



Utazás a Föld belsejébe

tudományos ismeretterjesztő
oktatási segédanyag

írta:
Dr. Harangi Szabolcs

E-mail: szabolcsharangi@gmail.com

2010.

Utazás a Föld belsejébe

A Novohrad-Nógrád geopark területének legfontosabb földtani értékei a vulkáni képződmények. Ahhoz, hogy megértsük, hogyan alakultak ki ezek a változatos tűzhányók, honnan származik a vulkánokat tápláló izzó kőzetolvadék, a magma, szükséges némi alapismeret a Föld belsejéről.

Utazás a Föld belsejébe

Cél:

- Hogyan, milyen eszközökkel ismerhető meg a Föld belseje?
- Bemutatni a Föld belső szerkezetét, legfontosabb részeit

Gyakorlatok:

- Föld belsejének méretarányos rajza
- Melyik a legnagyobb térfogatú, legnagyobb tömegű része a Földnek?

Szakszavak:

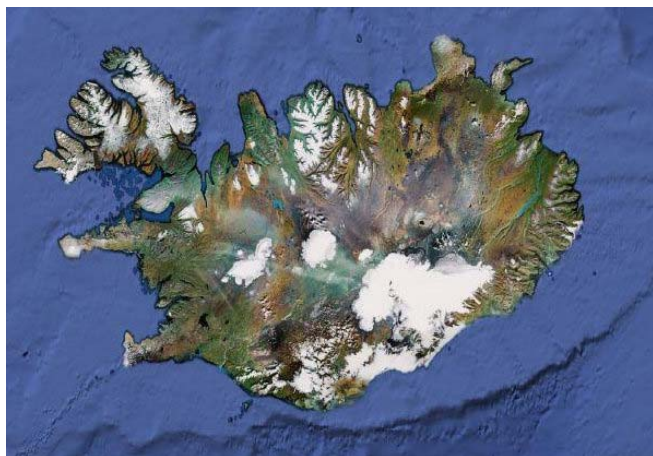
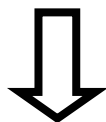
Földkéreg, földköpeny, földmag, litoszféra



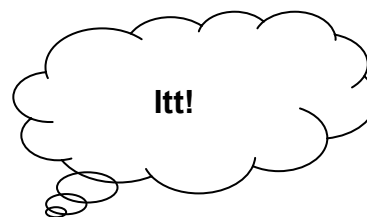
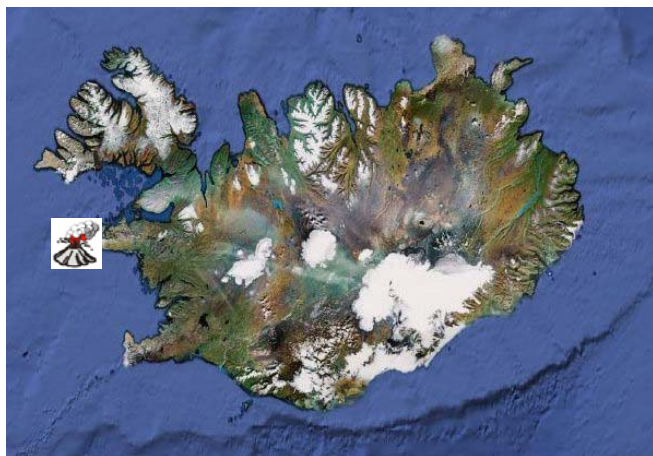
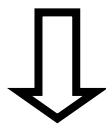
Mi van a Föld belsejében? Jules Verne könyvében Otto Lidenbrock hamburgi geológus professzor kísérelte meg unokaöccsével és izlandi vezetőjével, hogy lejusson a Föld középpontjába. Az izlandi Snaefellsjökull tűzhányón ereszkedtek le a mélybe. Az út izgalmas volt, de nem járt sikerrel. A vállalkozó kedű kalandozók sok megpróbáltatás után végül az itáliai Stromboli kráterén keresztül jutottak vissza a Föld felszínére...

Keressétek meg a térképen, hol ereszkedett le Lidenbrock professzor csoportja a Föld mélyébe és hol jutottak ki?

Utazás a Föld belsejébe



Utazás a Föld belsejébe

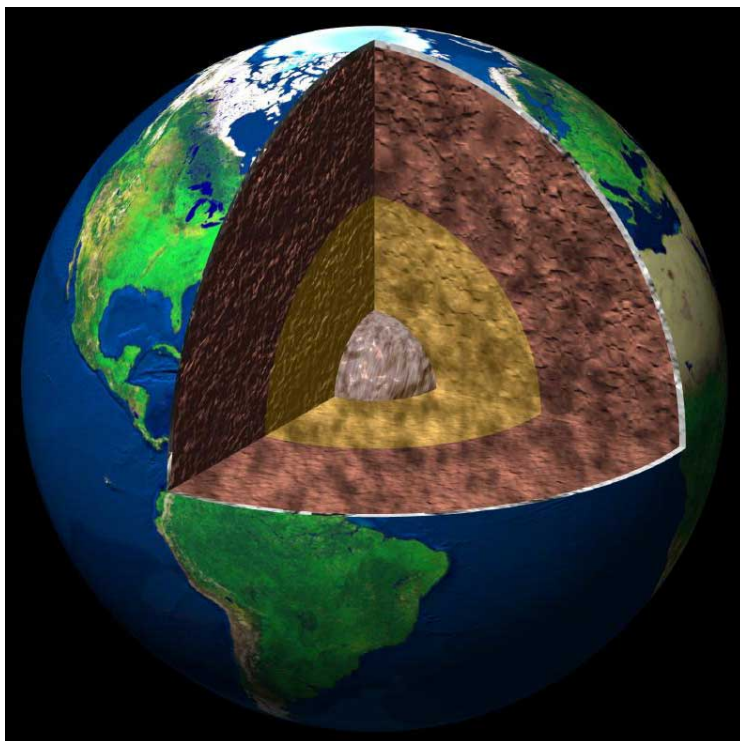


Utazás a Föld belsejébe

Indul az utazás!

Mi van a Föld belsejében?

