

**FEDEZD FEL A FÖLD KINCSEIT!**

Vojnits András

# A hegyek és az erdők születése

**Kossuth Kiadó**

FEDEZD FEL A FÖLD KINCSEIT!

Vojnits András

A hegyek és az  
erdők születése

Kossuth Kiadó

# Tartalom

Előszó

Gaia

Amiről az óceánok mélye mesél

Vulcanus és Plutó birodalma

Amikor mozog a föld

Hegyek születnek

A hegyek családfája

Tájszobrászat

Az első erdők

Az esőerdőtől a jégvilágig

A szén-dioxid története

Kislexikon

Impresszum

# Amiről az óceánok mélye mesél

## LEMEZTEKTONIKA

„NEM OSZTOM AZT A NÉZETET, HOGY A VILÁGEGYETEM ÖRÖK TITOK MARAD ELŐTTÜNK, AMELYRŐL CSAK INTUÍCIÓNK LEHET, TELJES MÉLYSÉGBEN SOHA NEM ELEMELHETJÜK, ÉS SOHA NEM ÉRTHETJÜK MEG. SZERINTEM EZ A NÉZET NEM MÉLTÓ AHHOZ A TUDOMÁNYOS FORRADALOMHOZ, AMELY NÉGY-SZÁZ ÉVVEL EZELŐTT GALILEIVEL KEZDŐDÖTT ÉS NEWTONNAL FOLYTATÓDOTT.”

STEPHEN HAWKING  
EINSTEIN ÁLMA

Sok tekintetben a világűr távoli égitesteit jobban ismerjük, mint a Földet, amelyen élünk. Bolygónk mélyébe még nem sikerült behatolnunk, inkább csak a „héját” kapirgáljuk. Néhány kutatófúrás ugyan 15 kilométer mélyre hatolt, de ez is csak egy karcolás a 6371 kilométer sugarú Föld felszínén. Amit mégis tudunk a Föld belsejéről, az nem közvetlen vizsgálatok eredménye, hanem a földrengések kutatásának a mellékterméke, valamint a mesterséges rengéshullámokkal végzett vizsgálatok gyümölcse. A rezgéshullámok ugyanis bizonyos mélységekben, a különböző anyagokat elválasztó határfelületekről visszaverődnek, vagy áthaladva azokon, megváltozik a sebességük.

A rezgéshullámok terjedésének elemzése kimutatta, hogy Földünk gömbhéjas szerkezetű. Ez várható volt, hiszen a világegyetem

megfigyeléséből tudjuk, az anyagok a forgás és a lehűlés hatására gömbhéjakba rendeződnek.

A legfontosabb fizikai jellemzők, így a hőmérséklet, a nyomás és a sűrűség a felszíntől a Föld középpontja irányába haladva eltérő mértékben változnak. A belső hő a radioaktív anyagok (uránium, tórium stb.) bomlásából származik, és a hőmérséklet a földbelső felé természetesen növekszik, de korántsem egyenletesen. A hőmérséklet-növekedés, a geotermikus gradiens átlagos értéke a földkéreg felső részében  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , százméterenként ennyivel lesz melegebb. Az aktív, vulkanikus területeken jóval nagyobb ez az érték, az idős, nyugodt vidékeken kisebb. (A budai hévforrások vonalában százméterenként  $14^{\circ}\text{C}$ -ot emelkedik a hőmérséklet, míg a 3000 méternél mélyebb dél-afrikai bányákban sincs több  $52\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál.) Lejjebb haladva egyre alacsonyabb a hőmérséklet emelkedése. A 150 kilométer

mélyről érkező olvadék hőmérséklete nem több 1100–1200 °C-nál – ez negyede annak, amennyinek a felszín közeli geotermikus gradiens alapján lennie kellene –, a Föld közép-pontjában pedig 4500–5000 °C uralkodik, és nem a gradiens szerinti közel 200.000 Celsius-fok!

*AHOL a geotermikus gradiens rendkívül nagy, a föld repedésébe öntött vödör víz felforr, és mint gőz csap ki.*





A látszólagos ellentmondás magyarázata, hogy a felszín közelében igen gyors a lehűlés, ezért ott nagyon magas a geotermikus gradiens értéke. Tehát ha „visszafelé”, a felszínről kiindulva számolunk, hibás eredményt kapunk.

A nyomás viszont valóban egyenletesen növekszik, míg a sűrűség növekedése hirtelen változásokat mutat. Értéke éppen ott változik ugrásszerűen, ahol a rengéshullámok is az anyag változását, a gömbhéjakat elválasztó felületeket jelzik.

A hatóerők közül hajlamosak vagyunk megfeledkezni a gravitációról – talán éppen azért, mert mindig és mindenütt jelen van. Hogy Földünk „kívül és belül” olyan, amilyen, az végső soron a gravitáció műve.

