

Cristina Cavazzuti
Daniela Damiano

Terra, acqua, aria

Seconda edizione

Capitolo 5

Vulcani, terremoti e tettonica delle placche

1. I terremoti
2. I vulcani
3. La tettonica delle placche

Lezione 1

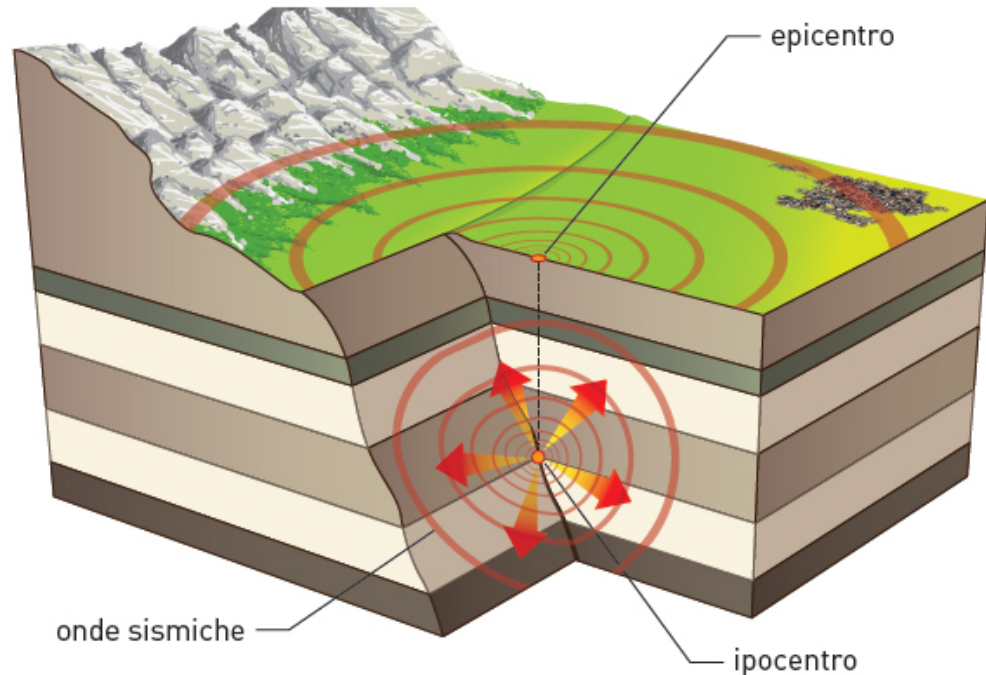
I terremoti

1. L'origine dei terremoti

I **terremoti**, detti anche *sismi*, sono vibrazioni più o meno violente della crosta terrestre che si originano in un punto del sottosuolo chiamato **ipocentro**.

Dall'ipocentro partono le vibrazioni elastiche dette **onde sismiche**.

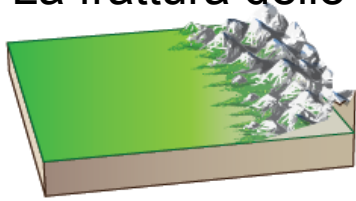
Il punto della superficie terrestre che si trova sulla verticale dell'ipocentro ed è raggiunto per primo dalle onde sismiche è detto **epicentro**.



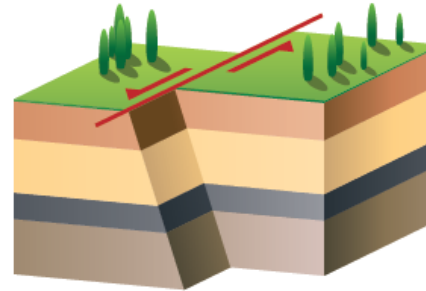
A partire dall'ipocentro le onde sismiche si propagano in tutte le direzioni.

2. La teoria del rimbalzo elastico

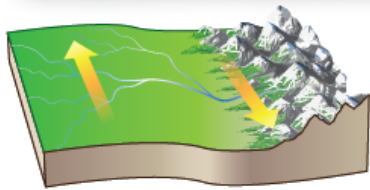
Secondo la **teoria del rimbalzo elastico**, si ha un terremoto quando le rocce all'interno della Terra si spaccano e si spostano reciprocamente. La frattura delle rocce è detta **faglia**, e può essere di diverso tipo.



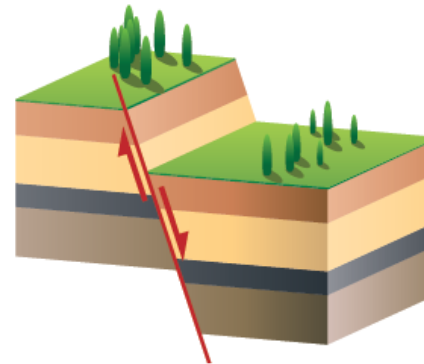
All'interno della Terra si generano forze che deformano lentamente le rocce, permettendo l'accumulo di energia elastica.



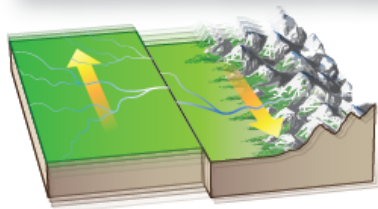
Nella **faglia trascorrente** i due blocchi scorrono orizzontalmente in direzione opposta.



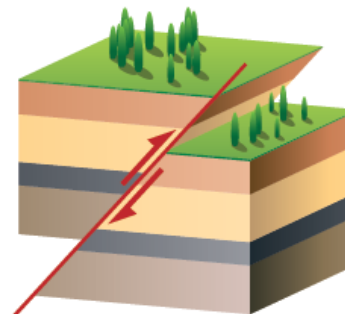
Il sistema rimane in equilibrio fino a quando le forze in gioco non superano la resistenza delle rocce.



Nella **faglia diretta** un blocco scorre lungo il piano di faglia e si abbassa rispetto all'altro.



Dove la roccia è più debole (ipocentro) si ha la rottura: l'energia si libera all'improvviso generando il sisma.



Nella **faglia inversa** un blocco scivola sull'altro e la crosta si comprime.

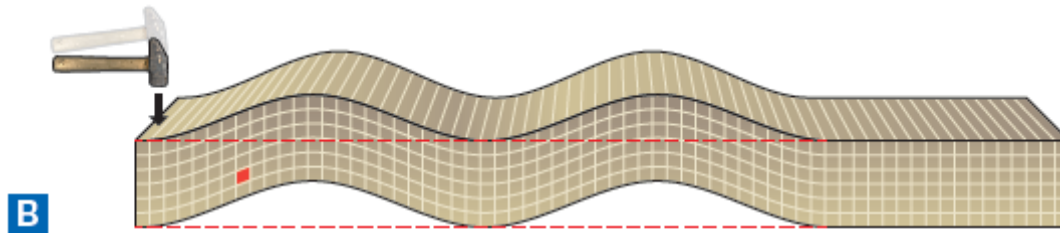
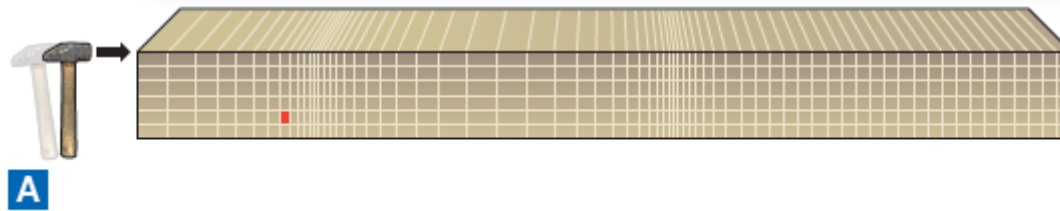
3. Le onde sismiche e i sismografi

Esistono tre tipi di onde sismiche: P, S e superficiali.

