

Vida Gábor

## Merre tovább?\*

„Állj meg, nézz, és figyelj!” Jobb mottó, mint: „Nézz utána az előrejelzésekben!” – javasolja *Ernst Schumacher* A kicsi szép című híres könyvének Jövőbe látó gép? fejezetében. Mint írja, ahol az emberi szabadságnak jelentős szerepe van, s ma még ez a helyzet a tudományban, a jövő történései nagymértékben kiszámíthatatlanok. A múlt és a jelen minél jobb ismerete azonban jó támpont lehet a sikeresebb jövő tervezéséhez.

Akadémiánk 175 éves múltjának ünneplése minderre kitűnő alkalom volt. A magyar tudomány és benne a magyar biológia számos jelentős eredménnyel büszkélkedhet. De mielőtt ki-ki visszatérne laboratóriumába, a terepre vagy az íróasztalához, hogy további scientometriás pontokat gyűjtson a következő pályázathoz, még egy rövid megállást és körülnézést szeretnék Önöktől kérni.

Rohanó világunkban körülnézésre alig van időnk. A „lépéstartás Európával” divatosabb jelszó, mint annak firtatása, hová is megyünk. A nyáj-szellem („herding behaviour”) azonban nem mindig jó tanácsadó, ahogyan azt *Vicsek Tamás* tagtársunk és munkatársai nemrég megjelent cikkükben a Nature-ben (Helbing et al. 2000) megmutatták. Előfordulhat, hogy kedvezőbb vagy fontosabb irányokról terelődik el a figyelmünk. Manapság sajnos a csólátás dominál.

Messze vezetne annak kifejtése, hogy hogyan lett a valaha széles tájékozottságú igazi tudósból a rész tudományok szűk specialistája, s milyen következményekkel jár mindez. Itt csupán utalok *Mott Greene* (1997) nevezetes publikációjára, amely a tudományban újabban jellemző szétforgácsolódásra és a szintézisek elmaradására hívja fel a figyelmet. (Hasonló gondokkal magam is foglalkoztam: *Vida 1998.*) Hiába, a kutatásban is verseny van, s olykor úgy tűnik, nem is az a fontos, hogy mit fedezünk fel vagy ismerünk meg, hanem az, hogy kinek sikerül előbb. A versenyfutásban kialakult helyzetet kitűnően jellemzi az a rövid levél, melyet az előbb említett Greene-cikkre válaszul írt egy brazil immunológus: „Nem értek egyet Greene konklúziójá-

\* Az MTA 2000. november 8-i ünnepi közgyűlése alkalmából elhangzott előadás szerkesztett változata.

val. Véleményem szerint saját kutatási területünkön kívüleső problémák megvitatásában a fő akadály az, hogy kevés a tudásunk. Amíg én a HIV tropizmus CD4-gp120 interakcióit és a CCR5/CXCR4 diszkriminációt osztályozom, új receptorokat írnak le, s tudásom teljesen elavul.

Az 'információs hálózat' olyan óriási, hogy még a saját szűk szakterületünkről sem tudunk mindent elolvasni, s közben még kutatni is. Emellett a publikációs kényszer egyre erősödik, a review cikkek száma fogy, s elképesztő méreteket ölt más kutatási területek eredményeinek ignorálása" (Bongertz, 1997).

A versenyben való lemaradás csak az egyik kellemetlensége a megálló és tájékozódó kutatónak. A szélesebb körben végzett tájékozódásával szerzett, szükségszerűen felszínesebb tudással önmaga aggodalmaskodó pesszimiztává válhat, tudóstársai pedig territóriumaikra betolakodó dilettánsnak címkézhetik. Szélsőséges esetben, ha az észlelt hiányosságok okainak szövedékét túl sokáig bogozza, könnyen ragadhat bele a gazdasági bajok szféráin át a politika mocsarába. E figyelmeztetések előrebocsátásával nézzünk először körül a biológia berkeiben.

