

VÉGES RENDSZERBEN VÉGTELEN NÖVEKEDÉS?*

Gondolatok Láng István és Kerekes Sándor
Megalakult a Túlélés Szellemi Kör című írásához

Papp Sándor

professor emeritus, a kémiai tudomány doktora
Pannon Egyetem

Örökségünk a XX. századból

Bár az írás alapját képező előadás 2009-ben hangzott el, úgy gondolom, hogy legfontosabb megállapításai ma talán még érvényesebbek, mint elhangzása idején. Láng István írásához – sok más mellett – elsősorban az kapcsolja, hogy a szövegben a fenntarthatóság különböző értelmezési kereteinek alakulása kapcsán a túlélésre mint egyszerűbben értelmezhető fogalomra utalok.

Ha a mögöttünk hagyott század meghatározó tényeit, tendenciáit, folyamatait és értékeit címszavakkal szeretnénk kifejezni, akkor a címszólista élén bizonyára a *növekedés* állna. Egyképpen érvényes ez a Föld lakóinak számát, a gazdaság teljesítményét, a méretek, az erőhatások és a sebességek tényét illetően is. Talán ennek a növekedésorientált mentalitásnak köszönhetik napjainkban nagy népszerűségüket a dinoszauruszok, és ezt tükrözi a Guinness-rekordok könyve is. Jellegetes tendenciája a múlt századnak a *specializáció*.

*Az MTA-VEAB 37. közgyűlésén, 2009. december 5-én elhangzott előadás módosított, szerkesztett változata.

Elsőrendű képességünkkel magasodott, hogy bizonyos részletekben el tudjunk igazodni; a mélység rovására szélességben gyarapodni vagy mérhetetlenül sokat, vagy mérhetetlenül keveset jelent, s ráadásul még gyanúba is keveredhet az ember. A specializáció megajándékozott bennünket a szelektív gondolkodás (instrumentális ész, kalkuláló gondolkodás) képességével, s gyakorta a szakértelem csőlítésével. (A részletek trónusára felülni ma egyszerűbb – még ha nem is könnyebb-, mint bejutni az EGÉSZ birodalmába.) Nemkülönben markáns tünete az elmúlt évszadnak a *relativizmus*. Posztmodern (egy vélemények szerint „pózmodern”) korban semmi sem biztos, semmire sincs garancia, és bármi megkérdőjelezhető. Hajlandók vagyunk elutasítani az egyetemes értékeket (a különös fontosabb, mint az általános), hasonlóan az emberi létezés megbízható alapjait és az objektív tudás lehetőségét; a periféria mindig fontosabb, mint a centrum. Szorosan kapcsolódik évszázadnyi múltunkhoz a *gyorsabban* életérzése. Nem csupán közlekedési eszközeink egyre nagyobb sebességéről van itt szó csupán, hanem elsősorban életünk

felgyorsult tempójáról, hajszoltságáról, üzöttségéről; minél rövidebb időintervallumba egyre több cselekvést kívánunk belegyömszölni. Szophoklész még azt mondhatta: „az idő kegyes istenség”. Az idő ma ostort pattogat! Döntő változáson esett át ebben a korban az ember *éntudata, önértelmezése*. A fogyasztói társadalmakban megszületik a túldimenzionált énközpontúság, az elszabadult individuuum, némi „költői” túlzással az üvöltő magány szabadsága. Elég vagyok magamnak, meg akarom valósítani magam, hagyjatok békén, megvan a magam baja – fogalmazódik meg ekképpen az „embertárs nélküli humanizmus” eszménye, ha ilyen egyáltalán létezhet.

Gyakorlatiasabb területre érve – az elmúlt száz év meghozta az erőszak és a terrorizmus eddig nem tapasztalt mértékét és terjedését. Az erőszak egyszerre van jelen az utcán, a sportstadionokban, az iskolákban, a családban és újabban az egészségügyi intézményekben is. A terrorizmus nemzetközi méreteket öltött, és számos helyén a világnak létezik az állami szintre emelt erőszak, amelynek megvalósításához – minő ellentmondás – gyakran a legfejlettebb demokráciák hadiipara a megbízható fegyverszállító. Európa és az Egyesült Államok fokozódó mértékben szembesülnek a *migráció* jelenségével. Kezdetben voltak a politikai, majd a gazdasági, napjainkban pedig fokozódó mértékben jelennek meg a környezeti menekültek. A migránsok befogadása sok esetben a munkaerőgondok rövid távú kezelését ugyan lehetővé tette, ám mára alig kezelhető konfliktusokat szült a bevándorlók alapvetően eltérő mentalitásbeli, vallási, erkölcsi és értékfelfogás-beli különbözősége miatt, nem is beszélve a demográfiai jellemzőkben megmutatózó különbözőségekről. Az elmúlt században az információ-

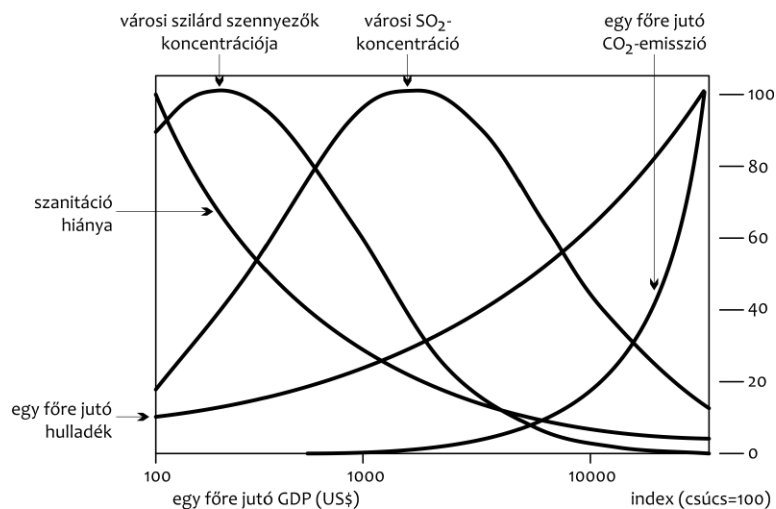
technológia szinte követhetetlen fejlődésének köszönhetően létrejött az úgynevezett harmadik valóság, a *virtuális valóság*, egy megállapítás szerint a *digitális éden*. Mások, utalva az egyre növekvő kiberbűnözésre, virtuális vadnyugatról beszélnek. Ebben a térben minden úgy történhet, ahogy mi akarjuk (interaktivitás, számítógépes szerepjátékok), ami a háromdimenziós fizikai valóságban, szemben a kétdimenziós képi valósággal, ritkán adatik meg nekünk. És végül – a *globalizáció*. Irodalma könyvtárnyi, és ha ennek a folyamatnak a lényegét tömören szeretnénk megfogalmazni, akkor azt mondhatjuk: a globalizáció az euró-amerikai civilizáció kísérlete arra, hogy értékvilágát, érdekviszonyait, technológiai – gazdasági – pénzügyi struktúráit, társadalmi és politikai intézménymintáit átvigye azokra a társadalmakra, amelyek más úton jutottak el a mába, azaz másként teljesítették a történelem legfőbb programját, a túlélést!