A fizikai jellemzők változásai alapján a Föld belsejét négy gömbhéjra: földkéregre, földköpenyre, külső és belső magra osztjuk.

A földkéreg összetétele és vastagsága más a szárazföldek és az óceánok alatt. A szárazföldi kéreg szerkezete bonyolult. Összetétele a Föld különböző területein eltérő, de két jellegzetes rétege a legtöbb helyen kimutatható. A felső réteg szilikátokban gazdag; ezek a kéreg leggyakoribb elemeinek, a szilíciumnak (Si) és az oxigénnek ( $O_2$ ), valamint más anyagoknak egymással alkotott vegyületei. Legjellemzőbb kőzete a gránit<sup>3</sup>, fajsúlya  $2,7 \text{ g/cm}^3$ . Az alsó

---

<sup>3</sup> **Gránit:** a mélységi magmás kőzetek közül a legelterjedtebb; kiömlési párja a riolit. Szabad szemmel is könnyen felismerhető, nagy szemcséinek (= granum [latin]), kristályainak a legfontosabb összetevői a földpátok és csillámok, valamint a kvarc, amfibol és piroxén. Különböző színű lehet. Hatalmas tömbökben merevedik meg, a hegységképződés egyik legfontosabb kőzete. Felszínre kerülve, mállásakor sajátos gömbölyded formák, úgynevezett gyapjúzsákok jönnek létre. Magyarországon a Velencei-hegységben és a Mórágyi-

rétegben kevesebb a szilikátvegyület, viszont több a fém, ennek megfelelően fajsúlya nagyobb,  $3,0 \text{ g/cm}^3$ . Uralkodó kőzetéről gabbros<sup>4</sup> kéregnek is nevezik. A földkéreg átlagos vastagsága 35–40 kilométer, de ahol a nagy hegységek magasodnak, tehát nagy terheket hordoz, ennél vastagabb, 70–90 kilométer.

## *A NEPÁLI ANNAPURNA-VONULAT 8000 méter fölötti csúcsai. Bolygónk legmagasabb*

---

rögben láthatjuk. A Kárpátok (például Magas- és Alacsony-Tátra) és az Alpok kristályos vonulataiban tömeger az előfordulása.

<sup>4</sup> **Gabbros:** az óceáni kéreg egyik fő alkotója, a bazalt bázisos mélységi magmás kőzetpárja. A sötét alapszínű, leggyakrabban barnás vagy zöldesszürke kőzetben szabad szemmel is jól kivehetők a plagioklász, piroxén, amfibol és olivinkristályok. Tömböket és tömzsöket, ritkábban teléreket alkot. Ismert hazai lelőhelye Szarvaskő, továbbá előfordul az Erdélyi-középhegység déli részén és a Déli-Kárpátokban is.

*hegységét, a Himaláját a földtörténet egy gigantikus karamboljának köszönhetjük; a mai Indiának megfelelő ősi kontinenslemez az oligocén időszakban, úgy 37–25 millió évvel ezelőtt, nekiütközött Ázsiának. A hatalmas hegységtömb területén a litoszféra rendkívül vastag.*



A mindenütt azonos felépítésű óceáni kéreg ennél egyszerűbb szerkezetű. A szilikátokban dús gránitos réteg hiányzik. Fémes elegyrészekben gazdagabb és szilikátokban szegényebb anyagának a felső, bazaltos<sup>5</sup> rétege finomabb, az alsó, gabbrós rétege pedig durvább, szemcsésebb. Az óceáni kéreg vastagsága nem több 7–11 kilométernél, és legfeljebb

---

<sup>5</sup> **Bazalt:** bázisos kiömlési kőzet, amelynek mélységi párja a gabbró. Anyaga az alsó óceáni kéregből és a felső köpenyből származik. Az óceáni hátságok, valamint az egymástól távolodó lemezek szegélyén kialakuló tűzhányók sűrű, de jól folyó lávája. Hatalmas bazalttakarók (például Izland, Etióp-magasföld, Dekkán) és pajzsvulkánok (Hawaii-szigetek) felépítője. Víz alatt jellemzően párna alakban szilárdul meg. Sajátos repedései révén különösen szép alakzatok, oszlopok, úgynevezett orgonák stb. jönnek létre. Leggyakoribb ásványai a plagioklászok.

200 millió éves, míg a szárazföldi kéreg kora 3,8 milliárd év is lehet.

A földköpeny nagyjából 2900 kilométer mélységig tart. Lefelé haladva tovább csökken a szilikátos és növekszik a fémes elegyrészek, elsősorban a vas és a nikkel aránya. A külső mag vagy maghéj 1800 kilométer vastag, folyékony fémekből, döntően vasból és nikkelből áll. A külső és belső mag határa bizonytalan, 4700 és 5100 kilométer között húzódhat. Ezen belül van a Föld szilárd magja, itt a nagy nyomás következtében a vas és a nikkel szilárd halmazállapotú.

