

A bioszféra észrevétlen krízise

Egy soproni kerekasztal-beszélgetés tapasztalatai

Mátyás Csaba akadémikus¹

Nehéz annak a kutatónak a sorsa, aki saját munkaterületén próbál meggyőző érveket és perspektívát megfogalmazni, laikus számára befogadható módon. A feladat akkor sem könnyebb, ha nem laikusok, hanem más szakterületek prominens képviselőivel kell meggyőzően vitába szállnia. Nagy örömmre szolgált ezért, amikor a Soproni Egyetem rektora kezdeményezésére, az Erdőmérnöki Kar „Mit gondolna ma Széchenyi?” címmel kerekasztal-beszélgetést szervezett a klímaválság és a fenntarthatóság kérdéseiről.

A rendezvényre a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából, 2022. november 2-án, a soproni Erdészeti Múzeumban került sor. A felkért tudós beszélgetőpartnerek között volt légkörkémikus, erdőmérnök, bányamérnök és társadalomkutató².

Bár az idő rövidege miatt a vélemények és a hozzászólások alapos megvitatására nem nyílt lehetőség, azonban meglepetésemre az elhangzottak alapján az kristályosodott ki, hogy az „egyébként még nem bizonyított klímakrízis mellett a nyersanyag- és energiaellátás válságából” kiutat kizárólag technológiai megoldásoktól remélhetünk. Saját fellépésemről eltekintve véletlenül sem merült fel a válság biológiai oldala, vagyis a bioszféra krízise.

A vita illetően alakulása hazánkban egyáltalán nem szokatlan, és felveti a kérdést: hol veszett el a biológiával foglalkozók vészkiáltása a biodiverzitás krízisééről? Úgy tűnik, mintha ez a válság az „igazi” problémáktól elkülönülve, másodrangú kérdés lenne.

Véleményem szerint, éppen ellenkezőleg, a központi kérdés az élet, a biodiverzitás sorsa a Földön, és a válságjelenségek a biológiai rendszer működési problémáiból erednek, hiszen az ember és tevékenysége ennek a rendszernek, a bio-szférának elválaszthatatlan része.

A társadalmi és politikai elit érzéketlensége a biológiai problémákkal szemben (is) a komplex válság megoldását még tovább fogja nehezíteni. A továbbiakban ezért a fenntarthatósági válság kér-

déskörét az élet feltételeivel foglalkozó ökológia oldaláról nézve közelítem meg.

Az ember helye az élet rendszerében, ökológiai megközelítésben

Az ökológiának nagyon kevés átfogó érvényű alaptörvénye van, de van egy átléphetetlen és szigorú, valamennyi élőlényre érvényes törvénye; eszerint *egy adott faj környezetének eltartóképességi határát tartósan nem lépheti át.*

Az eltartóképesség ökológiai határa magyarázatakor a fogyasztásra alkalmas növények vagy prédaállatok elfogyását szokás példaként emlegetni. A megközelítés jellegzetesen emberközpontú; általában nem számolunk a legalább annyira fontos antagonistá hatású („károsító”, azaz kórokozó, fogyasztó, ragadozó stb. fajok) társelőlényeink korlátozó hatásával. Az antagonisták korlátozó hatása gyakorta észrevehetetlen – nemcsak a gazdaságtudományban, hanem a biológiában is működik egy „láthatatlan kéz”, amely az egyedszámot, a fennmaradást egy adott környezetben szabályozza.

A modern embernek a bioszférában mintha kitüntetett hely jutott volna, so-

rozatos innovációi révén (állattenyésztés, növénytermesztés, ipari forradalom) eddig látszólag eredményesen sikerült átlépnie minden fizikai és biológiai korlátot. *Mi menti fel az embert a törvény hatása alól?* Nekem még az iskolában azt tanították, hogy kitüntetett képességünk az *eszközök használata*; persze ez egy célzatos marxista megközelítés volt, a proletár munkás tevékenységének felmagasztaltatása. Közben a majom is használ eszközöket, meg a puhatestű polip is.

