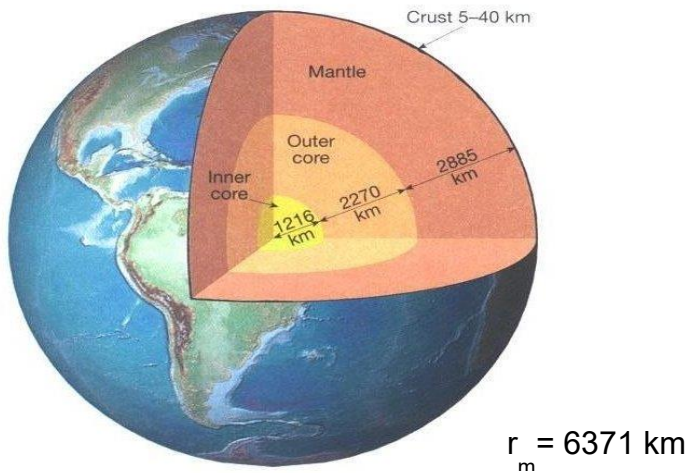


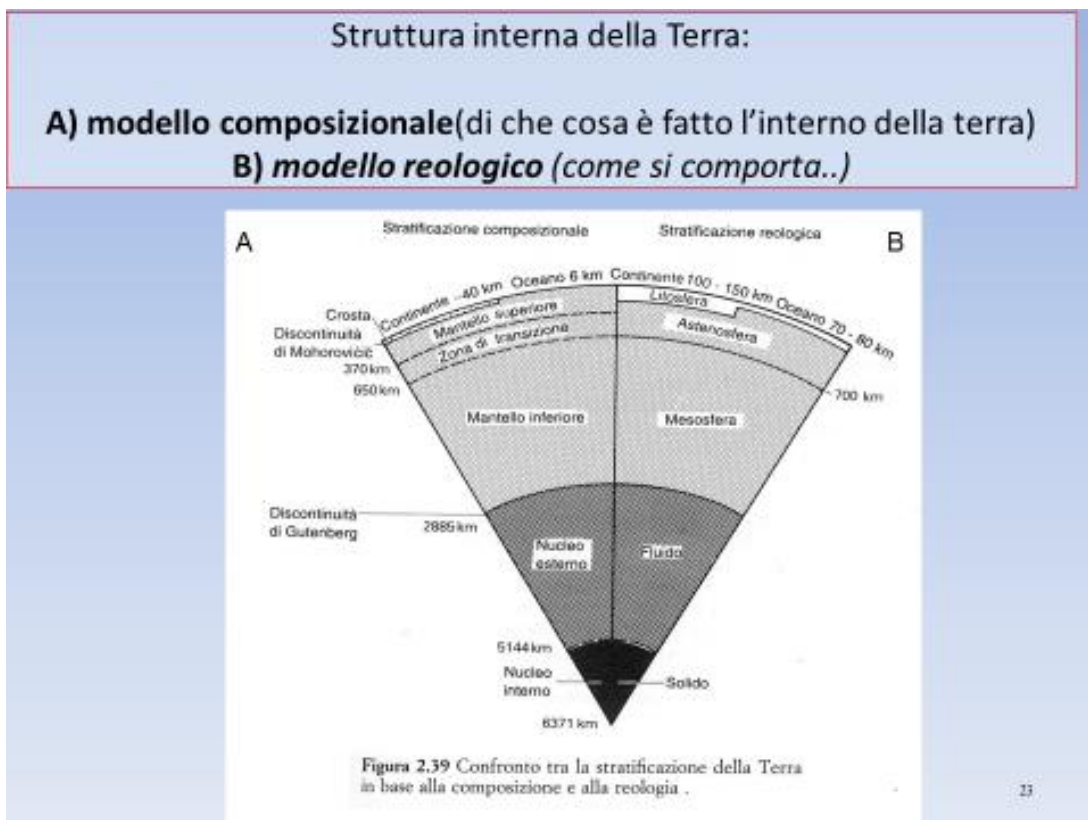
# L'INTERNO DELLA TERRA



Come detto ad inizio corso, la Terra è suddivisa al suo interno in involucri concentrici.