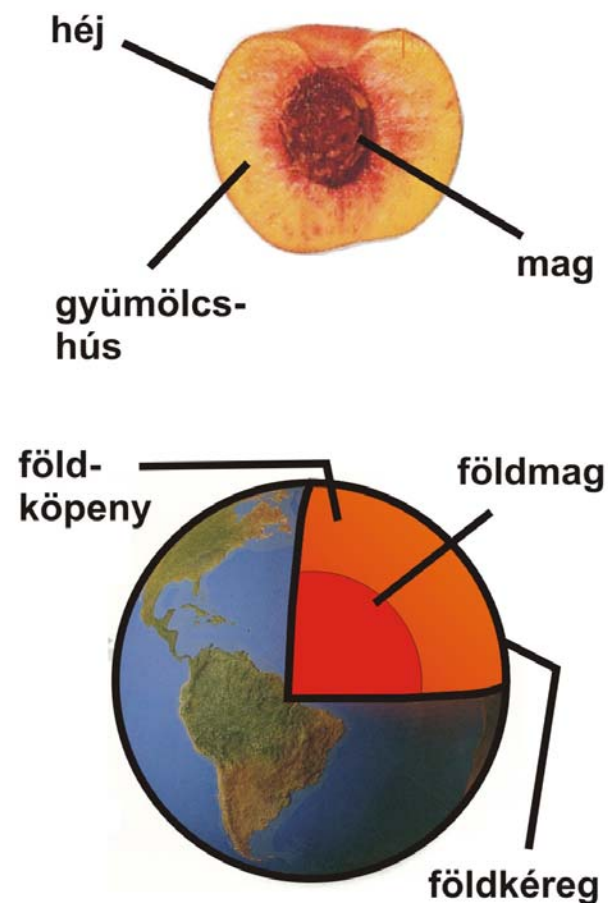
Ki mit gondol róla?



- Milyen részek különíthetők el a Föld belsejében?
- Milyen halmazállapotú a Föld belseje: olvadt vagy szilárd?
- Vajon honnan származik a tűzhányókat tápláló izzó kőzetolvadék?
- Honnan tudjuk?

Utazás a Föld belsejébe

Hogyan, milyen eszközökkel ismerhető meg a Föld belseje?



A Föld belseje gömbhéjas felépítésű, némileg hasonló például az őszibarackhoz. Ismerjük méreteit: átmérője 12740 km, bár a sarkok irányából a Föld lapultabb. Van egy jelentős nagyságú magja (átmérője közel 7000 km), amit egy még nagyobb térfogatú és nagyobb tömegű egység, a földköpeny vesz körül. Ezután következik a vékony külső héj, azaz a földkéreg. Ennek vastagsága a kontinensek alatt 20-70 km, az óceáni medencék aljzatában azonban csak 5-6 km.

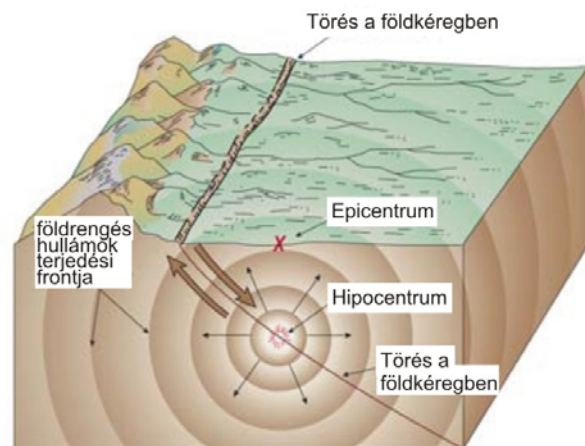
A Föld belső felépítéséről közvetlen megfigyelési adat nincsen. A legmélyebb kutatófúrás 12 kilométer mélységbe jutott (az oroszországi Kola-félszigeten), Magyarországon pedig „csupán” 6 kilométer mélységbe (Makó térségében). Ez azt jelenti, hogy a Föld legvékonyabb rétegének is csak a legfelső részéről vannak közvetlen információink.

Honnan ismerjük a mélyebb részeket? A földkéreg szerkezeti mozgásai során sok esetben a mélyebben lévő kőzetegységek kiemelkednek, és felszínre kerülnek. A közvetlen információszerzés másik forrása pedig a magmák által felhozott kőzetdarabok.

De, hogyan tudjuk, hogy hol van a földmag, hol van a földköpeny határai és azok miből állnak?

Utazás a Föld belsejébe

Hogyan, milyen eszközökkel ismerhető meg a Föld belseje?



A Föld belső felépítését elsősorban a földrengés-hullámok terjedési sebességéből és a terjedési sebesség változásaiból ismerjük, amivel a szeizmológia tudománya foglalkozik.

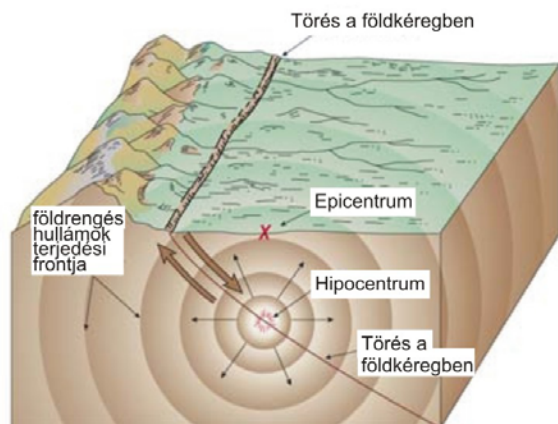
A mélybeli földrengések a szilárd kőzetek hirtelen elmozdulása során pattannak ki, ami jelentős energia-fel szabadulással jár. A lökéshullámok a földrengés kipattanási helyéről, azaz a hipocentrumból gömbhéjszerűen terjednek minden irányba és szelik át a Föld belsejét. A rengéshullámok különböző csoportokba oszthatók. Az úgynevezett térhullámok a Föld belsejében is képesek terjedni, míg a felületi vagy felszíni hullámok csak a Föld felszínén terjednek. Az utóbbiak okozzák a legnagyobb pusztítást a Föld felszínén, míg az előbbieket felhasználhatók a Föld belsejének megismerésében.



