma interessa vaste zone.



Ipocentro ed epicentro

Il punto della superficie terrestre posto verticalmente sopra l'ipocentro è detto **epicentro** ed il luogo che risente maggiormente degli effetti del sisma.



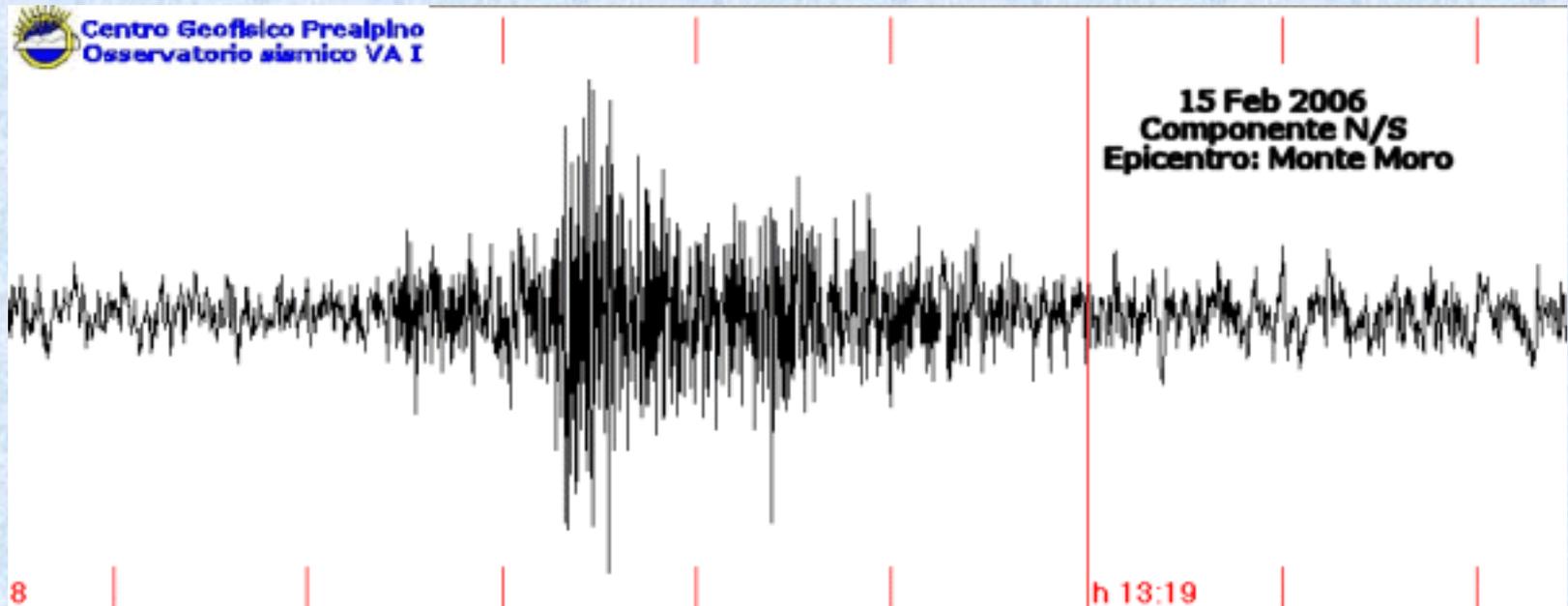
Il sismografo



La registrazione di un terremoto si realizza con il **sismografo**; questo strumento è un semplice pendolo che oscilla quando la terra trema. Le oscillazioni vengono registrate su un nastro di carta scorrevole da un pennino collegato al pendolo.

Il sismografo

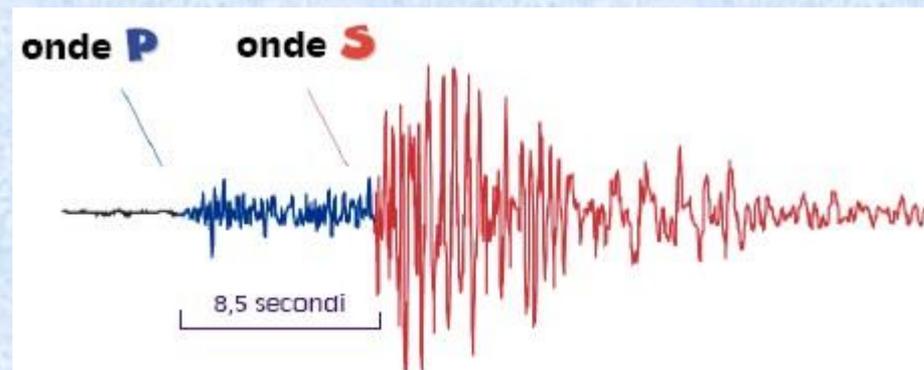
La traccia ottenuta sulla carta costituisce il sismogramma, grafico che registra le onde sismiche.



Le onde sismiche

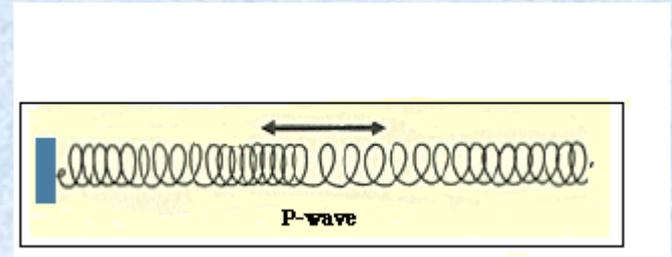
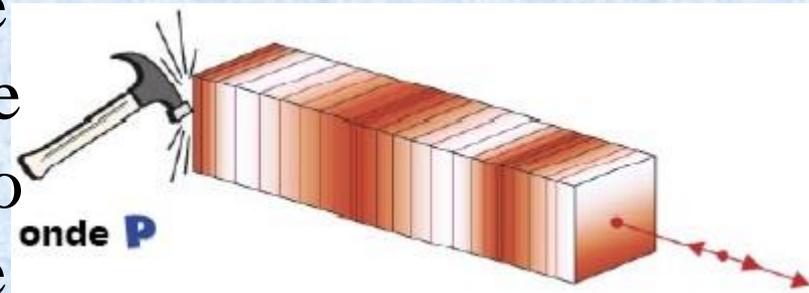
Le onde sismiche non hanno le stesse caratteristiche e da ciò dipende il differenziarsi delle scosse che possiamo avvertire durante un terremoto.

Le onde sismiche sono di quattro tipi fondamentali: *onde primarie*, *onde secondarie*, *onde lunghe* e *onde di Love*.