Le **onde longitudinali** sono chiamate anche *onde prime* (o **onde P**), sono le più veloci e si propagano producendo compressioni e dilatazioni.

Al passaggio delle **onde trasversali**, dette anche *onde seconde* (o **onde S**), le particelle del mezzo attraversato oscillano su e giù, in direzione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell' onda.

Al passaggio di **onde P** le particelle di una roccia (i rettangoli) si deformano per contrazione e rilasciamento.



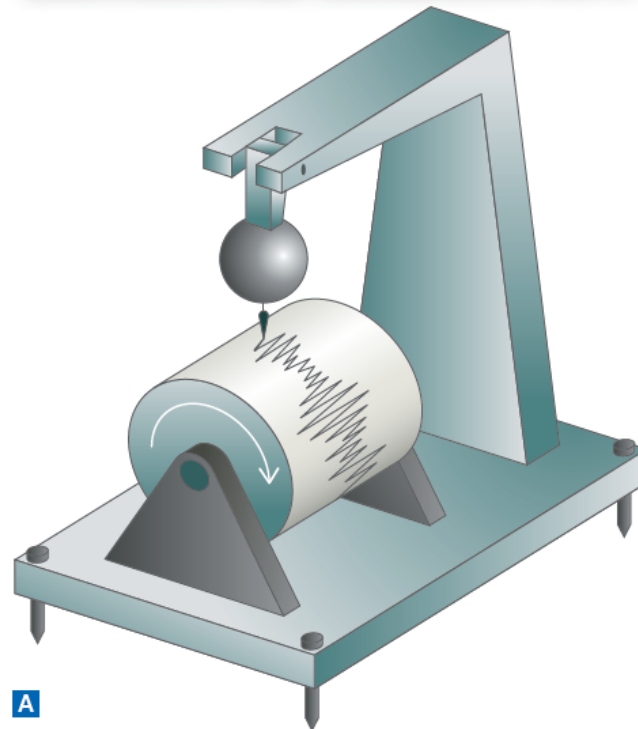
Al passaggio di **onde S** le particelle di una roccia oscillano ortogonalmente.

3. Le onde sismiche e i sismografi

Quando le vibrazioni giungono in superficie generano le **onde superficiali**, che si propagano anche per migliaia di chilometri facendo compiere alle particelle del suolo ampie oscillazioni orizzontali e verticali. Queste onde sono le più lente a propagarsi, ma provocando movimenti sussultori e ondulatori del terreno, sono le principali responsabili del crollo degli edifici e delle strade.

Il **sismografo** è un apparecchio che registra l'intensità e la durata di terremoti anche a grandi distanze dall'epicentro.

Le onde sismiche sono registrate dai **sismografi**, che producono un tracciato detto **sismogramma**.



A

4. La forza di un terremoto

La forza di un terremoto è classificata in base alle scale Mercalli e Richter.

L' **intensità** di un terremoto può essere valutata in base agli effetti prodotti dal sisma sull' uomo, sugli edifici e, in generale, sull' area colpita. La **scala Mercalli**, ideata dal geologo Giuseppe Mercalli (1850-1914), è suddivisa in 12 livelli, o *gradi*, e si basa proprio su questo principio empirico.

La **scala Richter**, o **scala delle magnitudo**, si basa sulla misura dell' energia sprigionata dal terremoto nel suo ipocentro. Il valore della **magnitudo** si ottiene confrontando l' ampiezza delle oscillazioni prodotte dal sisma in esame con l' ampiezza delle oscillazioni prodotte da un terremoto campione.

4. La forza di un terremoto

La scala Mercalli (A) e la scala Richter (B).

SCALA MERCALLI

Intensità



Misura degli **effetti** che il terremoto ha prodotto.



Giuseppe Mercalli

(1850 - 1914)

Geologo, sismologo, vulcanologo e sacerdote cattolico italiano



Per quantificarla occorre conoscere i danni provocati dal sisma.

I	Impercettibile	0
		1
		1,5
		2
II	Molto leggero	2,5
III	Leggero	3
IV	Moderato	3,5
V	Abbastanza forte	4
VI	Forte	4,5
VII	Molto forte	5
		5,5
VIII	Rovinoso	6
		6,5
IX	Distruittivo	7
X	Totalmente distruttivo	7,5
		8
XI	Catastrofico	8,5
		9
XII	Apocalittico	10



MAGNITUDO

Scala Richter

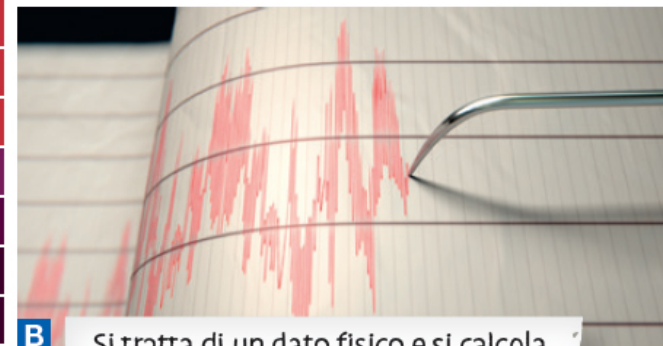
Misura l'**energia sprigionata** da un terremoto nel suo ipocentro.



Charles Francis Richter

(1900 - 1985)

Fisico e sismologo statunitense



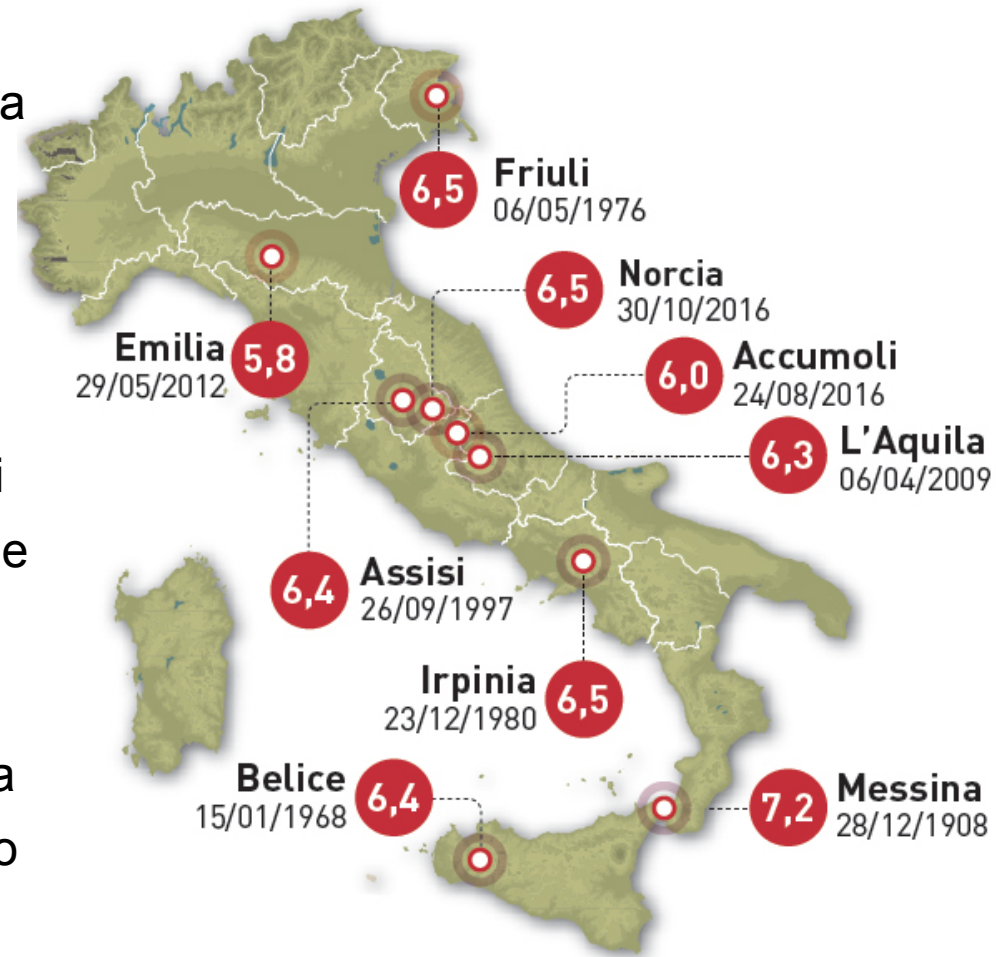
Si tratta di un dato fisico e si calcola in pochi minuti dall'evento sismico.

