

CSICSAY ALAJOS

FOLYAMATOS FEJLŐDÉS VAGY TÖBBSZÖRI ÚJRAKEZDŐDÉSEK

Paleontológusok szerint a Földön mintegy négy milliárd évvel ezelőtt keletkezett az élet. De kérdés, milyen bizonyítékok szolgálnak erre. Azt mondják, a kövületek. Csakhogy az első élőlények még nagyon primitívek voltak. A parányi *archeáknak*, *cianobaktériumoknak*, általában az ősi egysejtűeknek, melyek mintegy kétmilliárd évig uralták a Földet, még nem volt olyan a testfelépítésük, ami megkövesedhetett volna. Vagy talán mégis? Hát akkor miből alakultak volna ki a *sztramatolitok*?

E tétova elmélkedés azok számára tűnhet ellentmondásosnak, akik nem tanulták (meg), vagy már rég elfelejtették, mit jelentenek az *anaerob*, az *aerob*, a *kemotrófia*, az *autotrófia*, a *heterotrófia* stb. fogalmak. Az interneten részletes leírásokat találhatunk róluk, de összefüggéseikben már sajnos nem annyira. Közben meg kell jegyezni, hogy mi, a ma élő emberek, hajlamosak vagyunk arra, hogy mindent, ami valaha létezett, olyannak lássunk (képzeljünk el), amilyenné mára, a szinte felfoghatatlan évmilliárdok folyamán kialakult. Így magát a földfelszínt is nehezen tudjuk elgondolni másnak, mint amilyennek látjuk. Pedig azt már biztosan mindenki tudja, hogy kezdetben teljesen különbözött a maitól. Ez annyira közismert dolog, hogy szinte fölösleges rá pazarolni a szót. Végére már közel fél évszázad óta tanulják az alapiskolás gyerekek is. Jobban mondva tantervi tananyagá tette számukra az akkori legfelső tanügyi hivatal. Nem lett volna ezzel semmi baj, ha a megtanulandókat – nemcsak ebből a témából – minden felkészítés nélkül, mint tengernyi hideg vizet nem zúdítták egyszerre a nyakukba. Nem tudom, ma is használják-e még a pozsonyi Szlovák Pedagógiai Kiadó 1983-ban, a 8. osztályos tanulók számára kiadott *Természetrájk* című tankönyvet. Ami azonkívül, hogy a világegyetem, a naprendszer, a földkéreg kialakulásának, felépítésének, fejlődésének, a földkéregnek az aprólékos leírását tartalmazza, részletekbe menően foglalkozik a kristálytannal, az ásványtannal, kőzettannal meg a bányászattal. Továbbá a geológiai tényezőkkel, a talajtannal, a földkéreg és az élet fejlődésével a Földön, s így persze a földtörténeti koroknak és korszakoknak nem csupán a bemutatásával, hanem azzal is, melyeknek az ideje alatt milyen kéregmozgások mentek végbe, és korszakonként milyen élő fajok váltották egymást a vizekben és a szárazföldi lemezekben. Talán mondanom sem kell, hogy ezt az alapiskolásoknak szánt összevetyesített és túlkomplikált, ábrákkal illusztrált tankönyvi szöveg- és adathalmazt cseh egyetemi professzorok, docensek, a szakterületeik kutatói, tudományaik kandidátusai és doktorai „szerzték”. A szövegeiket előbb csehből szlovák nyelvre, majd szlovákból magyarra, ugyancsak kiváló szaktekintélyek ültették át. Aki Csehszlovákiában a múlt század 80-90-es éveiben valamelyik főiskolán biológia szakos tanárnak készült, ebből, a 14 éves gyerekeknek írt tankönyvből, bátran felkészülhetett a vizsgáira. Megjegyzem, nem ez lett az egyedüli elrettentő példa arra, hogy néhány évtized alatt milyen magas színvonalra „züllesztették” nálunk az általános iskolai oktatást. Szinte mindent, amit a tudományokban frissen fölfedeztek, sietve „tantárgyasítottak”. Mondjam ki nyíltan, megtaníthatatlanná tették. Sosem gondoltam volna, hogy majdan, ismeretterjesztő íróként, aggasztóan koromban veszem hasznát annak, amit hajdan, vért izzadva igyekeztem megértetni



| Fotó: <https://www.nhm.ac.uk>

a rám bízott nebulókkal. Ma is arra törekszem, amire annak idején, hogy egy-egy témát, témakört és a velük kapcsolatos dolgokat (fogalmakat, tényeket) egymással összefüggésben próbáljam meglátni, láttatni, értelmez(tet)ni és elfogad(tat)ni, kissé leegyszerűsítve, közérthetővé tenni, diákok helyett most már az olvasókkal.