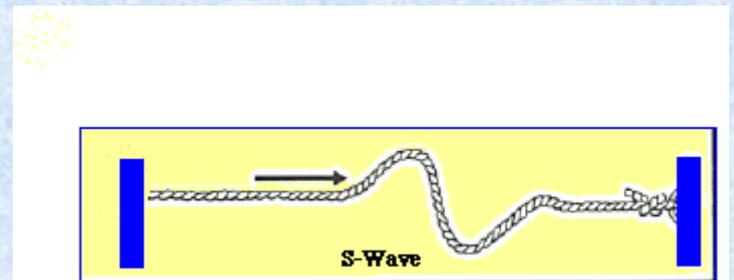
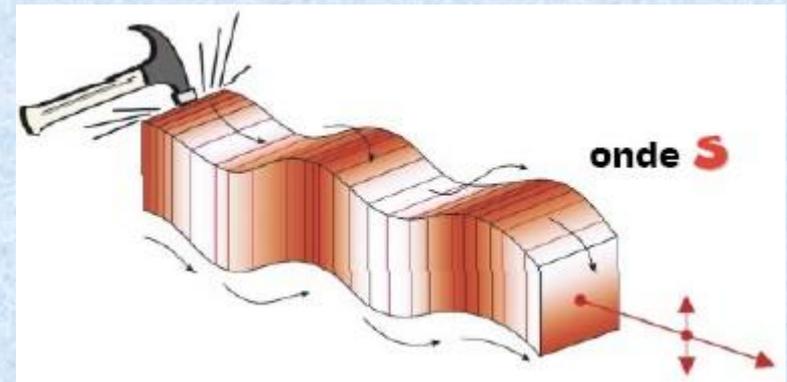
Le onde sismiche

Le Onde **P** (o **Primarie**) sono le più veloci; si propagano come le onde sonore nell'aria. Sono infatti anche dette "longitudinali" perché fanno oscillare le particelle di roccia che attraversano parallelamente alla loro direzione di propagazione. In sostanza, al loro passaggio, le rocce si comprimono e si dilatano continuamente.



Le onde sismiche

Le Onde **S** (o **Secondarie**) viaggiano più lentamente delle "P". L'oscillazione delle particelle di roccia che attraversano avviene trasversalmente rispetto alla loro direzione di propagazione. A differenza delle Onde P, le Onde S non si propagano nei fluidi.

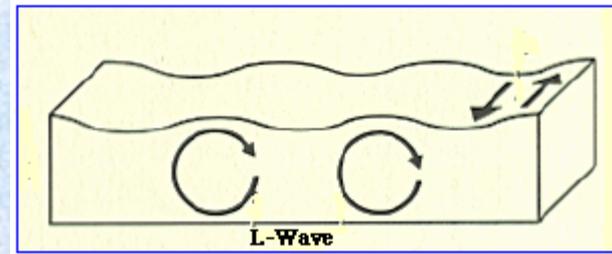


Le onde sismiche

Le Onde Lunghe

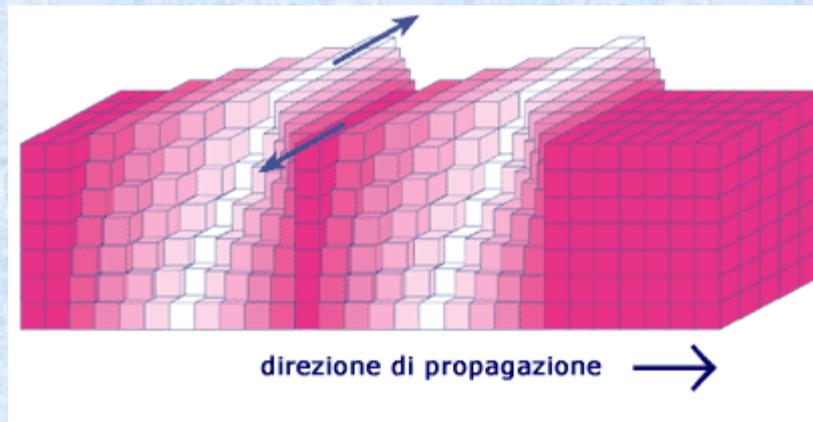
assomigliano a quelle che si propagano quando un sasso viene lanciato in uno stagno.

Le onde lunghe provocano spostamenti di grande ampiezza.



Le onde sismiche

Le Onde di **Love** fanno vibrare il terreno sul piano orizzontale. Il movimento delle particelle attraversate da queste onde è trasversale e orizzontale rispetto alla direzione di propagazione delle onde. Sono le onde che si propagano in superficie ad essere responsabili dei danni più rilevanti.



Misurare un terremoto

Gli effetti maggiori di un terremoto si verificano in prossimità dell'epicentro. Un terremoto più ha l'ipocentro vicino alla superficie più è catastrofico. La valutazione di un terremoto si basa su due scale:

LA SCALA MERCALLI

LA SCALA RICHTER

La prima si basa sui danni provocati dal sisma, la seconda invece valuta la quantità di energia che si libera durante il terremoto.