5. Il rischio sismico in Italia

La penisola italiana è interessata da un' intensa attività sismica concentrata lungo la catena alpina, la catena appenninica e l' arco calabro, in corrispondenza della faglia Gloria. Il **rischio sismico** in Italia è più alto rispetto ad altri Paesi in cui i terremoti si verificano con maggiore frequenza e intensità.

Questo parametro esprime infatti la probabilità di subire un danno a causa di un terremoto e si ottiene applicando la seguente equazione:

$$\text{Rischio sismico} = \text{Pericolosità sismica} \times \text{Valore esposto} \times \text{Vulnerabilità}$$



6. Le superfici di discontinuità

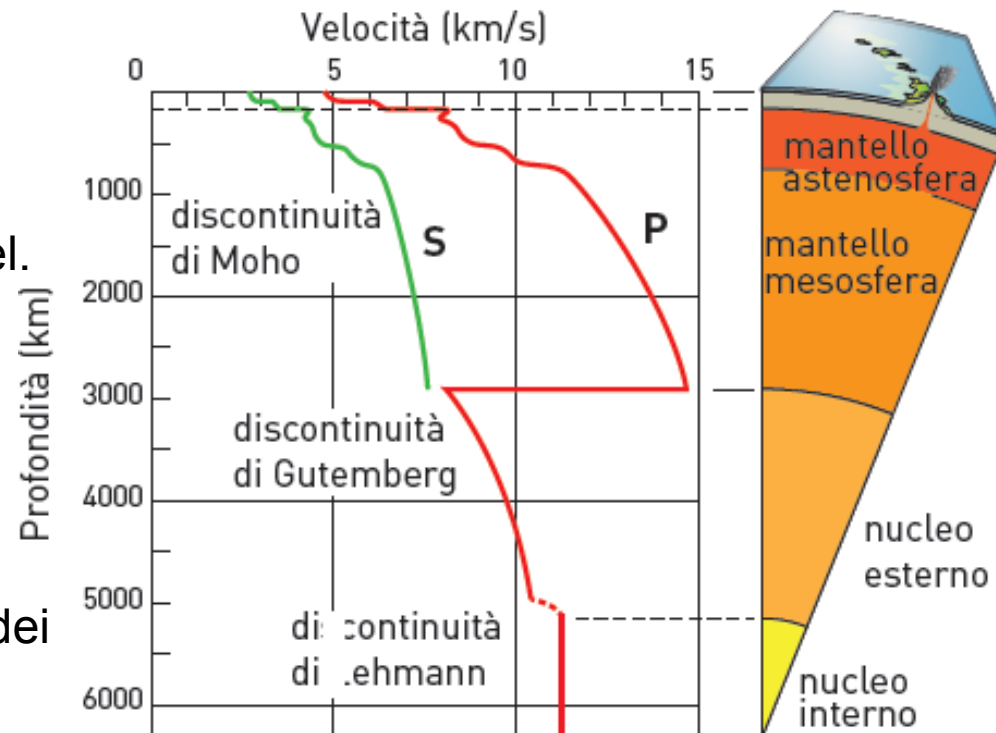
Le onde sismiche hanno fornito molti dati sull'interno della Terra.

Lo strato più esterno e sottile è la **crosta**, suddivisa in *continentale* e *oceanica* e costituita soprattutto da silicati di alluminio.

Sotto la crosta c'è il **mantello**, uno strato prevalentemente solido formato soprattutto da silicati di ferro e magnesio. La parte superiore e rigida del mantello forma insieme alla crosta la **litosfera**.

Al centro della Terra vi è il **nucleo**, costituito da una regione più interna solida e una più esterna liquida, composto soprattutto da ferro e nichel.

Il passaggio da uno strato all'altro è segnalato dalle **superfici di discontinuità**, nelle quali la composizione o le condizioni fisiche dei materiali variano bruscamente.



Lezione 2

I vulcani

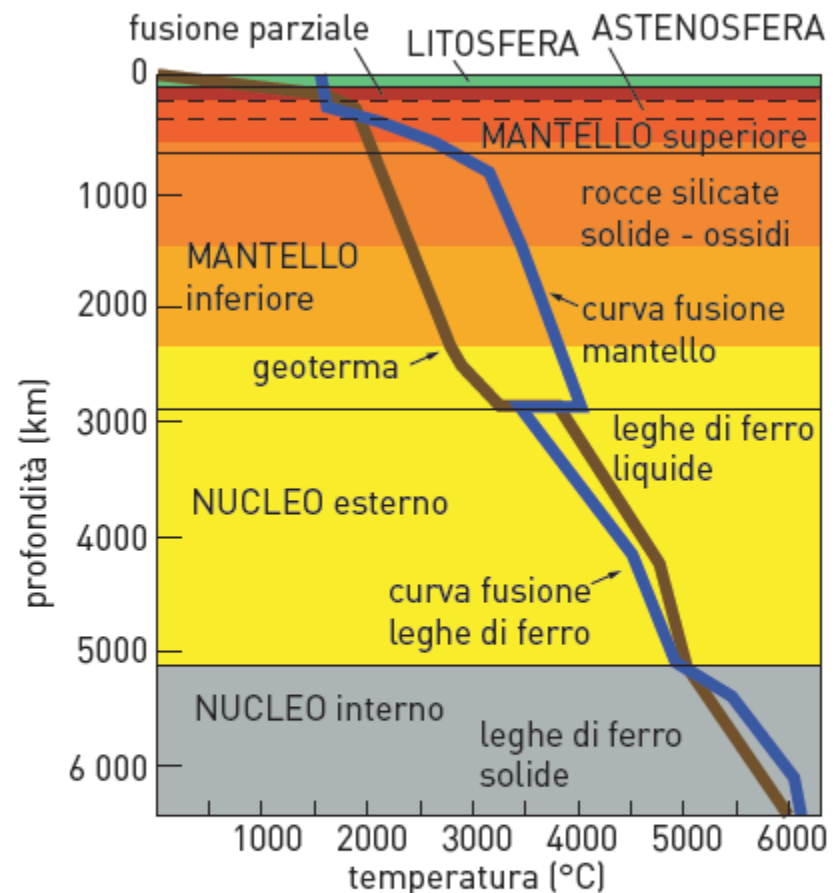
7. Il calore terrestre

La Terra internamente è ancora molto calda.

A mano a mano che si scende nella litosfera si avverte infatti un aumento della temperatura.

Tale variazione, che dipende dalla profondità, è chiamata **gradiente geotermico** ed è pari a circa 3°C ogni 100 metri per le prime decine di chilometri.

L'energia che deriva dal calore interno della Terra si chiama **energia geotermica** ed è una fonte energetica alternativa.