Földrengés után Kínában...

Utazás a Föld belsejébe

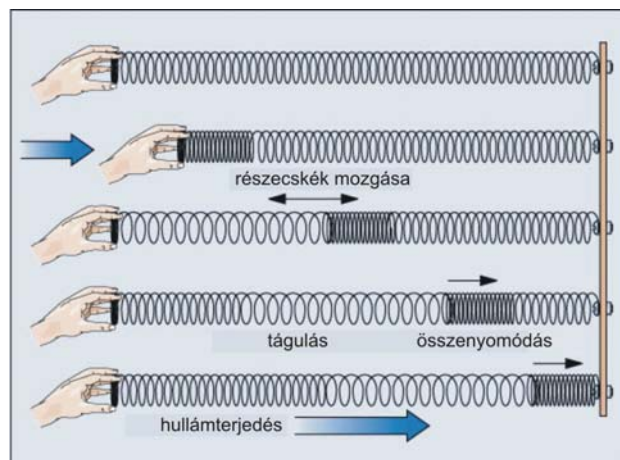
Hogyan, milyen eszközökkel ismerhető meg a Föld belseje?



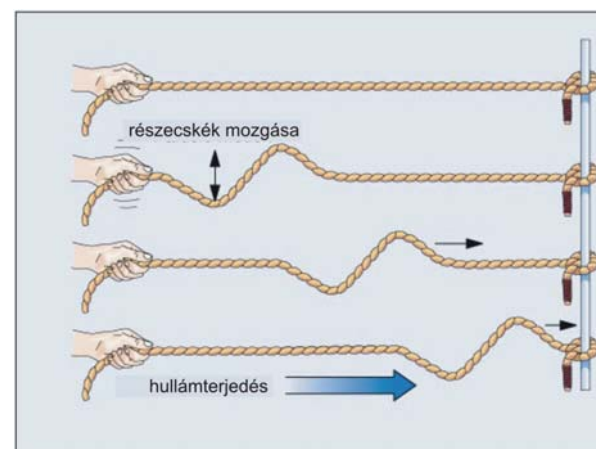
A térhullámok további két típusra bonthatók: a hosszanti vagy más néven longitudinális hullámok terjednek a leggyorsabban szilárd és folyékony anyagban egyaránt. Mivel a földrengés hullámokat észlelő berendezéseken, a szeizmogramokon először ez a hullám jelentkezik, ezért primer vagy **P hullámoknak** nevezik.

A térhullámok lassabb, transzverzális típusában a részecskék terjedési iránya merőleges a hullám haladási irányára, azaz a Föld belső anyaga periodikusan oldalirányban mozdul el. Ez a rengéshullám csak szilárd közegben terjed, folyékony anyagban elnyelődik. Mivel ezeket a hullámokat a szeizmogramok csak később észlelik, szekunder vagy **S hullámoknak** nevezik.

