

# A NEM FOTOSZINTÉZIS-ALAPÚ ÖKOSZISZTÉMÁK OSZTÁLYOZÁSA, VALAMINT BIOLÓGIAI JELENÜK ÉS FÖLDTANI MÚLTJUK

Bujtor László

PhD, Pécsi Tudományegyetem Földtani Tanszék  
zittelina@t-online.hu

## Bevezetés

A nem fotoszintézis-alapú élet létezésének lehetőségére elméleti kutatók már igen korán felhívták a figyelmet (Vinogradskij, 1890). Mégis, a nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémák felfedezésére majdnem kilencven évet kellett várni. Az első, nem fotoszintézis-alapú életközösség, az óceánközépi hátságok feláramlási zónájához kapcsolódó fekete füstölők és pazár, egzotikus élőviláguk felfedezése (Corliss et al. 1979) nemcsak az élettudományok köreiben, hanem a széles nyilvánosság előtt egyaránt szenzációként robbant. Óriási tudományos érdeklődés fordult a nem fotoszintézis-alapú élő rendszerek kutatása felé, melynek eredményeként ma már több mint százötven recens és fosszilis élő rendszert ismerünk. Ezen ökoszisztémák felépítése annyira összetett, és a létezésükhöz szükséges kémiai energiaforrást biztosító földtani folyamatok olyan sokrétűek, hogy a tudomány megkezdte osztályozásukat (Campbell, 2006), bepillantva csaknem félmilliárd éves – ugyan csak meghökkenően érdekes – fejlődéstörténetükbe. Jelen írás a teljesség igénye nélkül

ad összefoglalást az alig harmincéves múlta visszatekintő tudományterület jelenlegi állapotáról, az elért eredményekről, és a jövőbeli kutatási irányokról. Ebben az összefüggésben ez az írás jelen szerzőnek a *Magyar Tudomány* hasábjain (Bujtor, 2009) korábban megjelent cikke folytatásának tekinthető.

## A nem fotoszintézis-alapú életközösségek felfedezése

1979-ben világszenzáció volt az óceánközépi hátságok élettelen és sivár környezetéből váratlanul, a hátságrendszer tágulási zónájában felbukkanó hihetetlenül gazdag és burjánzó élővilág. A hidrotermális hasadékokon át a tenger aljzatára ömlő igen forró, 250–350 °C-os oldatok a 3–4 km-es tengermélységben uralkodó óriási nyomás miatt nem válnak gőzzé, ám ásványi anyagaik (elsősorban oldott fém- és szulfid-ionok) jelentős része a tenger aljzatát elérve kicsapódik, felépítve a „fekete füstölőnek” nevezett kémény alakú, több méter magas képződményeket. A kémények tövében burjánzó, és megdöbbentően gazdag élővilágot körülvevő tengervíz hőmérséklete az ebben a mélységben megszokott 2 °C-kal

szemben jóval magasabb, 15–25 °C körüli. A víz élő rendszerek számára kedvező hőmérséklete, valamint a bőségesen rendelkezésre álló energia és tápanyag tálcan kínálja az élővilág számára a megtelepedés, kolonizáció és burjánzás lehetőségét (Van Dover, 2000). Ma mintegy hatvan recens és fosszilis hidrotermális hasadékközösséget ismerünk, ám számukat messze túlszárnyalja egy másik, jóval később ismertté vált, szintén nem fotoszintézis-alapú ökoszisztéma-típus képviselőinek száma. Charles Paull és munkatársai 1984-ben a Mexikói-öböl mélymedencéjében, geológiai értelemben passzív és teljesen érdektelen környezetben, a tengeraljzaton felgyülemelő, magas sótartalmú folyadéklencsékhez kötődő és – mint azt a későbbi kutatások igazolták – metánszivárgásokhoz kapcsolódó ökoszisztémát fedeztek fel. A szénhidrogén-szivárgásos (vagy hidegszivárgásos) közösségek<sup>1</sup> felfedezése ugyan nem kapott akkora visszhangot, mint a hidrotermális hasadékrendszerek, ám számuk messze túlszárnyalja a hidrotermális közösségeket: az ismertté vált recens és fosszilis előfordulások száma megközelíti a százat! Rá kellett döbbsennünk, hogy nemcsak a földi élet fejlődése során, de manapság is, a nem fotoszintetizáló ökoszisztémák fejlett és virulens, elterjedt élő rendszerek. Első felfedezésüket követően alig harminc év alatt, megdöbbentő változatosságban és sokféle földtani környezetből váltak ismertté. Osztályozásuk immár elkerülhetetlen. Cso-

portosításuk két alapvető módon lehetséges: az ökoszisztémának otthont adó földtani környezet vagy az ökoszisztémát energiával és tápanyaggal ellátó fluidrendszer alapján.<sup>2</sup> A recens faunák alapján történő elkülönítésük lehetetlen, mert még genusszinten is ugyanazon taxonok jelennek meg a hidrotermális hasadékok és a szénhidrogén-szivárgások életközösségeiben. A földtani irodalomban ma legelterjedtebb csoportosítás a klasszikus hasadék- és szivárgásos közösségek alapján, tehát a befoglaló földtani keret szerint sorolja kategóriákba ezeket az élő rendszereket. Az 1. táblázat a felfedezés időrendjében mutatja be a legfontosabb, nem fotoszintézis-alapú ökoszisztéma-típusokat, és alapvető biológiai, fiziko-kémiai és földtani jellemzőiket.

## A nem fotoszintézis-alapú élő rendszerek csoportosítása

Manapság a nem fotoszintézis-alapú életközösségeket a trópusoktól a sarkvidékegig valamennyi tengerben megtaláljuk a sekély selfektől az óceáni árkokig. Előfordulásuk nemcsak a vízmélységtől független, hanem a földtani környezettől is: az óceáni kőzetlemezek peremterületeitől (hátságok és szubdukciós zónák), a szigetívek előtti és mögötti

<sup>2</sup> Az osztályozás egy másik lehetséges módja a tápanyag és kémiai energia kiáramlási sebessége és fluxusa alapján történhet, mely megkülönbözteti a nagy fluxusú (=hidrotermális) és alacsony fluxusú (=szivárgásos) közösségeket. Ez az osztályozási elv azonban nem veszi tekintetbe azt, hogy ugyanazon genetikájú földtani folyamat egyaránt képes kis és nagy hőfluxust és tápanyagforgalmat biztosítani. Erre példa az óceánközépi hátságok disztális és proximális zónáiban megfigyelt fekete és fehér füstölők alapvetően különböző összetételű ökoszisztémái. Ez a rendszerezés formális osztályozási elvnek megfelelő, de nem veszi figyelembe a jelenségek mélyén ható földtani folyamatokat, ezért nem terjedt el.

