



Università
degli Studi
di Ferrara

Dipartimento di Studi
Umanistici



Evoluzione del Paesaggio

Prof. Marco Peresani

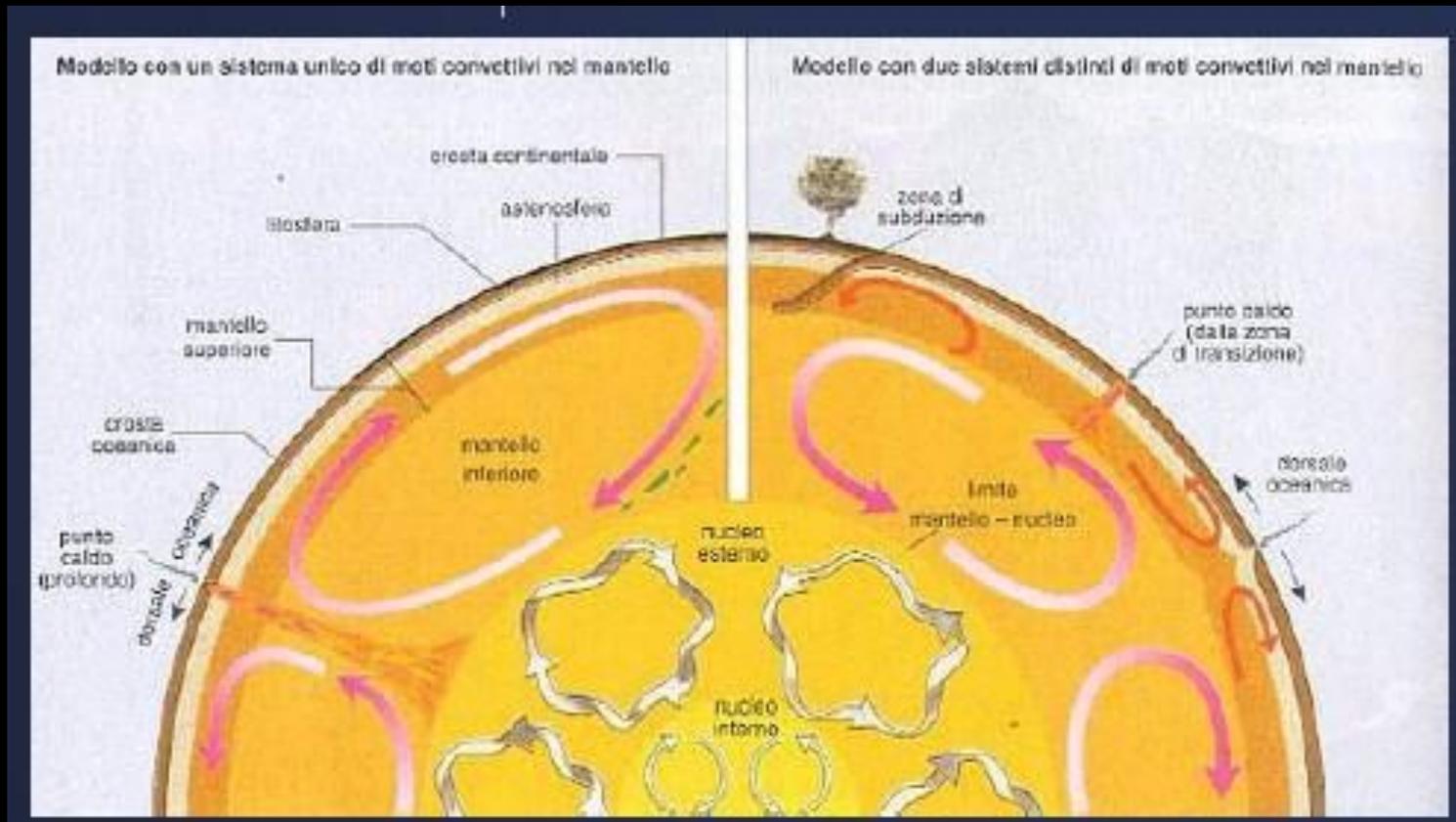
A.A. 2020-2021

Lezione 4

La tettonica delle placche

Movimenti correlati alla dinamica del mantello

Si ritiene che la causa fondante del movimento sia una **disomogenea distribuzione del calore** all'interno della Terra, che provoca la formazione di **celle di convezione** all'interno del mantello. Non si sa però quante siano, se interessino l'intero spessore del mantello, solo lo strato superficiale, oppure celle nel mantello superiore coesistenti con quelle del mantello inferiore.



Teoria della Tettonica delle placche (Plate Tectonics)

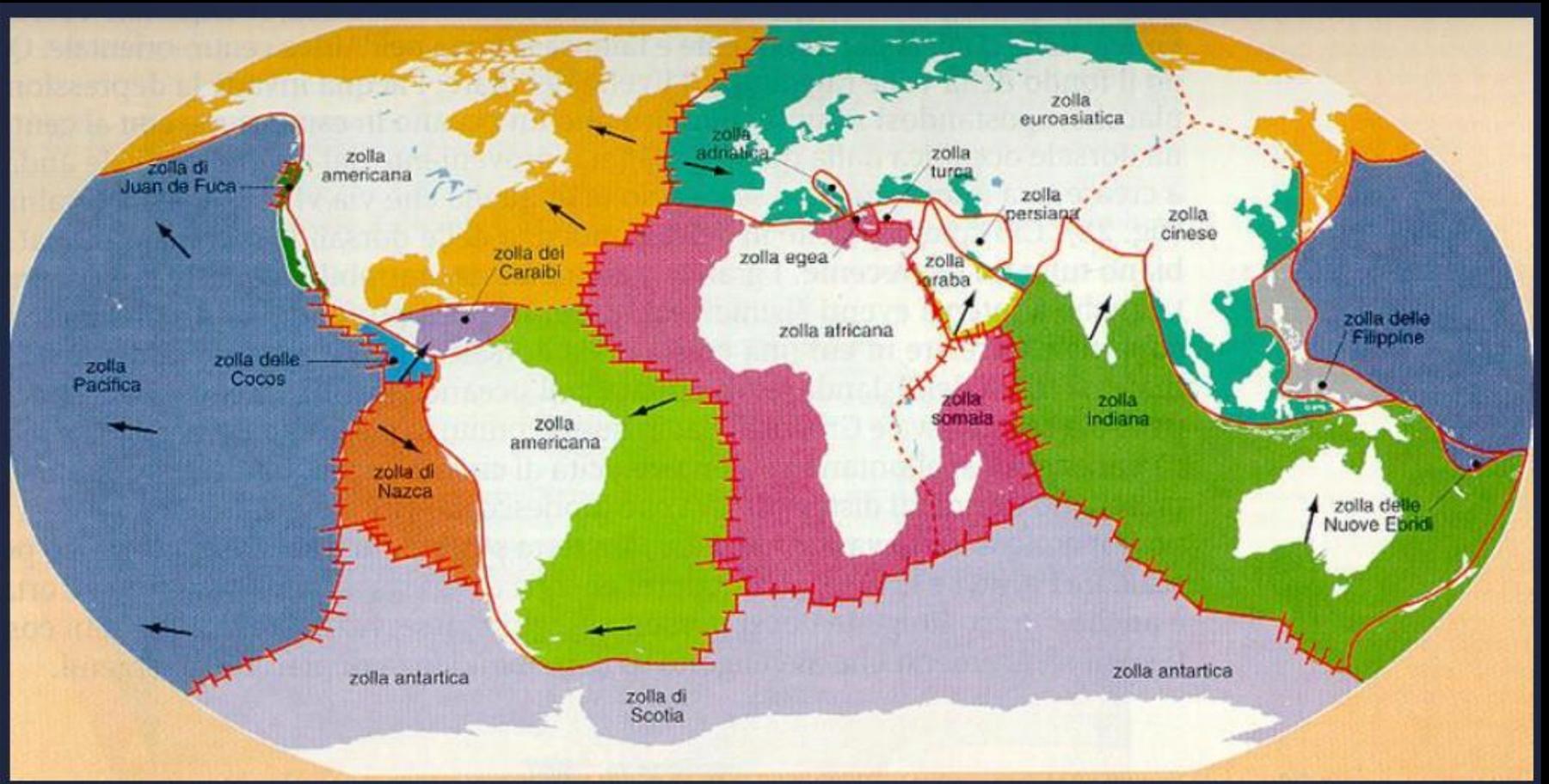
Secondo Stephen Hawking, nel suo libro *Dal big bang ai buchi neri. Breve storia del tempo*, una **teoria** è una buona teoria se soddisfa due condizioni: deve descrivere accuratamente un'estesa serie di osservazioni sulla base di un modello che contiene solo pochi elementi arbitrari, e deve fare predizioni precise riguardo ai risultati di osservazioni future". Egli prosegue dicendo "... tutte le teorie fisiche sono provvisorie, nel senso che sono solo ipotesi: non possono essere mai completamente provate. Non importa quante volte i risultati di un esperimento sono in accordo con una teoria, non si può mai essere completamente sicuri che la prossima volta i risultati non saranno in contraddizione con la teoria. D'altra parte, **si può smentire una teoria con una sola osservazione che sia in contrasto con le predizioni della teoria**".