Az a képesség, amely az embert kiemeli, az *oksági, kauzális kapcsolatok* felismerése. Az oksági kapcsolatok megértésének az a jelentősége, hogy az ember az eltartóképesség (fenntarthatóság) határait felismeri, és ezeket módosítani, illetve felszámolni képes. (Az igazsághoz tartozik, hogy az evolúció is alkalmazza ezt a „képességet” a természetes szelekció során, de az eredményt a próba-szerencse módszerrel éri el, és ehhez nagyságrendekkel hosszabb idő szükséges.) Nyilvánvaló, hogy az eltartóképességi határ kitolása létszámnövekedést tesz lehetővé. Hogy ez az ember esetében mit jelent, napi sajtó szinten ismeretes: *2022 végén haladtuk meg globálisan a 8 milliárd főt.*

A populációk hirtelen exponenciális növekedésének jelenségét a természetből jól ismerjük. Gyakori eset ez pl. egyes, gyors szaporodásra képes növényfogyasztó rovarfajok esetében (1 kép).



1. kép. Tölgy bűcsűjáró lepke (*Thaumetopoea processionea*) (Fotó: Dr. Csóka György)

¹ prof. em., MTA r. tagja, SoE EMK, Sopron

² Gelencsér András vegyészmérnök, MTA lev.tag, rektor, PE Veszprém; Mátyás Csaba erdőmérnök, MTA tag, prof.em., SoE EMK Sopron; Mucsi Gábor, bányamérnök, prof., dékán, ME MFK Miskolc; Szirmai Viktória, szociológus, DSc., kut.prof., MTA TK Budapest; és Heil Bálint, docens, PhD, a SoE EMK dékánja, moderátor

Átmenetileg kedvező feltételek mellett a reprodukció dinamikája elszabadul, a populációk úgynevezett gradációja révén népességrobbanás megy végbe. Azonban azt is tudjuk, hogy az exponenciális növekedés nagyon hamar leáll, dinamikája visszajára fordul, és a létszám rohamosan visszaesik. Kiváltója egyrészt a táplálékbázis fogyása, és antagonistá szervezettek (pl. kórokozók, fogyasztók) tömeges megjelenése. A gradáció összeomlik, és a faj a továbbiakban ismét az ökológiai rendszerben elfoglalt, szerényebb szerepét tölti be (Mátyás 1996).

A rovargradáció példája hasonlóságokat mutat az emberiség történetében bekövetkezett exponenciális létszám-növekedéssel, azzal a különbséggel, hogy a népességyarapodás üteme a *Homo sapiens* esetében még nem fordult ellenkezőjére, bár a dinamika csillapodása kétségtelen. Ugyanakkor az ún. „gazdaságilag fejlett” országokban, ahol a népességyarapodás már leállt, a további gazdasági növekedéshez szükségelt erőforrások nyakló nélküli kiaknázása továbbra is gyorsuló tendenciát mutat. A fentebb említett okozati kapcsolatok beismerése azonban, most már az ökológiai eltartóképesség határai és a fenntarthatóság között, még ezekben az országokban is nehezen talál támogatásra.

A krízis széles körű háritása mindekelőtt társadalom-lélektani okokra vezethető vissza. Az ismeretlen változástól, a megszokott kényelem esetleges elvesztésétől való félelem nagy úr. Gondolkodásunk fel van készülve a háritás legkülönbözőbb formáira (összszeksűvés-hiedelmek, ellenségkép, pszichikai háritás stb.).