<sup>1</sup> Az angol nyelvű szakirodalom *vent-seep* összetett szóként jelöli a nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémákat. A szókapcsolat a *hydrothermal vent – hydrocarbon cold seep* kifejezések rövidüléséből alakult át elfogadott szakkifejezéssé. Magyar fordításától eltekintünk, hiszen a „hasadék-szivárgás” szókapcsolat félreérthető, és nem fedeli le teljesen a nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémák jelentését.

## 1. táblázat • A NEM FOTOSZINTÉZIS-ALAPÚ RECENS ÉS FOSSZILIS ÉLETKÖZÖSSÉGEK TÍPUSAINAK JELLEMZŐI

feltedezés éve	1979	1984	1997	2005
jellemző földtani környezet	aktív óceánközépi hátságok tengelyzónája, proximális régió, 5 km-en belül a tengelytől	akkréciós lemezszegélyek 200-4000 méteres vízborítás mellett	Atlanti-óceán, Földközi-tenger, 200-4000 m vízmélység	aktív vagy inaktív óceánközépi hátságok tengelyzónája, disztális régió (10-15 km-re a tengelytől)
a tápláléklánc primer energiaforrásának jellege és anyaga	kémiai, H <sub>2</sub> S	kémiai, CH <sub>4</sub>	kémiai, CH <sub>x</sub>	kémiai, H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>
a táplálékláncot fenntartó kemoautotrof élőlények	baktériumok	baktériumok	baktériumok	baktériumok
kemoautotrof szimbionták	Siboglinid férgek ( <i>Ridgella</i> , <i>Riftia</i> , <i>Tevnia</i> ), <i>Bathymodiolus</i> kagyló, <i>Alvinocoma</i> csiga	Siboglinid férgek, <i>Modiola</i> , <i>Solenya</i> kagylók	<i>Desulfosarcina</i> , <i>Desulfobulbus</i> Siboglinid férgek, kagylók ( <i>Bathymodiolus</i> )	<i>Methanosarcina</i> , <i>Methanococcolidea</i>
hőmérsékleti viszonyok	250-350 °C	2 °C	2-10 °C	20-90 °C
pH-viszonyok	pH 2-3	pH 7	?	pH 9-11
a földtani őssanyagból kimutatható-e?	igen	igen	igen	?
földtörténeti elterjedés	Phanerozoikum	Phanerozoikum	Kainozoikum	recens
domináns recens faunaelemek	Siboglinid férgek, kagylók ( <i>Bathymodiolus</i> , <i>Caloptogena</i> , <i>Conchocele</i> ), csigák ( <i>Alvinocoma</i> )	Sibogloid és chaetopterid férgek, kagylók, felsőrendű rákok	soksertéjű férgek és kagylók	csigák, Polychaete férgek ( <i>Ophiurocha</i> ), sügérfélek, angolnafélék, felemás lábú rákok

domináns fosszilis faunaelemek	Siboglinid férgek, brachiopodák ( <i>Anarhynchia</i> ), monoplacophorák	Brachiopodák ( <i>Dziadoszycchia</i> - <i>Ibergirynchia</i> - <i>Peregrinella</i> )	kagylók, tízlábú rákok ( <i>Callianassa</i> , <i>Palaeus</i> )	?
jellemző izotóp-ujjlenyomat	nincs	recens: -2 - +10 ‰ <sup>δ</sup> 0‰; -65 - -25 ‰ <sup>δ</sup> 3‰ fosszilis: -25 - 0 ‰ <sup>δ</sup> 0‰; -55 - +5 ‰ <sup>δ</sup> 3‰	7 (R: 6; F: 1)	nincs 1 (R: 1; F: 0)
jelenleg ismert összes (ebből R: recens, F: fosszilis) előfordulás	57 (R: 40; F: 17)	89 (R: 60; F: 29)	7 (R: 6; F: 1)	1 (R: 1; F: 0)
első leíró	Corliss et al., 1979 Haymon et al., 1984	Paull et al., 1984	Vogt et al., 1997 Clari et al., 2004	Kelley et al., 2005

medenceterületekig mindenütt megtalálhatók. Szénhidrogén-szivárgásos közösségek nemcsak az óceáni lemezszegélyek mentén, hanem egyéb geokörnyezetekben, így az óceáni lemezen belül és kontinentális kéregszegélyekhez kapcsolódóan is megjelennek. A nem fotoszintézis-alapú élő rendszerek csoportosítását az ökoszisztémának helyet adó földtani struktúrák alapján a 2. táblázat mutatja be. Alább a fő típusokat ismertetjük, követve Kathleen Campbell (2006) felosztását.

#### Hidrotermális hasadékrendszerek

A „klasszikus” (=forró, mélytengeri, nagy anyag- és hőfluxusú, szulfidoldatos) hidrotermális hasadékrendszerekhez köthető nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémák kizárólag az óceáni lemez hátságzónájához, az újonnan képződő óceáni kéreghez kapcsolódnak. A kutatás a hátság tengelyétől mért távolság függvényében két típust mutatott ki:

**Óceánközépi hátságok proximális, forróvizes hasadékközösségei:** vulkanogén tömeges szulfidércekhez kapcsolódó (VMS)<sup>3</sup> fekete füstölők, a hátság tengelyétől 5 km-en belül

**Óceánközépi hátságok disztális, melegvizes hasadékközösségei:** serpentinit-anyakozetű fehér színű, karbonátos füstölők, a hátság tengelyétől 10-15 km-re.