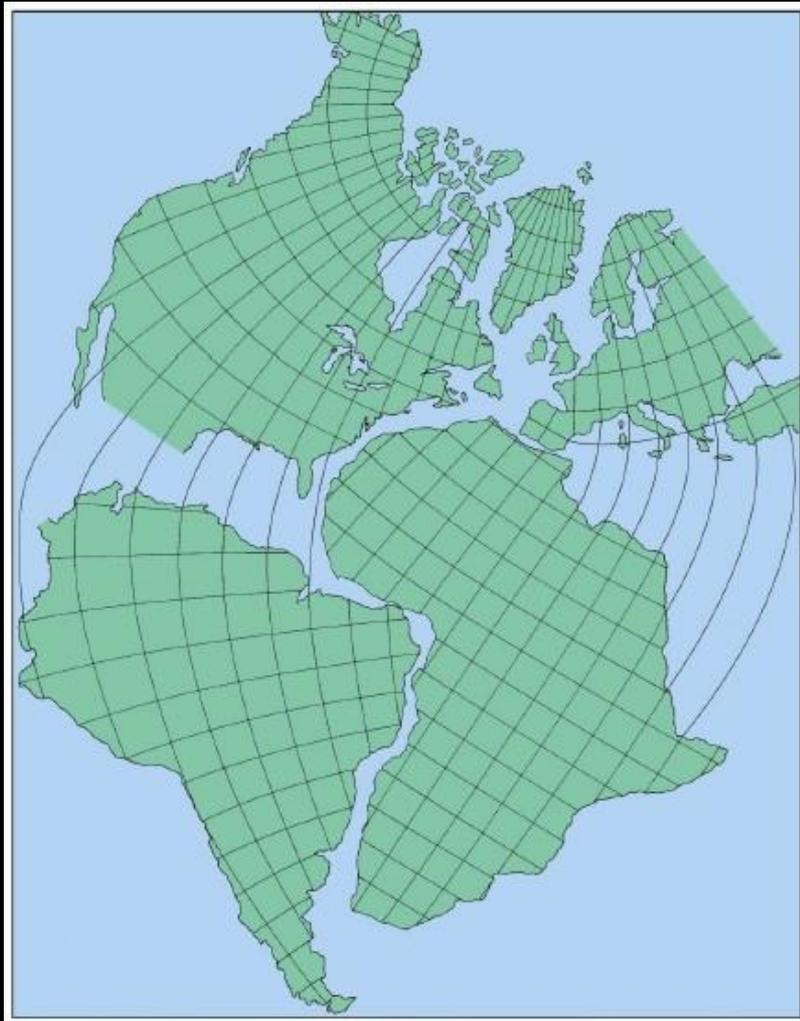
Una teoria scientifica è un modello o un insieme di modelli che spiegano i dati osservativi a disposizione, e che offrono predizioni che possono essere verificate. Nella scienza, una teoria non può essere mai completamente provata, perché non è possibile assumere che conosciamo tutto ciò che c'è da conoscere (compresi eventuali elementi che potrebbero screditare la teoria). Invece, **le teorie che spiegano le osservazioni vengono accettate finché un'altra osservazione non è in disaccordo con esse**. In tal caso, la teoria incriminata viene eliminata del tutto oppure, se possibile, cambiata leggermente per poter comprendere l'osservazione.

La tettonica delle placche è il modello sulla dinamica della Terra su cui **concorda** la maggior parte degli scienziati che si occupano di scienze della Terra.

Questa teoria è in grado di spiegare, in maniera integrata e con conclusioni interdisciplinari, i fenomeni che interessano la **crosta terrestre** quali: attività sismica, orogenesi, la disposizione areale dei vulcani, le variazioni di chimismo delle rocce magmatiche, la formazione di strutture come le fosse oceaniche e gli archi insulari, la distribuzione geografica delle faune e flore fossili durante le ere geologiche e di come le zone interessate da attività vulcanica e quelle di attività sismica siano concentrate su determinate zone.

La litosfera è suddivisa in una decina di "**zolle**" (o meglio "placche") principali di varia forma e dimensione, più numerose altre **micro placche**; queste placche si possono paragonare a zattere che "galleggiano" (in **equilibrio isostatico**) sullo strato immediatamente sottostante del mantello superiore, l'**astenosfera**.



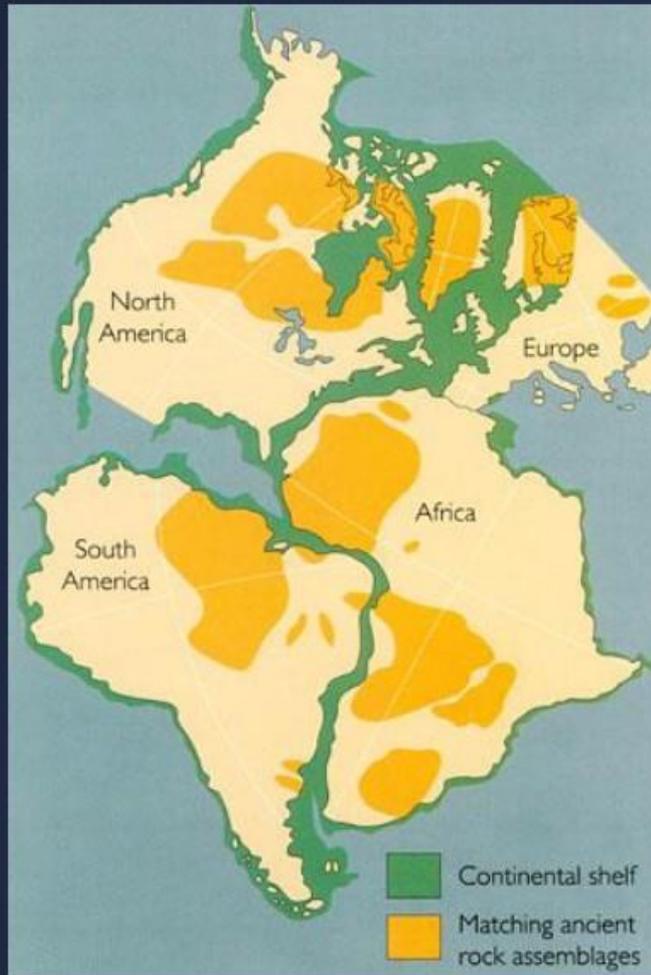


Indizi che hanno portato a formulare dapprima la teoria della **deriva dei continenti**.

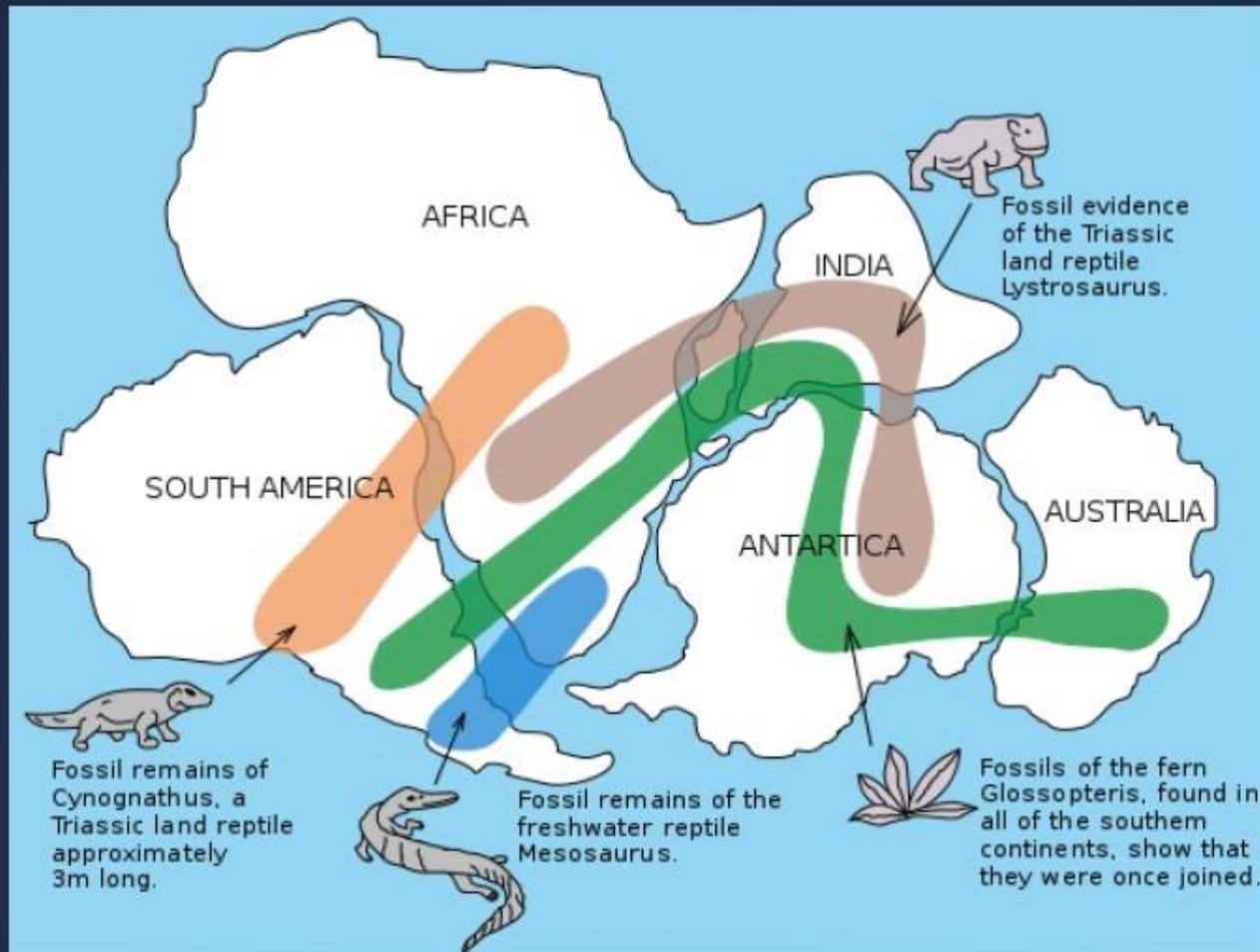
Già nel 1620, l'astronomo Sir Francis Bacon, scrisse di una sorprendente conformità dei margini continentali che si presentava da entrambi i lati dell'Oceano Atlantico, concludendo che i due continenti erano come le tessere di un puzzle, un tempo assemblate ma che in un qualche modo si erano successivamente smembrate ed allontanate.

