

Magyar Tudomány

DARWIN, EVOLÚCIÓ

Hogyan beszélgetnek a sejtek?

Ada Jonat Nobel-díja

A politológia mondanivalója a válságról

Beszélgetés Császár Ákossal

Kitüntetések

A jövő tudósai

2009•12

Főszerkesztő:

CSÁNYI VILMOS

Vezető szerkesztő:

ELEK LÁSZLÓ

Olvasószerkesztő:

MAJOROS KLÁRA

Szerkesztőbizottság:

ÁDÁM GYÖRGY, BENCZE GYULA, BOZÓ LÁSZLÓ, CSÁSZÁR ÁKOS, ENYEDI GYÖRGY,
HAMZA GÁBOR, KOVÁCS FERENC, KÖPECZI BÉLA, LUDASSY MÁRIA,
NIEDERHAUSER EMIL, SOLYOSI FRIGYES, SPÄT ANDRÁS, VAMOS TIBOR

A lapot készítették:

GAZDAG KÁLMÁNNÉ, HALMOS TAMÁS, HOLLÓ VIRÁG, MATSKÁSI ISTVÁN, PERECZ LÁSZLÓ,
SIPOS JÚLIA, SPERLÁGH SÁNDOR, SZABADOS LÁSZLÓ, F. TÓTH TIBOR

Lapterv, tipográfia:

MAKOVECZ BENJAMIN

Szerkesztőség:

1051 Budapest, Nádor utca 7. • Telefon/fax: 3179-524
matud@helka.iif.hu • www.matud.iif.hu
Kiadja az Akaprint Kft. • 1115 Bp., Bártfai u. 65.
Tel.: 2067-975 • akaprint@akaprint.axelero.net

Előfizethető a FOK-TA Bt. címén (1134 Budapest, Gidófalvy L. u. 21.);
a Posta hírlapüzleteiben, az MP Rt. Hírlapelőfizetési és Elektronikus
Posta Igazgatóságánál (HELP) 1846 Budapest, Pf. 863,
valamint a folyóirat kiadójánál: Akaprint Kft. 1115 Bp., Bártfai u. 65.

Előfizetési díj egy évre: 8064 Ft
Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztők.
Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban.

Nyomdai munkák: Akaprint Kft. 26567
Felelős vezető: Freier László
Megjelent: 11,4 (A/5) ív terjedelemben
HU ISSN 0025 0325

TARTALOM

Tanulmány

- Pásztor Erzsébet – Botta-Dukát Zoltán – Czárán Tamás –
Magyar Gabriella – Meszéna Géza: Darwini ökológia 1434
Borhidi Attila: A növényvilág evolúciója és a darwini fejlődésmélete 1444
Szalai Miklós: Darwin kételye, avagy összeegyeztethető-e
az evolúció a naturalizmussal? 1464
Nánay Bence: Hogyan modellezzük a természetes szelekciót? 1478
Pap Erna – Pállinger Éva – Falus András: Hogyan beszélgetnek a sejtek?
Avagy a mikrovezikulák mint a sejtek közötti kommunikáció
újonnan felismert szereplői 1488
Hargittai Magdolna: Ada Jonat Nobel-díja az élet kémiájáért 1495
Horváth Gyula: Regionális egyenlőtlenségek
a kelet- és közép-európai kutatási térségben 1499
Szabó Máté: A válságról – A politológia mondanivalója 1513

Interjú

- Matematika és közélet – Staar Gyula beszélgetése Császár Ákos professzorral,
az Akadémiai Aranyérem kitüntetettjével 1523

Tudós fórum

- Kitüntetések a Magyar Tudomány Ünnepe 1533

Megemlékezés

- Dénes Géza (*Faragó Anna*) 1537

A jövő tudósai – huszonötödik ször

- Bevezető (*Csermely Péter*) 1538
A Nemzeti Tehetségsegítő Tanács a tehetségutánpótlás szolgálatában
(*Balogh László – Havass Miklós – Pakucs János – Szendrő Péter – Bajor Péter*) 1538
További gondolatok a határon túli „szakkollégiumi mozgalomról” (*Farkas Anikó*) 1543
Hozzászólás (*Váczonyi Ottó*) 1545
Nemi sztereotípiák hatása a tudományos teljesítményre (*Sulyok Katalin*) 1545

- Kitekintés (Gimes Júlia)* 1547

Könyvszemle (Sipos Júlia)

- Új vidékpolitika, Párbeszéd a vidékért, A vidék újra-felfedezése:
Glatz Ferenc új könyvéről (*Enyedi György*) 1551
Percz László: Nemzet, filozófia, „nemzeti filozófia” (*Zóka Péter*) 1553
Egy korszakfordító kutatóintézmény dicsérete –
Chikán Ágnes: Biológia mindenkinek (*Ádám György*) 1558



DARWINI ÖKOLÓGIA¹

Pásztor Erzsébet

PhD, ELTE Biológiai Intézet Genetikai Tanszék
lizp@falco.elte.hu

Botta-Dukát Zoltán

PhD, MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete
bdz@botanika.hu

Czárán Tamás

az MTA doktora, MTA Elméleti Biológiai
Kutatócsoport, ELTE Biológiai Intézet
Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék
czaran@ludens.elte.hu

Magyar Gabriella

PhD, ELTE Biológiai Intézet Növényrendszertani
és Ökológiai Tanszék
magyar.gabriella@gmail.com

Meszéna Géza

az MTA doktora
ELTE Fizikai Intézet Biológiai Fizika Tanszék
geza@angel.elte.hu

Összefoglalás

Darwin evolúciós elméletének ökológiai magva a létért folyó küzdelem elkerülhetetlenségének gondolata. Egy sor kiemelkedő tudós, Ernst Haeckeltől a versengést szisztematikus kísérletekkel vizsgáló grúz Georgij Francsevics Gausén és a közlegelő tragédiájának megfogal-

mazásáról híres Garrett Hardinon át a *niche*-elméletet először formalizáló George Evelyn Hutchinsonig, az ökológiát „a létért folyó küzdelem” tudományaként fogta fel. Ez a felfogás a nyolcvanas évektől kezdve háttérbe szorult. Az idei kerek Darwin-évfordulók kapcsán megmutatjuk, hogy a szelekció eredeti elmélete újrafogalmazható a strukturált populációk, az adaptív dinamika, a populáció-dinamika és a kvantitatív genetika fogalmainak segítségével. A klasszikus megközelítések-

¹ A cikk az OTKA K67907 és K49689 számú kutatási projektjeinek támogatásával készült.

kel összhangban hangsúlyozzuk, hogy a természetes szelekció darwini fogalma szorosan összefügg a populációk növekedésének szabályozottságával. Próbálkozásunkkal nem állunk egyedül. A tudományfilozófus Gregory J. Cooper ökológiáról szóló könyve a következő címmel jelent meg 2003-ban: *A létért folyó küzdelem tudománya. Az ökológia alapjairól*. Ezzel a definícióval összhangban azt állítjuk, hogy az ökológia mint „az élőlény-populációk és társulások elterjedésének és számosságának kutatása” sikeresen alapozható a létért való küzdelem és a fajképződés darwini elméletére, ha hűen követjük Charles Darwin logikáját, és a *rátermettség* fogalmát ennek megfelelően definiáljuk. Az ily módon létrejött ökológiai elméletnek hét olyan – logikailag összefüggő – alapelv a pillére, melyek génekre, klónokra és az ivaros szaporodó fajok populációira egyaránt érvényesek.

Bevezetés

Az ökológia egzakt természettudományként történő felfogása és képviselése napjainkban is komoly kihívást jelent. A természetrajzos szemlélet számos képviselője a terepen szerzett, sokszor látszólag egymásnak ellentmondó tapasztalatai alapján, illetve logikailag ki-kezdhetetlen elméleti támpontok híján még ma is azt hangoztatja, hogy az ökológia – vizsgált objektumainak *egyedisége*, *bonyolultsága* és a külső feltételek *változékonysága* miatt – lényegileg különbözik például a fizikától, és a hozzá hasonló, szigorúan elméleti alapokon nyugvó tudományterületektől. Az ökológia helyzetének, eszközeinek, lehetőségeinek megítélésében még a vezető elméleti ökológusok sem teljesen egységesek, bár többségükben azért egy univerzális, logikailag összefüggő alaptörvényekre épülő ökológia fejlesztésén dolgoznak. A hetvenes, nyolcv-

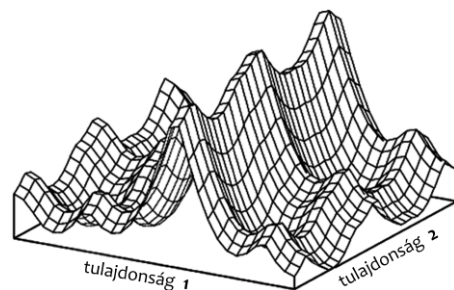
nas évektől azonban az elmélettel szemben megnyilvánuló szkepticizmus, mely szerint az egyes matematikai modellek csupán egy vagy legfeljebb néhány, egymástól izolált ökológiai probléma megoldásának specifikus eszközei, uralkodó attitűddé vált az elméleti ökológián kívül. Bár az elméleti ökológia művelői között jellemzően továbbra is kisebbségben vannak a *pragmatikusnak* nevezhető kutatók, akik nem látnak lehetőséget arra, hogy az egyedi ökológiai szituációkra kidolgozott szimulációkat, modelleket a természetben általánosan érvényes alapelvekhez és egységes matematikai elmélethez kössék, az egységes és univerzális elmélet által irányított terepi, illetve kísérletes kutatásokba vetett hit az ökológusok többsége számára elveszett. Ebben a helyzetben viszont félő, hogy az *ad hoc* ötletek motíválta elméleti és empirikus eredmények összefüggéstelen tömege maga alá temeti az áttekintést, általános megértést igénylő szemléletet, illetve az ezt képviselő kutatókat, oktatókat és diákjaikat egyaránt.

Az ökológia e „nyomorúságával” szemben az evolúciós paradigmának óriási egységesítő ereje van általában a biológiában, és különösen azon belül az ökológiában. Darwin elmélete a létért való küzdelemről nemcsak az ún. „szintetikus evolúcióelmélet” (Vida, 1981–85) alapja, hanem számos olyan meghatározó jelentőségű ökológus munkássága is Darwin elméletén alapult, mint Gause-é, akit a *Lotka-Volterra kompetíciós modell* illusztrálására papucsállatkákon végzett szisztematikus laboratóriumi vizsgálatsorozata, vagy Charles Eltoné, akit a táplálékláncok piramisai tettek közzismertté. Darwini alapelveken építkezett Hutchinson is, aki a *niche*-elméletet újrafogalmazta, és széles körben népszerűsítette. Egy sor nagyszerű kutató teremtett ebben a szellemben ma is élő hagyományokat: David Lack (1947)

a madárökológiában, John Harper (1967) és David Tilman (1988) a növényökológiában, Ilkka Hanski (1999) a (lepke-) populációhálózatok kutatásában, vagy Peter Turchin (2003) az erdei rovarkártevők tömegességingadozásából kiindulva a kaotikus populációdinamika kutatásában. A század legnagyobb hatású elméleti ökológusainak munkáját szintén Darwin motiválta, az általános kompetíciós elméletet kidolgozó Alfred Lotkától az evolúciós ökológiát elméletileg megalapozó Robert MacArthuron keresztül a strukturált populációk általános evolúcióelméletének alapelveit formalizáló Hans Metz vagy a kompetíció-elméletet a fluktuáló környezetben élő populációkra általánosító Peter Chessonig. A hetvenes évekre kialakult, s azóta az ökológia integráns részévé vált az evolúciós ökológia. Ez főként három, az evolúciós gondolat ökológiai integrálására és különösen a populációgenetika és az ökológia egységesítésére törekvő amerikai kutatónak köszönhető: a fizikus képzettségű, fiatalon elhunyt Robert MacArthur, az evolúciógenetika élő klasszikusának, Richard Lewontinnak és a mindkettőjükkel klasszikus cikkeket publikáló, szintén fizikusnak tanult Richard Levins filozófiai forrásból táplálkozó erőfeszítéseinek. Jelentős szerepet játszott az ökológiai szempontból fontos, a fajok elterjedését és tömegességét meghatározó tulajdonságok adaptációkként történő felfogása is. Az adaptációkutatás technikai és fogalmi nehézségeinek okán azonban mindeddig még a populációbiológia sem kapott egységes elméletet (Lewontin, 2004), a társulásökológiáról nem is beszélve (Chase – Leibold, 2003).

A darwini szelekciós elméletet, a mendeli öröklődés-elméletet és a makroevolúciós elméletet összeegyeztető *modern szintézis* masszív logikai problémája, ami minden további

integrálást ellehetetlenített, a természetes szelekció és a diverzitás fogalmi és formális összekapcsolásának hiánya volt. Ez a probléma Darwin számára még nem létezett. A fajképződést a változatok folyamatos és fokozatos távolodásaként képzelte el, s Robert Malthusra alapozó elméletéből az következett, hogy a speciációt éppen a divergenciára történő természetes szelekció eredményezi. Az adaptív tájkép igen vonzó metaforája, amit Sewal Wright, az elméleti populációgenetika s egyben a modern szintézis egyik megalapozója már 1932-ben bevezetett, s nyomában George Gaylord Simpson a morfológiai evolúció integrálója széles körben népszerűsített és terjesztett, maga alá temette Darwin divergencia-elvét. Az adaptív tájkép metaforában a természetes szelekció örökös hegymászással analóg egy olyan tájban, amit a tulajdonságkombinációk adott, állandó környezetben érvényes rátermettsége alakít ki (1. ábra). A legelőnyösebb tulajdonságkombinációk a hegycsúcsok. Egy csúcson csak úgy lehet elkerülni, ha valamilyen véletlen folytán lesodródunk egy másik hegy lábához. Az evolúció számára sorsdöntő véletleneket az elköborló egyedek által alapított új populációknak a szülőpopulációtól esetleg lényegesen eltérő



1. ábra • A Simpson–Wright-féle adaptív tájkép: a tulajdonságok függvényében a rátermettség látható

genetikai összetétele jelenti. Amíg az adaptív domborzatot eleve adottnak tekintjük, amit csak külső körülmények határoznak meg, s amit magának a szelekciónak a folyamata nem alakít folyamatosan, addig a versengés csökkentése által hajtott divergencia darwini koncepciója e képben nem vizualizálható. A divergencia-elv háttérbe szorulásával párhuzamosan a kutatók a populációk genetikai homogenizálódását kezdték szelekciós alaptendenciának tekinteni, s éppen a genetikai polimorfizmus, azaz a fajokon, populációkon belüli öröklődő változatosság fennmaradása igényelt speciális magyarázatot. E szerint az öröklődő sokféleséget speciális genetikai mechanizmusok tartják fenn, amelyeknek semmi közük a versengés csökkentéséhez: a változatok többsége a szelekció szempontjából semleges és átmeneti, vagy az allélok közti olyan gyakoriságfüggő szelekció tartja fenn, mint amelyet például a hemoglobin gén egy változatára heterozigóta egyedek előnye hoz létre a malária sújtotta területeken.

Az integráció fogalmi nehézségeit jól jelzi, hogy míg „a legrátermettebb fennmaradása” a szaporodási egységet képező mendeli populációkon belül vitathatatlan alapelv ma is, addig a kompetitív kizárás gondolata, azaz az egymáshoz hasonló, versengő fajok populációi közötti természetes szelekció problémássá vált. Hasonlóképpen, míg a faj rátermettségének fogalmát elfogadják, és ma is használják az elméleti ökológiában, addig a populációgenetikai rátermettség fogalmának összekötése a malthusi paraméterrel, azaz a populációk növekedési ütemével, még a jövő feladata egyes populációgenetikai monográfiák szerint is. Úgy véljük, ezek a fogalmi problémák a formalizált elméletek alább tárgyalt területein végbement nagymértékű fejlődés következtében mára kezelhetőkké váltak. Bár

a strukturált populációk elmélete (Metz et al., 1992), a populációdinamika (Berryman – Kindlmann, 2008), a társulásökológia (Chase – Leibold, 2003; Meszéna et al., 2006), a kvantitatív genetika (Lynch – Walsh, 1997) és az adaptív dinamika (Meszéna et al., 2005) mindegyike saját feltevés- és modellrendszerrel épített ki, a rátermettség közös fogalma révén mégis összekapcsolhatók.

Darwin szelekciós elméletének következetes alkalmazása fontos lépés lehet afelé, hogy az ökológia diszciplináris kríziséből kilábaljunk. Első lépésként kurrens ökológiai fogalmak használatával aktualizáljuk Darwin szelekciós elméletét.

Darwin logikája

Darwin szelekciós elméletének logikáját nemrégiben két amerikai kutató rekonstruálta a *Nature*-ben megjelent évfordulós cikkükben. David Reznick és Robert Ricklefs (2009) öt alapelvet a következők: 1. az öröklődő változatosság, 2. az utódtöbblet-termelés, 3. a populációnövekedési korlátok jelenléte, amik a létért folyó küzdelemhez vezetnek, 4. a természetes szelekció: a létért folyó küzdelemben szükségképpen rengeteg egyed pusztul el, vagy marad utód nélkül, ami „a kedvező egyedi különbségek és változatok megőrzéséhez és a károsak eltűnéséhez” vezet, és 5. az adaptív divergencia: e küzdelemben azoknak a változatoknak a sikere várható, amelyek a „leginkább különböznek a közeli rokonaiktól a túléléshez és szaporodáshoz kapcsolódó szükségleteikben”.

Mi Darwinnak e princípiumokhoz kapcsolódó eredeti szövegeit ökológiai szempontból tekintjük át. Darwin egyik kiindulópontja az volt, hogy a születések és a halálozások számának ki kell egyenlítenie egymást ahhoz, hogy egy-egy faj fennmaradjon, s ez az egyen-

súly a „növekedési korlátok” eredménye. E korlátok megdöbbenően teljes listáját adja *A fajok eredete* harmadik fejezetében, példái közt szerepelnek *biotikus* kölcsönhatások (ragadozó–préda, gazda–parazita, növény–növényevő, növény–beporzó szervezet) amik szabályozhatják a populációk növekedését, és az *éghajlat* közvetett (a táplálék vagy a megfelelő élőhely megváltozott mennyiségén keresztül realizálódó), illetve közvetlen hatásai. Darwin hangsúlyozta, hogy utóbbiak közül a biotikus kapcsolatokon keresztül közvetett hatások az általánosak, míg például a hideg vagy az aszályllyal vívott küzdelem csak „a fajok földrajzi elterjedési területének határain zajlik”. Az öröklődő változatok közötti természetes szelekció abból a tapasztalati tényből, illetve logikai szükségszerűségéből következik, hogy a populációk növekedését előbb vagy utóbb valamilyen tényező korlátozza. Darwin szerint a természet az élőlény-populációkat jellemző exponenciális növekedési képesség következtében telített. „A magas geometriai növekedési ráta következtében minden terület teljesen tömve van.” Bármely aprócska előny a versenytárs változattal szemben azonnal a győztes változat egyedszámának növekedésében és a vesztes számának csökkenésében nyilvánul meg. Így a létért folyó küzdelemben a jobb változat/jobbs faj fennmarad, míg a rosszabb kihál, s annál szorosabb lesz a verseny, minnél hasonlóbb változatok között folyik: „A küzdelem csaknem mindig a fajtársak közt lesz a legkeményebb, mivel azonos körzetekben fordulnak elő, ugyanazt a táplálékot igénylik, és ugyanazoknak a veszélyeknek vannak kitéve.” – azaz azok között a változatok között, amelyeknek azonosak a növekedési korlátaik. „Egy-egy faj változatai között csaknem ugyanilyen kemény lesz a küzdelem, és néha megfigyelhetjük, hogy

rövid idő alatt el is dől.” Ez a gondolat, tehát a populációkon belüli természetes szelekció és a populációk közötti kompetitív kizárás közötti elvi hasonlóság veszett el hosszú időkre, amikor Gregor Mendel öröklélméletét integrálták az evolúciós elméletbe. Darwin ökológiai szempontból világosan és konkrétan fogalmazott, amikor azt magyarázta, hogy a változatoknak hogyan kell különbözniük ahhoz, hogy egymás mellett fennmaradhasanak: „minnél különbözőbbé válnak egy faj leszármazottai felépítésben, megjelenésben és szokásokban, annál inkább képesek lesznek arra, hogy a természet államának sok és szélesen változatos pozícióit betöltsék, s így egyedszámukat növeljék”. Még konkrétan fogalmazott, amikor egy „elképzelte példával” illusztrálta mondandóját: „Vegyük a farkas esetét, amely sokféle vadra vadászik. Egy részüket az erejével, más részüket az ügyességével, megint másokat a gyorsaságával ejti el. Tételezzük fel, hogy a leggyorsabb zsákmányának, mondjuk egy szarvasnak, az adott vidéken végbement valamiféle változás miatt megnövekedett a létszáma, a többi prédaállat száma pedig lecsökkent abban az évszakban, amikor a farkast a leginkább szorítja az élelemszerzés. Ilyen körülmények között a legfürgébb és a legsoványabb farkasoknak lesz a legjobb esélyük a túlélésre, és így a fennmaradásra és kiválasztódásra. [...] a Catskill-hegységben a farkasnak két változata él: egy agár alkatú, amely szarvasra vadászik, és egy másik, tömzsibb, rövidebb lábú, amely gyakrabban támadja meg a juhászok nyájait.” Darwin dinamikus gondolkodásmódja itt szépen megnyilvánul: a kétféle farkaspopuláció (a szarvason, illetve a juhon élő) növekedési korlátai különbözőek, ami mindkettő számára lehetővé teszi, hogy növeljék a számosságukat, azaz, hogy együtt éljenek. Ez a fajkép-

ződés alapja. Figyeljük meg, hogy ez a divergencia-elv feltételezi, hogy a farkasok között nem jelenhetnek meg olyan variánsok, amelyek egyaránt jók a juhok és a szarvasok elejtésében (lásd kényszerek).

A dinamikus gondolkodásmódon túl Darwin tisztában volt a változások véletlenszerű természetével is: „A pusztta véletlen, nevezhetjük így is, elérheti, hogy egy változat valamilyen tulajdonságában különbözzön a szüleitől, majd e változat utódai szintén ugyanabban a tulajdonságukban kissé nagyobb mértékben különbözzenek tőlük, de ez önmagában soha sem fogja megmagyarázni azokat a nagymértékű különbségeket, amelyeket egy nemzetség különböző fajai közt általában találunk.” Darwin tárgyalta a semleges változatok lehetséges sorsát is: „A se nem káros, se nem előnyös változatokat a természetes szelekció nem érinti, és vagy fluktuáló elemek maradnak – ahogy azt talán néhány polimorf fajnál látjuk –, vagy végül is fixálódnak a szervezet és a feltételek természetétől függően.”

Darwin gondolkodásmódjának ökológiai logikája a fajok exponenciális növekedési kapacitásának és az öröklődő változatok keletkezésének felismerésével indul, a növekedési korlátok elkerülhetetlenségének tényével folytatódik, majd az e korlátok divergenciájára állandóan folyó természetes szelekció gondolatával zárul. Ez a logika bizonyára nyilvánvaló volt az olyan kiváló ökológusok számára, mint Elton vagy David Lack, akik explicit módon összekapcsolták a természetes szelekció erősségét a populációk dinamikájával, illetve a növekedésszabályozást a jellegtelődéssel és a fajképződéssel. Hutchinson a niche fogalmát a Gause-féle kompetitív kizárási elvvel kapcsolta össze, míg MacArthur Ronald Fisher szelekciós alaptételét általáno-

sította ugyanebben a szellemben a szabályozott növekedésű populációkra. Mindezek ellenére Darwin robusztus gondolatai elsüllyedtek a technikai nehézségek mocsarában, mind az ökológiában, mind az evolúcióelméletben.

DARWIN LOGIKÁJÁNAK AKTUALIZÁLÁSA

Szaporodási egységek

Modern értelmezésünk kiindulópontja három szaporodási vagy reprodukálódó egység, típus elkülönítése. Bármilyen reprodukálódó egység populációja képes exponenciális növekedésre. A reprodukálódó egységek lehetnek egy fajhoz tartozó, ivaros szaporodó egyedek (populációjuk a mendeli populáció), ivartalanul szaporodó egyedek, vagyis klónok (populációjuk a klónpopuláció) valamint az egy genetikai lokuszhoz tartozó génaválzatok, azaz allélok (egy allél másolatainak populációja). Akkor van e szaporodási egységek öröklődő változatai között szelekció, ha azok populációinak tömegessége különböző ütemben növekszik: a legnagyobb növekedési rátájú változat exponenciálisan túlnövi az alacsonyabb ütemben szaporodó változatokat. A különböző tulajdonsággal rendelkező egyedek *rátermettsége* „annak a populációnak a növekedési rátája, ami kizárólag az adott tulajdonságú egyedekből áll.” Ez a definíció mindhárom szaporodási egység populációjára kiterjeszthető. Az ivaros szaporodó egyedek esetén a reprodukálódó tulajdonság a faji hovatartozás. A rátermetség az esetek többségében a külső körülmények és a többi jelenlévő változat tömegességének is függvénye.

Az ivaros szaporodó diploid szervezetek populációiban nem mindig a legrátermettebb genotípusú egyedek „győznek”: gondol-

junk arra, hogy ha a heterozigóták rátermettsége a legmagasabb – például a maláriával fertőzött területeken a hemoglobin sarlósejtes vérszegénységet okozó változatra heterozigóta emberek rátermettsége magasabb, mint a csak a normális vagy csak a mutáns allélt hordozó homozigótáké – akkor sem lesz a népességben mindenki heterozigóta. Az öröklés módja miatt a heterozigóták utódai között mindig előfordulnak homozigóták. Az egyedek által hordozott allélkombinációk minden ivarsejtképződéskor felbomlanak, így nem reprodukálódnak, azaz a genotípus nem szaporodási egység. Maguk az allélok másolódnak, s másolataik száma mind szaporodás előtt, mind utána megszámlálható, azaz a darwini rátermettség-fogalom allélokra alkalmazható, míg ugyanez a genotípusokról, az allélok egy-egy egyedben előforduló kombinációiról nem mondható el. Mivel ugyanazon az alapon beszélhetünk allélok, klónok és mendeli populációk rátermettségéről, az allélok közti természetes szelekció folyamata analóg a klónok vagy a fajok mendeli populációi közti ökológiai kompetíció folyamatával. Így fel fogva a „kompetitív kizárás elve” és „a legrátermettebb fennmaradása” felcserélhető kifejezések.

Populációreguláció és a létért folyó küzdelem

Amikor Darwin a „létért folyó küzdelem” fogalmát bevezette, megjegyezte, hogy „általánosságban, metaforikus értelemben” használja, azaz nem tudta a megfelelő fogalmat absztrakt szinten definiálni. A *fajok eredete* szövegére és Darwin fent vázolt logikájára támaszkodva úgy gondoljuk, hogy a „létért folyó küzdelem” néhány kivételtől eltekintve a szabályozó tényezők által indukált versengéssel azonos. A növekedési korlátok ugyanis rendszerint szabályozó tényezők (táplálék,

ragadozó, parazita, tér stb.) vagy esetenként olyan extrém külső feltételek, amelyek között az egyedek pusztá fennmaradásukért küzdenek. A modern evolúciós elméletekkel összhangban ezt a kétfajta küzdelmet kétféle szelekciós folyamatnak feleltethetjük meg. A „kihalással történő természetes szelekció” az egyedek elemekkel folytatott harcából következik, és mind korlátlanul növekvő, mind szabályozott növekedésű populációkban bekövetkezik. Ez esetben a kevésbé alkalmas változatok elpusztulnak, mert populációjuk növekedési kapacitása negatív az adott körülmények között. Például a letális vagy terméketlenséget okozó mutációk minden körülmények között kihálnak, azaz a többi változat jelenléte nem befolyásolja sorsukat. A „kizárással történő természetes szelekció” esetén mindegyik változat növekedési kapacitása pozitív, azaz a tisztán egy-egy változat egyedekből álló populációk növekednének. Ez esetben korlátozó tényezők hiányában az összes változat fennmaradhatna, bár arányuk exponenciálisan változna. Ezért „kizárással történő természetes szelekció” nem fordulhat elő exponenciálisan növekvő populációkban, csak szabályozott növekedésűekben.

Fontos különbséget tenni a növekedési kapacitás (r_0) – ami a változat populációjának növekedését akkor jellemzi, amikor a populációdenzitás kicsi (azaz a növekedés korlátlan) és nincsenek jelen más változatok –, valamint a rátermettség mértéke, a pillanatnyi (fejenkénti) növekedési ráta (r) között, ami a körülmények (biotikus és abiotikus) és a populációdenzitás függvényében változik. Ha egy szabályozott növekedésű populációban egyetlen legjobb változat van, annak egyensúlyban nulla lesz az átlagos pillanatnyi növekedési rátája, míg a többi, kiszoruló változaté negatív.

Kizárás és robusztus együttélés

Implicit darwini gondolat az, hogy egy-egy változat fennmaradása vagy kizáródása azon múlik, hogy a versengő változatok egyedszáma hogyan szabályozódik. Idézzük fel a farkas példáját! Ha a két változat egyedszámát különböző táplálék szabályozza (juh, illetve szarvas), akkor a természetes szelekció egyes jellegek divergenciájához, végső soron fajképződéshez vezet. Ez a biológiai sokféleség gyökere. Darwin gondolata összekapcsolható továbbá a gyakoriságfüggő szelekció modern fogalmával, a növekedésszabályozásért felelős visszacsatolás dimenziószámával és a robusztus együttélés feltételeivel. Gyakoriságfüggő szelekcióról akkor beszélünk, amikor az egyes változatok rátermettsége, azaz populációik növekedési rátája függ attól, hogy milyen egyéb változatok milyen gyakorisággal vannak jelen. Ha a rátermettség csak a populációk összlétszámától függ, akkor denzitásfüggő szelekcióról beszélünk, és az ún. „visszacsatoló környezet” egydimenziós. Ilyenkor a változatok közti versengésnek egyetlen győztese van, amelyet valamelyik extrémum szabály jósol meg: például forrásért folyó versengés esetén az R^* -szabály (a legalacsonyabb tápanyag-koncentráción megélő növényfaj [allél, klón] győz) érvényes. Együttélés csak akkor lehetséges, ha a környezeti visszacsatolás több, mint egy dimenziós. Gyakoriságfüggő szelekció esetén a ritka változat előnye stabil együttéléshez vezet. Az együttélés csak akkor lesz robusztus, azaz ellenálló a környezeti változásokkal szemben, ha az együttélő populációkat más-más tényezők szabályozzák, vagy közös szabályozó tényezők esetén a szabályozás módjában nagymértékben különböznek. Mind a szabályozó tényezőkre kifejtett hatás mértékében, mind a szabályozó

tényezőkre való érzékenység mértékében jelentősen különbözniük kell az egyes változatoknak ahhoz, hogy a környezeti tényezők széles tartományában együtt éljenek.

Kényszerek és csereviszonyok

Az evolúciós ökológiában szokás „darwini démonnak” nevezni az olyan elképzelt élőlényt, amely egyszerre végtelen hosszú életű és végtelenül szaporos. Ha szorosan követjük Darwin logikáját, akkor ez a „darwininak” nevezett „szuperorganizmus”, egyáltalán nem darwini. Darwin egyensúlyi szemlélete szerint ugyanis a növekedési korlátok eleve lehetlenné teszik egy ilyen démon létezését. Azaz egy halhatatlan, folyamatosan szaporodó gép helyett az igazi darwini démon olyan élőlény, amely maximális hatékonysággal fogyaszt minden forrást, foglal el minden teret, menekül el minden ragadozó elől, kerül el minden betegséget. Ez a változat minden más változatot kiszorítana, s egyeduralmuként végül egyensúlyban élne abiotikus szabályozó tényezőivel. Azaz az egyedi szerveződés csereviszonyokhoz vezető belső kényszerei nélkül nem lenne lehetséges a fajképződés.

Egy másik nem triviális következménye Darwin divergencia-elvének, hogy minden populációra a szabályozó tényezők egyedi kombinációja hat, és szelektál a lehetséges változatok között. Egy-egy fajnak számos, egymástól genetikailag eltérő populációja létezik változatos környezeti feltételek között, amelyek különböző szintű halálózashoz és termékenységhez vezetnek. A populációnövekedés szabályozottságának következtében néhány életmenet-tulajdonság (termékenységi ráták, halálózási ráták, ivarérettségi kora, reprodukív élethossz stb.) vagy denzitás- vagy gyakoriságfüggő kell hogy legyen. Ezért a nem szabályozó környezeti feltételek változá-

sa nemcsak közvetlenül szelektálhat a változatok között, hanem közvetve, az egyes változatok denzitásának megváltoztatásán keresztül is, az életmenet-tulajdonságok denzitásfüggésének következtében. Az életmenet-jellemzők közti csereviszonyok és a növekedésszabályozás közös eredményeként sokszor megfigelhető, hogy az optimális életmenet-stratégiák az egyensúlyi populációdensitás függvényében változnak. Ezt a mintázatot az *r/K-szelekció* elmélete tette közzismertté.

Fajképződés

A fajok eredetének – a Darwin számára legfontosabb megoldandó problémának – darwini magyarázata, mely a divergens evolúciót a kompetíciós nyomás csökkentése felé ható szelekcióval hozza közvetlen kapcsolatba, a mai elméleti megközelítések közül a *kompetitív/adaptív fajképződés* elméletével mutat nyilvánvaló rokonságot. A speciáció e darwini magyarázata a szimpatrikus (térbeli izoláció nélküli) mechanizmusok jelentőségét hangsúlyozza, ami éles ellentétben áll Ernst Mayr (2001) jellemzően allopatrikus szemléletével, aki számára ez egyértelműen alárendelt jelentőségű. Darwin számára a divergenciára történő szelekció a domináns fajképző mechanizmus, a különböző élőhelyekhez való alkalmazkodás a versengés enyhítésének csak egy speciális módja. A modern, formalizált niche-elmélet, az adaptív dinamika és az adaptív fajképződés elméletei a korábban tárgyalt értelemben egyértelműen a darwini speciáció elveire és a szimpatrikus fajképződés gyarapodó terepi bizonyítékaira épülnek. Ennek megfelelően a darwini speciáció szemléletmódja szinte változatlan tartalommal, de modern elméleti és empirikus módszerek birtokában, velük összhangban szolgálja a fajok eredetének és együttélésének megértését.

Az ökológia darwini alapelvei

Meggyőződésünk, hogy néhány, a darwini gondolat magvát képező alapelv következetes szem előtt tartásával az ökológia legfontosabb problémái logikailag egységes szemléleti keretben tárgyalhatók. Az alább felsorolt hét alapelvet az ökológia „kristályosodási gócai-nak” tekintjük, melyek köré megfelelően strukturált, koherens és a gyakorlatban is alkalmazható elméleti tudás szervezhető. Alább csak az alapelvek felsorolására szorítkozunk – részletesebb kifejtésükre, logikai és módszer-elméleti kapcsolataik elemzésére készülő tankönyvünkben (Pásztor et al., *in prep.*) kerül sor.

Exponenciális növekedési kapacitás: Szabályozó visszacsatolások hiányában *bármely* önreprodukáló egységekből álló populáció létszáma exponenciálisan növekszik.

Öröklődő változatosság: Minden önreprodukáló egységekből álló populációban előfordulnak másolódási hibák, amelyek az utódokban öröklődnek, és befolyásolhatják azok szaporodási/túlélési sikerét.

Szabályozott növekedés: Minden növekvő populáció előbb-utóbb a saját további növekedésének gátjává válik: a populáció növekedés negatív visszacsatolással szabályozott folyamat, mely végül a populáció nulla gyarapodását eredményezi hosszú távon.

Kompetitív kizárás: Ha több populáció növekedését egyetlen környezeti tényező szabályozza, akkor *mindig* csak az az egy populáció marad fenn (nulla növekedési ütemmel), amelyet ez a tényező a legkevésbé gátol a növekedésben; a többi populáció kihal.

Robusztus együttélés: Különböző önreprodukáló egységek populációinak tartós

együttélése *kizárólag* akkor lehetséges, ha populációnövekedésük szabályozásában elegendő mértékben eltérnek egymástól.

Csereviszonykorlátok: Az egyedi tulajdonságok változatossága egyedszerveződési vagy energetikai okokból *mindig* korlátozott; a rátermettség komponensei egymással többnyire csereviszonyban állnak.

Sztochaszticitás: A populációk véges méretéből eleve következik az ökológiai jelenségek sztochaszticitása. Az egyedek véges számából következően változataik száma is véges, és bármelyik változat pusztán véletlenül is kihalhat.

A fenti alapelvek *univerzálisak*, amennyiben minden önreprodukáló egység populációira szükségszerűen és általánosan érvényesek,

másrészt *koherensek* abban az értelemben, hogy levezethető belőlük egy, a szabályozott populációnövekedés elvén alapuló, integrált és formalizált ökológiai elmélet. A *fajok eredete* központi fogalma, a „létért folyó küzdelem” ebben a felfogásban a szabályozott populációnövekedés metaforája, amely a fenti hét alapelv kontextusában egyszerre adhat magyarázatot a természetben annyszor megfigyelt, de megnyugtatóan máig meg nem értett biológiai sokféleség evolúciós létrejöttére és az azt fenntartó ökológiai mechanizmusok működésmódjára.

Kulcsszavak: *Darwin, létért folyó küzdelem, populációreguláció, ökológia, evolúció, rátermettség, elmélet, alapelvek*

IRODALOM

- Berryman, Alan A. – Kindlmann, Pavel (2008): *Population Systems: A General Introduction*. 2. ed. Springer
Chase, Jonathan M. – Leibold, Matthew A. (2003): *Ecological Niches, Linking Classical and Contemporary Approaches*. The University of Chicago Press, Chicago
Cooper, Gregory J. (2003): *The Science of the Struggle for Existence: On the Foundations of Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge
Darwin, Charles (1872): *The Origin of Species by Means of Natural Selection, Or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. 6th ed. John Murray, London, <http://darwin-online.org.uk/>
Hanski, Ilkka (1999): *Metapopulation Ecology*. Oxford University Press, New York
Harper, John L. (1967): A Darwinian Approach to Plant Ecology. *Journal of Ecology*. 55, 247–270.
Lack, David (1947): *Darwin's Finches*. Cambridge University Press, Cambridge
Lewontin, Richard C. (2004): Building a Science of Population Biology. In: Singh, Rama Shankar – Uyenoyama, Marcy K. (eds.): *The Evolution of Population Biology*. Cambridge University Press, Cambridge, 7–20.
Lynch, Michael – Walsh, Bruce (1997): *Genetics and Analysis of Quantitative Traits*. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

- Mayr, Ernst (2001): *What Evolution is*. Basic Books, New York
Meszéna Géza – Gyllenberg, M. – Jacobs, F. J. – Metz, J. A. J. (2005): Link between Population Dynamics and Dynamics of Darwinian Evolution. *Physical Review Letters*. 95, 078105.
Meszéna Géza – Gyllenberg, M. – Pásztor L. – Metz, J. A. J. (2006): Competitive Exclusion and Limiting Similarity: A Unified Theory. *Theoretical Population Biology*. 69, 68–87.
Metz, Hans A. J. – Nisbet, R. M. – Geritz, S. A. H. (1992): How Should We Define “Fitness” for General Ecological Scenarios? *Trends in Ecology & Evolution*. 7, 198–202.
Pásztor Erzsébet – Botta-Dukát Z. – Czárán T. – Magyar G. – Meszéna G. (*in prep.*): *Theory Based Ecology. A Darwinian Approach*. Oxford University Press
Reznick, David N. – Ricklefs, Robert E. (2009): Darwin's Bridge between Microevolution and Macroevolution. *Nature*. 457, 837–842.
Tilman, David (1988): *Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities*. Princeton University Press, Princeton
Turchin, Peter (2003): *Complex Population Dynamics: A Theoretical/Empirical Synthesis*. Princeton University Press
Vida Gábor (szerk.) (1981–85): *Evolúció I–V*. Natura, Budapest

A NÖVÉNYVILÁG EVOLÚCIÓJA ÉS A DARWINI FEJLŐDÉSELMÉLET

Borhidi Attila

biológus, az MTA rendes tagja,
PTE Növényrendszertani és Geobotanikai Tanszék
borhidi@ttk.pte.hu

A Darwin-emlékévkapcsán nem tűnik haszontalannak a növényvilág evolúciójáról szerzett ismereteinket a darwini fejlődésemélet szemszögéből áttekinteni, és állításait a növényvilág szempontjából értékelni. Az egyik ok, amelyért ezt meg kell tennünk az, hogy a darwini elmélet alapvetően az állatvilágban megfigyelt alkalmazkodási jelenségekre épült, holott a földi élet története szempontjából a kulcsfontosságú szerep a növényvilágé, amely a földi élő rendszereket működtető kozmikus energiaforrás egyetlen akceptoraként egyrészt a földi légkört az élő szervezetek számára élhető közeggé formálta, másrészt szerves tápanyaggal ellátta. Másként fogalmazva az állatvilág – az embert is beleértve – a növényvilág vendégeként éli földi életét.

Tanulmányomban szeretnék rávilágítani néhány olyan momentumra, amelyek a darwini elméletet nemcsak zseniálisnak, hanem vitathatónak is ítélik.

A darwini elmélettel részben az a gond, hogy belőle már *Charles Darwin* életében ideológia lett, ami nem mindig kedvező egy tudós számára, és nem biztos, hogy ez a tény megegyezik a tudós eredeti szándékával. Kétségtelen, hogy hírneve már életében hatalmas mértékben megnőtt, és *Darwin* elméletéből

nemcsak darwinizmus lett, hanem neodarwinizmus is, ami a 20. század második felének jelentős szellemi áramlatává vált.

Ez utóbbinak képviselőjében *Richard Dawkins* idézhetjük, *Az önző gén* és *A vak órásmester* című könyvek szerzőjét, aki többek között ezt írja: „A természet egyedüli órásmesterei a fizika vak erői, bár ezek nagyon különleges módon fejtik ki hatásukat. Egy valódi órásmester előrelátóan cselekszik: megtervezi fogaskerekeit és rugóit, valamint ezek kapcsolatait, miközben egy jövőbeli cél lebeg a szeme előtt. A természetes szelekciónak, a vak, tudattalan, automatikus folyamatnak, amit Darwin fedezett fel, és ami mai tudásunk szerint megmagyarázza az élet összes formájának létezését és látszólagos célját, semmilyen cél nem lebeg a szeme előtt. Nincs elméje és nincsenek lelki szemei, és nem tervez előre semmit. Nincs látomása, előrelátása, egyáltalán semmilyen látása nincs. Mondhatni ő játssza az órásmester szerepét a természetben, ráadásul ez az órásmester teljesen vak.” (Dawkins, 1986, 14.)

Ezzel szemben Darwinnak nem állt szándékában az élet összes formáinak, és különösen nem az élet keletkezésének megmagyarázása, amint maga írja: „Előre kell bocsátanom,

hogy sem a szellemi képességekkel, sem az élet eredetével nem kívánok foglalkozni” (Darwin, 1958, 331.). Úgy tűnik, hogy Darwin elméletét olyan elvárásokkal terhelték meg és teszik ma is, amelyeket nem biztos, hogy el tud viselni. Az sem szerencsés, ha egy tudományterület problémáinak megoldását egy másik tudományra hárítják át, amelyben az illető nem szakember. Egy biológus ne mondja azt, hogy a biológiai folyamatokat a „fizika vak erői” irányítják. Az élő szervezeteknek mindig is megvoltak az eszközeik, hogy a fizika „vak erőit” saját javukra fordítsák.

Egy vizsgálható fejlődésmódel: a szukcesszió

Az evolúció megítélésének fő nehézsége, hogy nem tudjuk lejátszani, mert ez az eseménysor egyszer zajlott le a Föld története során. De modellként vizsgálhatunk olyan jelenben lejátszódó folyamatokat, amelyek egyértelműen fejlődési folyamatok, és a szereplői növények. Ilyen például egy trópusi esőerdő regenerációja egy hurrikán által letarolt területen, ahol a talajt elvitte az erózió, és a környezetből indul el a terület újraerdősülése. A Karib-térségben, ahol ilyen természeti katasztrófák évente megtörténnek, számos alkalommal vizsgáltak ilyen folyamatokat, magam is vizsgáltam ilyet. Azt látjuk, hogy a különböző szaporodási stratégiával rendelkező fajok meghatározott sorrendben váltják egymást a lepusztult termőhelyen, és hoznak létre egy sekély termőtalajt, amelyen gyorsan növevő puhafák alakítják ki az első erdei közösséget, amely 15–30 év alatt létrehoz egy 10–15 méter magas koronaszintű állományt. Ezt nevezzük első homeosztázisnak, vagyis a fejlődés első szakaszának. Ez a közösség igen nagy mennyiségű, gyorsan bomló szerves anyagot termel, amely felgyorsítja a talajképződési folyamatokat, és ezen a megnövevő tápanyagbázison

újabb huszonöt–ötven év alatt kialakul magas fákból egy második, immár 25–30 m magas koronaszint. Ez a második homeosztázis, amelynek élettartama már 50–100 év, és amely alatt megtaláljuk az alsó koronaszintet is. A trópusi esőerdők dinamikáját kevésbé ismerő szerzők már ezt az együtttest valódi, kész trópusi erdőnek gondolják, és ezért írják tévesen, hogy a trópusi esőerdők ötven év alatt regenerálódnak. A fejlődésnek ugyanis még nincs vége. Ezután jelennek meg és nőnek fel a 40–50, esetleg 70 m magasra megnövevő óriásfák, kialakítva a trópusi esőerdő harmadik, felső koronaszintjét. Ez a harmadik homeosztázis, amely 150–300 év alatt alakul ki, és az óriásfák koronaszintjében fejlődik ki a liánok és epifiton szervezetek óriási gazdagsága a bennük élő rovarok, madarak, emlősszallatok hihetetlen változatosságú élővilágával együtt. Ez az a közösség, amelynek élete egyensúlyban van az éghajlati körülményekkel, vagyis annyi szerves anyagot termel, amennyit beépít a szervezetébe, és eközben fenntartja a talaj táperezjét. Ezzel szemben az első két homeosztázis szereplői sokkal több szerves anyagot termeltek, mint amennyit testükbe beépítettek, és többlettermelésükkel a következő homeosztázis feltételeit teremtették meg. Mindebből megállapítható, hogy a szukcesszió egy szakaszos fejlődési folyamat, amelyben felépítő és egyensúlyi fázisok váltják egymást. Ebben a folyamatban sem a fizikai, sem a biológiai erők nem vakon működnek, a folyamat annyira felismerhető momentumokból áll, hogy ezek ismeretében az erdővagyon nagysága és évi növekménye kiszámítható, amelyre gazdálkodási terv építhető, és vele mint megújuló energiaforrással fenntartható módon gazdálkodhatunk. Vagyis: **a természeti erőforrásokkal való kiszámítható és tervezhető gazdálko-**

dás ténye ellentmond az erőforrások vak és véletlenszerű keletkezésének.

Segíthetnek-e a molekulák?

Nagy várakozással tekintettünk az utóbbi két évtized molekuláris genetikai és taxonómiai kutatásaira, amelyek segítettek abban, hogy az örökítő anyag szerkezetéből, a DNS-molekula bázissorrendjeinek összehasonlításából megismerjük az evolúció eddig homályos részleteit, hogy az élő szervezetek hasonlóságára épített fejlődésméleteket konkrét genetikai struktúrákkal igazoljuk. Azt vártuk, hogy a megismert génszekvenciák a lezajlott fejlődés sorrendjébe állítják a ma ismert növényvilágot, és végre megszületik az egyetlen hiteles evolúciós törzsfá, amely felrajzolja a növényvilág fejlődéstörténetét úgy, hogy közben betömi azokat a hézagokat, amelyeket a darwini elmélet nyitva hagyott. Munkatársaimmal magam is bekapcsolódtam ilyen kutatásokba.

Ahogy ez lenni szokott egy új módszer bevezetésekor, a molekuláris genetikai-taxonómiai kutatások igen sok nyitott kérdést megoldottak. Az evolúciós törzsfák számos korábbi származástani feltételezését megerősítették, sok új meglepő eredményt is hoztak, de miközben sok korábbi tudáshézagot betömtek, nagy számban vetettek fel új problémákat is. (Borhidi, 2008)

A kladisztikai törzsfák azonnal két meglepetéssel szolgáltak. Korábban, a morfológiai hasonlóságokra épülő törzsfákon úgy tüntettük fel a fejlődést, hogy a fejlettebb csoportokat a földtörténet során korábban megjelent, ismert fejletlenebb csoportokból származtattuk. Ezzel szemben a mai molekuláris törzsfák elágazásain mindenütt ismeretlen, feltételezett csoportok szerepelnek, amelyeket még megnevezni sem tudunk. Vagyis, elju-

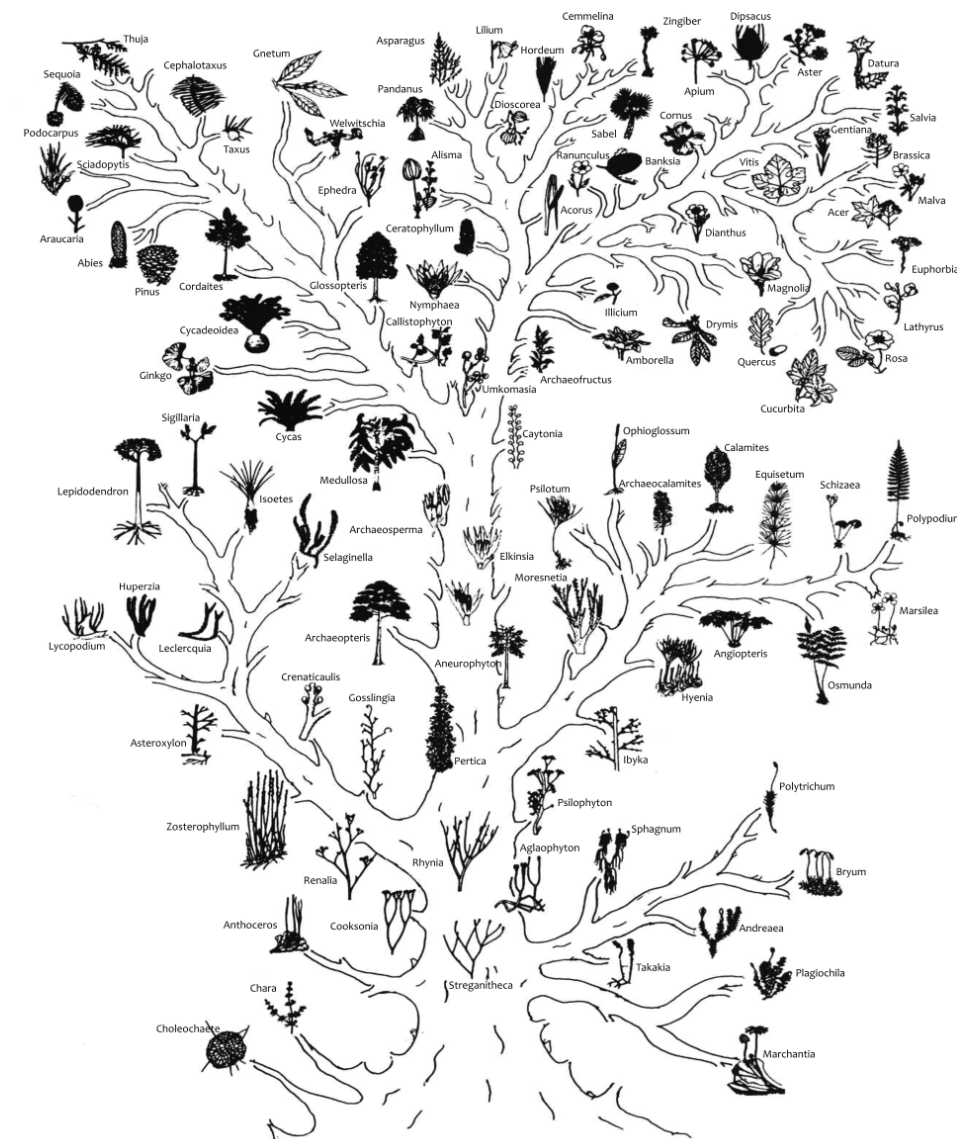
tottunk oda, hogy van egy olyan konkrét genetikai információkon felépülő evolúciós törzsfánk, amelynek valamennyi elágazási pontja hipotetikus. Úgy is fogalmazhatnánk, hogy amennyivel okosabbak lettünk a részleteket illetően, annyival bizonytalanabbak az egész megítélésében. Mai ismereteink ugyan kétségtelenül valósabbak, de az összkép homályosabbnak tűnik, mint volt korábban. A törzsfák másik problematikus eleme, hogy a fejlődés folyamatát ábrázoló származási vonalak mentén számok szerepelnek, azon tulajdonságok száma, amelyek a vonal végén szereplő növénycsoport kizárólagos sajátjai, amelyek a szomszédos, ún. „testvércsoporttól” megkülönböztetik. A probléma ott van, hogy a darwini evolúciós elmélet szerint a fejlődési vonalon nem tulajdonságoknak kellene szerepelniük, hanem kihalt fajoknak. Olyan szervezeteknek, amelyek a felsorolt tulajdonságoknak csak egy részével rendelkeztek, és nem a teljes kombinációval, aminek következtében a természetes szelekció áldozataivá váltak. De ilyen sikertelen próbálkozásokat megtestesítő, „átmeneti jellegű” fajokat nem ismerünk, csak a sikeres végeredményt. Röviden azt is mondhatnánk, hogy a molekuláris taxonómiai vizsgálatok nem erősítették meg egyértelműen a darwini hipotézist.