Hogy a Gaia ruhájára, azaz a bioszférára vonatkozó elmékedéseimben miért térek ki mégis a geológiára, erre hadd válaszoljon meg helyettem *Andrew H. Knoll* (1951–), a neves amerikai geológus, aki *A Föld rövid története* című könyvében (Open Books Kiadó, 2021) a következőket írja: „Föld nem pusztán passzív színtere a dinamikusan változó populációk evolúciójának, hanem maga is legalább annyira dinamikus, mint a rajta élő populációk. A környezet folyamatosan változik a lokális és pillanatnyi ingadozástól a hosszú távú globális átalakulásig terjedő skálán. Amikor pedig a környezet hirtelen megváltozása rövid ideig tartó heves megrázkódtatásnak teszi ki a lakóit, előfordulhat, hogy teljes fajok, sőt ökológiai rendszerek is összeomlanak.”

Ezelőtt pár évtizeddel még azt tanítottuk, hogy amióta kialakult az élet, illetve azóta, hogy a vizekben és a szárazföldön elterjedt, folyamatosan fejlődik. Voltak fajok, amelyek kihaltak, és az életterüket mások, fejlettebbek népesítették be. S ezeknek nem volt más gondjuk, minthogy alkalmazkodjanak a környezetükhöz. Folyvást küzdenek önmaguk, azaz egyedeik és fajok fennmaradásáért. (Erről szól az evolúció). Vagyis arról, hogy a létért való küzdelemben minden élő faj megtalálja a maga helyét, képessé váljon beépülni valamelyik táplálékláncba, illetve abba az ökoszisztémába, amelyikben élni szeretne. A kutatók és mi, a természet törvényeit tiszteletben tartó emberek úgy képzeltük, hogy az élet az egyszerűtől a bonyolult testfelépítésűekig szakadatlanul felfelé ível. A földtörténeti korokat és korszakokat pedig az jellemzi, hogy újabb és újabb fajok jöttek létre, s a régebbiek a létért való küzdelemben nem bírták velük a versenyt, ezért alulmaradtak és végül kipusztultak.

A középiskolában tanultuk, és Benedek István is azt írja *A tudás útja* című könyvében, hogy *Georges Cuvier* (1769–1832) francia őslénykutató, polihisztor valamikor a 18. században kidolgozott egy katasztrófaelméletet, amit a korabeli tudósok nem fogadtak el. Sőt *Jean-Baptiste Lamarck* (1744–1829), Darwin evolúciós elméletének előfutára és *Charles Lyell* (1797–1875) is, aki az élővilág fejlődésében „világrengető katasztrófák” helyett, a folyamatos apró változásokat tartották döntő bizonyítéknak. Benedek István még mindazokat a személyeket is felsorolja, akik amatőr gyűjtőgétekből váltak a földtan és az őslénytan (paleontológia) kiváló tudósaivá. Meglátása szerint *Lyell* munkásságának köszönhetően alakították ki a máig érvényes földtörténeti időskálát. Idézi: „*Lyell* kalapácsütései nyomán a spekulatív földtanból empirikus tudomány lett, amelyben csak olyan kérdések tehetőek fel, amelyekre a tapasztalás válaszol.” (269. o.) A tapasztalás viszont azt jelenti, hogy a kutatók egyre több bizonyítható tényrt tárnak fel és tesznek közzé. Például az őslénykutatók az utóbbi 150 év alatt rengeteg őshüllő-maradványt találtak. Nem véletlen, hogy már az 1800-as évek közepén feltűnt nekik, hogy úgy 65 millió évvel ezelőtt, a mintegy 186 millió évig tartó *mezozoikumot* (*triász, jura, kréta* időszakot) uraló dinoszauruszok kövületei, mintha hirtelen eltűntek volna a földkéreg krétakorszak után lerakodott üledékekből. Feltették hát a kérdést, vajon mi lehetett az oka, hogy ezek a fantasztikusan nagy testű állatok egy csapásra kipusztultak. Persze nemcsak az őshüllő-kutatók tapasztalták e nagymérvű kihalást, hanem más szakterületek tudósa is. Pontosabban azt, hogy a *mezozoikum* és a *kainozoikum* (régebbi felosztás szerint másod- és a harmad+negyedkor) határán az élővilágban igen nagy szakadás állt be, s aztán csakhamar (néhány millió év „lepergése” alatt) kialakultak a mai mintázatok – elődei.