Conformità dei margini di continenti attuali

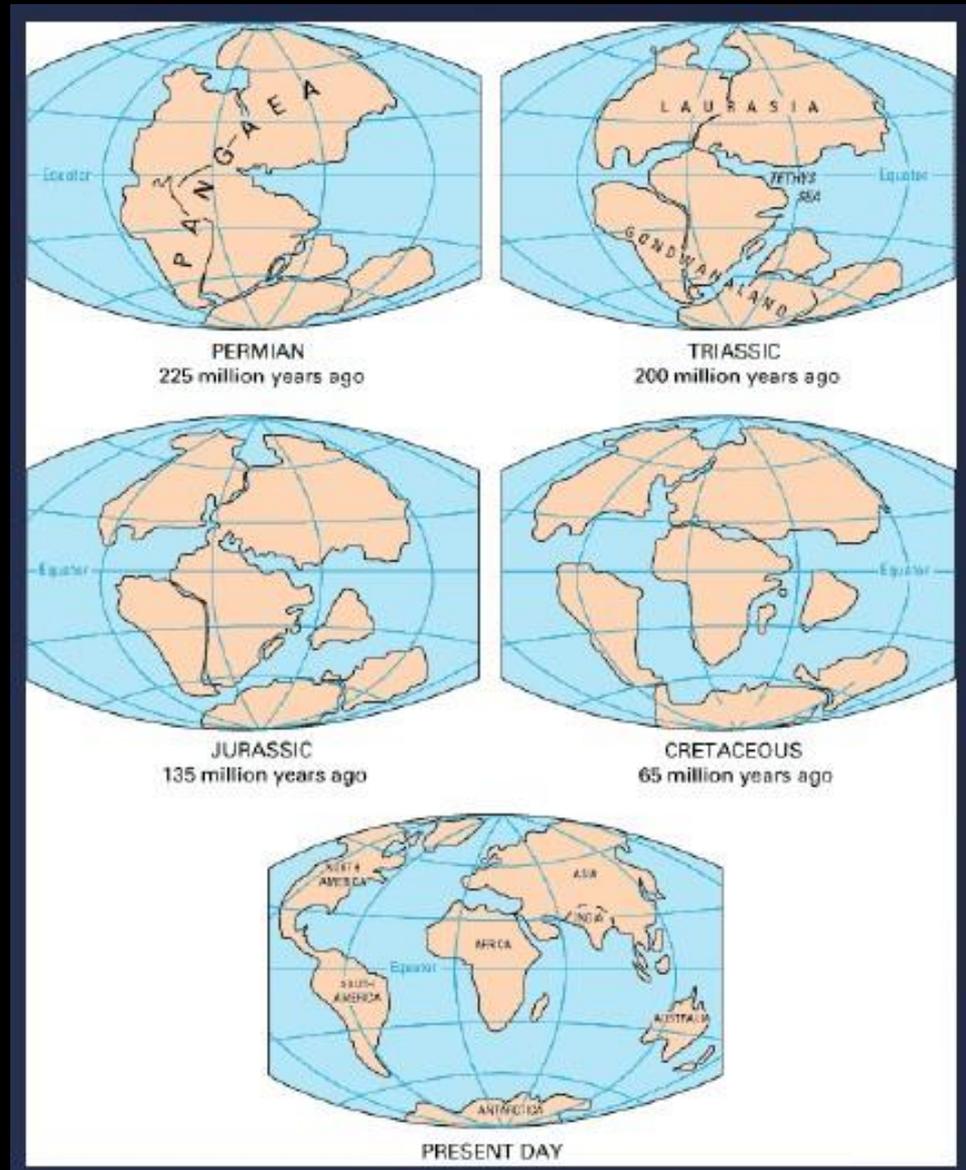
Conformità di rocce antiche e catene montuose
che adesso si trovano in continenti diversi



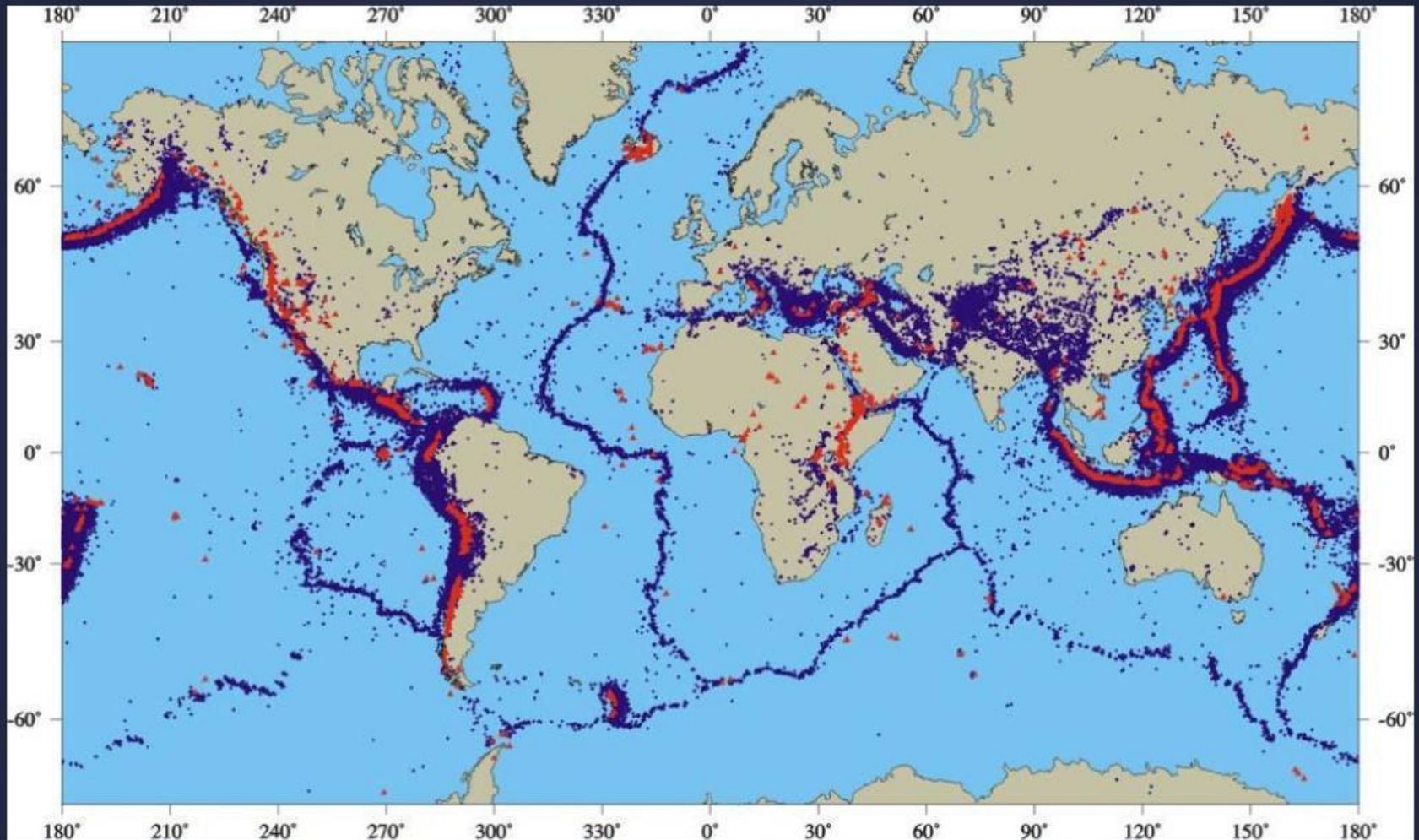
Ritrovamento di fossili di terra in aree ora separate dagli oceani



Il concetto di deriva dei continenti è quello di movimenti su grande scala dei continenti sul globo. Il meteorologo e geofisico tedesco Alfred **Wegener** nel 1915 teorizzò che un tempo tutti i continenti attuali facessero parte di un super continente chiamato **Pangea** (tutto terra). Citò come ulteriore prova della frammentazione e della deriva dei continenti la notevole somiglianza tra le rocce, le strutture geologiche e i fossili sui due lati opposti dell'Atlantico