La **geoterma**, curva marrone, indica l'andamento della temperatura con la profondità. Nel nucleo la temperatura dovrebbe essere compresa tra i 4000 e i 6000 °C.

8. La struttura di un vulcano

I **vulcani** sono la manifestazione più evidente del calore interno della Terra. Si tratta di aperture naturali della crosta terrestre da cui fuoriesce il **magma**, una miscela di rocce fuse, cristalli e gas.

Il magma è meno denso della roccia solida, tende quindi a risalire e accumularsi all'interno della crosta terrestre in un serbatoio detto **camera magmatica**.

Dalla camera magmatica, il magma si dirige verso l'alto lungo un condotto, il **camino**, e fuoriesce attraverso una spaccatura della crosta chiamata **cratere**.

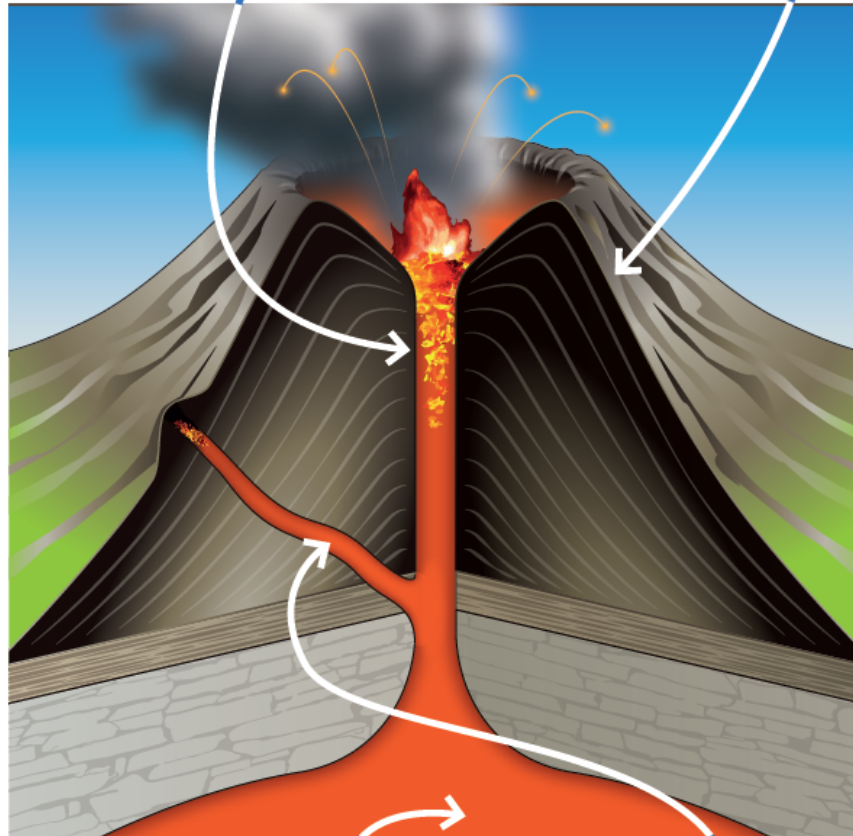
Quando il magma fuoriesce all'esterno della crosta, prende il nome di lava, la quale si accumula nella zona circostante il cratere formando l'**edificio vulcanico**.

La fuoriuscita di gas e materiali è detta *eruzione vulcanica*.

8. La struttura di un vulcano

Il **camino vulcanico** è un condotto che collega la camera magmatica con l'esterno.

L'**edificio vulcanico** è la parte visibile del vulcano e si origina per accumulo di materiali.



Un **camino secondario** è una diramazione del camino primario.

La **camera magmatica** è una cavità nella roccia dove si raccoglie il magma.

9. L'attività vulcanica

I vulcani si classificano per il tipo di lava: una **lava acida e viscosa** determina *attività vulcanica esplosiva*, una **lava basica e fluida** è associata ad *attività vulcanica effusiva*.

L'attività vulcanica **esplosiva** emette diversi tipi di materiali solidi; in genere si tratta di frammenti di varie dimensioni, chiamati **piroclasti**.

Essi possono essere di dimensioni ragguardevoli come le **bombe vulcaniche**, avere le dimensioni di piccoli ciottoli, come i **lapilli**, o essere piccolissimi e formare la **cenere vulcanica**.

Un'eruzione esplosiva può produrre una **nube ardente**.



B
Le **bombe vulcaniche** hanno diametro superiore ai 64 mm.



C
I **lapilli** hanno diametro compreso tra 2 e 64 mm.



D
La **cenere vulcanica** ha diametro inferiore ai 2 mm.



E

9. L'attività vulcanica

Durante una **eruzione effusiva** la lava scorre rapidamente lungo i fianchi del vulcano e può percorrere anche distanze considerevoli.

Una tipica manifestazione di una eruzione effusiva è la **fontana di lava**.

Spesso i magmi basici escono da una spaccatura lineare della crosta.