La suddivisione **COMPOSIZIONALE** è definita in base a studi sismologici sul comportamento delle onde sismiche, studi fisici e chimici di tipo sia sperimentale che teorico.

La suddivisione **REOLOGICA** è definita solo in base a studi sismologici.



La struttura interna della terra e la sua suddivisione reologica sono state realizzate grazie allo studio dei sismi.

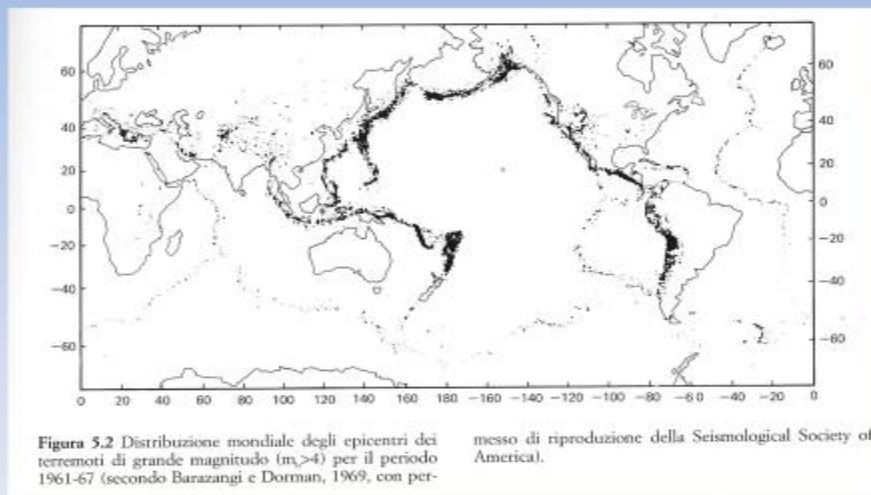
## LA SISMICITA' DEL GLOBO TERRESTRE

- E' causata dai movimenti relativi tra le placche litosferiche.
- E' distribuita per la gran parte lungo i limiti delle placche litosferiche.
- Gli sforzi che muovono le placche litosferiche causano un accumulo di stress nelle rocce della litosfera.
- Quando la resistenza delle rocce viene vinta, l'energia si libera sotto forma di terremoto che genera onde sismiche.
- Un sisma origina due categorie di onde:

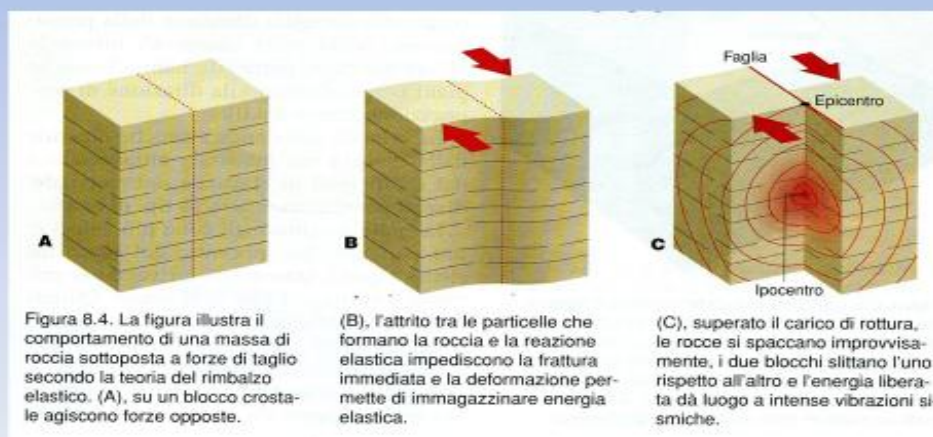
Le onde corporee (**P ed S**) che attraversano il volume della Terra, e le onde superficiali (**L e R**) che viaggiano solamente sulla sua superficie.

**Le onde P (di pressione) e le onde S (di taglio) sono fondamentali per la localizzazione dei terremoti.**

### La distribuzione globale della sismicità



### Generazione dei sismi: la teoria del rimbalzo elastico



## Il quattro tipi di onde sismiche:

- Onde di pressione P
- Onde di taglio S
- Onde di Rayleigh
- Onde di Love

stenza che oppongono i materiali alle forze che tendono a far variare la forma.