P-hullámok

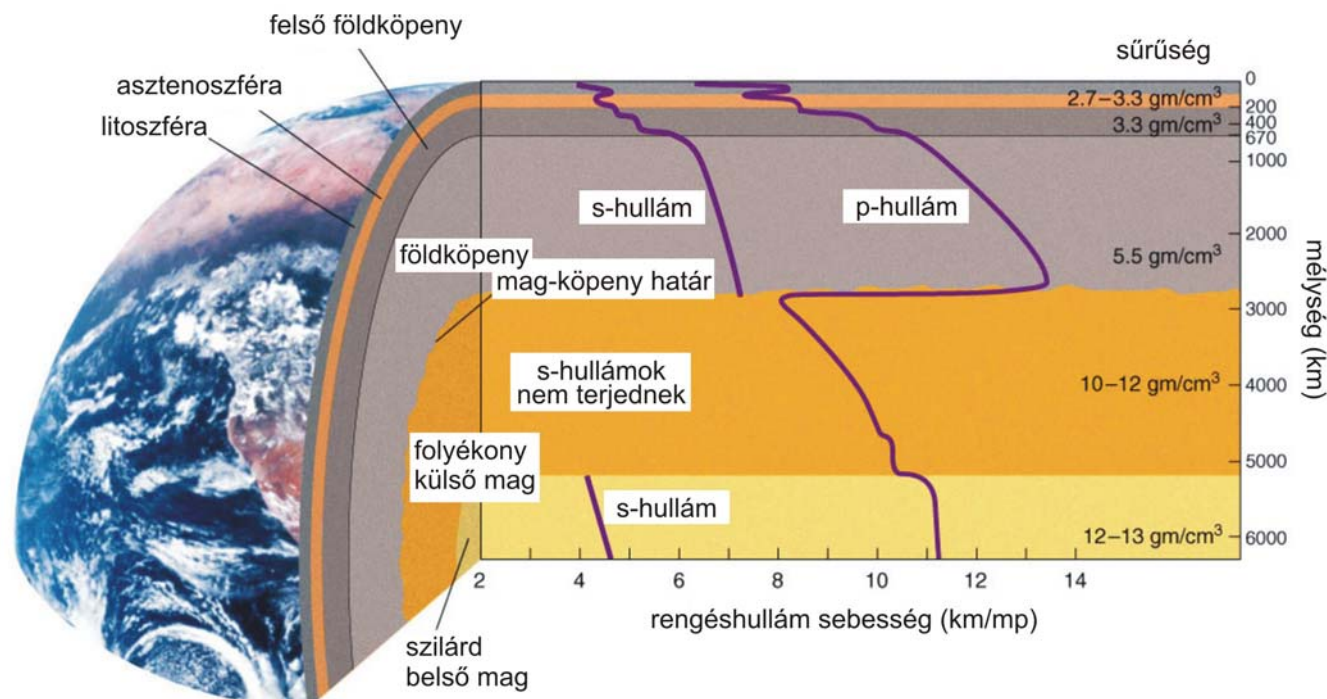


S-hullámok



Utazás a Föld belsejébe

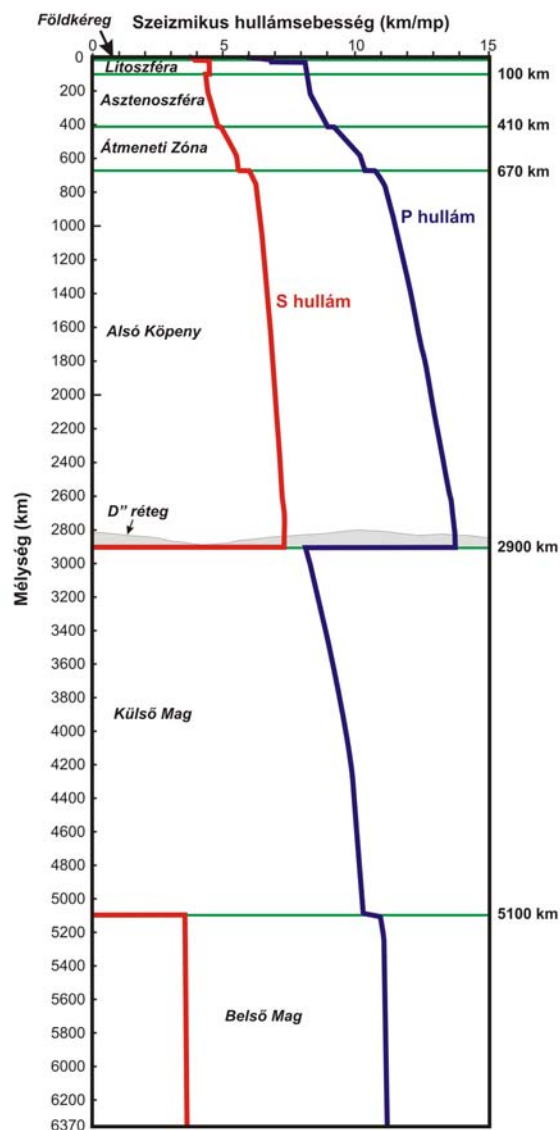
Hogyan, milyen eszközökkel ismerhető meg a Föld belseje?



A földrengéshullámok sebessége elsősorban a közeg sűrűségétől függ. Sűrűbb anyagban a hullámok gyorsabban mozognak, azaz a hullámok sebességéből következtetni lehet, hogy milyen sűrű kőzetanyagban terjedt.

A P és S hullámok a földkéregben és földkéregben egyaránt terjednek, azaz a Föld ezen része szilárd. Az S hullámok 2900 km és 5100 km közötti mélységközben elnyelődnek utalva arra, hogy a külső mag halmazállapota folyékony. A P és S hullámok terjedési sebessége bizonyos mélységekben hirtelen változik, ami éles sűrűségváltozást jelent. Ezek a Föld belsejének fontos határfelületei.

Utazás a Föld belsejébe



A földrengéshullámok terjedési sebességéből és annak változásaiból a következő lényeges megállapításokat tehetjük:

1. A Föld belseje szilárd, kivéve a 2900 km és 5100 km közötti mélységet, ahol folyékony (külső mag; itt az S hullámok nem terjednek).
2. A Föld belsejében legalább 5 jelentős, ún. diszkontinuitási felület van, ahol a hullámsebesség hirtelen változik meg. Ez éles sűrűségváltozást jelent.

Ezek a fontos határfelületek a következő egységeket választják el egymástól:

- Földkéreg – földköpeny (óceáni területeken 6-10 km, kontinentális területeken 30-60 km mélyen)
- Litoszféra – asztenoszféra (100-200 km mélységben)
- Felső földköpeny – alsó földköpeny (670 km mélyen)
- Földköpeny – külső földmag (2900 km mélyen)
- Külső földmag – belső földmag (5100 km mélyen)