Hálás feladat lehetne most a vázolt címszavakat egyenként és alaposabban megvizsgálni, ám ezen a helyen engedtessek meg, hogy csupán az elsővel, a növekedéssel foglalkozzam. A Föld lakóinak száma száz év alatt megháromszorozódott (ma hétmilliárd fő), a gazdaság teljesítménye húszszorosára, a fosszilis tüzelőanyagok felhasználása harmincszorosára, az ipari termelés ötvenszeresére növekedett. A változások negyötöde 1950 óta következett be. Mi a gond ezzel a növekedéssel? – tehetnénk fel az „álnaív” kérdést. Hiszen tény, hogy az emberiség történelme során ennyi ember, ilyen anyagi körülmények között és a szolgáltatások mai színvonalával mellett még soha nem élt! Ennyi gépjármű, mobiltelefon, televízió még nem szolgált, az élelmiszerek ilyen bősége és választéka még soha nem állt rendelkezésre. A sommás válasz: ez a szinte lélegzetelállító növekedés – különös-

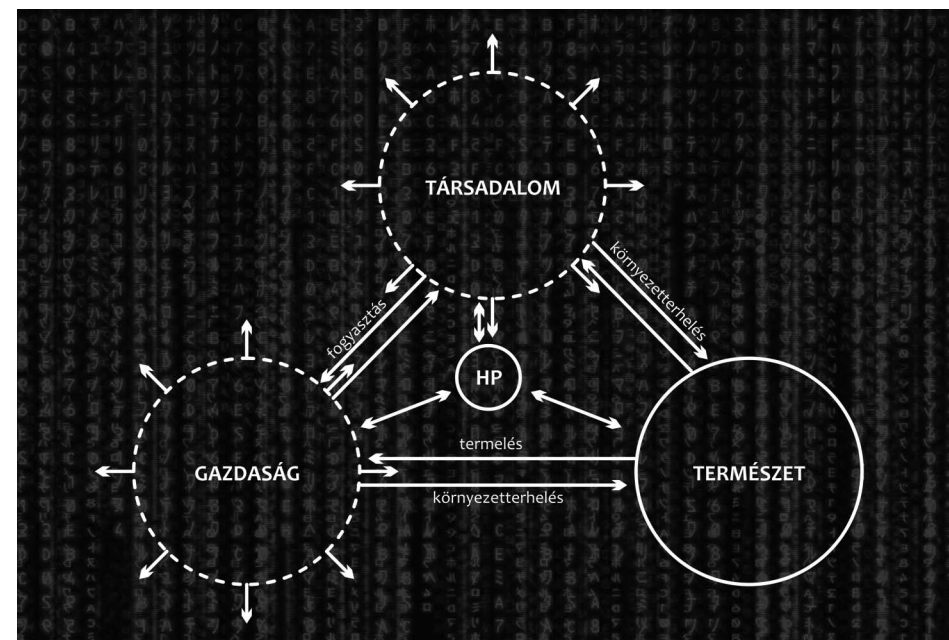
képpen az elmúlt néhány évtizedben – rendkívüli mértékű aránytalanságokat és egyre fokozódó társadalmi és környezeti konfliktusokat generált. A világ népessége növekedik, miközben Európa fogyó, öregedő kontinenssé változott (a migrációnak tehát nem csupán nyomás-, hanem szívásoldali okai is vannak). A Föld ökológiai rendszereiből kitermelt nyersanyagok és energiahordozók nyolcvan százalékát a civilizációs társadalmak húszszázaléknyi lakossága használja fel. Ez utóbbiak úgynevezett „ökológiai lábnyoma” a többiek kárára növekedett meg oly mértékig, ami jóval meghaladja saját lehetőségeit, pontosabban erőforrásait. Az úgynevezett fejlett, illetve fejlődő világ közötti konfliktusok szinte elviselhetetlen mértékűvé váltak. De a civilizációs társadalmakban is nem kis mértékű „szételegyedés” játszódott le. A társadalmi közép fogatkozóban, kevesen fölfelé, többen lefelé haladnak a jövedelmi ranglétrán. (Az USA-ban a lakosság egy százaléka birtokolja a nemzeti vagyont 33 százalékát, újabb kilenc százalék a további 30 százalékát.) És a

társadalmi konfliktusok fokozódásánál nem kisebb a környezeti elemek rombolásának tempója sem. Globális klímaváltozás, a biológiai sokféleség csökkenése, a trópusi esőerdők mértéktelen irtása, talajpusztulás, savas ülepedés, a sztratoszféra ózonkoncentrációjának ingadozása, hulladékhegyek és szennyvíztengerek – mind-mind indikátorai a természettel szemben viselt hadjáratnak.

Ha a környezeti károk megelőzéséről vagy elhárításáról esik szó, akkor a *mainstream* képviselői mindegyre azt az ellenérvet fogalmazzák meg, hogy ezek alapját csak a gazdasági növekedés teremtheti meg. Ezzel szemben két ellenérv is megfogalmazható. Egy hibát azzal a szemlélettel kijavítani, amivel előidéz-tük, reménytelen vállalkozás (Albert Einstein). A másik ellenérv gyakorlati: még 1992-ben a Világbank vizsgálatokat végzett azt tekintve, hogy bizonyos társadalmi, illetve környezeti folyamatok miként változnak a GDP növekedésével. Kimutatták, hogy a közegészségügy állapota egyértelműen javulást mutat, a városi szilárd szennyezők és a kén-dioxid



1. ábra • GDP és környezet



2. ábra • Civilizációnk három arca

koncentrációja maximumon megy át, ám az egy főre jutó szén-dioxid-kibocsátás, illetve az egy főre jutó hulladék mennyisége a GDP-vel szakadatlanul növekedik (*1. ábra*). Ezek az úgynevezett Kuznets-féle görbék jól mutatják, hogy utóbbi esetekben a gazdasági növekedés nem hoz egyértelmű megoldást.

A civilizációs óriásgép – modellkísérlet

Próbáljuk meg ezek után az euró-amerikai civilizációs óriásgép működésének lényegét modellszerűen megragadni. A modell – mint tudjuk – amputált valóság! Mégis, a feltételek és a tényezők szerencsés megválasztásával néhány helytálló következtetés levonására alkalmat adhat.

A civilizációs struktúrák úgynevezett hármas nagyrendszerként ragadhatók meg, amelynek egyik eleme (részrendszer) a társadalom, a maga értékészletével, érdekvizszo-nyaival és -artikulációjával, intézményeivel,

jogi és garanciális rendszereivel. A másik részrendszer a gazdasági-technológiai objektumok összessége, ahová mindazon tárgyak tartoznak, amelyek emberi aktivitás révén jönnek létre, és amelyek a természetben önmaguktól soha nem keletkeznének. Ez az úgynevezett második valóság vagy művi világ. Az említett két részrendszer működésének „színpada” a természet, az úgynevezett első valóság (vagy másként, a teremtett világ), ami tehát nem emberi munka terméke, és amelyet a kereken tizenháromezer kilométer átmérőjű, megközelítőleg gömb alakú Földünk reprezentál. A Föld úgynevezett zárt rendszer, ami azt jelenti, hogy környezetével, a csillagközi térrel – tömegéhez viszonyítva – jelentéktelen anyagcserét folytat, de a Nap → Föld, illetve a Föld → csillagközi tér hatalmas energifolyama a jelenlegi földi életnek alapvető feltétele.