#### Szénhidrogén-alapú hidegszivárgásos közösségek

A szénhidrogén alapú hidegszivárgásos közösségeket olyan hidrogén- és szénhidrogén (elsősorban metán) feláramlásokhoz kapcsolódóan fedezték fel, amelyek a későbbi kutatások által igazolt módon sokféle földtani folyamat eredményeként jöhetnek létre. Ezen földtani folyamatok kísérő-jelensége a mélyből (litoszférából) felfelé áramló

<sup>3</sup> VMS – Volcanic Massive Sulphides. A Föld története során a vulkanogén tömeges szulfidércek jellemző és folyamatosan megjelenő képződményei a földkéregnek. A legidősebb VMS szilur időszak, de jól ismerünk mezozoos (jura és kréta), valamint kainozoos tömeges szulfidérceket is.

hidrogén és szénhidrogén, melyek általában a laza üledéken át áramlanak fölfelé, a hidroszférába. A legtöbb hidegszivárgásos életközösség a szubdukciós lemezszegélyek baktériumszőnyegeihez kapcsolódik, de egyéb geokörnyezetekből is leírták ezeket. Mind egyik életközösség olyan földtani folyamatokhoz kapcsolódik, amelyeknek jellemző terméke a (hidrogén- és) szénhidrogén-szivárgás. Tehát nemcsak az óceáni lemezszegélyek mentén alakulnak ki, hanem minden olyan (sekély- vagy mély-) tengeri környezetben megjelennek, ahol a tengeraljzatra hidrogén- és/vagy szénhidrogének szivárognak:

- Alábukó lemezszegélyeknél az alábukás fölött kialakuló akkréciós prizma<sup>4</sup> mindkét (óceáni és kontinentális) szegélye kedvez a mélyben felhalmozódott szénhidrogének felszínre törésének, gazdag és folyamatos energia- és tápanyagforrást nyújtva
- Óceáni kőzetlemezek lemezen belüli (*intraplate*) zónáinak tenger alatti izsarpvulkánjaihoz kötődő H<sub>2</sub> és CH<sub>x</sub>-szivárgások
- Egyéb geokörnyezetek (tenger alatti csuszamlások, töréses és üledéktömörülési zónák, melyek nagy mennyiségű szerves anyagot zárnak el; valamint só-diapírok és kőolaj-szivárgások)

Az akkréciós prizma puha üledékei a kőzetté válás során gyakran monoton, akár több kilométer vastagságú üledékösszletként maradnak fenn. A földtörténet során hasonló geotektonikai környezetekben létrejövő homokkő-összletek a flis- és flisoid rétegsorok, amelyek gyakran tartalmaznak idegen anya-

<sup>4</sup> Akkréciós prizma: a szubdukciós zónákban az alábukó óceáni kőzetlemezen felhalmozódó üledék feltorlódik, és a kontinens peremével párhuzamosan, a tenger alatt, prizmához hasonló, laza üledékből álló üledékösszlet jön létre.

gú, legtöbbször olisztosztrómaként azonosított intraklasztokat. Ezek mérete a néhány köbdeciméterestől a házméretű tömbig terjedhet. Kialakulásuk sokáig okozott fejtörést a geológusoknak. A faunataralmú olisztosztrómak egy részéről bebizonyosodott, hogy hideg-szivárgásos közösségek otthona volt. Olyan biohermak tehát, amelyek a mélyből feláramló szénhidrogének egykori tengeraljzatra történő kilépését jelzik, s melyek mentén a nem fotoszintézis-alapú élő rendszerek megtelepedtek. Nem „egzotikus” közzettettek tehát, hanem az aljzaton *in situ* létezett biotopok és lakóik közötté vált maradványai.

#### *A nem fotoszintetizáló életközösségek faunái és azok változásai*

Az elmúlt évtizedekben a nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémákból több mint négyszáz új fajt írtak le, amelyeket a tudósok új, a tudomány számára eddig ismeretlen családokba, rendekbe, sőt osztályokba sorolták be. Ennek a nagy diverzitásnak az oka az egyes kolóniák endemizmusa. Az egyes élőhelyek ugyanis egymástól elszigeteltek, és több kilométer, esetenként száz kilométernyi sáv és élettelen óceáni aljzat választja el ezeket egymástól. Jellemző taxonjaik a csőféreg (*Chaetoptera*, *Polychaeta*, *Vestimentifera*), kagylók (*Bathymodiolidae*, *Lucinidae*, *Solemyidae*, *Thyasiridae*) és csigák (*Neomphalidae* és *Provannidae*). Egyéb közös taxonjaik az endemikus vagy széles elterjedésű halak, felemás- és tízlábú (galatheid) rákok (*Bythograea*), és szivacsok. Az ezen építőelemekből álló faunákat a rétegsorokban a késő jura – kora kréta korszakig követhetjük vissza.

A felfedezés körüli évek lázas kutatásait néhány tanulságos túlzás kísérte – ami nem meglepő egy ennyire különleges ökoszisztéma felfedezése kapcsán. A tudományos kutató is

ember; esendő és néha figyelmetlen. A hidrotermális hasadékok csőférgének első leírója, Meredith Jones a felfedezés lázában új állatörzsként vezette le a hidrotermális hasadékok csőférgét, és a leírt fajokat az általa felállított *Vestimentifera* törzshez sorolta (Jones, 1985), figyelmen kívül hagyva a francia zoológus, Maurice Caullery 1914-es eredményeit. Nemcsak ő, de kéziratának bírálói is negligálták ezt a kiváló zoológiai eredményt. A későbbi, elsősorban molekuláris genetikai vizsgálatok a Jones által adott magas taxonómiai önállóságot nem támogatták. A ma leginkább elfogadott vélekedés szerint (Rouse 2001; Schulze 2003; Pleijel et al., 2009) a nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémák elsődleges termelői közé tartozó csőféreg (*Ridgeia*, *Riftia*, *Tevnia*) a *Vestimentifera* taxon alatt a soksertéjű férgek (*Polychaeta*) *Siboglinidae* családjába tartoznak. A tudomány jelenleg a korábbi két önálló gyűrűsféreg törzset (*Pogonophora* és *Vestimentifera*) összevonta. Érdekes tudománytörténeti adalék, hogy az említett Maurice Caullery 50 évén át tanulmányozta a gyűrűsférget, és hosszas vizsgálódást követően, 1914-ben állította fel a *Siboglinidae* taxont. Hozzá 1900-ban jutott el egy, a mai Indonézia szigetvilágában partra sodródott mélytengeri csőféreg maradványa, amelyet tanulmányozva a markáns anatómiai különbségek alapján helyesen állította fel az önálló *Siboglinidae* taxont, amelybe Jones *Vestimentifera* törzset a taxonómia prioritási elvét követve mára átsorolta a tudomány.