Középiskolai ismereteink alapján tudjuk, hogy a biológiai rendszerek hierarchikusan szervezettek. A molekulától a földi bioszféráig terjedő skálán az egyedi, individuális szint fontos választóvonal. A biológiai kutatások történetében a kiindulás az egyed volt. Ennek boncolásával, majd a mikroszkóp használatával jutottak el a múlt században a sejt és az organelumok szintjéig, majd a 20. században a molekuláris szint kutatása vált egyre dominánsabbá. E látványosan sikeres kutatás oka a biológia hierarchikus rendszeréből következik. A biológiai jelenségek a molekuláris szinten gyorsabbak, egyszerűbbek, sokaságokban elemezhetők, ismételhetők. Ideális kísérleti feltételek. Az egyszerűség természetesen viszonylagos, csak a magasabb szerveződési szintekhez képest igaz. Az is igaz viszont, hogy e magasabb szintek kutatása során a legmélyebb molekuláris szintű események részletei legtöbbször elhanyagolhatók.

Az egyed feletti szerveződési szinteken a jelenségek jóval lassabbak, többnyire hónapokban, években, sőt, évmilliókban mérhetők. Ugyanakkor az ismételhetőség is körülményesebb vagy lehetetlen. Mindebből érthető az biológiai kutatások (és kutatók) mai megoszlása. A kérdés csupán az, hogy jó-e ez így? Arra is gondolhatnánk, hogy ahogy a molekuláris szint eredményekkel telítődik, a kutatások egyre magasabb szintre tevődnek át. Bár kétségkívül vannak erre utaló jelek is, hiszen a funkcionális genomikától a fejlődésgenetikán, sőt evodevotikán (evolúciós fejlődésgenetikán), a molekuláris taxonómián, ökológián át a kutatások a társulásszerveződés kérdéseiig is eljutnak, ugyanakkor újabb perspektívák nyílnak meg a szigorúan molekuláris szinten is.

Említhetjük például a femtobiológiát, mely a pillanat legkisebb töredékének skáláján vizsgál molekuláris változásokat, a HUGO (emberi genom leolvasása) programból metilációs mintázatokra kiterjesztett Humán Epigenomika Programot. Mi több, egy vakmerő kaliforniai kutatócsoport *Peter Schultz* vezetésével éppen most készül 250 millió dollárt elkölteni új mesterséges bázisokkal szerkesztett nukleinsavak, új aminosavakból álló fehérjék és teljesen új genetikai rendszerű élőlények létrehozására – írja a

„Teremtés hetedik napja” című cikkében a Science rovatvezetője 2000. július 14-én...

Bámulatos eredmények, fantasztikus perspektívák! De mi van a biológiai szerveződés túlsó végén, a bioszféra szintjén? Innen jönnek a rossz hírek. Ezeket pedig egy bizonyos afrikai röpképtelen madár módjára szeretnénk nem tudomásul venni. Pedig rengeteg feltáratlan, megfejtetlen jelenség, információk tömege létezik még ma is az egyed feletti szinteken. Sokak szerint az emberiség jövőjéhez kulcsfontosságú felismerések rejtőznek azokban. Egyre valószínűbb azonban, hogy a természeti jelenségek e magasabb szintjein az ember hamarabb teszi tönkre a működő ökoszisztémákat, mint ahogy megérthetnénk azokat. A legszomorúbb pedig az, hogy mivel már csak a mai, sérült rendszereket elemezhetjük, ezekből teljesen torz képet alkotunk a természet működéséről. Példa erre az a vita, melynek magyar fordítása a Természet Világa 2000. októberi számában olvasható. A valószínűleg mindannyiunk által igen sokra tartott és becsült, Simonyi-díjjal is kitüntetett angol *R. Dawkins* írja: „Paradoxnak hangzik, de ha meg akarjuk őrizni bolygónkat a jövő számára, első lépésként nem szabad több tanácsot elfogadni a természettől. A természet rövid távú darwinista nyerészkedő.”