Hadd ne soroljam fel, hogy eddig milyen sokféle elmélet született a dinoszauruszok hirtelen eltűnésének okáról, aminek igazáról a különféle hipotézisek megalkotói mindmáig vitatkoznak egymással. Legelfogadhatóbbnak tartják *Luis Alvarez* fizikus és fia, *Walter Alvarez* geológus által 1980-ban közreadott tényrt, a mexikói Yucatán-félszigeten történt 170 km átmérőjű aszteroida becsapódásáról. Később, amikor már egyre komolyabban vették e katasztrófát, behatóbban kezdtek foglalkozni a nagy élőlénykihalásokkal, melyek a Föld történetében többször is előfordultak. Sokan úgy vélték, ezeket mind rendkívüli óriásmeteorok, esetleg a Földet ostromló meteoritrajok záporai okozhatták. Csakhogy az ilyen „életbevágó” dolgok felett nem lehet meggondolatlanul odavetett elképzelésekkel átsiklani. Emlékezhetünk rá, mekkora bonyodalmakat okozott valamikor annak eldöntése, hogy a Föld lapos-e vagy gömbölyű, ráadásul olyan valami, amelyik évente egyszer megkerüli a Napot, miközben a saját tengelye körül is forog. Akik ezeket állítani merték, sőt bizonyítani is, azok az életükkel játszottak. De hol van már az az idő! Azért ne legyünk benne annyira biztosak, hogy már nem kísért. Mindenesetre a Föld mibenléte körül zajló hajdani vitákat most, ha lehet, felejtjük el! Inkább nézzük meg közelebbről, mik a titkai annak, hogy mi emberek sok száz millió élő fajjal együtt képesek voltunk és vagyunk megkapaszkodni rajta? Ne vegye tőlem zokon senki, hogy az összes fizikai, kémiai, biológiai feltélt nem sorolom fel, amire nem én, egyszerű öreg pedagógus, de talán egyedül senki emberfia sem lenne képes a világon.

Ámulatba ejtő, hogy már ösidők óta ismertek elődeink bizonyos ásványokat, belőlük fémeket tudtak kinyerni, melyeket mindenképp előttem egymás gyilkolászására használtak, azaz használnak fel még ma is. És úgy mellékesen élelmet is tudtak velük szerezni, s aztán még termelni is. Ma pedig már csak úgy tudunk létezni, hogy mint megveszekedett vérszívók, még a lelket is kiássuk, és kipumpáljuk a Föld kérégből. Egyelőre sajnos nincs más lehetőségünk. Ami viszont fölöttébb meglepő, hogy a geológia és a paleontológia a 20. században váltak igazi tudományokká. Hogy a Földnek nem csupán kérge van, hanem belső rétegződése, azaz valamiféle szerkezete, arra már a 19. század első felében is rájöttek a kutatók. Mi, akik a 20. század közepén voltunk közép- és főiskolai diákok, már azt tanultuk, hogy a Földnek létezik csupa nehéz fémekből álló magja, amit izzón folyó köpeny vesz körül, és fölötté aránylag vékony, szilárd, darabokra tört külső kéreg úszik, akárcsak téli vizeken a jéglemezek. Ráadásul ezeket a táblákat is lemezeknek nevezték el, amelyek mintegy 3 milliárd éve alakultak ki, és azóta további darabokra törve, lassan sodródnak ide-oda, majd itt-ott egymásnak ütközve, akárcsak a jégtorlaszok felgyülemlelnek, letarolódnak, széthordódnak, lesüllyednek és újból kiemelkednek, miáltal igencsak egyenetlenné tették, illetve folyamatosan teszik a Föld felületét. Ez eléggé szemléletes kép, amiből aránylag „könnyű volt” a mai kutatóknak kiindulni, és rá alapozva újabb felfedezéseket tenniük. Hosszú lenne felsorolni, hogy ki mivel járult hozzá ebbéli mai ismereteinkhez, ám egyet közülük, úgy érzem, mindenképp meg kell említenem. *Inge Lehmann*, a tisztes kort megért