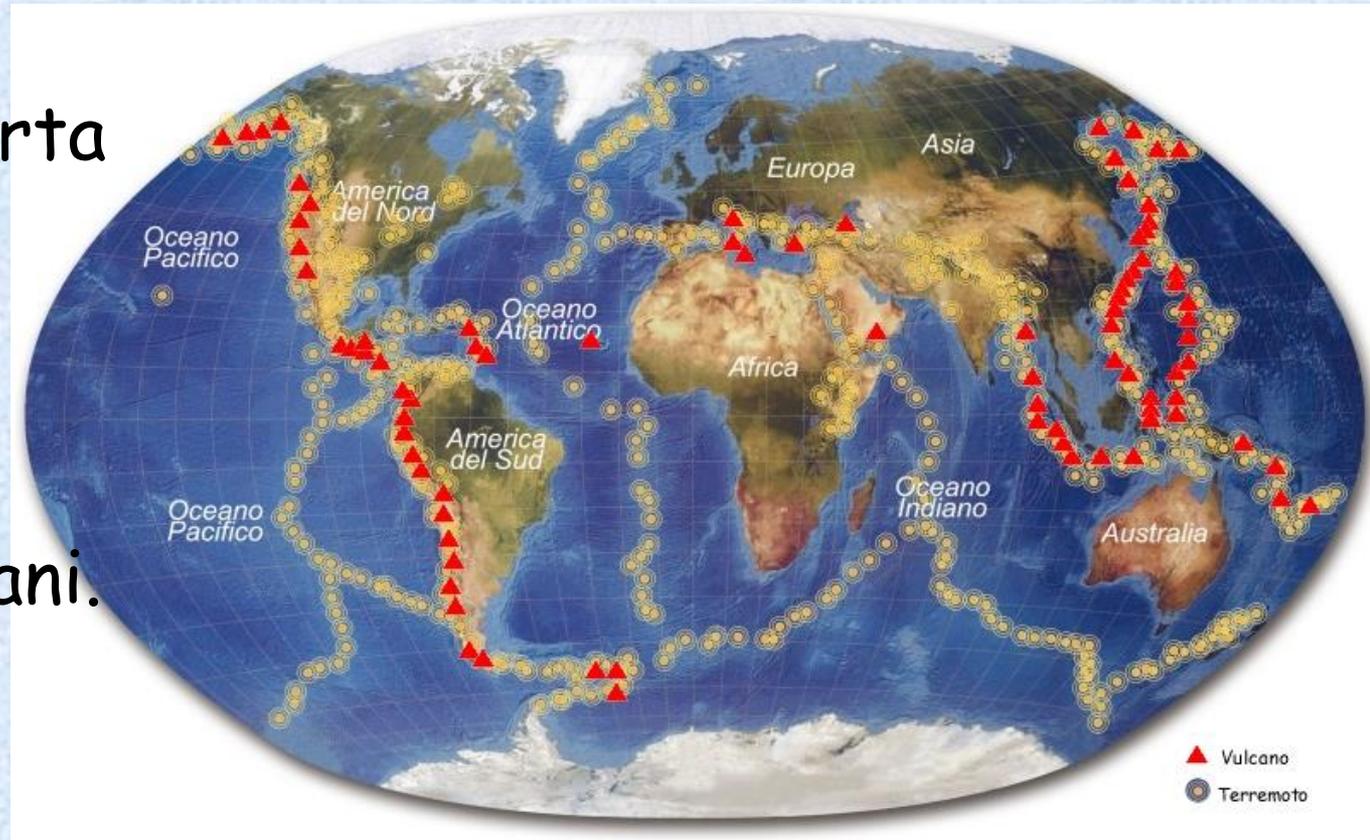
Misurare un terremoto

La Scala Mercalli

grado	scossa	descrizione
I	strumentale	non avvertito
II	leggerissima	avvertito solo da poche persone in quiete, gli oggetti sospesi esilmente possono oscillare
III	leggera	avvertito notevolmente da persone al chiuso, specie ai piani alti degli edifici; automobili ferme possono oscillare lievemente
IV	mediocre	avvertito da molti all'interno di un edificio in ore diurne, all'aperto da pochi; di notte alcuni vengono destati; automobili ferme oscillano notevolmente
V	forte	avvertito praticamente da tutti, molti destati nel sonno; crepe nei rivestimenti, oggetti rovesciati; a volte scuotimento di alberi e pali
VI	molto forte	avvertito da tutti, moltispaventati corrono all'aperto; spostamento di mobili pesanti, caduta di intonaco e danni ai comignoli; danni lievi
VII	fortissima	tutti fuggono all'aperto; danni trascurabili a edifici di buona progettazione e costruzione, da lievi a moderati per strutture ordinarie ben costruite; avvertito da persone alla guida di automobili
VIII	rovinosa	danni lievi a strutture antisismiche; crolli parziali in edifici ordinari; caduta di ciminiere, monumenti, colonne; ribaltamento di mobili pesanti; variazioni dell'acqua dei pozzi
IX	disastrosa	danni a strutture antisismiche; perdita di verticalità a strutture portanti ben progettate; edifici spostati rispetto alle fondazioni; fessurazione del suolo; rottura di cavi sotterranei
X	disastrosissima	distruzione della maggior parte delle strutture in muratura; notevole fessurazione del suolo; rotaie piegate; frane notevoli in argini fluviali o ripidi pendii
XI	catastrofica	poche strutture in muratura rimangono in piedi; distruzione di ponti; ampie fessure nel terreno; condutture sotterranee fuori uso; sprofondamenti e slittamenti del terreno in suoli molli
XII	grande catastrofe	danneggiamento totale; onde sulla superficie del suolo; distorsione delle linee di vista e di livello; oggetti lanciati in aria

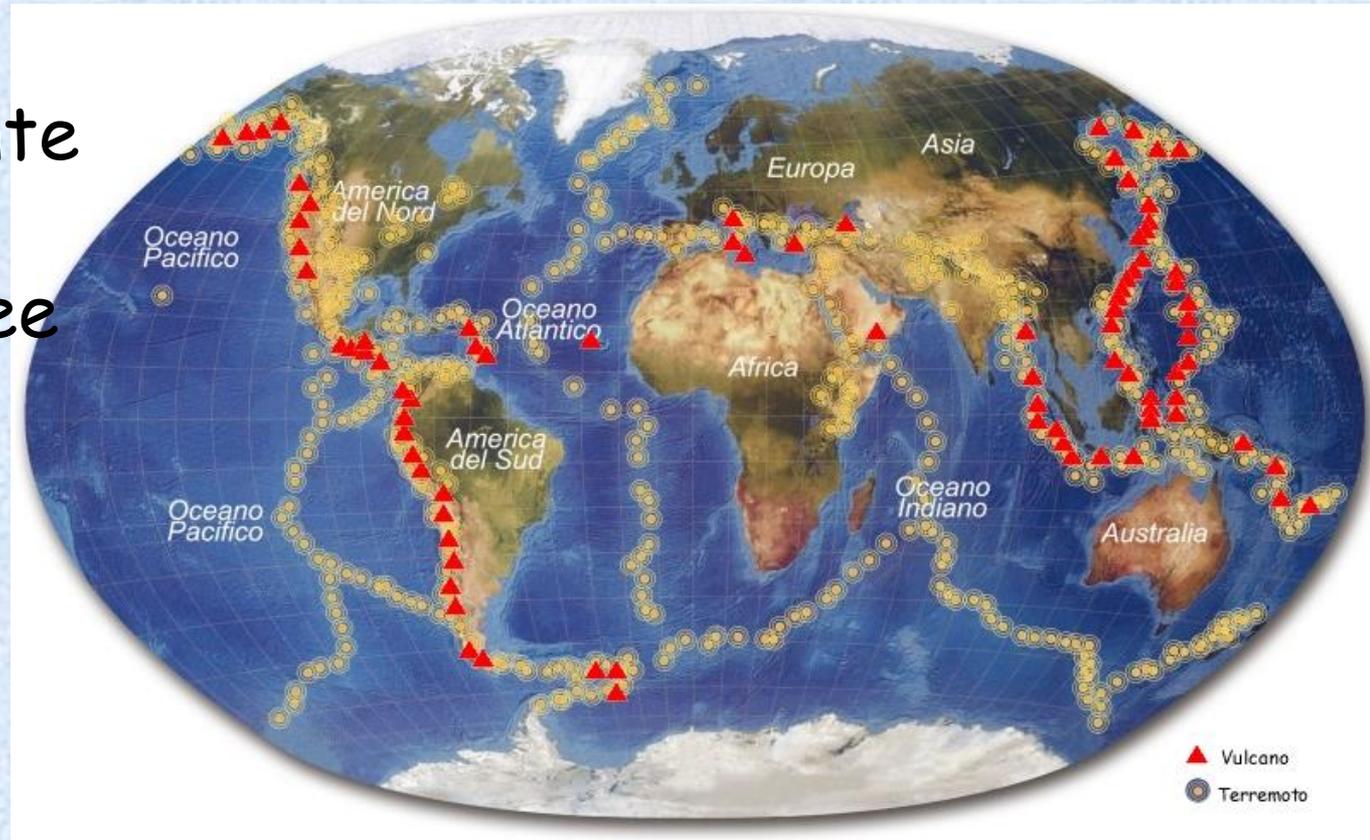
La distribuzione dei vulcani e dei terremoti

La mappa riporta dove si verificano i terremoti e dove si trovano i vulcani. Cosa noti?