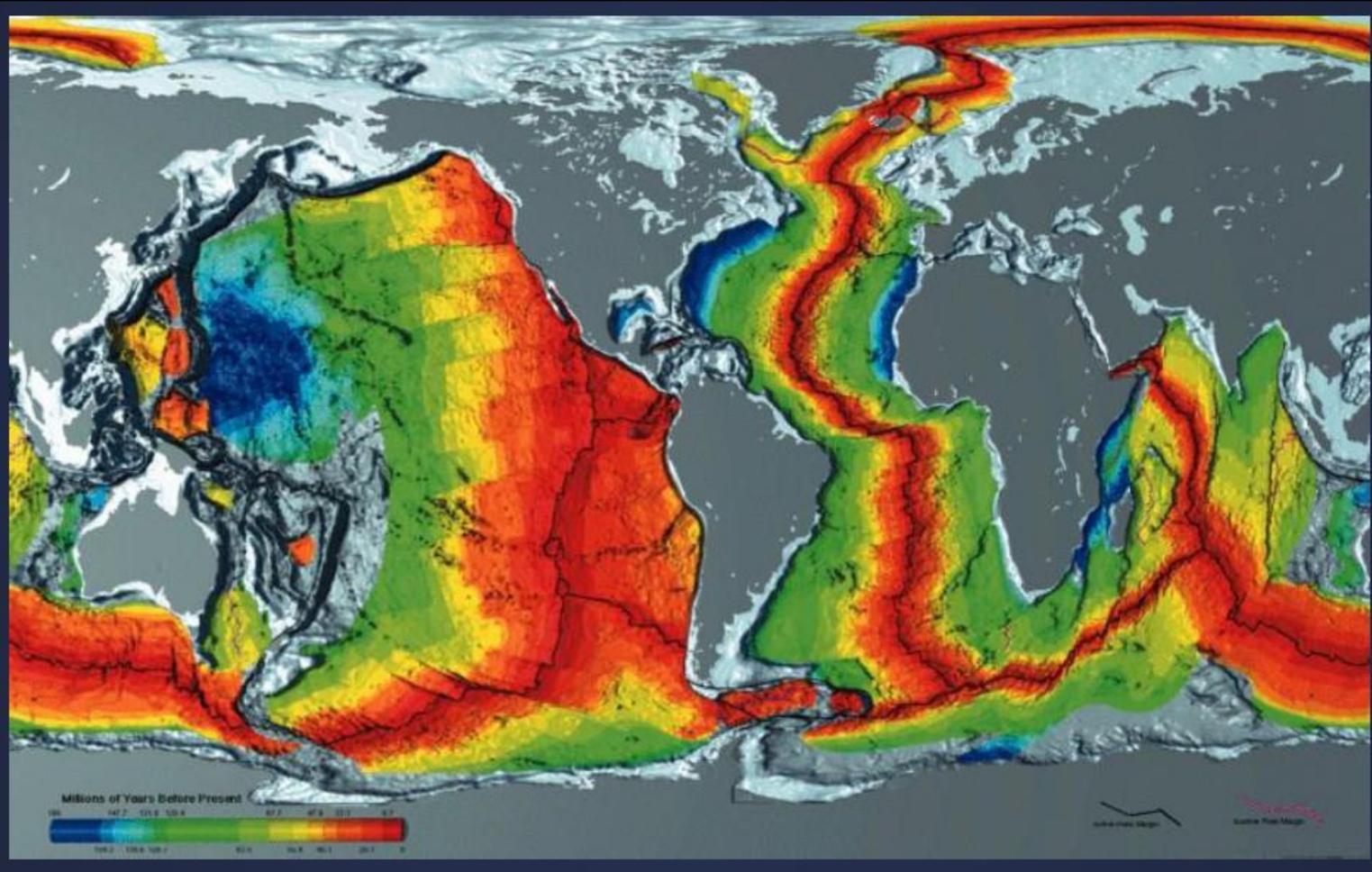
Coincidenza dei vulcani con i terremoti



Localizzazione dei terremoti (blu) e dei vulcani (rosso)



Età della crosta oceanica – Dorsale medio oceanica Espansione dei fondali oceanici

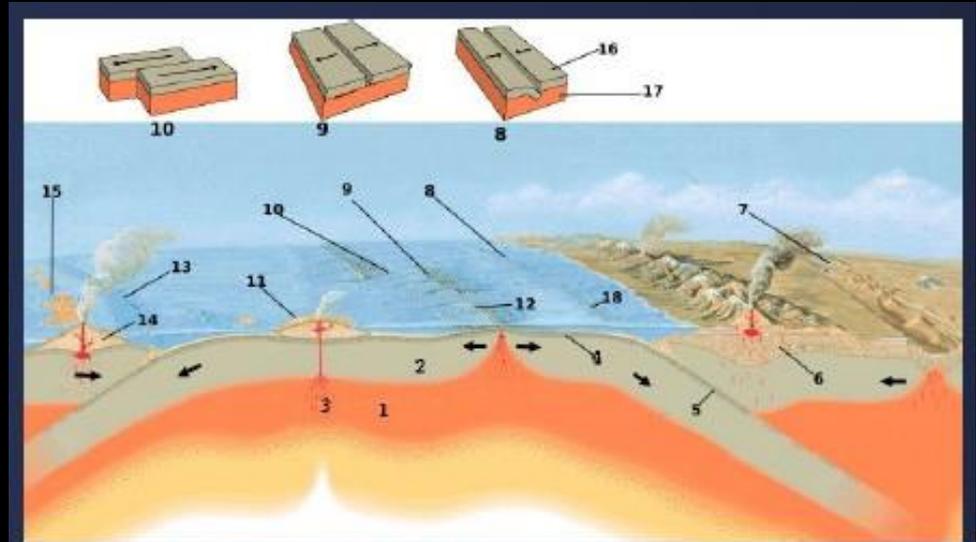


Le placche litosferiche possono essere formate:

- esclusivamente da litosfera oceanica;
- prevalentemente da litosfera continentale;
- da porzioni di litosfera dei due tipi.

I bordi delle singole placche, chiamati margini, sono distinti, a seconda dei movimenti relativi, in tre tipi.

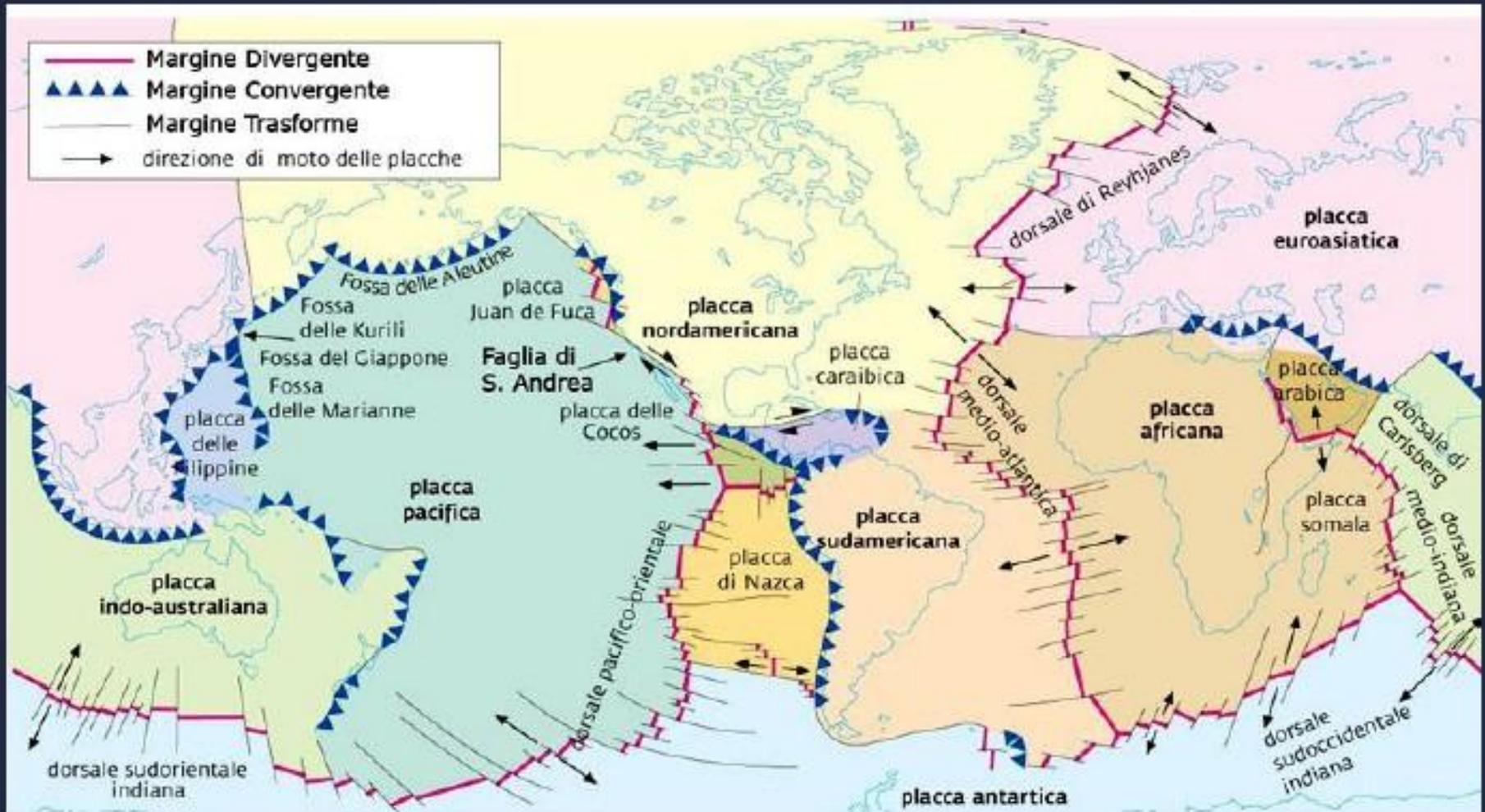
1. I **margini costruttivi** corrispondono al movimento di divergenza tra placche; sono le dorsali oceaniche.
2. I **margini distruttivi** corrispondono al movimento di convergenza tra placche; sono le fosse oceaniche.
3. I **margini conservativi** sono le faglie trasformi, lungo le quali i lembi di litosfera scorrono uno a fianco dell'altro, in direzioni opposte.