Eltekintve azoktól, akik a krízist gazdasági vagy politikai érdekeltség okán eleve tagadják, nagyon sokan (beleértve a társadalom magasan iskolázott rétegét is) a kirajzolódó biológiai, energetikai és nyersanyagellátási nehézségek megoldását *ugyanattól a technológiai fejlődéstől várják, amely a világméretű krízisért elsősorban felel.* A technológiai lehetőségeket magabiztosan támogatók természetesen elsősorban az adott ágazat fejlesztésében érdekelt „szakértők” vagy politikusok. Az innovációk és műszaki megoldások áttörései azonban eddig csak jól körülhatárolt részproblémák felszámolásában segítettek (ózonlyuk: a freon hajtógáz kivonása, ólommentes benzin).

A műszaki megoldások valóságos kilátásainak taglalása helyett arra hív-



2. kép. A több ezer m magasságot elérő mészkőhegységek az egykori Thetys tenger élőlényeinek 150–250 millió év alatt felhalmozott mészvázaiból keletkeztek

nám fel a figyelmet, hogy mennyire elmarad a komplex válság megoldási lehetőségeinek tárgyalása során annak a rendszernek a figyelembevételé, amelynek az emberiség ténylegesen része, ez pedig nem más, mint a DNS-alapú élet szférája, a bioszféra.

A fizikális természeti erők, a földkéregmozgások, az óceánok és az atmoszféra sok milliárd éve működő, lenyűgöző erői mellett eltörpülni látszanak a geológiai léptékkel mérve fiatal és törékeny bioszféra környezetre gyakorolt hatásai. Nem véletlen, hogy tankönyveinkben az olvasható, hogy „a földtörténet során a csillagászati és geofizikai tényezők voltak leginkább hatással a földi bioszférára.” Ez a kijelentés nagyon hihetőnek tűnik, de csak féligazság. Azért, mert az élet, a bioszféra ökológiai feltételeit nagyrészt a

DNS-alapú élet saját maga alakította, és az ember jövője ezektől függ. Gondoljunk csak a légkör oxigéntartalmára, vagy a termőtalajra (Attenborough 2020).

Az emberi tevékenység következménye: a globális biológiai rövidzárlat

Láthatólag az emberi társadalom mindent megtesz, hogy függetleníse magát attól a rendszertől, amelynek a működését egyszerűen nem érti és nem is kíván abba beleilleszkedni. Pedig pontosan az ember bioszférában folytatott tevékenysége okozza a globálisan jelentkező válságot azzal, hogy „*biológiai rövidzárlatot*” idéz elő. Az ember az iparosodás óta alapvetően megváltoztatta a természetes szénforgalmat, a szénforgalom mindkét ágában (szöv.dob.).

Körforgalom és zsákutca: a szénforgalom két útja a bioszférában

Az *élő* rendszerben a „szénkörforgalom” során a növényi szervezet a nappól *érkező* fotonok energiáját felhasználva, *CO₂ és víz felhasználásával szerves anyagot szintetizál* (fotoszintézis), ezáltal – mintegy akkumulátorként – a beérkező energiát betárolja. A folyamat során „melléktermékként” oxigént szabadít fel a légkörbe. A fogyasztó és lebontó szervezetek a növényi szerves anyagban lekötött energiát több lépcsőben, a tápláléklánc szintjein hasznosítják. Az energianyerés (légzés) során mindig *CO₂ szabadul fel*, amelyet majd a növények ismételt befognak; ez a szén-dioxid tehát a légkörben folyamatos körforgásban van.

Azonban a képződött szerves anyag egy része a folyamat egy másik

ágán kikerül a forgalomból, azaz nem bomlik le, illetve nem fogyasztják el. Ehhez levegőtől elzárt (anaerob) körülmények szükségesek. A tenger- vagy tófenékre lerakódott szerves anyag geológiai korszakok során *ásványosodhat*, széntartalma nem szabadul fel. Tehát a szén útja a bioszférában nem teljes körforgalom, egy része eltemetve, ásványi szén vagy szénhidrogének formájában halmozódik fel évmilliókon át. A körforgalomból kikerült szénlerakódás tette lehetővé a légköri oxigénkoncentráció növekedését, a légköri *CO₂-szint* alacsonyan tartását, és ezzel a szárazföldi élet evolúcióját. A karbon ásványi felhalmozódása több mint 400 millió éve tart.