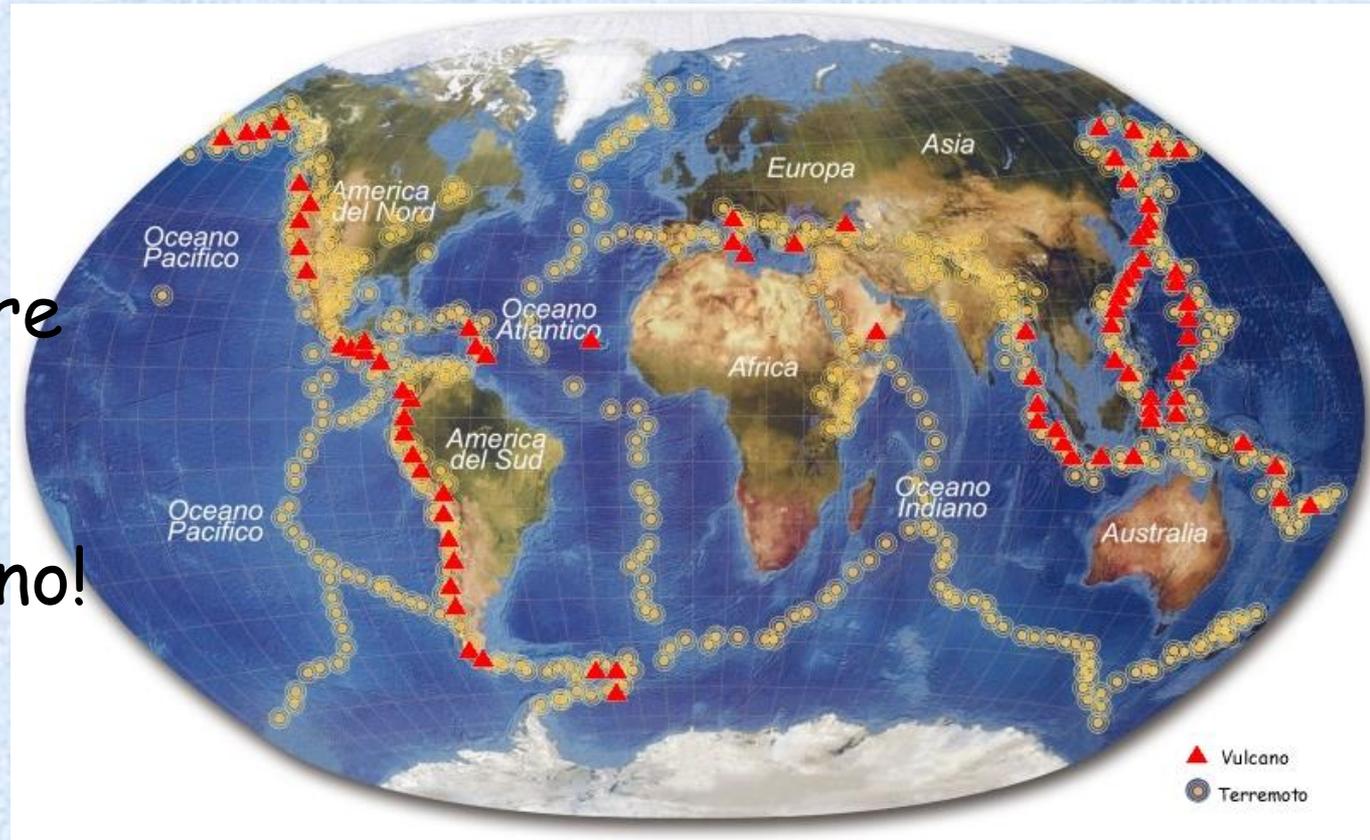
La distribuzione dei vulcani e dei terremoti

Risulta evidente che aree sismiche e aree vulcaniche sono quasi coincidenti.



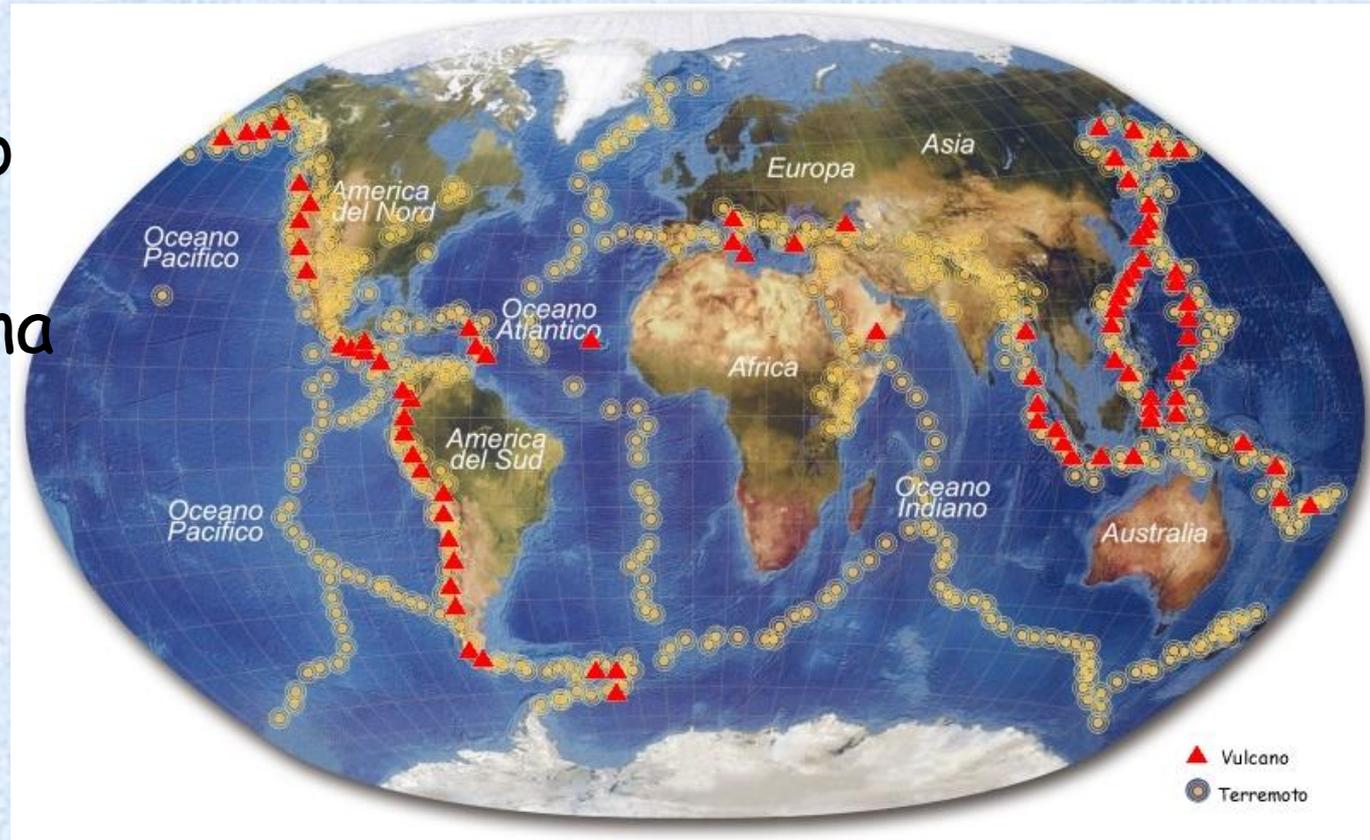
La distribuzione dei vulcani e dei terremoti

Questa distribuzione così particolare può essere casuale?
La risposta è no!