Folyamatos vagy szakaszos fejlődés?

Ha már most a fésű alakú kladogramokat valódi fa alakú törzsfává alakítjuk át (1. ábra), ahogyan azt Podani János tankönyvében látjuk (Podani, 2003), egy rendkívül impozáns képet kapunk arról, hogy a devon kor óta a szárazföldi növények különböző csoportjai milyen sorrendben és milyen származási viszonyban jelentek meg az evolúció során. Ez a törzsfá szükségszerűen a mért és vizsgált

genetikai távolságok léptékében készült, és a fejlődést a darwini elmélet lépcsőzetes folyamatában mutatja meg. Ha azonban ugyanezt a törzsfát a növénycsoportok megjelenésének időarányos léptékében helyezzük el, ahogyan megjelenésük a paleontológiai ismereteink szerint történt, merőben más képet kapunk,

amely arról szól, hogy a növényvilág evolúciója négy nagy – időben elkülönülő – robbanásszerű szakaszra tagolódik (2. ábra), amelynek jellemzője, hogy mindegyik fejlődési szakasz kezdeti időszakát az új alakok viszonylag gyors és gazdag megjelenése jellemzi.



1. ábra • A szárazföldi növények fejlődéstörténeti törzsfája Podani János (2003) szerint

A négy nagy evolúciós robbanás: 1.) az őstenger élővilágának kialakulása, 2.) az első szárazföldi növények partraszállása, 3.) a nyitvatermő növények, 4.) a zárvatermők robbanásszerű megjelenése.

Az első robbanás: az őstenger élővilága

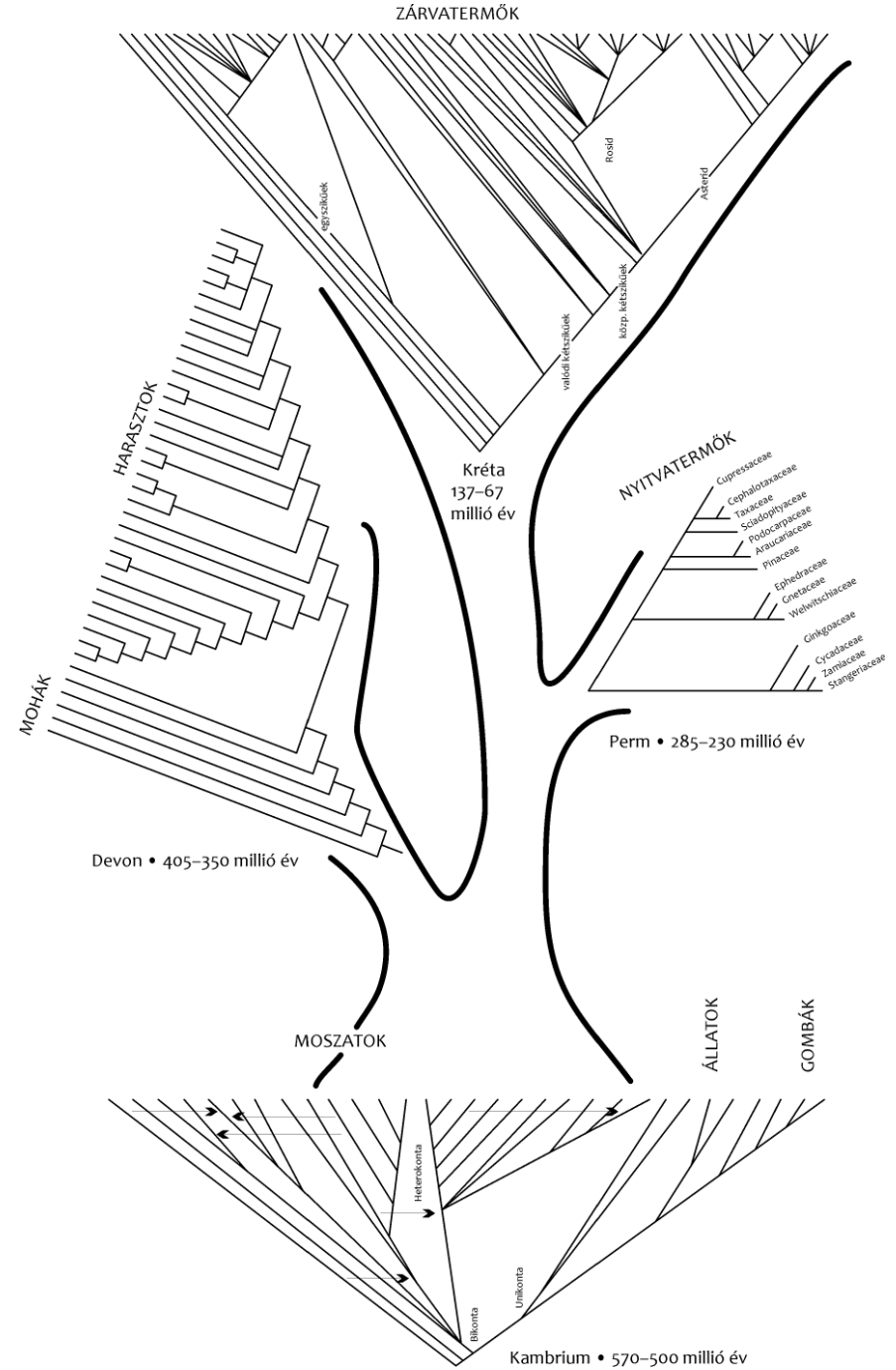
A négy robbanás közül az első a kambrium-kori őstenger élővilágának a kialakulása. Ez a korszak mintegy kétmilliárd esztendővel ezelőtt kezdődött, de magát az őstenger élővilágát csak a mintegy félmilliárd évvel ezelőtt keletkezett geológiai rétegekből ismerjük, mivel a korábban keletkezett földtani rétegek a földkéreg nyomása alatt átkristályosodtak, és bennük tárolódott maradványok elpusztultak: a „kozmosz titkosszolgálat” a korábbi dokumentumokat kevés kivétellel megsemmisítette. A földi légkör ekkor még alig tartalmazott oxigént, ezért hiányzott a ma létező ózonpajzs, amely az élő sejteket megvédezhette volna az UV-sugarak gyilkos hatásától. Ezért a növényvilág egy sugárzásmentes bunkerbe kényszerült, ahol a bunker szerepét a tenger látta el.

Az egysejtű élőlények fejlődésében mindjárt az elején két nagy csoport elkülönülése figyelhető meg, az egyostoros és a kétostoros egysejtűeké. Mindkét csoport tagjai úgy szerzték meg a fejlődésükhöz szükséges sejtszerveiket és a fotoszintézishez szükséges színtesteket, hogy más egysejtű élőlényeket faltak fel, melyek sejtmagja, illetve színtestei tovább éltek és működtek immár a gazdaszervezet belsejében mint azok saját szervei. Ez a jelenség az ún. *endoszimbiozis*, amely számos alkalommal zajlott le, és különböző egysejtű élőlények kialakulásához vezetett. A kétostoros sejtek nem tudták megemészteni a felfalt színtesteket, amelyek még régi sejtfalukat is megőrizték, és tovább folytatták fotoszintetizáló

tevékenységüket. Ezekből lettek a különböző algacsoportok, vagyis a növények. Ezzel szemben az egyostoros sejtek erősebb „gyomorsavval” rendelkeztek, és sikerült megemészteniük a színtesteket is. Belőlük fejlődtek a gombák és az állatok.

Az UV-sugarak eleinte mélyen behatoltak a tenger felszíne alá. Ezért az első prokarióta és eukarióta növényi szervezetek 70–150 m mélységben alakultak ki, ahová csak a sötétzöld fénysugarak jutnak le, és ezért az első vízi növények a vörös színtestekkel rendelkező cianobaktériumok és vörös algák törzséből kerültek ki. Később a légkör magasabb oxigéntartalma már jobban megsűrte az UV-sugarakat, és kialakulhattak azok az algatörzsek, amelyek 20–70 m mélységben képesek fotoszintetizálni, ahol a fény kék színű. Itt a barna és sárga színtestekkel rendelkező, ún. *chromista* algák váltak uralkodóvá, mint a kovaalgák vagy a barnamoszatok. Még később jelent meg a zöldmoszatok túlnyomó része, amelyek csak 20 m mélységig tudnak fotoszintetizálni, és amelyek különösen a sekély tengerekben és a partközeli zónákban jutottak vezető szerephez. Az egyes algatörzseknek ez a mélységi rétegződése a tengerekben ma is megfigyelhető. Végül megjelentek a csillárka moszatok, amelyek a szárazföldi létforma felé az átmenetet mutatják, mert ma is a folyótorkolatok brakkvizében és az édesvizekben fordulnak elő.

Az őstenger élővilágának kialakulását azért kell robbanásnak tekintenünk, mert a kambriumi őstengerben már szinte készen áll a teljes evolúció, hiszen megtaláljuk a kilenc algatörzs mellett a gerincesek kivételével mind a tizenhét állattörzset is. Sőt, az evolúciónak abból a nyolc nagy lépéséből, amelyeket *Maynard-Smith* és *Szathmáry Eörs* mutatott ki és elemzett (Maynard-Smith –



2. ábra • A növényvilág fejlődésének időarányos szakaszai

Szathmáry, 1995), hat nagy lépés már az őstengerben megtörtént, gyakorlatilag a szemünk előtt elrejtve, hiszen ezekről fosszilis maradványok szinte egyáltalán nem maradtak fenn. Ezzel kapcsolatos érdekes élményem volt, hogy *Dudich Endre* professzor urat, – aki a zoológia kiemelkedően legnagyobb szaktekintélye volt a 20. századi magyar biológiában – kérdeztem, hogy ő hogyan látja az evolúciót. Ez nagyon bizalmas kérdés volt, mert politikai szankciókat válthatott ki az 50-es években Magyarországon. Ő azonban nem küldött el azzal, hogy fiatalember, maga engem ne provokáljon, hanem őszintén válaszolta: „Nézz, én ebben azért nem gondolkodom, mert korábban több éven át tengerbiológiával foglalkoztam, többek közt a Nápolyi Tengerkutató Állomáson, és úgy látom, hogy szinte a teljes állatvilág készen megtalálható a kambrium kori őstengerben, és a gerinceseknek csak azok az osztályai hiányzanak, amelyek a szárazföldi lét során jelentek meg.” Felfogása cseppet sem egyedülálló. *Simon Conway Morris* cambridge-i paleontológus, a Royal Society tagja is a kambriumi robbanásról ír: „Ma ugyan megfigyelhetők bizonyos átmenei formák egyes fajok között, és ebből arra lehet következtetni, hogy a múltban is léteztek ilyenek. Mindazonáltal a végeredmény nagyon távol van a formák egy hézagmentes mintázatától, ami lehetővé tenné, hogy egy nyomozó kiolvassa belőle az élet „családfáját” egyszerűen úgy, hogy megkeresi a közbenső – élő és kihalt – formákat, amelyek elvben összekötik a fajokat. Ellenkezőleg, a biológusok a szerves forma diszkrét voltával és a közbenső formák általános hiányával szembesülnek” (Conway Morris, 1998, 4.). Ugyanezt erősíti meg James Valentine *A rendszertani törzsek eredetéről* című tanulmányában: „Az élet fájának sok ága – nagy és kicsi egyaránt

– kriptogén eredetű, azaz rejtett eredetű, ősei ismeretlenek. E hézagoknak egy részét bizonyosan az okozza, hogy a fosszilis leletanyag nem teljes. De ez nem lehet az egyetlen magyarázat egyes családoknak, a gerinctelenek sok rendjének, a gerinctelenek összes osztályának és a metazoa összes törzsének kriptogén természetére”. (Valentine, 2004, 35.)

Második robbanás: a szárazföld meghódítása

A második robbanás a devon korszakban következik be. Az őstenger algáinak kétmilliárd éves fotoszintetikus tevékenysége kellett ahhoz, hogy a földi légkör oxigéntartalma 10 %-ra növekedjék, ami már elég vastag ózonpajzs kifejlődésére volt elegendő ahhoz, hogy a szárazföldön is megvédje az élőlényeket az UV-sugárzástól. Nem tudjuk, hogy a növények hogyan érzékelték, hogy már ki lehet jönni a szárazföldre. Alig tudunk sikertelen kísérletről, annak ellenére, hogy a szárazföldi élet első kísérletéről van szó! Különösen szembejövő, ha ezt összehasonlítjuk a sikeres növények bámulatos sokféleségének robbanásszerű megjelenésével. Ne feledjük, hogy mindjárt kezdetben olyan növényekkel találkozunk, amelyek már rendelkeznek kifejlett bőrszövettel, rögzítő szervvel és hajtásrendszerrel, pedig a vízi növénynek, ha szárazföldi életet kezd, meg kell alapoznia a növényi test stabil egyensúlyi helyzetét a légtérben. Ehhez a hajtás és ágrendszerek új szimmetriaviszonyait, új testformákat kell kifejlesztenie, és mindezt a genetikai kódba beillesztve átörökíteni. **A szimmetriatípusok azonnal nagy változatosságban jelentek meg; szinte egyszerre alakult ki a villás, az örvös, és a főten-gelyes elágazási rendszer,** amelyek a devon kor óta eltelt több százmillió év alatt sem változtak jelentős mértékben. A kialakult szerv- és szövetrendszerek egyúttal megkapták a

feladatukat is. A rögzítő szervnek meg kellett oldania az anyagfelvételt, a szilárdítást végző hajtásrendszernek a tápanyagok szállítását, az ágrendszernek pedig a légtérbe kifeszülve meg kellett oldania az energiafelvételt és a gázcsere-t. A szexuális folyamatok terén is jelentős előrelépés történt azáltal, hogy egyre elterjedtebbé vált a heterospória, a kétivarúság, amely az öröklődést genetikailag stabilabbá, a változékonyságot és alkalmazkodó képességet pedig erősebbé tette. A heterospória azonban megkövetelte, hogy a megtermékenyítés szárazföldi körülmények között is üzembiztosan menjen végbe. A fejlődésnek ebben a stádiumában ez úgy oldódott meg, hogy a hím és a női ivarszerv igen közel került egymáshoz, és egyetlen harmatcseppben is megtörténhetett a megtermékenyítés. A módszer sikerét mutatja az a hatalmas alakgazdagság, amelyet korábban a karbon kor sajátjának tekintettünk, ám valójában már a devon kor ötvenmillió éve alatt kialakult.

Hangsúlyoznunk kell, hogy bár a devon korszak és az azt megelőző korok (ordovicium, szilur) rétegeit meglehetősen alaposan vizsgálják át, és vizsgálják ma is, keresve az első edényes növényi élet bizonyítékait, „csalódottan kell megállapítanunk, hogy a legrégebb leletek sem mondanak nekünk semmit az algaöskkkel vagy bármely mohacsoporttal való közös őssel fennálló kapcsolatáról” (Podani, 2003, 31.). **A növényi evolúció első és második nagy lépcsője között tehát hiányzanak az átmenetet, az összekötő kapcsot jelentő élőlények, vagyis a darwini fejlődésmélet bizonyítékai.**

Ezzel szemben a fejlődés robbanásszerű jellegét kitűnően szemlélteti a kor geológiai rétegeiből előkerült fossziliák óriási változatossága: az ősi *Rhynia* flórát követő *Zosterophyl-lumok*, a valódi korpafüvek és azok fává növe,

erdőalkotó fajai a pecsétfák és pikkelyfák, aljnövényzetükben a csipkeharasztokkal. Már a villás elágazású növények uralmával egy időben megindul a száraz növények evolúciójának legjelentősebb vonala, a főten-gelyes elágazású zsurlók és páfrányok kialakulása. A molekuláris kutatások egyik legmeglepőbb eredménye az volt, hogy az alakilag igen különböző zsurlókat és páfrányokat egy leszármazási csoportba vonták össze.

Még a devon vívmányai közé tartozik egy óriási fontosságú evolúciós lépés: a mag kialakulása az előnyitvatermők képviselőjével (*Archaeopteris*).

A hatalmas alakgazdagság kifejlődésének hátterében jelentős környezeti változások is lejajlottak, amelyek kedveztek a szárazföldi növényvilág robbanásszerű kialakulásának, amilyen az egységes őskontinens, a Pangaea kialakulása. Valamennyi szárazulat egyetlen kontinenssé tömörült össze, és ennek a hatalmas szárazulathoz a túlnyomó része hosszú évtízmilliókra a trópusi övezetbe került. Ebben a trópusi környezetben alakult ki a páfrányok törzsének szinte valamennyi csoportja a páfrányfáktól a vizek felszínét beborító vízipáfrányokig.

Stephen Jay Gould paleontológus írja erről *Az evolúció egyenetlen sebessége* című írásában (Gould, 1977) hogy „A legtöbb fosszilis faj történetének két olyan jellegzetessége van, amely összeférhetetlen azzal az elmélettel, miszerint fokozatosan alakultak ki: 1.) Hirtelen megjelenés: valamely területen egy faj nem fokozatosan alakul ki őseinek fokozatos átalakulása révén, hanem hirtelen jelenik meg, méghozzá teljesen kialakult formában. 2.) Stagnálás: a legtöbb faj nem mutat határozott irányú változást földi létezése során. Amikor megjelennek a fosszilis leletek között, ugyanúgy néznek ki, mint amikor eltűnnek.” *Gould*

itt nem azt állítja, hogy a fajkeletkezés nem lehet kis lépésekből álló folyamat, például hibridizáció vagy poliploidia útján, úgy, ahogyan azt *Vida Gábor* páfrányokon végzett kutatásaival is bizonyította, hanem arra utal, hogy **a fejlődés nagyobb lépései, amit a fosszilis maradványok szintjén, és különösen új típusok megjelenésekor tapasztalunk, nem a darwini evolúció szerint történtek.**

A harmadik robbanás: a nyitvatermők

Az evolúcióban a hirtelen nagy ugrás nem egyszeri, véletlen esemény volt, amit a harmadik robbanás, a nyitvatermők kialakulása bizonyít. Ennek előkészületei már a devon végén és a karbonban megtörténtek az előnyitvatermők és a magvaspáfrányok kialakulásával. A mag kialakulására számos kísérlet történik. A harasztok mindegyik csoportjában megjelenik a mag, de csak a magvaspáfrányok vonalán sikerül továbbvinni az evolúcióban. Ez nem csoda, hisz az életképes mag kifejlődéséhez hat fontos kritériumnak kellett együttesen teljesülnie. 1.) A különmemű spóráknak, vagyis a *heterospóriának*. 2.) A női spóratartóban a spórák számának egyre csökkennie kell. 3.) A következő lépés, hogy a női ivaros nemzedék benne maradjon a női spóratartóban, és ez az ivartalan életfázisú szervezeten fejlődjön ki. 4.) Ezután a női spórának új védelmi szerkezetet kellett kialakítani azáltal, hogy egy burokkal vette körül magát (*integumentum*) és 5.) ennek csúcsán kialakítania a virágpor-szemet felfogó készüléket (mikropüle). 6.) Ezzel párhuzamosan a következő hat fejlődési folyamat megy végbe a hím ivarszerben: a.) a hímivarsejt elveszti ostorait, b.) benne marad a mikrosporangiumban, amely c.) ellenálló fehérjeburokkal veszi körül magát, és d.) alkalmas a széllel való szállításra, továbbá e.) a mikropüle beléptető kódjára helyes választ

adva f.) pollentömlőt fejleszt, és így juttatja el a hímivarsejteket a petesejthez.

A darwini elmélet szerint ez az utódlási rendszer a változékonyság véletlenszerű tapogatózása során, évmilliók alatt jött volna létre. Nincs kielégítő válaszunk arra, hogy miért a karbon időszakban megy végbe mindez, amikor még nincs rá szükség? Honnan „tudták” a növények, – hiszen valamennyi csoport megkísérelte a mag kifejlését –, hogy a perm időszakban ez lesz a túlélés eszköze? A karbon időszak trópusi „jóléte” után ugyanis a permben váratlanul beköszönt az éghajlat szárazodása. A Pangaea kisodródik a nedves trópusokról a száraz szubtrópusi öv alá, miközben megkezdődik a kontinens feldarabolódása. Ennek kényszerítő hatására a szárazságtűréshez való alkalmazkodási módok és formák különböző területeken, egymástól elszigetelődve, eltérő módon jönnek létre. Meg kell oldani a szárazságtűrés különböző formáit, például a szállító szövetrendszer tökéletesedését, a párologtató felület csökkentését, és ekkor válik igazán a siker kulcsává a mag, amely képessé teszi az utódot a kedvezőtlen időszak átvészelésére, és a magvas növényeket arra, hogy átvegyék az uralmat a szárazföldi térségeken. A megtermékenyítés korábbi – vízcseppben való – módja a száraz éghajlat alatt bizonytalanná válik, a mag kialakulását létrehozó stratégia, a széllel szállított – „léghajóban” utazó – hímivarsejtek, a szélmegporzás lesz a megtermékenyítés uralkodó formájává.

A kontinensek szétsodródása következtében a nyitvatermők három különböző csoportja már a fejlődés korai stádiumában elvált egymástól, és ezt a molekuláris vizsgálatok alapján készült kladogramok is megerősítették. Ezek: a pálmászerű testfelépítést mutató cikász-bennetitesz vonal, amelynek széles

levelein fejlődnek ki az ivarszervek; a *Cordaites-Ginkgo*-fenyők vonal, csúcsán a toboztermő, tű- vagy pikkelylevelű fenyőkkel, amelyeken az ivarszervek a tengelyképleteken helyezkednek el; és végül a *Gnetum*-féléknek három igen különböző egységből álló csoportja. A nyitvatermők nagy része mára kihalt, és a fenyőféléken kívül valamennyi ma élő csoport a túlélés utolsó stádiumában, a kipusztulás határán levő élő kövület. A perm–triász–jura időszakok nyitvatermő flórájának nagy változatosságát mutatják a kihalt csoportok is. A száraz klíma nem kedvez a fosszilizációnak, és ez meg is mutatkozik a sokkal kisebb számú nyitvatermő maradványon. Ezek azonban ahelyett, hogy „betömnék” a ma élők között tátongó réseket, tovább fokozzák a változatosságot. A kihalt szárazságtűrő kislevelű magvaspáfrányok (*Glossopteris*, *Coristosperra*, *Pentoxylon Caytonia*), és a pálmaalakú *Bennettites* igen eltérő formái mind egy-egy külön fejlődési vonalat látszanak képviselni. Ennek eredménye, hogy **a nemrég még egyetlen rendszertani törzsnek tekintett nyitvatermőket ma legkevesebb öt törzsre bontva tárgyaljuk, ami azt jelenti, hogy hiányzanak közülük az összekötő elemek.**

A paleontológusok már *Darwin* életében azt kifogásolták, hogy a fejlődés nagy lépcsői közül hiányzanak azok a kis lépcsők, amelyeknek a fokozatos fejlődést kellene igazolniuk. *Darwin* azzal védekezett, hogy a geológiai rétegek feltáratlansága miatt kevés fossziliát ismerünk, de a földkéreg feltárása során várhatóan elő fognak kerülni azok a maradványok, amelyek a fejlődés még ismeretlen hiányzó láncszemei. Ez a hiányzó láncszem, a *missing link* volt a varázsszó, amellyel a darwini elmélet problémáinak megoldását elnapolták. *Darwin* maga is érezte, hogy elméletének ez a gyenge pontja, mert azt írja:

„Korábban rengeteg közbenső változatnak kellett léteznie a földön. Akkor miért nincs tele minden geológiai formáció és réteg ilyen közbenső láncszemekkel? Bizonyos, hogy a geológia nem tárt fel semmilyen fokozatos szerves láncot. Talán ez a legnyilvánvalóbb és legsúlyosabb kifogás, ami felhozható elméletem ellen.” (*Darwin*, 1996, 227.) De már 1952-ben *Nils Heribert-Nilson* azt írta (1952, 1212.): „A paleobiológiai tények alapján még karikatúrát sem készíthetünk az evolúcióról. A kövületi anyag most annyira egységes, hogy az átmeneti alakok láncszemeinek hiányát nem lehet többé szegényesen rendelkezésre álló kövületi anyagokkal magyarázni. A hiányok valóságosak; soha sem fognak kiegészülni”. Véleményének helyességét igazolta az idő, mert huszonöt évvel később *David Raup*, a chicagói Field Múzeum paleontológusa hasonlóan ír (Raup, 1979, 25.) „*Darwin* óta körülbelül százötven év telt el, és a fosszilis leletanyag jelentősen bővült. Ma negyedmillió fosszilis fajt ismerünk, de a helyzet nem sokat változott. Az evolúcióra utaló leletanyag még mindig meglepően egyenetlen. A sors ironiája, hogy ma kevesebb példánk van az evolúciós átmenetekre, mint *Darwin* idejében volt.” De még ennél is tovább megy *Nils Eldredge*, az American Natural History Museum paleontológusa: „Mi paleontológusok azt mondtuk, hogy az élet története alátámasztja a fokozatos adaptív változás elméletét, miközben egész idő alatt tudtuk, hogy ez nem igaz.” (Eldredge, 1985, 144–145.)

Ez olyan megdöbbentő beismerés, amire fogható nem olvasható minden nap a tudományos irodalomban.

A negyedik robbanás: virágba borul a Föld

És végül jön a növényvilág fejlődésének utolsó nagy robbanása: a zárvatermő növények

világuralmának kialakulása. Náluk tovább tökéletesedik a szállító szövetrendszer, az utódvédelem a zárt magházzal, és az embriónak különleges, „roboráló” tápszövettel való ellátása, a megtermékenyítés pedig a színpompás és csodálatosan formagazdag virágtakaró kialakulásával és az állatmegporzással. Ezek óriási horderejű változások, amelyekkel a termőhelyek benépesítéséért és a forrásfelosztásért folyó versengésben a zárvatermők valósággal „állva hagyják” a nyitvatermő növényeket, amelyek kiszorulnak a hideg éghajlatú zónákba és a tápanyagban szegény talajokra.

Első lépésként meg kell keresnünk e színpompás gazdagság eredetét. Már a nyitvatermők őseinek keresése is zavarba ejtő nehézségekkel volt terhes. Még ennél is nehezebb a zárvatermők őseit megtalálni. Származásukat már *Darwin* is „irtóztatóan titokzatosnak” ítélte. **A nagy reménnyel várt molekuláris kutatások eredményei inkább fokozták a bizonytalanságot.** Kimutatták ugyanis, hogy a potenciális ősként leginkább számon tartott nyitvatermők, a *Gnetum*-félék, genetikailag a fenyőkhöz állnak közel, és semmiképpen nem lehetnek a zárvatermők ősei. Sokáig a cikász-félék rokonságában keresték a zárvatermők virágának őseit (euanthium-elmélet), újabban azonban a *Coristoperma*-típusú kihalt magvaspáfrányok csoportjának valamelyik – eddig ismeretlen – tagjában remélik a zárvatermők őseit megtalálni.

Nem sokkal jobb a helyzet, ha a zárvatermők ősi, kiinduló csoportjait akarjuk meghatározni.

Mivel a mai nyitvatermők körében a fás szár kizárólagos, az a legelfogadottabb feltételezés, hogy az ősi zárvatermők is fás növények voltak. Így esett korábban a választás a liliumfákra és primitív rokonaira (*Winteraceae*, *Degeneriaceae*), de ezek kiinduló pozícióját a

genetikai vizsgálatok nem igazolták. A molekuláris kladisztikai vizsgálatok szerint a legősibb típus az *Amborella* nevű cserje. Vele két gondunk van. Az egyik az, hogy az *Amborella* genomjának ősi jellegét részben a benne található májmohagéneknek köszönheti, amelyek adventív gének is lehetnek, amit valószínűsít, hogy a májmohák a fejlődés oldalágán vannak. A másik gond az *Amborella* elszigeteltsége és reliktum termőhelye. Valószínűtlen, hogy ilyen pozícióból viszonylag rövid idő alatt világuralmi pozícióba kerülhetett a növényvilág legnépesebb csoportja. A zárvatermők származási vonalának második helyén a tündérrózsá-féléket találjuk, amelyek mind lágyszárú vízinövények. Esélyüket növeli, hogy a nyitvatermők között nincsenek, a páfrányok között alig vannak lágyszárú vízinövények, vagyis monopolhelyzetben voltak a mélyebb víztestek benépesítésében. Ha ökológiai ismereteink birtokában megkísérjük elgondolni, hogy hol lehetett esélyük a zárvatermőknek egy fenyvesekkel és ginkgoerdőkkel borított tájba behatolni, akkor a folyómedreket és az állóvizeket jelölhetjük meg elsőként ilyen termőhelyeknek.

Az ősi zárvatermők dilemmája nemcsak az, hogy nem találjuk a „közös őst”, hanem hogy ezek, – mint láttuk – mind morfológiai, mind származástanilag igen távol állnak egymástól. Egy rózsza és egy napraforgó genetikailag és szerkezetiileg is közelebb áll egymáshoz, mint egy tündérrózsza az *Amborellához*. Még az a gondolat is felmerült nemrégiben, hogy van-e közös ősiük a zárvatermőknek egyáltalán, vagy az ősi zárvatermők különböző ősök leszármazottai-e? **Mindeme kérdéseknek egyetlen biztos következtetésük van, és pedig az, hogy a zárvatermők evolúciójának alaplépései is ugrásszerűek voltak, és nem a darwini modell szerint történhetek.**

Egy új információs kapcsolat, az együttes fejlődés

Különösen fontos új mozzanat a növény- és állatvilág korábbi egyoldalú kapcsolatrendszerének kölcsönössé válása. A szárazföldi lét első kétszázmillió éve során a növényvilág élelem, fészkelő- és búvóhely formájában egyoldalúan szolgálta ki az állatvilágot. A növény- és állatvilág szaporodásbiológiája gyakorlatilag független volt egymástól. Az első őscserjék kialakulásától kezdve az első zárvatermők megjelenéséig a növényi petesejt megtermékenyítése vagy vízcepp segítségével, vagy szél általi közvetítéssel ment végbe. A zárvatermők az első nagy növénycsoport, amelynek szaporodásában az állatvilág különböző csoportjai meghatározó szerepet játszanak. Ezzel a fontos lépéssel következik be a növényvilág szexuális értelemben vett felnőtté válása – ha úgy tetszik: emancipációja, – amikor kiszabadul a „szél úrfival” kötött kényszerű házasság százötvenmillió éves monotóniájából, és az utolsó száznegyvenmillió évet már egyenrangú partnerkapcsolatban éli meg az állatvilággal, amely változatos megjelenésű „kérők” hadával jelentkezik a megporzás és megtermékenyítés lebonyolítására. A zárvatermők válasza kettős: a növények kiöltöznek, és választatnak. A kialakuló színes virágtakaró szerepe ugyanaz, mint a menyasszonyi ruháé: a sikeres nász elősegítése. A nagyszámú és sokféle megjelenésű „kérő” igen rövid idő alatt kialakította a „ruhaszalont” versengését. Az egyszerűbb fazon vonzását illatszerrel pótolták, hiszen az udvarlók egy része – összetett szemellenére – rövidlátó, viszont kifinomult szaglóssal rendelkezik. A virágok versengése más vonatkozásokra is kiterjed. A zigomorf virág megjelenése praktikus célokat szolgál: leszállópályát kínál a látogatónak. Az orchideák

körében a megporzási aktus az intimitásig finomulhat. Az *Oncidium* és *Catasetum* nevű orchideafajok virágzása egybeesik bizonyos trópusi darázsajok nászrepülésével, és a virágok a párzó nőstény illatával „kedveskednek” a hímeknek. A bangók a párzó nőstény képét öltik magukra. A *Coryanthes*-kosbor bódító illatú fürdővel várja a látogatókat. És ezt az egész folyamatot, amely a növény- és rovarvilág szexuális kérdés-felelet játéka, nevezzük együttes fejlődésnek, azaz koevolúciónak.

A koevolúcióval kapcsolatban több olyan kérdés merül fel, amelyek megválaszolásával adósok vagyunk, vagy legalábbis a válaszaink nem kifogástalanok. A növényvilág mindjárt a kezdeteknél két nagyon fontos fejlesztéssel lép be ebbe az együttműködésbe. Az egyik a virágtakaró szín- és alakgazdagságának robbanásszerű változatossága. Az első kilenc zárvatermő rendben tucatnyi virágtípus jelenik meg, egészen a forrt virágtakarójú csapdavi-rágokig. A másik a csalogató jellegű kémiai anyagok korai megjelenése: a vízinövényeken kívül valamennyi primitív zárvatermő növény illóolajokat termel. Egyelőre nincs kielégítő magyarázatunk arra, hogy mi módon történt meg az információátadás, illetve információáramlás az egymásra utalódó növény- és állatcsoportok között. Újra jelentkezik az evolúció állandó dilemmája a kezdetről: a tyúk-tojás dilemma, vagyis, hogy ki kezdte az alkalmazkodást? A növény idomította-e a virágját a rovar szájszervéhez, vagy fordítva, a rovar szájszerve idomult a már kialakult virág szerkezetéhez? Például az *Angraecum sesquipedale* nevű orchidea 32 cm hosszú sarkantyújában levő nektárhoz egy olyan lepkefaj fér hozzá, amelynek pödörnyelve kinyújtott állapotban hatszorosa az állat testhosszának. Érdekes lenne kiszámítani, hogy hány véletlenszerű kísérletre volt szükség ilyen külön-

leges testarány kialakításához. Ez a kapcsolat ellentmondani látszik az amerikai zoológiában a 70-es évektől elterjedt nézetnek, hogy a növények virágai alkalmazkodtak volna az állatok szájszerveihez, amire a fiatal szigetflórákban, például Hawaii flórájában vétek példákat találni.

Arra sincs magyarázatunk, hogy miért kellett a zárvatermő virágnak nemcsak hasznosnak, hanem szépnek, sőt, egyre szebbnek lennie. Ha engem valami az evolúcióban arra inspirál, hogy egy Teremtőben gondolkozzam, az a természet rendkívül magas szintű esztétikája, amely elsősorban a növények virágaiban és virágzataiban nyilvánul meg. Lehet, hogy ez nincs megtervezve, mégis úgy néz ki, mintha meg lenne, annál is inkább, mert hiszen megvannak azok az alkalmazkodott állatcsoportok, amelyek ezt keresik. De vajon van-e a rovaroknak esztétikai érzékük? Úgy tudjuk, hogy nincsen. De akkor mire való ez a tékozló gazdagság? Az embernek az a határozott benyomása, hogy az evolúció megalkotójának öröme telt az alkotásban.

A koevolúció másik fontos kérdése az információáramlás. A zárvatermők megjelenéséig a növény- és az állatvilág evolúciója párhuzamosan, nagyjából függetlenül, külön-külön zajlott. Most azonban a két evolúciós folyamat informatikailag összekapcsolódik, de nemcsak összekapcsolódik, hanem rendkívüli mértékben fel is gyorsul, annak ellenére, hogy a két folyamat összehangolódása – véletlen keletkezést feltételezve – feltétlenül több időt igényelne. Ezzel szemben az alsó krétától a felső krétáig eltelt negyvenmillió év alatt kialakul csaknem valamennyi ma élő növény-család, ami több mint háromszáz növénycsaládot jelent. Természetesen nem mindegyik a mai fajgazdagságával van képviselve, de mindegyiknek az első képviselői már meg-

vannak. És közben mindegyik család tagjai megtalálják a beporzó ágenseiket, amelyek részére testre szabott tápanyagot, különböző cukorösszetételű nektárt, zsír- és fehérjetartalmú tápszövetet, különböző illóolajokat tartalmazó csalogató anyagot „készítenek”. Ezek között bonyolult felépítésű vegyületek vannak, amelyeket az anyagcsere melléktermékeként kell előállítani, amiről tudjuk, hogy nem megy egyik napról a másikra. Ehhez még vegyük hozzá azt a körülményt, hogy véletlenszerű keletkezés esetén fennáll a veszély, hogy hibás anyag keletkezik, amit „a rosszul kemizáló növénynek együtt ki kell dobni”. Szegény növény már régen kipusztult, mire a megfelelő vegyületet „kikísérletezte” volna. Ha megkíséréljük kiszámítani, hogy ennek a koevolúciós folyamatnak mi a valószínűsége véletlenszerű keletkezés esetén, akkor rendkívül kicsiny számot kapunk. Kiszámították, hogy a sikeres kísérletek előállítására nem negyvenmillió, de még négyszázmillió év – vagyis a teljes szárazföldi élet tartama – sem lenne elegendő.

Az evolúció forrása és iránya

Mivel az evolúció egy folyamat, elkerülhetetlen annak a kérdésnek a feltevése, hogy mi a hajtóereje ennek a folyamatnak? Ehhez az élő anyag változékonysága egyedül kevés. Kell hozzá a meghódítható környezet, amely legalább minimális tápanyagkínálatot biztosít az élő szervezetek számára. Ezt a tápanyagkínálatot a növények nemcsak felhasználják, hanem tovább gazdagítják, vagyis tevékenységükkel elősegítik az evolúció továbbhaladását. A növényzet nem vakon sodródik az evolúcióval, ahogyan azt *Dawkins* szeretné elhiteni, hanem aktív részese a fejlődés folyamatának. Kezdve ott, hogy a növények az őstenger lakóiként megtermelték a földi légkör oxigén-

jét, majd folytatva azzal, hogy a kontinensek holt közeitein létrehozták a termőtalajt, egy olyan képződményt, amely – ismereteink szerint – egyedül a Földön található meg az egész Univerzumban. A növényvilág e szerepvállalásai nélkül nincs evolúció!

A zárvatermők kialakulásával elég nagy élő mintaszámmal rendelkezünk ahhoz, hogy megkockáztassuk a kérdést: *van-e iránya a fejlődésnek?* Furcsa belegondolni abba, hogy az ember, aki maga is egy fejlődés eredményének tekinti önmagát, nem találja ellentmondásnak, ha azt hiszi, hogy ő találta ki a fejlesztést, amelynek természetesen van iránya és célja. A zárvatermők fejlődési sorain végigtekintve azt látjuk, hogy miközben a növény- és rovarvilág szexuális összecsiszolódása folyik, ezzel egyidejűleg fokozatos erőfeszítések történnek a növények részéről, hogy a megtermékenyítés folyamatát technikailag és technológiailag is egyre biztonságosabbá, és ugyanakkor egyre gazdaságosabbá is tegyék. Így lesz a genetikai leszármazási sorban egymás után következő családokban a sok porzóból kevés, a sok termőlevélből egy- vagy kétüregű magház, az embriózsák kettős falából egy, a vastag nucelluszból vékony, a felsőállású termőből alsóállású stb.

Példaként érdemes a fejlődés alapján álló tündérrózsának és a virágfejlődés egyik csúcspontját jelentő orchideáknak a virágát és megtermékenyítési mechanizmusát összehasonlítani. A tündérróza virágát sok színes virágtakaró teszi látványossá, benne nagyon sok porzót és termőlevelet találunk. A termőlevelekben sok magkezdemény, amelyek együttes száma elérheti az egy-kétezeret. A teljes megtermékenyítéshez valamennyi termőlevélre legalább annyi virágporsemnek kell kerülnie, amennyi virágporsemnek kell kerülnie, amennyi magkezdemény van a magházban. Ez szinte soha nem történik meg, a virágban

mindig maradnak sterilen maradt magkezdemények.

Az orchidea virágot mindössze hat színes virágtakaró borítja. A virágban egyetlen porzó és egyetlen, két termőlevélből összenőtt magház található. Ennek 180 fokos elfordulásával a legnagyobb lepellevél ajakká módosul, és nektárt tartalmazó sarkantyúban folytatódik, egyszerre kínálva leszállópályát és táplálékot. Az egyetlen porzó ránő a bibére, és együttesen egy technológiai remekművet, az ivaroszpót hozzák létre, amelyben többféle munkamegosztás van. A bibe egyik karéja ragacsos váladékot termel, amellyel a porzó pollenzákjában levő összes virágport egyetlen ragadós pollentömeggé formálja. Ez egy nyéllel és a tövén levő ragasztótesttel egy buzogány alakú képződményt hoz létre, az ún. *pollináriumot*, amely így egyben kerül át a másik virágra. Repülés közben a légáramlás szárító hatására a pollinárium nyele vizet veszít, lehajlik, s ezzel pontosan a következő virág bibéjének magasságába kerül, ahol mérnöki pontossággal meg is ragad, vagyis a megporzás a teljes virágpor mennyiséggel egyszerre megtörténik. Ekkor, és csak ekkor indul meg a magházban a magkezdemények „legyártása”. Mialatt a bibéről a pollentömlőfolyam leér a magházba, kialakulnak a magkezdemények, amelyek száma négyezertől négymillióig terjedhet, és megtörténik a magkezdemények tömeges megtermékenyítése. Bámulatos, hogy ez a mechanizmus ugyanilyen pontossággal működik a trópusi köderdők mohapárnáiban élő miniatűr orchideákon is, amelyek virága 1,5 mm átmérőjű, és mikroszkopikus méretű bogarak porozzák be. A megtermékenyült toktermésben kifejlődő porszerű, apró magvak rendkívül könnyűek, a szelekkel egészen a sztratoszférába is eljutva óriási távolságokat képesek berepülni. A csíráképeségü-

ket sokáig megőrzik, amire szükségük is van, mert „anyjuk útravaló nélkül bocsátotta el őket”: az embriók egyetlen sejtnyi tápszövetel sem rendelkeznek! Látszólag a legnagyobb gondosság a legnagyobb gondatlansággal párosul az orchideák utódgondozásában. A felnőtt orchideanövények nagy része gombafonalak segítségével veszi fel a vizet és a tápsókat, de ez nem lehet elegendő információ ahhoz, hogy erre a lehetséges együttélésre alapozva bocsássa el a növény a világba az utódait. Márpedig ez történik. Az orchideanövény „számít arra”, hogy az útravaló nélkül elbocsátott „bébi” meg fogja találni azokat a gombafonalakat, amelyek „önkéntes dajkaként” majd felnevelik. Ez a „számítás” úgy van be kódolva a magba, hogy csak gombafonal jelenlétében csírázik ki. Az orchideák tehát kettős koevolúciós együttműködésre szorodtak, a megporzásra az állatvilággal, a terjesztésre a gombavilággal. És ez nem egyedüli eset. A hüvelyesek például mindkét funkcióra az állatvilággal szorodtak, csak más-más állatcsoportokkal.

A zárvatermők fejlődésében felfedezhető további érdekes jelenség a különböző helyeken kialakuló környezeti kihívásokra adott azonos vagy hasonló adaptációs válaszok, párhuzamos fejlesztések a legkülönbözőbb rokonsági körökben, amely jelenséget homopláziának nevezzük. Mintha a különböző zárvatermő családok tarsolyában ugyanaz a haditerv vagy használati utasítás lenne elrejtve a környezet azonos típusú támadásaival szemben. Ez azért feltűnő, mert a zárvatermők kialakulása közben igen nagyarányú felszíni átrendeződések történtek a Földön. Mintegy nyolcvanmillió évvel ezelőtt kialakul az Atlanti-óceán medencéje, szétszóródnak a kontinensek, és ezzel együtt a zárvatermők fejlődése előbb négy, majd hat földrészen,

jelentős mértékben elszigetelődve, egymással párhuzamosan folytatódik. Ennek ellenére a különböző kontinenseken a különböző genetikai és morfológiai adottságokkal rendelkező növénycsaládok teljesen hasonló adaptációs válaszokat adnak a környezeti kihívásokra. Legközönségesebb példája ennek a szárazsághoz való alkalmazkodás: a törzs- és levélzukulencia, a pozsgás szövetek kifejlesztése. Ez azért is feltűnő, mert a nyitvatermők nagy része is száraz éghajlat alatt élt, mégsem tudtak víztartó szöveteket kifejleszteni. A Föld hat nagy sivatagi övezetének meghódítására legalább húsz zárvatermő család fejlesztett ki pozsgás növénycsoportokat, mindenütt másokat, de megjelenésükben mégis megdöbbentően hasonlókat.

De hasonló párhuzamos adaptációt látnunk a rovarfogásra, illetve fehérjeemésztésre való specializálódás vagy a magashegyvidéki életformához (auxintermelés hőkorlátozása UV-sugárzás ellen) való alkalmazkodás esetében is.

A fejlődés törvényszerűségei

Végigtekintve az evolúció során tapasztalt jelenségeken, elérkezettnek láthatjuk az időt arra, hogy megfogalmazzuk az evolúció néhány törvényszerűségét.

- 1.) Megállapítható, hogy **a fejlődés szakaszos, és minden szakasz két fázisból áll: egy revolúciós szakaszból, amelyet a hirtelen megjelenő nagy formagazdagság jellemez, és egy evolúciós szakaszból, amely hosszan tartó, és amelynek során a keletkezett típusok alkalmazkodnak a környezeti feltételekhez, térben elhelyezkednek és felosztják egymás közt a rendelkezésre álló forrásokat, sőt, azokat tovább is fejlesztik. Erre a második fázisra tekinthetjük érvényesnek a darwini természetes**

selekciót olyan értelemben, hogy azok a növények, amelyek a forrásfelosztásban nem képesek az adottságaikat érvényesíteni, vagy kipusztulnak, vagy elvándorolnak, vagy olyan genetikai változáson mennek keresztül, például hibridizáció vagy polidizáció útján, ami megnöveli a versenyképességüket. **Úgy is mondhatnánk, hogy minden szakasz egy kreatív és egy adaptív, vagy másképpen fogalmazva egy rövidebb nem-darwini és egy hosszabb darwini fázisra tagolódik.** A revolúciós fázis genetikai történéseit több vonatkozásban nem ismerjük kielégítően, az evolúciós fázis genetikájának számos technikáját jól ismerjük, például *Heribert Nilson* említett könyvéből, aki először állított elő a természetben élő növényfajt másik két élő faj keresztezésével. A 60–70-es években *Vida Gábor* derítette ki több páfrányfaj hibrid eredetét, és sikeresen reszintetizálta a szülőkből az utódajt.

- 2.) Utolsó pár előre fuss! A fejlődés második törvényszerűségének ezt a nevet adtam egy régi társasjátékról, amelyet biológusok, geográfusok és geológusok korábban még gyakran játszottak az egyetemi terepgyakorlatok estéin – amikor még jutott pénz terepgyakorlatokra az egyetemi oktatásban. A törvényszerűség lényege az, hogy **az új szakasz növénycsoportjai nem az előző szakasz legfejlettebb, hanem a legprimitívebb csoportjai közül fejlődnek ki.** Ez az összefüggés mind a nyitvatermők, mind a zárvatermők lehetséges ősei esetében is nyomon követhető, és különösen világosan látszik a legfejlettebb nyitvatermők, a *Gnetum*-félék esetében.
- 3.) A harmadik törvényszerűség, hogy **a növényvilág aktív résztvevője a fejlődésnek.** A növények nem passzív elszennvedői a

fejlődést kiváltó környezeti változásoknak, hanem maguk is hozzájárulnak a fejlődést előmozdító átalakulásokhoz, az új feltételek kialakításához. A növényzet és környezet partnerkapcsolata lehet az oka annak, hogy a növényvilágban kevés az evolúciós selejt. A véletlenszerű kísérletezés szükségszerűen nagyon sok hulladékot eredményez. A növényvilág evolúciójából hiányzik a nagy mennyiségű hulladék. Szinte nincs selejt. De különben is: **az evolúció teljes félreértése azt gondolni, hogy a kihalt fajok sikertelen evolúciós kísérletek voltak.** Ezek a maguk idejében túlnyomórészt sikeres fejlődés eredményei voltak, s évmilliókon keresztül kontinens nagyságú területeken alkottak erdőségeket és halmozták fel például szénkészleteink anyagát. Kipusztulásukat természeti katasztrófák, vagy olyan gyors adaptációs kényszerek okozták, amelyekhez specializálódott genetikai anyagaik már nem voltak elég rugalmasak, vagy egyszerűen elfáradtak, előregedtek, amire a ma élő flórában is látunk példákat. De ezek nem evolúciós selejtek! Vagyis: **a véletlenszerűségnek egyszerűen hiányzanak a bizonyítékai. És valószínűleg azért, mert a növényvilág nemcsak alkalmazkodik a környezethez, hanem át is alakítja a létfeltételeket.** Előbb a maga számára teszi alkalmassá, de ezen túlmenően olyan átalakításokhoz is hozzájárul, amelyek a magánál fejlettebb közösségek kialakulását segítik elő. Ez a természetes szukceszió, mely folyamat hasonló az emberi társadalmak fejlődéséhez, ahol, ha a termelési eszközök fejlettsége meghaladja a termelés színvonalát, akkor a társadalomban gazdasági és technológiai váltás következik be.

Ez az összefüggés azért is fontos, mert a tudomány és a társadalmi fejlődés között egy hasonló „koevolúció” létezik, mint a természetben, vagyis a társadalom jelenségei visszahatnak a tudományos gondolkodásra. Egy tudós tudományos gondolkodását többnyire jelentősen befolyásolja az a társadalmi környezet, amelyben él (vö. Borhidi, 2002). *Darwin* elméletének megszületésében is szerepet kellett hogy játsszék az a társadalmi környezet, amelyben élt; az a kiélezett és könyörtelen verseny, és a társadalmi igazságtalanságok tömege, amelyek a korai kapitalizmus 19. század közepének Angliáját jellemezték, s amelyeket nagy hűséggel ír le *Charles Dickens* a regényeiben. *Darwin* elmélete többek közt azért lett oly gyorsan és olyan széles körben elfogadott, mert ez az igazságtalan társadalom hálás volt azért, hogy azt mondhatta: mi csak azt csináljuk, ami a természetben folyik. **A társadalom úgy érezte, hogy Darwin természetes szelekciós elmélete felmentést ad a kollektív felelősség alól.** *Darwin*nak ez valószínűleg nem állt szándékában, de hogy elméletét a társadalom, a köztudat és a politika erre is felhasználta, vitathatatlan.

4.) Az evolúció negyedik törvényeként azt mondhatjuk ki, hogy **a fejlődésnek van iránya.** Ezt ugyan *Dawkins* és a neodarwinisták tagadják, de amikor élőlényeket fejlettség szempontjából összehasonlítunk, a fejlődésről törzsfát készítünk, olyan szavakat használunk, mint *primitív* és *levezetett*, akkor bizony irányultságról beszélünk. A fejlődés irányát pedig egy szigorú, de nem vak fizikai törvény szabja meg, az anyag és energia megmaradásának törvénye. Az élővilág azzal az anyaggal és energiával gazdálkodik, amit

kap. **Az egész evolúció arról szól, hogy az élővilág a saját lét- és fajfenntartási funkcióit egyre kevesebb anyagból, egyre jobb technológiai színvonalon, egyre biztonságosabban és egyre kevesebb energia felhasználásával oldja meg.** És ez igaz, akár a megporzás és megtermékenyítés, akár a táplálkozás biológiájára gondolunk. Elég itt utalnunk a szállítószövetek tökéletesedésére vagy a tündérrózsa és orchidea korábban elmondott példájára.

*Mi a fejlődéstudomány?
Tudomány vagy ideológia?
Érvek és vélemények*

Miután láttuk a saját érveinket, nézzük meg, hogy más tudósok hogyan vélekednek a biológiáról és benne a darwini evolúciós elméletéről:

Richard Dawkins (biológus): „A biológia olyan bonyolult dolgok tanulmányozása, amelyek azt a benyomást keltik, mintha valamilyen céllal megtervezték volna őket.” (Dawkins, 1986, 1.)

Francis Crick (Nobel-díjas biológus) Cambridge University: „A biológusoknak nem szabad megfélemleniük arról, hogy amit látnak, azt senki sem tervezte meg, hanem evolúció útján fejlődött ki.” (Crick, 1988, 36.)

Amikor ezeket a nyilatkozatokat olvastam, felmerült bennem az a kérdés, hogy vajon én egy természettudományt művelek-e, amikor biológiával foglalkozom, vagy valamilyen ideológia területére tévedtem? Milyen természettudomány az, amely arra kényszerít, hogy amit látok, azt felejtsem el, és helyette higgyem el azt, amit X és Y szak tekintély állít? El ne felejtjük már, hogy az 50-es években az összes kelet-európai egyetemen – nekem is – azt tanították, hogy kromoszómák nincsenek, mert azok a sejt fixálásának melléktermékei.

Megtévesztő dolog, hogy *Francis Crick* Nobel-díjasként nyilatkozik az evolúcióról, amellyel kutatóként soha sem foglalkozott.