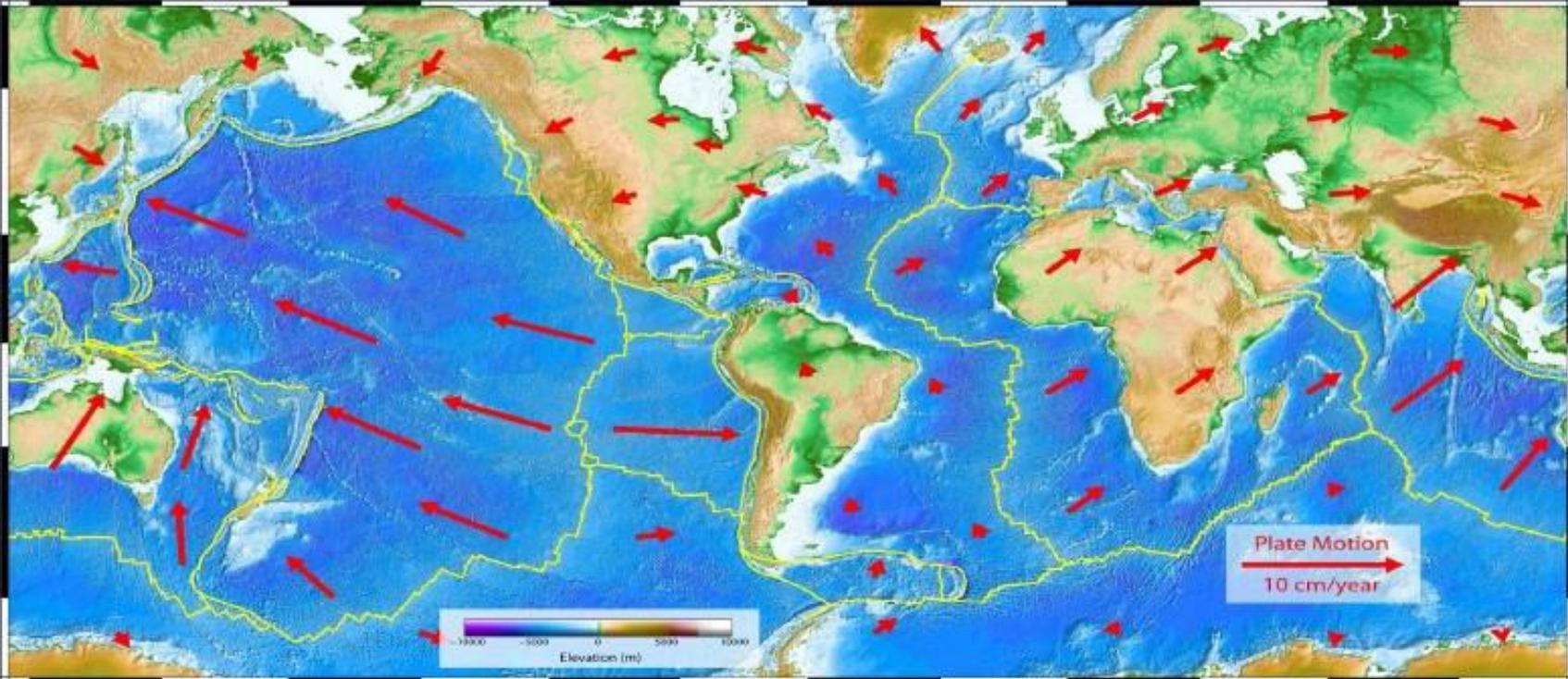


1- Astenosfera; 2- Litosfera; 3- Punto caldo; 4- Crosta oceanica; 5- Placca in subduzione; 6- Crosta continentale; 7- Zona di rift continentale (Nuovo margine di placca); 8- Placca a margine convergente; 9- Placca a margine divergente; 10- Placca a margine trasforme; 11- Vulcano a scudo; 12- Dorsale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

I modelli basati sulla teoria della tettonica delle placche descrivono le interazioni che avvengono tra le zolle e le conseguenze macroscopiche di queste interazioni. Si basano principalmente su quattro ipotesi di base:

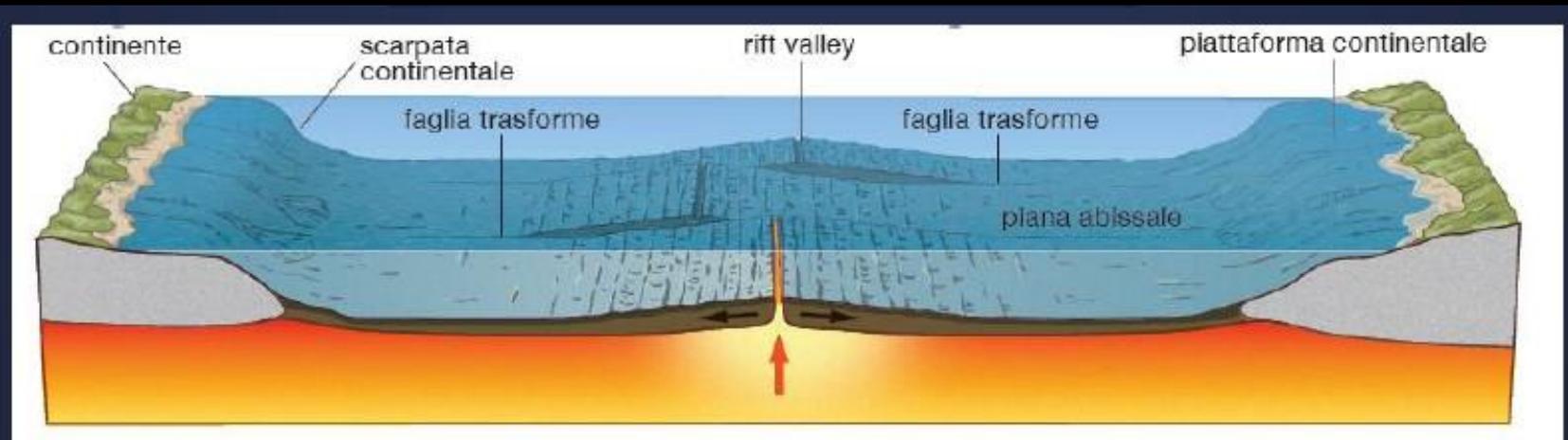
- **nuova litosfera oceanica** viene generata lungo le dorsali oceaniche, in maniera continuativa o episodica, a causa del processo di "espansione dei fondali oceanici": si tratta di magma che si solidifica nelle porzioni di crosta terrestre lasciate vuote dall'allontanamento delle zolle interessate;
- la **crosta oceanica** appena creata entra a far parte di una zolla rigida (e può includere anche continenti);
- l'**area totale della superficie terrestre** rimane invariata nel tempo, ossia la lunghezza del raggio terrestre rimane costante, e pertanto ciò implica che le zolle venendo a contatto fra loro devono quindi essere consumate da qualche parte con la stessa velocità con cui vengono create;
- le zolle litosferiche **trasmettono lateralmente** tutti gli sforzi a cui sono sottoposte (hanno appunto un comportamento rigido).





Margini divergenti o costruttivi

In corrispondenza di questo tipo di margini si **genera nuova crosta** terrestre per solidificazione di magma basaltico che risale dalla sottostante astenosfera (per questo sono detti costruttivi) e, nello stesso tempo, le due placche adiacenti divergono fra loro (per questo sono detti anche divergenti), allontanandosi a una velocità che può essere anche di qualche centimetro all'anno.

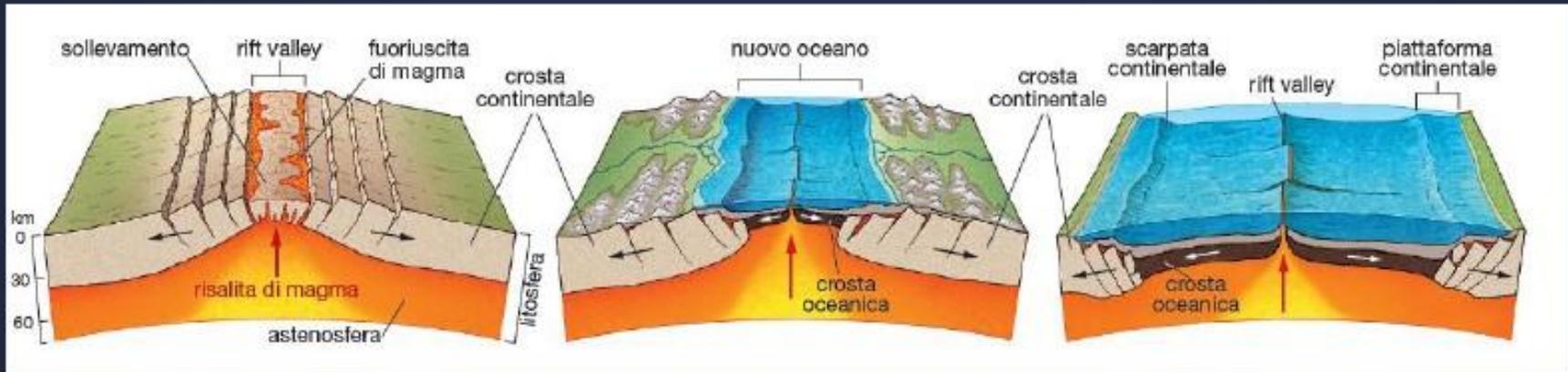


Quasi ovunque la sommità delle dorsali è percorsa da una depressione larga qualche decina di chilometri: è la rift valley. Le dorsali non corrono rettilinee, ma sono suddivise in segmenti da un sistema di fratture trasversali: le faglie trasformi.

Apertura di un nuovo oceano

La separazione di due placche litosferiche coincide con la formazione di nuova crosta oceanica.

In alcuni luoghi delle terre emerse è possibile osservare gli stadi iniziali della separazione di due placche litosferiche. Un esempio è la Great Rift Valley: la depressione del Mar Rosso che attraversa tutta l'Africa orientale.



Le rift valley continentali sono depressioni più piccole e meno profonde delle dorsali oceaniche, che si aprono nella litosfera continentale; esse possono essere occupate da laghi (laghi tettonici) e determinare successivamente la formazione di nuovi mari e oceani in seguito all'ingresso, parziale e intermittente, delle acque marine nella depressione.