A gömbhéjakat egymástól elválasztó határfelületeket híres kutatókról nevezték el. A földkéreg alsó határa a Mohorovičić-felület, a köpenyt és a külső magot a Gutenberg-Wiechert-felület, míg a külső és a belső magot a Lehmann-felület választja el egymástól.

Az utóbbi évtizedek kutatásai bebizonyították, hogy a Föld szilárd burka vastagabb, mint azt korábban gondoltuk. A földkéreg és a köpeny legfelső, szilárd része együtt alkotják a kőzetburkot, a litoszférát (lithosz görögül követ jelent).

A litoszféra, éppen úgy, mint a földkéreg, a szárazföldek területén vastagabb, 70–100 kilométer, mint az óceánok területén, ahol átlagban 50 kilométer. A szilárd kőzetburok alatti asztenoszférában a köpeny anyaga a nagy nyomás és magas hőmérséklet hatására már izzó és képlékeny állapotban van. A 250 kilométer mélységig tartó asztenoszférán úszik, mozdul el a merev litoszféra.

### *A KŐZETEK A LITOSZFÉRA ÉPÍTŐKÖVEI*

*A szilárd kőzetburok 99 százaléka nyolc elemből, súlysúlyszázalék szerinti csökkenő*



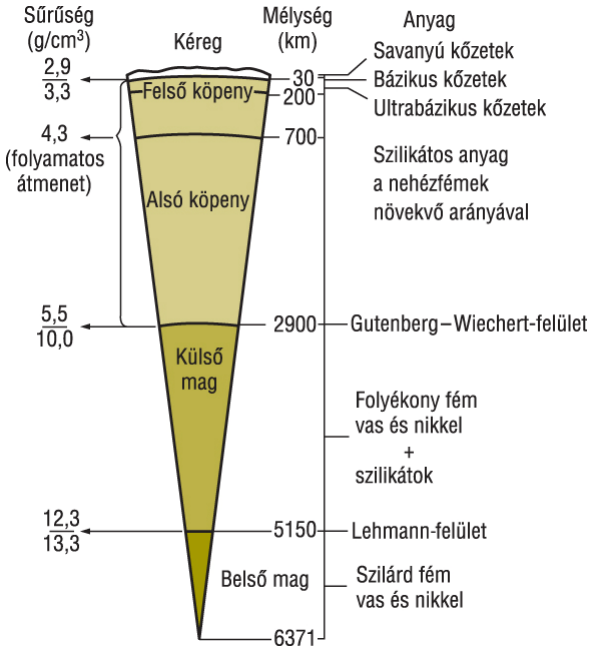
sorrendben oxigénből, szilíciumból, alumíniumból, vasból, kalciumból, nátriumból, káliumból és magnéziumból áll. Ezekből épülnek fel az ásványok, az ásványokból pedig a kőzetek. Az ásványokra jellemző a kémiai képlettel kifejezhető összetétel és a belső szerkezet rendezettsége, bár amorf ásványokat is ismerünk.

A földkérget, illetve a litoszférát felépítő kőzetek olyan szilárd anyagok, amelyek adott ásványok társulásából állnak. Keletkezésük szerint magmás, üledékes és átalakult (metamorf) kőzeteket különböztetünk meg. A magma különböző olvadáspontú szilikátok és oxidok elegye; a lehűlés körülményeitől függően különféle összetételű magmás kőzetek keletkezhetnek. A mélységi magmás kőzetek (gabbró, diorit, gránit) a felszín alatt, a vulkáni kiömlési kőzetek (bazalt, andezit, riolit) a

*felszínen szilárdulnak meg. Robbanáskor vulkáni törmelékes kőzetek keletkeznek.*

*Az üledékes kőzetek lerakódott üledékekből jönnek létre, amelyeket a szárazföldről a folyók, a szél és a jég szárazföldi vagy óceáni üledékgyűjtő medencébe hordanak. Maguk az üledékek fizikai aprózódás, kémiai mállás, majd összecementálás révén válnak kőzetté. A breccsa és a lösz a törmelékes, a mész, a gipsz, a kő- és ká-lisó a vegyi, a mészkő a szerves eredetű üledékes kőzetekhez tartozik. Végül az átalakult, metamorf kőzetek az előbbi két csoport kőzeteiből jöhetnek létre, nagy nyomás és/vagy hő hatására. Ilyenek a kristályos palák vagy a márvány, amely a közönséges mészkőből kristályosodik át.*

## *A FÖLD BELSEJÉNEK SZERKEZETE*



Az mindenki számára könnyen belátható, hogy a hegyek keletkezése, a vulkanizmus, a földrengés és a többi, a földkéregben és annak felületén lejátszódó folyamat valamiképpen összefügg egymással. Mégis, a geológusok hosszú ideig nem találtak olyan elméletet, amely minden említett, a földfelszín alakító változást megmagyarázott volna. Ez persze nem meglepő, mert az óceánok aljzatát csak a 20. század második felében kezdte megismeri a tudomány – és kiderült, hogy a hegységképződés kulcsát éppen ott, az óceáni mélységekben kell keresni.