A modelltől (*2. ábra*) néhány következtetést levonhatunk:

- A hármas nagyrendszer egyes részrendszerei az ember természeti környezet anyagcsere révén (termelés, ill. fogyasztás) szoros kapcsolatban egymáshoz. Az egyes részrendszerekben indukált változások valamilyen formában és mértékben megjelennek a másik két részrendszerben is.
- Az ember–természeti környezet anyagcsere-rét a XX. század második felében korábban nem tapasztalt mértékben intenzifikáltuk. (Egy felmérés szerint évi mintegy százezer megatonna nyersanyagot és energiahordozót termelnek ki a föld ökológiai rendszereiből, és ennek nagy része még ugyanabban az évben hulladék formájában kerül vissza a természeti környezetbe.)
- A hármas nagyrendszer két eleme egyirányú változást (növekedés) mutat, míg a Föld reprezentálta természet zárt rendszer.
- A gazdasági-technológiai részrendszer autonómiája a XX. század második felében rendkívüli mértékben megnövekedett (gazdaságba ágyazott társadalom), és alapvető törvényeit – növekedés, haszonmaximalizálás, költségminimalizálás – a másik két részrendszerre kívánja oktrojálni. Minden emberi kapcsolatot funkcionálissá és piacszerűvé alakít (piaci, jogi szabályozás), és nincs tekintettel arra, hogy a természet folyamatai körfolyamatok. (Ha ma valamiről azt állítják, hogy gazdaságtalan, az lesújtóbb vélemény, mintha valakiről azt mondják, hogy csúnya vagy erkölcstelen – Ernst Friedrich Schumacher).
- Tanulságosak lehetnek a részrendszerekben zajló folyamatok időskálái. A természeti folyamatok időtartama a másodperc törtrésztől évmillióig terjedhet. (Ennek jelentőségét akkor érzékeljük, ha tudjuk,

hogy például az ásványolaj kitermelési sebessége képződési sebességének hatmilliószorosa.) A gazdasági-technológiai részrendszer a minél rövidebb megtérülési időben érdekelt (3–5 év, illetve negyedévenkénti bónuszok). A társadalomban – demokratikus struktúra esetén – általában négyévenkénti politikai forgószínpad, a kor- és sorsproblémákra adott, gyakran rövid szavatossági idejű divatválaszok, tehát a „jelen idő” filozófiája a jellemző. (Az elmondottakból egyértelmű, hogy amennyiben a vetélkedő politikai aktorok között alapvető kérdésekben nincs konszenzus, a cselekvésképtelen demokrácia réme kísért.)

- A folyamatokat leíró törvények mindhárom részrendszerben klasszikus determinisztikus, sztochasztikus (valószínűségi), illetve kaotikus (determinisztikus rendszerek véletlenszerű viselkedése) törvények lehetnek. Az elmondottak megkülönböztetése azért fontos, mert a közvélekedés olykor hajlandó azt hinni, hogy a világ bármely folyamatát a klasszikus determinisztikus törvényekkel (newtoni mechanika) megragadhatjuk.
- A természetben lejátszódó folyamatok függetlenek attól, hogy mit gondolunk róluk. A gazdaságban (és a társadalomban) a folyamatok nem függetlenek velük kapcsolatos gondolatainktól (például inflációs, politikai, recessziós, tőzsdai várakozás stb.). A résztvevő tudat ugyanis ebben az esetben behatol az események szerkezetébe, és megváltoztatja azt. Amiről beszélünk, azt módosítjuk, azáltal, ahogyan beszélünk róla. A valósághoz fűződő viszonyunk kognitív mozzanata tehát – a descartes-i *res cogitans* – *res extensa* értelmében – nem választható el mereven a par-

ticipatív, illetve manipulatív mozzanattól. Sajátos reflexív viszony alakul ki tehát, ami a Heisenberg-féle bizonytalansági elvhez hasonló, ahol – mint tudjuk – a mikroobjektum és a mérőeszköz kölcsönhatása során (mérés) a mikroobjektumnak nem az eredeti, zavarmentes állapotáról, hanem a mérőeszközzel való kölcsönhatás során kialakuló, módosult állapotáról szerezhetünk tudomást.

- A természet rendjét, önszabályozó és -korrigáló folyamatait évmilliók/évmilliárdok evolúciója körfolyamatokban alakította, csiszolta össze; a technika, immanens természetét, lényegét szem előtt tartva, méret, erő és sebesség tekintetében önkorlátozó elvet nem ismer (például állandósult növekedési kényszer), ily módon nem rendelkezik az önkorlátozás, az önszabályozás képességével (Ernst Friedrich Schumacher). Ugyanez érvényes a gazdaság növekedési folyamataira is (egyirányú változás), amelyek önszabályozásra ily módon – hosszabb távon nem képesek. (A jelenlegi gazdasági-pénzügyi krízis eléggé meggyőző bizonyítéka lehet ennek.) Ha a gazdasági növekedésnek nincs külső kontrollja, ellensúlya, entrópiikus folyamat indul meg, amelynek vége az elszabadult rendszer csupán összeomlás útján történő „önkorrekciója”.

Egy-másfél évtizeddel ezelőtt – az imént vázolt korlátok kirajzolódása kapcsán – megszületett a *harmonikus fejlődés* paradigmája. Ezt mihamar a *fenntartható fejlődés* elvének koncepciójává követte, majd a kör bővült, és a társadalmi – politikai diskurzus új fogalmat hozott forgalomba: fenntartható társadalom. Napjainkban már gyakran csupán *fenntarthatóságról* beszélünk, s ez a gondolatfolyam a nem távoli jövőben a talán sokkal egysze-

rűbben értelmezhető *túlélésnek* adhatja át a helyét.

A szóban forgó fogalmak kapcsán óriási nehézségek jelentkeznek – elméleti és gyakorlati szempontból egyaránt. A természettudományokban egy fogalom a tisztázó viták során letisztul, kikristályosodik, míg a társadalomtudományokban éppen az ellenkezője történik: a fogalom sokrétűvé, kontúr nélkülivé, diffúzzá válik, egyre újabb és újabb olvasatok (dekonstrukció), értelmezések születtek meg. A gyakorlati probléma pedig ott jelentkezik, hogy a hármas nagyrendszer egyes elemeiben – társadalom, gazdaság, természet – mind a fenntarthatóság, mind a fejlődés eltérő, érdekfüggő és egymásnak ellentmondó értelmezést nyerhet.

Hogy a harmonikus fejlődés megvalósítható-e, arra választ kapunk, ha az egyes részrendszerek értéktartalmát megvizsgáljuk, és összevetjük. A gazdasági-technológiai részrendszer alapértékei: hatékonyság, termelékenység, növekedés, haszonmaximalizálás, költségminimalizálás, mamutechnológiák és -szervezetek, monokultúrák, hatalom- és hódításorientáltság. Az ökológiai rendszerek alapértékei: változatosság, sokszínűség, kiegyenlítőképeség, körfolyamatok, öngyógyító-képeség, kölcsönös függőség, fenntarthatóság. A társadalmi struktúrák pedig alapvetően két típusba sorolhatók be. Az egyik alapértékei: dogma, hierarchia, diszciplína (tekintélyelvű, szélső esetben diktatorikus rendszerek, ahol nincs vita, diszkusszió, csak utasítás és végrehajtás). A másiké: értékpluralizmus (értékrelativizmus), mellérendelő (horizontális) vagy hálózati társadalom, permisszivitás (megengedő magatartás). A második típus szélső esetben cselekvésképtelen demokráciát reprezentál (hamis illetékeségtudat, bárki, bárhol, bármikor, bármiben ügyfél lehet).