Az ilyen típusú állásfoglalások hamar elnyerik méltó büntetésüket. *Robert Laughlin* fizikus, aki megszokta, hogy mindent meg lehet mérni, és ki lehet számítani, ráadásul a kozmológia és az élet keletkezésének fizikai feltételeit kutatja, azt írja nemrég megjelent könyvében: „Jelenlegi biológiai tudásunk nagy része ideológiai jellegű. Az ideológiai gondolkodás egyik fő tünete az olyasféle magyarázat, amelyből nem vonhatók le következtetések, és amely nem tesztelhető vagy ellenőrizhető. Az ilyen logikai zsákutcákat antielméleteknek nevezem, mivel hatásuk éppen ellentétes a valódi elméletekével: nem serkenetik, hanem éppenséggel gátolják a gondolkodást. Például a természetes szelekció általi evolúció, amelyet Darwin fogalmazott meg mint nagy elméletet, manapság inkább antielméletként működik, és arra használják, hogy elleplezzék a zavarba ejtő kísérleti hibákat és hiányosságokat, és törvényesítsék a megkérdőjelezhető felfedezéseket.” (Laughlin, 2005, 168–169.)

Félreértés ne essék: *Robert Laughlin* nem azt mondja, hogy *Darwin* elmélete rossz, hanem azt, hogy rosszul használják, és ebben igazat kell, hogy adjak neki.

Ugyancsak elgondolkoztató *Sir Fred Hoyle*, asztrofizikus és matematikus véleménye: „Ugyan kiderült, hogy a darwini elmélet nem lehet helyes teljes általánosságban, benem mégis maradt egy kétely, mert nehéz elhinni, hogy az elmélet egészében helytelen. Ha egy elmélet megfigyeléseken alapul, mint a darwini elmélet, általában, legalább a megfigyelések tartományán belül, érvényes marad. Baj akkor van, ha az elméletet kiterjesztik a megfigyelések tartományán túlra. Tehát fel-

merült a kérdés, hogy meddig érvényes egy elmélet, és miért válik érvénytelenné egy ponton túl.” (Hoyle, 1987, 7.)

Az én meggyőződéseim is az, hogy a neodarwinizmus és a materialista világnézet pusztán praktikussági okokból olyan feltételezésekkel terheli meg a darwini elméletet, amelyek magyarázatára az nem alkalmas. *Sir Fred Hoyle* írja a továbbiakban: „A józan ész azt sugallja, hogy a darwini elmélet helyes kis léptékben, de helytelen nagy léptékben. A nyulak más, egy kicsit eltérő nyulaktól származnak, de nem az őselevestől vagy a burgonyától. Az, hogy végső soron honnan származnak, továbbra is megoldatlan probléma marad, ahogy sok minden más a kozmoszban.” (Hoyle, 1987, 8.)

Az utóbbi években, és főleg a matematika, fizika és informatika területéről jelentkező kritikai észrevételek hatására *Richard Dawkins* is óvatosabbá vált, amit 2003-ban megjelent írásában tett nyilatkozata tükröz: „Lehet, hogy Darwin diadalmaskodott a huszadik század végén, (értsd: Dawkins diadalmaskodott Darwin nevében, a szerző megj.) de tudomásul kell vennünk annak a lehetőségét, hogy új tények kerülnek napvilágra, amelyek arra kényszerítik majd a huszonegyedik századi utódainkat, hogy elvessek, vagy a felismerhetetlenségig módosítsák a darwinizmust.” (Dawkins, 2003, 81.) Azt hiszem, hogy itt *Dawkins* helyesen látja, hogy a 21. század tudománya ebben az irányban halad.

Nem érdektelen megismerni azoknak a molekuláris biológusoknak a véleményét sem, akik az utolsó évtizedek legnagyobb horderejű kutatásában, az emberi génanyag feltérképezésében vettek részt.

Francis Collins (Az Emberi Genom Program igazgatója): „Megkapó és döbbenetes dolog ráébrednem, hogy először nyertünk

bepillantást saját használati útmutatásunkba, amelyet korábban csak Isten ismert.”

Gene Myers: (Celera Genomics, Marylandi Központ számítógépes szakembere, aki részt vett az emberi genom feltérképezésében.): „Elragadóan komplexek vagyunk molekuláris szinten... Ami valóban bámulatba ejt, az élet architektúrája... a rendszer rendkívül komplex. Olyan, mintha valaki megtervezte volna... Mérföldetlen intelligenciával állunk itt szemben. Nem gondolom, hogy ez tudománytalan.”

Mialatt elolvastam egy kisebb könyvtáryi irodalmat az evolúcióról, lépten-nyomon szembekerültem azzal a kérdéssel, hogy mi tekinthető tudománynak, és mi nem. Az a meggyőződés kezdett kialakulni bennem, hogy miközben a tudósok nagy erőfeszítéseket tesznek annak érdekében, hogy Istent kiszorítsák a tudományból meg a természetből, a tudomány talán még soha sem állt olyan közel ahhoz, hogy Isten létét bebizonyítsa, mint napjainkban. Nem lehetetlen, hogy a tudomány nem fog tudni ellenállni annak a kísértésnek, hogy ezt a saját eszközeivel meg is tegye. Örülök annak, hogy neves nagy tudósok – legalább nyugdíjas korban – amikor már nem kell félniük attól, hogy pályázataikat világnézeti alapon elutasítják, nem látnak gondolati konfliktust a tudomány magas szintű művelése és az istenhit között.

Sir John Houghton a Royal Society tagja, az Oxfordi Egyetem fizikus professzora, meteorológus írja: „Tudományunk Isten tudománya. Ő viseli a felelősséget az egész tudományért. Az univerzum tudományos leírásában lévő figyelemre méltó rend, következetesség, megbízhatóság és bámulatos komplexitás az Isten munkálkodásában lévő rend, következetesség, megbízhatóság és komplexitás tükröződése.” (Houghton, 1995, 59.)

Sir Ghilleen Prance botanikus, a világ két legnagyobb élő növénygyűjteményének, a New York Botanical Gardennek és a Royal Kew Gardensnek volt igazgatója, valamint az Amazonas őserdeinek világhírű kutatója. Vele mindkét minőségében volt alkalmam találkozni és beszélgetni. Nem tudtam, hogy hívó ember, mert mindannyiszor konkrét tudományos kérdésekről cseréltünk eszmét, és ilyesmi nem került szóba köztünk. *Az Isten és a tudósok* (Prance, 1997) című könyvben így vall: „Régóta hiszem, hogy Isten az egész természet nagy Tervezője... A tudományban szerzett összes tapasztalatom megerősítette hitemet. A Bibliát úgy tekintem, mint a tekintély legfőbb forrását.”

Magam mint botanikus, az MTA és a Londoni Linné Társaság tagja vagyok. Ötven éve tanítom a növényvilág fejlődéstörténetét, és tanúja voltam a hatalmas fejlődésnek, ami fél évszázad alatt ezen a tudományterületen végbement. Négy kontinensen kutattam a zárvatermő növényeket, és térképeztem a növénytakarót. Több mint félszáz növénycsaládból több mint félezer növényfajt fedeztem fel a tudomány számára. Mindezt nem dicsékvésből írom, hanem hogy dokumentáljam hozzáértésemet a kérdésekhez, amelyeket írásomban érintettem. Tapasztalataimról egy interjúkötetben így vallottam: „A tudomány felelőssége, hogy felmutassa a természet működésében a Teremtő törvényeit. Például azt, hogy az evolúció az élővilág fejlődése; egy gazdálkodó rendszer tökéletesedése, amelynek célja, hogy az élet legfontosabb funkciói: a lét- és fajfenntartás egyre kevesebb anyagból, egyre jobb hatásokkal és egyre biztonságosabb módon teljesüljenek.” (Chikán, 2005, 34.)

*Darwin*nal szemben nincs bennem elutasítás, de meg kellett mutatnom, hogy az én szakterületem ismeretanyagai hol és mennyit

igazolnak a természetes szelekció és a véletlenszerű fejlődés elméletéből. És javára írom azt, hogy *A fajok eredete* második kiadását ezzel a mondattal zárta: „Nagyszerűség van ebben a felfogásban, amely szerint a Teremtő az életet a maga különböző erőivel eredetileg csak néhány vagy csak egyetlen formába lehelve bele; és mialatt bolygónk a nehézkedés megmászhatatlan törvénye szerint keringett, ebből az egyszerű kezdetből végtelen sok szépséges és csodálatos forma bontakozott ki és bontakozik ki ma is”.

IRODALOM

- Borhidi Attila (2002): *Gaia zöld ruhája. Magyarország az ezredfordulón*. MTA Stratégiai Kutatások, Budapest
- Borhidi Attila (2008): *A zárvatermők rendszertana molekuláris filogenetikai megközelítésben*. PTE, Pécs
- Chikán Ágnes (2005): *Levelek a tudás fájáról*. Agroinform, Budapest
- Conway Morris, Simon (1998): *The Crucible of Creation*. Oxford University Press, Oxford
- Crick, Francis (1988): *Lessons from Biology*. Natural History, 97, 36–38.
- Darwin, Charles (1958): *A fajok eredete*. Gondolat, Budapest
- Darwin, Charles (1996): *Origin of Species*. World Classics Edition. Oxford University Press, Oxford
- Dawkins, Richard (1986): *The Blind Watchmaker*. Longmans, London
- Dawkins, Richard (2003): *A Devil's Chaplain*. Weidenfeld and Nicholson, London
- Eldredge, Nils (1985): *Time Frames: The Evolution of Punctuated Equilibria*. Princeton Univ. Press.
- Gould, Stephen Jay (1977): *Evolution's Erratic Pace*. Natural History, 86, 5, 12–16.

Csalódott materialisták azonnal elkezdték terjeszteni, hogy ezt *Darwin* a felesége kérésére írta. Akinek van egy csöpp emberismerete, az öregember konok arcát látva aligha gondolhatja komolyan, hogy egy nő kérésére hajlandó lett volna világraszóló felfedezését a Teremtővel „megosztani”.

Kulcsszavak: *növényvilág, evolúció, koevolúció, szakaszos fejlődés, kreatív és szelektív, darwini és nem-darwini szakaszok, inány, hajtóerő, stratégiák*

- Heribert-Nilsson, Nils (1952): *Synthetische Artbildung*. Fischer, Stuttgart–Jena
- Houghton, John (1995): *The Search for God – Can Science Help?* Lion, Oxford
- Hoyle, Fred (1987): *Mathematics of Evolution*. Weston Publ. Cardiff University Press
- Laughlin, Robert (2005): *A Different Universe: Reinventing Physics from the Bottom Down*. New York Basic Books
- Maynard-Smith, John – Szathmáry Eörs (1995): *The Major Transitions in Evolution*. Freeman, Oxford–New York
- Maynard-Smith, John – Szathmáry Eörs (2002): *A földi élet regénye*. Vince, Budapest
- Podani János (2003): *A szárazföldi növények evolúciója és rendszertana*. Eötvös Kiadó, ELTE
- Prance, Sir Ghilleen (1997): In: Mike Poole (ed.): *God and the Scientists*. CPO, Worthing
- Raup, David (1979): *Conflicts between Darwin and Paleontology*. Bulletin. Field Museum of Natural History, Chicago
- Valentine, James (2004): *On the Origin of Phyla*. Univ. Press, Chicago

DARWIN KÉTELYE, AVAGY ÖSSZEEGYEZTETHETŐ-E AZ EVOLÚCIÓ A NATURALIZMUSSEL?

Szalai Miklós

PhD, tudományos munkatárs,
MTA Történettudományi Intézet,
szalaim@hotmail.com

A vallásos hit és a fejlődélmélet konfliktusokkal teli viszonyának hosszú története alatt akadtak olyan gondolkodók (fundamentalista hívők és tudományos materialisták), akik azt gondolták, hogy az istenhit és az evolúció *összeegyeztethetetlen*, akadtak olyanok, akik szerint *összeegyeztethető*, s olyanok is (például Teilhard de Chardin), akik egyenesen azt állították, hogy a fejlődélmélet egyenesen *alátámasztja* a vallásos hitet. Azonban csak napjainkban akadt egy keresztény gondolkodó, Alvin Plantinga, aki odáig merészkedett, hogy egyenesen azt állítja: a fejlődélmélet éppenséggel az *ateizmussal* összeegyeztethető! Plantinga e meglepő következtetés mellett kifejtett egy meglehetősen komplex érvet, amely a szakirodalomban az Evolutionary Argument Against Naturalism (EAAN, evolúciós érv a naturalizmussal szemben) nevet kapta, s számos kritikát és ellenkritikát váltott ki az analitikus filozófia köreiből.¹

Annak ellenére, hogy Plantinga érve valóban újszerű, a háttérben álló gondolatok már sok gondolkodóban felmerültek. Plan-

tinga érvelése mögött ugyanis az az egyszerű filozófiai kérdésfeltevés rejlik, hogy ha mi, emberek, az állatokhoz hasonlóan, egyszerűen csak a biológiai evolúció a környezethez való alkalmazkodásra „beprogramozott” termékei vagyunk, akkor van-e okunk bízni abban, hogy elménk alkalmas az igazság megismerésére; annak a megismerésére, hogy milyen a valóság *önmagában*, a mi adaptációs céljainktól és feladatainktól függetlenül? A kérdés megkísértette magát Charles Darwint, a fejlődélmélet megalkotóját is, mert egy ízben ezt írta:

„Újra és újra felmerül bennem a szörnyű kétely: vajon az alsóbbrendű állatok elméjéből kifejlődött emberi ész hiteinek van-e bármilyen értékük vagy egyáltalában megbízhatóak-e? Bízna-e bárki azokban a nézetekben, amelyeket egy majom agya termelt ki (már ha egyáltalán lennének ebben az agyban bármilyen nézetek)?” (Darwin, 1887, 1/315–316.)

Az, hogy a világ megismerhetőségét nem garantálhatja az evolúción nyugvó biológiai emberkép, hanem csakis egy dualista elmefilozófia és/vagy az ezt megalapozó istenhit, a filozófia történetében régi gondolat tehát – de senki sem fogalmazta meg olyan egzakt és

sarkított formában, mint Plantinga. Érvelése az evolúcióelméleti, elmefilozófiai, ismeretelméleti és teológiai kérdések egész sorát érinti, s így joggal vált ki általános érdeklődést.

1. *Plantinga érve*

Plantinga abból indul ki, hogy a természetes kiválasztódás jutalmazza az adaptív viselkedést, s megbünteti a nem alkalmazkodót, de csöppet sem törődik azzal, hogy igaz-e, amit hiszünk. Kognitív képességeink megbízhatósága a természetes kiválasztódás számára „láthatatlan”. Milyen módon befolyásolja ez a tény kognitív képességeink megbízhatóságát? Legyen eme képességeink megbízhatóságának hipotézise R; legyen a materializmus/naturalizmus² igaz voltának hipotézise N, és legyen az evolúció hipotézise E, végül jelöljük a valószínűséget P-vel. Mekkora lesz P (R/N&E)?

Viselkedésünk legnagyobbbrészt adaptív, (különbben nem tudtunk volna a Földön fennmaradni, szaporodni és továbbfejlődni) de mi a helyzet hiteinkkel; valószínű-e hogy ezek legnagyobbbrészt igazak?³ E kérdés eldöntéséhez meg kell vizsgálnunk a hiteink és viselkedésünk közötti összefüggést. Meg kell vizsgálnunk P(R/N&E)-t a naturalizmus alapján elgondolható két – egymást kizáró és az összes lehetőségeket kimerítő – filozófiai lehetőség, (C) és (–C) hipotézise mellett. Ha ismerjük P (R/N&E&C) és P (R/N&E–

C)-t, akkor meghatározhatjuk P(R/N&E)-t. Természetesen pontos számértékeket nem fogunk tudni megadni, csak homályos becsléseket: „magas”, „alacsony”, vagy „0,5 -höz közel álló”.

Melyik ez a két lehetőség? Felmerül a kérdés: miféle valóság *lehet* a naturalizmus nézőpontjából egy hit? Úgy tűnik, egy hitnek valamiféle, az idegrendszeren belüli állapotnak vagy struktúrának kell lennie. Ennek az idegrendszeri struktúrának *idegrendszeri-fiziológiai* tulajdonságai lesznek. Könnyű belátni, hogy a hitnek *ezen* tulajdonságai hogyan lehetnek hatással az organizmus viselkedésére. A hitek feltehetően idegrendszerileg összekapcsolódnak az izmokkal, a hittől érkező elektromos impulzusok áthatolnak a szokásos idegpályákon, és izomösszehúzódnásokat idéznek elő.

Egy hit tehát egy idegrendszeri struktúra vagy esemény, idegrendszeri-fiziológiai tulajdonságok egy bizonyos készletével. De ha a hit valóban *hit*, akkor rendelkezni fog *más* típusú (szemantikai) tulajdonságokkal is, lesz *tartalma*: valamely *p* kijelentést illetően az a hit lesz, *hogy p*. A kérdés: egy hit tartalma belép-e a viselkedéshez vezető oksági láncolatba? C az a lehetőség, hogy egy hit tartalma *belép* ebbe a láncba; –C pedig, hogy nem.

Kezdjük (–C)-vel (amelyet „szemantikai epifenomenalizmusnak” nevezhetünk): mekkora P (R/N&E&–C)? Természetesen egy

² Ebben a cikkben arra a felfogásra, amely szerint Isten vagy bármilyen más természetfeletti lény nem létezik, az angol szakirodalomban elterjedt *naturalizmus* (naturalism) szót fogom használni a magyar olvasó számára talán ismerősebb *materializmus* helyett. A két terminus jelentése között vannak bizonyos különbségek, de ezek jelen cikk szempontjából nem relevánsak.

³ Plantinga szerint ezt a kérdést először egy olyan gondolat kísérlet formájában kell végiggondolnunk, amelynek során nem rólunk magunkról, hanem egy másik bolygón élő feltételezett fajról van szó, akiről tudjuk,

hogy a mieinkhez hasonló értelmi funkciókkal bírnak, s hogy az emberi evolúcióhoz hasonló természeti folyamatok nyomán fejlődtek ki, és tudnak alkalmazkodni saját bolygójuk viszonyaihoz. Plantinga szerint ha az idegen bolygón élő feltételezett értelmes faj esetében igazoljuk, hogy P (R/N&E) alacsony, akkor ez megáll ránk is. Véleményem szerint ez nem így van, önmagunkról és saját evolúciónkról ugyanis más, részletesebb ismeretekkel is rendelkezünk, mint a gondolatkísérletben szereplő értelmes fajról, s ezek az ismereteink megváltoztathatják R valószínűségét a *mi* esetünkben.

¹ A legfontosabb kritikákat és Plantinga azokra adott válaszait lásd Beilby, 2002

hitnek a *tartalma* határozza meg igaz vagy hamis voltát; egy hit csak akkor igaz, ha az a kijelentés, amely a tartalmát alkotja, igaz. De (~ C) esetén a hitek tartalma *láthatatlan* lesz az evolúció számára. Mivel a természetes szelekciót csak az adaptív viselkedés érdekli, nem pedig az igaz hit, a szelekció nem fogja módosítani a hiteket létrehozó folyamatokat úgy, hogy „bünteti” a hamis hiteket, és „jutalmazza” az igazakat. Ennek megfelelően az, hogy fennmaradtunk és továbbfejlődtünk, semmit sem mond nekünk hiteik *igazságáról* vagy kognitív képességeink megbízhatóságáról.

Mond valamit persze egy adott hit *idegrendszeri-fiziológiai* tulajdonságairól, amelyek révén a hit szerepet játszott az adaptív viselkedés kialakításában. De semmit a hit igaz voltáról: a hit lehet igaz, de ugyanolyan valószínűséggel hamis is. Ám kognitív képességeink megbízhatóságához az igaz hitek meglehetősen magas, mondjuk 75 %-os arányára lenne szükség. E hipotézis alapján tehát annak valószínűsége, hogy hiteink igazak, csekély lesz. Vagy pedig gondolhatjuk ezt a valószínűséget meghatározhatatlannak. $P(R/N\&E\&-C)$ tehát alacsony vagy ismeretlen.

Térjünk most át C-re, a másik lehetőségre, arra, hogy egy hit tartalma igenis belép a viselkedéshez vezető oksági láncba. Amint fentebb láttuk, a materialista világkép alapján nehéz elképzelni, hogy egy hit tartalmának egyáltalában hogyan *lehetne* kauzális hatása a viselkedésre. Mindazonáltal tegyük fel, hogy C igaz. Ez a köznapis józan ész álláspontja: a hit úgy működik, mint a viselkedés egy (részleges) oka, magyarázata, s ez kifejezetten a hit *tartalmára* vonatkozik. Amikor sört akarok inni, s azt hiszem, hogy van egy sör a hűtőben; akkor ennek a hitnek a tartalma, általában úgy véljük, részben megmagyarázza a testem mozgásait: azt, hogy felemelkedik a karos-

székből, odalép a hűtőhöz, kinyitja, és kibontja a sört. Mekkora $P(R/N\&E\&C)$? Nem olyan magas, mint első látásra gondolnánk.

Egyértelmű-e az, hogy a hitek úgy kapcsolódnak a viselkedéshez, hogy a hamis hitek a környezethez rosszul alkalmazkodó viselkedést produkálnak, olyant, amely csökkenti azok fennmaradási és szaporodási esélyeit, akik ilyen hitekkel rendelkeznek? Nem. Először is a hamis hitek nem garantálják a rosszul alkalmazkodó viselkedést. Például a vallásos hit egyetemesen el van terjedve a világon; s még a naturalisták közül is sokan úgy gondolják, hogy adaptációs haszna van, jöllehet (szerintük) hamis. Nézzünk egy másik példát! Egy primitív törzs azt gondolja, hogy valójában minden dolog élő, illetve egy boszorkány; és az összes vagy legtöbb hitük ilyen formában fogalmazódik meg: *ezt a boszorkányt jó megenni* vagy *az a boszorkány valószínűleg meg fog engem enni, ha esélyt kap rá*. Ha ezek az emberek a megfelelő tulajdonságokat tulajdonítják a megfelelő „boszorkányoknak”, akkor hiteik adaptívak lesznek, jöllehet hamisak.

Kérdésünk az igaz hitek adaptív hiteken belüli arányára vonatkozik – azaz az adaptív viselkedést (részben) okozó hitekre. Az adaptív hitek mekkora hányada igaz? Minden igaz adaptív hitet illetően úgy tűnik: könnyű elgondolni egy hamis hitet, amely ugyanahhoz az adaptív viselkedéshez vezet. Az a tény, hogy az én viselkedésem (vagy az őseimé) adaptív volt, ezért legjobb esetben is csak egy gyenge indok arra, hogy hiteimet legnagyobbbrészt igaznak és kognitív képességeimet megbízhatóknak gondoljam – s ez igaz marad akkor is, ha a hitek és a viselkedés viszonyáról szóló *common sense* felfogásból indulunk ki. Tehát abból a tényből, hogy a mi viselkedésünk (vagy őseinké) adaptív volt, értelmese nem

érvelhetünk amelle, hogy hiteink általában igazak, kognitív képességeink megbízhatóak. Ezért nem valószínű, hogy $P(R/N\&E\&C)$ nagyon magas lenne. Ámde hogy a lehető legtöbbet engedjük az ellenkező álláspontnak, mondjuk azt, hogy ez a valószínűség ismeretlen, vagy közel áll 0,9-hez.

Mármint, a valószínűségek kalkulusa (az összesített valószínűségről szóló tétel) azt mondja: $P(R/N\&E) = [P(R/N\&E\&C)XP(C/N\&E)] + [P(R/N\&E\&-C)XP(-C/N\&E)]$, azaz R valószínűsége N&E mellett az összege R valószínűségeinek N&E&C és N&E&-C mellett, megszorozva C és -C valószínűségével (N&E) mellett.

Már megállapítottuk, hogy a két szorzat közül az elsőnek, az egyenlet jobboldalán állónak az első, baloldali összetevője vagy mérsékelten magas, vagy ismeretlen, a másodiknak az első tagja pedig vagy alacsony vagy ismeretlen. Az maradt hátra, hogy kiértékeljük a két szorzat jobboldali tényezőit. Mekkora a valószínűsége -C-nek N&E mellett? A hit és viselkedés viszonyát illetően ma a szemantikai epifenomenalizmus általánosan elfogadott nézet. Ennek az az oka, hogy nagyon nehéz elképzelni a materializmus hipotézise mellett azt, hogy egy hit tartalma kauzálisan releváns *lehetne* a viselkedést illetően. A materializmus szerint egy hit valamiféle neuronokból álló struktúra – olyan struktúra, amely valamilyen módon „hordoz” valamilyen tartalmat. Ámde ez esetben tartalma hogyan léphetne be a viselkedéshez vezető kauzális láncba? Hogyha egy ilyen adott struktúrának valamilyen *más* tartalma lenne, kauzális hozzájárulása a viselkedéshez ugyanaz lenne. Tételizzük fel, hogy az én azon hitem: *ma a naturalizmus a divat*, ugyanezekkel a idegrendszeri-fiziológiai tulajdonságokkal rendelkezik, azonban valamilyen egészen más

tartalommal, például: *ma senki sem hiszi a naturalizmust*. Megváltoztatná ez bármiben is hitem szerepét a viselkedés magyarázatában? Nehéz belátni, hogyan: ugyanazok az elektromos impulzusok futnának le ugyanazokon az idegpályákon, s ugyanazokat az izom-összehúzódasokat eredményeznék. Tehát nehéz belátni, hogy a szemantikai epifenomenalizmus hogyan lehetne elkerülhető N&E mellett. $P(-C/N\&E)$ -t tehát viszonylag magasnak kell tekintenünk, mondjuk 0,7-nek, ebben az esetben pedig $P(C/N\&E)$ 0,3 lesz. Természetesen könnyen tévedhetünk, valójában nem tudjuk egyértelműen megmondani, mekkorák e valószínűségek, tehát talán ebben az esetben is akkor járunk el józan módon, ha ismeretlennek tekintjük őket. Jelen tudásunk mellett ezért $P(-C/N\&E)$ vagy magas, vagy ismeretlen. Ha pedig $P(-C/N\&E)$ ismeretlen, akkor ugyanez vonatkozik – természetesen – $P(C/N\&E)$ -re is. Mit jelent mindez $P(R/N\&E)$ -t illetően?

Először nézzük meg a kérdést abból kiindulva, hogy valamennyi valószínűséget ismertnek tekintjük. Ekkor $P(C/N\&E)$ 0,3 körül lesz, $P(-C/N\&E)$ 0,7 körül, $P(R/N\&E\&-C)$ pedig talán 0,2 körül. Ekkor hátra van még $P(R/N\&E\&C)$, annak a valószínűsége, hogy R igaz a naturalizmus, plusz a hitek és a viselkedés közötti viszonyra vonatkozó *common sense* felfogás mellett. Tegyük fel, hogy ez 0,9 közelében van. E becslések mellett $P(R/N\&E)$ 0,41 körül lesz.

A másik lehetőség az, hogy a valószínűségek ismeretlenek, ekkor ugyanezt kell mondanunk $P(R/N\&E)$ -re is. $P(R/N\&E)$ ezért vagy alacsony – mindenesetre 0,5-nél kevesebb –, vagy ismeretlen.

Ha mindezt végiggondoltuk, akkor látunk kell, hogy a naturalista – legalábbis ha $P(R/N\&E)$ -t alacsonynak vagy ismeretlen-

nek látja – egy megcáfoló megfontolás birtokában van R-t, ama kijelentést illetően, hogy saját kognitív képességei megbízhatóak. De akinek van egy ilyen megcáfoló megfontolása R-t illetően, annak egyszersmind van egy megcáfoló megfontolása minden *más* kognitív képességei által létrehozott hitére is, beleértve magát a naturalizmust és az evolucionizmust, N&E-t is. Aki *elfogadja* N&E-t, rendelkezik egy *megcáfoló megfontolással* N&E-t illetően, egy indokkal arra, hogy kétségbe vonja vagy elvesse. N&E tehát önmagát cáfolja, s ezért elfogadása irracionális.

Plantinga szerint az evolucionista naturalista olyan helyzetben van, mint az ember, aki tudja, hogy elfogyasztott egy olyan X gyógyszert, amely kognitív képességeit (mondjuk) 90 %-ban megbízhatatlanná teszi. Az ilyen embernek nem lenne oka arra, hogy bármely hitében megbízson. (Plantinga, 2008)⁴

A teista hívó viszont tudja, hogy Isten teremtetett bennünket, saját képmására, amihez hozzátartozik, hogy sok mindent tudhatunk és tudunk is a körülöttünk lévő világról. Ezért jó indokai vannak arra a meggyőződésére, hogy Isten az evolúciót úgy irányította, hogy az értelmes, a valóságot megismerni tudó lényeket hozzon létre.

Plantinga érvelése alapvetően három lépésből áll. 1. Az emberi kognitív képességek kialakulásának naturalista, evolúciós „története” valószínűvé teszi, hogy e képességeink megbízhatatlanok. 2. Ezért minden okunk megvan rá, hogy ne bízunk meg egyetlen hitünkben sem; tehát magában a naturalizmusban és a fejlődésméletben sem. 3. Ebből a szkeptikus zsákutcából csak a teizmus elfogadása „szabadíthat ki” bennünket. Az érve-

⁴ Plantinga több munkában is kifejtette hosszabb-rövidebb formában az érvet.

lés kritikáit érdemes tehát ezeknek a lépéseknek a sorrendjében megvizsgálnunk.

II. Igazság és adaptáció

Több filozófus próbálkozott Plantinga érvelése *első* lépésének cáfolatával. A legegyszerűbb ilyen kritika az, hogy egyszerűen *nem igaz* az, hogy egy élőlény számára az evolúció során ne jelentene előnyt az, ha környezetéről igaz hitekkel rendelkezik (Draper, 2007; Ramsey, 2002).⁵ Kétségtávol vannak olyan lények (pl. a svábbogarak), amelyek tudatos (akár igaz, akár hamis) hitek nélkül működtetnek bizonyos egyszerű adaptációs mechanizmusokat, s azokkal jól alkalmazkodnak bizonyos környezetekhez, de az is tény, hogy a Földön mégiscsak a tudattal bíró emberi faj tud a legtöbb féle, különböző és folyamatosan változó környezeti feltételrendszerhez alkalmazkodni, tudta valamennyi természetes elenséget legyőzni, s környezetét nagy mértékben saját igényeinek megfelelően átalakítani. Az is tény, hogy a hamis hitek néha hasznos, az igazak pedig néha káros lépésekhez vezetnek élőlényeket, de az ilyen esetek és mechanizmusok (például az ún. Garcia-effektus)⁶

⁵ Vannak összetettebb érvek is ezzel kapcsolatban. Az egyik, hogy a tudat (a vele együtt járó nagy fej, bonyolult és sérülékeny idegrendszer és hosszú utógondozási időszak miatt) az élőlény számára jelentős adaptációs hátrányokkal járó „beruházás”. Nem valószínű, hogy az élőlények kifejlesztették volna a tudatot akkor, ha nem jár együtt jelentős evolúciós előnyökkel is.

⁶ Garcia-effektus az a jelenség, amikor biológiailag előnyösebb az olyan kognitív mechanizmusok működtetése, amelyek néhány igaz és nagyon sok hamis hitet eredményeznek, mint az olyanoké, amelyek általában igaz hitekkel. Ha pl. egy élőlény környezetében egy bizonyos helyen időnként tartózkodik egy veszélyes ragadozó, akkor az élőlénynek előnyösebb azt hinnie, (tévesen) hogy ellensége *mindig* ott van (s mindig elmenekülni), mint azt, hogy néha ott van és néha nincs; utóbbi esetben egyetlen tévedés végzetessé válhat.

inkább kivételek. Általánosságban, amikor például tizenöt személy keres egy adott területen valamit, akkor nyilván annak van a legnagyobb esélye arra, hogy megtalálja, aki megfelelő térképpel rendelkezik a területről, s nem azoknak, akik hibás térképpel vagy térkép nélkül keresgélnek. A modern orvostudomány nyilvánvalóan azért tudja orvosolni a betegségeket, amelyek egykor tömeges halálozáshoz vezettek, mert az emberi szervezetről és a kórokozókról igaz hitekkel rendelkezünk – és így tovább.

Plantinga válasza, hogy az ellenvetés össze-zavarja a reprezentációk két formáját: az indikatív reprezentációkat és a hiteket. Indikatív reprezentáció az, amikor valamely fizikai jelenség „jelzi” azt, ami az élőlény környezetében történik (például egy kaméleon felveszi környezete színeit, vagy a testemben fellép egy bizonyos érzés annak nyomán, hogy emelkedett a hőmérsékletem). Plantinga elfogadja, hogy ezek az indikatív reprezentációk a környezetről előnyösek, ha helyesek és károsak, ha tévesek. (Például, ha lázam van, akkor előnyösebb, ha a testem jelzi nekem, hogy lázam van, és ágyba fekszem, mint ha nem jelzi, és ezért lázasan kimegyek a hideg utcára.) Csak-hogy Plantinga szerint az indikatív reprezentációknak semmi közük nincs a *hitekhez*. Ilyen indikatív reprezentációkkal nyilvánvalóan rendelkeznek azok az élőlények is, amelyeknek nincsenek semmiféle hiteik – sőt, a nem élő fizikai rendszerek is. (Például a higanyoszlop egy hőmérőben jelzi, magas-e a hőmérséklet.) Miért kellene hát feltételeznünk, hogy a környezet állapotait reálisan jelző (és ezért az adaptációt elősegítő) indikatív reprezentációkhoz mindig igaz hitek társulnak? (Plantinga, 2002; Plantinga, 2007).

Plantinga védekezése azonban meggyőződésem szerint nem helytálló. Egyrészt az in-

dikatív reprezentációk és a hitek közötti filozófiai-konceptuális szakadék nem olyan áthidalhatatlan, amilyennek ő feltünteti. Teljesen igaz az, hogy egy termométer higanyoszlopa vagy a kaméleon bőrének a környezet színeit érzékelő mechanizmusai „nagyon más” dolgok, mint az elménkben lévő mentális reprezentációk – de a kortárs elmefilozófia folyamatosan dolgozik a reprezentáció és az intencionalitás naturalisztikus elemzésén, s nem tűnik indokoltnak *eleve* reménytelennek tekinteni ezeket a kísérleteket.

Ami azonban ennél fontosabb az az, hogy amennyiben a hitek szemantikai tulajdonságainak naturalisztikus elemzése áthidalhatatlan nehézségekkel kerülne szembe, az még mindig csak azt jelentené, hogy a hiteink és a biológiai adaptáció közötti összefüggést *nem tudjuk megmagyarázni*, nem pedig azt, hogy az összefüggés *nem is létezik*. Hogyha az élőlények a környezetükről szerzett indikatív reprezentációk helytálló volta miatt képesek adaptív viselkedésre, akkor hogyan magyarázza Plantinga, hogy – legalábbis az emberknél – ezekhez a helyes indikatív reprezentációkhoz nagyon sokszor *igaz hitek* társulnak? Például amikor a testem jelzi, hogy lázam van, akkor nagyon sokszor nem csak „öszönösen” befekszem az ágyba, hanem kialakul egy tudatos hitem is arról, hogy lázam van, és ez a tudatos hit vezet az adott helyzetben ésszerű viselkedéshez. Amennyiben feltételezzük, hogy a helyes indikatív reprezentációk (nem pedig az igaz hitek) vezetik a hitekkel rendelkező élőlényeket az adaptív viselkedéshez, akkor azt, hogy ilyenkor rendszerint igaz hitek is jelen vannak, kétféleképpen magyarázhatjuk:

Az igaz hitek csak véletlenszerűen esnek egybe a helyes indikatív reprezentációkkal.

Az igaz hitek ugyan az indikatív reprezen-

tációk következményei, de nem ők magyarázzák az adaptív viselkedést, csak epifenomének, érdemi kauzális következmények nélkül.

De egyik lehetőség sem látszik túl valószínűnek. Általában azt látjuk, hogy az emberek akkor tudnak sikeresen alkalmazkodni környezetükhöz, ha igaz hiteket s ezekre épülő stratégiákat alakítanak ki róla – akkor is, ha néha vannak hamis hitekre vagy ösztönös „megérzésekre” épülő sikeres adaptációs stratégiák. Úgy tűnik, minél komplexebb alkalmazkodási feladatról van szó, annál inkább ez a helyzet – gondoljunk arra, mennyivel inkább kell tevékenységéhez tudatos koncepciót felépítenie egy bankrablónak, mint egy utcai zsebtolvajnak! Az, hogy nem tudjuk – és talán soha nem is fogjuk meg tudni –, hogy ez az összefüggés *milyen mechanizmusok révén* működik, nem cáfolja magának az összefüggésnek a *megejtését*, és így annak a valószínűségét sem, hogy mi, emberek eddigi alkalmazkodási sikereinket általánosságban annak köszönhetjük, hogy az evolúció során megbízható kognitív képességeket fejlesztettünk ki.

III. Naturalizmus, szkepticizmus és bizonyosság

Tegyük fel most, hogy Plantingának igaza van abban, hogy az evolúció fényében az emberi kognitív képességek megbízhatóságának a valószínűsége (PR/E&N) ismeretlen vagy alacsony. Ebben az esetben felmerül a kérdés: miért tenné ez *összes* meggyőződéseinket (a naturalizmust is beleértve) bizonytalanná?

Vannak Plantingának olyan kritikusai, akik szerint $P(R/E\&N) \leq 0,5$ egyáltalán nem megcáfoló megfontolás ismereteinkkel szemben. Önmagában az, hogy az evolúció *nem támasztja alá* ismereteink megbízhatóságát, nem jelenti azt, hogy alátámasztaná ismereteink *nem-megbízhatóságát*. (Fodor, 2002)

Kognitív képességeinkben, illetve az általuk megszerzett hiteinkben ugyanis bízni szoktunk mindenfajta filozófiai megalapozás *nélkül* is, mindaddig, amíg a filozófiai szkepticizmus gondolkodóba nem ejt bennünket megbízhatóságukat illetően. Miért ne maradhatna meg ez a természetes bizalmunk a megismerésben azután is, hogy meghallgattuk Plantinga érvelését?

Elvégre is az ismeretelméletek egy jelentős része, az „externalista” ismeretelméletek szerint a tudáshoz nem szükséges, hogy tudjuk (vagy igazoltan higgyük), hogy tudunk (vagy igazoltan hiszünk) valamit, hanem elég, ha a tudás (vagy az igazolt hit) kritériumai, feltételei egyszerűen csak *fennállnak* – akár tudunk róluk, akár nem. Ma már a legtöbb filozófus elfogadja, hogy az episztemológiai szkeptikust nem tudjuk megcáfolni. Az externalista episztemológusok szerint azonban ez nem jár semmiféle veszéllyel tudásunkra (illetve a róla való bizonyosságunkra) nézve. Le tudjuk írni valamennyi hitünket, illetve kognitív mechanizmusunkat – és igazolni tudjuk megbízhatóságukat is –, úgy, hogy közben *más* hiteinket, illetve kognitív mechanizmusainkat megbízhatónak feltételezzük. Amivel nem rendelkezhetünk, az egy igazoló-megalapozó leírás *egyszerre az összes* hiteinkről illetve kognitív képességeinkről – de erre törekedni nem is volna racionális. (Sosa, 1999, 96.) Ez volna tehát Plantinga érvelésére az externalista episztemológia válasza... Semmiképpen sem eleve kilátástalan ez a válaszkísérlet, hiszen Plantinga szerint az EAAN *nem* feltételez semmiféle specifikus episztemológiai álláspontot. (Plantinga, 2002, 205., 2. lábjegyzet)

James Van Cleve például Descartes példájára hivatkozik Plantingával szemben. Igaz, hogy Descartes az elmében lévő apriori fogalmak, az *idea clara et distincta* biztos, igaz is-

meretet nyújtó voltában Isten igazságszerete (*veracitas Dei*) miatt volt bizonyos, de ezt magát is az *idea clara et distincta* segítségével bizonyította. Descartes érvelése mégsem egy rossz értelemben vett körforgás, mert Descartes, mielőtt az elméjében lévő *idea clara et distincta*-kat megvizsgálta volna, *nem* tudta (de még csak nem is feltételezte...) hogy az *idea clara et distincta*-k természete az igazság biztos kritériuma, megvizsgálásuk az igazsághoz vezető biztos módszer lenne.⁷ Descartes egyszerűen csak *megtudott* bizonyos dolgokat az *idea clara et distincta* vizsgálatából, s ezeket a dolgokat akkor is tudná, ha nem jutott volna el oda, hogy az *idea clara et distincta* mint ismeretforrás megbízható voltáról Isten kezkesedik. Descartes expliciten elismeri, hogy egy ateista matematikus is lehet bizonyos abban, hogy $2 \times 2 = 4$, vagy a háromszög szögeinek összege 180 fok, amde azt állítja, hogy az olyan matematikus, aki nyomon követve az ő érvelését eljutna Isten létezésének, a *veracitas Dei*-nek és így az *idea clara et distincta* mint igazságkritérium megbízható voltának a belátásáig, egy megbízhatóbb és mélyebb tudás (*scientia*) birtokába jutna – amelyet szembeállít a pusztá *cognitio*-val (megismerés).

Természetesen Descartes a maga ismeretelméletéhez olyan metafizikai előfeltevéseket használt, amelyek a naturalizmussal összeegyeztethetetlenek, de *módszere* ettől még követhető marad a naturalista számára. A naturalista filozófus először – egyszerűen bizonyos kognitív képességeinket *használva*, a megbízhatóságukra vonatkozó bármiféle előzetes meggyőződés *nélkül* – kimutatja, hogy bizonyos ismereteink igazak, majd

⁷ Van Cleve rekonstrukciója a „kartezianus kör”-ről nem biztos, hogy helyes értelmezése a *történeti* Descartes gondolatmenetének, de ez a kérdés a jelen tanulmány mondanivalóját nem érinti.

felépít ezekre az ismeretekre egy olyan teljes képet az emberi megismerés rendszeréről, amely kognitív képességeinket belehelyezi egyfajta tudatos episztemológiai perspektívába – s így kimutatja róluk, hogy igenis általában megbízhatóak. (Sosa, 2002, 93–94.)

Ám meggyőződésem szerint ez a válasz csak akkor tartható fenn, hogyha $P(R/E\&N)$ meghatározhatatlan. Egy állat, egy gyermek vagy akár egy reflexiókra képtelen felnőtt kétségkívül tudja (legalábbis igazoltan hiszi) hogy „a hó fehér” – azért, mert úgy látja, hogy a hó fehér – anélkül, hogy bármikor gondolkodna rá, milyen, az emberi érzékszervekre és a környezetre, illetve az emberi megismerésre vonatkozó megfontolások miatt tekintjük a látását megbízhatónak –, ugyanígy egy matematikusnak sem kell matematikafilozófiai problémákon törnie a fejét ahhoz, hogy megbízzon egy bizonyítás érvényességében. De ha a látásban vagy a matematikai bizonyításban ösztönösen bízó személynek elmagyarázzuk és igazoljuk, hogy egy adott esetben érzékszervei *nem* működnek megfelelően, vagy a matematikai bizonyítás alkalmazott módszere *nem* érvényes, akkor már nem hiszik igazoltan (még kevésbé tudják), hogy a látás vagy a bizonyítási módszer megbízható.

Tehát ha Plantinga érvelése kifejezetten azt igazolná, hogy a kognitív képességeinkkel megszerzett hiteink valószínűsége csekély, $(PR/E\&N < 0,5)$ akkor érvelésével szemben a fentebb leírt, „egyszerű externalistának” nevezhető stratégia hatástalan.⁸

⁸ Terjedelmi okokból nem tárgyalom külön a *common sense*-típusú válaszokat, amelyek szerint hiteink rendszerének igazolásához nincs szükségünk *semmilyen* leírásra, mert a rendszerbe vetett ösztönös bizalmunk valamilyen *nem propozicionális*, kijelentésekben nem megfogalmazott tapasztalaton nyugszik. (Lásd Bergmann, 2002) A fenti megfontolások azonban ezekre is vonatkoznak.

Plantinga is elismeri, hogy az emberek általában mindenfajta – akár implicit – igazolás nélkül hisznek saját kognitív képességeik megbízhatóságában –, s ezen semmiféle filozófiai megfontolás hatására sem tudnak változtatni, még ha akarnának is... Ezért nevezi a maga érvelését *Humean defeater*-nek. Ahogyan Hume az indukcióra vonatkozó szkeptikus kérdésfeltevése hatására sem tudunk változtatni azon, hogy bízunk az indukcióban és használjuk azt, ugyanúgy az ő érvelése sem tud változtatni azon, hogy alkalmazzuk „normál” módszereinket a valóság megismerésére. De ettől még – akárcsak Hume esetében – a filozófiai reflexió perceiben el kell ismernünk, hogy az érvelés igenis kihúzza az alapot ismereteink megbízhatósága alól. (Plantinga, 2002)

Plantinga kritikusi általában azt válaszolja, hogy nagyon sok más hitünk szól amellett, hogy kognitív képességeink megbízhatóak. Igaz, hogy ezeket a hiteinket is a kérdéses kognitív képességek alkalmazásával szerztük – de az ilyenfajta körben forgás szerintük nem feltétlenül elvetendő.

A nem reflektált módon kognitív képességeit alkalmazó személynek természetesen igaza van, amikor mindenfajta „külső” igazolás nélkül egyszerűen csak hisz a maga meggyőződéseiben, – de egy, az emberek kognitív képességei és a külvilág viszonyáról szóló egységes koncepció egy magasabb szintű, jobban megalapozott tudáshoz juttathat el bennünket, amely egyszersmind védett lesz a plantingai szkepszistől is.

Hogyan működhetne egy ilyen megcáfoló megfontolást megcáfoló megfontolás (*defeater-defeater*) a plantingai érveléssel (PR/N&E<<1)-el szemben? Térjünk vissza Plantinga gyógyszeres példájára! Képzeljük el, hogy bevettem az X. gyógyszert, ezt tudom,

és ezért nem bízom egyetlen kognitív képességemben sem. De ezután felhív telefonon az orvosom, és közli, hogy nemrég elvégzett rajtam egy genetikai vizsgálatot, amelyből az derül ki, hogy a népességnek abba a 10 %-ába tartozom, amely genetikai okokból védett a gyógyszer hatásával szemben. Ekkor – leg többünk racionalitás természetéről alkotott elképzelései szerint – jó okunk van rá, hogy megbízunk az orvos állításában –, s így abban is, hogy jól érzékelttem, mikor csengett a telefon, jól hallottam, amit az orvos mondott, s ezért minden más kognitív képességemben is, amelyeket az első megcáfoló megfontolás – a gyógyszer beszédére vonatkozó tudásom – kétségessé tett. Az orvos telefonhívása és az általa közvetített információk – valamint az ebből levont következtetéseink – egy, a kognitív képességeim alakulására vonatkozó, a gyógyszerhasználatból következő „forgatókönyvvel” ellentétes „forgatókönyvet” adtak a kezembe... (Talbot, 2002, 159–160.)

Plantinga szerint ez nem így van. Az orvos telefonhívása ugyanis (az általa közvetített információkkal együtt) *éppúgy* lehet a gyógyszer indukálta fantázia, mint összes többi, a gyógyszer beszédére után kialakult meggyőződés. (Plantinga, 2002, 227–228.) Plantingának igaza van abban, hogy ez a lehetőség *logikai lehetőségként* fennáll. De felmerül a kérdés: a gyógyszer miért éppen *ezeket* az illúziókat, miért éppen ilyen, a saját megtévesztő hatását látszólag koherensen leíró, s a mi konkrét esetünkben meg is cáfoló hiteket alakított ki bennünk? Úgy tűnik, tapasztalatainknak egyszerűbb és koherensebb leírása az, ha elfogadjuk: az orvos valóban telefonált, és az általa elmondottak valóban megcáfolják a kognitív képességeinkre vonatkozó kételyeinket. (Természetesen nem hinnénk az orvos telefonhívásának akkor, ha azt is tudnánk,

hogy a gyógyszer *pontosan azt* az illúziót alakítja ki bennünk, hogy elveszítettük a kognitív képességeinkbe vetett bizalmunkat, de telefonált az orvosunk és így tovább...)

Miért ne volna hát lehetséges, hogy az EAAN által nyújtott, megismerésünk eredetére és működés módjára vonatkozó, szkeptikus végkicsengésű „forgatókönyvvel” is szembe szegezzünk egy ilyen ellentétes előjelű „forgatókönyvet”, amely úgy írja le kognitív képességeink eredetét és működését, hogy végső soron megbízhatónak mutatja őket, s egyben megmagyarázza, mikor, milyen tényezők következtében nem megbízhatóak, vagy tűnnek ilyeneknek? Ahhoz, hogy az EAAN-t preferáljuk az emberi megismerés egy ilyen leírásával szemben, Plantingának nemcsak azt kellene bizonyítania, hogy kognitív képességeink általában megbízhatatlanok, hanem azt is, hogy valamiért *éppen ezeket az* – egymással sokféle módon összefüggő, s egymást erősítő – tévedéseket alakították ki bennünk.

Plantinga szerint ez a filozófiai projekt nem lehet sikeres, hiszen ez az ellentétes „forgatókönyv” is csak olyan hiteken alapulhat, amelyeket *vagy* önkényesen hozzáadunk a N&E alapján elfogadott eddigi hiteinkhez, *vagy* valamilyen eddig is meglévő ismereteinkből levezetjük őket.

Az első esetben arról van szó, hogy egy hipotézist az eredeti hipotézisből nem következő, önkényes segédhipotézisekkel támasztunk alá, ez pedig nyilvánvalóan nem racionális eljárás. (Plantinga 1994, 34.) A második esetben viszont olyan hitekből vezetjük le az EAAN cáfolatát, amelyeket az EAAN maga cáfol – vagy legalábbis valószínűtlenné tesz.

Valóban így van-e ez? Térjünk vissza először Descartesra és a „kartezianus kör” problémájára! Tételezzük fel, hogy Descartes *nem* tudott volna eljutni az *idea clara et distincta*

vizsgálatából Isten *veracitas Dei*-jéhez, hanem csak egy olyan Isten hipotéziséhez, akinek a természetéhez az tartozik, hogy az általa teremtet megismerő alanyoknak az elméjükben lévő *idea clara et distincta* vizsgálata révén nyert hitei mintegy 10 %-a igaz. Vajon indokolt adott volna-e Descartesnak ez arra, hogy *elvesse* azokat az *idea clara et distincta*-ból nyert hiteit, amelyekből rendszere kiindult? Aligha. Ugyanis Descartes 1-nek tekintette ezeknek a hiteknek a valószínűségét, biztosan igaznak tekintette őket, márpedig ha valamiről valamilyen alapon százszázalékos bizonyossággal tudjuk, hogy igaz, akkor nem jó érv ellene az a megfontolás, amely szerint kilencven százalékos valószínűséggel hamis... Descartes tehát megmaradhatott volna azon meggyőződése mellett, hogy egyrészt azok a hitei, amelyeket az *idea clara et distincta* alkalmazásával nyert, igazak, másrészt az *idea clara et distincta* – mivel alkalmazásával igaz hitekhez jutott – az igazság egy – legalábbis bizonyos esetekben – megbízható kritériuma.

De kétségtelen, hogy Descartes meglehetősen nehéz szituációba jutott volna ez esetben. Valamilyen további filozófiai hipotézisekkel kellett volna kiegészítenie saját leírását kognitív képességeinkről, olyan hipotézisekkel, amelyek megmagyarázzák, hogy ha bizonyos esetekben az *idea clara et distincta* vizsgálata a megismerés egy megbízható kritériuma, akkor milyen releváns különbség van ezek között az esetek és a többi, a „megbízhatatlanság” esetei között, továbbá megmagyarázzák azt is: Isten miért úgy teremtett minket, hogy kognitív képességeink csak ezekben a specifikus esetekben legyenek megbízhatóak?

Rendelkezésre áll-e ez a lehetőség a naturalizmus alapján álló filozófusnak? Vannak-e olyan hitei, amelyekről biztosan tudja – más

hitek segítségül hívása nélkül – hogy igazak? Nincs kizárva, hogy igen. Számos filozófus véli – Willard Van Orman Quine-nak az *apriori* fogalmán gyakorolt kritikája ellenére is – úgy, hogy bizonyos hiteink önmagukban hordják igaz voltuk, vagy legalábbis nagyfokú valószínűségük garanciáját. Ilyenek a filozófiában hagyományosan biztosnak tekintett matematikai, logikai, illetve a saját képzeink vagy hiteink tartalmára vonatkozó hiteink. (Ezekben már csak azért sem kételkedhetünk, mert ilyen hiteket az EAAN is feltételez.) Ha pedig biztosan tudjuk, hogy ezek a hiteink igazak, akkor mindenképpen fenntartásuk mellett kell döntenünk, hiszen az EAAN még a legrosszabb esetben sem azt bizonyítja, hogy tévesek, legfeljebb azt, hogy *valószínűleg* azok. Ha viszont ezeket a hiteinket fenntartjuk, akkor – akárcsak Descartes – absztrahálhatunk belőlük egy vagy több – legalábbis *prima facie* megbízhatónak tűnő – igazságkritériumot, illetve az ezt a kritériumot alkalmazó kognitív képességet is, s ezen az alapon felépíthetünk egy olyan ismeretelméletet, amely kognitív képességeinket általában, vagy legalább egyes típusaikat megbízhatónak mutatja, megbízhatóbbnak, mint az EAAN. Innen tovább is léphetünk: felmerül a kérdés, hogy ha bizonyos fajta kognitív képességeink mindenképpen megbízhatóak, akkor ez nem teszi-e valószínűvé, vagy legalábbis nem nagyon valószínűtlenné, hogy a többiek (például az észlelés és az emlékezet) is azok?