3. kép. A bükkábrányi külszíni fejtés a mocsárciprus erdők tanúfáival a kőszénrétegek-nél lényegesen fiatalabb korszakból maradt fenn; a lignit elégetésével mindössze 5–8 millió éve megkötött szén szabadul fel

Következményében szembetűnő a föld alatti és tenger alatti ásványi karbon tartalékok feltárása és energiacélú hasznosítása, amely a szén és szénhidrogének elégetésével olyan CO₂-források felszabadítását eredményezi, amelyek hosszú geológiai korszakok alatt jöttek létre, és akár százmillió évekig *nem vettek részt* a szén körforgalmában. (A szintén komoly következményekkel járó környezetkárosítással, műanyag hulladékkal itt most nem foglalkozunk.)

Következményeiben kevésbé feltűnő, de jelentőségét tekintve hasonlóan súlyos az ember beavatkozása a szén természetes körforgalmába, amellyel durván megváltoztatta a fajok szerepét és jelentőségét. Ez a változás az ember és az ember által fogyasztott háziállatok biomasszájának radikális növekedésén jól lemérhető

Újabb becslések szerint, a földi emlős fajok szén biomasszája 96%-át *ma már az ember* (0,06 Gt)³ és *tenyésztett háziállatai* (0,1 Gt) alkotják. A vadon élő emlősfajok csak a maradék 4%-ot adják.

A kőkorszakban, az állattenyésztést még nem ismerő ember biomasszája az emlős fajokból alig lehetett több, mint 1%. Ezzel az ember gyakorlatilag *a tápláléklánc két fontos csoportjának,*

a növényevő és a húsevő emlősöknek a szerepét rövidre zárta. (A biomassza arányokból természetesen a faji összetétel változása nem vezethető le.) Megjegyzendő, hogy a modern ember áttérése a döntően növényi táplálékról jórészt állati fehérjére azért kedvezőtlen, mert a fehérje állati újraszintetizálásának hatékonysága a növényi táplálékból mindössze 10% körül van.

A növényi, fotoszintetizáló biomassza a „rövidzárlat” során, a civilizáció előtti állapothoz képest *felére* reduká-

lódott, ez az erdőterület csökkenésével függ össze. A teljes állatvilághoz és emberhez (2 Gt) mérten biomasszája még ma is óriási, 450 Gt, de ebből leszámítandó a fás növények inert dendromasszája; a fennmaradó 150 Gt-nyi levél- és gyökértömeg ezerszerese az ember és háziállatai együttes biomasszájának (1. táblázat). Ebből mindössze 10 Gt esik a mezőgazdasági növények biomasszájára, amelynek több mint fele a háziállatok takarmányának megtermelésére szolgál. Mindamellet az élet rendszerében az ember korántsem a tankönyvekben szereplő ökológiai piramis csúcsán helyezkedik el. Éppen ellenkezőleg, a biológiai rövidzárlat a „felsőbb”, specializált fogyasztó és lebontó szintek kiszorításával jár, és a szerves anyagokból felépülő élet rendszerét primitívebb, szegényesebb irányba tereli.