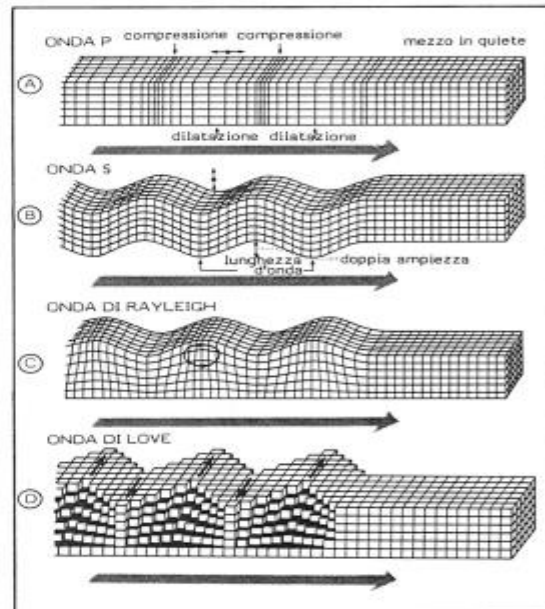


Figura 6.4. Miti del movimento presso la superficie in quattro tipi di onde di terremoto. Nelle onde di Rayleigh (C), e in quelle di Love (D), il movimento delle particelle decresce con la profondità.

## Propagazione delle onde sismiche dall'ipocentro di un terremoto

Il sisma viene ricevuto dai sismografi ubicati sul territorio



Figura 8.9. I numeri riportati sui fronti d'onda esprimono il ritardo in minuti tra l'arrivo delle onde P e delle onde S in tre diverse stazioni sismiche. Poiché le onde P viaggiano a velocità quasi doppia delle onde S, più una stazione è lontana più il ritardo delle onde S sulle P aumenta.

## Scale di misura dei sismi:

### INTENSITA'

Viene valutata sulla base dei danni ai manufatti.

E' usata la scala MCS (Mercalli, Cancani, Sieberg), scala empirica composta da 12 gradi di intensità.

La scala delle intensità consente la ricostruzione dei terremoti di epoca storica.

### MAGNITUDO

Proposta da Richter, è una misura legata all'energia emessa e consta di una scala logaritmica composta da 8 gradi di magnitudo. Il sisma ricevuto viene confrontato ad un sisma con epicentro a 100 km di distanza e che genera uno spostamento di 0,001 mm sul sismografo standard.



## SCALA MERCALLI DELL'INTENSITA' DEI SISMI

Grado	Descrizione
I	Sisma non percepito dall'uomo; registrato solo dai sismografi.
II	Percepito ai piani alti delle case (i quali oscillano più dei piani a terra) da persone sensibili.
III	Percepito da più persone, oscillazione di oggetti appesi e vibrazioni.
IV	Oscillazioni e vibrazioni anche di automezzi, tintinnio di vetri, vibrazioni di vasellame, scricchiolio di pareti.
V	Scossa che sveglia chi dorme, scricchiolii, tintinnii, spavento; cadono calcinacci.
VI	Fa fuggire le persone all'aperto, produce rumori e boati, fa cadere oggetti pesanti, provoca qualche lesione agli edifici.
VII	Provoca panico, caduta di intonaci, camini e tegole, rottura di vetri, danni di scarsa entità ai muri, piccole frane in materiali sciolti, suono di campane, onde sugli specchi d'acqua.
VIII	Si sente anche guidando automezzi, danneggia murature anche buone, ma non di cemento armato; provoca la caduta di torri, palizzate, alberi e l'apertura di crepacci nel suolo.
IX	Distrukge edifici non particolarmente resistenti, rompe tubazioni sotterranee, provoca ampi crepacci nel terreno, apre crateri con espulsione di sabbia e fango.
X	Distrukge buona parte degli edifici, danneggia dighe ed argini, devia fiumi e rotaie, provoca grandi frane, sposta orizzontalmente i terreni che si sono fessurati.
XI	Rovina completamente gli edifici, rompe ogni tubazione, tronca le comunicazioni, provoca un gran numero di vittime.
XII	Distrukge ogni opera umana, sposta grandi masse rocciose o vasti tratti di terreno in cui si aprono larghi crepacci, lancia in aria oggetti, provoca grandi frane e può causare migliaia di vittime.