A technikai fejlődés a második világháború után érte el azt a szintet, hogy egyáltalán megindulhatott az óceánfenék részletes feltérképezése. Ne felejtsük: a szárazföldek fehér foltjai már réges-régen eltűntek, amikor a földfelszín több mint kétharmada még terra

incognita, ismeretlen terület volt. Nyilvánvalóvá vált, hogy óriási kiterjedésű, lankás hátságrendszerek terpeszkednek az óceán aljzatán: ezek összes hossza eléri a 80.000 kilométert! A hátságok tengelyében hasadék tátong, amelyen keresztül kőzetolvadék, magma<sup>6</sup> buggyan a felszínre – pontosabban az óceánfenékre. A hideg tengervíz hűtő hatása jelentős, ezért az olvadék gyorsan lehűl, megdermed, és mintegy hozzáforr a szilárd kőzetekhez; így keletkezik az óceáni kéreg felső, bazaltos rétege.

## *LÁVA borította tengerpart*

---

<sup>6</sup> **Magma:** a földkéreg és a földköpeny felszín alatt elhelyezkedő, izzó, legalább 1200°C hőmérsékletű olvadéka. Lehűlése során, a hőmérséklettől függő sorrendben különböző ásványok és ásványtársulások válnak ki, melyek kőzeteket építenek fel.



Mivel a folyós anyag utánpótlása folyamatos, a felnyomakodó és megszilárduló bazalt szétfe-szíti az óceánok aljzatát, és a hasadékok men-tén az óceánfenék szemben lévő darabjai eltá-volodnak egymástól. Sebességük néhány cen-timéter évente, ami csak látszólag csigalassú-ságú, hiszen évmilliókkal kell számolnunk. Ha ez valóban így van, akkor Földünk vagy fo-lyamatosan növekszik, mint egy felfújtt lég-gömb – bármilyen hihetetlen, korábban voltak ilyen elméletek –, vagy még valami másnak is történnie kell. Erre a kérdésre az óceánperemi földrengések adták meg a választ; a sajátosan terjedő rengéshullámok árulták el, mi történik a mélyben. Az óceáni hátságok mentén szüle-tő kéreg, amely mint egy gigantikus futószalag halad a hasadékokkal ellenkező irányba, a mélytengeri árkok vonalában, az úgynevezett alábukási vagy szubdukciós zónában a mélybe

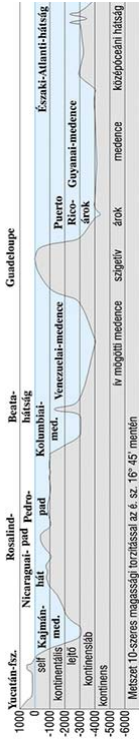
bukik, és fokozatosan beleolvad az asztenoszférába, miközben a kéregmozgások földrengéseket váltanak ki.

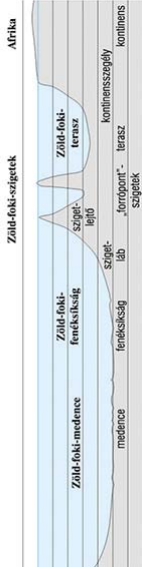
*EGY FEJLŐDŐ ÓCEÁNI MEDENCE  
METSZETE*





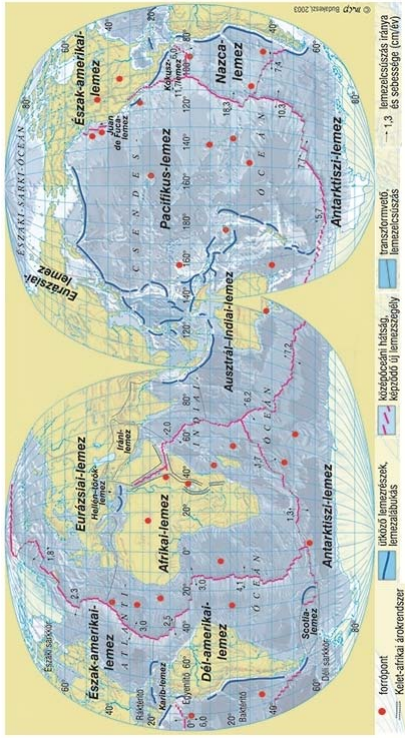
Magassági torzítás nélküli metszetet az északi szélesség. 16° 45' mentén, a térkép aljának vonalában





Az új elmélet fényében dinamikus bolygónk állandóan változik, megújul. A szerkezeti változás, mozgás – a Föld tektonikája – a kőzetlemezek mozgásának függvénye, ezért magát az elméletet is lemeztektonikának nevezték el. De nem minden kutató fogadta el az elméletet, vannak, akik a földkéreg változásaira más magyarázatot keresnek.