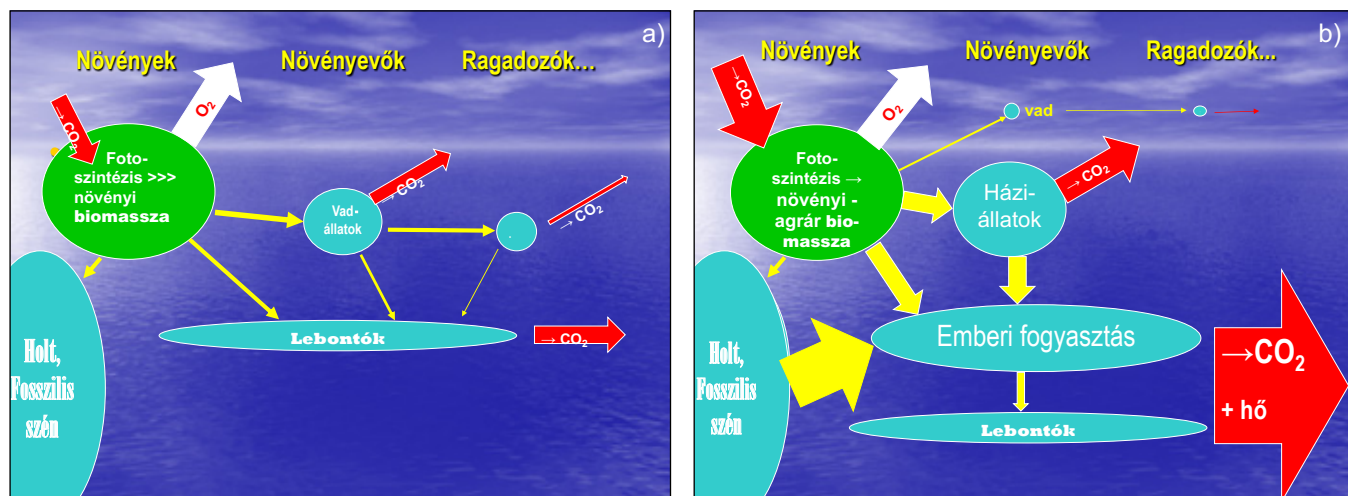
Az emberiség létszámának és fogyasztásának egyelőre megállíthatatlan növekedése kényszerűen okozza a biodiverzitás csökkenését, azaz a többi növény- és állatfaj kiszorulását a táplálékhálóból. A faji (és egyben genetikai) készlet csökkenésének következményei eközben sokszor rejtve maradnak, a nem mindig nyilvánvaló kölcsönhatások miatt. Néha az ökoszisztéma látható példával is szolgál a sokféleség váratlan előnyeire (4. kép).

Egy adott pillanatban látszólag „fölösleges” (redundáns) fajok, gének jelenléte mindamellet a rendszerműködés alapvető tulajdonsága, és az evolúciós játszma lényegi eleme. A sokféleség

1. táblázat. A földi (tengeri és szárazföldi) biomassza becsült megoszlása, és bizonytalansága, fontosabb szervezeti csoportok szerint, gigatonnában (Gt). A súly adatok a szerves anyag nettó széntartalmára vonatkoznak (Bar-On et al. 2018 adataiból, egyszerűsítve)

| | Biomassza (Gt) | Bizonytalanság (sokszoros tévedés) |
|------------------------------------|-----------------------|---|
| Növények | 450 | 1,2 |
| Baktériumok | 70 | 10 |
| Gombák | 12 | 3 |
| Archaeák (ősbaktériumok) | 7 | 13 |
| Protiszták (végtlények) | 4 | 4 |
| Ember és állatok, összesen | 2 | 5 |
| – ebből ember | 0,06 | |
| – tenyészállatok | 0,1 | |
| – vadon élő emlősök | 0,007 | |
| – vadon élő madarak | 0,002 | |
| – halak | 0,7 | |
| – szárazföldi ízeltlábúak | 0,2 | |
| – tengeri ízeltlábúak, puhatestűek | 1,0 | |
| Vírusok | 0,2 | 20 |
| Összesen | 550 | 1,7 |

³ A gigatonna (Gt) egy milliárd tonna. A biomassza százalék és súly adatok a szerves anyag nettó széntartalmára vonatkoznak.