Valóban, mai bolygatott világunkban az ökológiai szukcesszió törvényeinek megfelelően a fajok „véres, foggal-körömmel” vívott harcát, versenyét látjuk. De ha ez jellemzi a természetet, akkor miért él mégis együtt a trópusi esőerdőkben sok millió faj? A geológiai időskálán is viszonylag változatlan külső feltételek mellett nem tudták eddig dűlőre vinni a dolgot? Hol van a legerősebb, legügyesebb, leghatékonyabb nyertes faj? Nem inkább arról van szó, hogy a versengést elkerülni tudó, a forráson eredményesen osztozkodó, sőt, egymást segítő fajok lesznek a győztesek? Lehet, hogy mégiscsak volna mit tanulni az igazi természettől, persze amíg még van.

A közgyűlésre kapott Tudomány- és Technológiapolitika című kormányprogramot magam is örömmel olvastam. Igaz, hogy a verseny és a versenyszellem sűrűn előforduló szavak a dokumentumban, de az együttműködésre is jelentős hangsúlyt helyez. Akár a sportban, csapaton belül együttműködés, csapatok között verseny. A hazai versenyképesség növelésére roppant biztató ígéretek kaptunk. Pálinkás államtitkár úr előadásából hallhattuk, hogy 2002-re tudományos kutatásra már 100 milliárd forint van betervezve. E fantasztikus számok után csak akkor csillapodik lelkesedésünk, ha a versenyben ugyancsak induló nyugati kollégáink feltételeit vizsgáljuk. A Science és a Nature legutóbbi számaiból megtudhatjuk, hogy Franciaország jövőre 2300 milliárd forintnak megfelelő összeget tervez kutatásra, s az Egyesült Államokban csak az NSF 1500 milliárd forintnyi dollárral rendelkezik, a holland kutatási miniszter pedig kimutatja, hogy a kutatásra és fejlesztésre szánt mostani, évi 740 milliárd forinttal azonos összeggel országa reménytelenül lemarad.

Bár a pénz nyilván csak az egyik tényező a tudományos kutatás eredményességében, mégis elgondolkodtató a versenyfeltételek aránytalansága. Nem jobb stratégia, ökológus nyelven szólva a kompetíció helyett az üres niche keresése, vagy ha ilyen nincs, a niche szegregáció? A kiéleződő versenyben – a sporthoz hasonlóan – egyre több negatív jelenség figyelhető meg, különösen azóta, amióta a scientometria ún. „objektív” mércéi nagyobb

jelentőségre tettek szert pályázatok és posztok elnyerésében, tudományos fokozatok szerzésében. (E témakör külön szimpózium megrendezését igényelné.)

A hazai kutatást is érintő probléma a tudomány elanyagiasodása, iparszerű művelése, titkolózás, sőt félreinformálás a versenybéli jobb helyezéssért. Mindez idegen volt a korábbi alapkutatásban. *Arthur Kornberg* így emlékezik erre az időre (1943): „Nem voltak akkor grantok, a laborfelszerelés gyatra volt... De a tudomány akár gazdag, akár szegény, nagyszerű. Egy kérdést megfogalmazni, melyet, ha sikerül megválaszolni, újabb kérdést nyit meg, s mindezt olyan hasonlóan gondolkodó emberek társaságában, akikkel megoszthatod a váratlan és kitaruló lehetőségek izgalmát – ez az, amiről a tudomány szól” (Kornberg 1995).