La distribuzione dei vulcani e dei terremoti

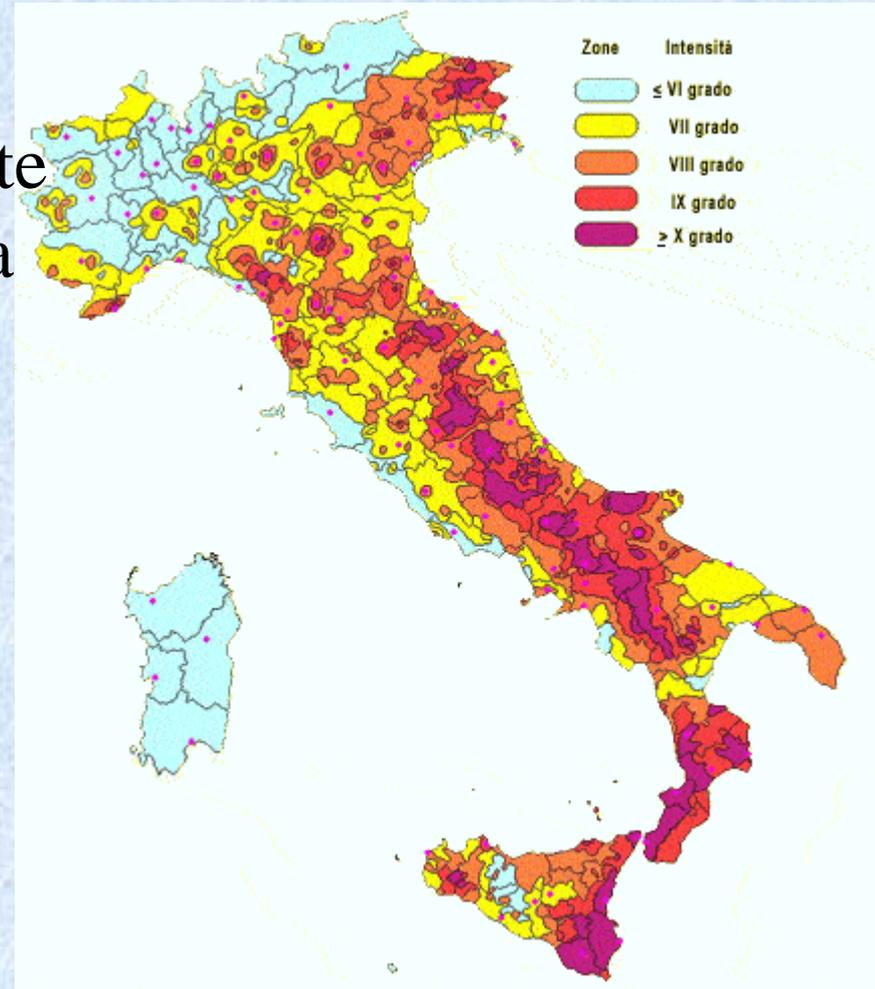
Oggi sappiamo che vulcani e sismi hanno una causa comune nel calore terrestre.



I terremoti in Italia

L'Italia è sede di frequenti terremoti perché è geologicamente giovane, quindi ancora soggetta a movimenti e assestamenti della crosta terrestre.

Sono poche le zone del nostro paese che non sono interessate ai terremoti.



I vulcani

Può essere considerato un vulcano qualsiasi spaccatura della crosta terrestre attraverso la quale il materiale fuso presente all'interno della Terra esce in superficie.



I vulcani

Il magma è un miscuglio di rocce fuse e sostanze gassose. Man mano che il magma risale all'interno del vulcano, perde i gas che contiene formando la **lava**, una massa fluida “degassata” che trabocca dal vulcano.



I vulcani

Oltre a alla lava, escono gas e vari prodotti solidi chiamati, a seconda delle dimensioni, **ceneri** ($< 2\text{mm}$), **lapilli** (diametro compreso tra 2 e 64 mm) e **bombe** ($> 64\text{ mm}$).



bomba



lapilli



cenere

Quanti sono i vulcani?



Sulla Terra esistono oltre 500 vulcani **attivi**. In Italia sono attivi l'**Etna** e lo **Stromboli**. Molti sono quelli **quiescenti** o dormienti (**Vesuvio**) e ancora di più quelli **spenti**, ovvero che hanno esaurito la loro attività.

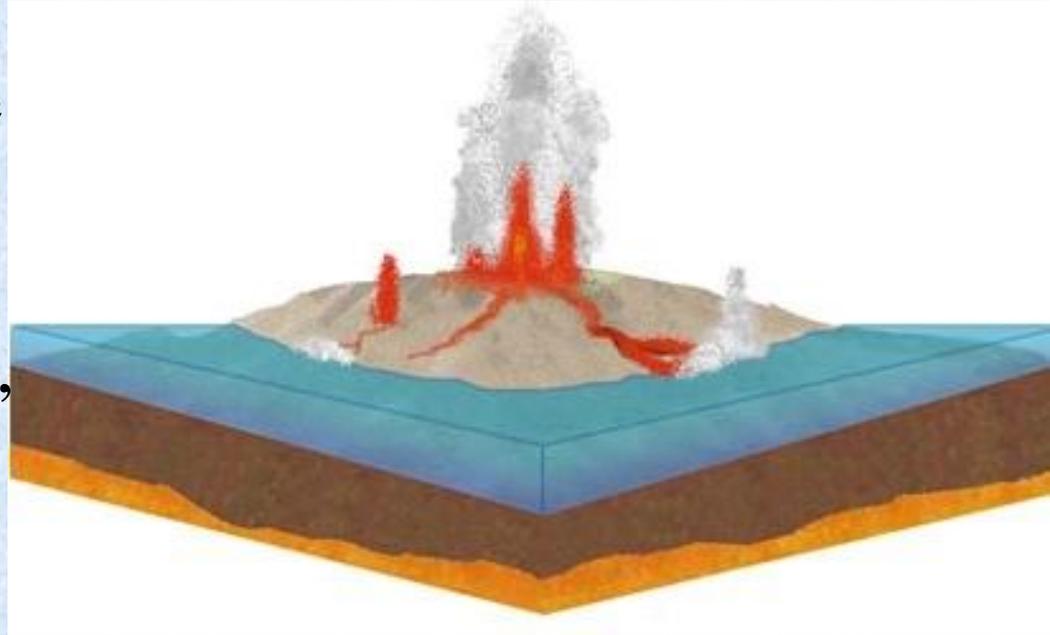
Tipi di eruzioni

Le eruzioni vulcaniche possono essere classificate, in base alla violenza del fenomeno, in eruzioni **effusive** e **esplosive**.



Tipi di eruzioni

Le **eruzioni effusive** si verificano quando la lava è molto fluida e con scarsa presenza di gas. Questa lava scorre senza difficoltà, muovendosi in modo tranquillo.