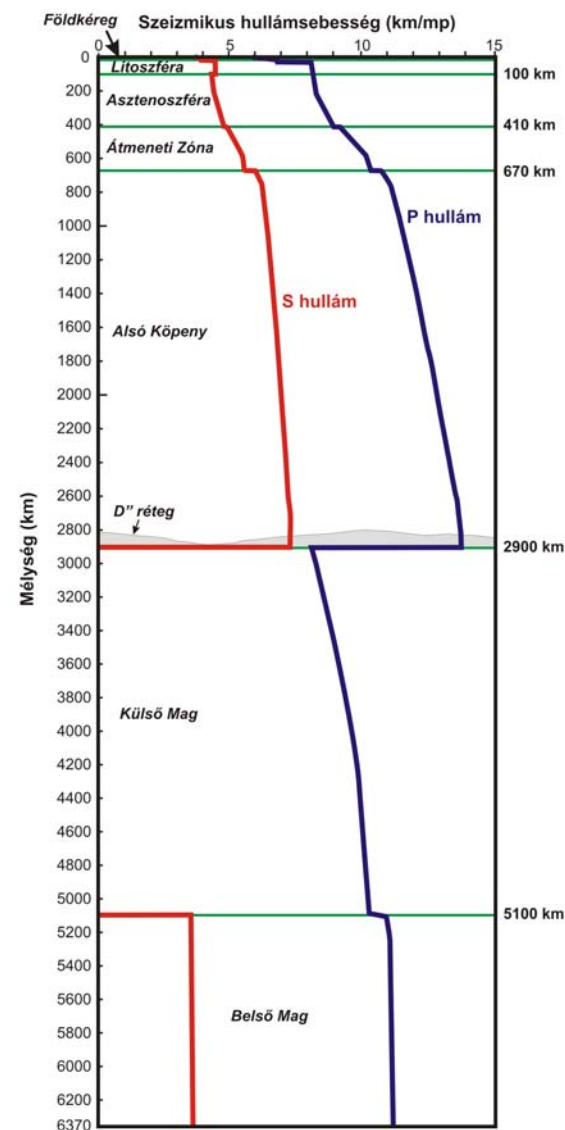
A Föld belsejének fő egységei

1. Földkéreg

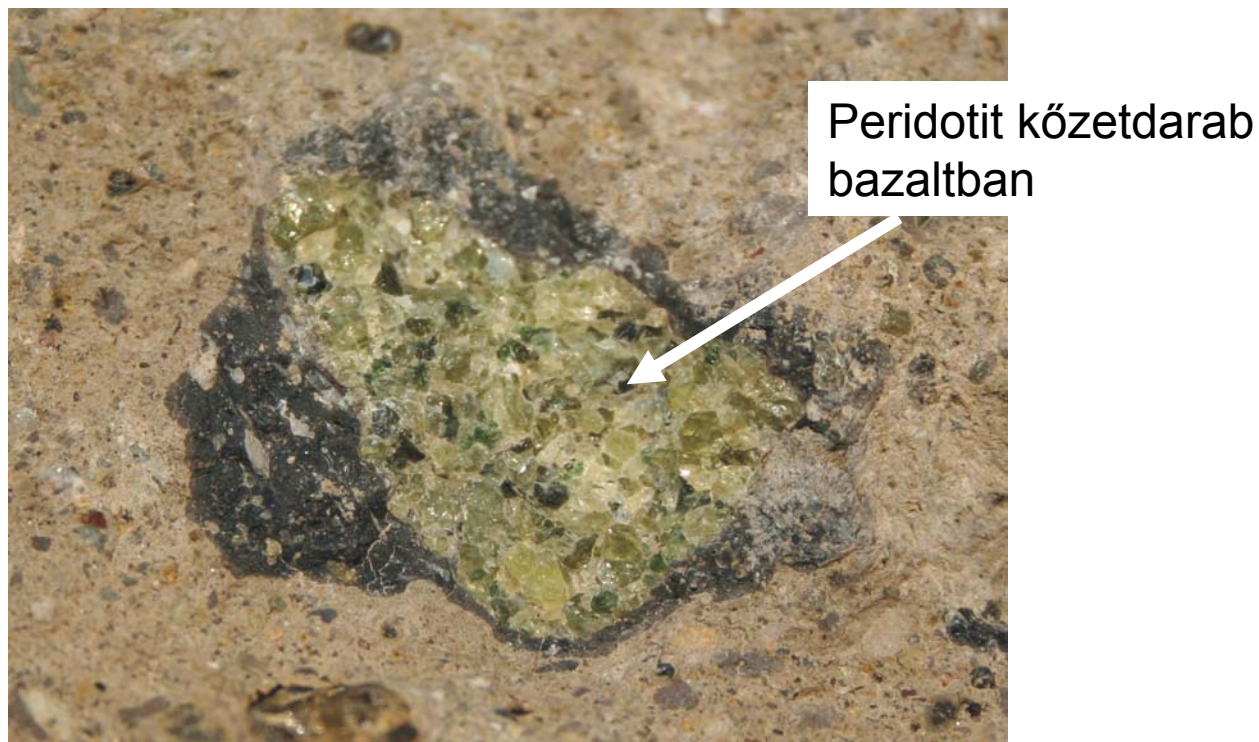
- A föld legkülső szilárd egysége („a barack héja”), amelynek vastagsága az óceáni területek alatt 6-10 kilométer, a kontinensek alatt átlagosan 35 (20-70) kilométer. A Föld össztömegének kevesebb, mint 0,5%-át képviseli. A földkéreg felépítő kőzetek sűrűsége jóval kisebb, mint az alatta lévő földköpenyé.

2. Földköpeny

- A földköpeny anyaga magas hőmérsékletű (>1000°C), nagy sűrűségű kőzetekből épül fel. A földköpeny mindenhol szilárd halmazállapotú, amit a földrengéshullámok egyértelműen jeleznek. Felső részén zajlik a magmaképződés. A nagy nyomáson és magas hőmérsékleten a kőzetanyag azonban képes plasztikusan mozogni, valahogy úgy mint hosszú idő alatt a gleccserek jege vagy az ablaküveg. A mozgás sebessége nem több mint néhány centiméter évente. Két részre bontható: alsó és felső földköpeny. A felső földköpeny további egységekre osztható: a legfelső része a földkéreggel együtt alkotja a külső kőzetburkot (litoszférát), ez alatt van az asztenoszféra, amit lefele az átmeneti zóna követ.



A Föld belsejének fő egységei



A földköpeny kőzete a zöld színű peridotit. A földköpeny felső részén keletkező bazaltos magmák magukkal sodorhatnak kisebb-nagyobb darabokat a mélyből, így a kutatók közvetlenül is vizsgálhatják ezeket a kőzeteket.

A Föld belsejének fő egységei

3. Litoszféra (kőzetburok)

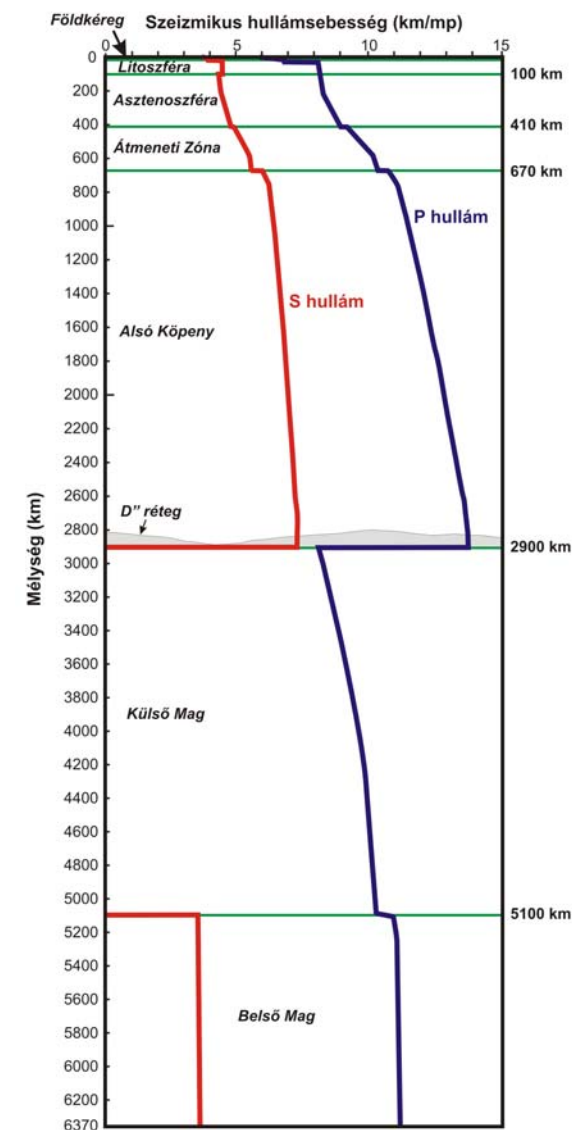
- A földkéreg és az alatta lévő földköpeny legfelső része egy merev kőzettestet képez (átlagosan 100 kilométer vastag), amelynek hőmérséklete jóval kisebb, mint a mélyebben lévő földköpenyé. Itt a kőzetanyag nem képes plasztikus mozgásra, hanem mereven viselkedik. A hőmérséklet itt igen gyorsan változik a mélységgel. A Földet borító litoszféra kisebb-nagyobb egységekre, úgynevezett kőzetlemezekre bomlik.