## *A JELENTŐSEBB LITOSZFÉRA LEME- ZEK*



*A KONTINENSVÁNDORLÁS ELMÉLETE, amelyet Alfred Wegener dolgozott ki, a lemeztektonikai elmélet előfutára volt. Az egyre jobb térképek tanulmányozása során feltűnt, hogy egyes szemben álló partok, így Dél-Amerika keleti és Afrika nyugati partvonala, vagy India és Kelet-Afrika partvidéke mint valami óriási kirakós játékban, meglehetősen pontossággal egymásba illeszthetők. Wegener ezt a kontinensek szétsodródásával magyarázta. Úgy gondolta, hogy valamikor minden kontinens egyetlen hatalmas szárazulatot alkotott. Ő nevezte el ezt az őskontinenst Pangeának, Összföldnek. Több mindenben igaza volt, például kimutatta, hogy az említett, egymással szemben levő tengerpartok közetei azonosak, de azt nem tudta megmagyarázni, mi mozgatja a kontinenseket. Sok kritikus viszont Wegenernek*

*éppen azokat a megállapításait tartotta koholmányoknak, amelyek a későbbiekben bizonyítást nyertek.*

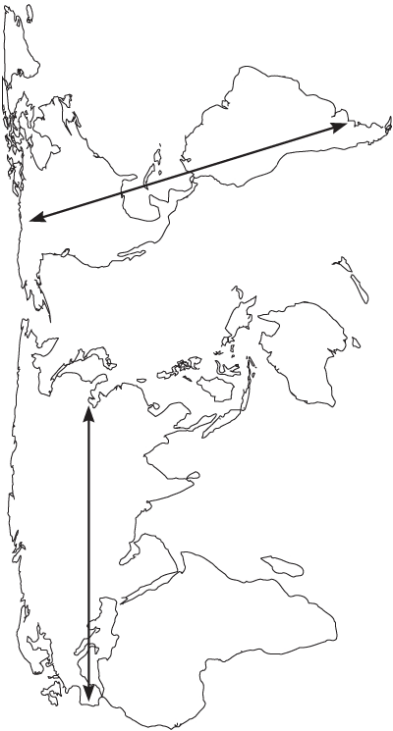
„[WEGENER] A FÖLDTÖRTÉNELMI TÁVLATOKAT NEM ISMERI; S A LEGFONTOSABB ADATOKAT IS LEGFELJEBB CSAK MEGTANULTA, DE LÉNYEGÜKBEN ÁT NEM ÉRTETTE. ENNEK ÉKES BIZONYSÁGA MAGA A KIINDULÓPONT: AZ ÖSSZES FÖLDSÉGEK EGY HALOMBA TÖMÖRÜLÉSE. NINCSEK KÖNNYEBB, MINT A FÖLDTANI ADATOKBÓL KIMUTATNI, HOGY ILYEN HELYZETKÉP A FÖLDGÖMBÖN SOHASEM VOLT, SŐT NEM IS LEHETETT. ELLENKEZIK EZ AZ ÓCEÁNI MEDENCÉKNEK MA MÁR BIZONYOSABBÁ VÁLT ŐSISÉGÉVEL IS.”

GAÁL ISTVÁN  
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KOHOL-  
MÁNYOK

A Föld felszínét hét nagy és több kisebb lemezre osztjuk. Az Afrikai-, Antarktisz-, Csendes-óceáni- vagy Pacifikus-, Dél-amerikai-, Eurázsiai-, Észak-amerikai- és Eurázsiai-lemez óriási kiterjedésű, míg például az Arab-, Fülöp-szigeteki-, Karibi-, Nazca-lemez jóval kisebb. Vannak köztük olyanok, amelyek csak óceáni területet hordoznak – ilyen a Csendes-óceáni- és a Nazca-lemez –, mások óceáni és szárazföldi területeket is, mint például az Afrikai-lemez. A lemezhatárok az óceánközepi hátságok, mélytengeri árkok és hegyvidékek mentén húzódnak. Sebességük változó. Az Atlanti-óceán északi részén a távolodás lassú, évi 2-3 centiméter. A Csendes-óceáni- és a Nazca-lemez ennél jóval gyorsabban, 17-18 cm/év sebességgel távolodnak egymástól, miközben a Nazca-lemez és a Dél-amerikai-lemez közeledése 10-11 cm/év.