Az üzleti világ és a tudomány keveredése komoly veszély forrása lehet. Az érdek vezérelte gazdaság aligha investál másba, mint rövid távon (< 10 év) megtérülő kutatásokba. Az sem lehet vonzó, ha a haszon túl széles körben oszlik meg, mint amilyen pl. a levegő vagy a vizek esetleg javuló minősége. A tudományos kutatás függőségének eredményét kellő humorral mutatja be a *Nature* egyik legutóbbi számának „Futures” rovata, Arkhimédész megidézése címmel (Holt 2000). A fantasztikus történetben egy negyedik évezredi jogász időgép segítségével betoppan Arkhimédészhez, s elmagyarázza neki a szabadalmaztatás előnyeit. Hadd idézzem szabad fordításban a történet tanulsággal szolgáló végét: „A szabadalom – Arkhimédész felfedezése Kr. e. 221-ben – forradalmasította a tudományos világot. A nagy gondolkodók ezentúl ahelyett, hogy felfedezéseiket bárkinek kifejleszték volna, a gazdag kereskedőknek mutatták be, akik vagyonnal rendelkeztek a megfelelő kifejlesztéshez. Mivel pedig ezek kereskedők és nem tudósok voltak, azokat a projekteket finanszírozták, amelyek gyors és kedvező tőkemegtérülést ígértek. Az emberiség ezáltal ugyan sosem ismerte fel a gravitációt, ellenben már Kr. e. 146-ban eljutott a whoopee cushion (= szellentő párna) felfedezéséig.”

E keserű perspektívákat sejtető humor után nézzünk körül a biológiai szerveződés legfelső szintjén. A 20. század egyik legnagyobb, bár kellően nem méltányolt felfedezése a bioszféra és annak csodával határos eddigi működése. Több mint 3 milliárd éven át tartotta bonyolult rendszere bolygónkat az élők számára lakható állapotban alrendszeinek visszacsatolásos hálózataival, s a legutolsó pillanatban megszülte fajunkat, a *Homo sapienst*. Az emberi tevékenység a 20. században érte el azt a szintet, melyben e nagy rendszer működése figyelmeztet minket véges kapacitásaira.

Negyed századdal ezelőtt még vakon bízunk a tudomány és technika mindenhatóságában. Egy neves tudományos lap főszerkesztője pl. így vélekedett a biodiverzitás megőrzésének fölöslegességéről: „A Földön egyedül a testünkben általában megtalálható baktériumok eltűnése fenyegeti komolyan az ember biológiai életképességét. Ami a többi állatot illeti, nincs meggyőző bizonyíték arra, hogy az emberiség nem maradhat fenn akár egyetlen állatfajként a Földön! Ha sikerülne kifejleszteni gazdaságos módszereket arra, hogy szervesen nyersanyagokból vegyi úton állítsunk elő ételeket – ami előbb vagy utóbb valószínűleg meg fog történni – az ember képes lehet

még arra is, hogy függetlenedjék a növényektől, amelyekre mint élelemforrásokra ma még szüksége van ..." (Idézi Schumacher 1991. 106. o.)

Ma már tudjuk, hogy csupán az ún. ökoszisztéma szolgáltatások, melyeket a Földön ma élő, 6,2 milliárd ember ingyen kap a természettől, ha nekünk, embereknek kellene valamiből pótolni, ez a világ összes GDP-jét meghaladó költséget jelentene (Costanza et al. 1997). Az ember most jut el oda, hogy véges kapacitású agyát számítógépek hálózatával megtoldva rájöjjön a nagy trivialisra: csak egy Földünk van, ennek véges felszínén végtelen növekedés nem tartható fenn.

És itt jön a legkeményebb kérdés. A tudomány az emberiséget szolgálja, vagy csupán annak egy kisebbik, amúgy is jóléti részét? Bizhatunk-e abban, hogy sikerül Földünknek még mindig növekvő népességét valamikor a „fejlett” világ szintjére emelni? Földünk globális ökológiájával foglalkozó komoly tudósok állítják, hogy ez lehetetlen. Ehhez több Földre volna szükség. Ha a ma ordítóan kirívó egyenlőtlenséget csökkenteni akarjuk, a fogyasztói társadalom radikális átalakítására lenne szükség, hiszen ez elkerülhetetlenül együtt járna a fejlett világ fogyasztási szintjének drasztikus csökkentésével.