1. ábra. A „biológiai rövidzárlat” a tápláléklánban, természeti körülmények és emberi beavatás mellett. a) A szénkörforgalom természeti rendje; b) A szén körforgalma és a CO₂-kibocsátás az ipari forradalom óta. A diagramok nem tényleges arányokat mutatnak, csak a folyamat elvi lényegét érzékeltetik

rombolása a bioszféra helyreállító képességét, az alkalmazkodás lehetőségeit rontja, és az *evolúció egyfajta felmondását jelenti* az ember részéről (Mátyás 2020). Ebbe az irányba hat az ember és környezete egyre fokozódó technizálása is. Jelenleg az emberi habitus (fenotípus) evolúciót helyettesítő, technikai kiterjesztésének gyorsulását éljük meg; a bioszféra alkalmazkodási lehetőségei ezáltal is rohamosan szűkülnek

A „rövidzárlat” következménye a légkör CO₂-koncentrációjának közismert emelkedése, amely az ipari forradalom előtti értéket (280 ppm)⁴ már 50%-kal meghaladta, 2022 végén már 416 ppm értéknél tartott. A biológiai rövidzárlat során a széntartalmú szerves anyag év-százmilliók óta tartó kivonásának és ásványosodásának folyamata *visszájára fordult*, és a kibányászott karbon oxidálása (elégetése) révén többlet-szén-dioxid formájában

az atmoszférát és az óceánokat terheli, az ismert következményekkel.

A civilizált embert érő egészségi és lelki problémák nagy valószínűséggel összefüggésben vannak a *biológiai szénforgalom zavarásával*, vagyis rövidzárlatával is. Az 1. táblázatban szereplő biomasszaszámok elgondolkodtatók abból a szempontból, hogy az élet rendszerében, globálisan meghatározó szerepéhez képest, mennyire csekély részarányt képvisel az ember. A felsorolt, jóval nagyobb biomasszájú további élőlénycsoportok (pl. baktériumok, vírusok) a földi környezet és az élő sokféleség drasztikus átalakulásával még meglepetésekkel szolgálhatnak.

Van-e megoldás?

Az evolúció ütemét sokszorosan meghaladó *biológiai* változások természetesen nem feleltethetik a hasonlóan gyors *gazdasági* változások hatását a globális nyersanyag- és energiahelyzetre. A két folyamat szorosan összefüggő, és egymás nélkül nem oldható meg. A nagy kérdés az, hogy milyen tanulság vonható le a többféle irányú válság megelőzése, vagy legalább korlátozása érdekében?

A kerekasztal-beszélgetésen elhangzott, hogy az üres szólalomoknak, az önbecsapásnak, az érdekezérelt és áltudományos hártásoknak a végére értünk. Bizonyos, hogy drasztikus változásokra van szükség (Krekó 2022, Lányi 2022). A szükséges teendőket egyedi szinten, legalábbis elméletben, egyre többen belátják, ezt nemzetközi és hazai véleményfelmérések is bizonyítják. Az egyéni, önkéntes élet-

⁴ ppm: milliomodrés



4. kép. Az elegyesség – mint az erdei biodiverzitás egyik legnyilvánvalóbb megjelenési formája – egyértelműen pozitív hatással van az erdők ellenálló és alkalmazkodóképességére. A gyaljaslepké tömegszaporodása idején a nyiladék bal oldalán látható cseres kocsányos tölgyes fái 60–70%-os lombvesztést szenvedtek. Mivel mindkét fafaj a gyaljaslepké preferált tápnövénye, a rovar szempontjából ez gyakorlatilag egy magas tápnövény-koncentrációt kínáló elegyetlen állomány. Ezzel szemben a jobb oldali, szilve- és hársakkal és kőrissel elegyes erdőrésztelben a tölgyeken is csak 15% körüli lombhiány lépett fel. A kép 2005 júniusában, Dobán (Veszprém megye) készült (Kép és képfelirat: Dr. Csóka György)