#### *Fosszilis, nem fotoszintézis-alapú életközösségek felismerése a földtani anyagból*

1830-ban jelent meg az a könyv, ami azt jelenti a geológiának, mint Darwin *Fajok eredete* című munkája a biológiának. Charles Lyell korszakalkotó művéről, a *The Principles*

*of Geology* című munkáról van szó, aminek egyik központi tétele az aktualizmus vagy uniformizmus<sup>5</sup> elvének bevezetése a múltbéli földtani folyamatok megértéséhez. Az aktualizmus elvének következetes alkalmazása a földtani kutatásban számos alkalommal vezetett jelentős felfedezésekhez. Egy recens földtani jelenség mély és teljes megértése ugyanis irányítúként szolgál a múltbéli folyamatok sokszor hiányosan megőrződött, és kőzetként fennmaradt nyomainak helyes értelmezéséhez. A kőzetek nyelvére lefordítva, a terepi geológusok ebben az esetben olyan tömeges szulfidércesedést (=VMS) kerestek, amelynek genetikája riftesedéshez kötődik, és a szulfidércben féregcsövek, valamint egyéb makroszkópikus ősmaradványok (csigák, kagylók) tűnnek fel. Alig telik el öt év a recens hidrotermális hasadékok felfedezését követően, és Rachel Haymon (1984) munkatársaival felismeri az első fosszilis hidrotermális hasadékközösséget az ománi felső-kréta Szemail-olifolit szulfidos ércesedéséből: féregcsöveket és kapcsolódó metazoa faunát írnak le. Felfedezésük nyitá-

<sup>5</sup> A magyar földtani irodalomban rendszerint az „aktualizmus elveként” fordul elő, ám angolszás nyelvterületen gyakrabban „uniformizmus”, azaz *uniformitarianism* alatt szerepel. Az elv annak a felismerését fejezi ki, hogy a geológiai folyamatok a Föld mint zárt rendszer esetében évmilliók óta hasonló módon zajlanak, tehát a korábbi idők kőzetként fennmaradt nyomainak (azaz a múlt) megértéséhez a jelen jelenti a kulcsot. Lyell szavaival: „The present is the key to the past”. Mai tudásunk alapján az elvnek vannak korlátai, hiszen Charles Lyell és James Hutton (legalábbis 1859-ig biztosan) nem ismerték a prekambrium élővilágát. Figyelemre méltó munkájában Celil Şengör 2001-ben hívta fel a figyelmet az aktualizmus és uniformizmus közötti finom különbségekre, kijelölve az elv érvényességi tartományát a földi geo- és biorendszerek tanulmányozásában, rámutatva, hogy az aktualizmus elve az archaikus Földre egyáltalán nem, és a proterozoos Földre is csak megszorításokkal alkalmazható.

nya a múltra néző újabb tudásablak kitérésének, melyen át új és ismeretlen fosszilis világokat pillantottunk meg.

Ahogy a recens hidrotermális hasadékok tanulmányozása igen hamar elvezetett a fosszilis hasadékközösségek felfedezéséhez, ugyanúgy vezetett el a hidegszivárgásos közösségek felfedezése azok kimutatásához az őslénytani anyagból. Ehhez egy olyan eszköz áll a kutatók rendelkezésére, amely a szénhidrogének szivárgása során fellépő izotópfractionáció jelenségéhez kötődik. A hidegszivárgásos közösségek izotópos vizsgálata ugyanis azt mutatta, hogy az oxigén és a szén izotópjai a természetben megfigyelhető izotópeloszláshoz képest igen jelentékeny negatív izotóp-anomáliát mutatnak. Ez az „izotóp-ujjlenyomat”<sup>6</sup> a diagenézis során is megőrződik, így egyértelmű azonosítójuk a fosszilis hidegszivárgásos közösségeknek. Ezen tény alapján nem meglepő, hogy a tenger alatti recens iszapvulkánok kemoszintetizáló faunáinak felfedezése – ismét csak az aktualizmus elvének alkalmazásával – igen hamar elvezetett a fosszilis közösségek kimutatásához az őslénytani anyagból. Az olaszországi Monferrato közelében, a miocén korú kaotikus rétegsorban talált mészkő- és dolomitblokkokat korábban olisztosztrómának írták le, valódi természetükről mit sem sejtve. Pierangelo Clari és munkatársai az olisztosztrómákra összpontosítva újrajvizgál-

<sup>6</sup> A hideg-szivárgásos közösségek azonosításához két izotópot, a <sup>13</sup>C és <sup>18</sup>O izotópokat alkalmazzák. A recens és fosszilis közösségekből vett minták alapján a δ<sup>13</sup>C (PDB) +20 és -80‰ között, míg a δ<sup>18</sup>O (PDB) +10 és -25‰ között változik. Az izotópadatokat derékszögű koordinátarendszerben ábrázolva rajzolódnak ki a kainozoos-recens és a paleo-meozoos hideg-szivárgásos közösségek jellemző tartományai, azaz izotóp-ujjlenyomataik.

ták a szelvényt. Az elvégzett izotópvizsgálatok mellett a fauna összetétele itt is igazolta az aktualizmus elvének helyességét: megtalálták az első fosszilis iszapvulkánhoz kötődő, nem fotoszintézis-alapú életközösséget. Nem válnak nagy kockázatot akkor, amikor kijelentem: az őslénytani anyagból ma még ismeretlen szerpentinit-anyaközetű fehér füstölők fosszilis maradványait is hamarosan meglegyünk. Tekintettel azonban arra, hogy egyrészt az óceáni lemez végső sorsa a teljes megsemmisülés, másrészt a fehér (karbonátos) füstölők igen ritkák, a fosszilis anyagból egyhamar nem várhatjuk a megerősítést.

#### *A nem fotoszintézis-alapú élő rendszerek földtani múltja*

A földtani anyag alapján körvonalazódó fosszilis faunák igencsak eltérő összetételűek és diverzitásúak, mint recens társaik. A nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémák tehát dinamikusan változtak a múltban. A legjelentősebb faunakicserélődés a mezozoikum során zajlott le. Az alsó-jurában jelennek meg a kemoszintetizáló kagylók az őslénytani anyagban, és kezdenek konkurálni a nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémákban addig meghatározó szerepet játszó brachiopodákkal, amelyek utoljára a kréta időszakban játszottak szerepet a nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémákban. A felső-krétától kezdődően eltűnnek az őslénytani anyagból. A fejlettebb és sikeresebb kagylók azóta teljesen kiszorították ezeket. Ennek az irreverzibilisnek tűnő változásnak az oka kettős, és a kétféle élőlénycsoport eltérő adaptációs képességében, valamint életmódjában keresendő. A kagylók igen sikeres és sokféle környezethez alkalmazkodni képes állatcsoportot alkotnak. Rugalmasságuknak köszönhető, hogy sikerrel alkalmazkodtak a kemoszimbionta élet-