Az értéktartalmak összevetése alapján „harmóniára” nem nagyon számíthatunk az egyes rendszerelemek együttes működése során, ám van mód a működés optimalizálására. Az egyes értékek egymást támogató vagy semlegesítő, illetve kizáró volta azután meghatározza, hogy az optimalizáció milyen szinten lehetséges.

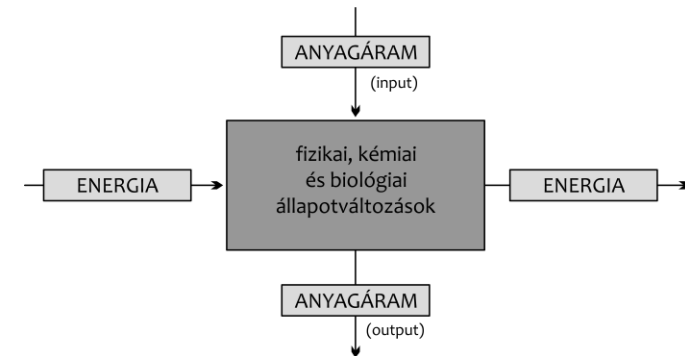
A vázolt hármas nagrendszer a globalizáció folyamatában – Alan Greenspan, az amerikai központi jegybank korábbi elnökét idézve – ijesztően nagygyá, áttekinthetetlenül bonyolulttá és ördögi gyorsasággal átalakulóvá változott. Kire hárul – tehetnénk fel a kérdést – ennek a rendszernek a szabályozása, illetve vezérlése. Demokratikus struktúrákban nyilvánvalóan a *Homo politicusra*, a közügyekkel foglalkozó szereplőkre (2. ábra). Tévedés ne essék, nem csupán a választott közszereplőkről van szó. Demokratikus viszonyok között minden polgár *Homo politicus*, hiszen a demokrácia azon hálózat, amelynek működtetésében és ellenőrzésében minden polgár alanyi jogon vesz részt, kifejezésre jutva ezzel szubjektumát. A választott közszereplők felelőssége – a dolog természetéből fakadóan – kétségkívül jóval nagyobb. Valljuk be, a feladat nem könnyű. A legmagasabb szintű felkészültséget, empátiát, szociális érzékenységet, toleranciát, kölcsönösséget és együttműködési készséget feltételezve sem könnyű a feladat az „ijesztően nagygyá, áttekinthetetlenül bonyolulttá és ördögi gyorsasággal átalakulóvá vált világban” a szabályozás és a vezérlés mesterei (művészi) szinten történő megoldása. Hát még, ha a szükséges képességek hiányoznak, vagy csak töredékesen léteznek! Ezért tűnhet fel úgy a posztmodern tömegdemokráciákban, hogy a választott *Homo politicus* nem szabályoz és vezérel, csupán „tüzet olt”, ahol arra éppen a legnagyobb

szükség van. S a kor- és sorskérdésekre töredékes, rövid szavatossági idejű divatválaszok születnek. A jó *Homo politicus* – egy mondás szerint – olyan, mint a kubista festő: egyszerűre látja a kockának mind a hat oldalát. Mint-hogy fizikai tapasztalás (látás) révén csak három oldalt észlelhet, a másik hármát intuitív tudás és tudat, mély empátia, szociális érzékenység kapcsán, tehát nem kvantifikálható módon kell megközelítenie és megragadnia. Ebben áll(na) a politika művészete!

Jól kommunikálunk-e a természettel?

Az elmúlt két-háromszáz évben a valóság, a természet racionális, tapasztalati úton történő megközelítése és megértése hatalmas és lenyűgöző mennyiségű és minőségű ismeretanyag felhalmozását, a legkülönfélébb struktúrák jellemzését, a legváltozatosabb folyamatok törvényekkel kifejezett megragadását, leírását tette lehetővé. Az ily módon feltárt törvényszerűségek alapján káprázatos technikák és technológiák születtek meg kielégítő az emberi igényeket. A folyamat korábban nem tapasztalt specializációhoz vezetett el, amelynek alapján az ismeretek diszciplínákba rendeződtek (fizika, kémia, biológia, geológia, ...), majd ezek az idők folyamán rész-, illetve szubdiszciplínákra sporadizálódtak. Oly mértékben, hogy nem csupán az alapvető diszciplínák között, de azokon belül is rendkívül beszűkül az átjárás lehetősége.

Mindez addig nem okozott különösebb gondot, amíg a XX. század második felére a természeti környezetbe történő emberi beavatkozás mértéke el nem érte mai szintjét, és világossá nem vált, hogy az eddig még nem tapasztalt léptékű beavatkozás várható hatásainak előzetes becslése, illetve a beavatkozással okozott drasztikus változások következményeinek megszüntetése diszciplináris alapon



3. ábra • Az ökológiai rendszerek dobozmodellje

csak töredékesen és nem kielégítő megbízhatósággal lehetséges. Kiderült továbbá, hogy az induktív, analitikus, redukcionista, atomizáló közelítéssel hozott racionális döntések alapján álló cselekvés az ökológiai rendszerekbe való beavatkozás során háromféle eredményhez, illetve következményhez vezet(het): szándékolt és bekövetkezett esemény; szándékolt és nem bekövetkezett esemény; nem szándékolt és bekövetkezett esemény. Az események értelmezését ráadásul megnehezíti, hogy időskálájuk jelentősen eltérő lehet.

Richard Feynman Nobel-díjas fizikus mintegy három évtizeddel ezelőtt így fogalmazott: az emberi értelem a természetet – pusztán célszerűségi okokból – fizikára, kémiára, biológiára, geológiára osztja fel, ám figyelemmel kell lennünk arra, hogy a természetnek erről a felosztásról nincs tudomása. (Az iménti okfejtés természetesen nem vonatkozik a laboratóriumi kísérletek során általunk konstruált fiktív-, pseudo- vagy szimulált valóság vizsgálatára.) Feynman figyelmeztető gondolatát máig nem igazán sikerült felfogásunk meghatározó elemévé tenni.

A természet mint egységes egész, mint rendszer szemléletét, az ökológiai gondolkodás szükségességét a XIX. század 60-as éveiben Ernst Haeckel német biológus fogalmazta

meg először: az ökológia a természet háztartását leíró tan, tehát olyan tudomány, amely az organizmusok egymás közötti és a környezetükhöz kapcsolódó viszonyával foglalkozik.

Ezen szemlélet alapja az, hogy a folyamatos anyag- és energiaáramlás alapján a Föld bármely önkényesen választott, természetes vagy csupán elvi határokkal rendelkező részre nyitott rendszernek (kvázi-egyensúlyi rendszer) tekinthető. Tetszőleges rész vagy tetszőleges szféra úgynevezett dobozként kezelhető (3. ábra), amelybe anyag és energia áramlik, ezt követően fizikai (geológiai), kémiai és biológiai állapotváltozások játszódnak le, majd a térből anyag és energia távozik. A vizsgált részrendszerre természetesen érvényes az anyag-, az energia- és az impulzusmegmaradás elve, nem csupán a rendszer teljes tömegére, hanem bármely elegendően hosszú élettartamú kémiai elemre is.