(1888–1993) dán *szeizmológus* és *geofizikus*, aki 1929-ben, Új Zélandon észlelt irdatlan földrengés adatait tanulmányozva rájött, hogy a föld magjának két rétege kell, hogy legyen. Ehhez a fent említett *Andrew H. Knoll* a 2021-ben megjelent könyvében hozzát teszi: „A külső mag mozgása dinamiként működik, ez hozza létre a Föld mágneses terét.” A Föld mágneses terének (mezőinek) létezését már a 18. században felismerték, csak az okára jöttek rá vagy 200 esztendővel később. Tessék e dolgokat tovább gondolni, s akkor ki-ki a maga ismeretei alapján messzemenő következtetéseket vonhat le belőlük. Például egyes vonuló madarak nyílt tengeren való éjszakai tájékozódására vonatkozóan, vagy akár arra is, hogy a saját szervezetünk anélkül, hogy a tudományok behatóbban foglalkoznának vele, az időjárási frontokon kívül mi minden más fizikai jelenségeknek van kitéve, kénytelen rájuk reagálni, jöjjenek azok a messzi univerzumból vagy a geoszféra bármelyikéből. No, de azért túl messzire (mélyre) talán mégse kalandozzunk el. Bízunk ezeket a velük foglalkozó kutatókra!

Maradjunk abban, hogy a legújabb földtörténeti időskála 4544 millió évvel ezelőtti időig megy vissza. Mindazonáltal az időintervallumok táblázata *Lyell* óta alig változott valamit. Miként a kezdetleges élőlények sem a paleozoikum első időszakáig, a kambriumig, azaz 541 millió évvel előtti időig. Tehát nagyjából fél milliárd év kellett ahhoz, hogy a mai életformák kialakuljanak. És még valami. Öt óriási méretű kihalás, amelyek közül az első, a perm időszak végén, 359 millió évvel ezelőtt játszódott le. Ekkor a 180 millió éven át sokasodó élő fajoknak kb. 90%-a kipusztult. Köztük a karbon időszakot (60 millió éven át) uraló trilobiták (háromkarjú rákok), valamint (számunkra ez a lényegesebb), az addigi őserdőket képező fás szárú hatalmasra nőtt páfrányok, zsurlók és korpafüvek ősei. Ezekből és az előttük, valamint az utánuk élt szervezetekből jöttek létre azok a fossziliák, amelyek a mai emberi társadalmak nélkülözhetetlen gazdasági erőforrása. Ezek nélkül nem tudna működni semmilyen ipari és mezőgazdasági termelés, áruszállítás, de vízi, szárazföldi és légi közlekedés sem. Közben állandóan kong a vészharang. Vigyázat, emberek! Amit műveltek, szinte belátható időn belül a veszteteket fogja okozni. Nem annyira a fosszilis erőforrások kimerülése, hanem azoknak az elégetése (oxidálása) révén felszabaduló gázok, melyekkel tönkreteszitek a bioszférát, így az önmagotkat is védő sztratoszférát, illetve a levegőburok összetételét, ami csodával határos módon máig kialakult. Hogy miként jött létre a Föld mai légkörének a szerkezete, főként az oxigén, a nitrogén, a szén-dioxid és ozon (O₃) szigorú aránya? Ez is iskolai tananyag már. Meg persze az is, hogy az utóbbi évtizedek folyamán milyen nem kívánatos változásokon megy át ez az örökéletűnek vélt szerkezet.

Andrew H. Knoll és tudós társai táblázatokat állítottak össze az 500 millió év alatt történt 5 főbb kihalásokról, megjegyezve azt, hogy ezeken kívül még vagy „fél tucat kisebb kihalás” is történt, és mindezeket – az egy, *kréta korszaki* meteor becsapódásán kívül – a kiszámíthatatlan *lemez tektonika* működése által előidézett vulkán-kitörések okozták. A belőlük mérgező kiáramló gázok és óriási mennyiségű hamu terítették be a Föld nagy területeit. *Knoll* kissé visszafogottan jegyzi meg, már-már egy újabb kihalás szélén állunk, aminek bekövetkeztét a fossziliák mind nagyobb méreteket öltő elégetésével maga az emberiség sietteti. Ezt a riasztó képet ugyancsak táblázatokkal és meggyőző diagramokkal támasztják alá a kutatók. Az egyik azt ábrázolja, hogy az elmúlt 60 esztendő alatt a légkör CO₂ szintje, 316 ppm-vel emelkedett. „1 ppm = parts per million, egy milliomod térfogatrészt”, ami, mondhatnánk, bagatell, csakhogy „az utóbbi évszázadokban a földfelszín átlaghőmérséklete kevesebb mint 1°C-fokkal emelkedett,” miatta – és sajnos mindinkább – emelkedik, amit nem igen kell bizonygatni, hiszen már a bőrünkön (is) tapasztalhatjuk. Arról azonban nem ír, hogy mindennek mi módon lehetne elejét venni.



| Fotó: <https://www.nhm.ac.uk>