## La scala Richter delle magnitudo dei sismi

La magnitudo è legata all'energia sprigionata dal sisma che può essere rappresentata in joule o in kg di esplosivo

Magnitudo Scala Richter	Energia in joule	Energia in kg di tritolo	n° di terremoti per anno
≥ 8,0	> 10 <sup>16</sup>	6·10 <sup>11</sup> Energia sufficiente a scaldare New York per trent'anni	0,1÷0,2
≥ 7,4	≥ 0,4·10 <sup>17</sup>		4
7,0÷7,3	0,04÷0,2·10 <sup>17</sup>	2·10 <sup>10</sup> Energia sufficiente a scaldare New York per un anno	15
6,2÷6,9	0,5÷23·10 <sup>14</sup>		100
5,5÷6,1	1÷27·10 <sup>12</sup>	6·10 <sup>8</sup> Piccola bomba H	500
4,9÷5,4	3,6÷57·10 <sup>10</sup>	2·10 <sup>7</sup> Grande bomba atomica	1.400
4,3÷4,8	1,3÷27·10 <sup>9</sup>		4.800
3,5÷4,2	1,6÷7,6·10 <sup>8</sup>	2·10 <sup>5</sup> Piccola bomba atomica	30.000
2,0÷3,4	4·10 <sup>3</sup> ÷9·10 <sup>6</sup>	1·10 <sup>4</sup> Grande mina	800.000

Magnitudo (M)	Intensità (I)
5,4	6,5
6,1	7,5
6,8	8,5
7,5	10
8,2	11
8,9	12

Comparazione fra Magnitudo ed Intensità dei sismi

# LE FAGLIE

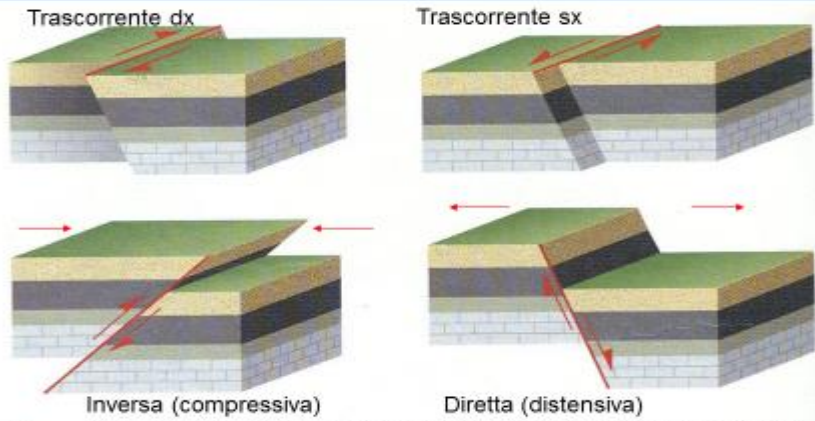
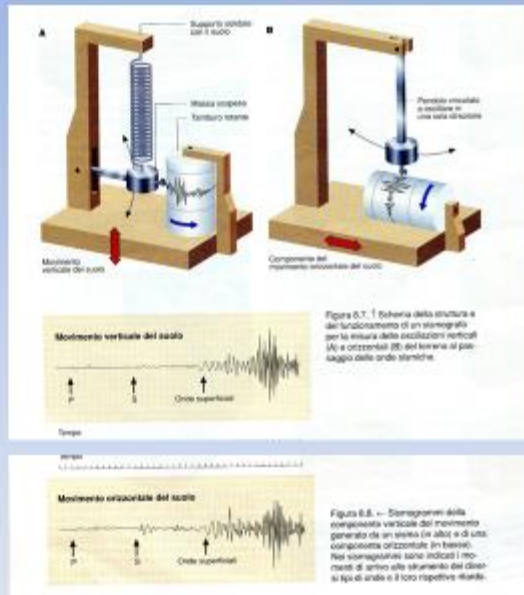


Figura 8.2. Quattro differenti tipi di faglia. Il movimento relativo dei due blocchi rocciosi separati dalla faglia è la causa del terremoto.