Tipi di eruzioni

Le **eruzioni esplosive** si verificano quando la lava è poco morbida ed è piena di gas. In questo tipo di eruzione vengono lanciati in aria lava e materiali solidi di varie dimensioni.

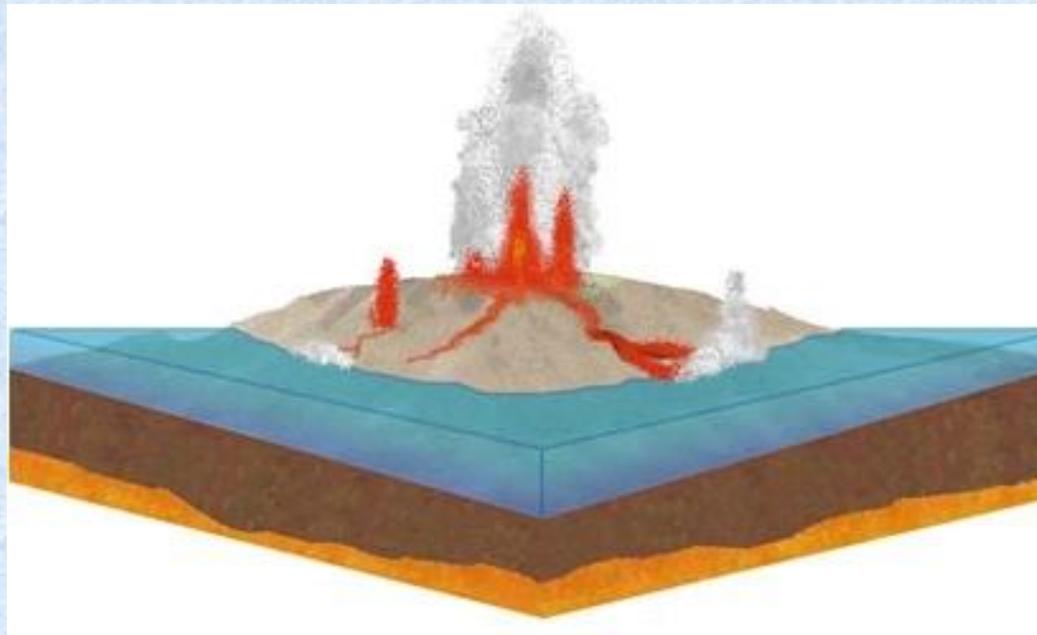


Tipi di vulcani

Se consideriamo la forma della fessura della crosta terrestre da cui esce il magma possiamo distinguere eruzioni **lineari** e **centrali**.

vulcani LINEARI

Le eruzioni lineari si verificano quando la fessura della crosta ha forma lunga e stretta. Spesso questo tipo di eruzione avviene in fondo al mare.

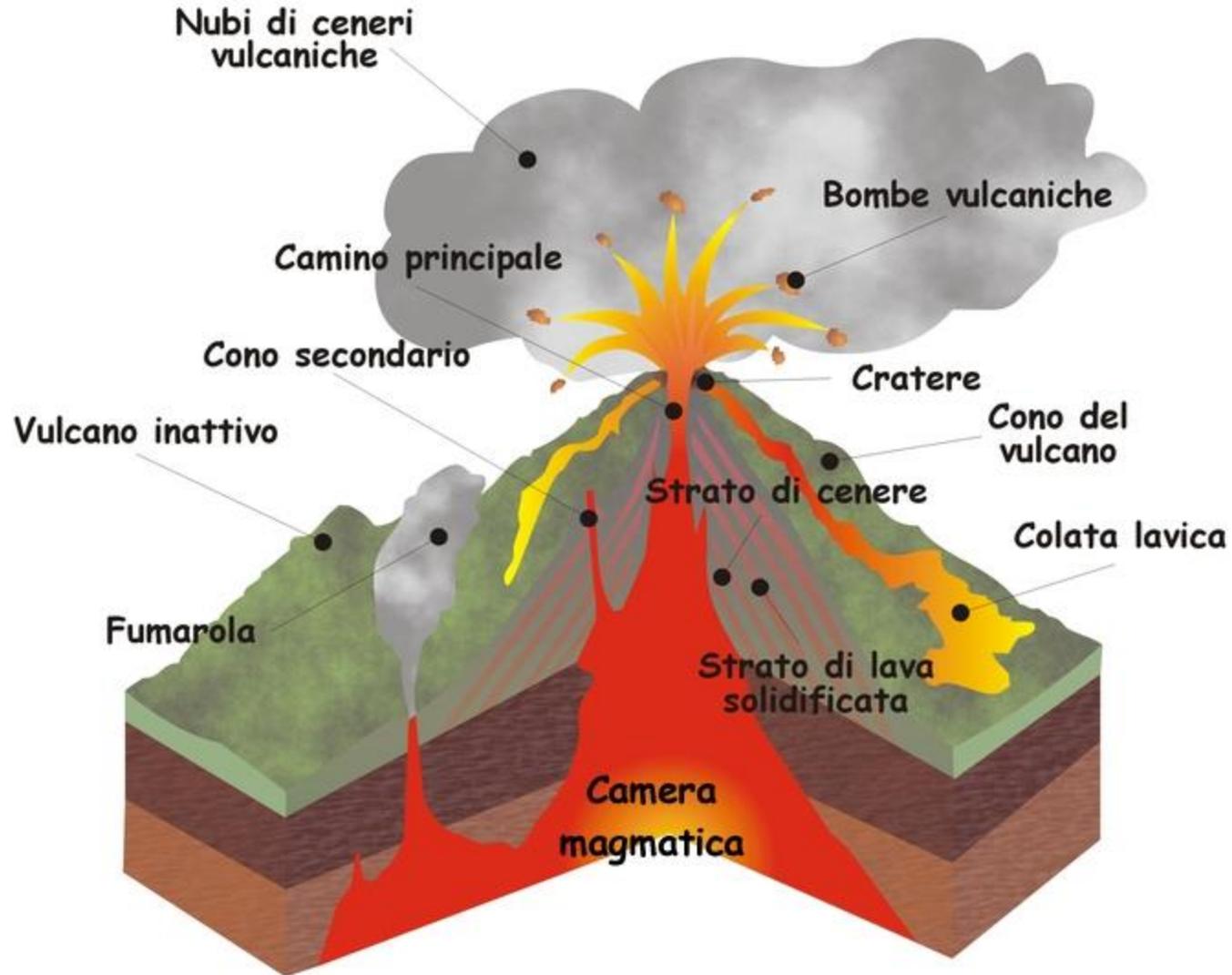


Vulcani CENTRALI

Le eruzioni centrali sono quelle più comuni. Si verificano quando la frattura della crosta si presenta in superficie con forma quasi circolare (**cratere**).