5. kép. A „területfejlesztés” hazánkban is gyorsuló ütemben foglal el elsősorban szántóterületeket. Az utóbbi két évtizedben évente átlagosan 46 ezer hektárral, vagyis naponta egy 100 m széles, 12,6 km hosszú területtel csökkent a biológiailag aktív felület. A „kivett terület” nagysága 2018 óta már megelőzi az erdők összterületét (Mátyás 2019)

mód-változtatás azonban önmagában kevés. Az állampolgár csak akkor lesz hajlandó fogyasztási szokásai, életmódja gyökeres felülvizsgálatára, ha a megszorítások az egész társadalomra érvényesek lesznek. Ezt csak nagy támogatást élvező, határozott társadalmi elvárás kényszerítheti ki. A megvalósítás kulcsa egy általánosan elfogadott szemléleti változás, amely megkönnyíti és elfogadhatóvá teszi az áldozatvállalás értelmének és pozitív hatásának belátását a társadalom szintjén. Ráadásul mindez csak nemzetközi együttműködéssel, egyetértésben vezethet eredményre. Nincs külön út, a változások és hatásaik globálisak, hatásai alól senki sem vonhatja ki magát (Lányi 2022, Takács-Sánta 2022).

A társadalmi szemlélet gyökeres és gyors átforgalmazásában nagy felelőssége van a tudományos igényű népszerűsít-

tésnek és kommunikációnak szóban, írásban és az internetes média világában, és mindenekelőtt a szemléletet alakító oktatásnak, az óvodától az egyetemig – és azon túl. A változtatás alapvető feltételeinek megteremtése a mindenkori politika fontos teendője. Ehhez magas szintű elszántság, demokrácia, bizalom, és a legrosszabb emberi ösztönök visszaszorítása szükséges. A mindeddig képmutató ígéretekre korlátozó nemzetközi egyetértés és szolidaritás építése nélkül a változás nem lesz végrehajtható (Mátyás 2019).

Irodalom

- Attenborough, D. (2020): Egy élet a bolygónkon. (ford. Makovecz B.) Park Kiadó, 307.
- Bar-On, Y. M.; Phillips, R.; Milo, R.: (2018): The biomass distribution on Earth. Proceedings of the National Academy of Sciences, 25: 6506–6511. <https://doi.org/10.1073/pnas.1711842115>
- Krekó P. (2022): Tudományszkepszis: nem az ostoba emberek ópiuma. Magyar Tudomány, 183, 8, 1031–1043.
- Lányi A. (2022): Az emberiség túlélése nem technikai, hanem politikai kérdés. Válasz Online, 11.10.
- Mátyás Cs. (szerk.) (1996): Erdészeti ökológia. Eltartóképesség és egyedszám. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 23–24.
- Mátyás Cs. (2019): Életbarát-e műveltségünk? Miért visszhangtalan a biodiverzitás krízis? Magyar Szemle, 11–12: 123–125. https://www.researchgate.net/publication/348117063_314_Eletbarat-e_muveltsegunkMiert_visszhangtalan_a_biodiverzitas_krizis
- Mátyás Cs. (2020a): A változások százszor gyorsabbak, mint korábban. nyugat.hu (Józsing A.) 11. 09, https://www.nyugat.hu/cikk/valtozasok_szazszor_gyorsabak_mint_korabban
- Takács-Sánta A. (2022): Válságban a civilizációnk? Igen, és ez páratlan lehetőség a jobb életre! *Válasz Online*, 2022.11.02.

Fotó: **C.Stadler/Bwag/Wikimedia** (2), **eudrone.hu** (5), **NASA** (6)



6. kép. A DNS-alapú élet egyetlen bolygója a Föld. Az élettelen Holdról is mutatja a pezsgő élet szféráját, a vizet és az oxigén- és páradús légkört

Honlapjaink:

www.oee.hu

www.azevfaja.hu

www.erdokhete.hu

www.vandorgyules.hu

www.erdeivandor.hu