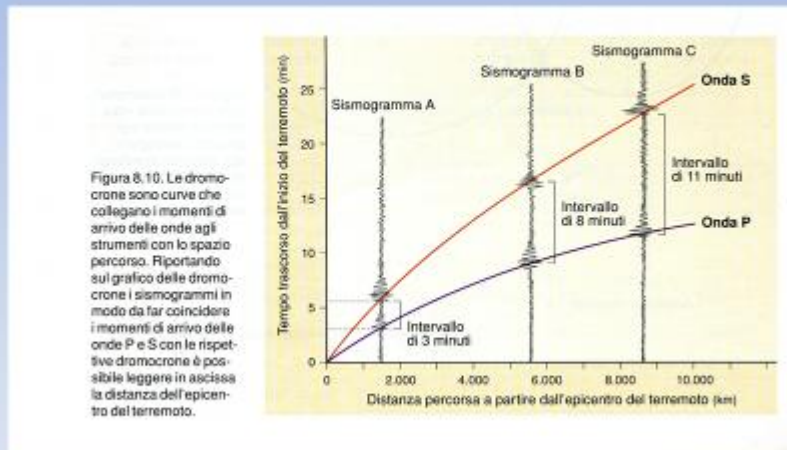
## Il sismografo

I sismogrammi riportano il movimento del suolo (verticale ed orizzontale) in funzione del tempo

Sui sismogrammi si individuano i primi arrivi delle onde P, quindi le S e poi arrivano le onde superficiali



I tempi di arrivo delle onde P ed S sono diversi a causa della loro diversa velocità



- Le onde P vengono trasmesse sia nei solidi che nei liquidi
- Le onde S non vengono trasmesse nei liquidi

Se le onde subiscono riflessioni e rifrazioni, vuol dire che all'interno della Terra ci devono essere delle discontinuità dovute per esempio a differenze di densità

### velocità e densità per vari tipi di rocce

Sedimenti sciolti	0.3-2.5 km/s	1.5-2.2 g/cm <sup>3</sup>
Rocce sedimentarie	3.8-5.4	2.5-2.8
Rocce metamorfiche	4.5-6	2.7-3
Rocce granitiche	6	2.8
Lave basaltiche	6.4-8.9	2.9

### Campi di velocità e di densità per rocce ignee

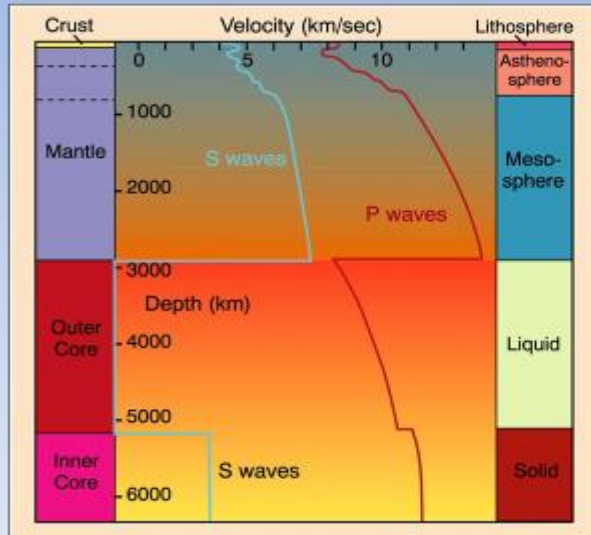
Maggiore è il contenuto di minerali femici (contenenti Fe e Mg), maggiore è la densità ed anche la velocità delle onde P





In base a queste discontinuità siamo in grado di sapere come è suddiviso l'interno della Terra