*A SZÁRAZFÖLDEK HELYZETE hatással volt a civilizációk kialakulására is. A földtörténeti közelmúltban Eurázsia tengelyében hasonló éghajlati zónák húzódtak végig, ami elősegítette a gabonanövények elterjedését. A két Amerikában éppen ellenkező volt a helyzet.*





A kőzetlemezek szegélyei egymáshoz képest különböző helyzetűek lehetnek. A távolodó lemezszegek az óceánközepi hátságok területére jellemzők, ahol a lemezek egymáshoz képest ellentétes irányban mozognak. A hátságokat nagyjából kelet–nyugati irányú haránttörések szabdalják fel, hiszen a bolygó gömbölyű felszínén nem futhatnak végig egyenesen.

A Vörös-tenger alatt is ilyen hátság húzódik, mely a Kelet-afrikai-árok felé veszi irányát. Valójában egy új óceán van születőben, és ennek következtében Afrika a távoli jövőben kettéhasad. Nem fog jobban járni Izland sem, amelyet az Atlanti-hátság szel ketté.

*A KELET-AFRIKAI-ÁROK napjainkban is változik, mélyül és szélesedik, és az árokszegek egyre távolabb kerülnek egymástól. Szerencsére mind a*

*maszájoknak, mind pedig Kelet-Afrika páratlan állatvilágának van még néhány millió éve, hogy felkészüljön a változásokra. Akkor is, ha ezek a földtörténet időszámítása szerint rendkívül gyorsan zajlanak.*



A pusztuló, fölemésztődő lemezszegélyek a mélytengeri árkok vonalában alakulnak ki, ahol a kőzetlemezek ütköznek egymással, és a nagyobb sűrűségű, de vékonyabb óceáni lemez a könnyebb, de vastagabb szárazföldi lemez alá bukik. Az árkokban törmelékszemcsék is felhalmozódnak. A tengeri üledéket az óceáni lemez szállítja – a szállítószalag példával már találkoztunk –, a többi a közeli szárazföldekről kerül a mélybe.

A harmadik lehetőség, hogy a kőzetlemezek egymás mellett elcsúsznak, elnyíródnak. Ez ritkán történik meg, de ha mégis, azt földrengések sorozata jelzi, mint a Szent András-vonal mentén, ahol az Északamerikai-lemez délnyugati része csúszik meg.

A talpunk alatti kőzetburok tehát nemcsak hogy vékony, hanem folyamatos változásban van. A litoszféra állandóan keletkezik és pusztul.

tul, a kőzetlemezek kiterjedése változik, és a lemezek mozgása miatt változik a szárazföldek elhelyezkedése is. Ezek a változások ugyan egy emberöltőhöz képest olyan lassúak, hogy észre sem vesszük őket, de a Föld történetével foglalkozó geológus számára csak pillanatfelvétel a földfelszín mai képe.

„IZLANDON A GEOLÓGUSOK VÍZBE MERÜLÉS NÉLKÜL TANULMÁNYOZHATJÁK A HÁTSÁGOKAT. EZ A SKAFTER-HASADÉK AZ 1783-BAN SZÉTNYÍLT 27 KILOMÉTER HOSSZÚ ÁROK RÉSZÉRE. AKKOR NYOLC HÓNAP ALATT 13 KÖBKILOMÉTER LÁVÁT BOCSÁTOTT KI. A POR ÉS A GÁZ AZ IZLANDI [HÁZI]ÁLLATOK 75 SZÁZALÉKÁT MEGÖLTTE, ÉS 10.000 IZLANDI HALT MEG AZ EMIAATT KIALAKULT ÉHÍNSÉGBEN.”

SUSANNA VAN ROSE  
TŰZHÁNYÓK

A Föld belső erői sosem nyugszanak. Szünet nélkül alakítják a földfelszínt, bár a változások legtöbbször olyan lassúak, hogy tudomást sem veszünk róla. Időről időre azonban bolygónk belseje látványosan adja tudtunkra, hogy talpunk alatt nem is olyan mélyen a pokol földi mása kavargat. Amikor az izzó, megolvadt kőzet a felszínre tör, nehéz nem tudomást venni a változásokról, hiszen miután maga körül mindent szétrombolt és felperzsel, lehűlve és megszilárdulva hegyeket épít fel és átalakítja a tájat. Máskor forró port és sziklákat dob az iszonyatos belső erő a magasba, gáz- és gőzfelhők törnek elő a mélyből, és parázsló hamut sodor a perzselő szélvihar.