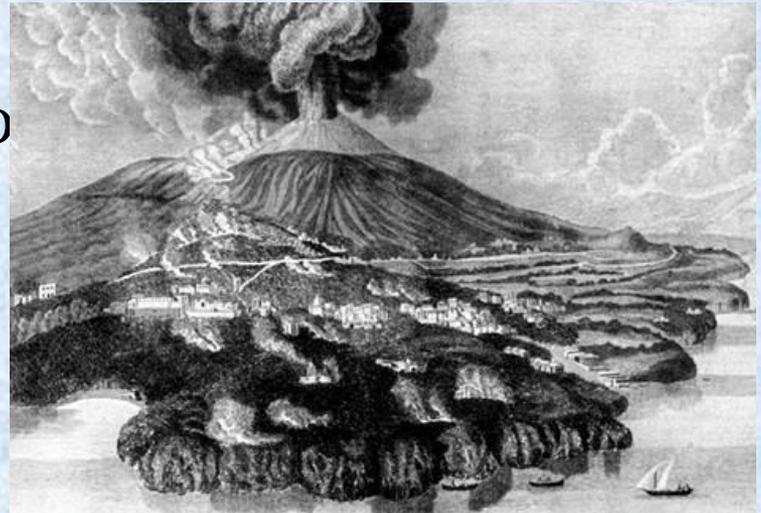


La struttura del vulcano



Gli edifici vulcanici

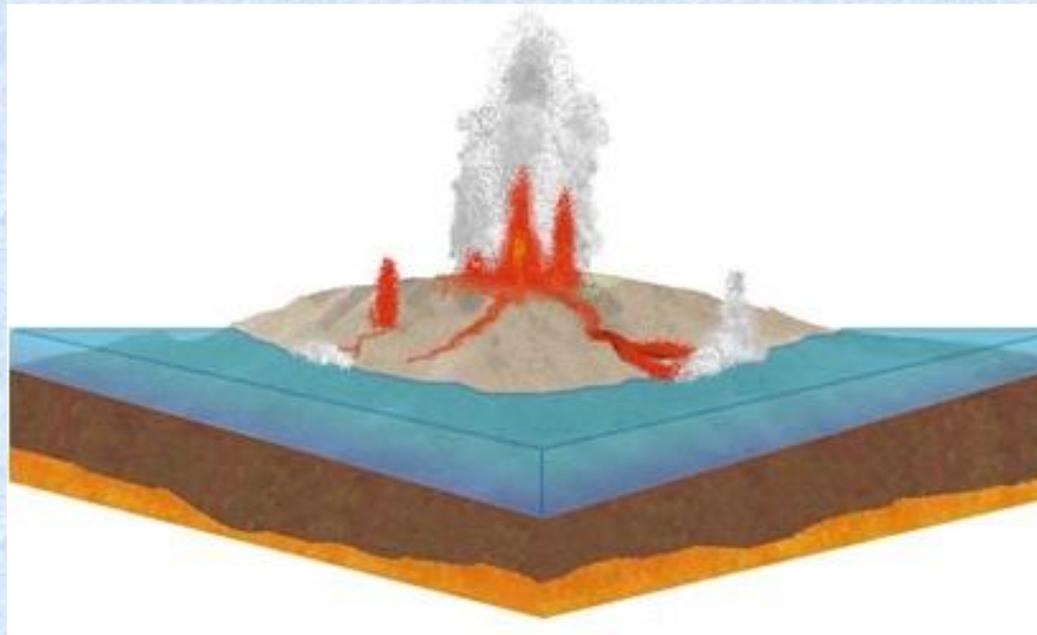
Le differenti forme degli edifici vulcanici dipendono dal tipo di attività vulcanica e dunque dalla viscosità del magma.



Gli edifici vulcanici

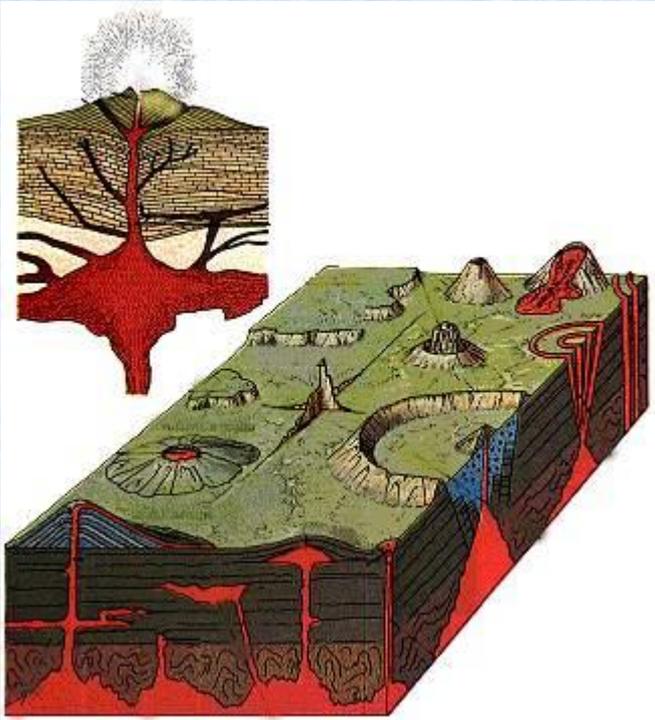
Vulcani lineari

Si formano da una lunga frattura della crosta; la lava fuoriesce lentamente formando un insieme di strati piatti di roccia.



Gli edifici vulcanici

Vulcani a scudo

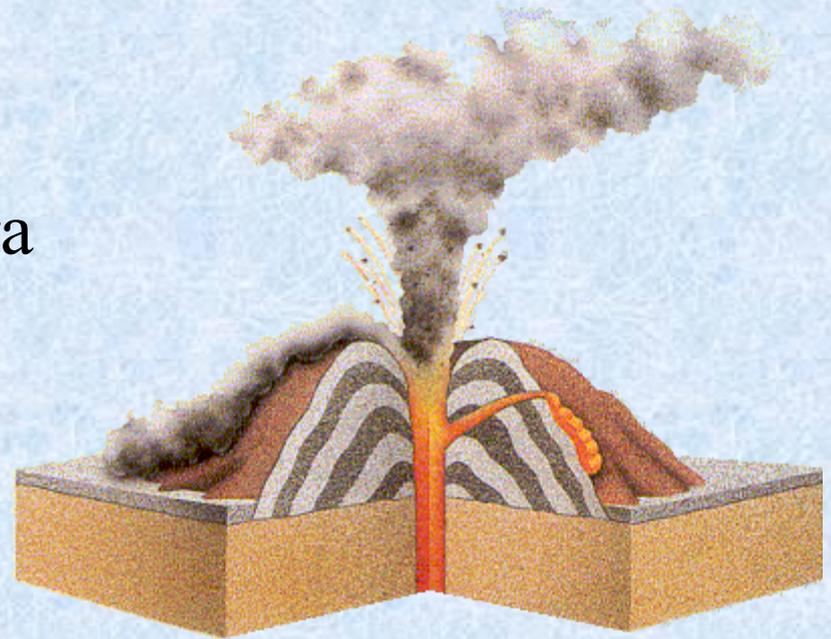


La lava, poco viscosa e con pochi gas, scorre senza difficoltà, velocemente dal cratere formando un edificio conico molto svasato. Tipici vulcani a scudo sono quelli hawaiani.