Mindazon fizikai vagy kémiai folyamatok, amelyek primer módon egy anyag koncentrációjának növekedéséhez vezetnek, úgynevezett *forrásként* (Quelle) kezelendők (Q), megfordítva, bármely folyamatot, amely az anyag koncentrációjának csökkenését eredményezi (anyagkiáramlás, kémiai átalakulás) *nyelőnek* (Senke) nevezzük (S). A fentiekhez kapcsolódva a következő paraméterek defi-

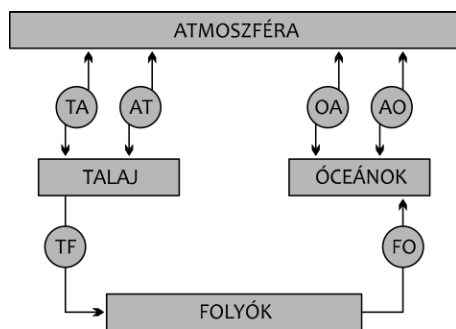
niálhatók: anyagáram (mol s⁻¹, kg s⁻¹); az anyagáram sűrűsége (mol s⁻¹ m⁻², kg s⁻¹ m⁻²). Globális léptékű anyagáram esetén tömeg-egységként a teragrammot (tTg = 10¹²g) használják, ami technikailag használatos megatonna (tMt = 10⁶t) egységgel számszerűleg megegyezik. A tartózkodási időt átlagos áthaladási időként, τ (turnover) definiálhatjuk; reciproka az áthaladási sebesség. Stacionárius állapotban egy kémiai komponens koncentrációjára (c) a következő összefüggés érvényes:

$$dc/dt = Q - S = 0$$

Mínthogy az ökológiai rendszerek nyitottak, az egyensúlyi állapot esetükben csupán többé-kevésbé közelíthető meg. A természeti rendszerek reális viselkedésének leírása kapcsán tehát a következő egyszerűsítő feltételeket kell bevezetnünk:

- azok a reakciók, amelyek a kiszemelt komponens tartózkodási idejéhez (turnover) képest nagyon gyorsan játszódnak le, egyensúlyra vezetnek;
- azok a reakciók pedig, amelyek a kiszemelt komponens tartózkodási idejéhez képest nagyon lassan játszódnak le, figyelmen kívül hagyhatók.

Az ökológiai rendszer mint az anyag komplex szerveződési formája élő szervezetekből, azok élettelen környezetének kompo-



4. ábra • A globális anyagkörforgás sémája

nenseiből és technikai (antropogén) tényezőkből tevődik össze, amelyek szerkezeti és funkcionális kapcsolatok révén tartoznak egybe. Az ökológiai rendszerek térben és időben korlátozottak, más rendszerekkel anyagcserét folytatnak, anyagcsere révén egymáshoz kapcsolódnak, éppen ezért külső tényezők állapotukat megzavarhatják. Jellemző rájuk a hosszú időn keresztül fennmaradó stacionárius állapot, és dinamikájukat az energiaáramlás és az anyagátalakulás határozza meg. (Ez a szemlélet az ökológiai rendszerek jóval komplexebb közelítésmódját feltételezi, mintha azokat csupán mintavételi helyszíneként értelmeznénk.)

Az ökológiai rendszereket természeti (természetközeli) és városi-ipari rendszerekre (erős emberi beavatkozás) oszthatjuk fel. A legfontosabb természeti rendszerek: szárazföldi vagy teresztriális; tengeri és limnológiai. A városi-ipari rendszerek (nooszféra) az emberi beavatkozás révén jelentősen módosult természeti rendszerekből állnak.

Egy ökológiai rendszer állapota és minősége biotikus és abiotikus faktoroktól függ. Elvileg bármely tényező képes arra, hogy az ökológiai rendszer stabilitásának határt szabjon abban az esetben, ha mértéke azon tartományban mozog, amely az egyes organizmusok számára érvényes toleranciahatárral egybeesik. Az ökológiai rendszerek azon képessége, hogy külső hatásokat kiegyenlítsenek, és önmagukat dinamikus egyensúlyban tartsák, lényegében véve a különböző korlátozó tényezők időben változó kombinációjától függ.

A globális anyagkörforgás, az ökológiai rendszerek közötti anyagáramlás sémáját a 4. ábra mutatja be.

Pusztán szemléltetés céljából – külön magyarázat nélkül – bemutatjuk a biológiailag esszenciális elem, a karbonium körforgá-

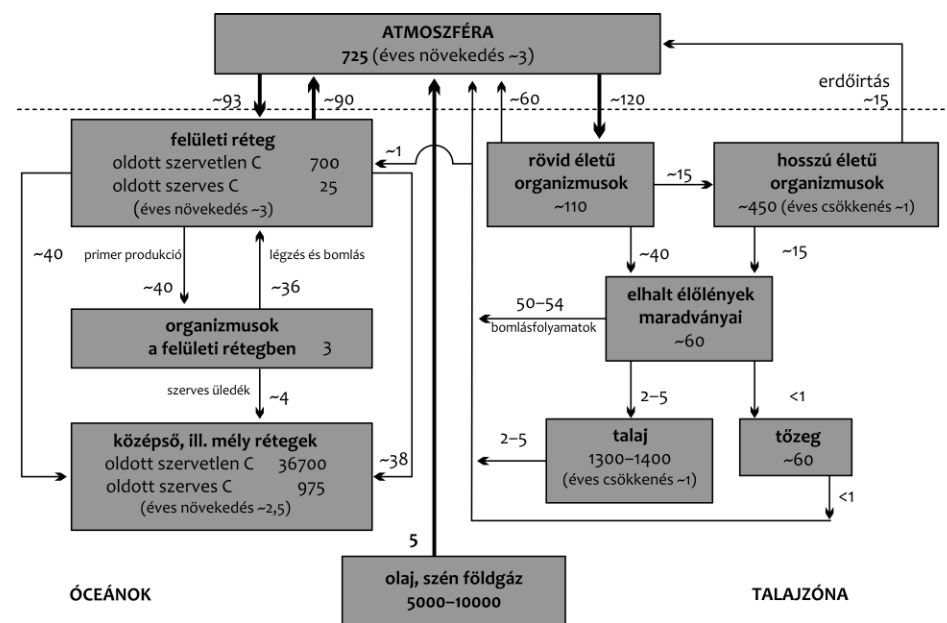
sának klasszikus dobozmodelljét, ahol a „dobozokban” (rezervoárok) található számok az ott helyet foglaló anyagmennyiségeket, a dobozok közötti kapcsolatot jelző nyilak mellettiek pedig az éves „vándorló” mennyiségeket reprezentálják (5. ábra). (A Bolin-féle modell legszembetűnőbb változása, hogy az antropogén emisszió az eltelt időben közelítőleg megduplázódott!) Röviden összefoglalva, a kémiai elemek biogeokémiai körforgása a következőkről tájékoztat:

- az adott elem milyen mennyiségben, koncentrációban és vegyület (részecskefajta) formájában van jelen az egyes rezervoárookban;
- milyen mértékű az egyes rezervoárok közötti anyagtranszport;
- melyek azok a kémiai, biológiai és fizikai (geológiai) mechanizmusok, amelyek az anyagtranszportok szabályozzák;

- a természeti vagy antropogén tényezők előidézte anyagtranszport milyen környezeti változásokat hoz létre;
- az előző hatására a természetben létrejövő szabályozó (kiegyenlítő) mechanizmusok.