Mind a felszíni vulkánosság, mind pedig a mélységi plutonizmus a magma mozgására vezethető vissza. Az izzó, folyékony vagy csak képlékeny szilikátolvadékok a belső nyomás

hatására felfelé törekednek. Ha nem érik el a felszínt, hanem a kéregben megrekednek, mélységi magmás kőzetek<sup>7</sup> keletkeznek. Ezek lassan hűlnek le, ezért bennük szabad szemmel is látható, nagy kristályok jönnek létre. A mélységi magmás kőzetek, a gránit és a gabbró a földkéreg felépítésében nagy szerepet játszanak. A kérget áttörő, a felszínre ömlő magma, a láva – érintkezve a levegővel – gyorsan hűl le, és kristályai aprók lesznek. A képződő kőzet szoros kapcsolatban áll a magmafajtákkal, tehát más lávakőzet jön létre a gránitból, és más a gabbróból. Az áttörés

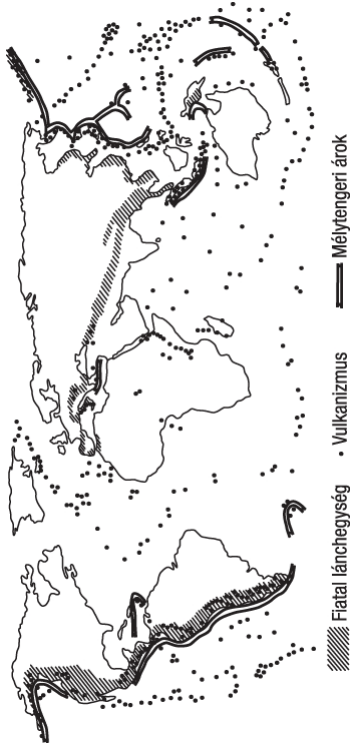
---

<sup>7</sup> **Törmelékkőzet**, breccsa: 2 milliméternél nagyobb, szögletes törmelékszemcsékből összecementálódott üledékes kőzet. Köötőanyagai közül különösen gyakori az agyag, a kova és a mészkő. Általában keletkezési helyén marad vagy attól csak kis távolságra kerül el.



helyén vulkán képződik, melynek alakja a láva típusától, anyagától és képlékenységétől függ.

*A MÉLYTENGERI ÁRKOK, a fiatal lánc-  
hegységek és a negyedidőszaki, valamint jelenkori  
vulkánosság.*



Bár a legtöbb tűzhányó tengerparton vagy annak közelében található, a vulkánok elhelyezkedésének lemeztektonikai magyarázata szerint megjelenésük a lemezhatárokhoz kötődik, a magma ezek mentén jut a felszínre. A felszínre jutó magma 80 százaléka távolodó lemezszegélyeknél, az óceánközepi hátságok mentén tör fel. Nagy mélységekből, az asztenoszférából érkezik, ezért igen magas, 1100–1200 °C hőmérsékletű. Sok fémet, és aránylag kevesebb szilícium-dioxidot tartalmaz. Ilyen mélységi magmás kőzet a gabbró, kiömlési párja pedig a bazalt. Az óceán mélyén párnalávák – a név magáért beszél –, a felszínen a higan folyó bazaltból pajzsvulkánok (Hawaii-szigetek) és bazaltfennsíkok (Dekkán) jönnek létre.

Közeledő, felemésztődő lemezszegélyeknél a tűzhányók anyaga a mélytengeri árkoknál

alábukó és megolvadó lemezekből származik. Hőmérséklete alacsonyabb, 800–900 °C. A lebukó lemezek sok vízdús tengeri üledéket is magukkal visznek, ez megnöveli a magma nyomását és gáztartalmát.

A szárazföldi kőzetlemez repedésein feltörekvő magma szilikátos kőzeteket olvaszt magába, ezért világosabb színű, kevesebb fémet és több szilícium-dioxidot tartalmaz. Ha a  $\text{SiO}_2$  tartalom 52–65 százalék közötti, a magma semleges kémhatású; ilyen mélységi magmás kőzet a diorit<sup>8</sup> és kiömlési párja, az andezit<sup>9</sup>. A savanyú vulkáni kőzetek  $\text{SiO}_2$  tartalma

---

<sup>8</sup> **Diorit:** szürke vagy zöldesszürke, semleges kémhatású mélységi magmás kőzet, a kiömlési kőzet andezit mélységi párja. Ásványai közül gyakoriak a plagioklászok, az amfibol és a biotit. Magyarországon a Bükkben található.