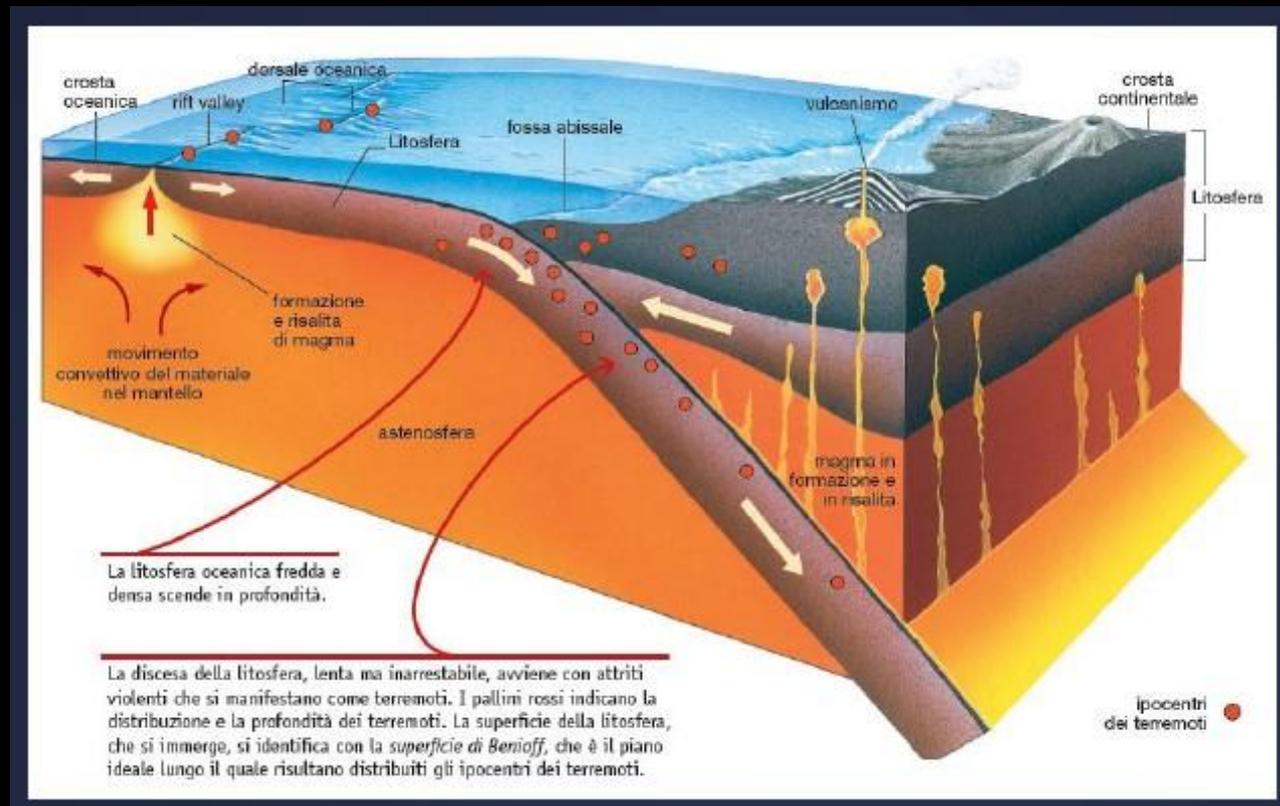
La **Rift Valley** è una vasta formazione geografica e geologica che si estende per circa 6000 km in direzione nord-sud della circonferenza terrestre, dal nord della Siria al centro del Mozambico.

La valle varia in larghezza dai 30 ai 100 km e in profondità da qualche centinaio a parecchie migliaia di metri. Si è creata dalla separazione delle placche tettoniche africana e araba, che iniziò 35 milioni di anni fa, e dalla separazione dell'Africa dell'est dal resto dell'Africa, processo iniziato da 15 milioni di anni.

La Rift Valley è stata una ricca sorgente di scoperte paleoantropologiche. Gli abbondanti sedimenti della valle, provenienti dalla rapida erosione degli altopiani circostanti, crearono un ambiente favorevole alla preservazione dei resti umani. Sono infatti state trovate numerose ossa di ominidi, antenati della moderna specie umana, tra cui anche quelle della cosiddetta "Lucy", uno scheletro quasi completo di australopiteco

Margini convergenti o distruttivi

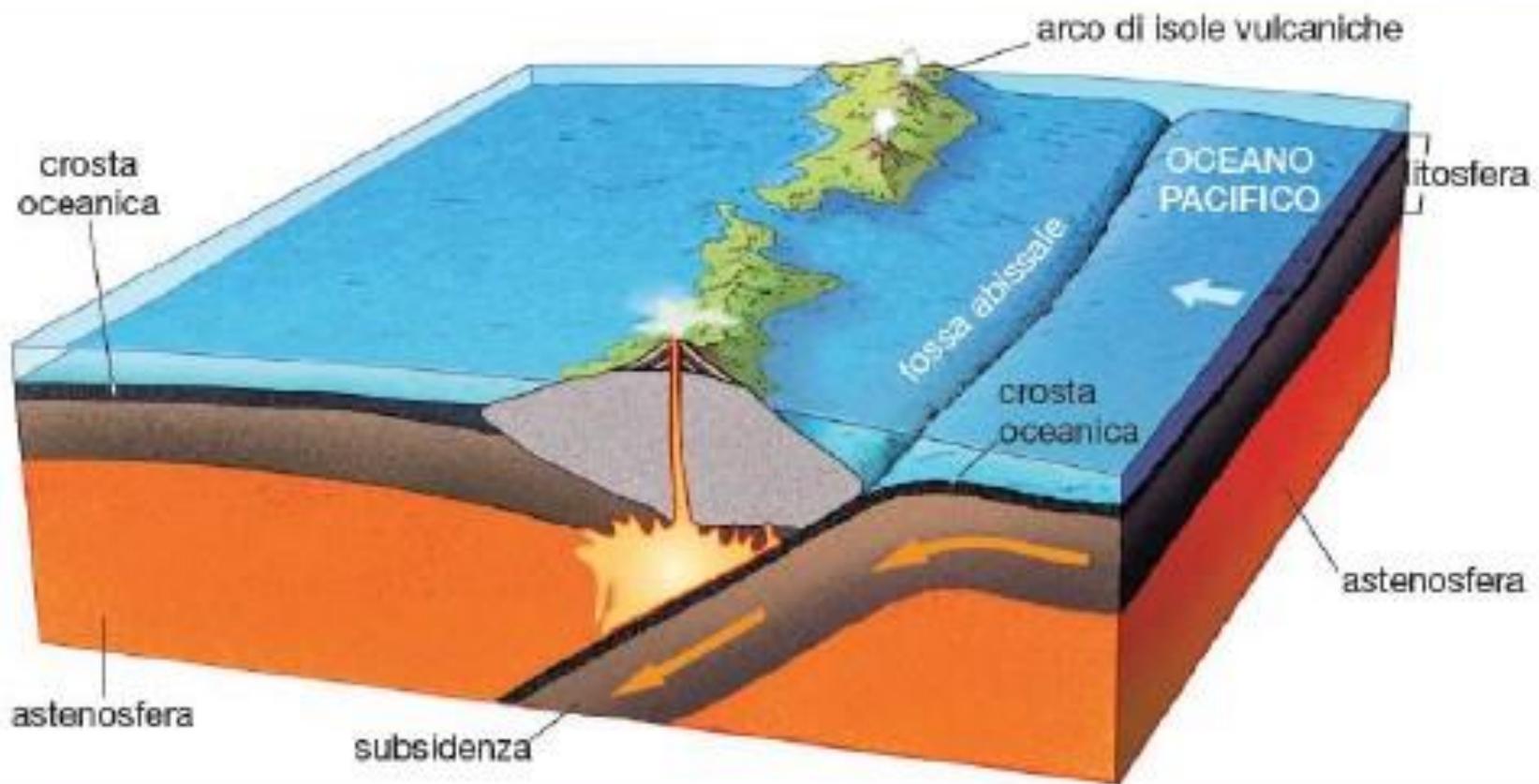
In corrispondenza di questo tipo di margini, la **litosfera si consuma** e si distrugge andando in subduzione, cioè immergendosi nella sottostante astenosfera. Contemporaneamente le due placche adiacenti si avvicinano reciprocamente (perciò sono detti convergenti), cioè si scontrano. I fenomeni che si manifestano in seguito allo scontro di due placche sono diversi, a seconda che la collisione coinvolga due placche oceaniche, due placche continentali o una placca oceanica e una continentale.



Il piano lungo il quale avviene la subduzione si chiama **Piano di Benjoff** e si configura chiaramente come una zona intensamente sismica.

L'attrito al contatto tra i due margini fa ripiegare verso il basso anche il margine della **zolla subducente** (qui si generano fosse profonde) che va incontro a parziali fusioni, originando serbatoi magmatici da cui il magma fuoriesce attraverso le numerose fratture che sono presenti nella zona; ne nascono isole vulcaniche allineate ad arco (**arco magmatico o insulare**), come l'Arcipelago nipponico e quello filippino.

Come conseguenza della **collisione tra due placche oceaniche**, nei fondali oceanici si formano profonde depressioni, dette **fosse oceaniche**, e, parallelamente a esse, archi magmatici insulari, cioè fasce di isole vulcaniche originatesi per risalita verso la superficie di magma proveniente dalla fusione della litosfera. Nel loro insieme, le fosse oceaniche e gli archi magmatici insulari costituiscono i cosiddetti sistemi arco-fossa, di cui si trovano numerosi esempi lungo le coste occidentali dell'oceano Pacifico (per esempio, lungo l'arcipelago del Giappone o lungo le isole Marianne, presso l'omonima fossa).