Igaz ugyan, hogy ez az ismeretelmélet karteziánus, bizonyos *a priori* ismereteinkből kiinduló episztemológia, nem pedig naturalizált episztemológia⁹ lesz – de a naturalizált

episztemológia a maga minden népszerűsége ellenére még mindig nem az *egyetlen* lehetséges episztemológia. Habár Quine, Richard Rorty és mások bírálatai nagyon meggyengítették a hagyományos értelemben vett karteziánus ismeretelmélet pozícióit, vannak filozófusok, akik ezt a filozófiai projektet folytatni akarják – sőt, olyanok is akadnak, akik éppenséggel *viszatalálnak* hozzá.

Ám az kétségtelen, hogy annak a képnek, amelyet az ilyen módon felépített episztemológia adna az emberi kognitív képességekről és azok helyéről a világban, valamiképpen racionálisabbnak, összes tapasztalataink koherensebb leírásának kell lennie, mint annak a képnek, amelyet az EAAN nyújt. Ellenkező esetben nincs rá okunk, hogy preferáljuk az EAAN generálta szkepszissel szemben.

Plantinga érvelése akkor és csak akkor húzhatja ki az alapot az emberi megismerés épülete alól, ha feltételezzük, hogy mi, emberek *csak* biológiai lények vagyunk, az evolúció termékei, akiknek egyedüli célja a természeti környezethez való alkalmazkodás, ezért kognitív képességeink bármiféle leírása, illetve megalapozása csak ebből indulhat ki... Az, hogy P (R/N&E) alacsony, csak akkor jelenti azt, hogy R-be vetett hitünk irracionális, ha R nem kaphat alátámasztást valahonnan *máshonnan*. Ezt azonban Plantinga távolról sem mutatta ki...

Ámde Plantinga azt válaszolhatná nekünk, hogy pontosan *ez* az, amit a naturalizmus állít. Mert lehet, hogy a metafizikai naturalizmussal összeegyeztethető egy, nem az evolúcióból, nem kognitív képességeink kialakulásának tényleges biológiai-pszichológiai

ismereteink nincsenek, s ezért az emberi megismerésre vonatkozó tudományos (pszichológiai és biológiai) ismereteinkből kiindulva akarják megoldani az ismeretelmélet problémáit.

történetéből kiinduló, hanem apriori-karteziánus ismeretelmélet, de semmiképpen sem *következik* belőle – mi több, összeegyeztetésük felvet bizonyos filozófiai problémákat. Tehát a naturalista legalábbis *hozzáad* valamit a maga világképéhez, amikor valamilyen nem naturalisztikus alapon próbálja megcáfolni az EAAN-ból következő szkepticizmust.

A kérdés az, hogy ez a „hozzáadás” ismereteink rendszeréhez kevésbé önkényes, kevésbé inkohereens-e, mint amit Plantinga javasol: világképünk kiegészítése egy önmagában alátámasztatlan,¹⁰ de kognitív képességeink megalapozását szerinte garantáló teizmussal? Ugyanis lehetséges, hogy R valószínűsége N&E mellett nem nagyon csekély, de mégis *csekélyebb*, mint a teizmus mellett. Lehetséges, hogy a naturalizmus nem teljesen inkohereens, azonban a teizmus mégis koherensebb nála. Ezért meg kell vizsgálnunk azt a kérdést is, hogy vajon a *teizmus* hipotézise mennyire egyeztethető össze az evolúcióval és ismereteink megbízhatóságával?

IV. *Tu quoque* – teizmus és emberi megismerőképesség

Plantinga több kritikusa szerint a teista semmivel sincs jobb helyzetben kognitív képességei megbízhatóságát illetően, mint a naturalista. A legegyszerűbb ilyen ellenvetés, hogy az a – bibliai-teológiai gyökerű – meggyőződés, hogy Isten a maga képmására, így a tudás megszerzésére képesnek teremtette az embert, *éppúgy* nem logikus következménye, hanem

¹⁰ Plantinga nem állítja, és nem is állíthatja – legalábbis a jelen kontextusban –, hogy a teizmust a teista nem egyszerűen csak hiszi, hanem valamilyen kognitív képességei működése révén, *megalapozottan* hiszi, mert hiszen ha az EAAN általánosságban helytálló, akkor *minden* kognitív képességünk megbízhatóságát aláírása, beleértve azokat is (vallási tapasztalat, hit stb.) amelyek révén Istent megismerhetnénk.

többé-kevésbé önkényes *továbbgondolása* a teizmusnak, (annak a meggyőződésnek, hogy a világnak van egy értelmes Teremtője), ahogyan a naturalizmusnak az, hogy az emberek kognitív képességei általában megbízhatóak. Épp ezért a teizmus fényében R éppoly kevésbé valószínű, mint a naturalizmus mellett.

Ezzel az ellenvetéssel a probléma az, hogy a legtöbb hívó istenhite *nem* valamilyen „általános”, filozófiai jellegű teizmuson alapul, hanem ez utóbbiról is csak azért van meggyőződve, mert hiszi a tételes vallások valamelyikét. (Plantinga találó analógiájával: az, hogy nekem van egy japán autóm, egyáltalán nem teszi valószínűvé, hogy van egy Suzukim, de ettől még természetesen az első állítás nem jelent jó érvet a második *ellen*, ugyanis alapja it a másodikra vonatkozó tudásomból nyeri: általában az ember azért hiszi, hogy van egy japán autója, mert hiszi, hogy van egy Suzukija, és nem fordítva. [Plantinga, 1994, 41.]). A naturalisták és az evolúcióra vonatkozó hipotézisek esetében nem ez a helyzet: a naturalizmus és az ember evolúciójára vonatkozó ismereteik között egyfajta egyirányú „megalapozó” viszony van.

Egy második fontos ellenvetés az, hogy az *istenképmás* homályos metafora, amely semmiféle konkrét meghatározást nem tartalmaz arról, milyen kognitív képességeink megbízhatóak és mennyire. Mi több, mivel Isten végtelen és mindentudó lény, ezért mi emberek csak kevésbé hasonlíthatunk hozzá, s ez igaz kognitív képességeink vonatkozásában is. Mindazonáltal ez az ellenvetés nem perdöntő, mert mindenképpen az látszik következni a teizmusból, hogy Isten tudatos és szabad lényekké akart bennünket teremteni, ez pedig magába foglalja – legalábbis bizonyos mértékig – kognitív képességeink megbízhatóságát.

Egyes filozófusok szerint az a tény, hogy bizonyos fontos *teológiai* tényeket nem tudunk, arra mutat, hogy Isten vagy nem létezik, vagy nem akarta, hogy a kérdéses tényeket tudjuk, vagyis – legalábbis egy bizonyos fontos vonatkozásban – éppenséggel korlátozni akarta kognitív képességeinket, amikor megteremtett bennünket.

A rossz problémájáról folyó mai vitában például a keresztény analitikus filozófusok többsége is arra a – defenzív szkepszisnek nevezett – álláspontra helyezkedik, hogy mi, emberek megismerő képességünk korlátai miatt *nem* ismerjük a rossz céljait, azokat az indokokat, amelyek miatt Isten, amennyiben létezik, megengedi a rosszat. Szerintük ez ugyan – éppen azért, mert nem arról van szó, hogy ezek az indokok nem léteznek, hanem arról, hogy *mi nem látjuk* őket – nem támasztja alá Isten nemlétezését, de ha igaz, akkor mindenképpen arra mutat, hogy Isten *nem* akarta, hogy mi, emberek jól és megbízhatóan meg tudjuk ismerni a valóságot.

Saját nézetem szerint azonban mindezzel együtt (T-vel jelölve a teizmus valószínűségét) $P(R/T)$ még mindig sokkal nagyobb, mint $(PR/N\&E)$. Egy értelmes, személyes és jósa-gos Istennek mindenképpen *több* indoka lett volna értelmes lényeket teremteni, mint egy személytelen, vak evolúciós folyamatnak.

Meggyőződésem szerint azonban a vitában Plantinga és kritikái elsiklanak egy fontos tény fölött: függetlenül attól, hogy $P(R/T)$ vagy $P(R/E\&T)$ mekkora, $P(E/T)$ mindenképpen alacsony. Plantinga kitér erre a problémára, de úgy véli, hogy a teizmus és az evolúció között nincs érdemi feszültség. Elismeri, hogy az értelmes lények kialakulása felé vezető folyamat véletlenszerűnek, s nem egy tudatos Tervező művének *látszik* abban az értelemben, hogy a magasabb értelmi

szinttel (tudatossággal) rendelkező lények megjelenése nincs „beépítve” az alacsonyabb fejlettségi fokon álló lények genetikai-fejlődési „programjába”, s nem is érvényesül az evolúció során semmiféle belső szükség-szerűséggel ebbe az irányba mutató tendencia... A természetes kiválasztódás a látszólag véletlenszerűen előálló mutációk „arszenáljából” választja ki azokat, amelyek túlélésre, szaporodásra, továbbfejlődésre alkalmasak... Csakhogy Plantinga szerint a teizmus alapján kézenfekvő az, hogy a mutációk sokféleségét, illetve az ezt létrehozó biokémiai-biológiai törvényszerűségeket Isten teremtette, hangolta össze, s rendezte el a Földön, úgy és azért, hogy a belőlük kiinduló evolúció az ember kialakulásához vezessen. (Plantinga, 1994)

Véleményem szerint Plantinga figyelmen kívül hagyja, hogy egy teremtő-tervező Istennek az evolúció ma ismert mechanizmusainál sokféle egyszerűbb, kevésbé esetleges és kevésbé véletlenszerű módja lett volna mind a földi biodiverzitás, mind a tudatos lények megjelenése felé mutató tendencia létrehozására. Az evolúció előrehaladhatott volna pl. a szerzett tulajdonságok öröklődése, vagy a fajoknak az előnyös tulajdonságok fennmaradását eredményező keveredése útján – mindkét esetben kevesebb állatfaj kihalásával, kevesebb „zsákutcával” és kevesebb szenvedéssel, mint amennyivel ténylegesen járt. Mi több, amíg a tudomány nem tisztázta az evolúció mechanizmusait, sok vallásos (vagy egyszerűen csak teleologikus) beállítottságú gondolkodó ténylegesen *azt is gondolta*, hogy az evolúció ezeken a módokon ment végbe. $P(E/T)$ tehát csekély, s épp ezért $P(R/E\&T)$ is csekély. Plantinga érvelése semmiképpen sem bizonyítja, hogy a fejlődélmélet a naturalizmussal összeegyeztethetetlen, de még azt sem, hogy a teizmussal jobban összeegyeztethető volna.

Kulcsszavak: *naturalizmus, evolúció, szkepticizmus, teizmus*

IRODALOM

- Beilby, James K. (ed.) (2002): *Naturalism Defeated? Essays on Plantinga's Evolutionary Argument Against Naturalism*. Cornell University Press, Ithaca
- Bergmann, Michael (2002) *Commonsense Naturalism* In: Beilby, James K. (ed.) (2002): *Naturalism Defeated? Essays on Plantinga's Evolutionary Argument Against Naturalism* Cornell University Press, Ithaca
- Darwin, Francis: (ed.) (1887) : *The Life and Letters of Charles Darwin Including an Autobiographical Chapter*. John Murray, London
- Draper, Paul (2007): *In Defense of Sensible Naturalism*. http://www.infidels.org/library/modern/paul_draper/naturalism.html
- Fodor, Jerry (2002): Is Science Biologically Possible? In: Beilby, James K. (ed.) (2002): *Naturalism Defeated? Essays on Plantinga's Evolutionary Argument Against Naturalism*. Cornell University Press, Ithaca
- Plantinga, Alvin (1994): *Naturalism Defeated*. <http://philofreligion.homestead.com/files/alspaper.htm>
- Plantinga, Alvin (2002): Reply to Beilby's Cohorts In: Beilby, James K. (ed.) (2002): *Naturalism Defeated? Essays on Plantinga's Evolutionary Argument Against Naturalism*. Cornell University Press, Ithaca
- Plantinga, Alvin (2007): *Against "Sensible" Naturalism*

- http://www.infidels.org/library/modern/alvin_plantinga/against-naturalism.html
- Plantinga, Alvin (2008): *Evolution vs. Naturalism*. <http://www.christianitytoday.com/bc/2008/julaug/11.37.html>
- Ramsey, William (2002): Naturalism Defended. In: Beilby, James K. (ed.) (2002): *Naturalism Defeated? Essays on Plantinga's Evolutionary Argument Against Naturalism*. Cornell University Press, Ithaca
- Sosa, Ernest (1999): Philosophical Skepticism and Epistemic Circularity. In: De Rose, Keith – Warfield, Ted (eds.): *Skepticism. A Contemporary Reader*. Oxford University Press, Oxford
- Sosa, Ernest (2002): Plantinga's Evolutionary Meditations. In: Beilby, James K. (ed.) (2002): *Naturalism Defeated? Essays on Plantinga's Evolutionary Argument Against Naturalism*. Cornell University Press, Ithaca
- Talbott, William (2002): The Illusion of Defeat. In: Beilby, James K. (ed.) (2002): *Naturalism Defeated? Essays on Plantinga's Evolutionary Argument Against Naturalism*. Cornell University Press, Ithaca
- Van Cleve, James (2002): Can Atheists Know Anything In: Beilby, James K. (ed.) (2002): *Naturalism Defeated? Essays on Plantinga's Evolutionary Argument Against Naturalism*. Cornell University Press, Ithaca



HOGYAN MODELLEZZÜK A TERMÉSZETES SZELEKCIÓT?¹

Nánay Bence

PhD, Syracuse University
nanay@syr.edu

Bevezetés: Mi a természetes szelekció?

Az evolúció legfontosabb, bár nem kizárólagos mechanizmusa a természetes szelekció. A természetes szelekció egy nagyon egyszerű mechanizmussal képes elérni, hogy mindenféle előzetes terv nélkül igen bonyolult, és az adott környezet feltételeinek megfelelő organizmus jöjjön létre. Egyszerűen úgy lehetne leírni a természetes szelekciót, mint kétlépéses folyamatot, amely a véletlen variáció kialakulásából és az ezt követő szelektív kipusztulásból áll.

A véletlen variáció lépésének felel meg az, amikor például egy nyúl szül tíz kölyköt, amelyek igen eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek: az egyik gyorsan fut, de nem lát élesen, a másiknak nagyon jó a szaglása stb. A szelektív kipusztulás lépése ennél kicsit brutálisabb. A tíz nyúlkölyök környezete általában nem túl barátságos: különböző ragadozók, kutyák, emberek próbálják elkapni szegényeket. Tegyük fel, hogy a tízből jó esetben kettő éri meg az ivarérett kort, a többi elpusztul. Azok fognak elpusztulni, amelyek nem tudnak jól reagálni a környezet veszélyeire: nem tudnak elmenekülni a rókától, nem veszik észre a

kutyát stb. Akik megbirkóznak ezekkel a veszélyekkel, azok életben maradnak, és újabb nyulakat nemzenek. Ekképpen a következő nyúlgeneráció – ha a gyors futás és az éles látás öröklődik – valószínűleg jobb esélyekkel fog indulni a ragadozók ellen, hiszen annak a nyúlnak a leszármazottai, amely – ellentétben testvéreivel – éles látással rendelkezett és gyorsan futott. Néhány generáció múlva igen gyors és jól látó nyúlpopulációnk lesz, és ennek kialakulása világosan megmagyarázható pusztán a véletlen variáció és a szelektív kipusztulás segítségével.

Egy kicsit absztraktabban fogalmazva, a természetes szelekció első lépése mindig egy *replikációs* folyamat: egy nyútból lesz például tíz. Ez a replikáció azonban – ahhoz, hogy működhessen a szelekció – nem lehet teljesen pontos. Ha tíz ugyanolyan kisnyúl születne, akkor a szelekció folyamata nem lenne képes a leggyorsabbakat kiválogatni, következésképpen semmilyen hatással nem lenne a következő generáció nyulainak gyorsaságára nézve. A replikáció tehát nem az eredeti organizmus egy az egyben történő lemásolása; mindig van eltérés az eredetitől.

A természetes szelekció második lépése a környezettel való *interakció*, azaz a szelektív kipusztulás ebből az alapanyagból, a véletlen variáció által létrehozott sokféleségből dolgo-

zik. A sokféle egyed közül az fog túlélni, aki legjobban alkalmazkodik a környezethez. Különböző környezeti feltételek között más és más tulajdonság fog hasznosnak bizonyulni. Mivel nem tudható előre, hogy milyen környezeti feltételek fognak érvényesülni, minél nagyobb variabilitást biztosít a replikáció az utódoknak, annál valószínűbb, hogy lesz olyan utód, amely képes lesz túlélni az adott környezetben. A természetes szelekció innentől újra kezdődik: az az utód, amely a legjobban alkalmazkodott a környezethez, újabb utódokat hoz létre, megintcsak a véletlen variáció követelményei szerint.

A természetes szelekció két modellje

Eddig a természetes szelekció narratív leírását adtam. A kérdés az, hogy miként lehet ebből egy tudományos modellt alkotni. Ennek két-féle módja van. Az első modell az itt elmesélt narratíván alapul: annak absztrakciójaként fogható fel. Eszerint a természetes szelekció két folyamat, a replikáció és az interakció ciklikus változásából áll. A második modell elutasítja a fenti narratívát, és azt állítja, hogy a természetes szelekció fitness-értékek variációjának öröklése. Attól függően, hogy melyik modellt választjuk, különböző evolúciós magyarázatokat kapunk. El kell tehát döntelnünk, melyiket használjuk.

E tanulmány célja, hogy a két modell közül a világosabbat, de kevésbé népszerűt vegye védelmébe: a replikáció-interakció-modellt. Ám, hogy ezt a modellt meg tudjuk védeni az egyre növekvő számú és befolyású kritikai megjegyzésektől, komoly ártértelezésre van szükség. De lássuk előbb a természetes szelekció két versengő modelljének részleteit.

Az első modell csak absztrakciós szintben különbözik a nyúlpopulációról elmondott történettől. Eszerint a szelekció a replikáció

és az interakció ciklikus váltakozása (Hull, 1988; Hull et al., 2001), amelyet David Hull így definiál:

„A szelekció a replikáció és a környezettel való interakció ciklikus váltakozása, amelyben az interakció befolyásolja a replikáció következő ciklusát”. (Hull et al., 2001, 53.)

A replikáció a véletlen variáció absztrakt megfelelője, míg az interakció a szelektív kipusztulásé. Kicsit precízebben: Hull szerint a replikáció egysége, a „replikátor” „olyan entitás, amely struktúráját viszonylag érintetlenül adja tovább a következő generációra” (Hull, 1988, 408.). Ezzel szemben, az interakció egysége, az „interaktor” „olyan entitás, amely koherens egészként úgy lép kölcsönhatásba a környezettel, hogy ez a kölcsönhatás befolyásolja a replikáció következő körét”. (Hull, 1988, 408.)

A második modell szerint a szelekciós folyamat fitness-értékek variációjának öröklése. Mint Richard Lewontin írja:

„A természetes szelekció által generált evolúció mechanizmusa a következő három feltevésben foglалható össze:

1. Egy fajba tartozó individuumok morfológiai, fiziológiai vagy viselkedésszerű tulajdonságai különbözőek (a variáció elve).

2. Az adott variáció legalább részben örökletes, egy individuum tehát jobban hasonlít a leszármazottjaira, mint a faj többi tagjára (az öröklés elve).

3. A különböző variánsokat eltérő számú leszármazott örökli, akár a közeli, akár a távoli jövőben (a különböző fitness-érték elve)”. (Lewontin, 1980, 76.; lásd még Godfrey-Smith, 2007, 515.)

Az elmúlt évtizedben egyre többen érvelnek a szelekció replikáció-interakció-modellje ellen. A fő ellenvetés az, hogy a replikáció folyamata nem szükséges feltétele a természe-

¹ Köszönettel tartozom Peter Godfrey-Smithnek, Csányi Vilmosnak és Samir Okashának a tanulmány korábbi változatához fűzött megjegyzéseikért.

tes szelekciónak. E tanulmány célja az, hogy a szelekció replikáció-interakció-modelljét védelmébe vegye ezekkel az ellenérvekkel szemben, és kimutassa, hogy a replikáció igenis a szelekció egyik szükséges feltétele. Ez azonban csak akkor igaz, ha jelentősen módosítjuk a replikáció-interakció-modellt.

A terv tehát a következő. Először a replikáció-interakció-modell eredeti verzióját mutatom be, különös tekintettel a replikáció fogalmára, majd felsorolom azt a hat ellenérvet, melyet felhoztak ez ellen a modell ellen. Majd újraértelmezem a replikáció fogalmát, és amellet érvelek, hogy nem entitások, hanem tulajdonságok másolásának kell felfognunk azt. Majd kimutatom, hogy a replikáció ezen újraértelmezett fogalmával szemben a hat eredeti ellenérv egyike sem lesz érvényes.

II. Replikáció mint a replikátorok másolása

A replikátor és az interaktor fogalmát Richard Dawkins és David Hull vezették be (Dawkins, 1982; Hull, 1988). A replikátor és az interaktor közötti különbség a genotípus-fenotípus distinkció általánosításaként fogható fel.

A természetes szelekció közismert esetében a replikátor a gén, és a lehetséges interaktorok közül egy az organizmus. A gének adódnak át generációról generációra, míg az organizmus lép kölcsönhatásba a környezettel. Azoknak a géneknek, amelyek sikeresebb organizmusok fejlődéséhez járulnak hozzá, nagyobb esélyük van a replikációra.

De térjünk vissza Hull definíciójához – a replikátor „olyan entitás, amely viszonylag érintetlenül adja tovább struktúráját a következő generációra” (Hull, 1988, 408.) –, s nézzük meg: mit jelent az, hogy egy entitás „továbbadja a struktúráját”. Richard Dawkins számos replikáció-definíciójának egyike világossá teszi, hogy ezt a „továbbadást” vagy

„másolást” nem kell túl szigorúan értelmezni. Ahogy Dawkins írja, „egy replikátor a világ-egetemben bármi lehet, amiről másolat készül”. (Dawkins, 1982, 83.)

Ennél lényegesen használhatóbb John Maynard Smith és Szathmáry Eörs definíciója. Eszerint bármely entitás lehet replikátor, amelynek az a keletkezési feltétele, hogy „egy hozzá hasonló, már eleve létező struktúra legyen a közelében” (Maynard Smith – Szathmáry, 1995, 41.). A replikátor tehát „olyan entitás, amely csak egy eleve létező másik entitás osztódása vagy másolása által keletkezik”. (Maynard Smith – Szathmáry, 1995, 58.)

A replikációt jellemző „továbbadás” vagy „másolás” két aspektusa különíthető el: a hasonlóság és az ok-okozati kapcsolat. Ezt a két elemet Peter Godfrey-Smith definíciója világosan elkülöníti:

„Y akkor és csak akkor X replikája, ha: (i) X és Y (valamilyen releváns tekintetben) hasonlóak, és (ii) Y keletkezését legalább részben X okozta, és ez magyarázza az X és Y közötti hasonlóságot”. (Godfrey-Smith, 2000, 414.)

A replikációt ez a fogalom sem értelmezi különösebben szigorúan. Godfrey-Smith maga említi, hogy e definíció szerint például a fénymásolás is replikációnak számít. A fénymásolat ugyanis hasonló az eredetihez, és a fénymásolatot legalább részben az eredeti okozta, és ez magyarázza azt, hogy miért hasonlít az eredetihez.

Minden különbözőségük ellenére a replikáció itt felsorolt fogalmainak fontos közös eleme az, hogy a replikációt entitások másolásaként fogják fel (ez igaz Csányi Vilmos definíciójára is [lásd Csányi, 1989, 21.]). A replikáció tehát olyan másolási folyamat, amelyben entitások másolódnak. Ezzel szemben én amellet érvelek, hogy a replikáció nem entitások, hanem tulajdonságok máso-

lása. És ha így fogjuk fel a replikációt, akkor a szelekció replikáció-interakció-modelljét meg tudjuk védeni a sorozatos ellenérvektől. De lássuk az ellenérveket.

III. Érvek a replikáció-interakció-modell ellen

Szép számmal akadnak ellenérvek a szelekció replikáció-interakció-modellje ellen. Ezek közül a hat legfontosabb ellenérvet fogom itt bemutatni. Az első három ellenérv azt hangsúlyozza, hogy a replikáció-interakció-modell nem eléggé általános, ugyanis a szelekciónak vannak olyan esetei, amelyeknél szó sincs replikációról.

Szelekció lehetséges, ha elég nagy a szülő és a leszármazott közötti fenotipikus hasonlóság. Replikáció, amely a genotipikus hasonlóságot biztosítaná, nem szükséges. (Okasha, 2007, 15.)

Képzeljünk el egy populációt, amelyben a gazdag individuumoknak nagyobb esélyük van a túlélésre és a reprodukcióra (mert, tegyük fel, egy halálos és gyakori betegség elleni védőoltás nagyon drága, s ezt csak ők tudják megfizetni). Emellet ezek a gazdag individuumok leginkább saját leszármazottjaiknak adják tovább a pénzüket, akik emiatt gazdagabbak lesznek, mint a populáció többi tagja. Ebben a populációban van szelekció: a fitness-értékek variációja öröklődik. De mivel a gazdagság genetikai komponens nélküli, elsajátított tulajdonság, nincs szó egy „gazdagság gén” replikációjáról. Találtunk tehát egy esetet, ahol szelekció lehetséges replikáció nélkül.

Szelekció lehetséges, ha bármilyen (genotipikus vagy fenotipikus) különbség fennáll a szülő és a leszármazott hasonlóságában. Replikáció, amely viszonylag pontos másolási folyamatot jelent, nem szükséges.²

² Dawkins és Hull elismerik, hogy a replikáció folyamata nem igényel 100 %-os másolási pontosságot, de mindketten hangsúlyozzák, hogy a másolás pontosság-

Ahogy Peter Godfrey-Smith írja: „A természetes szelekcióhoz elégséges (*ceteris paribus*), ha a szülő és a leszármazott jobban hasonlít egymásra, mint a két generációból véletlenszerűen választott két individuum. Tehát a szülő és a leszármazott közötti hasonlóság bármilyen mértéke (leszámítva persze a 100 %-ot, ami azt jelentené, hogy nincs mutáció) elégséges a szelekcióhoz, ha a kontextus megfelelő”. (Godfrey-Smith, 2007, 515.)

Az információ átadásának vannak olyan módjai (extragenetikus öröklődés, kulturális információátadás), amelyek nem számítanak replikációnak, de megfelelő körülmények között mégis elégségesek a szelekcióhoz.

Samir Okasha a következőképpen foglalja össze ezt a fajta ellenérvet: „A természetes szelekcióhoz szükséges, a szülő és a leszármazott közötti hasonlóságot különböző öröklési folyamatok (kulturális, viselkedésbeli vagy genetikai) is létrehozhatják. Ezen öröklési folyamatok némelyike nem különböző elemek másolásából és továbbadásából áll. Azok az evolúciós változások tehát, amelyeket kulturális vagy viselkedésbeli öröklődés hív életre, nem írhatók le a replikátorok replikációjaként”. (Okasha, 2007, 15.)

Az ellenérvek második csoportja a replikátoroknak és az interaktoroknak az evolúció folyamatán belüli státusát kérdőjelezi meg:

A replikáció-interakció-modell adottnak veszi, hogy a replikátorok és az interaktorok az evolúció végtermékei. Emiatt azonban nem magyarázható meg a replikátorok és az interaktorok evolúciója. (Okasha, 2007, 16.) A DNS-molekula evolúcióját meg tudjuk magyarázni egy másfajta (RNS) replikátor segítségével, de a replikátor mint olyan evolúciója nem értelmezhető.

ga, ha nem is 100%, de kellően magas kell legyen. A pontosság mértékéről lásd még Csányi Vilmost (1989).

A természetes szelekció magyarázati sémája olyan esetekben is alkalmazható, amelyeknél sem a replikátorok, sem az interaktorok nem az evolúció végeredményei. A replikációt hagyományosan nagy pontosságú másolási folyamatnak definiálják, de az élet evolúciójának kezdeti szakaszaiban a replikáció egyáltalán nem volt nagy pontosságú (Maynard Smith – Szathmáry, 1995). Hasonlóképpen, Hull „koherens egészként” definiálta az interaktort, de az evolúció kezdeti szakaszaiban (és talán később is) az entitás, amely kölcsönhatásba lépett a környezettel (amit tehát interaktornak kell tekintenünk), egyáltalán nem volt koherens egész. Ha ez igaz, akkor viszont a replikáció-interakció-modell nem alkalmazható az evolúció korai szakaszaiban.

Végül az utolsó ellenérv az egyedfejlődés fogalmát állítja középpontba:

A replikáció fogalma semmibe veszi az egyedfejlődést. A klasszikus replikáció-interakció-modell szerint a replikációt interakció követi, majd azt egy újabb kör replikáció, de az egyedfejlődésről nincs szó. Hogyan jutunk el a replikátortól az interaktorig? A replikáció-interakció-modell erről hallgat.

Ennél fontosabb probléma, hogy az utóbbi évtized egyik igen fontos és befolyásos érve szerint az evolúciós magyarázatokban nem lehet és nem szabad elválasztani a genetikai és a fejlődési komponenset. Nem lehet éles határvonalat húzni az egyedfejlődés genetikai és környezeti összetevője között. Ebből azonban az következik, hogy hiba a gént replikátornak tekinteni. Ha egyáltalán beszélhetünk replikátorról, akkor az egész életciklust kell annak tekinteni, ez azonban problematikus teszi a replikáció és az interakció közötti distinkciót (lásd Griffiths – Gray, 1994, 304.).

Ezek az ellenérvek igen hatásosak, és – ha a replikáció eredeti fogalmát fogadjuk el –

sikeresek is. E tanulmány célja nem az, hogy a replikáció eredeti fogalmát védelmezze, hanem amellől érvelek, hogy ha a replikáció fogalmát radikálisan ártértelemzük, és úgy fogjuk fel, mint tulajdonságok (és nem entitások) másolását, akkor ezen ellenérvek mind egyike érvénytelenné válik.

IV. Replikáció mint a tulajdonságok másolása

Azt állítom, hogy a replikáció nem egy entitás (a replikátor) másolása, hanem tulajdonságoké. Tehát akkor is lehet replikációról beszélni, ha semmilyen replikátor nem másolódik.

Érdemes tisztázni, mi is a különbség entitások és tulajdonságok között. Az előttem álló pohár egy entitás, amelynek számos tulajdonsága van, egyesek érdekesebbek, mások kevésbé. A pohár színe egy tulajdonság, a pohár alakja egy másik tulajdonság. Általánosságban igaz, hogy minden entitásnak számos (sőt, talán megszámlálhatatlanul sok) tulajdonsága van. Az entitások, illetve a tulajdonságok másolása tehát igen különböző folyamatot eredményez.

Az állításom tehát nem az, hogy entitás nélküli tulajdonságok keringenek a biológia világában. Minden tulajdonság egy entitás tulajdonsága. Az állításom az, hogy a replikáció folyamatát érdemesebb tulajdonságmásolásként felfogni, mint entitásmásolásként. De persze a tulajdonságok másolása is mindig egy entitás tulajdonságainak másolása.

A replikáció új definíciója tehát a következő (a Godfrey-Smith által javasolt definíciót követve – Godfrey-Smith, 2000, 414.):

Egy tárgy (b) tulajdonsága (Q) akkor és csak akkor replikálja egy másik tárgy (a) tulajdonságának (P), ha:

Q hasonló P-hez és

Q keletkezését legalább részben P okozta, s ez magyarázza a P és Q közti hasonlóságot.

Bár (i) egyszerűnek tűnik, valójában nem az. Nem világos ugyanis, hogy a hasonlóság milyen fokát kívánja meg (i). 100 %-ot? 98 %-ot? A választ nyilván nem egy adott százalékkérték jelenti.

Egy tárgy (a) tulajdonsága, P, és egy másik tárgy (b) tulajdonsága, Q hasonló, ha a hasonlóság mértéke P és Q között nagyobb, mint a populáció két véletlenszerűen választott tárgyának megfelelő tulajdonságai között. Ez azt jelenti, hogy a P és Q közötti hasonlóság nem egy adott százalékkérték, és csak (a) és (b) populációjának többi tagjainak tulajdonságaihoz képest definiálható.

A definíció fontos aspektusa, hogy a két tárgy, (a) és (b) nem feltétlenül azonos típusúak. Replikációnak számít például az is, ha (a) egy alma, míg (b) ennek az almának a színes fényképe. A definíció szerint a fotó színe lehet az alma színének replikája, de ez nem jelenti azt, hogy a tárgyak maguk replikák vagy másolatok.

Érdemes megvizsgálni, hogy e definíció szerint replikációnak számítanak-e a replikáció leggyakrabban emlegetett esetei (és leggyakrabban emlegetett ellenpéldái).

A legfontosabb példa a gének másolása, és ez replikációnak számít az új definíció szerint. Egy leszármazott génjeinek vannak olyan tulajdonságai, melyek a szülő génjeinek a tulajdonságait replikálják. A gének több tulajdonsága is replikálódik, de szorítokozunk arra, hogy a gén egy bizonyos nukleotid-szekvenciából áll. A leszármazott és a szülő nukleotid-szekvenciája hasonló (tehát *hasonlóbb*, mint két véletlenszerűen választott individuumé), és ezt a hasonlóságot az magyarázza, hogy a leszármazott nukleotid-szekvenciáját legalább részben a szülő nukleotid-szekvenciája okozta (ha a szülő nukleotid-szekvenciája másmilyen lett volna,

a leszármazott nukleotid-szekvenciája is más lenne). Az új definíció értelmében a gének másolata replikáció.

Érdemes megjegyezni: léteznek a gén fogalmának olyan értelmezései, melyek eleve adottnak veszik, hogy ami a gének replikációjánál valójában másolódik, az egy tulajdonság, és nem egy entitás. George Williams a következőképpen definiálja a gén fogalmát: „*A gén nem azonos a DNS-molekulával. A gén nem más, mint másolható információ, melyet ez a molekula kódol.*” (Williams, 1992, 11.). Ez alapján, ami replikálódik, az nem egy entitás (a DNS-molekula), hanem az információ, amelyet ez a molekula hordoz. És az információ a molekula egyik tulajdonságának tekinthető. Ha elfogadjuk Williams génfogalmát (amely nem az egyetlen és talán nem is a legelfogadhatóbb génfogalom), akkor a gének replikációja előfeltételezi a replikáció itt kifejtett új felfogását.

A generációk közötti hasonlóságnak azonban sok olyan esete is van, amely *nem* számít replikációnak. Ilyen például a szülő és gyerek szemszíne közötti hasonlóság. Ez a hasonlóság az új definíció alapján sem számít replikációnak, mivel a szülő szemszíne nem okozója a leszármazott szemszínének.

A replikáció új fogalma nem értelmezi a replikációt különösebben szigorúan. Mint Godfrey-Smith replikáció-fogalmába, ide is beletartoznak olyan biológiailag irreleváns folyamatok, mint például a fénymásolás. De ez önmagában nem tekinthető problémának. A replikáció fogalma ugyanis az evolúciós magyarázatoknak csupán kezdőpontja. Sok feltételnek kell teljesülnie ahhoz, hogy egy replikációs folyamat szelekcióhoz vezessen, és még többnek ahhoz, hogy ez a szelekciós folyamat magyarázatot tudjon adni a természet látszólagos teleológiájára.

Szintén fontos megjegyezni, hogy a fenti definíció egy tárgy (a) egyik tulajdonságára és egy másik tárgy (b) másik tulajdonságára vonatkozott. Ha azonban megengedjük, hogy (a) és (b) ugyanaz a tárgy legyen, akkor egy entitás fennmaradását is replikációként (időbeli replikációként [lásd Csányi, 1989]) írhatjuk le. Az ilyen replikáció potenciálisan érdekes esete a társadalmi struktúra fennmaradása annak ellenére, hogy a társadalom tagjai folyamatosan cserélődnek.

Ha elfogadjuk a replikáció új fogalmát, a replikáció-interakció-modell is másként értelmezhető. A szelekció a replikáció és az interakció olyan ciklikus váltakozása, melyben az interakció befolyásolja a replikáció következő körét. De ebben a modellben a replikáció a tulajdonságok másolását jelenti és nem az entitásokét. A replikáció-interakció-modell új verziójával szemben – mint ezt látni fogjuk – nem állnak meg az eredeti modellel kapcsolatban felhozott ellenérvek.

VI. A replikáció új modelljének védelmében

Az előbbiekben a replikáció-interakció-modellel szemben megfogalmazott hat komoly ellenvetést mutattam be. Azt állítom, hogy ezen ellenérvek mindegyike visszaverhető, ha elfogadjuk a replikáció általam javasolt új definícióját.

A szelekció lehetséges, ha elég nagy a szülő és leszármazott közötti fenotipikus hasonlóság.

A replikáció itt javasolt definíciója nem zárja ki, hogy a fenotipikus tulajdonságok is replikálódhassanak. Térjünk vissza ahhoz a példához, amelyben a populáció gazdag individuumainak nagyobb esélyük van a túlélésre és a reprodukcióra, és pénzüket leginkább saját leszármazottjaiknak adják tovább. Mivel a gazdagság genetikai komponens nélküli, elsajátított tulajdonság, ebben az esetben

szelekció van, de replikáció, tehát replikátorok másolása, nincs.

A replikáció új definíciója szerint azonban a gazdagság tulajdonsága replikálódik: a leszármazott anyagi helyzete hasonló a szülő anyagi helyzetéhez, és a szülő gazdagsága részben az okozója a leszármazott gazdagságának, és ez magyarázza a fenti hasonlóságot. Egy tulajdonság replikálódik itt: a gazdagság tulajdonsága. Ez a példa tehát nem demonstrálja azt, hogy létezik szelekció replikáció nélkül, mert ha elfogadjuk az itt javasolt definíciót, e példában igenis beszélünk kell replikációról is.

Szelekció lehetséges, ha bármilyen (genotipikus vagy fenotipikus) különbség fennáll a szülő és a leszármazott hasonlóságában.

Az új replikáció-fogalom nem előfeltételezi, hogy a replikáció pontos másolási folyamat legyen. Elég, ha a másolási pontosság nagyobb, mint ami a populáció két, véletlenszerűen kiválasztott individuumának megfelelő tulajdonságai között tapasztalható.

Godfrey-Smithnek tehát igaza van: akkor is lehetséges a szelekció, ha bármilyen (örökletes) különbség fennáll a szülő és a leszármazott közötti hasonlóságban. (Godfrey-Smith, 2007, 515.) De ha elfogadjuk a javasolt definíciót, akkor a szülő és a leszármazott közötti hasonlóságban bármilyen (örökletes) különbség replikációnak számíthat. Ezek a példák tehát nem igazolják, hogy replikáció nélkül lehetséges a szelekció.

Az információ átadásának vannak olyan módjai (extragenetikus öröklődés, kulturális információátadás), amelyek nem számítanak replikációnak, de ha a körülmények megfelelőek, mégis elégségesek a szelekcióhoz.

Erre az ellenérvre az a válasz, hogy az új definíció szerint az extragenetikus öröklődés és a kulturális információátadás némelyik

verziója replikációnak számít. A replikáció új definíciójában semmi nem utal arra, hogy a replikálódó tulajdonságnak a DNS-molekula tulajdonságának kell lennie. Extragenetikus tulajdonságok tehát ugyanúgy replikálódhatnak, mint a DNS-molekula tulajdonságai.

Hasonlóképpen, a kulturális információátadás némely esete is replikációnak minősül az új definíció szerint. A gazdagság tulajdonságának replikációja például a kulturális információátadás példájának tekinthető. Az itt javasolt replikáció-fogalom egyik előnye az, hogy lehetővé teszi, hogy anélkül beszélhessünk kulturális replikációról, hogy kulturális replikátorok, mémek létezését kellene posztulálnunk.

A replikáció-interakció-modell adottnak veszi, hogy a replikátorok és az interaktorok az evolúció végtermékei.

A replikáció új definíciójában nincs szó replikátorokról és interaktorokról. És a replikálódó tulajdonságok nem tekintendők az evolúció végtermékeinek, hiszen nem is entitások. Ezt az ellenérvet a tulajdonságok replikációja esetében tehát még megfogalmazni is nehéz, hisz nem világos, mit is jelentene az, hogy egy tulajdonság az evolúció végterméke.

A természetes szelekció magyarázati sémája olyan esetekben is alkalmazható, ahol sem a replikátorok, sem az interaktorok nem az evolúció végtermékei.

Az élet evolúciójának kezdeti szakaszaiban a replikáció nem volt nagy pontosságú (Maynard Smith – Szathmáry, 1995). De a replikáció új definíciója szerint – mint ezt a második ellenérvre adott válasznál is láttuk – a replikációnak egyáltalán nem kell nagy pontosságúnak lennie. Elég, ha a másolási pontosság a populációhoz képest viszonylagosan nagy. A replikáció fogalma tehát az élet evolúciójának kezdeti szakaszaiban is értelmezhető.

A replikáció fogalma semmibe veszi az egyedfejlődést.

Az egyedfejlődés fogalmát igen könnyű a replikáció-interakció-modellbe beépíteni, és ez még a modell eredeti verziójára is igaz (amelyben a replikáció entitások másolását jelenti). A természetes szelekció nem két, hanem három folyamat ciklikus változásából áll tehát: a replikációból, az egyedfejlődésből és az interakcióból. Ezt a triviális kiegészítést mind a replikáció-interakció modelljének eredeti verziójánál, mind az itt javasolt verzió esetében könnyű megtenni.

Láttuk azonban, hogy az egyedfejlődés fogalma kapcsán ennél fontosabb probléma is felvetődik. Ha komolyan vesszük azt az érvet, hogy nem lehet éles határvonalat húzni az egyedfejlődés genetikai és környezeti összetevője között, akkor hogyan beszélhetünk replikációról? Ha viszont elfogadjuk a replikáció itt javasolt definícióját, akkor nem kell éles határvonalat húzni az egyedfejlődés genetikai és környezeti összetevője között, hiszen – mint a (3)-as számú ellenérvre adott válaszból tudhatjuk – a replikáció nem feltétlenül genetikai folyamat.

VII. Kulturális replikáció mémek nélkül

A replikáció új fogalmának egyik érdekes következményére külön is érdemes kitérni. Mint láttuk, a replikátor és az interaktor közötti distinkció a genotípus-fenotípus distinkció általánosításaként fogható fel. Ez azt jelenti, hogy nem csak a gén lehet replikátor. A legfontosabb, legvitatottabb és legtöbbet tárgyalt nem genetikai replikátorok a mémek.

A mémek „a kulturális információátadás egységei” (Dawkins, 1982). A mém-elmélet szerint kulturális és társadalmi jelenségek legalább részben megmagyarázhatók a következő evolúciós magyarázati séma segítségével.

A mémek információdarabok, amelyek ugyanúgy a túlélésért küzdenek, mint a gének. A mémek esetében ez azt jelenti, hogy egy mém annál sikeresebb, minél több másik elmébe juttatja el magát. A mémek tehát elménkért küzdenek. Mivel elménk kapacitása véges, csak viszonylag kevés mém befogadására képes. Ezért a korlátozott kapacitásért szállnak versenybe a mémek, a sikertelen mémek nem tudnak bekerülni elménkbe, s ezért eltűnnek, a sikeresek viszont befészkelik magukat jó sok ember elméjébe. Mém lehet a liberalizmus eszméje, az *Eroica* szimfónia első tételének fő témája vagy a fogmosás.

A mém-elmélet igen népszerű, ugyanakkor számos komoly probléma is felmerült vele szemben. Ezek közül az egyik legkomolyabb a mémek ontológiai státusával kapcsolatos. A kérdés egyszerű: mik is valójában ezek a mémek?

A mémelmélet védelmezői több kísérletet tettek a mémek ontológiai státusának tisztázására (Dennett, 2006, 80–81., 349–350.). A legelterjedtebb elképzelés az, hogy a mémek, akárcsak a gének, információcsomagok, tehát ontológiailag ugyanolyan státusuk van, mint az információnak. Ez a válasz azonban elrugaszkodik az eredeti replikáció-interakció modell replikátor-felfogásától, hiszen az információ nem entitás. Ezeket az ontológiai aggodalmakat egyszerűbben is meg lehet oldani, ha elfogadjuk a replikáció itt bemutatott fogalmát. Ha a replikáció tulajdonságok másolása, akkor a kulturális tulajdonságok másolása is replikációnak minősül. Így kulturális replikációról anélkül is lehet beszélni, hogy kulturális replikátorokat, mémeket kellene feltételeznünk. És a kulturális replikáció folyamatát akkor is érdemes modellezni, ha a mémeket valami okból gyanúsnak találjuk.

Fontos hangsúlyozni, hogy a kulturális replikáció folyamata nem garantálja a kulturális szelekció létezését (hiszen a replikáció nem elégséges a szelekcióhoz), azt meg még kevésbé, hogy ez meg tudná magyarázni a kulturális szféra látszólagos teleológiáját. Ha elfogadjuk a replikáció új felfogását, ez nem fogja megmenteni a mémelméletet, de még a mém fogalmát sem, de legalább lehetővé teszi, hogy anélkül beszélhessünk kulturális replikációról, hogy olyan gyanús entitásokat posztulálnánk, mint a mémek.

VIII. Konklúzió: Miért releváns mindez?

Tegyük fel, hogy mindaz, amit eddig állítottam, igaz. Az új definíció szerint a szelekciónak szükséges feltétele a replikáció, s e definíció segítségével a szelekció replikáció-interakció modelljének problémamentes verziója fogalmazható meg. Miért érdekes mindez? Van a szelekciónak egy másik fajta modellje is, amely a szelekciót a fitness-értékek variációjának örökléseként írja le. Mi értelme van tehát a replikáció-interakció-modell módosításának?

Talán a legfontosabb ok arra, hogy komolyan vegyük a replikáció-interakció-modellt az, hogy a fitness-értékek variációjának öröklését középpontba állító modell nem olyan problémamentes, mint amilyennek látszik. Az utóbbi évek egyik legfontosabb biológiai-filozófiai vitája épp e modell (és a fitness-érték fogalmának) értelmezéséről szól (Matthen – Ariew, 2002). Statisztikai vagy kauzális modell ez? És a populáció vagy az individuum szintjén írja le a fitness-értékek változását?

Ha elfogadjuk a replikáció-interakció-modellt, akkor ezek a zavarba ejtő kérdések talán leegyszerűsödnek. A replikáció-interakció-modell szerint a szelekció két különböző folyamat ciklikus váltakozása. Tehát ahelyett,

hogy azt kérdeznénk, hogy a szelekció statisztikai vagy kauzális folyamat-e, inkább azt kellene kérdeznünk, hogy (i) vajon a replikáció statisztikai vagy kauzális folyamat-e és (ii) az interakció statisztikai vagy kauzális folyamat-e. A szelekció egységeiről folytatott vitához hasonlóan erre a két kérdésre adott válasz igen különböző lehet. Ugyanezek a megfontolások érvényesek a populáció- vagy individuum-szintű leírás vitájában is.

A természetes szelekció folyamatát tehát a replikáció-interakció-modell több szempontból is pontosabban és részletesebben írja le,

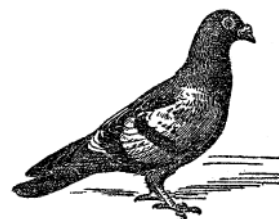
mint a fitness-értékek variációjának öröklését középpontba állító modell. Érdemes tehát kidolgozni egy olyan verzióját, amely nem provokál tucatnyi ellenérvet. E tanulmányban erre tettem kísérletet: amellet érveltem, hogy a természetes szelekció legjobb leírását egy olyan replikáció-interakció-modell adja, amelyben a replikációt tulajdonságok (és nem entitások) másolataként értelmezzük.

Kulcsszavak: *evolúció, természetes szelekció, replikáció, interakció, variáció, öröklés, fitness-érték*

IRODALOM

- Csányi Vilmos (1989): *Evolutionary Systems and Society*. Duke University Press, Durham, NC
 Dawkins, Richard (1982 [1984]): Replicators and Vehicles. Reprinted in: Brandon, Robert N. – Burian, Richard M. (eds.): *Genes, Organisms, Populations: Controversies over the Units of Selection*, The MIT Press, Cambridge, MA
 Dennett, Daniel C. (2006): *Breaking the Spell: Religion as a Natural Phenomenon*. Viking, New York
 Godfrey-Smith, Peter (2000): The Replicator in Retrospect. *Biology and Philosophy*. 15, 403–423.
 Godfrey-Smith, Peter (2007): Conditions for Evolution by Natural Selection. *Journal of Philosophy*. 104, 489–516.
 Griffiths, Paul – Gray, Russell D. (1994): Developmental Systems and Evolutionary Explanation. *Journal of Philosophy*. 91, 277–304.
 Hull, David L. (1988): *Science As Process*. Chicago University Press, Chicago

- Hull, David L. – Langman, R. E. – Glenn, S. S. (2001): A General Account of Selection: Biology, Immunology and Behavior. *Behavioral and Brain Sciences*. 24, 511–528.
 Lewontin, Richard (1980): Adaptation. Reprinted in: Levins, Richard – Lewontin, Richard: *The Dialectical Biologist*. Harvard University Press, Cambridge, 65–84.
 Matthen, Mohan – Ariew, André (2002): Two Ways of Thinking About Fitness and Natural Selection. *Journal of Philosophy*. 49, 53–83.
 Maynard Smith, John – Szathmáry Eörs (1995): *The Major Transitions in Evolution*. W. H. Freeman, New York
 Okasha, Samir (2007): *Evolution and the Levels of Selection*. Oxford University Press, Oxford
 Williams, George C. (1992): *Natural Selection: Domains, Levels, Challenges*. Oxford University Press, Oxford





Genetikai-, Sejt- és Immunbiológiai Intézet
Semmelweis Egyetem

HOGYAN BESZÉLGETNEK A SEJTEK? AVAGY A MIKROVEZIKULÁK MINT A SEJTEK KÖZÖTTI KOMMUNIKÁCIÓ ÚJONNAN FELISMERT SZEREPLŐI

Pap Erna Pállinger Éva

PhD, egyetemi docens
nyierna@dgci.sote.hu

PhD, tudományos főmunkatárs
paleva@dgci.sote.hu

Falus András

az MTA rendes tagja

Semmelweis Egyetem Genetikai, Sejt- és Immunbiológiai Intézet
MTA–Semmelweis Egyetem Gyulladásbiológiai és Immunogenomikai Kutatócsoport

Soksejtű szervezetekben a sejtek közötti kapcsolatteremtés, a köztük kialakuló, fennálló vagy megszűnő kommunikáció alapfeltevétele a szervezet működőképességének. Jól ismert, hogy nemcsak a szomszédos sejtek vannak hatással egymásra, hanem a sejtekből kibocsátott anyagok közeli és távolabbi környezetüket is befolyásolni képesek. Jó példák erre az idegsejtek, amelyek szinapszison keresztül, neurotranszmitterekkel kommunikálnak egymással és az izomsejtekkel. Egy másik szabályozási forma lehet a sejtek által kibocsátott molekulák testfolyadékba történő szecernálása és továbbítása a célsejtekig (pél-

dául hormonok). Az eltérő kémiai szerkezetű molekulák (fehérjék, zsírok, cukrok) „hatótávolságukat” tekintve közeli vagy távoli sejteken egyaránt kifejthetik hatásukat. Ennek alapján endokrin és parakrin hatásmechanizmusú csoportokba sorolhatók.

A fenti folyamatokban a szecernált molekulák „meztelenül”, membráncsomagolás nélkül távoznak az őket kibocsátó sejtekből, és akkor képesek kifejteni hatásukat, ha a célsejtek rendelkeznek a sejtmembránjukban vagy a belsejükben az adott molekulára specifikus receptorral. A receptor-ligand-kapcsolódás specifikus válaszreakciót indít el a

célsejtben, például megváltozhat az anyagcseréje, aktiválódhat, osztódni kezdhet, vagy akár el is pusztulhat.

E kapcsolattrendszerek – valamely molekula és az azt felfogó receptor közti interakció – általános jellegétől alapjaiban eltérő, a sejtek új kommunikációs stratégiájára derült fény az elmúlt években: ez a mikrovezikulák által közvetített sejtek közötti kommunikáció.

Mik is azok a mikrovezikulák (MV)?

Vezikulák képződése a sejtbiológiában a programozott sejthalál (más névvel apoptózis, sejt-öngyilkosság) jelenségének vizsgálatakor figyeltek fel. Ennek során a pusztulásra ítélt sejt citoplazmája membránnal körülvett darabkáira, ún. apoptotikus testekre esik szét. Az elmúlt években azonban fény derült arra, hogy gyakorlatilag valamennyi működő sejt képes az apoptotikus testekhez hasonló membránnal körülvett részecskéik kibocsátására, függetlenül attól, hogy életciklusának melyik fázisában van. Ezek a sejtek által termelt 30–1000 nm átmérőjű hólyagocskák a mikrovezikulák, melyek azonban méretüket és képződésüket tekintve is eltérnek az eddig ismert apoptotikus testektől. Membránjukba ágyazva és belsejükben számos, a donor-sejtre jellemző molekula van, ami nemcsak kimutathatóságukat és eredetük azonosítását teszi lehetővé, hanem lehetőséget ad funkcionális jellemzésükre is. Jelentőségük, hogy szemben az „egy molekula – egy receptor” szignalizációs rendszerrel, egy forradalmian új, molekulamintázatokon keresztül ható kommunikációt tesznek lehetővé, hiszen belső molekulatartalmuk és a membránmolekuláik révén egyszerre egész kombinációkat juttatnak el a célsejtekhez (a célállomáshoz). Ennek következtében egyidejűleg többféle stimulus és információ (fehérjék, lipidek,

DNS- vagy RNS-formájában is) hat a sejtekre. Mindez komplexebb, gyorsabb és hatékonyabb válasza készítheti a célsejtet, sokszor annak reakciókészségét és „jellemét” is megváltoztatva. (Théry et al., 2002; Redman – Sargent, 2007; Distler et al., 2005)

A mikrovezikulák jelentőségét támasztja alá, hogy a testnedvekben eltérő eredetű, nagy mennyiségű mikrovezikula kering. Jelen ismereteink szerint számos fiziológiás és patológias folyamatban játszanak fontos szerepet. Ezen mechanizmusok evolúciósan természetesen régtől fogva léteznek, csak a felismerésük, vizsgálhatóságuk új keletű és mindinkább „forró téma” a biológiai kutatásokban.