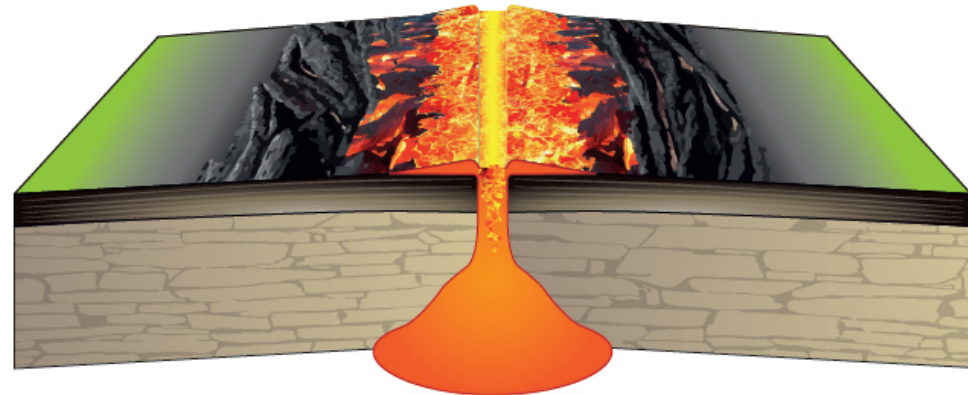
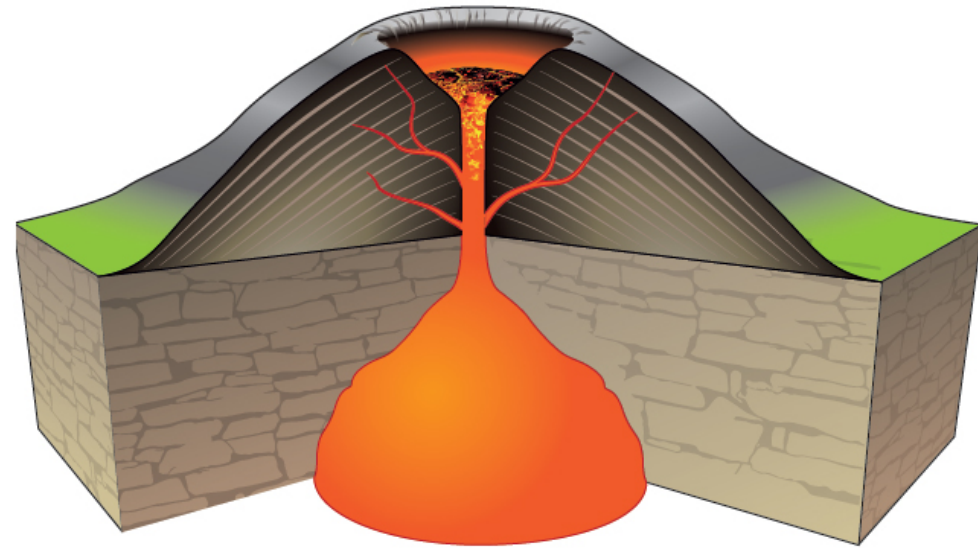
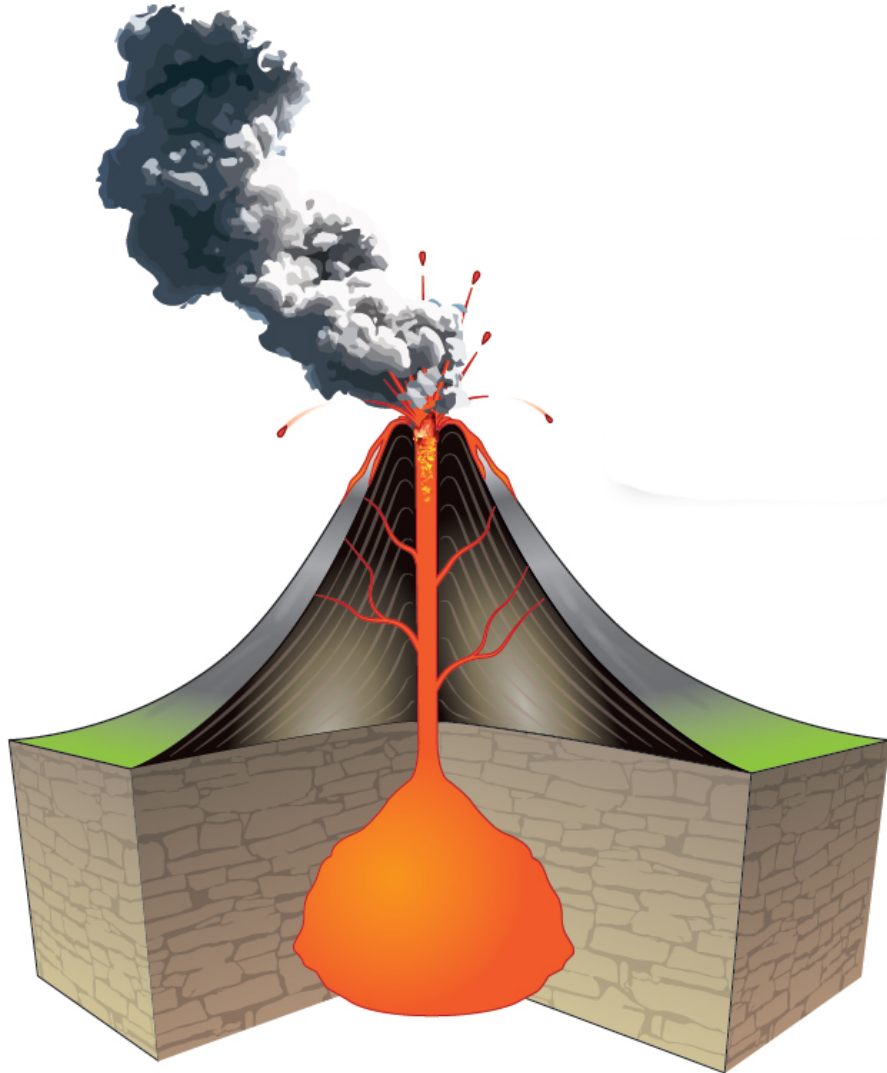
In questo caso la lava si espande lateralmente dando origine a **eruzioni lineari** e formando i cosiddetti **plateau lavici**.

Alcuni vulcani, detti **strato-vulcani**, alternano attività esplosiva ed effusiva.



9. L'attività vulcanica

La forma dell'edificio vulcanico è diversa nel caso delle **eruzioni esplosive** (a sinistra) ed **effusive** (a destra).



10. I vulcani italiani

La penisola italiana (A) presenta diversi complessi vulcanici, alcuni dei quali ancora attivi come lo **Stromboli** (B), l'**Etna** (C) e il Vesuvio.



11. Il vulcanesimo secondario



A Il Geysir in Islanda è considerato il più antico **geyser** conosciuto.



B Nelle **sorgenti termali** di Saturnia, a Grosseto, l'acqua sgorga a 37 °C.



C Le **fumarole** sono nubi di gas e vapore a livello del suolo.



D Una **sofataria** in Sicilia, con le incrostazioni di zolfo.

Lezione 3

La tettonica delle placche

12. La teoria della deriva dei continenti e lo studio dei fondali oceanici

Alfred Wegener nel 1912 formulò la **teoria della deriva dei continenti**.

Secondo questa teoria, in passato esisteva un unico supercontinente, la *Pangèa*, circondato da un grande mare, la *Pantalàssa*.

In seguito i continenti si sarebbero allontanati gli uni dagli altri, comportandosi come zattere.



225 Milioni di anni fa



150 Milioni di anni fa



100 Milioni di anni fa



100 Milioni di anni fa

12. La teoria della deriva dei continenti e lo studio dei fondali oceanici

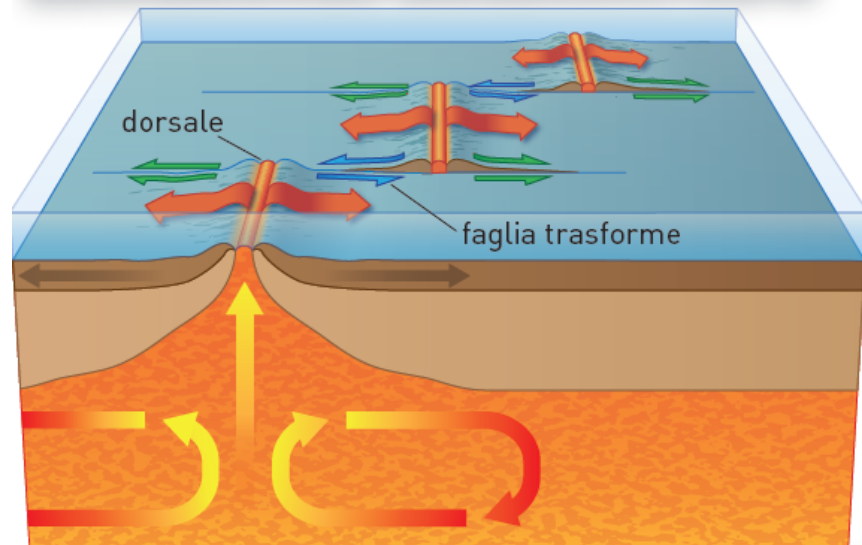
I fondali oceanici non sono affatto piatti e lisci, ma presentano vaste zone pianeggianti, le **piane abissali**, intervallate a lunghe catene montuose chiamate **dorsali oceaniche** e a profonde depressioni dette **fosse oceaniche**.

Nel 1962 Hess formulò la **teoria dell'espansione dei fondali oceanici**.

L'emissione di lava dalle *dorsali*, dove si ha intensa attività vulcanica, darebbe origine alle rocce basaltiche che formano nuova *crosta oceanica*.

La crosta viene poi riassorbita nelle *fosse*.

In corrispondenza delle **dorsali oceaniche** risale materiale fluido dal mantello formando nuova crosta oceanica.



Le dorsali sono interrotte perpendicolarmente dalle **faglie trasformi**. Nei tratti fra i tronconi della dorsale le rocce si muovono in senso opposto (freccie blu), mentre all'esterno il movimento avviene nella stessa direzione (freccie verdi).