A sokat hangoztatott fenntartható fejlődés megvalósításának jó mércéje az *ökológiai lábnyom*. Ez durván annak a területnek felel meg, amin egy ember fogyasztási javai előállíthatók, s megtermelt hulladékai eltüntethetők. Ha egy ország lakóinak lábnyom-összege nagyobb, mint a rendelkezésre álló terület (a lábnyomok nem lehetnek átfedőek), az ország vagy más országok rovására él, vagy feléli természeti vagyonát. Az ökológiai lábnyom fogalma még túlságosan új ahhoz, hogy teljes kimunkáltságot várjunk el tőle. Az eddigi kalkulációk (Wackernagel et al. 1999) azonban ijesztőek. A világ legtöbb országának GDP-növekedése mögött a nemzeti tőke, a természeti vagyon elherdálása folyik. Magyarország például a mai gazdálkodást csak egy 50%-kal nagyobb benépesítetlen területtel lenne képes 10 milliós lakosságával és tartósan művelni. Hasonló a helyzet a vizsgált 52 ország többségénél.

Most, amikor már a globális klímaváltozás jelei egyértelműek (Mann 2000), és különösen a hazánkat is sújtó extrémítások (belviz, árvíz, aszály ugyanabban az évben) erősödnek, világszerte kezdjük érezni (Easterling et al. 2000) a közös Föld – *G. Hardin* szavaival élve – „közlegelő tragédiájának” előszelét. E problémák negligálása bűn, hosszú távon pedig katasztrofális.

Akadémiánk egyik legelső tagja, *Vörösmarty Mihály* éppen 200 évvel ezelőtt született. Ünnepi ülésünkben a Szózatot énekelve arra gondoltam, mennyire nem szokás komolyan venni „A nagy világon e kívül / Nincsen számodra hely;” sorokat. Valóban, a tudomány szolgálóinak mindig is szűk volt a haza. „Mentális lábnyomuk” ma is jóval nagyobb, s ez egyáltalán nem baj, sőt, minél átfedőbbek, annál jobb. Lehet, hogy a hazafiasság megtartása mellett ma Vörösmarty is a globális gondokkal küzdene (Gondolatok a könyvtárban)? Esetleg Amerikában keresné az emberiség növekvő problémáinak, pl. az édesvízhiány enyhítésének lehetőségeit (vö. Vörösmarty et al. 2000)?

\*\*\*

Mi tehát a válasz a merre tovább kérdésre? A válasz egyszerűen is megadható: Ki-ki menjen, amerre lát. Az viszont már jobb kérdés, hogy merre látunk! Tájékozódjunk és döntsünk!

Schumacherrel kezdtem, hadd zárjak is vele! „Arra az örömteli következtetésre kell jutnom, hogy az életet – ideértve a gazdasági életet is – még mindig érdemes élni, hiszen eléggé megjövendőtlentlen ahhoz, hogy érdekes legyen” (Schumacher: A kicsi szép 246. o.)

#### IRODALOM:

- Bongertz, V.* (1997): Correspondence. *Nature* 389. 538.
- Costanza, R. et al.* (1997): The value of the world's ecosystems and natural capital. *Nature* 387. 253–260.
- Dawkins, R.* (2000): Nyílt levél Károly herceghez. *Természet Világa* (Természettudományi Közlöny) 131. (10) 471–472.
- Easterling, D.A. et al.* (2000): Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science* 289. 2068–2074
- Greene, M.T.* (1997): What cannot be said in science. *Nature* 388. 619–620.
- Helbing, D., I. Farkas and T. Vicsek* (2000): Simulating dynamical features of escape panic. *Nature* 407. 487–490.
- Holt, T.* (2000): Subpoenaed in Syracuse. *Nature* 407. 841.
- Kornberg, A.* (1995): Science in the stationary phase. *Science* 269. 1799.
- Mann, M.E.* (2000): Lessons for a new millennium. *Science* 289. 253–254.
- Schumacher, E.* (1991): A kicsi szép. Közg. és Jogi Könyvkiadó, Budapest
- Vida G.* (1998): Sötét gondolatok a részről és egészről s a tudományról. *Liget* 9. (11) 4–7., ill. Ezredforduló 6. 18–20.
- Vörösmarty, C.J. et al.* (2000): Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science* 289. 284–288.
- Wackernagel, M. et al.* (1999): National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics* 29. 375–390.