A mikrovezikulák képződése

Habár a legtöbb sejt aktiváció során bocsát ki magából MV-kat, leírtak néhány olyan sejtípust is, amelyekben folyamatos MV-képzés figyelhető meg (hámszöveti sejtek, éretlen dendritikus sejtek). A MV-képzést és -kibocsátást indukáló stimulus sejtípustól függően változik. Megjegyzendő, hogy az apoptotizáló sejtekben is létezik MV-képzés, ez azonban, szemben az apoptotikus testek képződésével, tőlük függetlenül, a folyamat legelején történik meg. Mai ismereteink szerint a mikrovezikulák két jól megkülönböztethető mechanizmus útján keletkezhetnek. (Johnstone, 2006; Coleman et al., 2001)

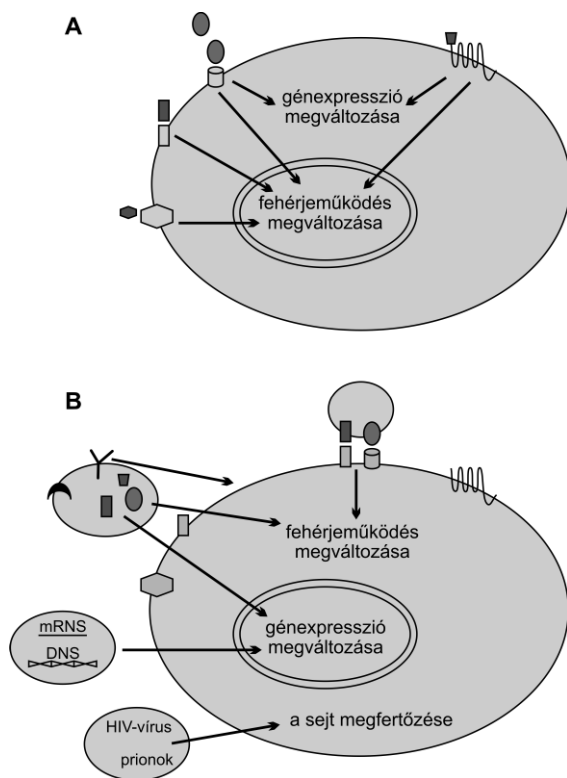
A 100 nm-nél kisebb ún. exoszómák endoszómális eredetűek. Képződésükkor a sejt endoszómális-lizoszómális útvonala elágazik, a multivezikuláris testek lizoszómákká alakulás helyett exocitózissal távoznak a sejtől; innen az elnevezés. Az exocitózis előtt a citoplazmából molekulák választódnak be a mikrovezikulákba (ezeket szállítják majd a célsejtekhez), ám a beválogatás mechanizmusról jelenleg keveset tudunk (2/a ábra).

A 100 nm és 1000 nm közötti méretű mikrovezikulák ún. fordított lefűződésel keletkeznek (reverse budding). Ez a sejtvezérlés újraszerveződése révén alakul ki, ami vagy közvetlenül az aktivációs szignálok hatására indul be, vagy az intracelluláris Ca^{2+} koncent-

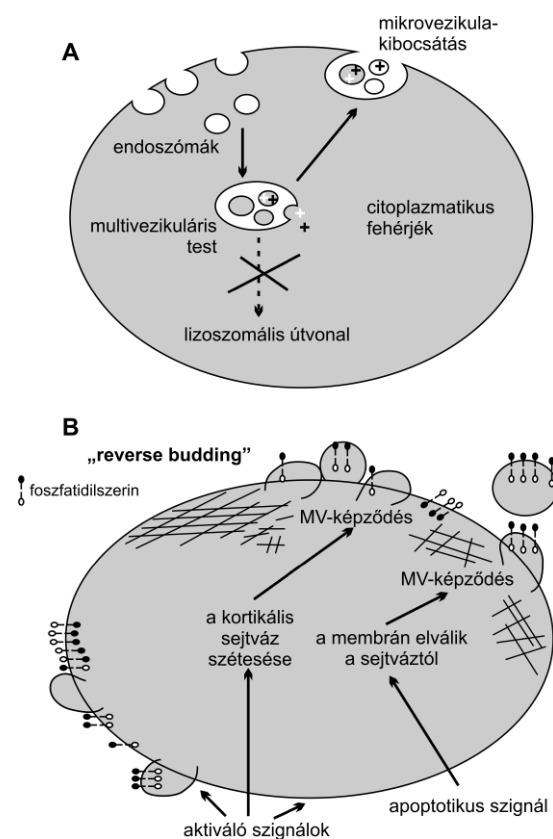
ráció megnövekedése vezet a sejtvezérlés, illetve a sejtmembrán átalakulásához (2/b ábra).

A mikrovezikulák összetétele

A mikrovezikulák membránjának fehérje-összetétele specifikusan az őket kibocsátó



1. ábra • A – Klasszikus szignalizáció. A sejtekre ható molekulák (jelek, szignálok, ligandok) specifikus receptorokhoz kapcsolódva hatnak. A receptor-ligand-kapcsolódás a sejtben jelátviteli rendszereket aktivál – gyakran kaskádreakciókat indít el – végül megváltozik a sejt viselkedése fehérje- vagy akár a génexpressziós szinten • B – A mikrovezikulák hatása a célsejtekre. Hatásmechanizmusuk többféle lehet: 1.) a receptor-ligand-modell szerint, 2.) az általuk szállított anyagok átadása a célsejtnek. Például a membránjukból receptorok és/vagy adhéziós molekulák, transzporterek, enzimek stb. is beépülhetnek a célsejt membránjába. Ezek a „készen kapott” molekulamintázatok gyors és jelentős viselkedésváltozást okoznak. A bennük szállított RNS-ek és DNS epigenetikusan megváltoztathatja a sejt génexpresszióját. Vírusok és prionok is szállíthatódnak a mikrovezikulákban, a célsejt ezen az úton is megfertőződhet.



2. ábra • A – A 30–100 nm mikrovezikulák („exoszómák”) keletkezése. Az endocitózis–MVB–exocitózis útvonal • B – Mikrovezikula-képződés fordított lefűződés (reverse budding).

donorsejt membránjának mintázatával egyezik meg, analízise ezért felhasználható a vezikulák eredetének meghatározására. Néhány példát kiragadva: az antigénprezentáló sejtekből származó mikrovezikulák membránja MHC-I, MHC-II és kostimulátor fehérjékben gazdag, a tumorsejt eredetű mikrovezikulák preapoptotikus fehérjéket: Fas Ligandot vagy TRAIL-fehérjét tartalmaznak, míg a trofoblasztokból származó vezikulák membránjában HLA-G-antigént és Fas Ligandot azonosítottak. A mikrovezikulák belsejében is szállítódnak fehérjék, bár ezeket eddig me-

todikai okokból kevésbé tanulmányozták. Az általánosan előforduló hő sokkfehérjék, sejtvezérlők és különféle enzimek mellett megtalálhatók a donorsejtre jellemző specifikus citoplazmatikus fehérjék is, ám ezek bevonatásának mechanizmusa még nem ismert. (Andreola et al., 2002)

A mikrovezikulák membránjának lipid-összetételéről általánosságban elmondható, hogy a negatív töltésű foszfatidilszerin és foszfatidiletanolamin kikerül a foszfolipid kettős réteg külső felszínére, de speciális lipidraftok jelenlétét is leírták.

A fehérjéken és lipideken kívül néhány mikrovezikulában nukleinsavakat, mRNS-t, miRNS-t és DNS-t is azonosítottak. Mi több, a fertőző partikulumok terjedésének egy újonnan felismert formája is összefügghet a mikrovezikulákkal, amennyiben HIV-vírust és prionokat is találtak már bennük. (Valadi et al., 2007; Ratajczak et al., 2006)

Minden valószínűség szerint a MV-k membránjában és citoplazmájában jelen lévő szénhidrátoknak is fontos szerepük van az intercelluláris kommunikációban, ám ezek vizsgálata napjainkban még nagyon gyerekcipőben jár.

A mikrovezikulák mérése, vizsgálhatósága

Isolálás • A MV-k izolálását sejtmertes biológiai mintákból, leggyakrabban ultracentrifugálás módszerével végzik. A különféle munkacsoportok izolálási módszerei, az alkalmazott izoláló közeg, ülepítési idő és sebesség, eltérő.

Morfológiai vizsgálatok • A tisztított (izolált) MV-kat kicsiny méretük miatt adekvát módon elektronmikroszkópos módszerrel lehet láthatóvá tenni. Az alkalmazott elektronmikroszkópos mintaelőkészítés minden esetben az aktuális vizsgálati rendszertől és kérdésfeltevéstől függ.

Áramlási citometria (flow cytometria, FACS) Az áramlási citometria a MV-k vizsgálatának legelterjedtebb és egyik legelfogadottabb módszere. Ismert számú standard méretű plasztikgyöngy felhasználásával a módszer lehetővé teszi a biológiai minták MV-számának és méretbeli megoszlásának meghatározását. A MV-k sejtfelszíni fehérjemintázatának immunfenotipizálással történő azonosítása lehetővé teszi eredetük meghatározását, de hozzásegít a funkcionális jellemzésükhöz és célsejtjeik azonosításához is. Korlátozza a

MV-k FACS-analízisét az, hogy a konvencionális készülékek a 300 nm-nél kisebb partikulumok elkülönítésére nem képesek.

Funkcionális vizsgálatok • Az izolált MV-k által közvetített biológiai hatások vizsgálatára leggyakrabban *in vitro* sejt kultúrákat használnak fel. Ezek összeállítása, a hatás időtartama minden esetben a kérdésfeltevéstől függ.

A mikrovezikulák szerepe

A mikrovezikulák kifejtetik hatásukat az őket kibocsátó anyasejtek közvetlen környezetében, de hatással lehetnek viszonylag távoli sejtekre is, hiszen a vérben keringve a szervezetben bárhová eljuthatnak. Irodalmi adatok szerint a vérplazmában 5–50 µg/ml koncentrációban fordulnak elő, eredetüket tekintve főként fehérvérsejt, vörösvértest, vérlemezke és endotél eredetűek, de speciális fiziológias és patofiziológias állapotokban más sejtekből származók is kimutathatók (például a terhesség során megjelennek a méhlepény sejtjeiből, a trofoblasztokból származó mikrovezikulák is). Patológias állapotokban mennyiségük és összetételük megváltozik, például gyulladásban, tumorképződéskor, szív- és érrendszeri betegségekből, veszélyeztetett terhességben (preeclampsia, koraszülés) számuk jelentősen megemelkedik.

Általánosságban igaz, hogy a mikrovezikulák pleiotróp hatásúak, vagyis ugyanazon sejtől származó mikrovezikulák több különféle sejttel is kapcsolatba léphetnek, jóllehet ez a kémiai kötődés természetesen nem véletlenszerű, hanem a fogadó sejt és a mikrovezikula membránfehérje-mintázatától függ. A MV-célsejt kapcsolat nyomán a fogadó sejtben egyszerre akár többféle szignalizációs kaskád is elindulhat, amely hatásában egyaránt lehet serkentő és gátló. Az antigénprezentáló sejtekből származó MV-k például

T-sejt aktivációt indukálnak, míg a tumorsejt vagy trofoblaszt eredetű mikrovezikulák immunsuppressziót váltanak ki. A funkcióban bekövetkező változások mellett elképzelhető azonban az is, hogy a MV új tulajdonságokkal ruházza fel a sejtet – új fenotípust kölcsönöz neki – azáltal, hogy membránja beépül a célsejt membránjába.

A MV-k hatásmechanizmusának minél pontosabb feltérképezése új diagnosztikus és prognosztikus markerek felfedezését, illetve új terápiás célpontok kifejlesztését teszi lehetővé (Andreola et al., 2002; Redman – Sargent, 2008; Freyssinet, 2003; Pap et al., 2009).

Mikrovezikulák szerepe terhességben

Kutatócsoportunk néhány év óta foglalkozik a MV-k anya–magzat kommunikációban betöltött szerepével, ezért e fejezetben a MV-k és a terhesség kapcsolatát kicsit bővebben, saját eredményeinkkel kibővítve tárgyaljuk.

Habár immunológiai értelemben az anyai szervezet számára a magzat idegen (szemiallograft), hiszen genetikai állományának fele az apától, fele az anyától származik, jelen tudásunk szerint a terhesség zavartalan lefolyásának alapvető feltétele az idegen magzati antigének anyai felismerése és az ennek következtében kialakuló anyai immunválasz (Szekeres-Barthó, 2005).

A mikrovezikulák által közvetített sejtszintű kommunikációs útvonal terhességben játszott szerepéről még kevés információ áll rendelkezésünkre, jelenlétüket azonban kimutatták terhes nők vérében, sőt a magzatvízben is. Habár biológiai jelentőségük mind a mai napig nem teljesen tisztázott, az mindenesetre körvonalazódni látszik, hogy kiemelkedő szerepük van az immunrendszer működésének szabályozásában. Az anyai vérben fenotípus-vizsgálatokkal többek között

vérlemezkékből származó, sőt méhlepény eredetű MV-k jelenlétét is kimutatták. A klinikai állapottal történő összevetés szerint szövődménnyel járó terhességben (preeclampsia) a vérlemezkékből származó MV-k mennyisége emelkedik (Vanwijk et al., 2002).

Mivel a MV-k sejtfelszíni fehérjestrúktúrájuk és/vagy a citoplazmájukban szállított anyagaik révén képesek befolyásolni a sejt működést, ezért feltételezhető, hogy az anya és a magzat közti aktív kommunikációban is szerepet játszanak. Hipotézisünk szerint egyaránt befolyással lehetnek az anyai immunrendszer és a méhlepény működésére is. Kísérleti munkánkban szövődménymentes terhesek perifériás vérében detektáltuk a keringő MV-mintázatot, és megvizsgáltuk a keringő MV-k immunmoduláló hatását.

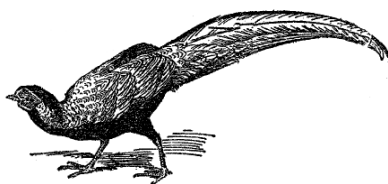
Eredményeink szerint terhességben a keringő MV-knak mind a mennyisége, mind az összetétele megváltozik. A vérlemezkékből származó MV-k mennyisége lecsökken, ugyanakkor a nem specifikus immunválasz közvetítésében fontos szerepet játszó monocitákról leváló részecskék száma megnő, és nem utolsósorban jelen vannak magzati sejtekből származó MV-k is. Sikertől tehát igazolnunk, hogy terhességben megváltozik a perifériás vérben keringő MV-mintázat. A MV-k által közvetített hatások vizsgálata során kimutattuk, hogy a magzati sejtekből és az anyai vérlemezkékből származó MV-k egyaránt képesek kötődni az anyai T-limfocitákhoz, és ez a kapcsolódás megváltoztatja ezeknek a sejteknek a működését (Pap et al., 2008; Kiss et al., 2008).

Összességében tehát igazoltuk, hogy a terhességre jellemző anyai immunválasz fenntartásában és szabályozásában jelentős szerepük van a MV-k által közvetített kommunikációs útvonalaknak is.

Kulcsszavak: *mikrovezikula, sejtek közötti kommunikáció, terhesség*

IRODALOM

- Andreola, Giovanna – Rivoltini, L. – Castelli, C. – Huber, V. – Perego, P. – Deho, P. – Squarcina P. – Accornero P. – Lozupone F. – Lugini L. – Stringaro A. – Molinari, A. – Arancia, G. – Gentile, M. – Parmiani, G. – Fais, S. (2002): Induction of Lymphocyte Apoptosis by Tumor Cell Secretion of FasL-Bearing Microvesicles. *The Journal of Experimental Medicine*. 195, 10, 1303–1316.
- Coleman, Mathew L. – Sahai, EA. – Yeo, M. – Bosch, M. – Dewar, A. – Olson, MF. (2001): Membrane Blebbing During Apoptosis Results from Caspase-Mediated Activation of ROCK I. *Nature Cell Biology*. 3, 4, 339–345.
- Distler, Jüngel H. – Pisetsky, D. S. – Huber, L. C. – Kalden, J. R. – Gay, S. – Distler, O. (2005): Microparticles As Regulators of Inflammation: Novel Players of Cellular Crosstalk in the Rheumatic Diseases. *Arthritis & Rheumatism*. 52, 11, 3337–3348.
- Freyssinet, Jean-Marie (2003): Cellular Microparticles: What Are They Bad Or Good for? *Journal of Thrombosis and Haemostasis*. 1, 7, 1655–1662.
- Johnstone, Rose M. (2006): Exosomes Biological Significance: A Concise Review. *Blood Cells, Molecules and Diseases*. 36, 2, 315–321.
- Kiss Attila András – Pap E. – Falus A. – Pállinger É. (2008): Mikrovezikulumok immunológiai szerepe az anya–magzat kommunikációban. *Magyar Nőorvosok Lapja*. 71, 269–276.
- Pap Erna – Pállinger É. – Falus A. – Kiss A. A. – Kittel A. – Kovács P. – Buzás E. I. (2008): T Lymphocytes Are Targets for Platelet- and Trophoblast-Derived Microvesicles During Pregnancy. *Placenta*. 29, 9, 826–832.
- Pap Erna – Pállinger É. – Pásztói M. – Falus A. (2009): Highlights of a New Type of Inter-cellular Communication: Microvesicle-Based Information Transfer. *Inflammation Research*. 58, 1–8.
- Ratajczak, Janina – Wysoczynski, M. – Hayek, F. – Janowska-Wieczorek, A. – Ratajczak, MZ. (2006): Membrane-Derived Microvesicles: Important and Underappreciated Mediators of Cell-to-Cell Communication. *Leukemia*. September 2006. 20, 9, 1487–1495. Epub 20 July. Review.
- Redman, Christopher W. – Sargent, Ian L. (2007): Microparticles and Immunomodulation in Pregnancy and Pre-Eclampsia. *Journal of Reproductive Immunology*. 76, 1–2, 61–7.
- Redman, Christopher W. – Sargent, Ian L. (2008): Circulating Microparticles in Normal Pregnancy and Pre-Eclampsia. *Placenta*. 29, S1, 73–77.
- Szekeres-Barthó Júlia (2005): A terhesség immunogénomikai vonatkozásai. *Magyar Tudomány*. 6, 708–713.
- Théry, Clotilde – Zitvogel, L. – Amigorena, S. (2002): Exosomes: Composition, Biogenesis and Function. *Nature Reviews Immunology*. 2: 569–579.
- Valadi, Hadi – Ekström, K. – Bossios, A. – Sjöstrand, M. – Lee, JJ. – Lötvall, JO. (2007): Exosome-Mediated Transfer of Mnas and Micrnas Is a Novel Mechanism of Genetic Exchange between Cells. *Nature Cell Biology*. 9, 6, 654–659.
- Vanwijk, Marja J. – Nieuwland, R. – Boer, K. – Van Der Post, J. A. M. – Vanbavel, E. – Sturk, A. (2002): Microparticle Subpopulations Are Increased in Preeclampsia: Possible Involvement in Vascular Dysfunction? *American Journal of Obstetrics & Gynecology*. 187, 450–456.



ADA JONAT NOBEL-DÍJA AZ ÉLET KÉMIÁJÁÉRT

Hargittai Magdolna

az MTA levelező tagja, kutatóprofesszor,
MTA–BME Anyagszerkezeti és Modelllezési Kutatócsoport, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi
Egyetem Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék

Nobel-díj az élet kémiájáért címmel írt a *BBC News* a díjátadást követő napon a kémiai Nobel-díjról. A „riboszóma szerkezetének és működésének kutatásáért” Venkatraman Ramakrishnannak, Thomas A. Steitznek, és Ada E. Jonatnak (Yonath) ítelték a 2009-es kémiai Nobel-díjat. A riboszóma hatalmas molekularendszerének (kb. 2,5 megadalton molekulatömegű), valóban kulcsszerepe van: ez a sejtek „fehérjegyára”. A riboszóma fordítja le a DNS által hordozott genetikai információt a transzfer-RNS közvetítésével, majd ennek az információnak a birtokában szintetizálja a fehérjét. Az ezévi díj ismertetését a kémiai Nobel-díj bizottság Charles Darwin 1869-ben publikált fejlődésméltékének említésével kezdi, utalva arra, hogy ez a díj a harmadik azon díjak sorában, amelyek bizonyítják, hogy Darwin elképzelései helyesek voltak. Az első Francis Crick, James Watson és Maurice Wilkins 1962-es Nobel-díja volt, a DNS szerkezetének meghatározásáért. A második Roger Kornberg díja 2006-ban, annak eldöntéséért, hogyan másolódik az információ a hírvívő (messenger) RNS-molekulákra. Végül, a mostani Nobel-díj azt fedi fel, hogyan történik az a lépés, amelyben a genetikai információ a DNS-ből eljut a fehérjékhez; ahogy a Nobel-bizottság

írja: „hogyan jelenik meg bennünk, nemcsak mint hallás, érzékelés és ízlelés, vagy izmok, csontok és bőr, hanem mint gondolatok és beszéd is.”

Ada Jonattal évekkel ezelőtt ismerkedtem meg, és felvettem vele egy beszélgetést, amely a *Candid Science* című könyvsorozatunkban jelent meg (Hargittai I. – Hargittai M., 2006). Célratörő, hatalmas energiával rendelkező egyéniség; enélkül nem járhatta volna be azt az utat, amelyet megtett. Jeruzsálemben született 1939-ben, szülei Lengyelországból emigráltak az akkori Palesztinába. Tizenegy éves volt, amikor édesapja meghalt, és Ada ettől kezdve állandóan dolgozott a tanulás mellett, fiatalabb gyerekeket korrepetált, kishúgáról gondoskodott. Így emlékezett vissza erre az időre: „Soha nem volt időm semmire, mert iskola előtt és iskola után mindig volt valami tennivalóm.” Másik gyermekkori emléke az, hogy mindig többet akart tudni; soha nem volt neki elég, amit az iskolában tanult, amikor csak lehetett, az iskolai könyvtárban hozzáolvasott a tanult anyaghoz. Gimnázium után a jeruzsálemi Héber Egyetem kémia szakára jelentkezett, és felvették, annak ellenére, hogy igen nehéz volt bejutni. A biokémia és biofizika érdekelte elsősorban, MSc-fokozatot biofizikából szerzett. Doktori munkája

a Weizmann Intézetben a kollagén szerkezet-vizsgálata volt. Kétéves amerikai posztdoktori munka után beindította saját fehérjekristallográfia csoportját; elsőként Izraelben. Évekig tartott, amíg a csoportnak publikálható eredményei lettek.

Az 1970-es évek elején találkozott először a riboszómával, amikor együttműködést alakított ki az intézetükben Michel Ravellel. Rajta keresztül ismerkedett meg Paul Siglerrel, aki akkor a Chicagói Egyetemen (később a Yale-en) a szerkezeti biológia egyik úttörője volt. Sigler laboratóriumában töltött egy évet, és ott próbált először kristályt növesztetni a riboszómából, sikertelenül. Berlinben, a Max Planck Intézetben, Heinz-Günter

Wittmann is a riboszómával foglalkozott, és meghívta, hogy dolgozzon velük. Jonat, látván, hogy a berlini intézetnek milyen nagy mennyiségű aktív és tiszta riboszómája volt, javasolta, hogy próbálják meg a kikristályosítást. Szerencséjére a berlini kollégák támogatták ezt a próbálkozást, még ha nem is kecsegtetett sikerrel. Sokan reménytelennek tartották ezt a vállalkozást – és okkal. A riboszóma óriási és bonyolult RNS-fehérjekomplex. Két részből áll, az ún. nagy alegységből és a kis alegységből. Egy emberi riboszóma nagy alegységében három RNS-molekula és körülbelül ötven fehérjemolekula van, míg a kis alegységben egy RNS- és harmincöt körüli fehérjemolekula. Ez azt jelenti, hogy összességében több ezer nukleotid és ugyancsak több ezer aminosav van bennük, vagyis, sok százezer atom; ezek helyzetét akarták meghatározni. Nem lehet csodálkozni azon, hogy a legtöbben



Ada Jonat Budapesten, 2004-ben (Hargittai Magdolna felvétele)

szkeptikusak voltak vállalkozását illetően, de Jonatot ez nem zavarta. Ahogy mondta: „Arra gondoltam, ha nem sikerül, legfeljebb olyan hírességek előkelő csoportjához fogok csatlakozni, mint Francis Crick, James Watson,

Aaron Klug, Alex Rich és mások. Tudtam, hogy számomra ez a nagy lehetőség. Nagyon gondosan kezdtem hozzá, figyelembe véve, hogy a kristályosítás nehézségeit egyrészt a riboszóma heterogén jellege okozza, másrészt pedig az, hogy könnyen elbomlik. Mindent elolvastam a riboszóma irodalmából, amit csak találtam, a legrégebbi munkáig. Különösen érdekelték azok a módszerek, amelyeket a riboszóma tartósítására fejlesztettek ki; ez

alapvető a kristályosításhoz. Néhány hónap múlva már voltak mikrokristályaink – de aztán legalább négy évbe telt, amíg sikerült az első használható diffrakciós felvételeket elkészíteni. Első cikkünk az 1980-as évek elején jelent meg, és azóta egyfolytában a riboszómával foglalkozunk.”

A hosszú évek során Jonat és munkatársai mindent megpróbáltak, hogy stabilizálni tudják a riboszómát ahhoz, hogy jó minőségű felvételt tudjanak róla készíteni. Baktérium-riboszómákat vizsgáltak, és olyan baktériumokat választottak, amelyek nehéz körülmények között is léteznek, és ezért feltehetően riboszómájuk is ellenállóbb, mint másoké. Ezért hőforrásokból és a Holt-tenger erősen sós vizéből gyűjtöttek mintákat. Végül, az 1990-es évek elejére sikerült jó minőségű felvételeket készíteni, és ezzel azt sugallták, hogy mégsem lehetetlen, hogy meghatározhatassák

a riboszóma szerkezetét. Pedig ekkor még komoly akadályok álltak előttük. Így például, hiába voltak a kristályok már hibátlanok és a diffrakciós felvételek elég jók, az ún. fázisprobléma miatt nem tudták azokat értelmezni. Közben, Jonaté eredményei nyomán, egyre több kutatócsoport kezdett a témával foglalkozni. A fázisproblémát a Yale Egyetemen Thomas Steitz és csoportja oldotta meg, és ők publikálták az első kristályszerkezetet 1998-ban, ami azonban még nem volt elég nagy felbontású ahhoz, hogy az atomi helyzeteket meghatározhatassák. Óriási verseny kezdődött – vagy inkább folytatódott – a vezető kutatócsoportok között. Végül, a három díjazott nagyjából egy időben, 2000 őszén publikált olyan szerkezeteket, amelyek már az atomi helyzeteket is megadták. Steitz és csoportja a nagy alegység, míg Jonat és Venkatraman Ramakrishnan a kis alegység szerkezetét határozta meg nagy felbontásban. A továbbiakban fokozatosan értelmezték, hogyan is történik, lépésről lépésre, a fehérjeszintézis a riboszómában. Megállapították, hogy a peptidok és ezekből a fehérjék képződése a nagy alegységben történik, mégpedig hihetetlenül gyorsan. Venkatraman Ramakrishnan fedezte fel a kis alegység szerepét. Megállapította, hogy ez az alegység „fordítja le” a DNS és RNS által hordozott információt a fehérjék nyelvére.

Riboszóma minden élő szervezetben van, de a különböző fejlettségű szervezetekben különbözőek, és éppen ez teszi ismeretüket felbecsülhetetlenné új antibiotikumok kifejlesztésében. Az antibiotikumok a riboszóma különböző részeihez kapcsolódhatnak, és így azok működését, vagyis fehérjetermelését megakadályozhatják; és így a baktérium elhal. Ugyanakkor ezek az antibiotikumok az emberre nem hatnak, ezért használatuknak nincs

mellékhatása. Egyes, így tervezett antibiotikumok már a klinikai kipróbálás stádiumában vannak. Ma már azt is tudják, hogy az eddig alkalmazott antibiotikumok egy része is a riboszóma működésének akadályozásával fejt ki hatását.

A riboszóma a legnagyobb aszimmetrikus rendszer, amelynek a szerkezetét valaha meghatározták. Azonban, évekkel ezelőtt, Jonat és munkatársai a nagy alegységben kétfogású forgási szimmetriát figyeltek meg, éppen a működés szempontjából döntő molekuláris részben. Az évek során kiderült, hogy ez a szimmetria minden eddig meghatározott riboszóma szerkezetére jellemző. A felismerés Jonatkat is meglepte, de idővel rájöttek arra, hogy ennek a riboszóma működése szempontjából van jelentősége. Megint Jonat szavaival:

„Ez a szimmetria a nagy alegység aktív centruma körüli területen jelentkezik, azon helyek között, ahol a transzfer RNS-ek az aminosavakkal belépnek, és ahol a felépülő aminosavlánc kilép. Eredetileg nem értettük, miért alakult ki ez a szimmetria, de aztán rájöttünk, hogy a peptidkötés sztereokémiája igényli ezt. Az aminosavakkal bejövő transzfer RNS-nek és az épülő és kifelé haladó fehérjének igazodniuk kell egymáshoz, és ezt biztosítja ez a dinamikus forgási szimmetria. Amikor a szimmetria dinamikus voltáról beszélünk, akkor az egész katalitikus esemény dinamikájára utalok. Több mint egy évbe tellett, amíg meg tudtuk győzni önmagunkat, hogy ez a szimmetria valóban létezik. Ez, persze, még gyönyörűbbé teszi a szerkezetet. Eredetileg nem volt nagy sikerünk ezzel a megfigyeléssel. A Yale-csoportnak más elképzelése volt a kémiai katalízis lefolyásáról, és sokat vitáztunk erről. Végül mindenki elfogadta az általunk javasolt mechanizmust, amely feltételezi a szerkezetben az aktív rész

körüli dinamikus kétfogású forgási szimmetriát. Az is kiderült, mi volt az oka a véleménykülönbségnek. A mi vizsgálataink fiziológiai körülmények között folytak, míg a Yale-csoport olyan körülmények között dolgozott, amelyek távol voltak a fiziológiai feltételektől, és ezért volt a rendszerükben jelentős rendezetlenség a működés szempontjából fontos helyzetekben.”

Ada Jonattal 2004-ben beszélgettem. Természetesen megkérdeztem tőle, hogy milyen esélyt lát a Nobel-díjra? A következőt válaszolta: „Kihagyhatnánk ezt a kérdést? Nagyon zavarba hoz. Amikor sikerült az első mikrokristályt előállítanom, találkoztam egy svéd professzorral, aki a szerkezeti biológia egyik alapító atyja volt. Abban az időben nagyon keményen dolgoztam, alig aludtam valamit. Láttam rajtam, hogy sápadt és nyúzott vagyok, ezért megkérdezte, mi van velem. Mondtam, hogy lehet, hogy van riboszóma-kristályom. Rámnézett, és azt mondta: *ez Nobel-díjas projekt...* Mindez még a munka legelején történt. Soha nem beszéltem erről, de nem is feledkeztem meg róla; azóta állandóan velem van ez a gondolat. Amikor az első nagyfelbontású eredményeinket megkaptuk, a Nobel-díj kérdése ismét előjött. Tudom, hogy ez a kutatás már évek óta a figyelem középpontjában van, tehát nem lennék őszinte, ha nem vallanám be, hogy igen, tudom, hogy elvileg ez elképzelhető.” A díj kihirde-

tése után az egyik hírügynökségnek a következőt mondta Jonat: „Amikor szólt a telefonom, és megláttam a 46-os számot, Svédország országkódját, arra gondoltam, most már tényleg túlzásba viszik a viccelődést. De a hívó akcentusa nagyon svéd volt, komolyan hangzott, úgyhogy el kellett, hogy higgyem, ez valódi hír!”

Jonattól azt is megkérdeztem, hogy volt-e a munkájában valaha is hátránya abból, hogy nő. Ezt válaszolta: „Nem. Talán csak annyi, hogy időnként azt éreztem, többet várnak tőlem, mint amennyit egy férfitől várnának ugyanebben a pozícióban. A pályám elején, mivel tapasztalatlan voltam a krisztallográfiában, nagyon lassan haladtam, de ennek semmi köze nem volt ahhoz, hogy nő vagyok. Abban az időben egyszer nem kaptam meg a várt előléptetést a Weizmann Intézetből, és az egyik professzor megjegyezte, hogy nem félnék attól, hogy elmegyek, mivel a férjem is ott dolgozik. Ezt, persze, nem értékeltem.”

Élete legnagyobb kihívásairól a következőket mondta: „Tudományosan a riboszóma kristályosítása óriási kihívás volt, személyesen pedig az az időszak, amikor édesapám meghalt. Néhány évvel ezelőtt előadást kellett tartanom az unokám óvodájában a riboszómáról. Az hihetetlenül nehéz volt.”

Kulcsszavak: *kémiai Nobel-díj, Ada Jonat, riboszóma szerkezete, fehérjeszintézis, női tudósok*

IRODALOM

Hargittai, Magdolna (2006): Ada Yonath. In: Hargittai István – Hargittai Magdolna: *Candid Science VI*:

More Conversations with Famous Scientists. Imperial College Press, London, 389–401.

REGIONÁLIS EGYENLŐTLENSÉGEK a kelet- és közép-európai kutatási térségben

Horváth Gyula

az MTA doktora, igazgató, egyetemi tanár,
MTA Regionális Kutatások Központja, Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kara
horvath@rkk.hu

Bevezetés

Európa csökkenő világgazdasági befolyásának egyik oka a kutatási kapacitások és a humán erőforrások fejlettségének szemmel látható elmaradása a versenytárs Amerikai Egyesült Államok mutatóitól. E hiányosságok felszámolásának programját fogalmazta meg az Európai Unió lisszaboni stratégiája.

Európa jövőbeli fejlődésének egyik kulcsa, hogy a növekedési tényezők hogyan helyezkednek el a kontinens különböző régióiban. A kontinens versenyképességben megmutatkozó lemaradásának egyik összetevője a K+F nagymértékű területi differenciáltsága. Ma Európa versenyképességét általában is kedvezőtlenül befolyásolja a gyenge térségi kohézió, a modern térformáló erők túlzott térbeli koncentrációja. A magas hozzáadott értéket előállító tevékenységek Európában a London–Párizs–Milánó–Berlin–Amszterdam ötszög területére összpontosulnak. Az innovatív iparágak területi elhelyezkedése még a legfejlettebb uniós tagországokban sem egyenletes, a nemzeti centrumtérsegek súlya meghatározó mind a K+F-kapacitásokban, mind pedig a csúcstechnológiai ágazatokban és a fejlett szolgáltatásokban. A kelet-közép-európai országokban sem különb a helyzet, sőt a

rendszerváltozást követően a koncentráció mértéke erőteljesebb lett.

E dolgozat célja a K+F-kapacitások területi szerkezetében megmutatkozó területi különbségek feltárása hat nagy- és közepes méretű kelet-közép-európai uniós tagállamban. Alaphipotézisünk, hogy a túlzott szellemi polarizáció hátráltatja a területi kohézió erősödését, a gazdasági elmaradottság mérséklését szolgáló gazdaságfejlesztési stratégiákban a K+F dekoncentrációjának jelentős szerepet kell kapnia. A nemzeti fejlesztési tervek operatív programjai ma még nem erre mutatnak. A lisszaboni kritériumok között a kutatás-fejlesztés erősítése jelentős hangsúlyt kapott. Ugyanakkor kevés szó esik arról, hogy a szellemi potenciál, a K+F-kapacitások és a tudásintenzív ágazatok regionális megoszlása egyenetlen, az európai régiók nagy részében az innovatív fejlődés feltételei ma még nincsenek jelen. A tudomány és a fejlesztés erőteljesen differenciált térbeli elrendeződésének tulajdonítható a tervezett lisszaboni mutatók teljesítésében megmutatkozó kudarc egyik oka.

1. Szellemi potenciál és regionális fejlődés

Európa fejlődésében a gazdasági és társadalmi innováció előállításának és terjesztésének intézményei a középkor óta fontos szerepet

játszanak. A kontinens legelső egyetemei szoros kapcsolatot építettek ki szűkebb és tágabb régiójuk szereplőivel. A kora keresztény írkolostorokban szervezett „egyetemek” voltak a szigetország innovációs központjai, ezek dolgozták fel az Európa különböző vidékeiről gyűjtött kulturális, technikai és szakmai információkat, majd hálózataikon keresztül továbbították a termelés színtereire. A 2–3. században Írország – periférikus fekvése ellenére – ennek révén lényegében Európa legfontosabb innovációs centruma volt (Joyce, 1907; O'Driscoll, 1993; Pounds, 1990).

A középkori egyetemfejlődés jellemző vonása a földrajzi dekoncentráció volt. A 12–14. században az Itáliai-félsziget középső térségei lettek Európa növekedési központjai. Az 1400-as évek végén Európa harminc egyeteméből tizenhárom Közép-Itáliában működött. Ekkor már Európa nyugati felén az egyetem általánossá vált. A 16. század elején a hetven európai egyetem arányosan oszlott meg a mai Spanyolország, Németország, Franciaország és Olaszország között. Az egyetemek regionális kapcsolatai ekkor még lényegében a finanszírozásra korlátozódtak. A városi pénztőke által fenntartott intézmények mindenekelőtt a humanista kultúra régióhatárokon túli terjesztésében vállaltak kiemelkedő feladatokat. A gazdasággal kapcsolataik még esetlegesek voltak, bár például a nyomdaipar fejlődésében a német egyetemek nem elhanyagolható szerephez jutottak.

A 18–19. században a központosító államok céltudatosan – finanszírozással, alapítói és kinevezési jogok gyakorlásával – igyekeztek kivonni az egyetemeket a regionális hatalom befolyása alól. A porosz és a francia oktatásügy e törekvéseket meg tudta valósítani, Svájcban azonban a mai napig nem sikerült föderális irányítású egyetemet létesíteni. Sőt az unitá-

rius berendezkedésű, centralizált Nagy-Britanniában a tradicionális állami–egyetemi ellentétek miatt a regionális befolyás erős maradt. Kivételes esetekben egy-egy egyetem ki tudta vonni magát a centralizáció alól. Hollandia 1802. évi francia annexiója után a Groningeni Egyetem az északi régió földrajzi elszigeteltsége révén maradhatott fenn, miközben a legtöbb holland egyetemet bezárták, vagy alacsonyabb oktatási intézménnyé szervezték át (Florax, 1992).

A földrajzi decentralizáció és a regionális szerepkör felértékelődése másfélszáz évvel később újra az európai egyetemi fejlődés egyik fő mozgatórugója lett, természetesen időközben mind az egyetemek társadalmi funkciói, mind pedig az őket körülvevő gazdasági és politikai környezet is teljesen átalakult. A gazdasági fejlődés innovációs igényének gyors növekedése új, kizárólag kutatásra és fejlesztésre összpontosító szervezetek kialakítását is ösztönözte. Az 1911-ben, Németországban alapított Vilmos Császár Társaság a két világháború között 29 intézetet tartott fenn, többségüket a német tartományokban, Berlinben tizenkét intézet működött (Macrakis, 1993).

A második világháború után Európa felsőoktatási intézményrendszerét erős centralizáció jellemezte. Az oktatás és a kutatás viszonylag kevés számú intézménybe koncentrálódott, az egyetemeket a központi kormányzatok közvetlen eszközökkel irányították, s az egyetemek szinte valamennyi országban a legfejlettebb nagyvárosi központokban helyezkedtek el, sőt egy-egy város, legtöbbször a főváros, meghatározó pozíciókkal rendelkezett.

Az 1950-es évtized a felsőoktatásban az extenzív fejlődés időszaka volt. Az elitképzést a társadalom és a gazdaság szükségleteit kielégítő tömegképzés váltotta fel. 1960 és 1970 között a felsőfokú hallgatók létszáma Euró-

pában 1,8 millióról 4,8 millióra nőtt. Ötszörösére emelkedett a norvég, négyszeresére a brit, az olasz és a svéd hallgatói létszám. Az európai rangsorban átrendeződött a vezető országok sorrendje is.

Az 1960-as évek elején megindult decentralizációs folyamatok nyomán diverzifikálódott a felsőoktatási intézményrendszer, több országban megszűnt az egyetemek monopóliuma, szakfőiskolák szerveződtek, nőtt az egyes intézmények önállósága, és a felsőoktatás térben is kiterjedtebbé vált.

A funkcionális decentralizáció nem csupán új intézmények megteremtését (általános főiskolákat Németországban, műszaki főiskolákat Nagy-Britanniában, főiskolákat Hollandiában, regionális műszaki főiskolákat Írországon stb.) jelentette, hanem a szétaprózott felsőoktatás szervezeti újrendezését is a méretgazdaságosság szempontjai alapján. Svédországban a száz kisméretű főiskolát harminchárom új egységbe szervezték, az újonnan alakult 385 holland főiskolát is rövid idő alatt 85 intézménybe vonták össze (Neave, 1979).

Az egyetemi hálózat ugyanakkor kibővült. Az új egyetemek alapításában mindenütt a regionális gazdaság fejlesztésének igénye játszott meghatározó szerepet. Az 1961-ben alakult Brit Felsőoktatási Bizottság által kidolgozott fejlesztési koncepció a hallgatói létszám növelését és a területi különbségek mérséklését tekintette alapvető prioritásnak. Az 1960-as évtizedben 22 új egyetem alakult, többnyire korábbi főiskolák összevonásából, az ország északi területein és rurális térségekben. Az újonnan alakult egyetemeken tanul ma a brit felsőfokú hallgatók egyharmada (Commonwealth Universities Yearbook, 2005).

A német egyetemi rendszer mennyiségi változásai is ugyanekkor kezdődtek. A német szövetségi gyűlés 1970-ben törvényt fogadott

el a felsőoktatási hálózat fejlesztéséről. A törvény egyetemfejlesztésre új régiókat jelölt ki, a tradicionális történelmi egyetemi központokban jelentős bővítéseket nem kezdeményezett. A telepítésekben a regionális fejlesztés szempontjai kerültek előtérbe, a szerkezeti válságba jutott Ruhr-vidék és a rurális Bajorország jutott több új felsőoktatási intézményhez (Lömkér, 1986). Regionális elvek érvényesültek az 1948-ban megszerveződött – a náci korszakban kompromittálódott Vilmos Császár Társaság intézményhálózatára épült – Max Planck Társaság működésében is. Ma a 80 intézetben 12 000 kutató és 9 000 PhD-hallgató és vendégkutató dolgozik. Berlin és a korábbi főváros, Bonn súlya a hálózatban elenyészőnek tekinthető. A szintén multidiszciplináris Fraunhofer Társaság 1949-ben alakult meg Bajorországban. Alapvető célja a Bajor Állam gazdasági felemelkedésének támogatása volt. Az ország minden tartományára kiterjedő hálózat 57 intézetben 15 000 alkalmazottat foglalkoztat. A német tudományos intézményrendszer fejlődésében szerepet játszott a volt NDK Tudományos Akadémiájának kutatóintézeti hálózata is. A szocialista tudományos szervezetnek 1992-ig 59 intézete és 22 000 kutatója volt. A német egység létrejötté után az akadémia bázisán szerveződött meg az egész országra kiterjedő hálózat, tal rendelkező, ma 84 intézetből álló és 13 000 alkalmazottat foglalkoztató Leibniz Tudományos Közösség.

Svédországban az 1960-as évekig az egyetemek öt déli városra koncentráálódtak. Az északi térségek fejlesztésére kidolgozott regionális koncepció a 60-as évek végén kezdeményezte az Uppsalai és az Umeåi Egyetem megalapítását. 1971-ben szervezték meg az első északi egyetemet Luleåban. A svéd felsőoktatási hálózat bővítésében szintén a regio-

nális szempontoknak volt prioritásuk. Az új egyetemek és főiskolák képzési szerkezetét a regionális gazdaságok szükségleteihez igazították. Előnyben részesítették a műszaki, a közgazdasági, a közigazgatási szakok szervezését. A műszaki karok és főiskolák regionális innovációs centrumfunkciókat kaptak, szoros kapcsolatokat építettek ki a regionális hatóságokkal és a helyi gazdaságokkal. A svéd ipar nemzetközi versenyképességének erősödését – többek között – az új regionális felsőoktatási rendszernek is köszönhetette (Hjern, 1990).

A hasonló területi szerkezeti anomáliákat a svéd megoldásokkal közel azonos módon számolta fel a finn kormány is. Az 1960-as években a hagyományos egyetemi városokon (Helsinki, Turku, Tampere) kívül tizennégy új egyetemet alapítottak. Az Urho Kekkonen finn elnök nevéhez fűződő felsőoktatási reform alapozta meg Finnország regionális fejlesztési stratégiáját. Az ország kulturális és gazdasági integrálódását szolgáló koncepció több célt is szolgált: fejlődjön az ipar, gyarapodjon a munkahelyek száma, a kutatások és fejlesztések alkalmazkodjanak a helyi közösségek igényeihez, és jelentősen növekedjen a modern technológiához értő szakemberek száma (Blumberg, 1986). A decentralizáció eredményeképpen Helsinki súlya a nemzeti felsőoktatásban a felére csökkent, 2007-ben a finn felsőfokú hallgatók 35 %-a tanult a fővárosban. Ma tizenegy városban található egyetem, ezek egyes karai és részlegei további tizenkét településen működnek. Az új évezred első évtizedének második felében újabb regionális átalakulások zajlanak a finn felsőoktatásban. A képzés és a gazdaság nemzetközi versenyképességének növelését szolgálja az egy régióban lévő egyetemek összevonása, a felsőoktatási szövetségek szervezése. A regi-

onális koncentráció első állomása volt, hogy a Jyväskyläi Egyetem és a tamperei egyetemek megalapították a Közép-finnországi Egyetemet, amelynek negyvenegyezer hallgatója van (Vossensteyn, 2008).

A földrajzi decentralizáció eredményeképpen az egyes országok centrumtérsegeinek (fővárosainak) súlya mérséklődött, bár vezető pozícióikat még sok helyütt meg tudták őrizni. Az általános tendencia azonban néhány nagyobb regionális felsőoktatási-kutatási centrum fokozatos megerősödése volt.

A felsőoktatás nem csupán a K+F-szektorban elfoglalt helye, hanem a technológiaiag fejlett termékeket és versenyképes szolgáltatásokat megszervező és előállító, valamint az ezek értékesítését végző szakemberek képzésében elfoglalt meghatározó pozíciója miatt van hatással a belső regionális fejlődésre. A technológiai átalakulás egyik fontos kísérőjelensége, hogy a versenyképes termékeket gyártó iparágak és vállalatok minőségi kritériumok alapján választanak telephelyet. Ezek sorában előkelő helyen szerepel a felsőoktatás, amelynek tökevonzó erejét nemcsak az általa biztosított munkaerőpiaci előnyök befolyásolják, hanem az ide összpontosuló innovációs kapacitások is. Megfigyelhető európaszerint, hogy míg a nagy technológiai rendszerek fejlődésére elsősorban az agglomerációs nagyvállalatok kutató-fejlesztő szervezetei voltak meghatározó befolyással, addig a kis- és középvállalkozások technológiai megújulásában, a lokális és regionális technológiai klaszterek megszerveződésében a felsőoktatási intézmények domináltak. A regionális felsőoktatási intézmények motorikus szerepe bizonyítható a közép- és az északkelet-olaszországi ipari körzetek kifejlődésében, a bajor, az északkelet-francia, a holland stb. regionális fejlődésben (Bennett – Krebs, 1991; Ciciotti, 1993).

Ahhoz azonban, hogy a felsőoktatási hálózat ezt a funkcióját be tudja tölteni, képes legyen az innovációs rendszer elemeként *integráló feladatok* ellátására, legalább négy feladatnak kellett megfelelnie:

- A kutatást a felsőoktatás egyik alapfunkciójának kell minősíteni, finanszírozásában erre tekintettel kell lenni, az egyetemek-főiskolák működésében ezt érvényesíteni kell;
- A nemzeti technológiapolitikának és a regionális szerveknek megfelelő ösztönzőkkel kell támogatniuk a felsőoktatás és a gazdaság szervezett együttműködését;
- A felsőoktatás szerkezetének alkalmasnak kell lennie a technológiai és a gazdasági innovációk előállítására;
- A felsőoktatásnak területileg decentralizálnak kell lennie, intézményi méreteinek pedig el kell érnie azt a kritikus tömeget, amely e funkciók gyakorlásához szükséges, illetve a centrumrégió intézményeivel esélyegyenlőséget teremt mind a kutatási források megszerzésében, mind pedig a nemzetközi kutatási-fejlesztési munkamegosztásba való bekapcsolódásban.

2. A tudomány intézményeinek térbeli szerveződése Kelet- és Közép-Európában 1950 és 1990 között

Az Európa két felének fejlődésében tapasztalható különbségek a tudományra különösképpen érvényesek. Ennek gyökerei több évszázadra nyúlnak vissza. A középkori egyetemalapítási periódus Kelet-Európának csak rendkívül kis részében érezte hatását. A térségben négy – ma is vezető szerepet játszó – egyetem alakult: Prága (1348), Krakkó (1364), Bécs (1365), Pécs (1367). Kelet-Európa egyéb térségeiben a felsőoktatás több évszázaddal később jelent meg. (Magyarország is lényegé-

ben ebbe a csoportba sorolható, hiszen a pécsi egyetem rövid ideig működött.) A rendkívül hosszú török uralom után felszabadult Bulgária első egyetemét 1888-ban Szófiában alapították, s csak 1970-ben létesültek újabb egyetemek az országban. Romániában Bukarestben az 1850-es, és a moldovai Iaşiban az 1860-as években alakultak az első egyetemek. A két világháború között néhány – első sorban erdélyi – nagyváros egyetemi hálózata fejlődött ki, majd a kommunista periódusban sok új egyetem alakult a nagyvárosi és nehézipari központokban, beleértve az ország elmaradott térségeit is.

A többi kelet-közép-európai ország fejlődése viszonylag egyenletes volt: az első világháborút követően létrejöttek a felsőoktatási képzési és kutatási bázis alapjai, az intézmények száma azonban csekély volt. Magyarországon a két világháború között mindössze négy városban működött egyetem, az összes hallgató létszáma 1938-ban a 9 millió lakost számláló országban 14 ezer fő volt. A második világháború után – regionális fejlesztési megfontolások, illetve ágazati képzési szempontok alapján – csak kisebb korrekciókat hajtottak végre. Magyarországon 1949-ben alapítottak két műszaki egyetemet, Miskolcon nehézipari műszakit, Veszprémben pedig vegyiparit.

A kelet-európai országok tudományos rendszereiben meghatározó változásnak a *nemzeti tudományos akadémiák* létrejöttét kell tekintenünk. Az 1950-es évek legelejére valamennyi országban szovjet mintára tudományos akadémiák szerveződtek, amelyek nem csupán a nemzeti tudomány koordináló intézményei voltak, hanem kiterjedt kutatóhálózattal (negyven–hetven kutatóintézettel) is rendelkeztek. A kép e téren sem volt teljesen homogén, hiszen több országban (Magyarországon, Csehszlovákiában, Lengyelországban)

főhivatású kutatóintézetek korábban is működtek. A központosított államhatalmi berendezkedés természetes következménye volt, hogy az akadémiai kutatóintézetek – néhány kivételtől eltekintve – a fővárosokban szerveződtek meg.

A túlzott központosításban bekövetkezett mérsékelt változások azonban néhány országban a szervezetek dekoncentráálásában is éreztették hatásukat. Magyarországon például 1969-ben – a gazdaságirányítási reform keretében – politikai határozatot fogadtak el a tudománypolitika megújításáról. A dokumentum szövege a tudomány decentralizálásának szükségességéről is. A határozat a tudományos kutatások túlzott budapesti koncentrációjának mérséklését, a tudományágazatok között megmutatkozó különbségek csökkentését és a társadalomtudományok fejlesztését deklarálta. A határozat végrehajtása azonban csak részleges eredményhez vezetett. Az 1970-es évek elején két regionális központban fejlődött érezhető módon a tudomány. A Magyar Tudományos Akadémia Szegeden létrehozta Közép-Európa akkor legkorszerűbb biológiai kutatóközpontját, Pécsen pedig megnyitotta kapuit az ország második közgazdaság-tudományi felsőoktatási intézménye, a Pécsi Tudományegyetem közgazdaságtudományi kara, illetve a városban működő akadémiai kutatóintézet (a Dunántúli Tudományos Intézet) új – regionális tudományi – profilt kapott. A decentralizáció jelképének tekinthetők az ez idő tájt megszerveződött regionális akadémiai bizottságok.