<sup>9</sup> **Andezit:** rendkívül elterjedt, semleges vegyhatású kiömlési kőzet. Ásványi összetevői közül kiemelkednek

több mint 65 százalék, ilyen a gránit és kiömlési párja, a riolit<sup>10</sup>. A kifolyó lávák sűrűbbek, a vulkáni kúpok meredekek. Gyakoriak a robbanásos kitörések, a kiszórt törmelékből tufa képződik. A rétegvulkánok váltakozva épülnek fel andezitlávából és tufából (Fudzsi, Vezúv), míg a dagadókúpok savanyú lávából

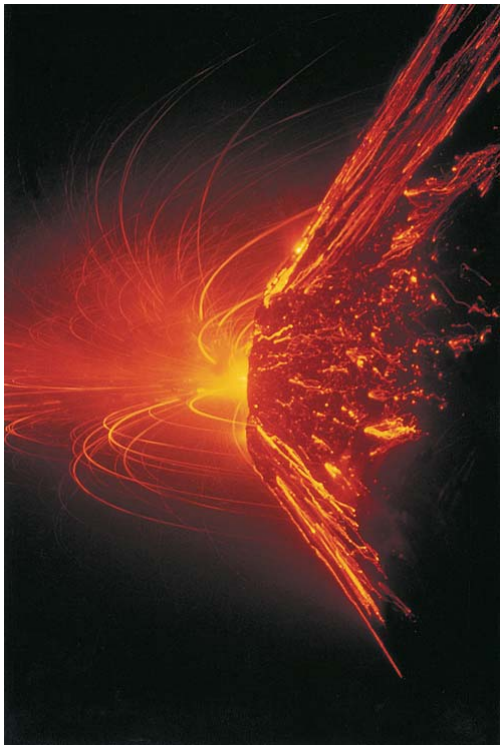
---

a plagioklászok (földpátok), a biotit (csillámok), az amfibolok és a piroxén. Általában szürke vagy vörösbarna, de lehet fekete és zöld is. Leginkább fiatal lánc-hegységek és tűzhányók közete. Legtömegesebb az Andokban, ahonnan a nevét is kapta. Európában gyakori a Kárpátok koszorújában (Visegrádi-hegység, Börzsöny, Cserhát, Mátra, Selmeci-, Körmöci-, Eperjes-Tokaji-hegység, Vihorlát, Gutin, Kelemen- és Görgényi-havasok, Hargita), de a Vezúvot is ez építi fel.

<sup>10</sup> **Riolit:** a mélységi magmás kőzet gránit kiömlési párja. Savanyú, viszkózus, alig folyós lávája dagadókúpokat épít fel. Az Eperjes-Tokaji-hegységben és a felvidéki Vihorlátban elterjedt.

állnak és gyorsan megszilárdulnak. Ezekhez kapcsolódnak a legpusztítóbb vulkánkitörések; a kráternyílást elzárja a dagadó kúp, és a felgyülemelő gázok és gőzök felrobbantják a lávadugót.

*AZ ARENAL-VULKÁN KITÖRÉSE Dél-Amerikában. Ha a magma útját elzáró kéreg szerkezete nem különösebben szilárd, és folyamatos a forró anyag utánpótlása, a láva a felszínre tör. A felszín közelében a külső nyomás csökken, ezért a magmában levő gázok felszabadulnak. A kémiai reakciók növelik a hőmérsékletet és az anyag feszültségét, energiáját, olyannyira, hogy akár több kilométer vastag kőzetréteg áttörésére is képes lesz. Ebből a szempontból különösen kedvezők a Föld töréses övezetei, elsősorban ott, ahol a kéregdarabok közti húzó igénybevétel szinte kitarja a kaput a magma előtt*



Találunk tűzhányókat a kőzetlemezek belső területén, a szegélyektől távol is. Ezek kialakulását a forró pontokkal magyarázzák; a feláramló magma mintegy lyukat éget az elkeskenyedő kőzetburokba. A kőzetlemez halad a forró pont felett, és új vulkán keletkezik, míg az előző helyen megszűnik a vulkáni működés.

### *NEMCSAK A FÖLDÖN VANNAK VULKÁNOK*

*Az űrkutatók bebizonyították, hogy a vulkáni tevékenység Naprendszerünk legfontosabb geológiai folyamatai közé tartozik. Számos bolygó és hold felszínén vannak kráterek, de ezek egy része meteoritok becsapódásából származik. A Holdon, a Marson és Vénuszon azonban valóban vannak vulkánok, és a tudósok arra a következtetésre jutottak, hogy az utóbbin*



*még ma is működnek. Mivel a Vénusz sűrű atmoszférába burkolózik, a Magellán szonda radar segítségével készített képeket a felszínéről. A felvételeken a becsapódások kráterei mellett óriási vulkánok rajzolódnak ki. A Jupiter egyik holdján, az Ión is látszanak a működő vulkánok. A Voyager szondák 8 vulkánt működés közben „értek tetten”, és lefényképeztek 200 kalderát. Ezek némelyikében lávató sejlik fel. Az univerzumban eddig talált legnagyobb vulkán itt van a szomszédban; a Mars kihunyt tűzhányója, a 25 kilométer magas Olympus Mons átmérője 600 kilométer.*