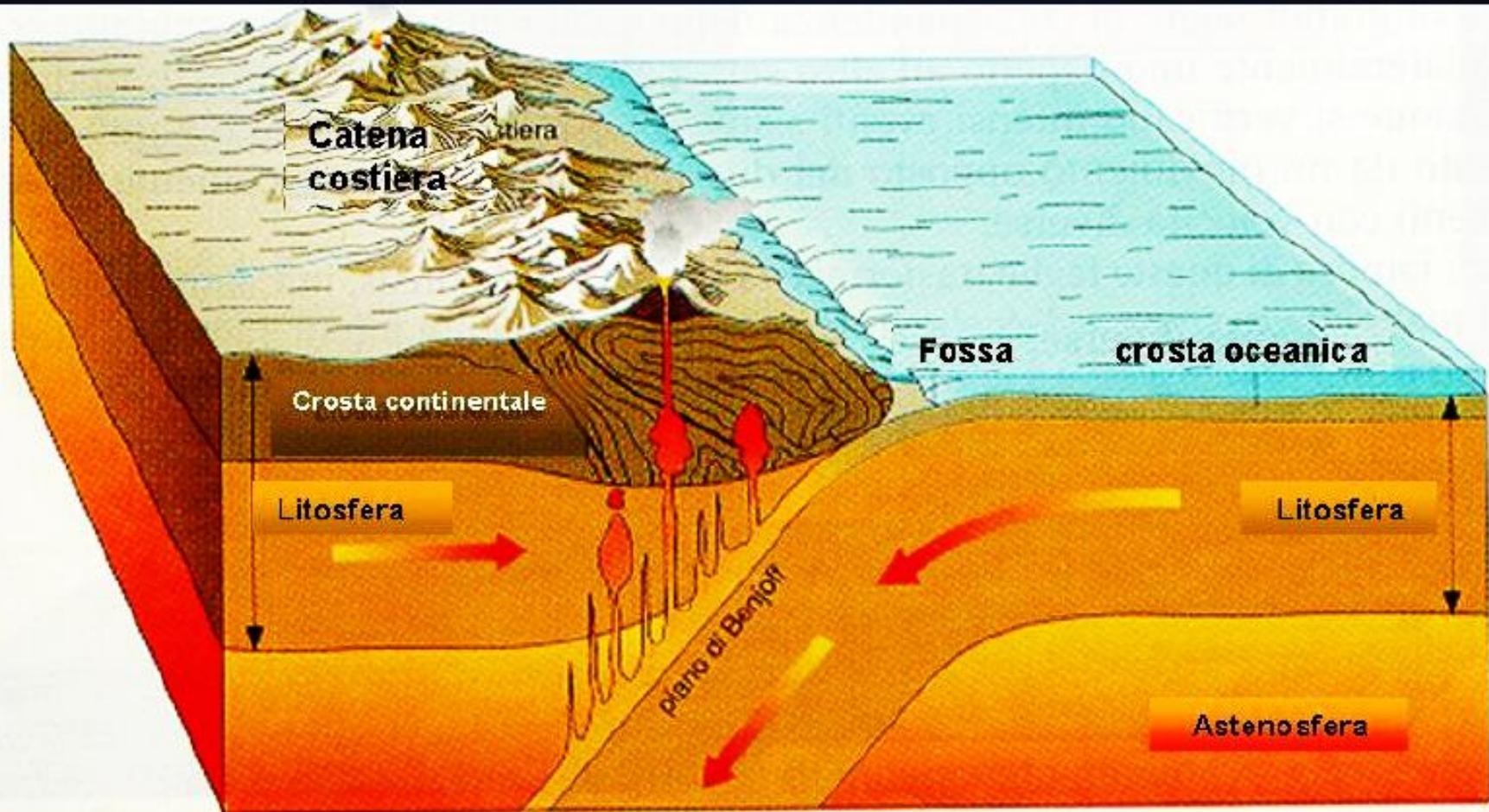


La collisione fra una **placca continentale e una oceanica**, più densa, fa sì che quest'ultima vada in subduzione, inserendosi sotto la placca continentale e immergendosi nell'astenosfera, secondo il piano di Benioff.

La subduzione della placca oceanica forma delle profonde fosse oceaniche e sulla placca continentale si origina un arco magmatico, costituito da una serie di vulcani con andamento parallelo alla fossa. Proseguendo la subduzione, però, la placca continentale si corruga e, dietro all'arco magmatico, si forma una catena montuosa, il cui sollevamento continua finché la subduzione è attiva.

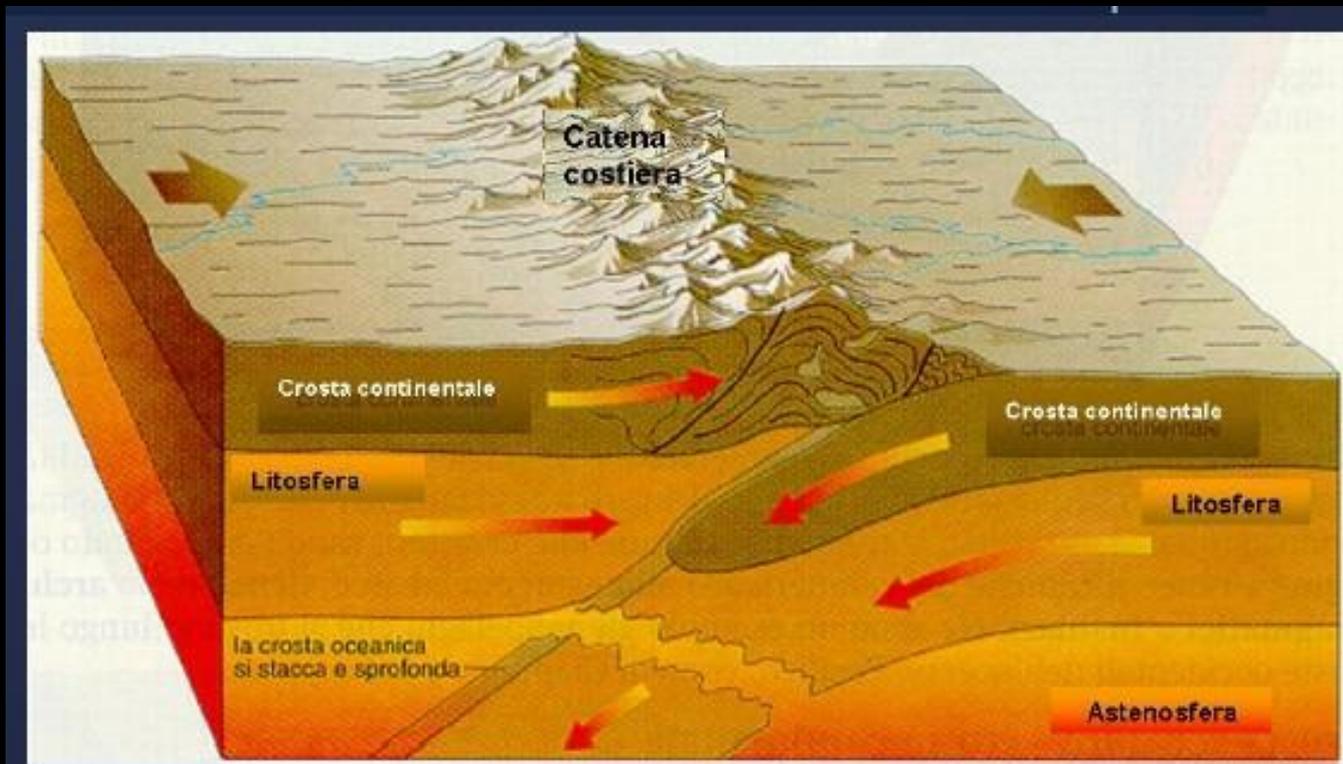
Questa situazione si osserva lungo la costa sudorientale dell'Oceano Pacifico, in corrispondenza alla **fossa del Perù-Cile** (originatasi per subduzione della placca di Nazca sotto alla placca sudamericana), parallelamente alla quale si estende la catena montuosa delle Ande (formata da due cordigliere parallele, una occidentale e una orientale).



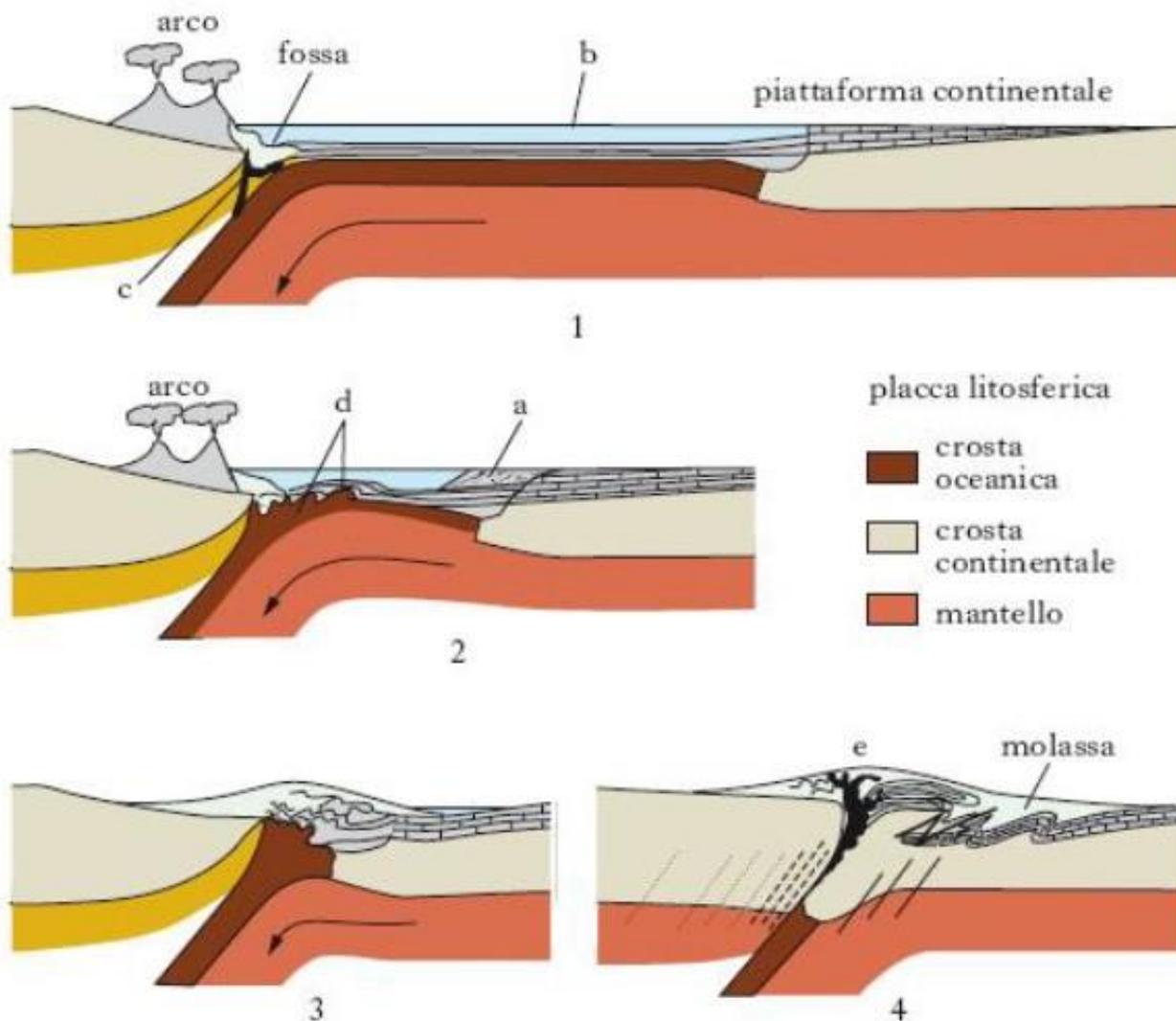


Margini convergenti – scontro crosta continentale con crosta continentale.