A budapesti kutatóintézetek vagy felsőoktatási intézmények vidékre telepítésében azonban nem sikerült eredményeket elérni. Hiába fogalmazódott meg például a budapesti állatorvos-tudományi egyetem áttelepítésének gondolata az ország agrárgazdasági

centrumának számító kelet-magyarországi nagyvárosba, Debrecenbe, az egyetemi vezetők erős érdekvédelemmel tevékenysége megakadályozta a terv megvalósítását.

Noha – mint a gazdaság és a társadalom más szféráiban is – a kommunista tudománypolitikának számtalan, országonként eltérő sajátossága volt, néhány közös vonást valamennyi országra vonatkozóan rögzíthetünk.

A tudománynak privilegizált helyzete volt a szocialista korszakban. Ez a szovjet modell tipikus jellemzője. A tudomány megkülönböztetett csoportjai (az akadémiai tagjai, vezető kutatók) magasabb jövedelemben részesültek, és különböző szociális kedvezményeket élveztek;

Az erős állami befolyás és irányítási kontroll folyamatos és – tudományágazatonként jelentős eltéréseket mutató – elégséges költségvetési forrásokkal párosult. Kutatásra és fejlesztésre az 1970–1980-as években a nemzeti jövedelem 2–3 %-át költötték a kelet-európai országokban. E magas arány részben a hadiipari kutatásoknak köszönhető, részben azzal magyarázható, hogy az új technológiák exportjának nyugat-európai bojkottja miatt sok ipari terméket (híradástechnikai, számítástechnikai cikkek) saját kutatásokra alapozva lehetett csak előállítani;

Az 1950-es évtizedben, az extenzív tudományfejlesztési időszakban az állam a műszaki és a természettudományokban alapított kutatóintézeteket. A társadalomtudományok kedvezőtlen helyzete – az uralkodó marxista ideológia hegemoniája miatt a társadalomtudományok háttérbe szorultak – évtizedeken keresztül fennmaradt. Az új tudományágazatok (szociológia, politikatudomány, regionális tudomány stb.) viszonylag későn bontakoztak ki, s nehezen épültek be a felsőoktatás szerkezetébe. A társadalomtudományban

foglalkoztatott kutatók aránya sok országban nem érte el a kutatói állomány egyötödét;

A kutatások intézményi struktúrájában az akadémiai kutatóhálózatnak, a minisztériumok irányítása alá tartozó szektorális kutatóintézeteknek és a vállalati kutatóhelyeknek volt meghatározó súlyuk. Magyarországon például 1985-ben a vállalati kutatóhelyek használták fel a K+F-ráfordítás 48 %-át. Az egyetemek elsődlegesen oktatási intézmények voltak, az ezekben folyó kutatások ráfordításai csekély arányt képviseltek. Magyarországon 1985-ben a felsőoktatási intézmények részese dése tizenkét százalékot tett ki.

3. A rendszerváltozás hatása a kelet-közép-európai K+F regionális szerkezetére

Az 1990-es évek elején bekövetkezett rendszerváltozás jelentősen átalakította a kelet-európai országok tudományos potenciáljának szerkezetét. Az egyik általános közös vonás a tudományos kapacitások nagymértékű csökkenése volt. A kutatási kapacitások két körben zsugorodtak össze nagymértékben. Az egyik az ágazati kutatóintézeti hálózat volt. Az országos hatáskörű szervek (minisztériumok, főhatóságok) által finanszírozott kutatóintézetek döntő hányada megszűnt. Jelentősen megcsappant az akadémiai kutatóintézetekben foglalkoztatottak létszáma is. Ennek

egyenes következményeként nagyságrendekkel mérséklődött, harmadára, ötödére csökkent a kutatás-fejlesztés GDP-ből való részese dése (1. táblázat).

A rendszerváltozást követően valamennyi országban a K+F-szektor szerkezete jelentősen átalakult. A kedvező változások sorát a felsőoktatási rendszer átalakítása nyitotta meg. A kelet-európai országokban a felsőoktatásban a hallgatók száma két-háromszorosára emelkedett, új főiskolákat és egyetemeket alapítottak, az egyetemi funkciók között több országban fontos szerepet kapott a kutatás-fejlesztés. A nagy állami kutatóintézetek egy része – az akadémiai hálózatok kivételével – megszűnt, más része magántulajdonba került. A gazdasági vállalkozások bizonyos körei – beleértve több, Kelet-Európában megtelepedett multinacionális vállalatot – erőteljes K+F-bővítésbe kezdtek. A ráfordítások szerkezetében érzékelhető változás következett be. Az állami-közösségi finanszírozású kutatások ráfordításai folyamatosan csökkenő hányadot tesznek ki, az üzleti kutatások aránya pedig növekedésnek indult.

A kelet-európai országok között azonban nagy különbségek mutatkoznak. Csehországban az üzleti-vállalati kutatóhelyek ráfordításai az összes K+F-ráfordítás közel kétharmadát teszik ki, ez hasonló az Európai Unió

Megnevezés	Bulgária		Csehszlovákia		Lengyel.		Magyar.		Románia	
	1980	2005	1980	2005	1980	2005	1980	2005	1980	2005
K+F részesedése a GDP-ből, %	2,5	0,5	3,9	1,4 ¹ 0,5 ²	2,2	0,6	3,2	1,0	N. a.	0,4
Kutatók száma, ezer fő	31,6	21,6	39,6	37,5 ¹ 17,5 ²	96,3	55,0	31,4	23,0	71,1	33,4

1. táblázat • A kutatás-fejlesztés fontosabb mutatóinak változása a kelet-közép-európai országokban, 1980–2005. Forrás: Nemzeti statisztikai adattárak, 1980 és Europe in Figures. Eurostat Yearbook, 2008. alapján a szerző számításai • Megjegyzés: 1) Csehország; 2) Szlovákia.

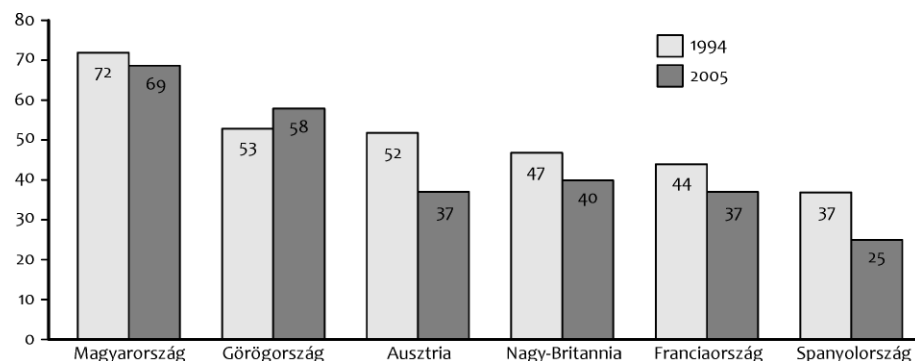
Megnevezés	Üzleti szféra	Költségvetési intézmények	Felsőoktatás
Bulgária	22,2	67,3	10,5
Csehország	64,7	19,0	16,3
Magyarország	45,0	28,6	26,4
Lengyelország	31,6	36,8	31,6
Románia	48,0	34,1	17,9
Szlovákia	50,0	30,0	20,0
EU-27	64,0	13,4	22,6

2. táblázat • A kutatási-fejlesztési ráfordítások megoszlása ágazatok szerint, 2005, százalékban. Forrás: Europe in Figures. Eurostat Yearbook, 2008; Statistical Yearbook of Romania, 2007.

huszonhét tagországnak átlagához. A vállalati finanszírozású kutatások aránya Bulgáriában a legalacsonyabb, s itt a kormányzati finanszírozásnak még meghatározó jelentősége van. Két országban – Magyarországon és Lengyelországban – a felsőoktatási intézmények súlya a kutatások finanszírozásában meghaladja az uniós átlagot. A kormányzati fenntartású kutatóintézetek valamennyi országban az uniós átlagnál lényegesen nagyobb mértékben részesednek a K+F-ráfordításokból, ami elsődlegesen a tudományos akadémiai kutatóhálózat fenntartásából adódik (2. táblázat).

A kutatási szervezetek ágazati átalakulását egyetlen kelet-európai országban sem kísérte

a regionális szerkezet kedvező változása. A kutatóhelyek területi szerkezetére jellemző, korábbi erőteljes fővárosi koncentráció fennmaradt. Az 1990-es évtizedben az uniós tagállamokban a K+F területi szerkezetében változások játszódtak le. A centrumtérsegek súlya több országban mérséklődött. A decentralizáció jelentős eredményei a hatalmi berendezkedésükben nem centralizált (regionalizált és föderalizált) országokban figyelhetők meg. Ausztriában Bécs súlya tizenöt százalékponttal, Spanyolországban Madrid pozíciója tizenkét százalékponttal mérséklődött. Az unitárius berendezkedésű Magyarországon és Görögországban a csökkenés mértéke csekély, vagy be sem következett,



1. ábra • A centrumtérsegek részesedése a K+F-ráfordításból, 1994–2005, százalékban. Forrás: Europe in Figures. Eurostat Yearbook, 2003, 2008 alapján a szerző szerkesztése.

hanem az utóbbi országban az Attikai régió növelte részesedését az ország kutatási-fejlesztési ráfordításában (1. ábra).

A kelet-európai országokban a kutatás és a tudomány fellegvárai a fővárosok és régióik. A fővárosi régió súlya Bulgáriában a legmagasabb, az ország kutatási potenciáljának negyötöd része Szófiában és régiójában összpontosul. A magyar kutatási ráfordítások kétharmada a Közép-magyarországi régióra (Budapest és Pest megye alkotta NUTS 2-es egység) jut. Csehország, Lengyelország és Szlovákia kutatási kapacitásai mutatnak némileg kedvezőbb területi képet, ezekben az országokban a fővárosi régiók súlya nem éri el az 50 %-os részesedést (3. táblázat).

A kelet-közép-európai centrumtérsegek fontosabb K+F-mutatói nem érik el az európai uniós átlagokat. A hat ország 49 NUTS 2-es régiójából mindössze két cseh régióban haladja meg a K+F GDP-aránya az Európai Unió átlagát, nyolc régióban 1–1,9 % között van, 39 régióban viszont nem éri el az 1 %-ot, ezek közül 20 régió mutatója 0,3 % alatt van (2. ábra).

Hasonló képet kapunk, ha a K+F egyes ágazatainak regionális megoszlását vizsgáljuk. A vállalati finanszírozású kutatás-fejlesztés

mutatja a legerősebb területi koncentrációt az országok többségében. Ha külföldi vegyes vállalat kutatási-fejlesztési egységet telepített Kelet-Európába, akkor annak szinte kizárólagos célpontja főváros lett.

Nem jobb a helyzet az alapkutatásokban élenjáró akadémiai intézetek területi elhelyezkedését illetően sem. A tudományos akadémiai intézményhálózatának nagyobbik része minden országban a fővárosban található. Az MTA 37 intézete közül mindössze hét (19 %) működik a fővároson kívül. A négyezer akadémiai foglalkoztatottnak mindössze 15 %-a található ezekben az intézetekben. Lengyelországban a tudományos akadémia foglalkoztatottjainak 38 %-a Varsón kívüli intézetekben dolgozik. Érdeemes utalnunk arra, hogy a föderatív berendezkedésű országok tudományos intézményrendszerének területi elhelyezkedése merőben más képet mutat. Ausztria és Németország Landjaiban jelentős kutatóállomány található (3. ábra).

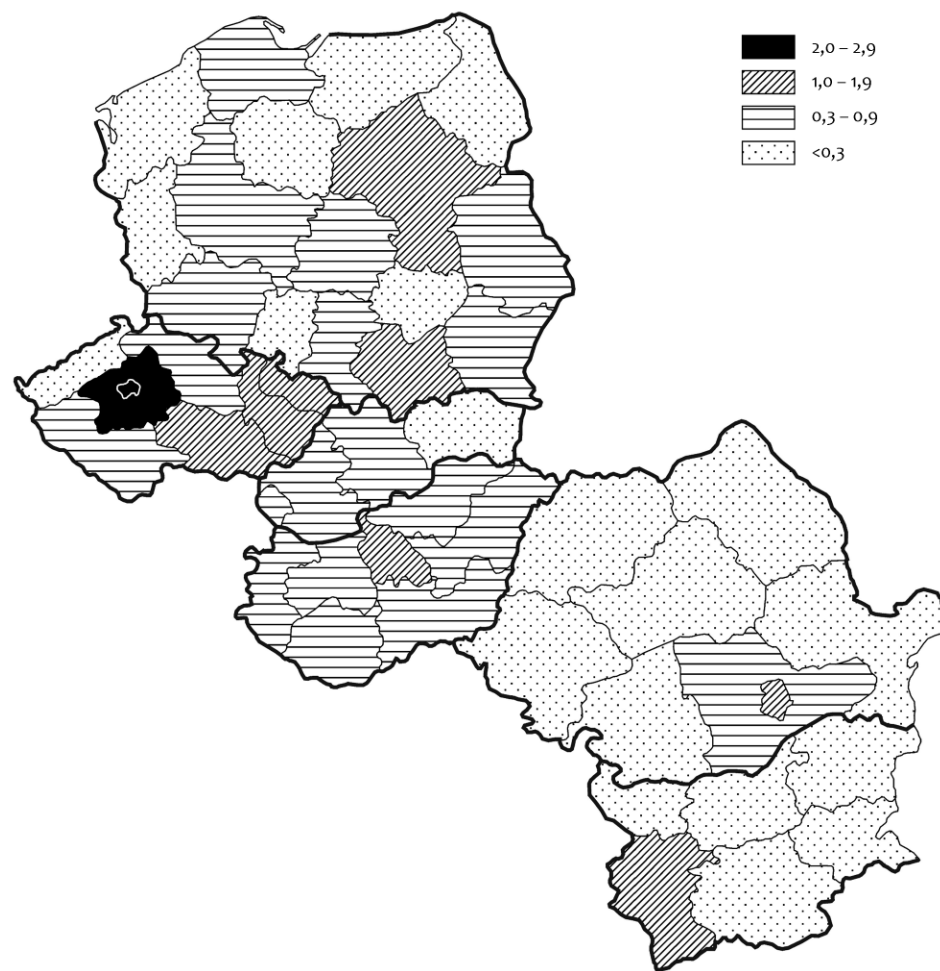
A rendszerváltozás kezdetén nagy reményeket fűztek a felsőoktatás regionális szerkezetének átalakulásához. Valamennyi országban három–négyeszeresére nőtt a felsőoktatási intézmények hallgatói létszáma. A növekedés azonban térben nem lett egyenletes. A fővá-

Ország	A régió megnevezése	A régió részesedése az ország K+F-ráfordításából, %	A régió részesedése a K+F-foglalkoztatottakból, %
Bulgária	Yugozapaden	83,4	71,6
Csehország	Praha	37,5	40,4
Magyarország	Közép-Magyarország	68,8	63,4
Lengyelország	Mazowieckie	42,5	32,6
Románia	București–Ilfov	59,3	60,9
Szlovákia	Bratislavský kraj	47,6	49,8

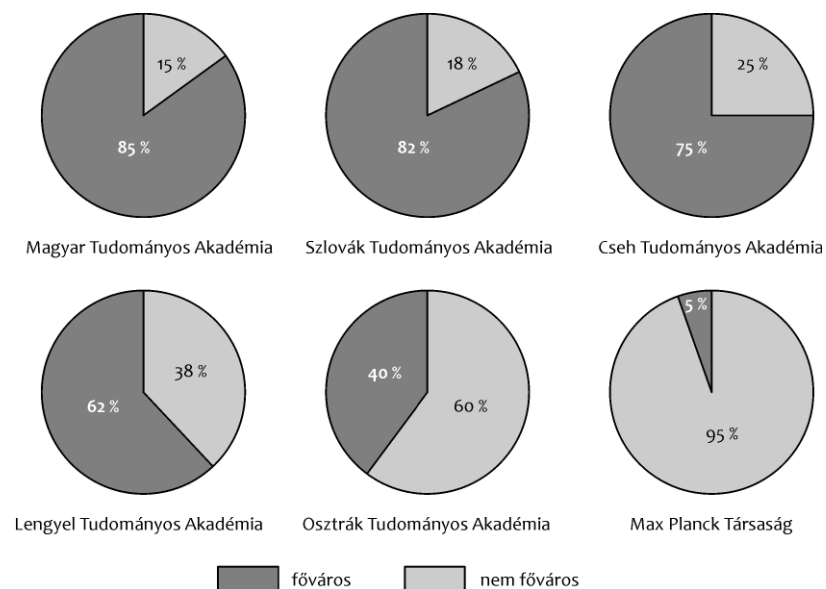
3. táblázat • A fővárosi régiók súlya a nemzeti kutatási térben, 2005. Forrás: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu> adatai alapján a szerző számításai.

rosi felsőoktatás ugyanolyan dinamikusan növekedett, mint ahogy a nem fővárosi intézmények létszáma. A fejlesztéseket spontaneitás jellemezte, az 1990-es évek végén regionális politikai szempontok még nem érvényesültek, az EU-konform területfejlesztés kialakítása a kezdeteknél tartott a tagjelölt országokban. Végeredményben a felsőoktatás korábbi kedvezőtlen területi szerkezete konzerválódott. Jelenleg továbbra is a fővárosok-

ba koncentrálódik a felsőfokú hallgatói létszám 30–40 %-a (4. táblázat). A gyors átalakulás másik – a regionális fejlődés gazdasági alapjainak kialakítása szempontjából lényeges – sajátossága, hogy a növekedés eredményeképpen jelentősen megemelkedett a társadalomtudományok aránya a legtöbb ország felsőoktatásában. A társadalomtudományok súlya a kelet-közép-európai országok felsőoktatásában általában nagyobb, mint az Unió



2. ábra • A K+F-ráfordítás aránya a GDP-ben a kelet-közép-európai régiókban, 2005, százalékban. Forrás: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu> adatai alapján a szerző szerkesztése.



3. ábra • Kutatólétszámok a centrumtérsegeken kívül néhány európai országban. (A szerző adatgyűjtése és szerkesztése.)

többi tagállamában. Csekélyebb súlya van ugyanakkor a természettudományi és a műszaki felsőoktatásnak (5. táblázat). A társadalomtudományi képzés intenzív regionális terjedése két okkal magyarázható.

Egyrészt a hagyományos nagy vidéki egyetemi központok egészítették ki képzési profiljukat a korábbi rendszerben kevésbé támo-

gatott vagy új társadalomtudományi ágakkal (közgazdasági és üzleti tudománnyal, politológiával, szociológiával stb.). Másrészt, az 1990-es évezed elején a korábbi politikai elit szervezésében sok városban alakultak társadalomtudományi karok. Egyetemi kar szervezése, főiskola alapítása a rendszerváltozás természetes következménye lett a területi köz-

Megnevezés	Hallgatói létszám, ezer főben	Az ország százalékában
Bulgária	114	47,1
Csehország	125	37,0
Lengyelország	445	20,7
Magyarország	187	42,6
Románia	294	35,2
Szlovákia	65	32,8

4. táblázat • A centrumtérsegek részesedése a felsőfokú hallgatókból, 2006. (Forrás: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu> adatai alapján a szerző szerkesztése.)
A centrumtérsegek megnevezését lásd a 3. táblázatban.

Megnevezés	Hallgatók száma összesen, ezer főben	Társadalom- tudományok ¹	Műsz. és term. tudományok ²	Egyéb képzési területek ³
Bulgária	243	43,5	35,2	21,3
Csehország	337	27,6	38,7	33,7
Lengyelország	2 145	40,9	30,1	29,0
Magyarország	439	41,5	28,6	29,9
Románia	835	50,0	31,5	18,5
Szlovákia	198	28,3	43,9	28,3
Ausztria	253	34,9	35,1	30,0
Finnország	309	22,4	52,8	24,8
Hollandia	572	38,0	32,1	29,9
Írország	186	23,1	36,0	40,9

5. táblázat • A felsőoktatási hallgatói létszám megoszlása képzési területenként, 2006, százalék.
(¹ Üzleti, magatartás-, jog- és egyéb társadalomtudomány; ² Élő és élettelen természettudomány; ³ Pedagógusképzés, bölcsészettudomány, személyi és biztonsági szolgáltatások, környezetvédelem. (Forrás: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu> adatai alapján a szerző szerkesztése.)

igazgatási központokban. A kommunista pártok megüresedett hivatali épületei, oktatási központjai megfelelő infrastruktúrát teremtetek a képzéshez. Az oktatási kormányzatok hallgatólagosan tudomásul vették a viszonylag olcsó, extenzív társadalomtudományi fejlesztéseket. A piacgazdaság működéséhez szükséges szakemberigény miatt különösen a közgazdasági képzési helyek számszerű növekedését lehet megfigyelnünk.

A K+F regionális megoszlásában tapasztalható szerény változást az idézte elő, hogy az egyetemi funkciók sorában megjelent a kutatás-fejlesztés, és a nagy vidéki egyetemek európai uniós előcsatlakozási támogatásokból és az újonnan létrehozott nemzeti kutatási alapokból kutatási forrásokhoz jutottak. A K+F-ráfordítások szerkezetének elemzésében már említettük a felsőoktatás különböző súlyát az egyes országok ráfordításaiban. Láthatuk, hogy Lengyelországban és Magyarországon képvisel a felsőoktatás az uniós átlagnál nagyobb súlyt a kutatási ráfordításokban. A

felsőoktatáson kívül a nem fővárosi régiókban nem mutatható ki más típusú kutatási szerveződés: a vállalati kutatások szerepe elenyésző, a sok nyugat-európai országban általános regionális fejlesztési-tervezési intézetek, kutatási központok csak elvétve találhatók.

A K+F-intézmények területi szerkezetének konzerválódásában a tudományos és felsőoktatási irányítás fővároscentrikus értékrendszerén kívül a gazdaságfejlesztés hagyományos felfogásának érvényesülése is szerepet játszott. A magyar regionális tudomány már az 1980-as évtizedben felhívta a figyelmet a felsőoktatás, az alap- és alkalmazotti *kutatás és a gazdaság aszimmetrikus elhelyezkedéséből* adódó növekedési problémákra (Enyedi, 1987; Horváth, 1989). A gazdaság modernizálásának már akkor is akadálya volt, hogy a vidéki K+F-centrumok az ország kevésbé fejlett régióiban helyezkedtek el, miközben az iparosodott térségekben (Észak-Dunántúlon, Észak-Magyarországon) gyenge kutatási kapacitások épültek ki. Ez az ellentmondás a

piacgazdaság elmúlt évtizedében sem mérséklődött. A változatlan részaránytalanság nyomán alakulhatott ki az a jelenség – amire Európa-szerte nincsen példa –, hogy Magyarországon a második legnagyobb nemzeti kutatási centrum – Debrecen – az ország legelmaradottabb térségében található. Az európai fejlődési trenddel ellentétes helyzet a különböző gazdasági szférák merev elkülönülése, társadalomirányítási hiányosságok és fejlesztéspolitikai hibák következménye.

A modern regionális politika a kutatás-fejlesztés, az üzleti, a műszaki szolgáltatások és az ipar összehangolt fejlesztését szolgálja. Ez a koncepció alapozta meg sok nyugat- és észak-európai régió fenntartható gazdasági növekedési pályáját az utóbbi évtizedekben. Modern regionális gazdaság nélkül nincs dinamikus K+F-fejlődés, de alkalmazható tudományos eredményekkel nem rendelkező intézmények sem képesek a régiók innovációs kapacitását és jövedelmi kondícióit javítani.

Összegzés

Az európai területi fejlődés dinamizálását szolgáló kutatás-fejlesztés térbeli elhelyezkedését elemezve azt láttuk, hogy a kelet- és közép-európai új tagállamokban a rendszerváltozás a K+F korábbi regionális szerkezetét konzerválta. Az innovációs intézményrendszer regionális szerkezetében továbbra is kiugró területi egyenlőtlenségek figyelhetők meg. A centrumtérsegek, az országok fővárosai őrzik privilegizált pozícióikat. A régiókban a kutatás-fejlesztés szervezeti rendszere egyoldalú, az egyetemek dominanciája mutatható ki. Az uniós standardok alapján kialakított nemzeti regionális és strukturális politika az új tagállamokban nem ösztönzi a K+F fejlesztését a régiókban, a 2007–2013 közötti időszakra készült operatív programok egyértel-

mű bizonyítékai ennek. Nem találtunk olyan kelet- és közép-európai országot, amelynek regionális vagy versenyképességi operatív programja a kutatási humán erőforrások fejlesztésének átfogó átalakítását célozná meg.

A területi fejlődést befolyásoló tényezők változása a regionális politika cél-, eszköz- és intézményrendszerének átalakítását követeli meg európaszerte. Az európai térfejlődés hosszú trendjei a decentralizáció legkülönbözőbb intézményesült formáinak kialakítását igénylik a kontinens eltérő hagyományú országaiban. A kelet- és közép-európai új tagállamok az uniós kohéziós követelményeknek csak decentralizált intézményekkel képesek megfelelni. Ez nemcsak közgazgatási kérdés, hanem a versenyképesség javítását szolgáló kutatás-fejlesztés eredményességének az előfeltétele is. A regionalizmus térnyerése a területi szerkezetek korszerűsítését eredményezheti. A decentralizált berendezkedésű országokban a tudásintenzív gazdaság térbeli terjedése gyorsabb, mint a központosított államokban.

A többpólusú regionális fejlődés igénye a transzformációs országok hatalmi berendezkedését is átalakítja. A hatalmi berendezkedés szubnacionális szintje, a régió a gazdaság fenntartható növekedését és a térszerkezet korszerűsítését szolgáló, önálló finanszírozási forrásokkal rendelkező, autonóm fejlesztéspolitikát megvalósító, önkormányzati jogosítványokkal felruházott területi egység. Az innovatív fejlődés színtereivé a régiók válnak, az innovációkat kibocsátó alapintézmények regionális beágyazottsága erős lesz.

Több európai ország példája bizonyítja, hogy a tudomány és a kutatás-fejlesztés decentralizálása kedvező hatásokat vált ki a régiók fejlődésében. A kutatásintenzív ágazatok megtelepedése növeli a kvalifikált munkahe-

lyek számát. A kutatási-fejlesztési intézmények háttérben megjelenő *spin-off* cégek vállalkozásfejlesztő és termelésserkentő hatása teljesen egyértelmű. Az innovatív vállalkozások fejlesztik a régiók exportkapacitásait, elősegítik a régiók európai és nemzetközi kutatási térségbe való integrálódását. A kutatás-igényes vállalkozások hozzájárulnak a térségek

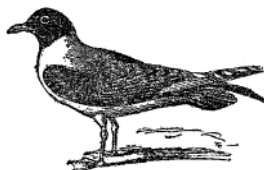
újraiparosításához, a fejlett szolgáltatások elterjedéséhez. Mindez pedig a régiók jövedelemtermelő képességét javítja, és hozzájárul a területi kohézió erősítéséhez.

Decentralizációs jellegű államreform nélkül a lisszaboni kritériumok nem teljesíthetők Európa unitárius berendezkedésű államaiban, így Magyarországon sem.

IRODALOM

- Bennett, R. J. – Krebs, Günter (1991): *Local Economic Development: Public–Private Partnership Initiatives in Britain and Germany*. Belhaven Press, London
- Blumberg, Melanie J. (1986): *Scandinavian Higher Education Reform. From Elitism to Egalitarianism*. Paper presented at the Annual Meeting of the Society for the Advancement of Scandinavian Study. Columbus, OH
- Ciciotti, Enrico (1993): *Competitività e territorio. L'economia regionale nei paesi industrializzati*. La Nuova Italia Scientifica, Roma
- Commonwealth Universities Yearbook* (2005): The Association of Commonwealth Universities, London
- Enyedi György (1987): *Szellemi megújulás – a tudomány terjedése Magyarországon. Társadalomtudományi Közlemények*. 4. 506–511.
- Europe in Figures. Eurostat Yearbook*, 2008. Commission for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- Florax, Raymond (1992): *The University: A Regional Booster?* Avebury, Aldershot
- Hjern, Benny (1990): Improvement of Regional Qualification Structures As a Task of Regional Economic Policy. In: Ewers, Hans-Jürgen – Allesch, Jürgen (eds.):

- Innovation and Regional Development. Strategies, Instruments and Policy Co-ordination*. Walter de Gruyter, Berlin, 207–224.
- Horváth Gyula (1989): Korszerű vidéket modern Magyarországon. *Somogy*. 5. 76–80.
- Joyce, Patrick Weston (1907): *Ancient Ireland: a Smaller Social History of Ancient Ireland*. Longmans, Green & CO., New York
- Lömkér, Klaus (1986): Regionalization in the Sector of Tertiary Education Institutions Development in the Federal Republic of Germany. *Higher Education in Europe*. 3. 44–49.
- Macrakis, Kristie (1993): *Surviving the Swastika: Scientific Research in Nazi Germany*. Oxford University Press, New York
- Neave, Guy (1979): Higher Education and Regional Development. *Higher Education Review*. 11. 10–26.
- O'Driscoll, Proinsias (ed.) (1993): *Culture in Ireland – Regions: Identity and Power*. The Institute of Irish Studies, The Queen's University of Belfast, Belfast
- Pounds, Norman J. G. (1990): *A Historical Geography of Europe*. Cambridge University Press, Cambridge–New York
- Vossensteyn, Hans (2008): *Higher Education in Finland*. Universiteit Twente, Enschede



A VÁLSÁGRÓL A POLITOLÓGIA MONDANIVALÓJA

Szabó Máté

az állampolgári jogok országgyűlési biztosa,
az MTA doktora, egyetemi tanár

S hogy épp most válság van, hát világossá vált az is, hogy a válságok tudományos elemzéséhez a korábban használatos kategóriák és elméletek felülvizsgálatára van szükség. A válságok egysíkú, ideologikus megközelítését feladva, lehetővé válhat a különböző álláspontok között a kommunikáció, illetve az eredmények kölcsönös megismerése, illetve eljáratítása, és a közös megoldáskeresés. (Sok vita folyik ma a válságról a közgazdaságon túl is; lásd a G. Fodor Gábor szerkesztette *Nemzeti Érdek* 2009/2. számát és a Mészáros Ferenc (2009) szerkesztette *Eredeti válságfelhalmozás* című kötetet.)

A válságfogalom alkalmazása a társadalomtudományban már régi hagyományokra tekinthet vissza. A válság szó görög megfelelője, a *krízis*, eredetileg megkülönböztetést vagy döntést jelentett. A fogalom egyszerre bukkan fel a görögöknél a történet- és az orvostudományban. Thuküdidésznel például a perzsa és a görögök közötti konfliktust eldöntő csatára vonatkozik. Hippokratész a betegség lefolyásában azt nevezi a válság periódusának, ha a betegség intenzitása megnő, és vagy befejeződik, vagy más betegséggé alakul. Már ezekben a korai előfordulásokban is megmutatkozik a válság fogalmának a rendkívüli, döntő szituációra vonatkozó jelentése, amit máig is megőrzött egyes értelmezéseiben.

A görögök után a fogalom hosszú időre eltűnik a tudományos és a filozófiai nyelvből, majd a 17–18. században bukkan fel ismét. A feudalizmusnak az élet minden területén megmutatkozó válsága hozza magával újra-felfedezését. Az 1789-től 1860-ig tartó „forradalmak korában” pedig általánosan elterjedt kategória lesz a különböző társadalomtudományokban és a filozófiában.

A különböző társadalomtudományok eltérő módon és mértékben foglalkoztak a válság problematikájával. A közgazdaságtan relatíve elkülönült kutatási ágává vált a gazdasági válságok elemzése; míg a történettudomány főként esettanulmányokat készít a válságokról, a pszichológia az egyénfejlődés válságát kutatja, a szociálpszichológia a csoportét és a szociológia általában a társadalomét és különféle alrendszeréit, a politológia a 20. századi fejlődése során eljutott a válság-szituációtól a rendszerválság elemzéséig, illetve a politika és a többi társadalmi szférák összefüggő vizsgálatához, és ma a politika folyamatával összefüggésben vizsgálja a válságok problémáját.

A válság kategóriája és a válságelmélet megalkotására való igény megjelent a szakosodott társadalomtudományi diszciplínaként kialakult politikatudományban. Véleményem szerint a 20. századi politikatudományban a

válságelmélet fejlődésének három periódusát különíthetjük el.

Az első a behaviorizmus, a szituációhoz kötött emberi magatartás vizsgálatát célul tűző irányzat időszaka, amelyben a válságot döntési szituációként fogják fel és a válságfogalmat elsősorban a nemzetközi viszonyok elemzésében gyümölcsoztetik. A behaviorizmus a két világháború között jelent meg, s a második világháborútól a 60-as évekig tartó virágkorának befejeztével ér véget ez a periódus.

A második szakasz a politikai válságok elméletének fejlődésében a politikai rendszer elméleteinek periódusa. Körülbelül a hatvanas évek alakul ki a behavioristák többnyire „mikropolitikailag” orientált megközelítést megkérdőjelező, és a politikai rendszert a társadalmi egész összefüggésében mint relatíve elkülönült társadalmi alrendszert vizsgáló irányzat. A politikai rendszer elméleteinek többsége tartalmazott olyan tételeket, amelyek a politikai rendszer válságelméletének kialakítása felé mutattak, azonban még nem alkották meg a politikai rendszer válságelméletét. A hatvanas évek második felének elsősorban politikai megalapozásuként értelmezett válságai az USA-ban és Nyugat-Európában magukkal hozták a politikai rendszer válságproblémáját leíró elkülönült elmélet kialakítására való törekvést.

A politikai válságok elméletének harmadik fejlődési szakaszát a hetvenes évek elméletei jelentik, amelyekben a politikai válság problémája centrális jelentőségűvé vált. A hetvenes évek politológiája – Klaus v. Beyme kifejezésével élve – „pluralistának” nevezhető. Megszűnik az USA politológiájának korábbi hegemon szerepe, amelynek alapján a megelőző időszakban az USA politikatudományának egymást váltó irányzatai, a behaviorizmus és a rendszerelmélet azonosíthatóak a polgári

politológia válságelméletének első két fejlődési szakaszával. A hetvenes években a legkülönbözőbb elméleti irányzatok „békés egymás mellett élése” valósul meg, ami megmutatkozik a politikai válságok elméletében is.

Válság és politika a 20. század politológiájában

Mind a behaviorista, mind a rendszerszemléletű válságelméletek abban látták feladatukat, hogy mindenfajta politikai válság elemzésére és magyarázatára alkalmas, operacionalizálható és az empirikus kutatásban felhasználható fogalmi apparátust alakítsanak ki. Általában nem foglalkoztak a válságok rendszerspecifikus okaival. Ez a helyzet részben módosul a hetvenes években, amikor egyre nagyobb súlyt kapnak a társadalomtudományok történeti-kritikai tradíciói, a marxizmus, illetve a frankfurti iskola elmélete. Ezekkel a tendenciákkal összefüggésben kerül előtérbe a politikai válságok rendszerspecifikus okainak vizsgálata.

A BEHAVIORISTA VÁLSÁGELMÉLETEK

A behavioristák célja a korábbi normatív-institucionalista szemlélettel szemben az egyéni, illetve csoportos politikai magatartás szabályszerűségeinek vizsgálata, empirikus-quantitatív módszerekkel. A behavioristák szerint a politikai magatartás megfigyelhető, mérhető és leírható szabályszerűségei alapján lehetséges a politikai magatartás magyarázatára és előrejelzésére alkalmas elmélet kialakítása.

A behaviorista irányzat egyik kiemelkedő képviselője Harold Lasswell – Morton A. Kaplannal együttműködve – kísérlete meg a politikai magatartásra koncentráló, empirikus orientációjú politikaelmélet kategóriarendszerének kialakítását a *Hatalom és társadalom* címen 1950-ben megjelent könyvében. Sze-

rinte a politika specifikumát és a politikatudomány sajátos tárgyát a döntési szituációként értelmezett hatalom jelenti. Lasswell könyve a politikai folyamatok között tárgyalja a politikai válság problémáját.

Lasswell szerint a politikai válságok két típusa a forradalmi és a háborús válság. Lasswell leszögez bizonyos, a politikai válságra általában jellemző, a forradalmi és a háborús válságra egyaránt vonatkozó tételeket.

Lasswell a politikai válságot úgy határozza meg, hogy az extrém intenzitású konfliktushelyzet, amelyben nagy valószínűsége van az erőszak alkalmazásának. A válság által érintett alanyok – szerinte ezek egyaránt lehetnek egyének, csoportok, osztályok és államok – helyzetét szerinte a válsághelyzetben az jellemzi, hogy növekszik az erőszak alkalmazására irányuló cselekvési kényszer.

A válság lefolyásának elemzésében szerinte a konfliktushelyzet intenzívebbé válásának folyamatát kell végigkísérni. A cselekvők perspektívái szempontjából a változó igényeket, elvárásokat és azonosulásokat, illetve a cselekvők magatartásában a javakkal és a szolgáltatásokkal, az erőszak eszközeivel, illetve a politikai szimbólumokkal való manipulálást kell vizsgálni.

A válságot kiváltó konfliktushelyzet oka szerinte valamely cselekvő alany (egyén, csoport, elit, állam stb.) megfosztottsága, deprivációja. E megfosztottság hirtelen fokozódása intenzívebbé teszi a kollektív cselekvés igényét. Tovább erősíti ezt a más depriváltakkal való azonosulás; ami a korrektív cselekvés sikerének esélyét növeli. Az azonosulás rendszerint politikai szimbólumok alkalmazása, és a többi depriválttal való közösség, a „mi” tudat kialakulása révén megy végbe. Lasswell szerint az esetleges depriváció fokozódó veszélye is erősítheti a válság intenzitását.

Lasswell szerint nem minden konfliktusból lesz válság. A konfliktusok megoldhatók a válság – azaz extrém intenzitásúvá váló konfliktushelyzet – kialakulása előtt is. Ez attól függ, hogy mennyiben küszöbölhet ki a konfliktus oka, illetve mennyire változtathatók meg a konfliktus által érintett depriváltak elvárásai. Ha a konfliktus okának küszöbölése túl hosszú időt vesz igénybe ahhoz képest, amit a depriváció által érintettek képesek vagy hajlandók elviselni, illetve elvárásaik nem módosíthatóak a konfliktusmegoldás irányába, válság keletkezik. Lasswell szerint nemcsak a konfliktus, hanem a konfliktusmegoldás gyakorlatának hiánya is eredményezhet válságot.

Lasswell a továbbiakban ezeket a tételeket alkalmazza a háborús és a forradalmi válságok elemzésére.

A behaviorista válságelmélet a Lasswell-féle felosztásnak megfelelően – háborús válságok, illetve a nemzetközi kapcsolatok válsága, és forradalmi válságok, illetve a belpolitika válságjelenségei – fejlődött tovább. Az ötvenes években a behaviorista kutatások főként a nemzetközi viszonyok válságjelenségeinek előntés-, illetve játékelméleti megközelítésével foglalkoztak, ami nem hozott magával különösebb elméleti fejlődést. Joggal állapíthatta meg J. A. Robinson a *Társadalomtudományok Enciklopédiájának* 1968-as kiadásában a Válság címszó alatt, hogy a politikai válságok elméletének kialakítása a politikatudomány jövőbeli feladatai közé tartozik.

A belpolitikai válságok cselekvéseméleti szempontú elemzésére tett kísérletet Ted Robert Gurr a *Miért láznak az emberek?* című, 1970-ben megjelent könyvében. Ez a mű fejlesztette tovább a Lasswell megalapozta behaviorista válságelméletet. Gurr a politikai erőszak alkalmazásának, illetve a forradalmak

elméletének keretében tárgyalta a belpolitikai válság problematikáját. Gurnál, Lasswellhez hasonlóan, középpontban áll a válság alanya-inak a válságszituációban tanúsított magatartása, illetve az alanyok megismerő és értékelő viszonya a válságszituációhoz, valamint ennek a magatartásukra gyakorolt hatása. Gurr, Lasswelltől eltérően, a válságot nem extrém, nem mindennapi, patológikus szituációként, hanem a politika folyamatának egyik rendes alkotórészeként fogja fel. Gurr eltér Lasswelltől abban is, hogy a válságszituációt nem kapcsolja össze közvetlenül az erőszak alkalmazásával, illetve annak esélyével.

Gurr a döntési kihívás (*decisional challenge*) problémájával indítja a politikai válságok tárgyalását. A döntési kihívás kifejezéssel jelöl minden olyan kormányzati intézkedés iránti követelést a társadalmilag jelentős csoportok részéről, amely a társadalom tagjai értékpozícióinak védelmezésére, illetve annak megjavítására irányul. A politikai válság akkor lép fel, ha ezek a követelések nagy számuk vagy jellegük következtében kielégíthetetlenek, és a társadalom tagjainak értékelvérsai nem realizálhatók.

Ezt az elvárások és realizálásuk lehetősége közötti konfliktust Gurr a relatív depriváció, a viszonylagos megfosztottság kategóriájával írja le, amit a döntési kihívást megfogalmazó csoportok társadalmi súlya, illetve a megvalósíthatatlan elvárások következményeként létrejött deprivációk pszichológiai intenzitása és a társadalom elterjedtsége határoz meg.

Gurr szerint a depriváció, a hátrányos helyzet észrevétele nem mindig párosul a korrektív cselekvés igényével. Ehhez a depriváció politizálódására van szükség. Ez a saját megfosztottság tudatosítását, a más depriváltakkal való azonosulást, illetve a korrektív cselekvés esélyeibe vetett hit kialakítását tételezi fel.

Gurr szerint ehhez a korrektív politikai cselekvés normatív és pragmatikus igazolására van szükség. A normatív igazolás a depriváció rendszerspecifikus voltának felismerését, így a rendszer legitimitásába vetett hit elvesztését jelenti. A pragmatikus igazolás pedig annak felismerését, hogy lehetséges a rendszer tudatos megváltoztatása. A deprivációk révén létrejött válságpotenciál szerint az alternatív politikai ideológiák elsajátítása és a rendszerbe vetett hit elvesztése révén politizálódhat.

A kifejezetté vált válságpotenciál a politikai erőszak alkalmazásában, a rendszer tudatos megváltoztatására létrejött kísérletben aktualizálódhat. Gurr szerint ennek esélyét a rendszerfenntartó és az azt megváltoztatni kívánó erők hatalmi egyensúlya dönti el. Ha egy rendszerben olyan méretűvé válik a depriváció, illetve annak tudatosítása és politizálódása, ami lehetővé teszi a rendszer megváltoztatását, forradalmi helyzet jön létre.

A behaviorista válságelméletek sajátosságai abban foglalhatók össze, hogy a behaviorizmus magatartásra koncentrált szemléletében a politikai válságok elemzésének középpontjában áll a válság által érintett alanyoknak a válságszituációra vonatkozó észrevérese és értékelése, illetve a cselekvők tanúsította magatartás által meghatározott válság lefolyása. A válság folyamatának elemzése a cselekvők magatartására ható külső és belső tényezőkre, és különösen a cselekvők egymáshoz való viszonyára koncentrált.

A politikai válságok behaviorista megközelítése a válságot egy konkrét szituációhoz, illetve az abban tanúsított magatartáshoz kapcsolja. A válságszituációt extrém intenzitású cselekvési kényszer és a cselekvésre rendelkezésre álló viszonylag rövid idő jellemzi. A behaviorista válságkonceptió szituacionális, cselekvés-, illetve döntéseméleti jellegű.

Ez a szituacionális jelleg a behaviorista válságelmélet azon fogyatékoságát vonja maga után, hogy mivel csak a szituációban tanúsított magatartásra koncentrált, háttérbe szorul a válság hosszabb időperiódusban való elhelyezése. A behaviorista válságelmélet – akárcsak a behaviorista politológia általában – történetietlen szemléletű. A szituációhoz kötött politikai magatartás vizsgálata továbbá ahhoz vezet, hogy a válságok makrotársadalmi vagy „makropolitikai” szinten jelentkező, strukturálisan meghatározott összefüggéseit többnyire szem elől tévesztik a behaviorista válságelméletek. A szituacionális-cselekvéselméleti válságfogalom előnyei közé tartozik, hogy a válságot relatíve nyitott, különböző politikai alternatívákat magában hordozó szituációnak tekinti. Ez a szituációra és a cselekvésre orientáltság leginkább a viszonylag könnyen azonosítható „alanyokkal”, a nemzetállamokkal, illetve azok „magatartásával” foglalkozó elemzésekben, a nemzetközi viszonyok válságainak vizsgálatában volt alkalmazható.

A POLITIKAI RENDSZEREK VÁLSÁGÁNAK ELMÉLETEI

Körülbelül a hatvanas években jelentek meg a politikatudományban azok az elméletalkotási törekvések, amelyek a politikaelméletet a szituációhoz kötött magatartásnál tágabb, a társadalom, illetve a politika makroszintjéhez kötődő koncepciókra építették. Közös bennük, hogy az általános rendszerelmélet, valamint a kibernetika egyes eredményeit kívánják kamatoztatni a politika elemzésében. Ez a politikai jelenségek rendszerszemléletű megközelítését és a politikai rendszer és környezete közötti, az input–output kategóriáival leírt viszonyrendszer elemzését hozta magával. A politikai rendszert mint a társadalom egészétől analitikusan, az elemzés során elkülöníthető, relatíve független alrendszerként vizsgálták.

Ezek a rendszerelméletek közvetlenül nem foglalkoztak még a politikai rendszer válságának problematikájával; főként a rendszerek normális funkcionálásának feltételeit igyekeztek számba venni, azonban ha ez a feltételrendszer nem teljesül, ez a politikai rendszer válság állapotának elképzelését implikálja. A rendszerelméleteknek ezeket az implikációit bontották ki a hatvanas évek második felében azok a teóriák, amelyek a politikai rendszer válságának elméletét kívánták megalkotni.

A politikai rendszerelméletek közül a továbbiakban David Easton teóriáját és a politikai válságok elemzésére való alkalmazásának kísérletét ismertetem.

David Easton *A politikai rendszer* című, 1953-ban megjelent könyvében és egy e témáról 1956-ban publikált tanulmányában foglalkozik az egyensúlyi szemlélet korlátaival a politikakutatásban. Szerinte hamis a korábbi politikaelméleteknek az a feltevése, miszerint az uralkodó állapot a politikai rendszerekben az egyensúly. A politikai rendszer egyensúlyi állapota szerinte csak analitikusan tételezhető fel, a kutatás számára, a célból, hogy kutatni lehessen az egyensúly feltételeit. Az egyensúly a valóságban a politikai rendszer és a környezet viszonyának állandó változásai miatt sosem áll elő. Az egyensúly fogalma Easton szerint csupán heurisztikus fogalmi eszköz a politikakutatásban, nem egy valóságos állapotot leíró kategória.

Easton elméletében e feltételezés alapján a környezet és a politikai rendszer viszonyában nagy szerepet kap a rendszer egyensúlyhiányának, válságának állapota. Easton szerint a politikai rendszer specifikus tevékenysége az értékek tekintélyelvű alapon való társadalmi szintű elosztása.

Easton a *Megközelítés a politikai rendszer vizsgálatához* címen 1957-ben megjelent cikkében a politikai rendszer és társadalmi környezete közötti kapcsolatok elemzésére tett kísérletet. Megállapítása szerint a politikai rendszer környezete a rendszer felé igényeket (demand) és alátámasztást (support) közvetít. Ezek a politikai rendszer inputjai. A politikai rendszer outputjai a döntések, illetve ezek kikényszerítése.

Easton szerint az emberek olyan igényekkel lépnek fel, amelyek a társadalom számára értékes dolgok szűkös volta következtében nem elégíthetők ki. Ezeknek az igényeknek egy része a politikai rendszer felé irányul; a politikai rendszer közöttük szelektálva bizonyos igényeket felvállal közülük, és megkísérli döntéseivel kielégíteni azokat.

A társadalmi igények felmerülése, a politikai rendszer által való felvállalásuk, és a politikai rendszer döntései révén való kielégítésük közötti szakaszokban az igény keresztülmegy a politikai rendszer különböző szelekciós mechanizmusain. Erre Easton szerint azért van szükség, mert az igények nagy száma és magas foka következtében a politikai rendszer teljesítőképességét meghaladó túlterhelés (overload) állapota következhet be. Ez a politikai rendszer válságának egyik formája.

Easton elemzésének centrumában a politikai rendszer másik inputja, a támogatás áll. A támogatás a politikai rendszer tevékenységét elősegítő cselekvés, illetve pozitív hozzáállás (attitűd) a politikai rendszerhez. Ha a támogatás nem ér el egy bizonyos szintet, akkor lehetetlen az igények kielégítése és a politikai rendszer normális funkcionálása. Ez a politikai rendszer válságának másik formája.

Easton a továbbiakban a támogatás megszerzésének két módjával foglalkozik. Egyik megoldás az, ha a politikai rendszer output-

jával, döntéseivel kielégíti a feléje irányuló igényeket vagy azok bizonyos részét. A támogatás megszerzésének másik módja a politikai rendszer elfogadásának kiépítése a társadalom tagjainak attitűdjében, tudatában. Ez a politikai szocializációnak a politikai rendszer elfogadását elősegítő alakításával, manipulálásával mehet végbe, ami a politikai rendszer számára támogatási tartalékot eredményez.

Ez a tartalék lehetővé teheti a politikai rendszer döntéseinek viszonylagos függetlenedését a feléje irányuló igények kielégítésétől. A támogatási tartalék révén a politikai rendszer időlegesen függetlenítheti magát az output-problémáktól, a társadalmi igényeket kielégítő döntések hiányában keletkező válságoktól. Azonban a támogatást folyamatosan biztosítani kell ahhoz, hogy normálisan funkcionálhasson, és ne kerüljön válságba.

Easton politikai rendszerelméletének válságelméleti implikációit Scott C. Flanagan *A politikai rendszer és a rendszerválság* című 1973-ban megjelent tanulmánya igyekezett kamatoztatni. Flanagan a politikai rendszer-válság leírására Easton részben módosított és kiegészített sémáját alkalmazta. Flanagan tanulmánya egy, a politikai válságszituációkat történeti-összehasonlító szemlélettel megközelítő kötet bevezetője, amely megkísérli ki-dolgozni a politikai rendszer válságának elemzéséhez szükséges fogalmi eszköztárat.

Flanagan szerint a politikai válságok keletkezése a politikai rendszer és környezete közötti kapcsolat problémáin alapszik. Amennyiben a politikai rendszer döntései révén zajló értékelosztó tevékenysége nem reagál a környezetben bekövetkezett változásokra, az igények, követelmények, illetve az elosztás aszinkronja következik be. Ez az aszinkronitás a válságok létrejöttének szükséges, de nem elégséges feltétele.

A válság kialakulása egy olyan kiváltó folyamatot (triggering mechanism) tételez fel, melynek hatására a társadalomban az igények, követelmények felhalmozódnak, és politizálódnak. A kielégítetlen igényű csoportok korrekcióra törekcsenek, megkérdőjelezzik a politikai rendszer struktúráját, és az elosztás preferenciáit leíró játékszabályokat. Az elosztási struktúra problémái így áttolódnak a politika területére.

Flanagan úgy definiálja a rendszerválságot, hogy az akkor következik be, ha a politikai struktúrát komolyan megkérdőjelező nem legális protestáló formák terjednek el. E protestáló magatartás lényege az, hogy nem követi a politikai rendszer struktúráit leíró szabályokat, s ezzel az adott politikai struktúrát komolyan veszélyezteti. A válság megoldásáról szerinte akkor beszélhetünk, ha helyreáll e szabályok követése. A megoldás így megtörténhet a válság okainak felszámolása nélkül is, de végbemehet a politikai rendszer alapvető struktúraváltozása vagy felbomlása, és újfajta politika berendezkedés kialakítása révén is. A válság folyamatának elemzésében Flanagan szerint vizsgálni kell az alaprendszert, a válságot létrehívó környezetváltozást, a válságot kiváltó közvetlen okokat, a válság megoldódását és az ennek eredményeként kialakult új rendszert, illetve annak a környezetváltozásban szerepet játszó igények kielégítéséhez való viszonyát. A válságmegoldás eredményeként létrejött állapot vizsgálatához el kell különíteni a válság közvetlen és hosszú távú eredményeit, ami a válság eredményének hosszabb távon való elemzését implikálja.

Az elemzés során vizsgálni kell a követelés, illetve az igénystruktúrát, a politikai struktúrát és az elosztási struktúrát, valamint ezek egymásra gyakorolt hatásait. A követelési és az elosztási struktúra közötti aszinkronitás

okozza a látens válságszituációt, ami a politikai struktúra megkérdőjelezéséhez, politikai válsághoz vezethet.

Easton és Flanagan koncepciói a behaviorizmushoz hasonlóan a válságot a társadalom tagjainak egyéni vagy csoportos magatartásából eredeztetik, melynek kiváltó oka az igények kielégítetlensége. Így e rendszerszemléletű válságelemzések is, a behavioristákhoz hasonlóan, a magatartásra koncentrálnak, főleg Gurr teóriájával rokoníthatók.