módhoz, és számos családjuk ezen képesség birtokában fokozatosan jelent meg, és terjedt el ezeken az élőhelyeken. De nemcsak a kagylók kemoszimbionták. Amióta a metazoák megjelentek a nem fotoszintézis-alapú életközösségekben, a kemoszintetizáló férgek stabil és alapvető tagjai nemcsak a hidrotermális, de szinte valamennyi hidegszivárgásos közösségnek. A nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémák legfontosabb alkotói a *Siboglinidae* férgek. Azonosításukat a fosszilis anyagban az általuk készített/kiválasztott lakócsövek könnyítik meg, lehetővé téve követésüket a szilur időszakig visszamenőleg (Little et al., 1997). A féregcsövek mikroszkópos vizsgálata azt sugallta, hogy felépítésük változatlan az elmúlt négyszázmillió évben, azaz hosszú és folyamatos evolúciós történetük van. Úgy tűnt, hogy ezen élőlények stabil, évszázmilliók óta változatlan elemei a nem fotoszintetizáló ökoszisztémáknak. Habár az őslénytani anyag alapján ez igaznak tűnik, a recens féregcsöveket építő élőlények molekuláris biológiai vizsgálata alapján nemrég komoly kihívás érte ezt a vélekedést. Steffen Kiel és Paul Dando (2009) a fosszilis féregcsövek felépítését összevetette a recens faunával. Évtizedeken keresztül a nem fotoszintézis-alapú élő rendszerekből leírt *Vestimentifera* féregcsöveket a cső külső felszínének hosszanti barázdáltsága, valamint a cső falának egymásra épülő többszörös rétegzettsége alapján azonosították. Azonban egy másik csőféreg-társaság, a recens hasadék- és szivárgásos közösségekben, valamint a sekélytengerben egyaránt megtalálható *Chaetopteridae* csövei ugyanilyen tulajdonságúak. A csöveket építő chaetopterid férgek genetikai vizsgálata azt mutatta, hogy ezen férgek genetikai órája nemrég, legfeljebb százmillió évvel ezelőtt indult, azaz a féregcsöveket

létrehozó élőlények nem lehetnek stabil, évszázmilliók óta változatlan szervezetek. Valószínű, hogy az életműködés eredményeként a múltban többféle élőlénycsoport is ugyanazt a több rétegből álló, és külső felszínén hosszanti barázdákkal jellemezhető féregcsövet „fejlesztette ki”, mint mai társaik. Ez az eredmény megfontolásra int, és azt sugallja, hogy ezen élőhelyeket valóban több lépcsőben, több hullámban hódították meg az élőlények (vagy azok egy része). A féregcsövek morfológiai hasonlósága pedig a különböző rendszertani helyű férgek közötti konvergens evolúciót jelzi. Kellő megfontoltsággal ma csak azt állíthatjuk, hogy a férgek stabil elemei ezen ökoszisztémáknak, de hogy pontosan milyen férgek (*Chaetopteridae*, *Siboglinidae* – esetleg egyéb...), ma még nem tudjuk.

#### *A nem fotoszintézis-alapú életközösségek evolúciója*

A modern hasadék- és szivárgásos közösségek faunái összetételüket és törzsfajlódásukat tekintve alapvetően különböznek a jura időszakot megelőzően élt hasonló faunáktól. A kora jura korszaktól a késő krétaig tartó, fokozatos kicserélődéssel jöttek létre a jelenlegi, különösen kagylók és csigák uralta közösségek. A jura időszakot megelőzően mára kihalt brachiopoda, monoplacophora, kagyló és csiga taxonok fajai uralta közösségek léteztek. Elképzelhető, hogy egészen a kora krétaig létezett egy ősi fejlődési sor (*Dzieduszyckia* – *Ibergirhynchia* – *Peregrinella*), amely a késő devontól a késő krétaig folyamatosan fejlődött, és kizárólag a nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémákra korlátozódó rhynchonellid brachiopodákat tartalmazott. Az eltérő faunák kialakulásáról, eredetéről és evolúciójáról két konkurens elmélet forog.

Az első statikus szemléletű, és azt állítja, hogy a modern élőhelyek a kihalást átvészelő lények számára az élet menedékei, amelyekben jelenleg is paleo- és mezozoos reliktum taxonok találhatók. Ez az elmélet nagyobb taxonómiai hasonlóságot sugall a múlt és a jelen faunái közt.

A második dinamikus szemléletű, és azt állítja, hogy ezek a környezetek az adaptív radiáció célterületei, ahol a faunák robbanásszerűen jelennek meg, ám a fajokat folyamatos kihalások tizedelik. Újranépesüléskük az elmélet szerint általában a sekélytengerek gazdag és nagy ökológiai nyomás alatt álló biotópjai felől történik. Ez az elképzelés jóval kisebb taxonómiai hasonlóságot feltételez a múlt és a jelen faunái közt.

A két elmélet egyes elemeiben képes magyarázatot adni a jelen és a múlt faunáinak egy részére és azok fejlődésére, ám teljes magyarázatot egyik sem kínál. Hiányosságuk abban is megmutatkozik, hogy nem adnak magyarázatot egy meghökkentő tényre. Arra, hogy az őslénytani anyag alapján a fosszilis szénhidrogén-szivárgásos üledékek faunái jóval gazdagabbak és nagyobb diverzitásúak voltak, mint a kortárs hasadékközösségek faunái. A recens faunák vizsgálata alapján pontosan ellentétes kép rajzolódik ki: korunk hasadékközösségei jóval gazdagabbak és nagyobb diverzitásúak, mint a recens hidegszivárgásos közösségek. Ez az éles különbség jól bizonyított, ám okai ma még feltáratlanok. Az új tudományterületnek azonban nemcsak erre a kérdésre kell megtalálnia a választ.