La sostanziale corrispondenza di densità tra le due placche interessate al fenomeno fa sì che non ci sia subduzione; i margini delle zolle, che portano grande potenza di materiali leggeri, si sovrappongono e si accavallano l'uno all'altro, dando così origine a catene montuose interne ai continenti: l'imponente sistema Alpino-himalayano, che inizia dai Pirenei per spegnersi con le sue ultimissime propaggini nella penisola di Kamciatka, attraverso l'arco alpino, i Balcani, i monti della penisola anatolica, i sistemi dell'Hindukush e del Karakorum, la catena himalayana, le sue digitazioni verso l'Asia sud orientale, la Cina propriamente detta, la Cina settentrionale e la Russia nord-orientale, è la manifestazione esterna e non definitiva dello scontro avvenuto tra il blocco euroasiatico e le placche africana e indiana.



Orogenesi



L'**orogenesi alpina** è stata causata dalla chiusura dell'oceano Tetide a motivo della risalita verso nord dell'Africa, dell'Arabia e del Subcontinente indiano verso l'Eurasia. Con la collisione delle masse continentali si sono formate numerose catene montuose che costituiscono la **catena Alpino-Himalaiana** a partire dal Marocco e per arrivare fino alla penisola indocinese. Queste catene si trovano nell'Africa del nord, in Europa ed attraversano tutto il bordo meridionale dell'Asia.



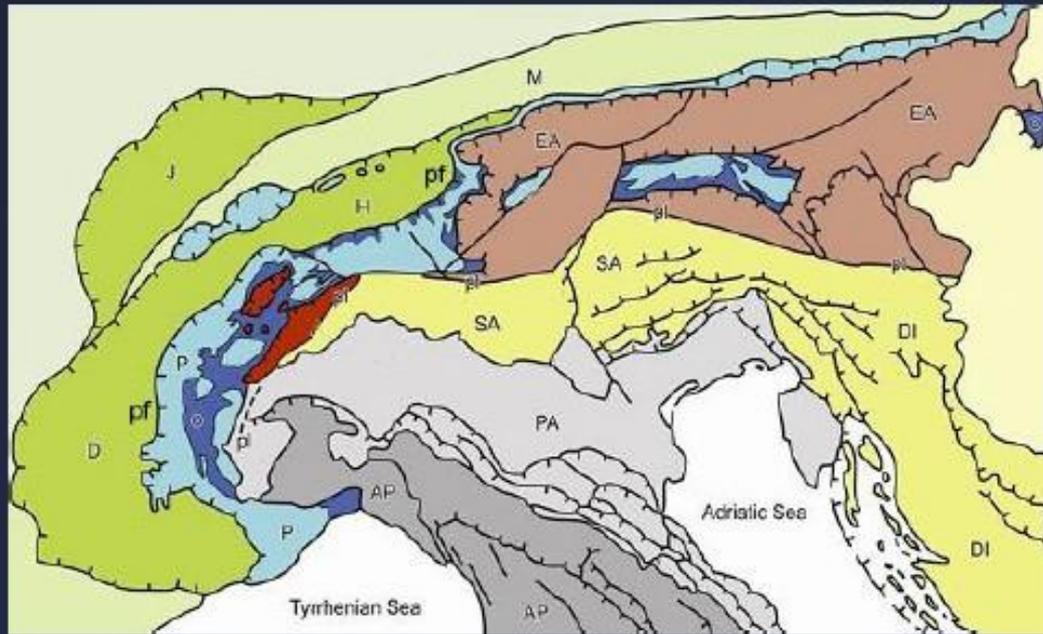
Carta delle catene montuose formatesi a causa dell'orogenesi alpina.



L'arco della catena alpina è la manifestazione superficiale della subduzione, su un fronte di migliaia di chilometri, della placca europea sotto la placca africana o le sue adiacenze.



Carta geologico-structurale dell'arco alpino occidentale



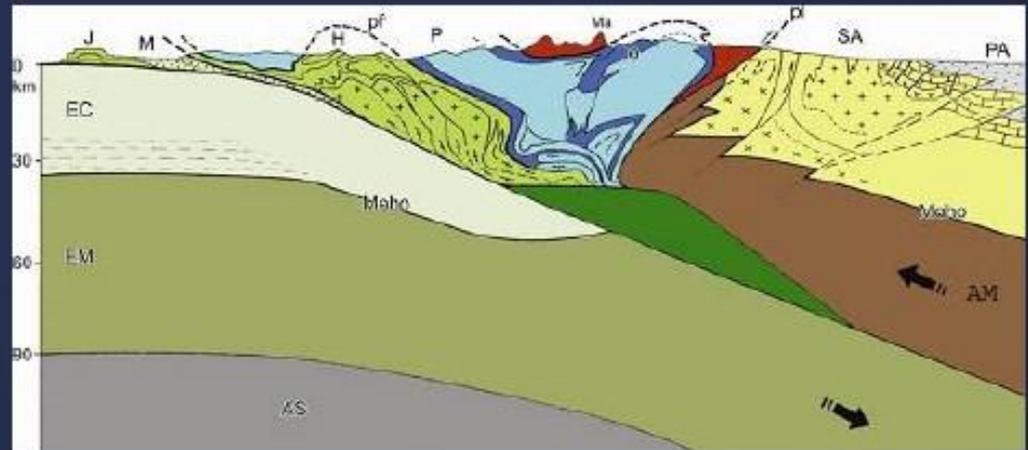
EC: crosta europea.

Moho: limite crosta-mantello.

EM: mantello europeo.

AM: mantello adriatico.

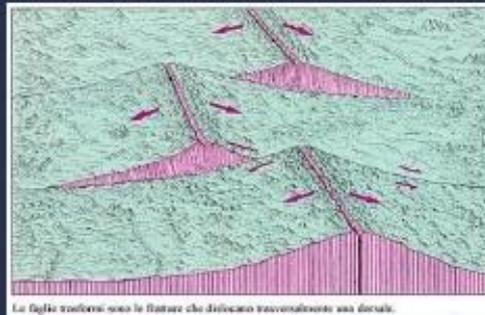
AS: mantello astenosferico.



Sono **margini trasformativi o conservativi** quando, in corrispondenza di questo tipo di margini, la litosfera non si accresce né si consuma (perciò sono detti conservativi), mentre le placche adiacenti scorrono l'una rispetto all'altra generando fratture sia sui continenti, sia sui fondali oceanici, a cui si dà il nome di faglie trasformati e che sono sede di terremoti.

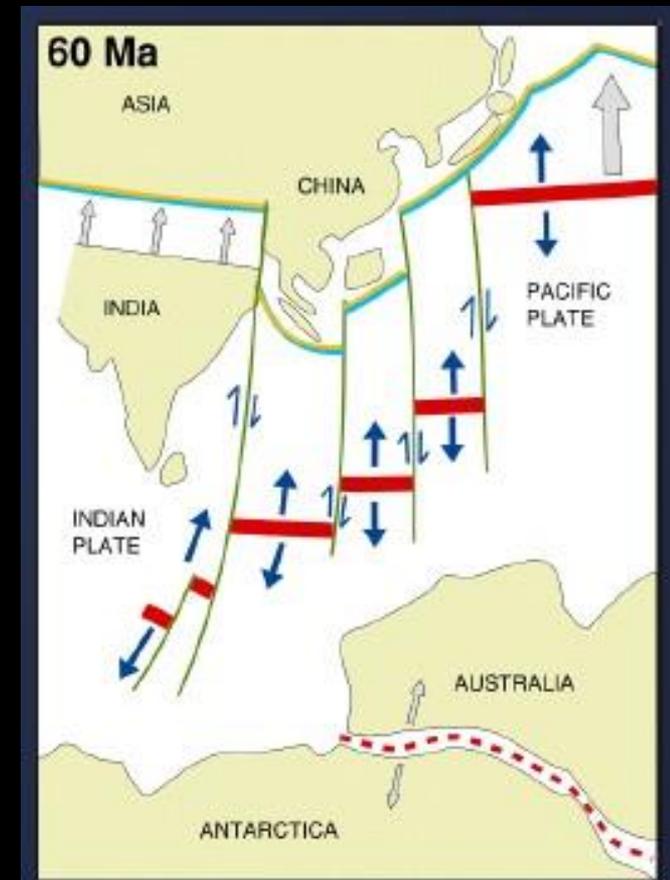
Le **faglie trasformati** si osservano lungo le dorsali oceaniche, che risultano così suddivise in tronconi relativamente corti, scorrenti lateralmente l'uno rispetto all'altro.

Le faglie trasformati, che interrompono il percorso delle dorsali, sono scarpate molto ripide, quasi verticali, sedi di frequenti terremoti solamente nel tratto che raccorda i due tronconi della dorsale, in cui l'ipocentro dei terremoti è sempre superficiale e l'energia che essi liberano relativamente bassa.



Le faglie trasformati sono le fratture che deviano trasversalmente una dorsale.

<http://www.le.ac.uk/geology/>



La **faglia di Sant'Andrea** in California è una faglia trascorrente con movimento destro che si estende per 1300 km attraverso la California, tra la placca nordamericana e la placca pacifica. È famosa per i devastanti terremoti che si sono verificati nelle sue immediate vicinanze.