A kémiai elemek biogeokémiai körforgása természetének felderítése nem csupán elméleti szempontból jelentős, hanem az emberiséget napjainkban érintő kihívásokra szükségképpen adandó helyes választ tekintve is alapvetően fontos:

- az élelmiszertermelés és annak függése a hőmérséklettől és más éghajlati tényezőktől; a tápanyag hozzáférhetősége, toxikus anyagok jelenléte;
- a globális éghajlat természeti és antropogén tényezői és körülményei;
- savas ülepedés, ennek hatása az ökológiai rendszerekre, a jelenség antropogén összetevői;



5. ábra • Rezervoárok és anyagáramok a karboniumciklusban (10¹⁵ g C; 10¹⁵ g a⁻¹), Bert Bolin (1986) alapján

- a sztratoszféra ózontartalma, hatása az emberi egészségre és az élővilágra, érzékenysége a szennyező nyomgázok jelenlétére;
- növényvédők szerek és más szintetikus vegyi anyagok globális jelenléte, perzisztenciájuk, ezen anyagok terjedési módja és átalakulásuk, valamint lebomlásuk az ökológiai rendszerekben;
- ipari ökológia, ipari szimbiózis, technikai-technológiai, illetve hozzájuk kapcsolódó társadalmi problémák.

Az imént felvázolt kérdések a társadalom működése szempontjából alapvetőek, ezért nagy kihívást jelentenek a tudományos (szakmai) közösségek számára is. Azt ugyan nem állíthatjuk, hogy a problémák tudományos – technikai megértése egyben azok megoldását is jelentené, de az is bizonyosnak látszik, hogy számos társadalmi kérdés megoldása ezek megismerése nélkül elképzelhetetlen. A rendszerek megértése – összetett voltuk miatt – számos diszciplína integrációját kívánja meg, és ha a tudományos közösség képtelen lesz arra, hogy az ökológiai rendszerek leírásához szükséges diszciplínákat integrálja, egészen biztos, hogy a társadalom nem fog megbirkózni az előtte álló feladatokkal.

A megoldás a jelenlegi tudományos struktúrák mélyreható átalakítását követeli meg. Ehhez az szükséges, hogy a diszciplináris közelítésmódot kiegészítse, illetve felváltsa az interdiszciplináris (integratív) látásmód, ami a kutatás szervezeti modelljét tekintve is változásokat hoz magával: mellérendelt, heterogén összetételű és időben változó kutatási struktúrák, „állandó társulat helyett, stagioné rendszer”. Az eszköz-, illetve módszerközpontú megismerés a problémamegoldó megismerés felé tolódik el. Fontos figyelemmel lennünk arra, hogy a diszciplináris, illetve integratív közelítésmód ezen felfogás szerint nem

jelentenek külön, egymást kizáró minőséget, eltérő entitást, hanem a megismerés mint EGÉSZ két pólusát reprezentálják.

Következtetések és kihívások

Az elmondottak után próbáljuk meg röviden felvázolni, hogy a hármas nagyrendszer egyes elemei kapcsán melyek a legfontosabb következtetések, egyben a halaszthatatlanul választ igénylő kihívások.

Gazdaság

- Véges térben (Föld) végtelen gazdasági-technológiai növekedés nem lehetséges.
- A gazdaság mai dominanciáját funkcionális autonómiává kell átalakítani. A társadalom egzisztenciáját nem lehet csak egyetlen nyelven, egy fogalomkészlettel, egyféle szóhasználattal (gazdaság) kifejezni.
- Az árucsere, a pénz, a piac civilizációnk immanens kategóriáit jelentik, megszüntetésük nem lehetséges, de társadalmi ellenőrzésük szükséges.
- Számos környezeti probléma és társadalmi gond megoldása csupán a gazdasági növekedést szem előtt tartva, továbbá nemzeti határok között nem lehetséges.
- A gazdaság súlyosbodó problémáit kizárólag gazdasági eszközökkel orvosolni egyre inkább „münchhauseni vállalkozásnak” tűnik fel.

Társadalom

- A hamis illetékeségtudat – bárki, bárhol, bármikor, bármiben ügyfél lehet – a demokratikus politikai struktúra cselekvésképtelenségéhez vezethet.
- A „semmi sem biztos, semmire sincs garancia, bármilyen megkérdőjelezhető” posztmodern relativizmusa a társadalmat organikus rendszerből mechanikus halmazzá fokozza le („magányos együttlét”, „ember embernek farkasa”).

- A korlátok nélküli szabadság (normanélküliség) maga a káosz, míg a szélsőséges tekintélyelvűség (kizárólagos illetékeségtudat) a diktatúra bestialitásához vezet (szabadság szülte organikus, illetve autoritás kikényszerítette mechanikus-bürokratikus rend).
- Az egyetemes emberi szabadságjogok mellett azonos hangsúllyal szükséges érvényre juttatni az egyetemes kötelességtudat és felelősségvállalás eszményét.

Természet

- A természetbe történő nagyképű emberi beavatkozás következményeinek előzetes becslése és utólagos elhárítása – mivel a természeti környezet komplex nagyrendszer – a specializáción alapuló diszciplináris közelítéssel csak töredékesen lehetséges. Erre integrált, mellérendelő, időben változó összetételű, problémamegoldásra orientált kutatási struktúrák adhatnak lehetőséget.
- A természeti erőforrások felhasználásának a megértésen és nem az erőn (minden határon túli haszonszerzés) kell alapulnia. A természettel való kommunikáció nyelvét újra kell tanulnunk.
- A megértés önmagában véve nem jelent megóvást. A dolgok iránti tisztelet nélkül minden közönségessé válik. Aki tiszteli a dolgokat, lemond arról, hogy csupán birtokba vegye, és saját céljaira használja őket (Romano Guardini).
- A társadalmi szerződés történeti mintája szerint szükséges a „természeti szerződés” megkötése, jogszabályokban történő rögzítése (úgynevezett harmadik generációs jogok); garanciák és szankciók által a jogok működőképessé tétele.

A felsorolt kihívásokra a válaszok nagy valószínűséggel a távlatos gondolkodáson, rend-

szerszemléleten, a takarékoság elvének érvényesítésén, a helyi erőforrások fokozott bevonásán és az oktatás célrendszerének újraformálásán kell alapulnia. A rövid távú haszon érdekében nem ignorálhatjuk a hosszú távú következmények számbavételét. Ma a dolgokat – az egyszerűbbnek látszó, gyorsabb és kizárólag érdekezérelt döntés meghozatala érdekében – igyekszünk kiszakítani a lehető legteljesebb összefüggésrendszerükből. Az ilyen döntések kétségesek, és állandósuló reformkényszert szülnék. A fogyasztás kialakult három szintjéből (szükséges, presztízs-, ill. zabolátlan fogyasztás) a harmadik, valamint részben a második az erőforrások pazarlásával jár, azok nem kívánt mértékű igénybevételét jelentik. (Ezt a magatartást nem igazolhatja a *miért, hát megfizettük?* indignálódott reakciója sem!) A helyi erőforrások fokozódó felhasználása megteremti a termelő–fogyasztó csaknem közvetlen kapcsolatot (könnyebb termékellenőrzés), másfelől csökkennek a szállítással összefüggő energiaköltségek, továbbá a környezetterhelés. (Természetesen látnunk kell, hogy a megapoliszok ellátása ezen az úton adott esetben nem több, mint illúzió.)