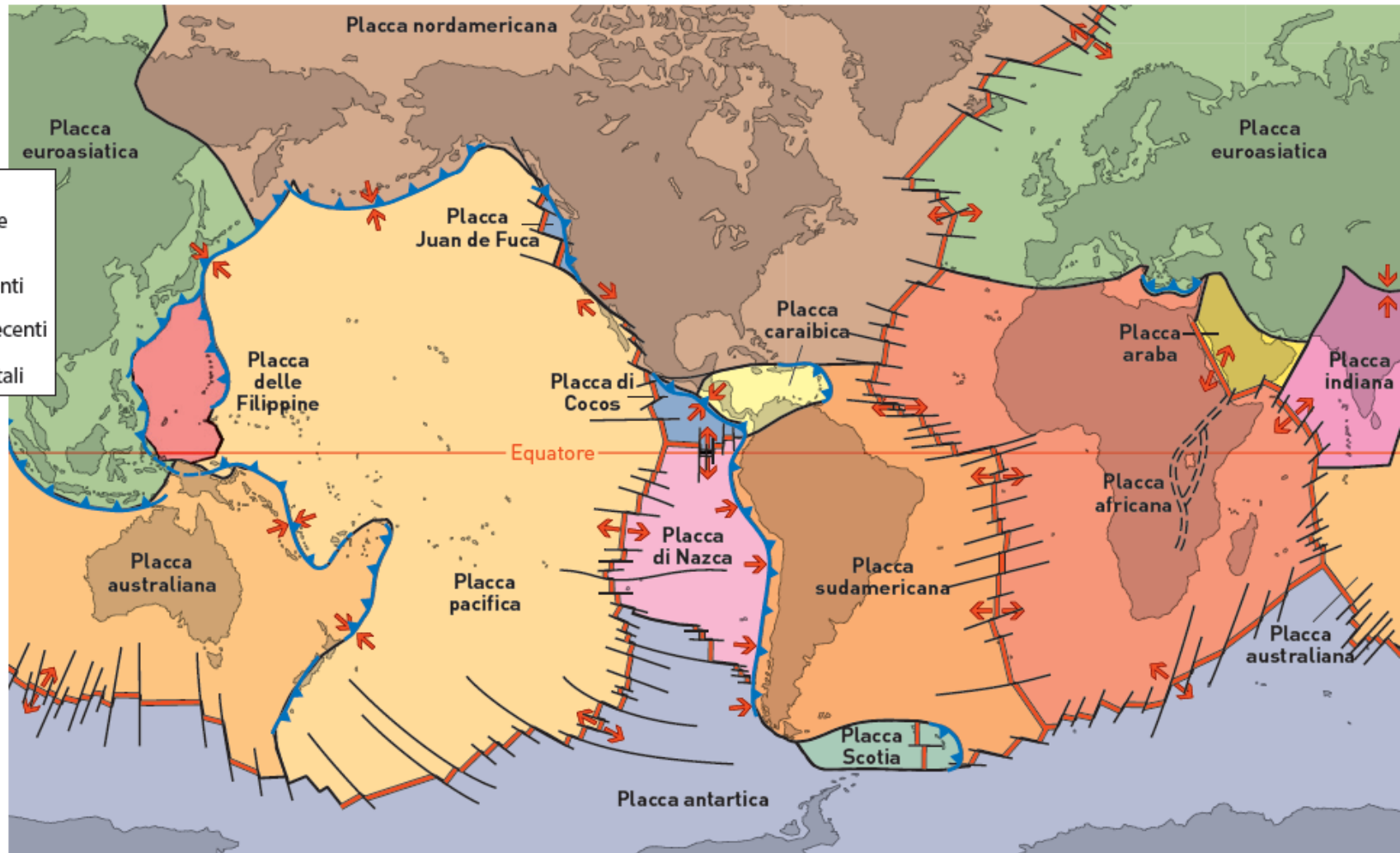
13. La tettonica delle placche e i moti convettivi

I dati raccolti fino alla metà del secolo scorso permisero di stabilire che non erano i continenti a spostarsi, bensì dei grandi blocchi di litosfera, chiamati **placche**.

La **teoria della tettonica delle placche** sostiene che le rigide placche della litosfera poggiano sull'astenosfera, sulla quale sono libere di muoversi e spostarsi in senso orizzontale.

Le placche sono tutte a contatto tra loro, ma possono muoversi in modo indipendente, entrando in collisione, allontanandosi o muovendosi parallelamente ma in direzioni opposte.

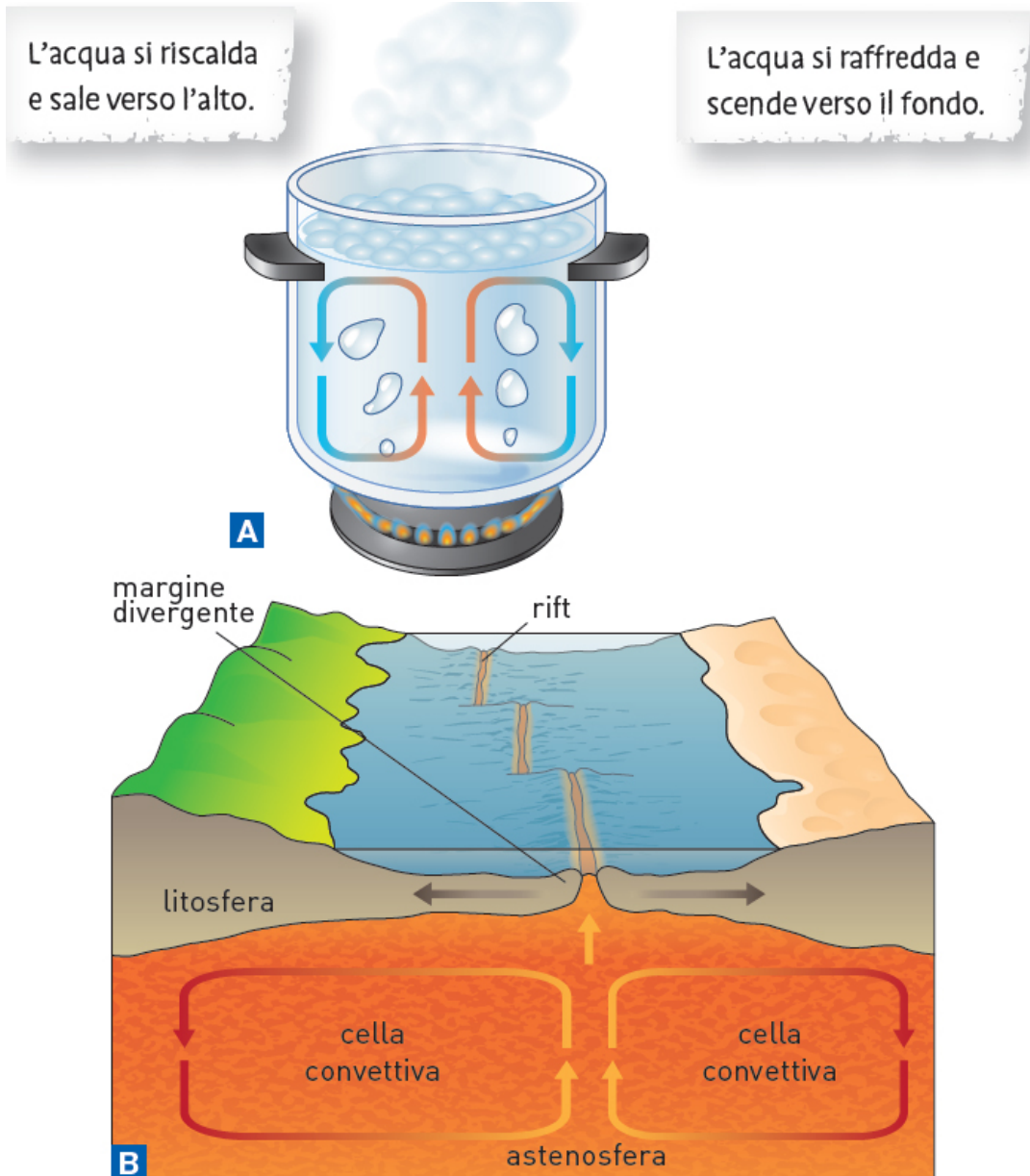
13. La tettonica delle placche e i moti convettivi



13. La tettonica delle placche e i moti convettivi

Gli scienziati ritengono che la causa dei movimenti delle placche litosferiche sia un **trasferimento di calore** che avviene all'interno della Terra. Poiché le rocce che formano l'astenosfera sono fuse, il calore proveniente dallo strato di mantello sottostante si trasmette per *convezione*.