#### A kémiai energia végső forrása

A hidrotermális hasadékközpontok története során évszázmilliók óta bizonyítottan stabil és állandó jelenségei a földkéreg folyamatainak, melyeket végső soron a Föld

magjának hője táplál energiával. Ez a fajta kémiai energia tehát a napsugárzástól függetlenül és folyamatosan rendelkezésre áll. A szénhidrogén hidegszivárgásos közösségek esetében már nem ennyire egyértelmű a helyzet. Az óceáni kéreg intraplate-helyzetű iszapvulkánjain keresztül a litoszférából a hidroszférába jutó  $H_2$  a hidrotermális hasadékközpontoktól különböző geokörnyezetben teremti meg a hidegszivárgásos közösségek kialakulásának új, és a napenergiától ugyancsak független lehetőségét. Az egyéb geokörnyezetekben (2. táblázat) megfigyelt sokféle és változatos  $H_2$  és  $CH_x$  alapú hidegszivárgásos közösségeket ellátó kémiai energiaforrás eredetét tekintve már bonyolultabb a helyzet. A földtani folyamatok sokfélesége (2/a és 2/c típusok) korábban fotoszintézis-alapú élő rendszerek által előállított szerves anyag bomlásából és/vagy átalakulásából származó szénhidrogén-forrást kínál a nem fotoszintézis-alapú élő rendszerek számára. Mégis, a kémiai energia eredeti forrása, más szóval az ezen közösségek első kialakulását lehetővé tevő primer energiaforrás nem a napenergia volt. Ez az energiaforrás a földkéreg és a Föld belső folyamatai által – évmilliók óta – a felszínre juttatott  $H_2$  és  $H_2S$ . Az a tény, hogy a fotoszintézis-alapú élő rendszerek is képesek szénhidrogén-tápanyagot előállítani a nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémák számára, semmiképpen sem jelenti azt, hogy ezen ökoszisztémák korai megjelenése is a naptól függött, vagy a napsugárzás lenne elsődleges energiaforrásuk. A kontinensvándorlás évmilliók óta állandó jelensége Földünknek. Hajtóerejét az óceánközépi hátságok mentén feláramló új kőzetanyag szolgáltatja, mely folyamat mellékterméke a  $H_2$ ,  $H_2S$  formájában feláramló kémiai energiaforrás.

	kőzetlemez-szegélyek		egyéb geokörnyezetek
	óceánközépi hátságok	szubdukciós övek	
óceáni kőzetlemez	proximális régió: hidrotermális hasadékok fekete füstölői	akkrációs prizma disztális és proximális oldalai	
	disztális régió szerpentinit anyakőzetű fehér füstölők	szigetívek és ív mögötti medencék	tenger alatti iszapvulkánok tenger alatti csuszamlások üledéktömörüléssel zónák töréssel zónák
	óceáni lemezen belüli („interplate”) területek		
kontinentális kőzetlemez	kontinentális kőzetlemez peremterületei (self és kontinentális lejtő)		só-diapírok tenger alatti csuszamlások üledéktömörüléssel zónák töréssel zónák

2. táblázat • A nem fotoszintézis-alapú életközösségeknek helyet adó geokörnyezetek csoportosítása

#### Jövőbeli kutatási irányok

A nem fotoszintézis-alapú élő rendszerek felfedezése és kutatása az elmúlt harminc évben meglepő eredményeket hozott. Ismertté vált, hogy az élő rendszerek számára rendkívül változatos geokörnyezetek alkalmasak a kemoszintézist lehetővé tevő nyersanyagok és energia (geológiai értelemben folyamatos) biztosítására. A kutatások feltárták a fosszilis és recens közösségek rendkívül hosszú földtani múltját, változatos biocönózisait. Ám a kutatás során számos kérdőjel körvonalázódott, melyek megszabják a jövőbeli kutatás irányait. A legfontosabbak az alábbiak:

#### A földtörténeti múltban éltek-e kemoszimbionta brachiopodák?

Jelenlegi ismereteink szerint a recens brachiopodák nem képesek a kemoszimbionta életmódra. Mégis, a kréta időszak végéig a brachiopodák uralkodó elemei voltak az ilyen életközösségeknek. Vajon ez azt jelenti, hogy egyes brachiopodák a múltban alkalmazkodtak a kemoszimbionta életmódhoz, vagy egyszerűen a csökkent oxigéntartalmú környezetek ökológiai generalistáiként töltötték be a kemoszimbionta kagylók feltűnéséig az üres ökológiai fülkéket? A *Dzieduszyckia* – *Ibergirhynchia* – *Peregrinella* fejlődési sor tagjai

vajon eljutottak a kemoszimbionta szintre?<sup>7</sup> Vajon a *Peregrinella* méretnövekedése másodlagos bizonyítéka a kemoszimbionta életmódnak, és homológ bélyeg a nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémákban élő recens kagylóknál megfigyelt méretnövekedéssel?

*Miért tűnnek el (látszólag) a földtörténeti múltban mintegy százötven millió évre a nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémák?*

A nem fotoszintézis-alapú élő rendszerek földtani kutatásának egyik legnagyobb kérdése az, hogy miért tűnnek el mintegy százötvenmillió évre (a kora karbontól a kora juráig) a földtani-öslényntani anyagból a nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémák? Jelenlegi tudásunk szerint az alsó karbontól az alsó juráig terjedő rétegsorokból sehonnan sem ismerünk nem fotoszintézis-alapú fosszilis közösségeket. Tudásunk alapján feltételezzük ugyan, hogy ez egy látszólagos eltűnés, és az öslényntanban ismert „Lázár-hatással”<sup>8</sup> magyarázható, ám megnyugtató megoldása várat magára.

*Milyen, ma még ismeretlen folyamatok képesek az izotóp-ujjlenyomatot megváltoztatni?*

Számos, ma még kérdéses hideg-szivárgásos fosszilis közösségről nem tudjuk egyértelműen eldönteni, hogy valóban szénhidrogén-szivárgásos közösség-e, avagy a jellemző, negatív izotóp-arányokat valamilyen egyéb folyamat hozta létre. A devon időszaki marokkói Kess-Kess mészkőbuckák hideg-szi-

várgásos eredetére utaló negatív izotópadatok nemcsak szénhidrogén-szivárgás, hanem meteorikus vizek izotópalakító hatása is okozhatta.

*A klímakatasztrófákban mekkora szerepük lehet a hidrotermális hasadékokon és szénhidrogén-szivárgásokon keresztül a hidroszférába és a légkörbe jutó üvegházhatású gázoknak?*

Az óceánközépi hátságrendszer 75 ezer km hosszan öleli körbe Földünket. Elsődleges és legfontosabb forrása a légkörbe kerülő litosféra-eredetű szénnek. Az óceánközépi hátságrendszer aktivitása, azaz a rajta keresztül felszínre jutó kőzetanyagból felszabaduló juvenilis szén (akár CO<sub>2</sub>, akár CH<sub>4</sub> formájában) befolyásolhatja a klímát. Ugyanez igaz a kontinentális selfeken és a kontinentális lejtőn felhalmozódó üledékekben gáz-hidrátként tárolt metán kibocsátására, ami a múltban bizonyítottan (lásd eocén rapid átlaghőmérséklet-emelkedés) katasztrofális klímaváltozásokat okozott.