4. Asztenoszféra

- A litoszféra alatt lecsökken a földrengéshullámok sebessége, ezért ezt az övet kis-sebességű zónának is nevezik, ami az asztenoszféra (jelentése „gyenge” öv) felső részét alkotja. Ennek oka valószínűleg az, hogy itt - nagyon kis mennyiségben (max. 1-2%-ban!) - kőzetolvadék (magma) is jelen lehet. Az asztenoszféra kb. 400 kilométer mélyséig tart, hőmérséklete a mélység felé csak kis mértékben változik, 1300-1400°C.

5. Átmeneti zóna

- Ez a kőzetöv 400 és 670 kilométer közötti mélységben van. Határain jelentős ásványszerkezetbeli átalakulások vannak.



Utazás a Föld belsejébe

A Föld belsejének fő egységei



A Föld legkülső merev kőzetburka (a litoszféra) 7 nagyobb és több kisebb kőztlemezre bomlik, amelyek egymáshoz képest folyamatos mozgásban vannak

Utazás a Föld belsejébe

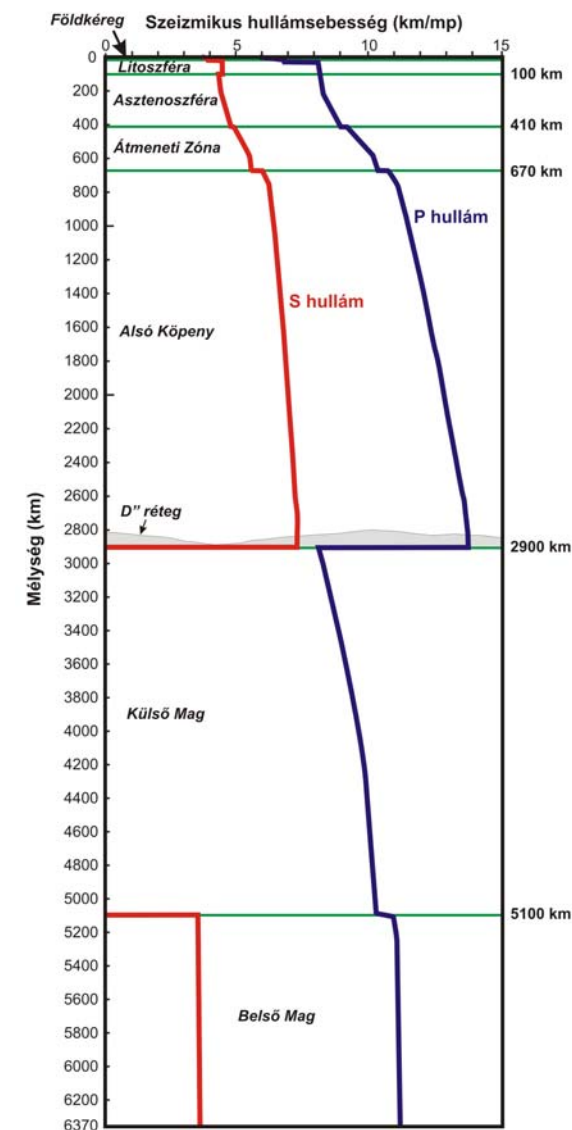
A Föld belsejének fő egységei

6. D''-réteg

- A földköpeny és a földmag határán egy változó vastagságú (maximálisan 200-300 kilométer vastag) kőzetöv van. Ez választja el a magas hőmérsékletű földmagot a jóval kisebb hőmérsékletű földköpenytől. Ezen a kis vastagságú kőzetövből a hőmérséklet akár több mint 1000°C-ot változik, többet mint a teljes földköpenyben!

7. Földmag

- A Föld legbelső öve alapvetően vas és nikkel ötvözetéből áll. A nagy sűrűségű elemek a Föld keletkezése után süllyedtek le. A földmag hülése következtében a belső része már megszilárdult (belső mag), a külső része azonban folyékony halmazállapotú. Az itt zajló áramlások alakítják ki és szabályozzák a Föld mágneses terét, ami megvédi az élővilágot a káros sugárzásoktól és segíti többek között az állatok vándorlását.



Utazás a Föld belsejébe

Milyen messze van?

Vajon milyen messze van Budapestről a földköpeny és földmag határa, milyen messze van a Föld középpontja? Becsöld meg a távolságokat az alábbi térképen!



Utazás a Föld belsejébe

Milyen messze van?

Vajon milyen messze van Budapestről a földköpeny és földmag határa, milyen messze van a Föld középpontja? Becsüld meg a távolságokat az alábbi térképen!