All'interno dell'astenosfera si formano dei movimenti circolari (**celle convettive**) che, come se fossero dei grandi rulli, spostano le rigide placche soprastanti.



14. I margini divergenti o costruttivi

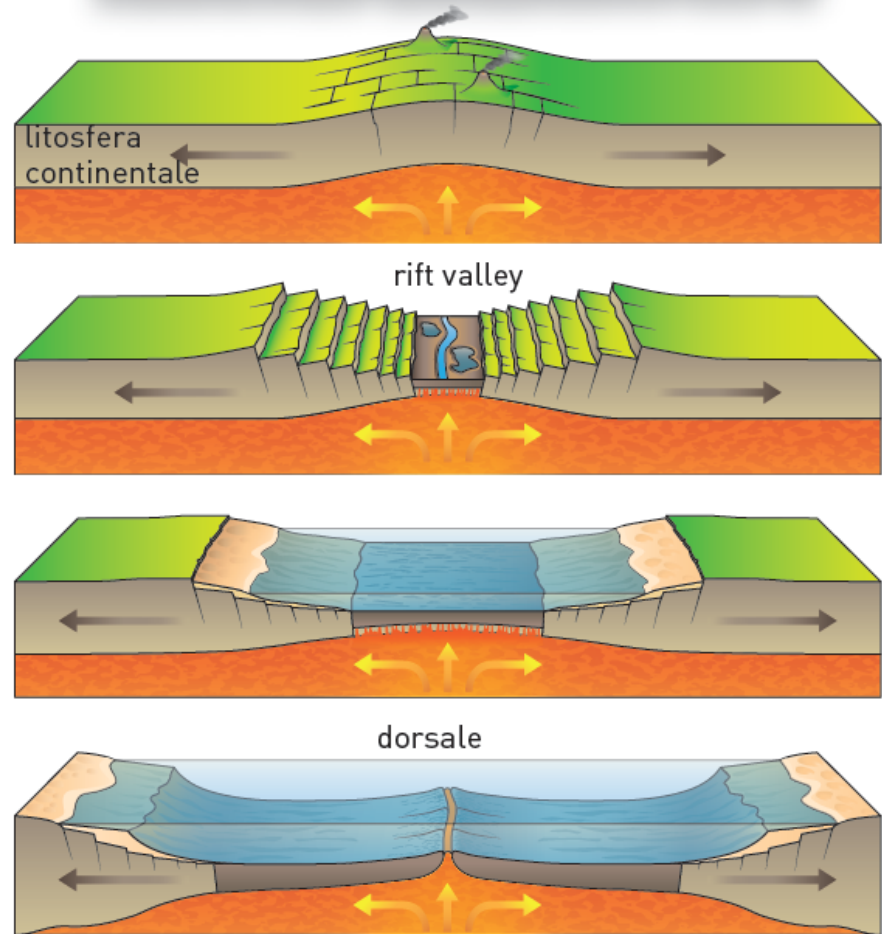
La spinta laterale generata dalle correnti convettive e la risalita in superficie di magma provocano uno «stiramento» della litosfera e un progressivo allontanamento delle due placche limitrofe.

Si formano così i **margini divergenti**.

Attualmente i margini divergenti sono soprattutto sottomarini: ne è un esempio la *dorsale medio-atlantica*.

Se il processo di risalita interessa la crosta continentale, si forma una **fossa tettonica** o **rift valley**.

Se il magma risale nella litosfera continentale essa si assottiglia, si lacera e forma una **rift valley**.



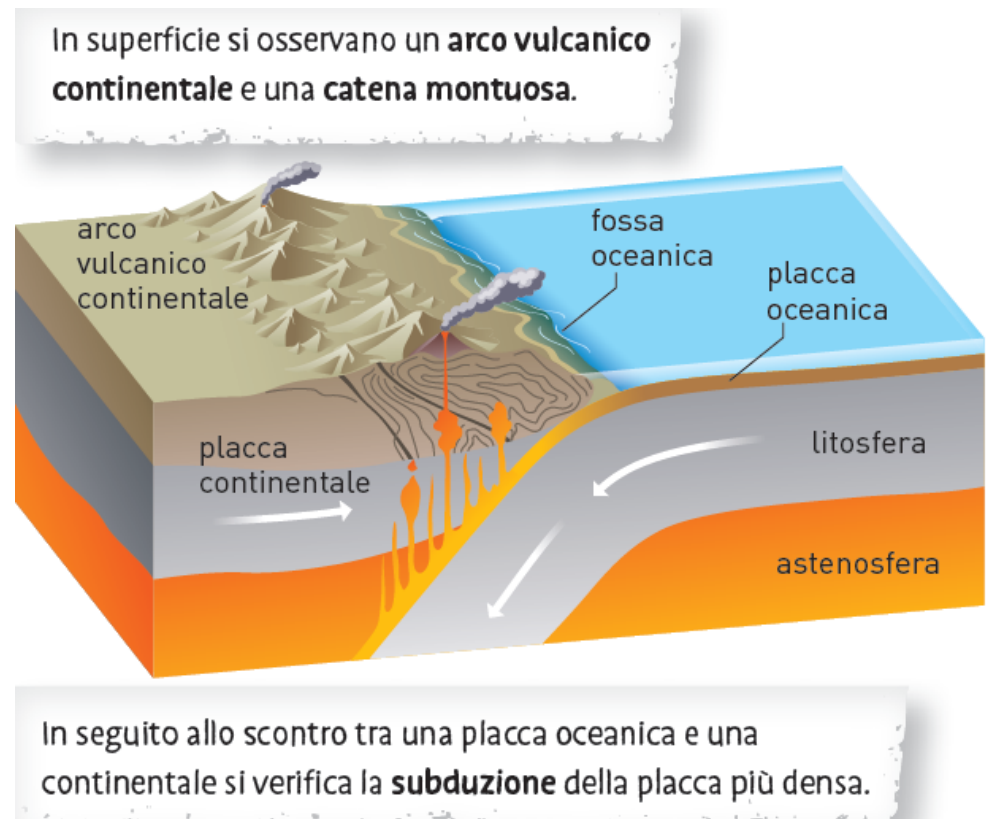
Mentre i blocchi continentali si allontanano, la rift valley si riempie d'acqua e forma un mare.

15. I margini convergenti o distruttivi

Quando due placche spinte dalle correnti convettive si scontrano, i loro margini sono detti **margini convergenti**. Gli effetti sono diversi a seconda del tipo di placche interessate.