*Az élet kialakulásában játszottak-e valamilyen szerepet a hidrotermális hasadékok?*

A klasszikus felfogás szerint a fosszilis hidrotermális közösségeket fejlett metazoákból álló ökoszisztéma jellemzi. Az első, metazoák által uralt nem fotoszintézis-alapú ökoszisztéma a kambriumban alakulhatott ki, de teljes bizonyossággal csak a szilur időszaktól igazolták létezésüket. Azonban jóval idősebb (prekamb-

zoós közösségekben a devon–karbon időszaki *Dzieduszyczia* – *Ibergirhynchia* brachiopoda taxonok fajjai.

<sup>8</sup> Az öslényntanba Karl Flessa és David Jablonski vezették be 1983-ban a *Lazarus taxon* kifejezést. A *Lázár-hatás* és a *Lázár-taxon* kifejezések alatt azt a jelenséget ragadva meg, és olyan tulajdonságú ősmaradványokat fogva össze, amelyek eltűnnek az öslényntani anyagból (látszatra kihálnak), majd több millió (esetleg több tízmillió) évvel később változatlan formában ismét megjelennek a rétegsorokban.

riumi) kőzetekből is leírtak olyan tömeges vulkanogén szulfidtelepeket, amelyekhez élővilág kapcsolódott. Ezek egyszerű baktériumszőnyegek, melyek az öslényntani anyagban filamentumos üledékszerkezetekként maradtak fenn. Az eddigi legidősebb ilyen képződmény 3,2 milliárd éves, és az ausztráliai Pilbara-kratonból ismert (Campbell, 2006). A földi élet kialakulása szempontjából elsődleges fontosságú tehát annak kutatása, hogy a hidrotermális hasadékok (és szénhidrogén-szivárgások) az élet bölcsői, vagy később meghódított, alternatív fejlődési terepei voltak.

### Összefoglalás

A nem fotoszintézis-alapú ökoszisztémák felfedezése óta eltelt harminc év kutatásai bebizonyították, hogy egyáltalán nem ritka, egzotikus vagy elszigetelt élő rendszerekről van szó, hanem a Föld története során évmilliárdok óta létező, stabil élőhelyek ezek, amelyek folyamatosan adtak teret és lehetőséget az evolúció számára a diverzitás növelésére és/vagy a tengeri élővilág genetikai sokszínűségének megőrzésére. Feltételezések szerint ezen élőhelyek a földi bioszférát ért kataklizmák idején az élet végső menedékei, és minden olyan esetben, amikor a fotoszintézis-alapú élő rendszereket drámai kihalási események tizedelték, egyfajta genetikai raktárként segítették az élet ismételt kirajzását. A kiterjedt kutatások feltárták, hogy a nem fotoszintézis-alapú élő rendszerek fejlődését lehetővé tevő földtani folyamatok sokrétűek,

és meglehetősen gazdagságban kínálják ezen ökoszisztémák számára az élőhelyeket. Ismertté vált, hogy a nem fotoszintézis-alapú élő rendszerek egyáltalán nem koncentrálnak az óceáni lemezek peremzónáira, hanem szerte a világóceánokban megtalálhatók, a Földközi-tengertől a Cádizi- és Mexikói-öbölön át az Északi-tengerig (Vanreusel et al. 2009). Minden olyan földtani környezetben megjelennek, ahol a (magma, üledékes, tektonikus) földtani folyamatok kedveznek a szén különböző formáinak (elsősorban H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S és CH<sub>4</sub>) felszabadulásához és felszínre áramlásához. Az ilyen közösségekről alkotott kezdeti, statikus képet mára felváltotta a versengő, gyors evolúciós tempóval rendelkező életközösségek képe, amely – úgy tűnik – nem genetikai raktárként, hanem génképző központként ontja magából az új fajokat. Ekként szerepükről is másként vélekednek a kutatók. Diverzitásukat, gyakoriságukat tekintve sokkal fontosabb szerepük lehet a sekélytengerek betelepítésében, mint ma sokan gondolják. Múltbéli fejlődésük és felépítésük alapvetően eltér a ma megfigyelt faunáktól; várható tehát, hogy a jövőben a fosszilis közösségek kutatása kerül a kutatások homlokterébe. Ez immár sürgető igényét jelzi a bio- és geotudományok művelői közti jóval szorosabb együttműködés kialakításának.

*Kulcsszavak: hidrotermális hasadékközösségek, szénhidrogén hidegszivárgásos életközösségek, evolúció, nem fotoszintézis-alapú élő rendszerek, aktualizmus*

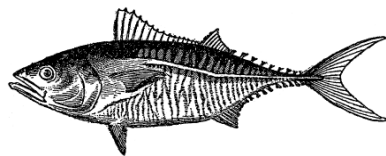
### IRODALOM

Bujtor László (2009): A fosszilis és recens hidrotermális közösségek kutatásának bolygóközi vonatkozásai. Magyar Tudomány. 170, 4, 406–414.  
Campbell, Kathleen A. (2006): Hydrocarbon Seep and Hydrothermal Vent Paleoenvironments and Pa-

leontology: Past Developments and Future Research Directions. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 232, 362–407.

Campbell, Kathleen A. – Bottjer, David J. (1995): *Peregrinella*: An Early Cretaceous Cold-seep-restricted Brachiopod. Paleobiology. 21, 4, 461–478.