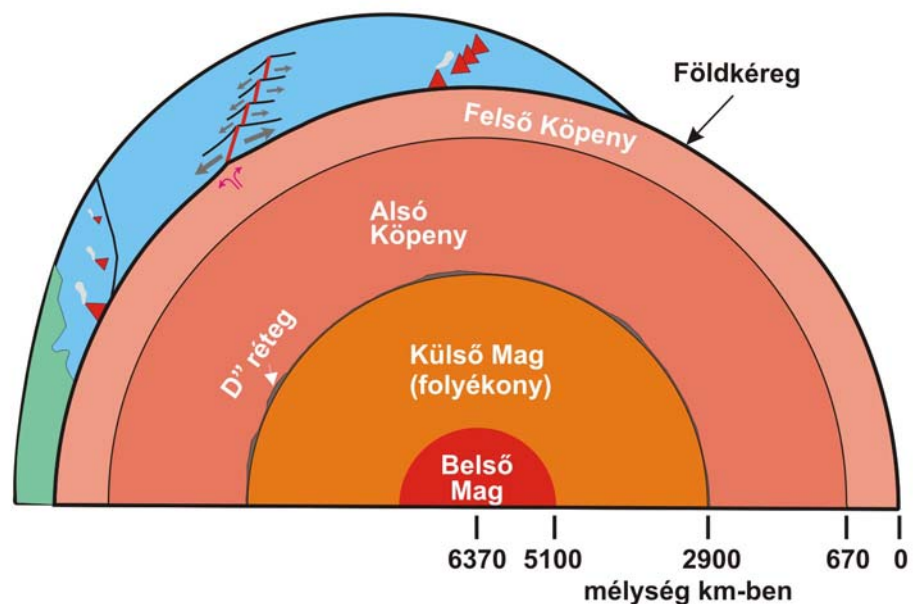
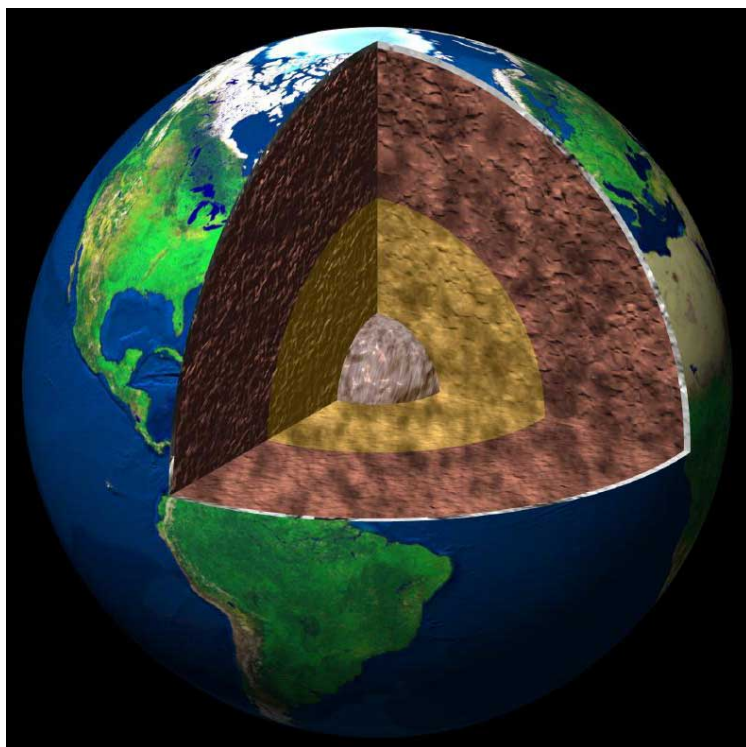


Utazás a Föld belsejébe

Milyen nagy?

Válaszolj a következő kérdésekre:

1. Melyik a Föld belsejének legnagyobb tömegű része?
2. Melyik a Föld belsejének legnagyobb térfogatú része?
3. Melyik a Föld belsejének legnagyobb sűrűségű része?



Utazás a Föld belsejébe

Milyen nagy?

Válaszolj a következő kérdésekre:

1. Melyik a Föld belsejének legnagyobb tömegű része?
2. Melyik a Föld belsejének legnagyobb térfogatú része?
3. Melyik a Föld belsejének legnagyobb sűrűségű része?

Amennyiben a földmag tömege megfelel egy 1 kg-os dinnyének, akkor a mekkora görögdinnye lenne a földköpeny?

földmag



Amennyiben a földmag térfogata megfelel egy 1 literes ásványvíznek, akkor mennyi 1 literes palackot töltene ki a földköpeny anyaga?

földmag



Utazás a Föld belsejébe

Milyen nagy?

Válaszolj a következő kérdésekre:

1. Melyik a Föld belsejének legnagyobb tömegű része?
2. Melyik a Föld belsejének legnagyobb térfogatú része?
3. Melyik a Föld belsejének legnagyobb sűrűségű része?

Amennyiben a földmag tömege megfelel egy 1 kg-os dinnyének, akkor a mekkora görögdinnye lenne a földköpeny?

földmag



A földmag tömege ugyanis $1,936 \cdot 10^{24}$ kg, míg a földköpenyé $4,016 \cdot 10^{24}$ kg!

földköpeny



Utazás a Föld belsejébe

Milyen nagy?

Válaszolj a következő kérdésekre:

1. Melyik a Föld belsejének legnagyobb tömegű része?
2. Melyik a Föld belsejének legnagyobb térfogatú része?
3. Melyik a Föld belsejének legnagyobb sűrűségű része?

Amennyiben a földmag térfogata megfelel egy 1 literes ásványvíznek, akkor mennyi 1 literes palackot töltene ki a földköpeny anyaga?

földmag



földköpeny



A földmag térfogata ugyanis $0,175 \cdot 10^{27} \text{ cm}^3$,
míg a földköpenyé $0,899 \cdot 10^{27} \text{ cm}^3$!

azaz 5 liter és még közel 1,5 decilitert!

Utazás a Föld belsejébe

Milyen nagy?

Válaszolj a következő kérdésekre:

1. Melyik a Föld belsejének legnagyobb tömegű része?
2. Melyik a Föld belsejének legnagyobb térfogatú része?
3. Melyik a Föld belsejének legnagyobb sűrűségű része?

A víz sűrűsége 21 °C-on 0,998 g/cm³.