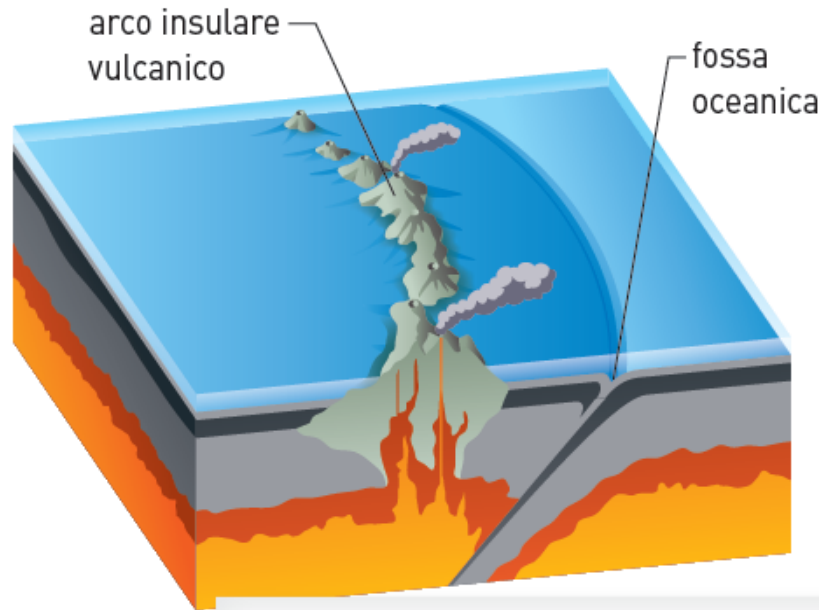
Se si scontrano *una placca oceanica e una placca continentale*, la litosfera oceanica si immerge nell'astenosfera ed entra a far parte del mantello; questo fenomeno si chiama **subduzione**.

Nella zona di subduzione si forma una **fossa oceanica**, mentre in superficie si osserva un **arco vulcanico** e una **catena montuosa**, formata con il processo di **orogenesi**.



15. I margini convergenti o distruttivi

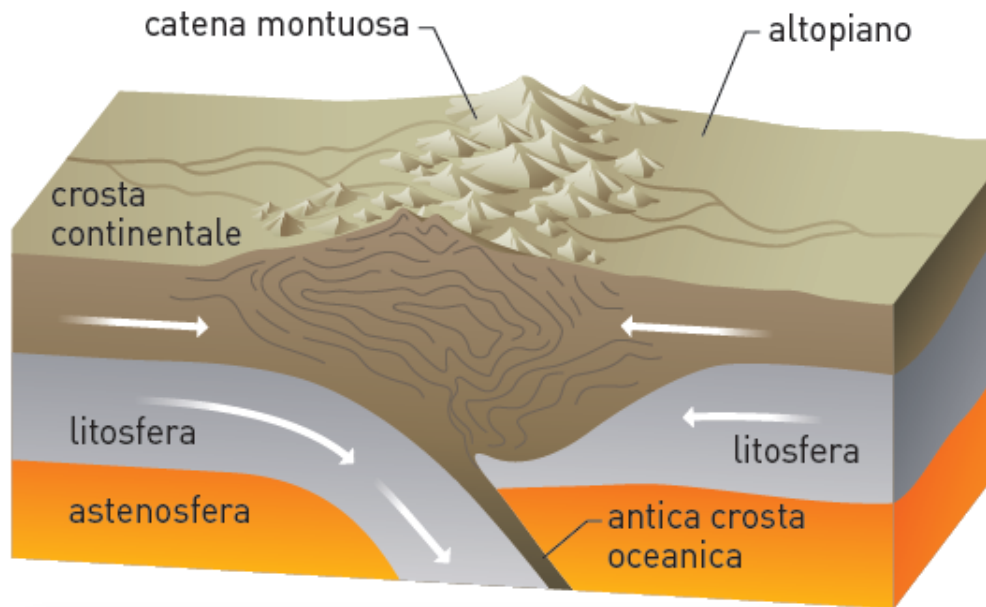
Quando si scontrano *due placche oceaniche*, una delle due placche scivola sotto l'altra per piccole differenze di densità e anche in questo caso si verifica una **subduzione**: si formano così una **fossa oceanica** e un sistema di **vulcani sottomarini** che accrescendosi possono emergere a formare un **arco vulcanico insulare**.



La subduzione tra due placche oceaniche genera **archi vulcanici insulari**.

15. I margini convergenti o distruttivi

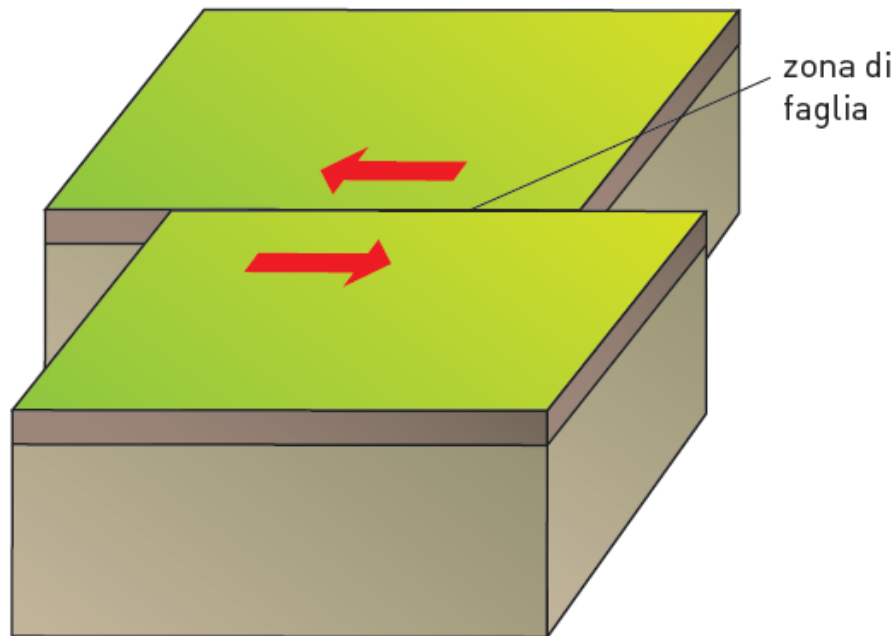
Se la collisione avviene tra *due placche continentali* non si ha subduzione, poiché le due placche hanno stessa densità e spessore. Se le forze sono molto intense, le due placche finiranno per penetrare una nell'altra creando imponenti deformazioni della crosta e l'innalzamento di **catene montuose**: anche in questo caso si parla di **orogenesi**.



La collisione tra due placche continentali genera **catene montuose**.

16. I margini conservativi

Lungo i **margini conservativi** o *trascorrenti*, alcune placche si muovono in verso opposto e con un movimento parallelo alla direzione della faglia. In queste zone non si forma né si consuma crosta terrestre, si verificano sismi, ma non si osserva attività vulcanica.



In corrispondenza dei margini trascorrenti le placche scivolano orizzontalmente l'una rispetto all'altra lungo la faglia.

17. I punti caldi

Alcuni vulcani non sono associati ai margini di placca, ma sono la manifestazione superficiale dei punti caldi.

I **punti caldi** (*hot spot*) sono zone caratterizzate dai **pennacchi**, risalite locali di colonne di magma basaltico proveniente da zone profonde del mantello; la litosfera è attraversata dal magma che, fuoriuscendo in superficie, genera un edificio vulcanico. Ne sono un esempio le Hawaii.

A Il pennacchio del punto caldo è al di sotto dell'isola di Hawaii. La colonna di magma rimane fissa, e determina l'attività vulcanica sull'isola.

B La placca si muove e si allontana dal punto caldo: andando verso Nord-Ovest troviamo vulcani sempre più antichi e vulcani estinti.

C L'isola di Hawaii è la più recente (meno di 1 milione di anni), mentre l'isola di Niihau, è la più vecchia delle isole principali dell'arcipelago.

D Il monte sottomarino posto all'estremità settentrionale della Catena dell'Imperatore ha più di 70 milioni di anni.