### L'interno della Terra

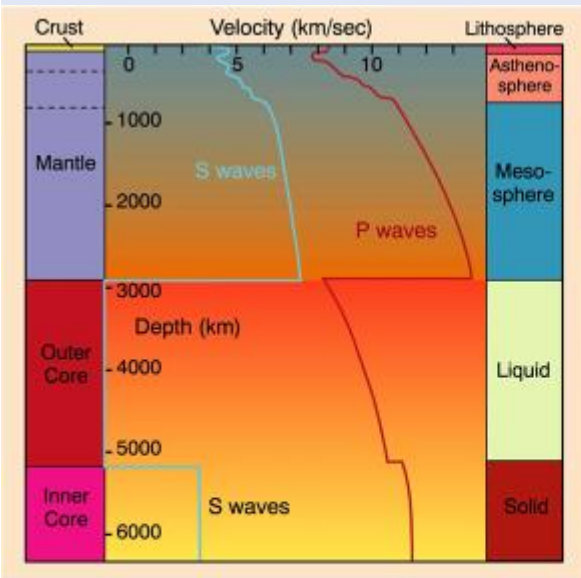


**Discontinuità sismiche:**  
zone in cui avvengono rapide variazioni di velocità delle onde sismiche.

**Discontinuità di Mohorovicic (Moho; separa crosta e mantello)**  
~ 35 km al di sotto dei continenti;  
~ 8 km al di sotto dei fondali oceanici.

**Discontinuità di Gutenberg [separa il mantello inferiore (solido) dal nucleo esterno (liquido)]**  
~ 2900 km di profondità

- **Discontinuità di Lehmann** [divide il nucleo esterno (liquido) da quello interno (solido)].



La crosta è spessa dai 30 ai 70 km nelle aree occupate dai continenti, mediamente 8 km nelle aree oceaniche

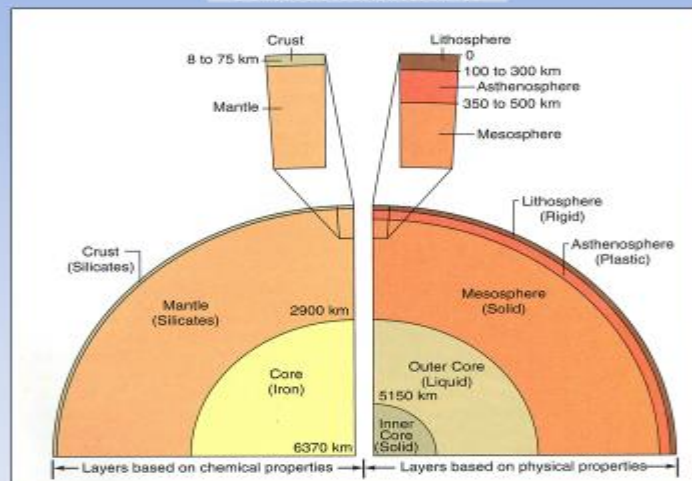
La parte più alta del mantello superiore è rigida e solidale con la sovrastante crosta, insieme alla quale forma un blocco compatto detto **LITOSFERA**. Secondo la teoria della tettonica a zolle, la litosfera è suddivisa in placche o zolle mobili che si spostano lateralmente navigando sul mantello plastico sottostante (**ASTENOSFERA**).