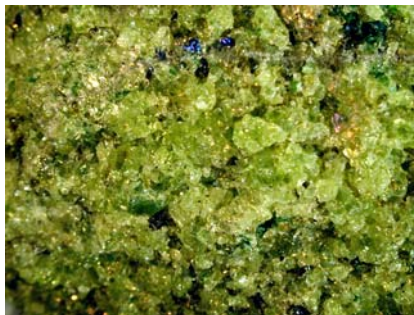
Ehhez képest mekkora a földmag és földköpeny átlagos sűrűsége?

földmag



11,0 g/cm³

földköpeny



4,5 g/cm³

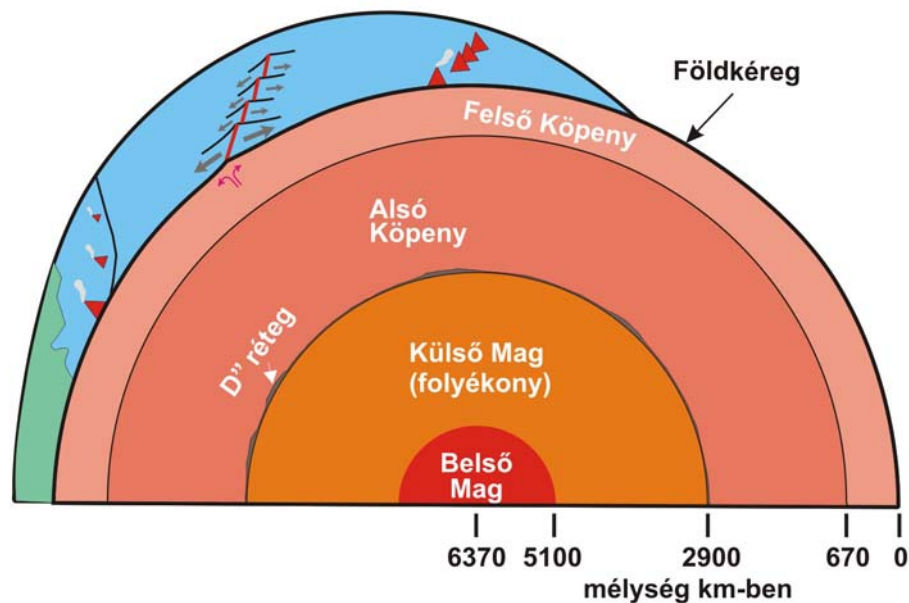
víz



0,998 g/cm³

Utazás a Föld belsejébe

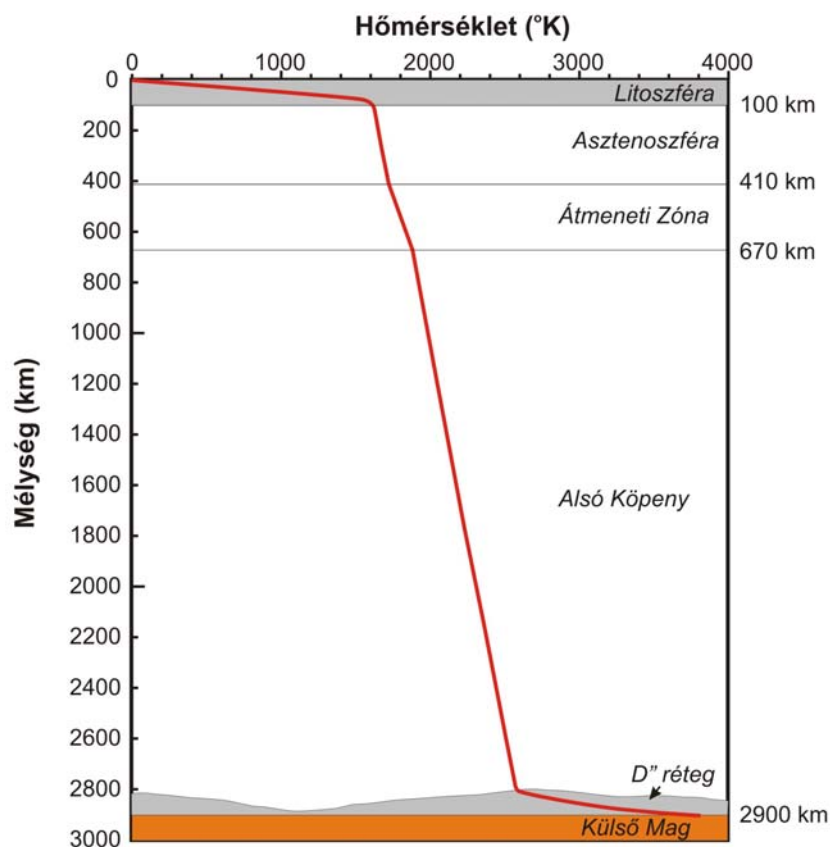
Mi mennyi?



	Vastagság (km)	Térfogat (10^{27} cm^3)	Átl. sűrűség (g/cm^3)	Tömeg (10^{24} kg)	Tömeg (%)
Atmoszféra				0.000005	0.00009
Hidroszféra	3.80	0.00137	1.03	0.00141	0.024
Földkéreg	17	0.008	2.8	0.024	0.4
Földköpeny	2883	0.899	4.5	4.016	67.2
Földmag	3471	0.175	11.0	1.936	32.4
Teljes Föld	6371	1.083	5.52	5.976	100.00

Utazás a Föld belsejébe

Mekkora a hőmérséklet a mélyben?



A hőmérséklet egyre növekszik a Föld belseje felé, azonban nem egyenletesen. A litoszférában és a földköpeny-földmag határán lévő D''-rétegben a hőmérséklet gyorsan változik (km-ként 20-30°C emelkedés) a mélység növekedésével, aminek az oka, hogy itt a hő kondukcióval, vagyis a szilárd anyagi részecskék rezgése során átadott energiával terjed. A litosféra alatti földköpenyben a hőmérséklet-emelkedés lassú (átlagosan 0,5°C/km), mivel itt a hő konvekcióval azaz anyagáramlással terjed.

Az asztenoszférában az átlagos hőmérséklet 1300°C, ez a földköpeny alsó határán, 2900 km mélységben is csak 2500°C-ra emelkedik.

A földköpeny és földmag határán 2500°C-ról közel 4000°C-ra ugrik a hőmérséklet. A Föld belső magjában 5000-5500°C uralkodik.

A Föld belső hője nagyobb részt instabil izotópok radioaktív bomlásából ered, míg kb. egyharmad része a Föld keletkezése, akkréciója során képződött. A Föld belső hője végül a földkérgen keresztül távozik. A legnagyobb hőáram az óceáni hátságok mentén tapasztalható.