Az oktatás célrendszerének középpontjában ma minden határon túl a *kiképzés* ideája áll. Ki kell képezni azt a csereszabatos munkaerőt, amely a technológiai és gazdasági folyamatokban szinte azonnal és bárhol elhelyezhető, amely számára a munkahely- vagy szakképzettségváltás nem jelent semmiféle gondot. Tagadhatatlan, hogy a munkaerő mobilitása a civilizációs társadalmak működésének elengedhetetlen feltétele. Nagy hátrány azonban, hogy ez a szemlélet megreked a jelen idő horizontján. Csupán a pillanatnyi feladatokra koncentrálnak, és híjával van a távlatos gondolkodásnak. (Csak az a probléma érdekes, ami közvetlenül előttünk van.)

A mai oktatási rendszerek csaknem teljeséggel lemondtak a *kinevelés* feladatának el látásáról. Ez az út pedig a társadalom normánélkülivé válása felé (anómia) vezet. Természetesen a *kinevelés* végletekig relativizált értékek mentén elképzelhetetlen, a természet (teremtés) rendjének és a közösségnek a megzavarásától ily módon legfeljebb a büntetőjogi felelősségre vonástól való félelem és nem a „belülről irányított” ember erkölcsi normái tartanak vissza bennünket. Hasonlóképpen, a mai iskola nem tartja elsőrendű feladatának a *kiművelést* sem. Kétségkívül, ez az állítás, mint sommás vélemény, akár az elutasítással is szembesülhet, hiszen a tanulók szinte fuldokolnak a rájuk zúduló információóceánban. Ám figyelemmel kell lennünk arra, hogy bármely nagyságú információtömeg, ha nem szervesül, ha nem válik rendszerezetté, és nem tartalmazza az emberi élet teljességének kibontakoztatásához szükséges ismereteket, csupán pótszer lehet. Ily módon a legfőbb dologról, az emberi minőségről feledkezünk meg, azaz az embernek ama képességéről, hogy válaszolni tudjon a legváratlanabb kihívásra, és élni tudjon a legszokatlanabb lehetőséggel is (Aurelio Peccei). Rendszerszemléletű gondolkodásra csak az ebben az értelemben kiművelt ember képes.

H. G. Wells még a múlt század első felében azt írta: a jövőt egyre inkább az oktatás és a katasztrófa versenyfutása alakítja majd. Ha az állítás igazságtartalmát részben kétségbe is vonhatjuk, azt nem áll módunkban tagadni, hogy a ma iskolája a holnap társadalmát elővételezi.

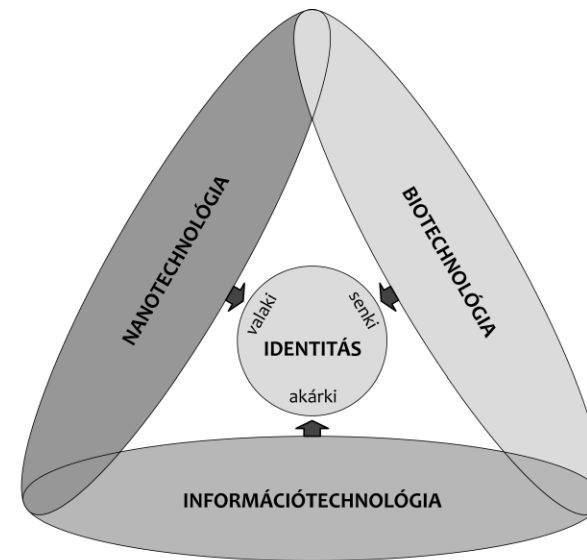
Fenntarthatóság és identitás

A vázolt kihívásokra adandó válasz lehetőségét és minőségét alapvetően az fogja meghatározni, hogy a még előttünk álló XXI. század-

ban miként formálódik önazonosságunk, az önértelmezés, az éntudat, azaz az identitás. (Az identitás időben változó, társadalmi termék és tipikusan a XX. század szülötte.)

Az identitás – egy közelítés szerint – hármas rétegződésű: valaki-, senki-, akárki identitás. Az első tipikusan a fogyasztói társadalmak terméke, státusz-identitásnak is nevezhetjük. Az egyén valakivé akar válni, adott státusz elérésére törekszik, hiszen az bizonyos előnyökkel jár együtt. Mára ez a vágy sok tekintetben elvezetett a korábban már említett túldimenzionált énközpontúsághoz, az individuuum elszabadulásához. A senki-identitás (hamis identitás vagy identitás nélkülség) legpontosabb definícióját a múlt századi Amerika hetvenes éveiben a punkfilozófia vázolta fel: *szex* és *drog* és *rock and roll*. Ma ehhez a képernyő- és a netfüggést is hozzászámíthatjuk. Itt a lényeg egy roppant erős külső érzéki hatás, amelyre az énben pillanatnyi belső készlet alakul ki. Mindeközben eltűnik a múlt, és nincs lehetőség arra, hogy cselekedeteink jövőbeli következményeivel számot vessünk. Az akárki-identitást tömeg-identitásnak is nevezik. Ebben az esetben az *éntudat* átadja a helyét a *mitudatnak*. A rendszerint ideológiai alapon szerveződő csoportok, közösségek egyes tagjai a csoport többi tagjával azonossá, mi több, tőlük megkülönböztethetetlené válnak. Ez az identitás érhető tetten a sportstadionok tomboló szurkolóiban, a popkoncertek eksztatikus örömben hajladozó árnyalakjaiban és a tömegrendezvények zsigeri megnyilvánulásaiban.

A három réteg egyszerre van jelen bennünk, időben változó módon és arányban. Vizsgálódásunk szempontjából azonban az igazán lényeges most az, hogy ezen hármas réteggű identitást a már ma is létező három technológia – információs-, bio-, illetve na-



INFORMÁCIÓTECHNOLÓGIA • megszűnő különbség a háromdimenziós fizikai valóság és a kétdimenziós virtuális valóság között (interaktivitás)

BIOTECHNOLÓGIA • megszűnő különbség a generációk között (külső megjelenés, egészségi állapot, reprodukív képesség)

NANOTECHNOLÓGIA • megszűnő különbség az én és a külvilág között (a testet a külvilágtól elválasztó határfelületek átjárhatóvá válnak)

6. ábra • Fenntarthatóság és identitás

notechológia – miként képes befolyásolni (6. ábra).

Az információtechnológia révén elmosódik a különbség a háromdimenziós fizikai valóság és a kétdimenziós virtuális valóság (interaktivitás, számítógépes szerepjátékok) között. (A 2. ábrán a virtuális valóságot a háttér mintázat jelzi.) A biotechnológia képes arra, hogy a generációk közötti különbséget (külső megjelenés, egészségi állapot, reprodukív képesség) megszüntesse. Külön hangsúlyozandó, hogy ezt a technológiát nemcsak terápiás, hanem széles körben kozmetikai célokra is alkalmazzák (plasztikai sebészet, kozmetikai farmakológia, génsébsészet), s ezen az úton a tudatmódosítástól a személyiség-váltságig bezárólag beláthatatlan lehetőségek

adódnak. A nanotechnológia megszünteti az „én” és a külvilág közötti különbséget. Nanoméretben tárgyak, eszközök és kémiai rendszerek számára a testet a külvilágtól elválasztó külső (bőr) és a belső határfelületek átjárhatóvá válnak, amelyeken át mikroméretben ilyen transzportra nincs lehetőség.