- Clari, Pierangelo – Cavagna, S. – Martire, L. – Hunziker, J. (2004): A Miocene Mud Volcano and Its Plumbing System: A Chaotic Complex Revisited (Monferrato, NW Italy). *Journal of Sedimentary Research*. 74, 5, 662–676.
- Corliss, John B. – Dymond, J. – Gordon, L. I. et al. (1979): Submarine Thermal Springs on the Galápagos Rift. *Science*. 203, 4385, 1073–1083.
- Haymon, Rachel M. – Koski, R. A. – Sinclair, C. (1984): Fossils of Hydrothermal Vent Worms from Cretaceous Sulfide Ores of the Samail Ophiolite, Oman. *Science*. 223, 4643, 1407–1409.
- Jones, Meredith L. (1985): On the Vestimentifera, New Phylum: Six New Species, and Other Taxa, from Hydrothermal Vents and Elsewhere. *Bulletin of the Biological Society of Washington*. 6, 117–158.
- Kelley, Deborah S. – Karson, J. A. – Früh-Green, G. L. et al. (2005): A Serpentinite-Hosted Ecosystem: The Lost City Hydrothermal Field. *Science*. 307, 1428–1434.
- Kiel, Steffen – Dando, Paul R. (2009): Chaetopterid Tubes from Vent and Seep Sites: Implications for Fossil Record and Evolutionary History of Vent and Seep Annelids. *Acta Palaeontologica Polonica*. 54, 3, 443–448.
- Little, Crispin T. S. – Herrington, R.J. – Maslennikov, V. V. et al. (1997): Silurian Hydrothermal Vent Community from the Southern Urals, Russia. *Nature*, 385, 146–148.
- Paull, Charles K. – Hecker, B. – Commeau, R. P. et al. (1984): Biological Communities at Florida Escarpment Resemble Hydrothermal Vent Communities. *Science*. 226, 965–967.
- Pleijel, Fredrik – Dahlgren, T. G. – Rouse, G. W. (2009): Progress in Systematics: From Siboglinidae to Pogonophora and Vestimentifera and Back to Siboglinidae. *Comptes Rendus Biologies*. 332, 2–3, 140–148.
- Rouse, Greg W. (2001): A Cladistic Analysis of Siboglinidae Caullery, 1914 (Polychaeta, Annelida): Formerly the Phyla Pogonophora and Vestimentifera. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 132, 1, 55–80.
- Schulze, Anja (2003): Phylogeny of Vestimentifera (Siboglinidae, Annelida) Inferred from Morphology. *Zoologica Scripta*. 32, 321–342.
- Şengör, Celil A. M. (2001): Is the Present the Key to the Past Or the Past the Key to the Present? James Hutton and Adam Smith Versus Abraham Gottlob Werner and Karl Marx in Interpreting History. *The Geological Society of America. Special Papers*. 355, 1–51.
- Van Dover, Cindy L. (2000): *The Ecology of Deep-sea Hydrothermal Vents*. Princeton University Press, New Jersey
- Vanreusel, Ann – Andersen, A. C. – Boetius, A. et al. (2009): Biodiversity of Cold Seep Ecosystems along the European Margins. *Oceanography*. 22, 1, 110–127.
- Vinogradskij, Szergej (1890): Sur le organismes de la nitrification. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*. 110, 1013–1016.
- Vogt, Peter R. A. – Cherkashev, G. D. – Ginsburg, G. I. et al. (1997): Haakon Mosby Mud Volcano: A Warm Methane Seep with Seafloor Methane Hydrates and Chemosynthesis-based in Late Quaternary Slide Valley, Bear Island Fan, Barents Sea Passive Margin. *Eos, Transactions. American Geophysical Union*, 78, 187–189.



## VESZÉLYES-E A TUDOMÁNYRA A WEB 2.0?

Koltay Tibor

PhD, Dr. habil.,  
Szent István Egyetem Alkalmazott Bölcsészeti Kar  
Koltay.Tibor@abk.szie.hu

Nagy vihart kavart könyvében Andrew Keen (2007) az amatőrök kultuszáról ír. Megítélése szerint a Web 2.0 fenekestől felforgatja intellektuális hagyományainkat. Ez talán túlzás. Kétségtelen viszont, hogy sokakat tévútra visz a túlzott aggodalom, hogy nehogy lemaradjanak valami újról, hogy lépést tartsanak az internetes technológia fejlődésével.

Magát a Web 2.0 elnevezést bizonytalanság terheli, mivel különböző dolgokat jelölnek vele, amelyek ráadásul nem kompatibilisek egymással. Nehéz megmondani, hogy mit is soroljunk a körébe, mivel a Web 2.0 egyszerre szól elgondolásokról, viselkedésmódról, technológiákról és ideálokról. Számos internetes fejlesztés, alkalmazás, tevékenység tekinthető a Web 2.0 példájának, önmagukban azonban nem képezik annak alkotórészét. A Web 2.0 inkább fogalmi keretet ad, amely lehetővé teszi, hogy az egyszerűség kedvéért Web 2.0 elnevezéssel illetett sokféle jelenséget és eseményt egymással összefüggésbe hozzuk, és értelmezzük.

Ha a Web 2.0 fogalmát annak kulturális kontextusától izolálva vizsgáljuk, túl alakatlaná és definiálatlaná válik ahhoz, hogy kritikusunk tudjunk hozzá viszonyulni, ezért aztán van, akinek a kultúra halálát jelenti, míg más éppen annak újjászületését üdvözli, a demokrácia zálogát vagy éppen a legrosszabb hatalomkoncentrációt látja benne. Akad, akinek

a számára a Web 2.0 a kollektív intelligencia hasznosítását testesíti meg, míg mások úgy ítélik meg, hogy a tömeg butaságának eluralkodását segíti elő (Everitt – Mills, 2009).

A Web 2.0-vel kapcsolatban alapvető kritikákat kapott a „verziószám” kérdése. Az állítás ugyanis, hogy fő jellemzője a Web 1.0-ből a Web 2.0-be történő átalakulás, állapotváltozás, felveti annak kérdését, hogy milyen mértékben történt meg, vagy zajlik ez a változás, amelyet valami új váltott ki. Kérdezhetjük azt is, hogy nem arról van-e szó, hogy mindez annak újra kimondása, amit korábban egyszerűen a *web* néven emlegettünk, és csak új elrendezésben kapjuk, avagy új fényben tűnik fel, ráadásul a *Web 1.0* elnevezést korábban soha senki nem használta (Allen, 2008).

Tévedés volna azt gondolnunk, hogy a Web 2.0 megjelenését a technológia fejlődése váltotta ki. A szükséges technológiák régebb óta megvoltak, az információ terjesztését, megosztását, a nyílt vitát lehetővé tevő számos alkalmazás közel harminc éve rendelkezésre áll. Ezeket használjuk is. A talán legismertebb példa erre a *Listserve* szoftver és utódai, amelyek az elektronikus levelezésen alapuló vitafórumok működését teszik lehetővé 1982 óta.

A Web 2.0-s környezet nem a tudományosságot támogatja. *A felszínen ugyan azt látjuk, hogy számos olyan Web 2.0-ás alkalmazás van, amelynek az a rendeltetése, hogy közvetlenül*