Összefoglalva az e megközelítéssel kapcsolatos problémákat és eredményeket: a politikai válságok rendszerszemléletű megközelítése a korábbi cselekvéseméleti-szituacionális jellegű válságelméletektől eltérően előtérbe állította a válságok makroszintű strukturális vonatkozásait. Bekapcsolta a politikai válságok vizsgálatába a konkrét szituáción túlmutató, hosszabb időperiódusra kiterjedő elemzést. A rendkívüli, extrém, patológikus szituációként értelmezett behaviorista válságfelfogással szemben a rendszerszemléletű megközelítések a válságot a politikai rendszer és a környezet közötti kapcsolat folyamatában jelentkező, e folyamat sajátos, de állandó és nem extrém, nem rendkívüli periódusának tekintették. A behavioristák szituacionális válságfelfogását egy processzuális (folyamatszerű), a hosszabb időperiódusban zajló folyamatot előtérbe állító felfogás váltotta fel a politikai rendszerek elméletében. Magát a válságot Lasswell és Gurr is folyamatként vizsgálta, de csak a cselekvési szituációhoz kötődő folyamatként. Ezzel szemben a politikai rendszerelméletek a válságként értelmezett szituáción túlmutató – a rendszer és környezete között zajló – folyamatban helyezik el a válságot. Ezt a különbséget hangsúlyozandó nevezem a rendszerszempon-tú válságfelfogást processzuálisnak. A politikai jelenségek rendszerszemléle-

tű megközelítésének egyik általános problémája, Martin Jänicke szerint, a rendszer és környezet elhatárolása. Melyek a rendszer határai a társadalom tagjai felé, hiszen azok egyaránt tartozhatnak a rendszerhez és környezetéhez? A különböző politikai rendszerelméletek analitikus, az elemzés számára kialakított fogalmi eszköznek tekintik a politikai rendszer kategóriáját. Azonban a rendszer és környezet vizsgálatában a politikai rendszer fogalma gyakran „ontologizálódik”, a társadalom tagjaitól független, önálló létezővé válik.

Egy másik problémát Jürgen Habermas vetett fel a politikai rendszerek válságainak elemzése kapcsán. Meddig azonos önmagával egy rendszer, és milyen változások eredményeként tekinthető válságban lévőnek vagy új rendszernek? Erre szerintem képtelenek választ adni a politikai rendszer fogalmát „objektíváló”, a társadalom tagjainak tudatállapotaitól függetlenül vizsgáló rendszerelméleti megközelítések. Ezért szerintem be kell kapcsolni a politikai rendszerek válságának elemzésébe a társadalom tagjainak identitástudatát, szituációértékelését, ami a behaviorista válságkonceptió lényeges elemét alkotja. Jänicke szerint a behavioristák a politikai válságok különösen jellemző oldalát ragadták meg azáltal, hogy különböző alternatívákat magában foglaló, nyílt szituációként elemezték. Szerinte ugyanis a politikai válságok két, viszonylag stabil állapot közötti átmenetet jelentenek, és ebben az időszakban érvényüket veszítik a korábbi magatartás-szabályozás mintái, az újak pedig még nem alakultak ki. Ezért a válságok idején nagy szerepe van a szituációhoz kötött cselekvésnek. Jänicke úgy véli, hogy a politikai válságok elemzése nélkülözhetetlen a szituációhoz kötött magatartásra koncentráló behaviorista elmélet szempontjait.

A VÁLSÁGPROBLÉMA A KRITIKAI ELMÉLET INSPIRÁLTA POLITIKATUDOMÁNYBAN

A polgári politológia válságelméleteinek harmadik fejlődési szakaszára általában jellemző a válságproblematika előtérbe kerülése a legkülönbözőbb elméleti irányzatokban.

A különböző irányzatok közül kiemelem az elsősorban Nyugat-Európában, különösen az NSZK-ban és Franciaországban, a tőkés állam válságának elemzését a marxizmus elmélet talaján elvégezni kívánó törekvéseket (például Nicos Poulantzas, Joachim Hirsch); az ugyancsak Nyugat-Európában, főleg az NSZK-ban megjelenő próbálkozást a frankfurti iskola elméletének és a rendszerelmélet egyesítésére a kései kapitalizmus válságának elemzésében (különösen Claus Offe, Jürgen Habermas); és az USA-ban és Nyugat-Európában egyaránt jelentkező, az „irányíthatatlan társadalom” koncepcióját valló neokonzervatív válságelméleteket (például Samuel Huntington, Michael Crozier, Wilhelm Hennis).

A továbbiakban – csupán a megelőző fejlődési szakaszokkal szembeni különbségek érzékeltetésére – röviden bemutatom a kései kapitalizmus válságait elemző két NSZK-beli kutató, Jürgen Habermas és Claus Offe elméletét.

A kései kapitalizmus válságával foglalkozó két teória közös problémája az, hogy szerintük a tőkés társadalmi formáció gazdasági válságok révén való fejlődésének minőségileg új szakaszában, a kései kapitalizmusban (Spätkapitalismus) megnő a társadalomirányítás iránti igény, ami új feladatokat ró a tőkés államra. A tőkés állam képes a válságok negatív következményeinek leküzdésére, de azok újra és újra jelentkezők. A probléma az, hogy mennyire képes e válságelhárító feladat ellá-

tására az államapparátus. Mindkét elméletben közös, hogy a kései kapitalizmus társadalmi folyamatait válságosnak tekintik, és e válságok elhárítóját az államban látják.

Claus Offe egy gazdaságilag indukált politikai válság elméletét alakította ki. Ennek kiindulópontja a tőkés társadalomnak a gazdaságban gyökerező válsága, illetve az ez által létrehozott politikai válságelhárító mechanizmus feltételezése. Offe a végsőkéig viszi azt a tételt, miszerint a fejlett kapitalizmusban a tőkés állam a válságelhárítás céljából arra kényszerül, hogy ne a tőkés érdek, hanem az össz-társadalom képviselőjeként járjon el.

A tőkés állam ilyen működése és a gazdaság átpolitizálása szerintem nem kapitalista jellegű struktúrák kialakulásához vezet, illetve megkérdőjelezi az egyenértékű csere ideológiáját. Ezek a folyamatok a rendszer dezintegrálásával fenyegetnek. Az ily módon létrejött, a kapitalizmus számára „exterritoriális” struktúrák képviselői a társadalmi életben nem a magángazdasági szervezeteken, hanem közvetlenül az államilag-politikailag biztosított szervezési formák révén kapcsolódó csoportok; a meghosszabbodott oktatási folyamatban résztvevő diákok, a segélyből élő munkanélküliek, a hivatalnokok stb. Ezek Offe szerint bizonyos körülmények között antikapitalista jellegű motivációs és cselekvési struktúrákat alakíthatnak ki.

Az államapparátusnak ezért meg kell kísérelnie a saját válságelhárító tevékenysége révén kialakult rendszerellenes következmények csökkentését, illetve felszámolását a tömegelajlítás manipulálása és az ideológiai irányítás révén. Így olyan szituáció jön létre, amelyben a válságelhárító állami beavatkozás iránti igény egyre nő, ugyanakkor ez a válságelhárítás a rendszer fennmaradásának esélyeit csökkentő diszfunkcionális eredményekre

vezet. Az állam az ellentétes imperatívuszok – a válságelhárító beavatkozás iránti igény fokozódása, illetve a válságelhárítás eredményeként rendszeridegen elemek létrehozása – következtében válságba kerül. Így a gazdasági válságból a válságelhárítás válsága (*Krise des Krisenmanagements*) a politikai válság folytatódásos állapota lesz.

Jürgen Habermas egy gazdaságilag indukált kulturális válság teóriáját alkotta meg. Offe és Habermas egyaránt a politikum önálló fejlődési logikáját emelik ki. Habermasnál azonban még hangsúlyosabb a politikai rendszer önmozgása, mint Offénál. A gazdasági rendszer szerinte elvesztette „funkcionális autonómiáját” a politikai rendszerrel szemben, és a ciklikus gazdasági válságok jelentősége is megszűnt a kései kapitalizmusban.

A politikai rendszer válságelhárító tevékenységének azonban Habermas szerint is megvannak a korlátai. A tőkés formáció szervezési elvét, a magántőkés termelést a tőkés állam nem számolhatja fel. A politikai rendszer legitimitációteremtésének korlátja pedig az, hogy nem lehetséges a szociokulturális rendszer által biztosított motivációk, a társadalmi integrációt biztosító „értelme” (Sinn) „szállítása”. Ez utóbbi korlát szociokulturális válságjelenségekhez vezet. Ugyanis az állami tevékenység növekedésével egy sor létszféra politizálódik, ami azoknak a szociokulturális mintáknak a felbomlásához vezet, amelyek a rendszert fenntartó motivációkat biztosítják. Így motivációs válság keletkezhet, ami bizonyos körülmények között legitimitációs válságot vonhat maga után.

Offe és Habermas más szinten vizsgálják a válságok problémáját, mint a behaviorista és a rendszerszemléletű kutatók. A válságot a társadalom összreprodukciós szintjén – egy társadalmi formáció, a kapitalizmus válsága-

ként – értelmezik, és a különböző társadalmi szférák (gazdaság, kultúra, szocializációs mechanizmusok stb.) összefüggésében foglalkoznak vele. Ezzel szemben a behaviorista és a rendszerszemléletű kutatók a szorosan vett politikai válságjelenségeket kutatják, amelyeket – magatartásra koncentrált szemléletük következtében – az egyéni és csoportos interakciókból (konfliktusok, protestáló magatartás stb.) származtatnak, és nem a társadalom összreprodukciós szintű válságát, a válságok specifikus okait vizsgálják. Céljuk a mindenfajta politikai válság elemzésére alkalmas elmélet létrehozása.

A szorosan vett politikai válságok vizsgálatában a behaviorista és a rendszerelméleti irányzat egy sor érdekes és a mai kutatás szá-

mára is figyelemreméltó szempontot vetett fel a 20. században (a döntés- és játékelméleti koncepciók, illetve a szociológiai és szociálpszichológiai módszerek felhasználása a politikai válságok stratégia-, alternatíva-, illetve koalícióelemzésében stb.). Azonban úgy tűnik, hogy a kétféle (az összreprodukciós szint, a társadalmi formáció válsága, illetve a szorosan vett politikai válság problémája) válságproblematika leírására és magyarázatára egyaránt alkalmas elmélet létrehozása még ma is megoldandó feladatunk.

Kulcsszavak: *válság, politika, rendszer, behaviorizmus, rendszerelmélet, visszacsatolás, legitimitáció, lojalitás, állampolgári elégedettség, közélet, politikai rendszer, teljesítmény*

IRODALOM

- Beyme, Klaus v. (1972): *Die politische Theorien der Gegenwart*. München
- Easton, David (1953): *The Political System*. New York
- Easton, David (1956): Limits of the Equilibrium in Social Research. In: Eulau, H. (ed.): *Political Behavior*.
- Easton, David (1957): An Approach to the Analysis of Political Systems. *World Politics*. 4.
- Flanagan, Scott C. (1973): Das politische System und die systemische Krise. In: Jänicke, Martin (Hrsg.): *Politische Systemkrisen*. Köln
- Gurr, Ted R. (1973): Ursachen und Prozesse politischer Gewalt. In: Jänicke, Martin (Hrsg.): *Politische Systemkrisen*. Köln
- Habermas, Jürgen (1975): *Legitimationsprobleme im Spätkapitalismus*. Frankfurt am Main
- Habermas, Jürgen (1976): *Zur Rekonstruktion des historischen Materialismus*. Frankfurt am Main
- Jänicke, Martin (Hrsg.) (1973): *Politische Systemkrisen*. Köln

- Lasswell, Harold D. (1950): *Power and Society*. New Haven
- Offe, Claus (1977): *Strukturprobleme des kapitalistischen Staates*. Frankfurt am Main
- Offe, Claus (1979): Unregierbarkeit. Zur Renaissance konservativer Krisentheorien. In: Habermas, Jürgen (Hrsg.): *Stichworte zur Geistigen Situation der Zeit*. I. Band *Nation und Republik*. Frankfurt am Main
- Robinson, John A. (1968): Crisis. In: Sills, David L. (ed.): *The International Encyclopedia of the Social Sciences*. III. New York: The Free Press. 510–514.
- Schluchter, Wolfgang (1980): Staat und Verwaltungshandeln. In: Schluchter, Wolfgang: *Rationalismus der Weltbeherreschung*. Frankfurt am Main.
- Starn, Randolph (1973): Historische Aspekte des Krisenbegriffs. In: Jänicke, Martin (Hrsg.): *Politische Systemkrisen*. Köln
- Miszlivetz Ferenc szerk.: *Eredeti válságfelhalmozás*. Szavaria U.P.-MTA PTI. Szombathely-Budapest. 2009

Interjú

MATEMATIKA ÉS KÖZÉLET

Staar Gyula beszélgetése Császár Ákos professzorral, az Akadémiai Aranyérem kitüntetettjével

Akadémiánk tavaszi közgyűlésén Császár Ákos matematikus vehette át a legmagasabb kitüntetést, az Akadémiai Aranyérmet. Az indoklás szerint: „a valós függvénytan és az általános topológia terén végzett, nemzetközileg is elismert tudományos munkásságáért, iskolateremtő tevékenységéért, valamint az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, a Bolyai János Matematikai Társulatban és a Magyar Tudományos Akadémián kifejtett tudományszervezői és közéleti munkájáért.”

Császár Ákos 1947-ben szerzett matematika-fizika szakos tanári oklevelet a Pázmány Péter Tudományegyetemen (ma Eötvös Loránd Tudományegyetem). Ennek az egyetemnek volt négy évtizedig tanszékvezető tanára, nyugalomba vonulása után, 1996-tól emeritus professzora.

A Magyar Tudományos Akadémia 1970-ben választotta levelező, 1979-ben rendes tagjának. Két ciklusban (1973 és 1976, majd 1990 és 1993 között) elnöke volt a Matematikai és Fizikai Tudományok Osztályának,

1993 és 1999 között a Matematikai Tudományok Osztályának. A Bolyai János Matematikai Társulatnak 1966 és 1980 között főtitkára, 1980 és 1990 között elnöke, 1990-től tiszteletbeli elnöke.

Császár Ákos itthon vált kiemelkedő matematikussá, tudományterületén új utakat nyitó, nemzetközi hírű kutatóvá. Nevéhez köthető a hazai topológiai iskola megteremtése. Életművében szerves egységet alkot a kutatói, a tanári, a tudományszervezői és a tudománynépszerűsítő munkásság. Igazi feladatvállaló és vállalásait tisztességgel, pontosan teljesítő ember. Amikor tudóstársai a 80. születésnapján előadásokkal köszöntöttek, többször elhangzott: „A magyar tudományos életnek alig van még egy olyan nagysága, aki annyit tett volna az általa művelt tudományért, mint Császár Ákos.”

Az interjú készítője is tanítványának vallhatja magát, nem titkolja tiszteletét és szeretetét tanítómestere iránt. Császár professzor úr Párizsi utcai otthonában beszélgettünk.

Köszönöm Klára asszonynak az előttiünk gőzölő finom kávéját, s először tőle, a feleségtől kérdezek, aki szintén a matematika professzora. Ha néhány mondatban jellemeznie kellene Császár Ákost, mit mondana?

Császár Ákosné: Legelsőként azt, hogy nagyon sokoldalúan művelt ember. Érdeklődésének középpontjában a matematika áll, de értőn nyitott a komolyzene, a természet világára is. Végtelenül precíz és lényeglátó. Igényes ember, s ezt a környezetétől is elvárja. Bosszantják a nem lényegre törő válaszok, a pongyolaság. Mai fiataljainkra nagyon ráférne az ilyen szigorú kezű, de jóságos cenzor.

Feleségként még annyit mondhatok, hogy Ákos nem könnyű, mégis nagyon kellems élettárs.

Professzor úr, találóak ezek a mondatok?

Teljes mértékben.

Felesége említette sokoldalúságát.

Pályaválasztáskor sok irányban elindulhatott volna, mégis a matematika mellett döntött. Miért?

Nagyon pontosan emlékszem a matematika iránti szeretetem kialakulásának időpontjára. A ciszterci rendi Szent Imre Gimnázium első osztályába az akkori rendszer szerint tízéves koromban kerültem. A matematikát nagyon jó pedagógustól, Hadarits Vendeltől tanultam. Ő az első órán a bűvös négyzetekről beszélt nekünk. A bűvös négyzetek olyan négyzetes számtáblázatok, amelyekben a sorok, az oszlopok és még az átlók mentén elhelyezkedő számok összege is azonos. Anynyira megragadott, olyan érdekesnek tartottam, hogy az első matematikaóra végére elhatároztam: matematikus leszek!

Ez is bizonyítja, hogy a matematika megszerettetésében milyen fontos szerepe lehet az érdekes, játékos feladatoknak, s persze a jó tanárnak.

Feltétlenül. Hadarits Vendel még négy évig tanított, s mindvégig gondolt arra, hogy matematikusnak készülök. A tananyagon túl sok mindent elmondott nekem, erősítette a matematikához kötő szálakat. Később a gimnázium igazgatója lett, majd Zircre költözött, apátnak választották. Kapcsolatunk ekkor sem szakadt meg, leveleztünk, s ezután is sok hasznos tanácsot kaptam tőle.

Elhatározása mellett kitartott: 1942-ben a Pázmány Péter Tudományegyetem matematika-fizika szakára iratkozott be. Kiket említene meg tanárai közül?

Nem állítom, hogy sok jó professzor tanított, de voltak közöttük kiválóak. Meg kell emlékezni Fejér Lipótról, bár különös módon, ő nem igazán hatott rám. A nevének meghirdetett órákat már évek óta Szász Pál tartotta, aki nagyon jó előadó volt. Közel tudta hozni a tananyagot a hallgatóságához. Pali bácsi A differenciál- és integrálszámítás elemei című könyvének első kiadása akkor már nem volt kapható, ezért rendszeresen jegyzetelni kellett az óráin. Amikor könyvének második kiadása megjelenés előtt állt, engem is megkért arra, hogy könyvének korrektúráját elvégezzem. Kéziratot azonban nem adott hozzá, így azután minden képletnek utána kellett számolni.

S ahogyan ismerem egykori professzoromat, Császár Ákost, biztosan utána is számolt minden képletnek, ha már elvállalta ezt a munkát.

Természetesen így tettem.

A könyv első kötete nekem is megvan, már az is több mint hétszáz oldalas, tele képlettel. Nem akármilyen feladat lehetett ennek az ellenőrzése.

Iszonyatos munka volt, viszont sokat tanultam belőle.

Visszatérve tanárainkhoz, mély benyomást tett rám Kerékjártó Béla professzor is, aki a topológia köréből tartott előadást. Másodéves voltam akkor. Kerékjártó a félév közepére már elérkezett ahhoz a témakörhöz, amelyik igazán foglalkoztatta. Ennek érdekében rövid idő alatt nagyon sok mindent el kellett mondania olyanoknak, akik a topológiával még nem találkoztak. Rádásul olyan gyorsan, hadarva beszélt, hogy azt amúgy is nehéz volt megérteniünk. Emlékszem, amit ő egy-egy órán elmondott, azt utána egy hétig próbáltam megérteni, rendbe rakni, feldolgozni. Fárasztó munka volt, de aki ezt vállalta, annak sok hasznót hozott.

Jók az emlékeim Veress Pálról. Ő sajnos a háború végén egy bombatámadásban fiatalon elhunyt. Szász Pál könyvének egyik lábjegyzetében bukkantam rá Veress Pál Valós függvények című könyvére. Természetesen kivettem a könyvtárból, és elolvastam. Abban ismerkedtem meg először a függvénytan halmazelméleti módszereivel, e könyv indított el a modern analízis irányába.

Nehéz időszakban volt egyetemista...

A második világháború utolsó éveiben.

Hatással volt ez egyetemi tanulmányaira?

Erőteljesen. Az első évet 1942-ben még komolyabb problémák nélkül befejeztük. Az 1943/44-es tanév már csonka volt. 1944 tavaszán bejöttek a németek, az egyetemen csakhamar beszüntették az előadásokat. A

harmadik évet nagyon zavaros körülmények között kezdtük el. Az egyetem vezetése kitárlt valamilyen tanfolyamot, melynek hallgatóit, köztük engem is, nem vitték el Nyugatra. Így, 1944 végén, az első félév vizsgáit még sikerült letennem. Ortvyay Rudolfnál, az elméleti fizika professzoránál 1944 decemberében én vizsgáztam utoljára. Január 2-án öngyilkos lett.

Tartott, félt az új világtól.

Igen, így történt. 1945-ben egy időre elszakadtam az egyetemtől. Az oroszok elvittek előbb a gödöllői, majd onnan a ceglédi hadifogolytáborba. Onnan júniusban szabadultam, s mivel menyasszonyom a távollétben beíratott az egyetemre, így levizsgázhattam, nem veszítettem évet.

Ejtsünk még szót Riesz Frigyesről.

Riesz professzor 1946 őszétől tanított az egyetemünkön. Akkor jött Szegedről Budapestre, amikor az utolsó évetem végeztem. Rendszeresen jártam az előadásaira, melyeket nem volt könnyű követni. Riesz vázlatosan adta elő a bizonyításokat, komoly otthoni munka szükségeltetett ahhoz, hogy tudatosítsuk az előadásán elhangzottakat.

Állítólag maga Riesz is tisztában volt azzal, hogy előadásai nehezen érthetőek.

A hallgatóság soraiban rendre eminens diákját, Császár Ákost kereste a szemével, s ha Ön bólintott, akkor megnyugodva folytatta a bizonyítást.

Ez így volt. Amikor ő Pestre került, akkorra már eljegyeztem magam az analízis Rieszhez közelálló fejezeteivel. Később szoros kapcsolatba kerülünk egymással. Egészen természetes volt, hogy őt kértem meg a doktori diszertációm irányítására. Annak témáját ma-

gam választottam, ő csak rábólintott. A disszertációmnak nagy sikere volt, 1947-ben *Sub Laurea Almae Matris* – az egyetem babérkoszorújával – avattak doktorrá. Ezt a kitüntetést a korábbi, *kormányzóügyi* doktor elismerés helyett vezették be. A kitüntetettek között a legfiatalabb és az egyetlen matematikus voltam.

Még a tanári gyakorlóévetemet végeztem, amikor 1946 őszén félnapos kisegítő tanársegédi állást kaptam a Műegyetem egyes számú matematikai tanszékén. Százharminc forint volt a fizetésem. Itt együtt dolgoztam Hajós Györggyel, aki akkor a tanszék adjunktusa volt. Egy ideig helyettesítettem is, előtte bejártam az előadásaira. Hajós szépen felépített, elegáns, érdekes előadásokat tartott. Bizonyításait folyton csiszolta, hogy azok az ötletet, a lényegét a legjobban tükrözzék. Ezt a hozzáállását példázza későbbi híres könyve, a *Bevezetés a geometriába*. Előadásai számomra követendő példát jelentettek. A matematikával kialakított viszonyomat nagyban befolyásolta az ő szemlélete. Idővel jó barátok lettünk. Egyik fiának keresztzülei is vagyunk.

Végzősként fizikából és matematikából is szakdolgozatot kellett írnia?

Hogyné! Mindkét tárgyból.

Fizikából milyen témát választott?

Sajnos erre már nem emlékszem.

És matematikából?

A Lebesgue-integrálról írtam, ezt biztosan tudom.

A Műegyetemen véglegesítették, matematikai tanszék vezetésével bízták meg, s 1952-ben egyetemi tanári állást írtak ki az Ön számára. Mégis a tudományegyetemen folytatta.

Az Eötvös Loránd Tudományegyetemen analízis alkalmazásai tanszéket létesítettek, és ennek vezetésére hívtak meg. Elfogadtam, és 1952. szeptember elsejétől az ELTE alkalmazottja lettem.

Az enciklopédiák Császár Ákos fő kutatási területeként a valós függvénytant és az általános topológiát említik. Bennünket, matematika–fizika szakos hallgatókat professzor úr az analízis rejtelmével ismertetett meg, több félévén keresztül.

Ahogy utaltál is rá, egyetemi pedagógiai feladatom az analízis előadások tartása volt. Részben a befolyásomra úgy alakult, hogy négy fél éves előadásokat tartottam, ezek az analízis elemeivel kezdődtek és a valós függvénytan mélyreható ismereteivel fejeződtek be. Tankönyvet is írtam, mely ezt az anyagot tartalmazza.

Mit mondhatunk közérthetően e tudományterületről?

Az analízis olyan matematikai témákkal foglalkozik, amelyekben lényeges szerepe van a határértéknek. Így például a végtelen sorokkal, a függvények különféle módon definiált határértékeivel és az ezekre alapozott további fogalmakkal, melyek közül első helyen a Lebesgue-integrált említhetem. A valós függvénytan lehetőséget teremt arra, hogy a fozott általánosításból eredően felismerjünk összefüggéseket. A valós függvénytan, például a Lebesgue-integrál témaköre ma olyan alapismeret, amelyet egyetlen matematikus sem nélkülözhet. A valós függvénytan ismeretanyagára építkezik a funkcionálanalízis, melynek a differenciálegyenletek elméletére kifejtett hatása a matematika alkalmazásait segíti.

Idővel professzor úr érdeklődése a topológia felé fordult. S itt egy kiváló lengyel matematikus, Kazimierz Kuratowski nevét kell megemlítenünk.

Az első Magyar Matematikai Kongresszust 1950-ben tartották Budapesten. Azon részt vett a lengyel delegáció tagjaként a neves matematikus, Kuratowski.

Kuratowski a második világháború után fontos szerepet játszott a lengyelországi matematikai élet újjászervezésében. A világon mindenütt ismerték, számos külföldi egyetemen tartott előadásokat fő kutatási területeiről, a halmazelméletéről és a topológiából. Mondhatjuk, ebben az időben ő volt a lengyel matematika nagykövete. Akkorra már megjelent egy cikkem a lengyel *Fundamenta Mathematicae* folyóiratban, így amikor bemutatott nekem, mint a lapjuk szerzőjét üdvözölt. Nagyon kedvesen rögtön a szárnya alá vett, kitüntető figyelme a későbbiekben is elkísért.

Milyen nyelven beszéltek?

A kongresszus idejében, 1950-ben, németül nem illett társalogni, angolul kevesen tudtak, így francia lett a fő nyelv. A lengyelek kitűnően beszéltek e nyelvet, és én is, hiszen olyan elemi iskolába jártam, ahol már kisgyerekként franciát tanultunk. Ebben az iskolában még a németet is franciából kellett tanulnunk. Kezdetben a matematikai cikkeimet is franciául írtam. Ma már természetesen csak angolul publikálok. Kuratowskival későbbiekben is megmaradt a kapcsolatunk. Amikor egy-egy nemzetközi matematikai konferencián találkoztunk, kedves ismerősként üdvözölt, segítőkész volt.

1956-ban, a forradalom idején az egyetemi oktatás hónapokig szünetelt. Akkor elő-

vettem Kuratowski *Topológia* című könyvének új, bővített kiadását. Alaposan áttanulmányoztam. Ennek hatására megerősödött, sokoldalúvá vált a kapcsolatunk a topológiával. Ekkor született meg az a háromrészes cikksorozatunk, amelyben a topologikus tereket, a szomszédsági tereket és az uniform tereket igyekeztem közös módszerekkel leírni. Kutatásaimban két év múlva eljutottam a talán legsikeresebb eredményemhez: bevezettem a szintopogén terek fogalmát. Erről írt első monográfiám 1960-ban jelent meg.

Ezt a monográfiát ma már a topológia alapjaihoz tartozónak tartják. Jó lenne, ha e tudományterületről néhány szót ejtene.

A topológia a 19. században született. A kutatások két irányban folytak. Egyrészt a geometriai összefüggéseket mélyítették el algebrai eszközökkel, másrészt az analízis irányából a folytonosság fogalmának általánosítását végezték.

Professzor úr valószínűleg az analízis felől közelített a topológiához.

Így van. A topológia emlékeztet az analízisre, pontosabban a komplex függvénytanra. A topológiát röviden úgy is jellemezhetjük, hogy a geometriának olyan kérdéseivel foglalkozik, amelyekben a határérték és a folytonosság lényeges szerepet játszik. Az általános topológia tulajdonképpen a folytonosságfogalom lehető legáltalánosabb tárgyalása. A topológia alapját bizonyos térfogalmak képezik. A topologikus tér fogalmát a múlt század első évtizedeiben alkották meg. A negyvenes években az egyenletes folytonosságot tekintve alapfogalomnak létrehozták az uniform terek elméletét. Az ötvenes évek elején az orosz matematikusok, Riesz Frigyes korábbi gondolatából kiindulva, megalkot-

ták az ún. szomszédsági terek elméletét, amelyben két részhalmaz érintkezése szolgál alapfogalomként. Nekem feltűnt, hogy a különféle terekben hasonló műveleteket lehet elvégezni. Arra gondoltam, léteznie kell egy általánosabb elméletnek, amelynek ezek a terek speciális esetei. Megalkottam a szintopogén terek elméletét, amely közös nevezőre hozta a topologikus-, az uniform- és a szomszédsági terek elméletét.

Ön ezzel egyik előfutára lett a később oly sikeres kategóriaelméleti topológiának.

Elméletem bizonyos értelemben megelőzte a korát, hiszen ugyanez a gondolkozásmód hozta létre a kategóriaelméleti topológiát. Kis jóindulattal úgy is fogalmazhatok, egyike vagyok azoknak, akik a kategóriaelméleti topológia megalapozását előkészítették.

Professzor úr körül kialakult egyfajta topológiai iskola hazánkban?

Szomorúan mondhatom, sorra elveszítettem azokat a munkatársaimat, akikkel e területen együtt dolgoztam. A hatvanas években a szintopogén terek elméletének kialakításában egyik fő munkatársam volt Czipszer János, aki fiatalon meghalt. Korán elveszítettem Deák Jenőt, akivel több közös cikkben dolgoztam együtt. Most pedig nemrég hunyt el közvetlen munkatársam, Gerlits János. Ők személy szerint nekem, de az egész hazai matematikának is pótolhatatlan veszteségei.

Martin Gardner, a neves amerikai szakíró a Scientific American 1975. évi májusi számában hosszú cikket jelentetett meg A nevezetes Császár-poliéderről és a problémamegoldásban való alkalmazásáról címmel. Mit kell tudnunk a Császár-testről, és hogyan született az meg?

Van egy matematikai tanulóversenyünk, melyet hosszú évtizedek óta az érettségit tett diákok számára rendeznek. Az 1948. évi verseny egyik feladata ez volt: „Bizonyítandó, hogy a tetraéderen kívül nincs más olyan konvex poliéder, amelynek bármely két csúcsát él köti össze.” Amennyiben a poliéder konvex, vagyis bármely két pontját összekötő egyenes benne van a poliéderben, akkor könnyen bizonyítható ez az állítás. Feltettem magamnak a kérdést: mi a helyzet akkor, ha elejtjük a konvexitás feltételét? Néhány óras gondolkodás után rájöttem, hogy bizony, a nem konvex poliéderek között is találhatunk olyat, amelynek nincsenek átlói. Egyet akkor végig is számoltam, ez azután Császár-poliéderré vált ismertté. Itt láthatod egyik példányát. Ennek hét csúcsa, tizennégy lapja és huszonegy éle van.

*Érdekes konstrukció!
Egy test, mely a közepén lyukas.*

Valóban lyukas, mert – most már a topológia terminológiáját használva – ez a poliéder nem a gömbbel, hanem a tórusszal homeomorf. Tehát azzal a felülettel rokon, amelyet legismertebb módon a mentőöv reprezentál. Ezt a példányt, amely a kezében van, ajándékba kaptam.

Olyan, mint egy modern képzőművészeti alkotás. Az Eötvös Loránd Tudományegyetem látványosi épületei mellett milyen jól mutatna egy nagyméretű példánya!

Erre nem gondoltam, de igazad lehet.

Van utóélete a Császár-poliédernek, elindított egyfajta továbbgondolkodást?

Talán Martin Gardner említett cikke is hozzájárult ahhoz, hogy kialakult egy iskola, amely ilyen jellegű problémákat vizsgál. Az első

poliéder megalkotásán kívül a további vizsgálódásokban már nem vettem részt. Ugyanakkor érdeklődéssel figyelem, mi minden történik ezen a területen. A *Természet Világa* 1994. évi novemberi számában e kutatások eredményeiről írtam az *Átló nélküli poliéderek* című cikkemben.

*Azért furcsa a mi világunk.
A matematikaprofesszor nevét szélesebb körben teszi ismertté egy „könnyed délutáni játszadozás” eredményeként megalkotott poliéder, mint a több éves, komoly, elmélyült munkával létrehozott szintézis, a szintopogén terek korszakos elmélete.
Azért, mert az egyik alkotás kézbe vehető, a kiinduló probléma gyorsan felfogható, a másik megértéséhez viszont keveseknek van meg az előképzettségük.*

Nem tudom, hogy ez hiba-e?

Mindenesetre az értéktételeitünknek ellentmondó. Professzor úr, a pályakezdése az ötvenes évekre esett, egy nehéz időszakra, mely hasonlóképpen magában hordozta az ellentmondásokat. Ön párttag sem volt, ráadásul hívő, vallásos ember. Nem voltak ebből kellemetlenségei?

Öszintén mondom: nem! Szerencsére a matematika olyan tudomány, hogy művelője, ha nem akarta a politikába ártani magát, megtehetette, hogy kívül maradjon. Tanítómesterem, Hajós György bölcs tanácsát követtem: „Ha a szakmának van olyan területe, amelyik eltávolítható a politikától, abba kapcsolódj be, és nyüzsögi!” Ezt megfogadtam; a matematikus közösségért gyakran vállaltam többletmunkát, de nem politizáltam. Ezt tudomásul vették, így tartottak nyilván.

Ön igazi feladatvállaló, vállalásait lelkiismeretesen teljesítő ember. Felsorolni is nehéz korábban betöltött tisztségeit: tanszékezető, az Akadémia osztályelnöke, a Bolyai János Matematikai Társulat elnöke, a TIT József Attila Szabadegyetemének elnöke, a Természet Világa tudományos ismeretterjesztő folyóirat szerkesztőbizottságának elnöke...

Látod, megfogadtam Hajós György tanácsát.

Professzor úr, analízis előadásaira, azok hangulatára négy évtized múltával is jól emlékszem. A gondosan felépített, precíz gondolatmenetre, az áttekinthető, szép táblaképre. Arra, hogy Császár Ákos mindig percre pontosan érkezik, és úgy is fejezi be előadásait. Korrekt, kiszámítható volt minden, ami Önrel kapcsolatos. Sokat készült az óráira?

Természetesen egy-egy órára is készültem, de talán még ennél is fontosabbnak tartottam, hogy a leadandó tantárgyamat, előadásaim egészét jól megtervezzem, tisztán, érthetően felépítsem. A hallgatóság érdeklődését felkelteni és ébren tartani csak világos, követhető gondolatmenettel lehet. Sokat tanultam e tekintetben Hajós Györgytől. Oktatói magatartásomat nagymértékben formálta az ő példája.

Úgy hallottam, a jó előadásokhoz a természetjárás is hozzásegítette.

A természetjárás hozzátartozik az életemhez. Közben szívesen nézem és meghatározom a növényeket, évről-évre visszajárok egy-egy ritkább vadvirág élőhelyére, örülök, ha újra és újra felfedezhetem jelenlétüket. S hát, amire utaltál, a természetben, a csendes erdei utakon, ha egyedül mentem, átgondolhat-

tam, felépíthettem magamban az előttem álló előadásaimat. Nem papíron készültem óráimra, hanem séta közben, gondolkozva. Így felmértem azt is, mi kerüljön a táblára, s hogy mennyire terhelhetem meg hallgatóim fejét.

Előadásaira nem vitt be óravázlatot?

Amit előbb elmondtam, az előadásaim egészére vonatkozott. Természetesen minden órámról külön, lelkiismeretesen felkészültem. Azonban a tananyagot, amit az órán elmondtam, azt a fejemben vittem a tanterembe, nem papírlapokon.

A professzor úrnál tett analízisvizsgáimat felidézve arra emlékszem, hogy azokon volt egy elméleti kérdés és egy feladatmegoldás. Mit céloztak ezek, milyen elvek szerint vizsgálta a hallgatói fejeiket?

A vizsgán arra voltam kíváncsi, hogy hallgatóim kellő mélységben megértették-e az adott témakört. Kérdéseimet igyekeztem úgy kialakítani, hogy erre fény derüljön.

Az biztos, hogy Császár Ákosnál nem lehetett mellébeszélni.

Erre jól emlékszel.

Őn az ötvenes évektől máig sok-sok évfolyamot tanított az egyetemen. Megfigyelhető változás mondjuk a hatvanas évek diákjai és a legújabb időszak hallgatói között?

Kérdésedre talán egy optimizmusra nem éppen okot adó mondattal válaszolhatok. Az a benyomásom, hogy a hozzám kerülő hallgatók egyre kevésbé felkészültek, egyre nagyobbak a hiányaik. Szeretném hinni, hogy a színvonal állandó csökkenése csupán viszonylagos, s valójában csak a mi igényeink nőttek meg az idő múlásával.

Az Eötvös Loránd Tudományegyetemen eltöltött munkás évtizedeinek volt egy rövid szakasza, amelyet, gondolom, szívesen kihagyott volna életéből: a nyolcvanas évek elején a matematikusok két tábora között az egyetemen kitört viszály időszakát.

Nézd, a matematikusok között mindig voltak kisebb-nagyobb nézeteltérések, ezek azonban soha nem váltak olyan mélyé, hogy munkánkat meggátolják.

Az ELTE-n mi volt a felerősödő ellentétek hátterében?

A matematika tanszékek egy része olyanok kezébe került, akik működését magasabb mércével nem lehetett kifogástalannak tekinteni. Viszonylag kevés tudományos teljesítménnyel rendelkező, de erős politikai támogatással bíró emberek mindig voltak az oktatók között. Akkor azonban ez akkora feszültségeket okozott, olyan vitákat idézett elő, melyek egészen magas szintig eljutottak.

Lovász László, látva az áldatlan állapotokat, ekkor mondta vissza az ELTE felkérését az intézetvezetői kinevezésre. A számára elviselhetetlen légkört kerülendő, inkább a nyugodt munkakörülményeket választotta, Amerikában. Ha akkor nem lett volna egy olyan ember, mint Császár Ákos, akit vezetőként mindkét fél elfogadott, talán még jobban elmérgesedik a viszály.

Nem tudhatjuk, mi lett volna. Amit biztosan állíthatok: az én döntéseimet mindenkor szakmai szempontok vezérelték.

Amikor professzor úr nyolcvanéves lett, 2004-ben, a matematikusok két fontos rendezvényt tartottak. Laczkovich Miklós és Juhász István Topológia és valós függvény-

tan címmel előadói konferenciát rendezett az Ön tiszteletére. Ugyanebben az évben Juhász István és Pálffy Péter Pál 400 év matematika címmel rendezett konferenciát. Elmondaná, hogy mit takar ez a négyszáz év?

Egyetemi tanulmányaink vége felé, még a negyvenes években Fejér Lipóttól öten a *Big Five* elnevezést kaptuk. 2004-ben nyolcvanévesek lettünk, a négyszáz év valójában ötünk éveinek a számát jelenti.

Lipi bácsi volt a keresztapa? Nyilván nem véletlenül adhatta ötünknek a Big Five nevet.

Az akkor végző évfolyamon ezek szerint minket tartott a legjobbaknak. Mi öten néhány évig még együtt is dolgoztunk. Rendszeresen tartottunk egymásnak szemináriumi előadásokat, a bennünket érdeklő témákról. Ez később megszűnt, de Lipi bácsi elnevezése rajtunk maradt.

Ki ez az öt ember?

Aczél János, Fuchs László, Gál István Sándor, Horváth János és jómagam.

Közülik egyedül Ön maradt idehaza. Később is figyelemmel kísérték egymást?

Mindvégig tartottuk a kapcsolatot. Amikor hatvanévesek voltunk, Amerikában tartottak nekünk egy rendezvényt. Oda Gál István Sándor nem tudott eljönni. 2004-ben azonban, az Akadémián rendezett ünnepségen mind az öten ott voltunk.

Hála Istennek!

Igen, szerencsére még életben vagyunk.

Professzor úr, soha nem fordult meg a fejében, hogy Önnek is külföldön kellene élnie és dolgoznia?

Nem, erre nem gondoltam. Rövidebb külföldi meghívásoknak azonban ismételten eleget tettem.

A matematika iránti vonzalma áthatotta az életét. Mit vár még a matematikától?

A matematika folyamatosan ellát minket megoldatlan problémákkal. Szerencsére ezek nagy részét előbb-utóbb megoldjuk, gyakran újabb ismeretlen területre nyitva kaput. A matematika szüntelenül fejlődik, ismereteink gazdagodnak. Ennek nyomán követése teszi számomra ma is érdekessé és vonzóvá a matematikát.

A matematikán kívül mi az, ami örömet okoz Önnek?

Említettem már a botanikát, a növények felismerését, megfigyelését. Szabad időmben szívesen olvasok irodalmat, hallgatok zenét.

Mit szeret hallgatni?

Bevallom, én már megálltam valahol Bartók és Sztravinszkij zenéjénél.

A szobában ma is itt áll a zongora.

Úgy tudom, a zenéhez erősebb szálak kötik, mint az átlag zenehallgatót.

Az elemiben és gimnáziumi éveim alatt is tanultam zongorázni. Érdekel a zeneszerzés, ezért a tudományegyetemmel párhuzamosan a Zeneakadémiára is jelentkeztem. Mindkét helyre felvettek. Hónapokig igyekeztem együtt végezni a két egyetemet, de rájöttem, nem megy. Maradtam a matematikánál. Zeneakadémiai indexemet azonban máig őrzöm, benne Dohnányi Ernő, Visky János, Harmath Artúr aláírásaival.

A zongora, amit itt látsz, öreg családtag, nagyanyám kapta még fiatal lány korában, tőle anyámra, majd rám szállt ez az örökség.

*Az Akadémiai Aranyérem is bizonyítja,
hogy nemcsak a matematikusok,
hanem a teljes hazai tudóstársadalom
elismeri, példaértékűnek tartja Császár Ákos
munkásságát, emberi tartását.
Jelent ez egyfajta visszaigazolást életútjára,
feladatvállalásaira?*

Egyértelműen igen a válaszom. Gyermekko-
ri elhatározásom, hogy matematikus leszek,
jó döntésnek bizonyult.

Kulcsszavak: *valós függvénytan, általános
topológia, Császár-poliéder, Akadémiai Arany-
érem*



Tudós fórum

KITÜNTETÉSEK A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPÉN

2009. november 2-án, az MTA debreceni székházában került sor
a már hagyományos ünnepségre, ahol az első kitüntetéseket
az Akadémia elnöke, Pálincás József adta át.

A Magyar Tudományos Akadémia Elnöksége kiemelkedő tudományos életműve elismerése-
ként **EÖTVÖS JÓZSEF-KOSZORÚVAL** tünteti ki:

Bencze Pált, a műszaki tudomány doktorát, az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet
nyugalmazott tudományos tanácsadóját a légköri elektromosság saját tervezésű műszerekkel
folytatott tanulmányozásáért,

Kenyeres Zoltánt, az irodalomtudomány doktorát, az ELTE Magyar Irodalom- és Kultúra-
tudományi Intézet Modern Magyar Irodalomtörténeti Tanszékének egyetemi tanárát iro-
dalomtörténeti, kritikátörténeti munkásságáért,

Machovich Raymundot, a biológiai tudomány doktorát, a Semmelweis Egyetem Orvosi
Biokémiai Intézetének egyetemi tanárát a trombózis kutatása terén kifejtett tudományos
tevékenységéért,

Marton Magdát, a pszichológiai tudomány doktorát, az MTA Pszichológiai Kutatóintézet
nyugalmazott tanácsadóját, senior kutatóját tudományos munkásságáért, amelynek során
a hazai kísérleti pszichológiai kutatásban elsőként vezette be az elektrofiziológiai eljárásokat,

Szabados Józsefet, a matematikai tudomány doktorát, az MTA Rényi Alfréd Matematikai
Kutatóintézet tudományos tanácsadóját a nagy hagyományoknak örvendő magyar analízis,
és approximációelméleti iskola területén végzett munkásságáért,

Szepesy Lászlót, a kémiai tudomány doktorát, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi
Egyetem Kémiai Technológiai Tanszékének nyugalmazott tudományos tanácsadóját a
gázkromatográfia és a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia (HPLC) területein elért
kiemelkedő eredményeiért,

Udvardy Andort, a biológiai tudomány doktorát, az MTA Szegedi Biológiai Központ Biokémiai Intézetének kutató professzorát több évtizedes, nemzetközi hírű molekuláris biológiai kutató munkásságáért, elsősorban a sejtek biológiai fehérjelebontó apparátusának megismerése és működésmódjának megértése terén tett alapvető felfedezéseiért.

•

Az Oláh György-díj kuratóriuma a Nobel-díjas tudós adományozásának segítségével
OLÁH GYÖRGY-DÍJAT adományozott

Kaizer Józsefnek, a Pannon Egyetem Szerves Kémia Intézeti Tanszéke docensének, az MTA doktorának a bioszerves és bioszervetlen kémia területén elért kimagasló eredményeiért.

•

A Simonyi Károly-díj szakkuratóriuma
SIMONYI KÁROLY FIZIKAI DÍJAT adományozott

Tél Tamásnak, a fizikai tudomány doktorának, az ELTE Elméleti Fizikai Tanszék egyetemi tanárának a nem-egyensúlyi jelenségek elméleti vizsgálatában elért kiemelkedő tudományos eredményeiért, valamint a Kármán Környezeti Áramlások Laboratórium létrehozásáért és iskolateremtő áramlástani kutatásaiért.

SIMONYI KÁROLY MÉRNÖKI DÍJAT adományozott

Gergely Györgynek, a fizikai tudomány doktorának, az MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézet professzor emeritus institutijának a felületfizikában, annak kísérleti metodikáiban nemzetközi szabványként is elismert, iskolaalapító eredményeiért, valamint – Simonyi Károly ma is aktív doktoranduszaként megvalósított – életművéért.

•

A Paksi Atomerőmű Részvénytársaság és a Wigner Jenő-díj kuratóriuma
WIGNER JENŐ-DÍJAT adományozott

Aszódi Attilának, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Nukleáris Technikai Intézete igazgatójának az atomerőművi főberendezésekben lejátszódó termohidraulikai és termodinamikai folyamatok szimulációs vizsgálatáért, valamint az atomerőművek biztonságának javítása területén folytatott kiemelkedő, iskolateremtő munkásságáért.

•

A Richter Gedeon Részvénytársaság és a Magyar Tudományos Akadémia által alapított díj kuratóriuma **BRUCKNER GYŐZŐ-DÍJAT** adományoz

Mátyus Péternek, a kémiai tudomány doktorának, a Semmelweis Egyetem Szerves Vegytani Intézete professzorának a biológiai aktív vegyületek tervezése és szintézise terén elért kimagasló eredményeiért.

A negyven éven aluli kutatóknak kiadható **BRUCKNER GYŐZŐ-DÍJAT** adományozta a kuratórium

Ludányi Krisztinának, a Semmelweis Egyetem Gyógyszerészeti Intézete docensének, a gyógyszermetabolitok tömegspektrometriás vizsgálata terén elért eredményeiért.

•

A „**HEVESY GYÖRGY-DÍJ A NUKLEÁRIS KUTATÁSÉRT**” kuratóriuma a díj I. kategóriáját adományozta

Jánosiné Bíró Ágnes okleveles mérnök-hőfizikusnak a nukleáris energetika és nukleáris biztonság területén végzett munkájáért és

Rónaky Józsefnek, az Országos Atomenergia Hivatal főigazgatójának a paksi atomerőmű nukleáris biztonsága érdekében kifejtett több évtizedes tevékenységéért

A kuratórium a díj fiatal kutatóknak létesített II. kategóriáját adományozta

Palcsu Lászlónak *A nemesgáz-tömegspektrometria hidrológiai és atomerőművi alkalmazásai* című PhD-dolgozatáért.

•

A Mikó Imre-díj kuratóriuma a Magyar Tudományos Akadémia által a MÁV ZRt. kötelezettségvállalása mellett létrehozott **MIKÓ IMRE-DÍJAT**, valamint a díj mellé a Magyar Közlekedési Közművelődésért Alapítvány **MIKÓ IMRE-EMLÉKPLAKETTJÉT** adományozta életmű kategóriában

Béres István nyugalmazott mérnök főtanácsosnak és **Varga Jenő** nyugalmazott mérnök főtanácsosnak a magyar vasút fejlesztése területén végzett kiemelkedő munkásságukért.

Az *aktív szakember kategóriában* a kuratórium a díjat

Kövesné Gilicze Évának, a közlekedéstudományok doktorának, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem egyetemi tanárának ítélte oda a magyar vasúti közlekedés fejlesztési koncepcióinak kidolgozásáért.

•

A Magyar Olaj- és Gázipari Részvénytársaság által alapított díj kuratóriuma a 2009. évi **MOL TUDOMÁNYOS DÍJAT**

id. **Ősz Árpádnak**, valamint a

Vehofsits Imre által vezetett szakmai teamnek (**Kétszeri Csaba**, **Szabó Zoltán**, **Pető Zsolt**, **Ladoniczki Zoltán**, **Nyeste István** és **Markó János**) ítélte oda a MOL ipari tevékenységének hatékony szakmai támogatásáért.

A Kapolyi László akadémikus által alapított díj kuratóriuma a 2009. évi
VITÁLIS ISTVÁN TUDOMÁNYOS DÍJAT adományozta

Dakó György egyetemi adjunktusnak, okleveles bányagépészmérnöknek és külfejtési szakmérnök szakmai-tudományos eredményeiért, és oktatási tevékenysége elismeréseként.

•

A NEST Alapítvány és a Magyar Tudományos Akadémia által felkért díjbizottság
a 2009. évi JUHÁSZ-NAGY PÁL-DÍJAT

Oborny Beáta PhD-nek, az ELTE Növényrendszertani és Ökológiai Tanszéke egyetemi docensének és

Pásztor Erzsébet PhD-nek, az ELTE Genetikai Tanszéke egyetemi adjunktusának adományozta az általuk szerkesztett, *Ökológia* című tankönyvéért.

•

A Magyar Szabadalmi Hivatal és a Magyar Tudományos Akadémia által közösen alapított
AKADÉMIAI SZABADALMI NÍVÓDÍJJAL tüntette ki a kuratórium

Bolla Kálmánt, az orvostudomány kandidátusát a klinikai és kísérletes gyógyszerfejlesztés területén elért eredményeiért,

Imre Lászlót, a műszaki tudományok doktorát, okl. gépészmérnököt, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem professor emeritusát oktatási tevékenysége mellett végzett intenzív tudományos kutató-fejlesztő munkájáért, és

Novák Lajost, a kémiai tudomány doktorát, okleveles vegyészmérnököt, egyetemi tanárt, az MTA–BME Alkaloidkémiai Kutatócsoport tudományos tanácsadóját számos szabadalomhoz vezető kutatásaiért.

•

Az MTA Pungor Ernő örökösei közérdekű kötelezettségvállalása alapján Pungor Ernő-díjat alapított. A kuratórium a 2009. évi PUNGOR ERNŐ-DÍJAT

Gáspár Attilának, a Debreceni Egyetem Szervetlen és Analitikai Tanszéke docensének adományozta az atomspektroszkópia területén elért kiváló eredményeiért.

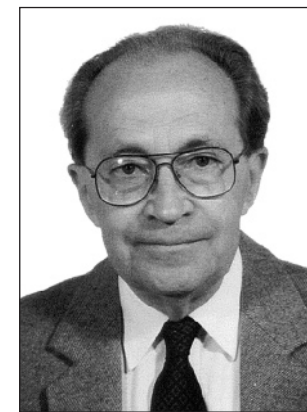
•

Az MTA Debreceni Területi Bizottsága 1996 óta évente PRO SCIENTIA ÉREMMEL ismeri el a kiemelkedő oktató- és kutatómunkát végző, a régió tudományos felemelkedését szolgáló tudósok munkásságát. A Bizottság vezetősége a díjat egyhangúlag

Nánási Pálnak, a kémiai tudomány doktorának ítélte oda több mint fél évszázados, lelkiismeretes oktató-kutató munkájáért.

Megemlékezés

Megrendülten búcsúzom Dénes Gézától. Tanítómesterem volt, pályám elindítója, neki köszönhetem, hogy biokémikus lettem. Nagyon régen, a 60-as években voltam munkatársa, ezért az én emlékeimben nem Dénes Géza akadémikus él tovább, hanem Nyúl tanár úr. A Straub F. Brunó professzor által vezetett Orvosi Vegytani Intézetben soha, senki nem szólította Gézának a nagy tekintélynek örvendő docenst, akihez más intézetek-



DÉNES GÉZA

1925–2009

ből és intézményekből is kiváló kutatók jártak tanácsokat kérni, vagy mert vele szerettek volna megbeszélni érdekesnek vélt kísérleteiket. A kollégák számára Nyúl vagy Nyuszi volt a beceneve. Még az is előfordult, hogy az orvostanhallgatók, akik pedig igencsak tisztelték kiváló előadásaiért és tartottak tőle kemény vizsgakérdései és szigorú osztályzatai miatt, a Nyúl tanár urat keresték.