Ezek a lehetőségek elgondolkodtató és meglehetősen félelmes távlatokat nyithatnak meg előttünk. Különösen, ha arra gondolunk, hogy mára megjelentek azok az elképzelések, amelyek szerint nem az emberi aktivitás által szétrombolt ökológiai rendszereket kell helyreállítanunk, hogy azok megfeleljenek a mai emberi biológiumnak, hanem az utóbbit kell illesztenünk a megváltozott környezeti állapothoz. (Wilhelm Ostwaldhoz, a XIX-

XX. század fordulójának neves kémikusához kapcsolódik a következő anekdota: königsbergi (ma Kalinyingrád) házának kertjében halastavat alakított ki. Amikor egy barátja megkérdezte, miért ezek a csúszós, nyálkás halak és nem a pompás pávák és gyöngytyúk, Ostwald azt válaszolta: „majd bolond leszek fűteni a világegyetemet!” Közlebbi magyarázat, azt hiszem, nem szükséges. De képzeljünk el egy olyan emberféle lényt, amely anyagcseréjét a mindenkori környezeti hőmérsékleten végzi. Micsoda beláthatatlan energiatakarékosságra – élelmiszerek, energia-hordozók – kínálkoznék ily módon lehetőség, nem is beszélve másfajta „előnyökről”. Az elmondottak korántsem minősíthetők afféle karkai abszurdnak. Dougal Dixon brit geológus és fikciós művek szerzője egy könyvében fel is vázol egy ún. *aquamorph*-ot, amely kétszáz év múlva a tengerekben élne.)

Messze vezetne annak taglalása, hogy az előttünk álló kihívásokra adandó válaszokat tekintve mely identitásrét(ek) alapján lehetünk sikeresek, és teremthetjük meg a jövő

fenntartható társadalmát. Ezt tekintve vannak komoly aggodalomra okot adó jelek. Fejezzük be mégis a francia költő, Paul Valéry biztató szavaival: az élet, a jövő sohasem reménytelen, mert mindig azok határozzák meg, akik hisznek benne, és nem azok, akik tagadják. A hitnek abban az értelmében talán, ahogy a fizikus Werner Heisenberg fogalmazott: minden emberi cselekedet kezdetén a hit áll. És ez feltehetően független attól, hogy a hit szakrális vagy szekuláris értelmezéséről van szó. Ellenkező esetben a bennünket olykor megérintő planetáris félelem jegyében reménytelenné vagy embertelenné válunk. Ma már mindkettőre utaló jelekkel találkozhatunk.

Kulcsszavak: *örökségünk a 20. századból; civilizációnk modellje; ember – természeti környezet kommunikáció; diszciplináris és/vagy integrális közelítés; a természetben minden körbejár; a kémiai elemek biogeokémiai körforgása; kihívások és válaszok a társadalom – gazdaság – természet hármis nagyszisztemben; identitás – fenntarthatóság – túlélés*

IRODALOM

- A világ helyzete* sorozat – A washingtoni Worldwatch Institute évenkénti jelentése a fenntartható társadalomhoz vezető folyamatokról. Föld Napja Alapítvány, Budapest
- Diamond, Jared (2007): *Összeomlás*. Typotex, Budapest
- Fukuyama, Francis (2003): *Poszthumán jövődönk*. Európa, Budapest
- Greenfield, Susan (2009): *Identitás a XXI. században*. HVG Könyvek, Budapest
- Kerekes Sándor (2009): *A környezetgazdaságtan alapjai*. Aula, Budapest
- Kóródi Mária (szerk.) (2009): *Az erőszak kultúrája – Fenntartható-e a fejlődés*. Pallas, Budapest
- Meadows, Donella et al. (2005): *A növekedés határai – harminc év múltán*. Kossuth, Budapest

- Mészáros Ernő (2001): *A környezettudomány alapjai*. Akadémiai, Budapest
- Papp Sándor (2002): *Biokémia – körfolyamatok a természetben*. Veszprémi Egyetemi, Veszprém
- Papp Sándor (2002): *Fagyöngy-civilizáció*. Új Horizont, Veszprém
- Papp Sándor (2010): *Titanic-szindróma – kis világi eszkatológia*. Pannon Egyetemi, Veszprém
- Schlesinger, William H. (1997): *Biogeochemistry*. Academic Press, San Diego
- Tillmann József Attila (szerk.) (1994, 2004): *A későújkori józansága I–II*. Göncöl, Budapest
- Vida Gábor (2001): *Hejyünk a bioszférában*. Typotex, Budapest

Megemlékezés

Ádám György Állami és Széchenyi-díjas magyar orvos, pszichofiziológus, egyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja 2013. február 3-án, 91 éves korában elhunyt. Elmenetelével természetesen úr maradt, ugyanakkor szellemi és emberi öröksége bennünk él tovább.

Ádám György Nagyváradon született 1922. augusztus 25-én. Érettségi után először órásság lett, majd megszerzte a mesteri képesítést. Kedvtelése, az órák javítása egész életén át elkísérte.

A Kolozsvári Egyetemen, majd a Pázmány Péter Tudományegyetem Orvosi Karán (a mai Semmelweis Egyetem) tanult, itt kapott 1949-ben orvosi diplomát. Egy évi kórházi orvosi munka után, 1950-tól a Budapesti Orvostudományi Egyetem (később Semmelweis Orvostudományi Egyetem) Élettani Intézetének munkatársa lett. 1952 és 1955 között a leningrádi Pavlov Intézet aspiránsaként kutatott, majd visszatért a SOTE Élettani Intézetébe, ahol önálló ideglettani munkacsoportot szervezett és vezetett. 1966-ban meghívták az Eötvös Loránd Tudományegyetemre, majd egy évvel később az általa alapított Összehasonlító Élettani Tanszék vezetője lett. 1970–1972 között a Magyar Tudományos Akadémia Pszichológiai Intézete igaz-



ÁDÁM GYÖRGY

1922 – 2013

gatója volt. Ebben az évben választották az ELTE rektorává, illetve az MTA Elnökségébe. Előbbi pozíciót 1978-ig, utóbbit 1977-ig viselte. 1992-től volt professor emeritus, és kutatóprofesszorként dolgozott. Kutatási területe az összehasonlító ember- és állatélettan, az agykutatás, valamint a pszichofiziológia. Ádám György professzor több száz publikációt és tucatnyi könyvet írt magyar, angol, német és orosz nyelven.

Ádám György 1955-ben a biológiai tudományokban

kandidátusi, 1965-ben akadémiai doktori címet szerzett. Az MTA Pszichológiai Bizottsága és Neurobiológiai Bizottsága elnöke, később tagja lett. 1970-ben megválasztották a Magyar Tudományos Akadémia levelező, 1979-ben rendes tagjává. Akadémiai tisztségei mellett jelentős tevékenységet folytatott a tudományos ismeretterjesztésben: 1978 és 1990 között a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat (TIT), 1994-től a Magyar Pedagógiai Társaság elnöke volt. Számos tudományos szakfolyóirat szerkesztőbizottságában dolgozott, és több (francia, orosz és amerikai) külföldi tudományos társaság tiszteleti tagjaként is tevékenykedett.

Példamutató volt Ádám professzor tanácsadó és tudomány-népszerűsítési mun-