Gli edifici vulcanici

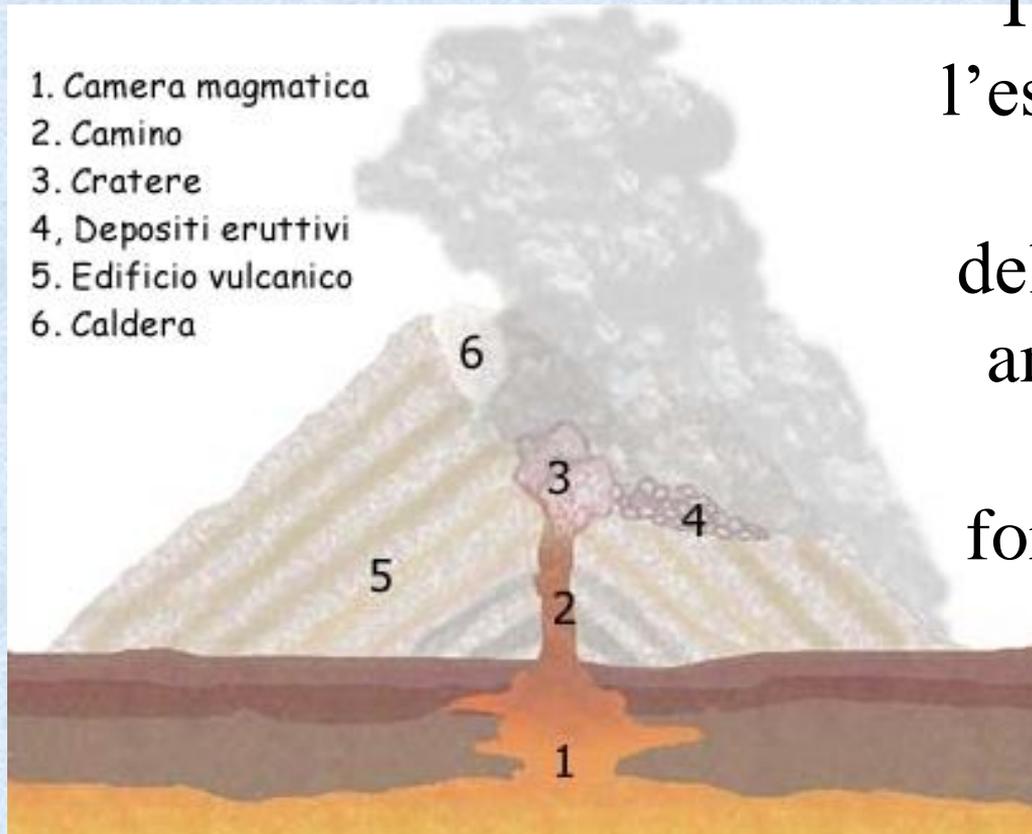
Vulcani a strati

Si formano quando l'attività effusiva si alterna con quella esplosiva. L'edificio risulta allora dalla sovrapposizione di lava solidificata e di strati di lapilli, ceneri emessi nella fase successiva. La forma è quella conica classica.



Gli edifici vulcanici

Vulcani a strati



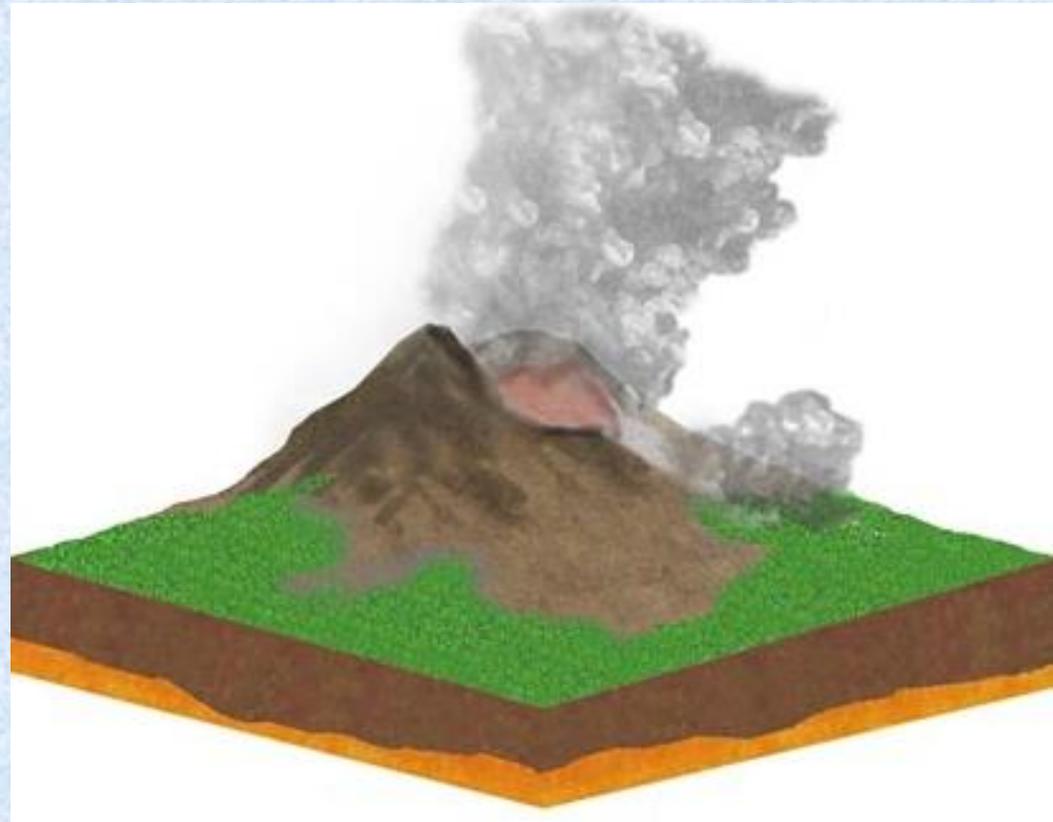
Talvolta, nei vulcani a strati, l'esplosione è così violenta da far crollare parte dell'edificio: si forma così un ampio cratere, la **caldera**. In qualche caso la caldera si forma per lo sprofondamento della sommità del cratere nella camera magmatica vuota.

Gli edifici vulcanici

Vulcani peleani

Si formano dopo una forte attività esplosiva: la lava viscosissima risale così lentamente da solidificare ancora prima di uscire dal cratere.

Durante l'eruzione fuoriesce così una specie di guglia rocciosa che si innalza progressivamente.



Il vulcanesimo secondario

I geysir sono getti intermittenti di acqua bollente e vapore che escono da aperture in tutto simili a crateri.



Il vulcanesimo secondario

I **soffioni** sono violente emissioni di vapore miste a sostanze minerali come l'acido borico. In Italia famosi sono i soffioni boraciferi di Larderello (Toscana).



Il vulcanesimo secondario

Le **fumarole** sono emissioni di vapore acqueo mescolate ad altre sostanze gassose. Famose sono le fumarole di Pozzuoli più note con il nome di **sofatare**.



FINE