Litosfera: calda e rigida

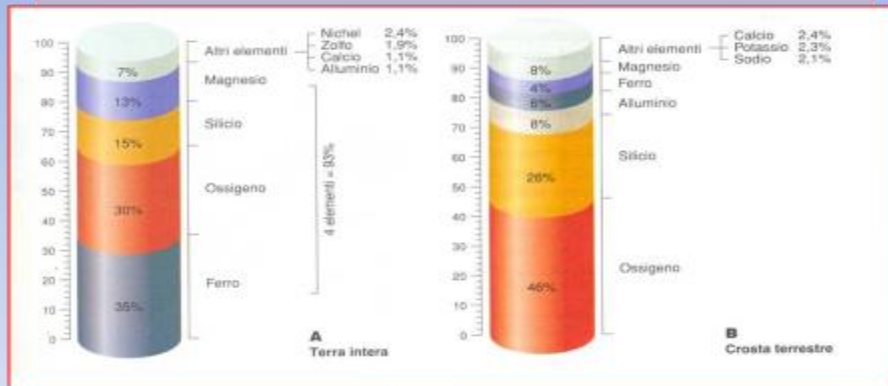
Astenosfera: calda e plastica

Temperatura e pressione aumentano verso il nucleo

### L'interno della Terra



## Composizione chimica della terra e della crosta terrestre

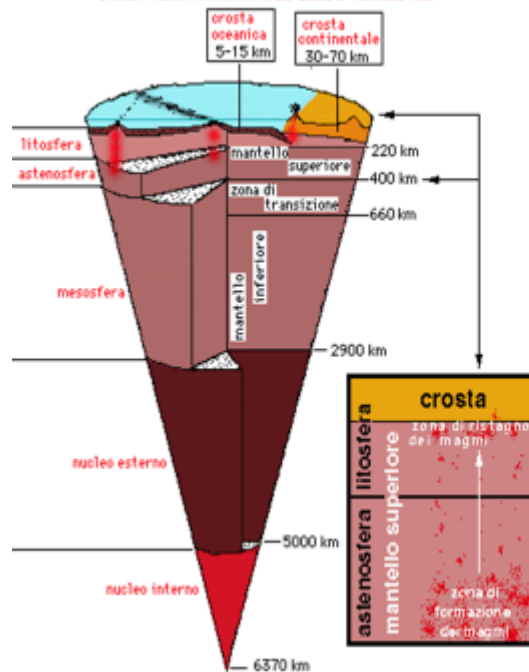


Tutto il pianeta  
(crosta + mantello +  
nucleo)

Solo la parte  
superficiale (crosta)

24

### STRUTTURA INTERNA DEL GLOBO TERRESTRE

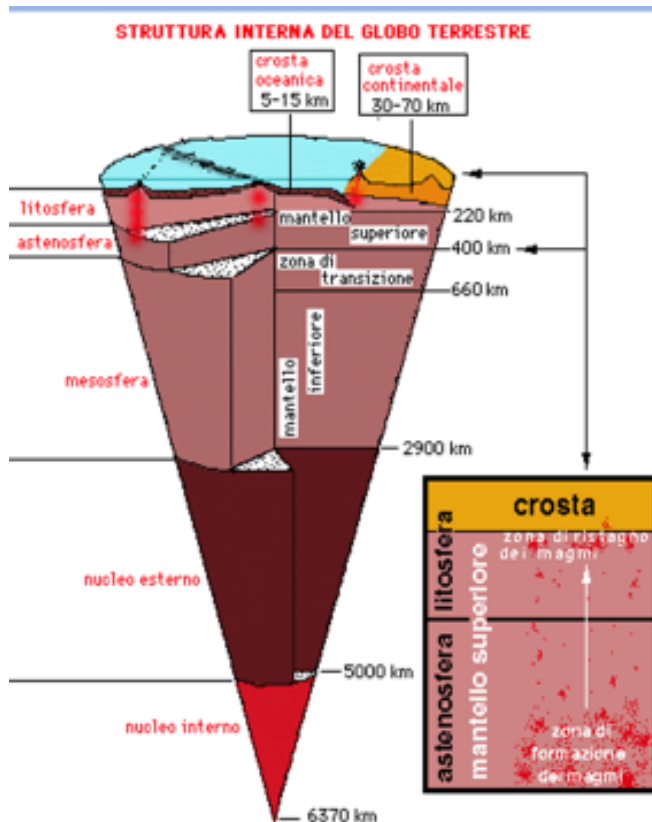


### Crosta:

- spessore variabile (continentale mediamente 35 km; oceanica mediamente 8 km)
- densità: crosta continentale da 2,5-2,8 g/cm<sup>3</sup>; crosta oceanica: 2,9 g/cm<sup>3</sup> (mediamente più pesante della continentale)
- silicati di tipo "leggero" (Si e O + Al)
- crosta + parte superiore del mantello = litosfera (rigida e fragile)
- la litosfera è divisa in placche

42





### Mantello:

- spessore di 2850 Km
- densità: parte superiore: 3.3-3.4g/cm<sup>3</sup>; parte inferiore: 3.3-5.6g/cm<sup>3</sup>
- silicati di tipo "pesante" (Si e O + Fe e Mg) → rocce peridotitiche (r.ultrafemiche)
- solido e rigido al di sotto della crosta e per quasi tutto il suo spessore, ma tra 100 e 200 Km di profondità c'è una fascia a comportamento più fluido e plastico – astenosfera

### Nucleo:

- raggio 3500 Km
- alta densità (9.7-13 g/cm<sup>3</sup>)
- temperatura elevata (migliaia di gradi)
- > pressione nel nucleo interno
- metalli pesanti (Fe, Ni) + 10-20 % Silicio e/o Zolfo
- nucleo esterno fluido; nucleo interno solido