Orvosi diplomával a zsebemben először nem lelkesedtem túlságosan, mikor megmutatta az algatenyésztet és előadta, hogy algák lesznek a munkacsoportunk kísérleti alanyai. A téma azonban, a biológiai szabályozás molekuláris mechanizmusainak vizsgálata, amelynek Dénes Géza hazai úttörője és nemzetközileg is igen sikeres művelője volt, nagyon vonzott, és egész pályámat meghatározta. Nem csupán a témával kapcsolatos izgalmas, gondolatébresztő előadásai, a mindennapi, tréfa-

san könnyed stílusa, mégis mély és komoly laboratóriumi beszélgetések és viták, majd a sikeres kísérletek indítottak el a pályán. A szakma, a kísérletezés iránti szenvedélyes szeretete lenyűgöző volt, szinte játéknak tekintette mindazt, ami mások számára munka volt. Ez a játék éltette. Mi pedig valamit megsejtettünk ebből az érzésből. Megtanultuk, hogy a mindennapi, kis eredmények öröme is fontos része egy kutató életének.

Ugyanilyen szenvedélyes szeretettel vett részt Straub professzor felkérésére a Szegedi Biológiai Központ Biokémiai Intézetének a megszervezésében. Élénken emlékszem rá, mennyi gondot és munkát jelentett számára, hogy minden a lehető legjobb helyen legyen az épülő laboratóriumokban. Mi pedig, néhányan a munkacsoportjából, akik ottmaradtunk az Orvosi Vegytani Intézetben, szorongó szívvel néztük a lelkesedését, mert tudtuk, hogy elhagy minket.

Most végleg eltávozott. Ám az igazi tanítómesterek, mint amilyen ő is volt, nem távoznak el teljesen. Ott marad belőlük valami a tanítványokban, sőt, a tanítványok tanítványaiban is, még akkor is, ha azok nem is tudják, honnan való az örökség. Dénes Géza, Nyúl tanár úr emléke is így öröködik meg.

Faragó Anna
ny. egyetemi tanár

A jövő tudósai – huszonötödször

Tisztelt Olvasó!

A kutatók utánpótlásával – fiatal tudósokkal foglalkozó melléklet „jubileumi” huszonötödik számában a Nemzeti Tehetségsegítő Tanács elnökeként is igen nagy örömmel ajánlom az olvasónak a Tanács májusban megválasztott alelnökeinek, *Balogh László, Havass Miklós, Pakucs János és Szendrői Péter*, valamint a Tanács által felügyelt Magyar Génius Integrált Tehetségsegítő Program projekt menedzsere, *Bajor Péter* írását a tehetséggondozás aktuális kérdéseiről. Ezután *Farkas Anikó* ad új szempontokat a *Magyar Tudomány* 2009. augusztusi számában *Vázsonyi Ottó* által írt vitaindítóhoz a határon túli magyar diákok itthoni tehetséggondozásáról. Végezetül *Sulyok Katalin*, a Nemzeti Tehetségsegítő Tanács újonnan megválasztott titkára ismerteti a

PNAS (*Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*) 2009 júniusában megjelent cikkét, amelyben a szerzők a nők kisebb „tudományos tehetségével” kapcsolatos előítéleteknek a nők tényleges tudományos teljesítményére vonatkozó visszafogó hatását bizonyítják. Ennek az „önbeteljesítő előítéletnek” a csökkentése a cikk tanulsága szerint még az eddig gondoltnál is sokkal fontosabb a nőkben rejlő tudományos tehetség kellő kibontakoztatása érdekében. Kérjük, ha a nők tudományban betöltött helyzetével vagy az ifjú kutatókkal kapcsolatos témában bármilyen vitázó megjegyzése vagy javaslata lenne, keresse meg a melléklet szerkesztőjét, Csermely Pétert az alábbi email-címen.

Csermely Péter
az MTA doktora,
csermely@eok.sote.hu

A NEMZETI TEHETSÉGSEGÍTŐ TANÁCS A TEHETSÉGUTÁNPÓTLÁS SZOLGÁLATÁBAN

A Nemzeti Tehetségsegítő Tanács

A Nemzeti Tehetségsegítő Tanács a magyar tehetséggondozás legjobb hagyományait ápoló civil szervezetek összefogásaként jött létre 2006-ban (www.tehetssegpont.hu). A már 26 szervezetet tömörítő egyesület célja egyeztetett, közös munkával elősegíteni a tehetségek felismerésének, kiválasztásának, segítségének, ök és mestereik elismerésének különböző

formáit, az ezeket oktató programokat; a tehetséges fiatalok kapcsolatépítését, önszerveződését, és társadalmi felelősségvállalását. A Tanács független szervezet, amely munkájában koordináló, irányt mutató, esetenként szervező feladatokat lát el. A Tanács állandó lehetőséget ad arra, hogy a hazai és határon túli magyar tehetségsegítéssel foglalkozó civil szervezetek egyeztessék álláspontjukat, hazai és külföldi példák tanulmányozásával, szakmai fórumok megszervezésével, támogatási lehetőségek megszerzésével, új támogatási formák átgondolásával, valamint pályázatok kiírásával segítsék, alakítsák a magyar tehetséggondozás rendszerének további fejlődését.

A Tanács alapelve, hogy lényegében mindenki tehetséges: az egyéni tehetség más és más, és sokszor még csak szunnyadó képesség formájában mutatkozik. Célunk felkelteni a fiatalokban a belső motivációt tehetségük kibontására, lendületet adni az elismerésre méltó teljesítmény eléréséhez, ezzel elérni azt, hogy minél több honfitársunkban kialakuljon a *flow* kiváltotta boldogság elérésének képessége, a fontosság tudata, és a felelősség érzete, ezzel növelve a társadalmi harmóniát, és ezen keresztül az ország sikereit.

Mivel a személy formálódásában, a tehetség kibontakozásában alapvető szerepe van az anyanyelvnek, a Tanács természetszerűleg össznemzeti, határokon átvélő tevékenységet fejt ki. Központi gondolata a sokszínűség, a bátor kezdeményezések bátorítása. Ezért is épít a hagyományosan gazdag eredményeket felmutató egyházi tehetséggondozásra, a már magyar márkaként nyilvántartott tehetséggondozó mozgalmakra (mint amilyen például a magyar matematikai iskola bölcsőjeként funkcionáló *Kömal*), valamint az újszerű próbálkozásokra. E hagyományokra támaszkodva törekszik arra, hogy egy, a nyelvterületet lefedő, hálózatszerűen működő Tehetségpont Hálózatot szervezzon meg (2009 októberében már százhatvan Tehetségpont működött).

Miután a Tanács tevékenysége jelentősen kiterjedt, kiemelt kérdésként (mintegy leendő *best practice*-ként) szervezi meg a tanácson belüli munkamegosztást, kulcsszerepet szánva az őszinte demokratizmusnak, kooperációnak és a morális tisztaságnak.

A Magyar Génius Integrált Tehetségsegítő Program

A Nemzeti Tehetségsegítő Tanács eddigi munkájának (az Országgyűlés által 2008-ban és a kormány által 2009-ben elfogadott Nemzeti

Tehetség Program és Nemzeti Tehetség Alap mellett) egyik legnagyobb eredménye az volt, hogy az Új Magyarország Fejlesztési Terv egyik operatív programjaként kezdeményezte, és kidolgozta a Magyar Génius Integrált Tehetségsegítő Program tervezetét, s azt sikerült is elfogadtatni a döntéshozó szervekkel. Ennek eredményeképpen több mint egymilliárd forintos kerettel ez a pályázati program is megjelent az elmúlt évben, illetve a második eleme a közelmúltban (TÁMOP-3.4.4./A-08/1, valamint -3.4.4./B-08/1.). A Program szervezését a Tanács látja el. Ez a program a magyar tehetséggondozás fejlesztéséhez eddig soha nem látott perspektívákat nyit meg. A kidolgozást megelőző helyzetelemzés egyértelműen mutatta, hogy a nagyon értékes hazai tehetséggondozó hagyományok mellett vannak gyenge pontjai is ennek a munkának. A főbb hiányosságok: nagyon egyenetlen tartalmilag és területileg is a tehetséggondozó tevékenység; nem működnek rendszerben a programok, így nagyon sok fiatal kimarad ezekből a lehetőségekből; nincs korrekt módszertana a programokba való beválogatásnak; hiányoznak a programok szisztematikus értékelésének szempontjai is stb.

Ezen hiányosságok megszüntetése érdekében a Magyar Génius Integrált Tehetségsegítő Program célul tűzte ki az átfogó szakmai-módszertani fejlesztést, amely biztosítja az iskolán kívüli tehetségsegítés támogatásának egységes alapelvek és célok szerinti megvalósítását. Ennek keretében egy országos civil bázisú tehetségsegítő hálózatot igyekszik kiépíteni, amely az oktatási folyamatban kidolgozott, és az iskolán kívüli tehetségsegítő kezdeményezések összekötésével és kibővítésével, a tehetséges fiatalok önszerveződésének támogatásával új lehetőségeket teremt a hazai tehetséggondozás átfogó fejlesztéséhez. Ki-

emelt szempont a hátrányos helyzetű régiók és fiatalok tehetséggondozásának intenzív fejlesztése; a tehetséggondozás új formáinak kialakítása; az önkormányzati, civil és magán erőforrások mozgósítása; átjárási lehetőségek biztosítása a hazai és a határon túli magyar kezdeményezések között; országos adatbázis létrehozása a tehetségesekről; az eddigieknél hatékonyabb információ-áramlás biztosítása ezen a területen.

A várható eredmények között a következő mutatók szerepelnek: Magyarország tehetségtérképének elkészítése, a támogatott tehetségszolgáltató programokban részt vevő fiatalok számának jelentős növekedése, nagyszámú új program megjelenése a palettán, a Tehetségpontok számának intenzív növekedése – átfogó területi lefedettséggel, a határon túli Tehetségpontokat is ideértve, a fejlesztő munkát koordináló Tehetségszolgáltató Tanácsok létrehozása, Tehetségnapok rendezése itthon és határon túl, valamint tehetségszolgáltatók intenzív képzése jelentős létszámban, az ehhez szükséges szakmai alapok továbbfejlesztése, illetve kidolgozása, Tehetségbónusz program kidolgozása és működtetése, a Tehetségszolgáltató Köre létszámban növekedése. Ezek a várható eredmények önmagukban jelzik, hogy ehhez fogható átfogó nemzeti tehetségfejlesztő program eddig nem valósult meg.

A Magyar Géniuszt Integrált Tehetségszolgáltató Program elindításának előkészítése már 2008-ban megindult. Februártól szeptemberig négy nagy rendezvényen vettek részt a hazai tehetséggondozás szakemberei: az országos budapesti nyitó konferencia után felsőoktatási szakemberek gyűltek össze az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, majd a Debreceni Egyetemen a Tehetségpontok Országos Konferenciáját rendeztük meg, Győrben pedig a közoktatási konferencia váltott ki nagy

érdeklődést a szakemberek körében. Ezek a szakmai fórumok jelezték, hogy mozgásba lendült a hazai és határon túli szakembergárda, a „szubjektív feltétel” készen áll a nagy munkára, remélhetőleg a várhatóan rövidesen megnyíló pályázati támogatások az objektív feltételek megteremtéséhez nyújtanak biztos alapokat.

Most rajtunk a sor

A Magyar Géniuszt Integrált Tehetségszolgáltató Program minden szempontból készen áll a megvalósításra. A program alapozó részének számító Országos Tehetségszolgáltató Hálózat kialakítása elnevezésű TÁMOP-projekt elindult. Emellett 2009 őszén kiírták az első, tehetségszolgáltatást közvetlen módon célzó pályázatokat is, amelyeket 2010 elején (immár a Nemzeti Tehetség Alapból) újabbak fognak követni. Tehát: oktatási intézmények, tehetségszolgáltató szervezetek, műhelyek, figyelem! Most rajtunk a sor, s a többes szám nem egy szűk kört, hanem több ezer elkötelezett szakembert jelöl! A kínálatban a lehetőségek kihasználása közös felelőssége pedagógusoknak, elméleti szakembereknek, intézményvezetőknek, évtizedes tapasztalatú tehetségszolgáltatóknak, valamint természetesen a program megalkotóinak és közvetlen végrehajtóinak is.

A tehetségszolgáltató hálózat kialakítására most elindult projekt a Magyar Géniuszt Integrált Tehetségszolgáltató Program „tőkesúlya”. Idén augusztustól kezdődően kettő és fél év időkereten belül kell ezt az évtizedes hatású programot végrehajtani. A programot a Nemzeti Tehetségszolgáltató Tanács alelnökeiből és a projekt menedzsmentjéből alakult Programtanács felügyeli. Az egyedülállóan összetett feladat lényegi elemei: elméleti alapozás (a segítők, a tehetségek szülei és a széles közvélemény számára egyaránt); a tehetségszolgáltatók szakmai

és készség szintű képzése; a fenntarthatóság megteremtése; a Tehetségpontok közvetlen (és informatikai/adatbázis szintű) kapcsolati hálózatának megteremtése; tájékoztatás és az információáramlás biztosítása.

A kihívás óriási, kérdés, hogy lesz-e elég *tehetségünk* a megvalósításra... Minden adottságunk megvan!

Tehetséggondozás a felsőoktatásban

A tehetséggondozásnak minden esetben tekintettel kell lennie az életkori sajátosságokra. Mászt igényel egy iskoláskorú gyermek, és mászt egy felsőoktatásban részt vevő hallgató. A magyar felsőoktatás tehetséggondozási formái közül a legismertebbek a tudományos diákkörök (TDK) és a szakkollégiumok. A tudományos diákkör széles hatókörű, a hallgató és oktató közti kapcsolatra, együttműködésre épülő tehetséggondozó forma, melynek hagyományai hat évtizedre nyúlnak vissza. A TDK igazi hungarikum, kétfordulós minősítő rendszere (intézményi TDK-konferenciák, országos döntők, OTDK) folyamatosan több tízezer hallgató számára nyújt intézményi tudományos műhelyekben végzett eredményes kutatómunka alapján kiugrási, elismerési lehetőséget. A helyi és országos versenyek akkreditált eredménye pedig belépő ösztöndíjakhoz, külföldi részképzésekhez, a mester és a doktori iskolákba egyaránt. A szakkollégiumok ugyancsak nagy hagyományú értelmiségképző műhelyek, kisebb réteget érintenek ugyan, de az értelmiségi szocializációs sikeresen megoldott feladataik következtében tágabb rétegekre, sőt, az egyetemeken túlmutatóan a közélet alakítására is erős ráhatással bírnak (pl. Eötvös, Rajk szakkollégium).

A magyar felsőoktatás átalakulásával a tehetséggondozás szerepe is változik. A tömegképzés eredményeként sokkal többen

vehetnek részt az egyetemi és a főiskolai oktatásban. Ugyanakkor a tehetségek kiválasztása és segítése nehezebbé vált. Az oktatóknak kevesebb idejük jut arra, hogy kiemelten egy-egy hallgatóval foglalkozzanak, emiatt sok kiemelkedő képességű diák kallódhat el, hisz nem kap megfelelő motivációt, nem sikerül elérni nála, hogy kellő érdeklődést mutasson a kötelező tananyagon felüli ismeretek elsajátítása iránt. Az igény viszont megvan a fiatalokban a többlettudásra, vagy ha nincs, a tanárnak a kötelessége azt felébreszteni. Fontos tehát, hogy a többletmunkára affinitást mutató tehetséges egyetemisták, főiskolások elkötelezett mesterekkel, tanárokkal, még a tömegoktatás körülményei között is megköthessék tehetségük kibontakoztatásának alapjaként a mestertanár–tanítvány szövetségeket, hogy közös munkával építhessék a jövő Magyarországot. A feladat megoldása az új peremfeltételek között nem egyszerű, hiszen különösen az alapképzésben lerövidülő képzési idő sokkal kevesebb lehetőséget nyújt a tehetségek kiválasztására és megfelelő támogatására. A tudományos diákköri mozgalom és a szakkollégiumi rendszer fejleszthető stabil alap, amely lehetőséget nyújt a megfelelő tehetségszolgáltató helyi (intézményi) módszerek kidolgozására, bevezetésére (példaként említhető a Semmelweis Egyetem, a Szegedi Tudományegyetem stb.) és eredményes működtetésére is. Ezek szakszerűségének és elterjedésének hatékony elősegítése, támogatása ugyancsak a Nemzeti Tehetségszolgáltató Tanács feladata.

A tehetséggondozás társadalmi és gazdasági haszna

Vállalati felmérések Magyarországon azt mutatják, hogy az innovációs tevékenységet – mely a versenyképesség legfontosabb eleme

– leginkább akadályozó tényező a megfelelően képzett szakemberek hiánya. Ezen képzett szakemberek közül a legtehetségesebbek játsszák az egyik legfontosabb szerepet, ők járulnak hozzá leginkább egy-egy új K+F eredmény hasznosításához. Tehát gazdasági és társadalmi érdek a tehetségek felkutatása, képzése, gondozása. Ez történhet részben az oktatási rendszer keretében, részben társadalmi szervezetek tevékenysége által. Ugyancsak felmérések mutatják, hogy a gazdasági szereplők is hajlandók részt venni a szakemberek, tehetségek oktatásában, képzésében.

Az innovatív vállalatok tehetségsegítő programokban is részt vesznek, mert fontos számukra, hogy a tehetségek figyelmét magukra, azaz szakterületükre irányítsák. Az erre fordított erőforrások akkor térülnek meg, ha valóban tudnak vonzani tehetségeket az adott területre.

Példaként említjük, hogy a Tanács egyik alapító tagszervezete, a Magyar Innovációs Szövetség tizennyolc éve példaadóan szervezi a fiatal tudósjelöltek részére az Ifjúsági Tudományos és Innovációs Tehetségkutató Versenyt, amelynek keretében évente 15–20 fiatal tehetség kerül kiválasztásra. A kb. fél évig tartó versenyen évente kb. 60–100 fiatalot sikerül „megmozgatni”, akik ötleteikkel, találmányaikkal pályáznak. A versenysorozat a műszaki- és természettudomány, az informatika, a matematika és a környezetvédelem területén folyik. A szervezők a pályázókat eszközök rendelkezésre bocsátásával, szükséges anyagok stb. beszerzésével segítik, a legjobbakat tizenkét hónapos kutatási ösztöndíjjal, valamint külföldi konferenciákon, fórumokon, versenyeken való részvétellel.

Ezt a kezdeményezést elsősorban azon nagy és közepes vállalatok közreműködésével,

anyagi támogatásával lehetett (és lehet a jövőben is) megszervezni, melyek egyrészt felismerték, hogy a képzett munkaerő, a jól felkészült diplomás csak akkor lesz elérhető, ha már a középiskolában elkezdődik a felkészülés és a kiválasztódás.

Különösebb rábeszélés nélkül – szinte keresték a lehetőséget – lehetett a kapcsolatot kiépíteni ezekkel a magyar – néhány esetben külföldi tulajdonú – vállalatokkal, amelyek tudják, érzik, hogy ez az a pont, illetve ez az a korosztály, ahol a legtöbbet lehet tenni azért, hogy alkotni tudó, alkotóképes felnőtt szakemberek álljanak rendelkezésre. Ennek a húsz év alatti tehetségkiválasztó versenysorozatnak a híre sajnálatos módon csak a hazai és a határon túli magyar középiskolák egyharmadához jutott el, annak ellenére, hogy a létező kommunikációs eszközök segítségével igénybe vétele mellett az igazgatók külön tájékoztató levelet is kaptak. A jövőbeni továbblépés a Tanács tagszervezeteinek aktív közreműködésével lesz biztosítható.

A tehetségsegítés azonban nemcsak a magyar társadalom integrációját és versenyképességet szolgálja, hanem a magyarországi tehetséges fiatalok megtalálásával és helyzetbe hozásával növeli az Európai Unió egészének szellemi és kulturális potenciálját. A tehetségsegítés speciális és példaértékű magyar formái az Európai Közösség egésze számára adaptálható és adaptálandó példát jelenthetnek.

Balogh László Havass Miklós
l_balogh@tigris.unideb.hu havass@szamalk.hu

Pakucs János Szendrő Péter
PakucsJ@olajterv.hu szendro.peter@gek.szie.hu
a Nemzeti Tehetségsegítő Tanács alelnökei

Bajor Péter
bajor.peter@tehetsegpont.hu
a Magyar Génius Program projektmenedzsere

TOVÁBBI GONDOLATOK A HATÁRON TÚLI „SZAKKOLLÉGIUMI MOZGALOMRÓL”

A címben látható idézőjel nem valamiféle ironikus minősítése a *Magyar Tudomány* 2009. augusztusi számában Vázsonyi Ottótól megjelent vitaindító cikkben bemutatott jelenségnek, nevezetesen a Márton Áron Szakkollégium gyors fejlődésének és a határon túli magyar felsőoktatási intézmények melletti szakkollégiumok létrejöttének, hanem éppen ellenkezőleg: utalás arra, milyen fontos első lépések ezek azon az úton, melynek végállomása a Kárpát-medencei magyar fiatalok tudományos közösségének megteremtése lehet.

Minthogy a cél, a tehetséges magyar fiatalok tudományos közösségének megteremtése – vagy helyesen inkább: újrateremtése – nem igényel különösebb magyarázatot, jelen írás a Vázsonyi Ottó által említett „klasszikus szakkollégiumiság” főbb ismertetőjeleit, illetve a szakkollégiumok közötti kapcsolatrendszer sajátosságait igyekszik vázlatosan bemutatni, hogy azután a szerző megfogalmazhassa saját válaszát a „mi a teendő” kérdésére.

Az első állításom az, hogy szakkollégium *sui generis* nevelési-oktatási forma, vagyis nincs hozzá fogható, vele bármilyen objektív szempontrendszer alapján összehasonlítható intézmény az oktatás világában. Egyedisége mellett ezen intézmények halmazára a sokszínűség és a heterogenitás a jellemző, amely a sajátos működési elvek, elsősorban a magas fokú autonómia és önkormányzatiság következménye. Nincs tehát két egyforma vagy akár egymásra valamennyi lényeges tulajdonságban hasonlító szakkollégium, vannak azonban fontos, általánosan jellemző tartalmi ismertetőik. Az imént említett autonómia és

önkormányzatiság mellett igen fontos kritériumnak számít az öntevékenység, az egyének nagyfokú motivációja, a közösségi és civil aktivitás, az értelmiségi eszmecserék feltételeinek biztosítása, a közéleti szerepvállalás és többnyire az interdiszciplináris szemléletmód is. Ahhoz, hogy „klasszikus szakkollégiumról” beszélhessünk, e feltételek teljesülése – vagy legalább kezdetleges jelenléte – még fontosabb, mint a kormányzati akarat vagy a források biztosítása, miközben utóbbiak is jelentős katalizátorai lehetnek a fejlődésnek.

Másodikként érdemes a szakkollégiumok funkcióit körüljárni. Ahogy Vázsonyi Ottó nagyon pontosan megfogalmazta, két alapvető feladatot vállalnak magukra ezek az intézmények. Az egyik a szakmai többletet nyújtó (tehetséggondozó) oktatás, a másik pedig az alacsonyabb készség- és tudásszinttel érkező hallgatók „felzárkóztatása”, vagyis a társadalmi mobilizáció és integráció elősegítése. E kettőt én a Márton Áron Szakkollégium igazgatójával ellentétben nem választanám el egymástól élesen, már csak azért sem, mert igen nehéz volna határvonalat találni a két tevékenységforma között. Ennek oka egyfelől az, hogy a tehetséggondozás kezdetét nem lehet a kompetenciák bizonyos szintjének megletéhez kötni, másfelől pedig a felzárkóztatás nem egy kezdőponttal induló és végponttal záruló folyamat, hanem olyasmi, ami egész életünkön át történik mindannyiunkkal, hiszen mindig van olyan terület, amelyen másokhoz képest még fejlődnünk kell. Úgy is mondhatnánk: lemaradás mindig van. Mérteke és aránya persze nagyon eltérő lehet, s ezt nem lehet figyelmen kívül hagyni. Az alapkészségek területén mutatkozó hiányságok nagyobb hátrányt jelentenek, így pótlásuk is fontosabb és nehezebb feladat, melyet azonban a szakkollégiumok történetük során

mindig magukra vállaltak. (Elég csak a Népi Kollégiumok mozgalmára vagy a hajdani Eötvös Collegiumra gondolni, de a rendszer-váltó szakkollégiumokban is erőteljesen megjelent ez az igény.) Más nézőpontból közelítve, azért sem érdemes a két fogalmat elválasztanunk, mert ma a tehetség és tehetséggondozás definíciója egyre kevésbé kötődik az egyén eredendően meglévő és látható képességeihez, valamint ezek szegregált formában történő fejlesztéséhez, hanem – a „mindenki tehetséges lehet valamiben” szemléletmódja alapján – egyre inkább értünk alatta olyan tevékenységformát, melynek a tehetséggondozás és a felzárkóztatás ugyanolyan fontos része, mint a tehetségszolgálat. Végül még egy érv, amely alátámasztja, hogy tehetséggondozás és felzárkóztatás szorosan összetartozó fogalmak: az oktatás világának fogalomrendszerét újabban meghódító komprehenzivitás igénye, amelynek számunkra legfontosabb tézise, hogy a különböző képességű és társadalmi hétértű hallgatók heterogén csoportokban történő fejlesztése révén érhetők el a legjobb eredmények a csoport valamennyi tagjánál. A minőség kérdése tehát nem merül fel – ahogy Vázsonyi Ottó fogalmazott – „természetesen” a felzárkóztatást is zászlajukra tűző intézmények esetén, illetve felmerül, de olyan formában, hogy milyen minőségi többletet jelent a hallgatók számára a szakkollégiumokban megvalósuló komprehenzivitás, s hogyan járul hozzá mindez a tudatos értelmiség-neveléshez, a társadalmi szolidaritás kifejlődéséhez.

Harmadikként a szakkollégiumok kapcsolattartási szokásaira érdemes kitérnünk. A sokat emlegetett szakkollégiumi mozgalom valójában csak a demokratikus átmenet idején létezett, ekkor egyetlen közös cél és tulajdonság, a demokratikus normák megszilár-

dítása és a rendszerellenesség adta a mozgalom kohéziós erejét. Ehhez mérhető célt azóta sem találtak a szakkollégiumok, így az újra és újra felcsapó mozgalmi lángok az elmúlt húsz évben mindig kihunytak. A parázs azonban sohasem aludt el teljesen, így amikor újabb cél jelenik meg a horizonton, számítani lehet a mozgalmiság feléledésére (lásd például 2008 őszén a *De a mienk – Magyarország 2030* sorozatot). A kapcsolattartás ilyenkor sem valódi kapcsolati háló létrejöttét és használatát, sokkal inkább periférikus együttműködéseket jelent egyes (főleg budapesti) szakkollégiumok között. Az előbbiekből az (is) következik, hogy amennyiben feladatként az „elszigetelt” határon túli és az anyaországi szakkollégiumok közötti kapcsolatok kiépítését jelöljük meg, úgy az elsődleges feladat egy közös cél azonosítása lehetne számukra. Közös elemekként említhetők például a két intézménytípus célrendszerében az oktatási innovációk katalizátora szerepének betöltése a felsőoktatás rendszerén belül, valamint a már említett Kárpát-medencei tudományos közösség megteremtése. E vonalakon esetleg érdemes lehet elindulni egy közös konferencia megszervezésével és lebonyolításával. A határokon átvélt kapcsolati háló megteremtésének azonban véleményem szerint további fontos előfeltétele a határon túli intézmények egymás közötti kapcsolatainak megerősítése, valamint a szakkollégiumok kapcsolattartási szokásaira itthon leginkább jellemző testvérintézményi viszony kialakítása egy-egy határon túli és hazai szakkollégium között. (Utóbbi együttműködési lehetőségre jó példa a budapesti ELTE Bibó István Szakkollégium és a kolozsvári Mikó Imre Szakkollégium kapcsolata.) Az alulról szerveződő mikro-együttműködésekre és a felülről segítő ösztönző lépésekre tehát egyaránt szükség lehet, és nagyon

egyket kell érteni a Márton Áron Szakkollégium igazgatójával is, aki a nagyobb figyelem és az egységes koncepció szükségességét emelte ki. E célok megvalósítását pedig mi szolgálhatná jobban, mint a párbeszéd megindítása a szereplők között.

Farkas Anikó

BA-hallgató, szakkollégista, ELTE Állam- és Jogtudományi Kar Politikatudományi Intézet
farkasaniko@yahoo.com

•

Nagy érdeklődéssel és kíváncsisággal olvastam Farkas Anikó gondolatait a határon túli szakkollégiumok kapcsán. A szerző által leírtakhoz szeretnék pár gondolatot magam is hozzáfűzni. Elfogadva Farkas Anikó megállapítását, miszerint „Az első állításom, hogy szakkollégium *sui generis* nevelési-oktatási forma, vagyis nincs hozzá fogható, vele bármilyen objektív szempontrendszer alapján összehasonlítható intézmény az oktatás világában. Egyedisége mellett ezen intézmények halmazára a sokszínűség és a heterogenitás jellemző, mely a sajátos működési elvek, elsősorban a magas fokú autonómia és önkormányzatiság következménye. Nincs tehát két egyforma vagy

akár egymásra valamennyi lényeges tulajdonságában hasonlító szakkollégium, vannak azonban fontos, általánosan jellemző tartalmi ismertetőik.” Szeretnék rávilágítani arra a tényre, hogy egyetlen szakkollégium sem független a felsőoktatási környezettől, valamit tágabb kontextusban a társadalmi környezettől. Ahhoz, hogy egy öntevékeny csoport, és jelen esetben ezt nevezzük szakkollégiumnak, megfelelő módon tudjon működni és eredményeket tudjon elérni, „mint egy szervezet” be kell tagozódnia az őt körülvevő térbe, hiszen csakis így tud megfelelő módon forrásokat, illetve plusz lehetőségeket biztosítani a tagjai számára. A fenntartható fejlődés a „szervezet számára” – véleményem szerint – csakis ebben a formában valósítható meg. A szerző által a szakkollégiumok funkciója alapján megfogalmazott gondolatokkal mélységesen egyetértek, saját reményeim szerint a leírtak hamarosan megjelennek a valóságban is. Sajnos a gyakorlat jelenleg még nem mindenhol mutatja a leírtakat.

Vázsonyi Ottó

igazgató, Balassi Intézet,
Márton Áron Szakkollégium
vazsonyi_otto@masz.pte.hu

NEMI SZTEREOTÍPIÁK HATÁSA A TUDOMÁNYOS TELJESÍTMÉNYRE

2009 júniusában a *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (PNAS) beszámolt egy Brian Nosek és munkatársai (2009) által végzett kutatásról, amelyben a nők kisebb természettudományi tehetségére vonatkozó sztereotípiáknak a tudományos teljesítményre gyakorolt hatását vizsgálták. Feltételezésük szerint az összta-

dalmi szinten jelentkező implicit sztereotípiák és a tudományos életben mutatkozó nemi egyenlőtlenségek – kölcsönösen erősítve egymást – formálják a nemek közti szakadékot.

A közhiedelmek hatásának vizsgálatánál élesen elkülönítették a hallgatólagos, implicit sztereotípiákat a beismert, explicit sztereotípiáktól. Eredményeik szerint ugyanis csak az előbbi jelzi előre megbízható módon a vizsgált csoport – esetükben a nyolcadik osztályos tanulók természettudományos és matematikai teszten elért – eredményét. A diákok között nagyobb arányban jobban teljesítő

fiúk megerősítik azt a vélekedést, miszerint a fiúk természetüknél fogva tehetségesebbek a tudományok terén. Több felmérés igazolja azonban, hogy a nemek teljesítményében mutatkozó különbség országonként – és egy adott nemzetet vizsgálva időben is – változik. Mindez azt sugallja, hogy az eltérő teljesítő-képesség nemcsak a természet adta, hanem szocio-kulturális tényezők függvénye is.

A sztereotípiák teljesítményt befolyásoló hatása közismert. Példaként említhető az a vizsgálat, amely során a vizsga előtt a hölgyeket emlékeztetik a „férfi = tudomány” sztereotípiára, illetve feltűnés nélkül hangsúlyozzák női mivoltukat. A vizsgálatok szerint mindez már önmagában is elegendő ahhoz, hogy a hölgyek gyengébben teljesítsenek a mentális befolyásnak ki nem tett kontrollcsoporthoz képest. A másik a teljesítményt befolyásoló hatás a tudóstársadalom nemek szerinti megoszlása, ahol a szemmel látható különbségek tovább erősítik a közhiedelmek hatását.

Nosek és munkatársai (2009) vizsgálatai azt mutatták, hogy az adott ország hallgatólagos sztereotípiájának átlagos mértéke – amelyet egy internetes felületen elérhető asszociációs teszt segítségével mértek – megbízhatóan prediktálja a 8. osztályos tanulók teljesítményében mutatkozó két nem közötti különbséget. Az összefüggés kiterjeszthető más mutatókra is, így az adott társadalom hallgató-

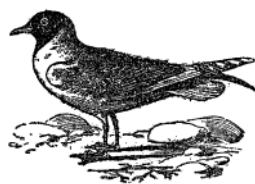
lagos sztereotípiájának mértéke a kutatói pályára lépők nembeli megoszlására is utal.

A fenti összefüggéseket fontos lenne szem előtt tartani a természettudományos pálya népszerűsítése érdekében tett erőfeszítéseknél. Egy ország tudományos teljesítményének maximalizálásához elengedhetetlenek az olyan oktatás-, illetve tudománypolitikai törekvések, amelyek a fiatal nőket a tudománytól elidegenítő hatások mérséklését célozzák. Mivel a hallgatólagos nemi sztereotípiák és a nemek tudományos szerepvállalásában mutatkozó különbségek egymást kölcsönösen erősítő folyamatok, így az idézett cikk összefüggéseire tekintettel olyan szakpolitikai stratégia lenne a leghatékonyabb, amely mindkét tényezőt egyaránt figyelembe veszi.

Irodalom: Nosek, Brian A. – Smyth, F. L. – Sriram, N. – Lindner, N. M. – Devos, T. – Ayala, A. – Bar-Anan, Y. – Bergh, R. – Cai, H. – Gonsalkorale, K. – Kesebir, S. – Maliszewski, N. – Neto, F. – Olli, E. – Park, J. – Schnabel, K. – Shiomura, K. – Tulbure, B. T. – Wiers, R. W. – Somogyi, M. – Akrami, N. – Ekehammar, B. – Vianello, M. – Banaji, M. R. – Greenwald, A. G. (2009) National Differences in Gender-Science Stereotypes Predict National Sex Differences in Science and Math Achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 106, 10593–10597.

Sulyok Katalin

egyetemi hallgató,
a Nemzeti Tehetségsegítő Tanács titkára
sulyokkata@gmail.com



Kitekintés

ÖNTUDATOS DISZNÓK

A házisertések rövid idő alatt képesek megfigyteni a tükör működésének titkát, elsajátítani használatát, és ezzel olyan elit csoportba tartoznak, amelynek eddig ismert tagjai az emberen és még néhány főemlősön kívül a delfinek, az elefánt, a szarka és egy afrikai szürkepapagáj – állapították meg a University of Cambridge kutatói most publikált tanulmányukban.

Kísérleteikben nyolc fiatal állatot párosával helyeztek el egy-egy tükörrel felszerelt karámban, így azok a tükörben magukon kívül a lakótárs mozgását is megfigyelhették. Kezdetben egy másik állatként kezelték tükkörképüket – a legtöbb állatfaj megáll ezen a szinten –, a sertések azonban hamar rájöttek a trükkre, és öt órán belül kiismerték a tükör működését, pontosan megértették a maguk és tükkörképük mozgása közötti összefüggést.

Az öt óra ismerkedés alatt tanultakat később képesek voltak alkalmazni egy másik karámban, ahol egy fal mögé csak az ott lévő tükkörből látható edelt helyeztek el a kísérletezők. A nyolc malac közül csak egy volt, amelyik a tükör mögött kereste az ennivalót, a másik hét 23 másodpercen belül feldolgozta a látványt, felismerte a helyes irányt, és elfordulva a tükkörtől egyenesen a rejtekhelyhez csörtetett.

A kutatók szerint az eredmények azt mutatják, hogy a sertések fejlett éntudattal rendelkező, érzékeny lények, és a jövőben mind-

ezt figyelembe kellene venni az állattartás körülményeinek kialakításánál is.

Broom, Donald M. – Sena, Hilana – Moynihan, Kiera L.: Pigs Learn What a Mirror Image Represents and Use It to Obtain Information. *Animal Behaviour*. 2009, 78, 1037.

RÉGI KÖNYVEK ILLATA

A hagyományos könyvtárak jellegzetes illata a könyvek anyagainak bomlása során felszabaduló illékony szerves vegyületekből adódik, melyek közül már több százat azonosítottak. A pontos összetétel, a bomlástermékek aránya jellemző a könyvek készítésekor felhasznált eredeti anyagokra, de tárolásuk körülményeire, az elszennvedett külső behatásokra és jelenlegi állapotukra is.

Szlovén és angol kutatók most olyan eljárást ismertettek, amellyel egy könyv „szagából”, egy zárt térben fölötté levő levegő összetételéből megállapítható a régi könyvek, értékes történelmi dokumentumok állapota. A módszer előnye, hogy teljesen roncsolásmentes, a könyvekhez hozzá sem kell érni; segítségével a könyvtárak és múzeumok papíralapú állománya könnyebben felmérhető és megóvható.

A kísérleteket hetvenkét darab, különböző típusú, 19. és 20. századból származó történelmi dokumentum felhasználásával végezték. Az analízishez tömegspektrométerrel

összekapcsolt gáz-kromatográfot használtak, és többváltozós adatelemzés segítségével sikerült kiválasztani tizenöt olyan illékony anyagot, amelyek koncentrációja jól leírja a könyvek állapotát. A szerzők szerint hasonló módon – azaz a bomláskor keletkező illékony komponensek elemzésével – más termékek, így például élelmiszerek, gyógyszerek, műanyagok állagának felmérése is lehetséges.

Strlic, Matija et al.: Material Degradomics: On the Smell of Old Books. *Analytical Chemistry*. 15 October 2009. 81, 20, 8617–8622.

TÁVOLRÓL IS ÁRTHATNAK A NANORÉSZECSEKÉK?

Már a megjelenést követő napokban nagy visszhangot és heves vitákat váltott ki nemzetközi tudományos és sajtóköri körökben az a brit kutatók által publikált cikk, amely a lassan az élet minden területére benyomuló nanoszerkezetű anyagok egészségügyi kockázataira hívja fel a figyelmet.

Az 1 és 100 nanométer mérettartományba eső apró részecskékből álló anyagok, melyek a legváltozatosabb kémiai összetételben készülhetnek, az utóbbi években a kutatás-fejlesztés sztárjai lettek. Különleges tulajdonságukat elsősorban az extra kicsi részecskeméretüknek köszönhetik, és ma már az elektronikai ipartól a rákgyógyászatig szinte mindenütt használják őket. Éppen méretük miatt hívták fel többen már korábban is a figyelmet, hogy a nano-anyagoknak élő szervezetre gyakorolt hatásai kiszámíthatatlanok, hisz a testben különleges helyekre is eljuthatnak.

A most közzétett tanulmány szerint 30 nanométer körüli kobalt-króm-ötvözet-részecskék bizonyos körülmények között ká-

rosíthatják a sejtek DNS állományát, ráadásul még olyan esetben is, mikor nem kerülnek velük közvetlen kapcsolatba. (Ilyen ötvözetet használnak egyébként, csak más mérettartományban, az ízületi implantátumokhoz is.) A nanorészecskék hatásának közvetlenül kitétt és a távolabbi sejtek károsodásának jellege és mechanizmusa is eltérő. Az utóbbi hatást a humán sejtenyésztéssel végzett vizsgálatokban született eredmények alapján a sejtek közötti információátadással magyarázzák.

Bhabra, Gevdeep et al.: Nanoparticles Can Cause Dna Damage across a Cellular Barrier. *Nature Nanotechnology*. Published online: 5 Nov. 2009. doi:10.1038/nnano.2009.313

ELKÉSZÜLT A LÓ-GENOM

Az ember, a csimpánz, az egér, a patkány, a kutya, a macska és a szarvasmarha teljes örökítő anyagának „feltérképezése” után most egy újabb emlős, a ló (*Equus caballus*) teljes genomjának szekvenciája is elkészült. A ló örökítő anyagának megismerése segíthet a lovak egészségvédelmében, a lótenyésztésben és nem utolsósorban bizonyos emberi betegségek jobb megértésében, ugyanis a lovaknál több mint 90 olyan örökletes betegség ismert, amelynek emberi megfelelője is létezik.

Az amerikai kutatók által vezetett programban (Massachusetts Institute of Technology, Broad Institute of MIT and Harvard) a *Twilight* nevű telivér kanca DNS-ét szekvenálták. Kiderült, hogy a ló teljes örökítő anyaga, mely harminckét pár kromoszómában helyezkedik el, körülbelül 2,7 milliárd bázispárt tartalmaz (az emberé kb. hárommilliárdot).

A Kerstin Lindblad-Toh által vezetett kutatások során megállapították, hogy az egyes lófajták között kb. egymillió egybetűs gene-

tikai eltérés, ún. DNS-polimorfizmus (SNP – single-nucleotide polymorphism) van. A kutatók ugyanis összehasonlították több különböző fajta – egyebek között az andalúziai, az izlandi, a norvég fjord, az arab ló – DNS-ét, és a különböző fajtákon belüli és a fajták közötti polimorfizmusról katalógust készítettek. Ezen SNP-k meghatározása segíthet a lovak, és közvetve az ember bizonyos betegségeinek örökletes hátterét azonosítani.

A ló DNS-bázissorrendje az interneten a kutatók számára elérhető, így a jövőben ezzel kapcsolatban sok *in-silico* felfedezést várnak. Lindblad-Toh, Kerstin et al.: Genome Sequence, Comparative Analysis, and Population Genetics of the Domestic Horse. *Science*. 2009. 326, 865–867 doi: 10.1126/science.1178158

ÚJ REMÉNY A TÜDŐRÁK KEZELÉSÉBEN

Az egerek felében eltűnt a tüdőrák annak a kísérleti vegyületnek a hatására, amelynek fejlesztésén az Imperial College London kutatói dolgoznak. A Michael Seckl professzor által vezetett csoport eredményeit a *Cancer Research* című folyóirat online közölte. A tudósok remélik, hogy hamarosan megkezdődhetnek a klinikai vizsgálatok, azaz betegeken próbálhatják ki az új szer hatékonyságát.

Az ún. kis-sejtes tüdőrákról van szó, amely a tüdőrákos megbetegedések kb. 20 %-át jelenti. Ez a tüdőráknak egy igen agresszív formája, az öt éves túlélők aránya mindössze 3 %. A daganat a szervezetben igen gyorsan terjed, így műtéti eltávolítása csak ritkán lehetséges. A betegeket ezért kemoterápiával és sugárterápiával kezelik, amelyek kezdetben hatékonynak tűnnek, mert csökkentik a

tumor(ok) méretét, és ezzel javítják az életminőséget. Csakhogy a daganatok általában gyorsan kiújulnak, s ilyenkor már gyakran rezisztenssé válnak a kezelésekre.

A brit kutatók kísérleti szere állatokban igen hatékonynak bizonyult: gátolta a daganatok növekedését, fokozta kemoterápiával szembeni érzékenységet, és voltak állatok, amelyek szervezetéből teljesen eltűnt a tumor. Secklék korábbi kísérleteikben kimutatták, hogy a kis-sejtes tüdőrák sejtei azért olyan agresszívek, azért képesek rendkívül gyors osztódásra, mert ebben az ún. FGF-2 növekedési hormon segíti őket. A PD173074 jelzésű vegyület e növekedési hormon receptorait blokkolja, így megakadályozza, hogy az a ráksejtek szolgálatára álljon.

Seckl professzor és csapata reméli, hogy már 2010-ben megkezdődhetnek a klinikai vizsgálatok.

Seckl, Michael J. et al.: The Fibroblast Growth Factor Receptor Inhibitor PD173074 Blocks Small Cell Lung Cancer Growth In vitro and In vivo. *Cancer Research*. 10. 11. 2009; doi:10.1158/0008-5472.CAN-09-1576

SZAVAK ÉS GESZTUSOK AZ AGYBAN

A gesztusokat ugyanazokon a területeken dolgozza fel és értelmezi az agy, mint a beszédet – állítják amerikai kutatók (National Institute on Deafness and Other Communication Disorders, Hofstra University School of Medicine, San Diego State University) az Amerikai Tudományos Akadémia lapjában a *PNAS*-ben (*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*).

Angol anyanyelvű egészséges önkéntesek agyát funkcionális mágneses rezonancia képalkotó eljárással vizsgálták, miközben videoklipeket vetítettek nekik. A 45 másodperces filmeckéken a kísérleti személyek vagy gesztusokat láttak, azaz pantomimszerű, illetve szimbolikus mozdulatokat vagy gesztusokat megfogalmazó szavakat, kifejezéseket hallottak. A kontrollkísérletek során pedig olyan filmeket néztek, amelyeken sem a mozdulatoknak, sem a szavaknak nem volt semmi értelmük, így az agy sem gesztusként, sem nyelvként nem értelmezte azokat. A kutatók a kísérletek során természetesen azt vizsgálták, hogy a videók az agy mely részeit aktiválják.

Azt találták, hogy a gesztusnyelv és a beszélt nyelv egyaránt az agy azon területeit

stimulálja – a homloklebenyben lévő ún. Broca- és a halántéklebenyben lévő ún. Wernicke-mezőt –, amelyekről régóta tudják, hogy a beszédért felelősek.

A kutatások vezetője, Allen Braun szerint eredményeik alátámasztják azt a régi elméletet, amely szerint a beszélt nyelv a gesztusnyelvből fejlődött ki, és az ember evolúciója során a gesztusokat feldolgozó agyi régiók „vállalták” magukra a beszéddel kapcsolatos feladatokat. Braun azt is hangsúlyozza, hogy e rendszerek alaposabb megismerése közelebb vihet az afázia, vagy más beszéd-, illetve kommunikációs zavarok megértéséhez és kezeléséhez.

<http://www.nidcd.nih.gov/>

Gimes Júlia



Könyvszemle

Új vidékpolitika, Párbeszéd a vidékért, A vidék újra-felfedezése: Glatz Ferenc új könyvéből

2005 tavaszán Glatz Ferenc, az MTA volt elnöke felvázolta egy új vidékpolitika tudományos/konceptcionális megalapozását. E munkában saját kutatási és nemzetközi kitekintése mellett felhasználta az általa 1996 óta irányított Nemzeti Stratégiai Kutatások keretében elkészült környezethasználati, agrártudományi és területfejlesztési tanulmányokat. E koncepció megfogalmazására az a felismerés ösztönözte, hogy a rendszerváltozás óta hazánkban a falu/város egyenlőtlenségek erősödtek, a mezőgazdaság pedig – kiváló természeti adottságai ellenére – tartós válságba került. E jelenségek (is) akadályozták hazánk remélt felzárkózását az Európai Unió átlagához. E helyzetfeltárás adja a kötet első részét. A szerző ezután e tanulmányt széles szakmai körben bemutatta, s *Párbeszéd a vidékért* néven mozgalmat (egyesületet) hozott létre. A mozgalom programtanácsa hat munkabizottságot szervezett, (témáik: intézményrendszer, gazdaság, természeti környezet, infrastruktúra, társadalom, önszerveződés), melyek egy hónap alatt tézisszerűen megfogalmazott cselekvési programokat dolgoztak ki egy távlatos, a jelen konfliktusait oldó új vidékpolitika számára. Ebből állította össze Glatz *A vidéki Magyarország jövője* című előadását-tanulmányát. 2005 májusának első felében e tanul-

mányt Debrecenben, Győrött, Miskolcon, Pécsen és Szegeden az MTA területi bizottságai szakértői vitatták meg, ezzel párhuzamosan tízenként közszemben falugyűlésen is ismertették. A vidéki lakosok maguk is kifejezték tapasztalataikon alapuló nézeteiket a lehetséges jövőképről. A *road-show* eredményeinek, hangulatának színes és szakszerű következtetéseket levonó naplójegyzetei adják a kötet második részét. A harmadik rész pedig egy cselekvési programjavaslat (*A vidék átalakulásának segítése*), kilenc alfejezetre tagolva.

E tartalmi vázlatból is kitűnik, hogy igen-csak rendhagyó munkát olvasunk. Tulajdonképpen egy társadalomtudományi indíttatású (agrártudományi és környezettudományi elemeket is magába foglaló) K+F-program fejlesztési részét fogalmazta meg a szerző, úgy, hogy a könyv első részében a fő alapkutatási eredményekre alapoz, a harmadik részben pedig túllép a fejlesztési célok megfogalmazásán, szakpolitikai teendőket is meghatároz.

A kutatási eredmények közül a következőket érzem kiemelendőknek: *a vidéki gazdaság nem azonos a mezőgazdasággal*. A magyar mezőgazdaság a rendszerváltozás után, különböző okok – például a termőföld privatizációjának nem szerencsés módja, a korábbi „puha”, versenykényszer nem jelentő kelet-európai piacok összezsugorodása – miatt jelentősen visszaesett. Ez a vidéki foglalkoztatást, jövedelmeket hátrányosan befolyásolta. Tévedés azonban arra gondolni, hogy a kedvező természeti adottságok jobb, ésszerűbb

kihasználása megoldhatja a vidék gondjait. A mezőgazdasággal fő hivatásként országosan az aktív népesség 6 %-a foglalkozik; a községekben is csak 25–30 %-a. A nemzetközi összehasonlításban igen alacsony foglalkoztatás bővítése nem képzelhető el újraparosítás, környezetvédelmi beruházások, idegenforgalmi s más szolgáltatások elterjesztése nélkül.

A *falu-város különbségek* erősödése, a vidék emancipációjának hiánya: Nyugat-Európában az 1960-as évektől kezdve napjainkig a korábban ott is fennálló szakadék kiegyenlítődt; város és vidéke egységes régiókba szerveződött. Kelet-Közép-Európában (így hazánkban is) ez a kiegyenlítőds (pl. az infrastruktúra-fejlesztés tartós elhanyagolása miatt) nem jött létre a rendszerváltozásig, azóta pedig, a piacgazdaság nagyvárosokat preferáló körülményei között, a településhálózaton belüli életszínvonal s életmódbeli különbségek aggasztóan megnöttek. Ez is akadályozza a vidék társadalmi emancipációját: a „vidéki” jelző nemcsak lakóhelyet jelent (mint a fejlett országokban), hanem pejoratív íze is van: elmaradottságra, korszerűtlenségre is utal.

Érdekes, új fogalom a *vidék közhaszna*. Ez alatt nemcsak az élelmiszer-termelést vagy más gazdasági tevékenységet kell érteni, hanem például a környezet védelmét, ritka élőhelyek vagy állatfajták fenntartását, a népi kultúra megővését, vagy a kultúrtáj fenntartását is! Senki nem vonja kétségbe műemlék épületek megővésének indokoltóságát s költségét – éppen így indokolt lehet a megművelt földterületek használata fenntartásának – s a paraggá válás elkerülésének közhaszna is.

Úgy vélem, az első résznek a vidék fogalmának tisztázásával kellett volna kezdődnie, s nem a vége felé (a 68 oldalas rész 57. oldalán) felbukkannia. Mivel – mint a szerző is kifejti, – a „vidék” fogalomnak többféle meg-

tározása van, még a hazai szaknyelvben is háromféle, már az indulásnál tájékoztatni kellett volna az olvasót – mit ért a szerző a „vidék” fogalmán?

Nem következetes a szerző a közép-európai volt szocialista országok földrajzi megjelölésében – még egyetlen mondaton belül is ír Kelet-Közép-Európát és Közép-Kelet-Európát. Földrajzi szempontból a Kelet-Közép-Európa (az angol nyelvű szakirodalomban is: East-Central Europe) a helyes, mivel ez jelenti Közép-Európa keleti felét, ahol hazánk is található.

A harmadik rész a *fejlesztési célok* megfogalmazása – ezek különböző szintű és időtávú célok, különös figyelemmel a vidéki társadalom megerősítésére, a helyi döntések és az önszerveződés jelentőségére. A célok megvalósítási menete már szakpolitikai eljárásoktól, lehetőségektől függ; a politikai kiértékelés nem tartozik szakmai kompetenciák körébe.

A könyv – és a kutatás-fejlesztés – szakpolitikai menete több általános következtetést is megenged. Az *első*, hogy ez a háromféle tevékenység *összekapcsolható*. Konceptiózus vezetés esetén ugyanaz a kutatási team – más-más vitapartnerekkel kiegészülve s az érintett állampolgárok véleményét/tapasztalatát megismerve – végig tudja vinni az alapkutatástól az alkalmazásig az egész folyamatot. A *második*, hogy a 2005-ben megfogalmazott (s az 1996-tól folyó kutatásokra alapozott) hipotézisek, mint az élelmiszer-gazdaság megújuló jelentősége, a környezetvédelmi funkciók gazdaságélénkítő szerepe 2009-ben, mint a válság utáni kilábalás egyik lehetséges útja fogalmazódott meg. Igazolva sokszor hangoztatott meggyőződésemet, hogy a tudományos kutatásnak nem időszerű problémákkal kell foglalkoznia, hanem amelyek öt, tíz vagy húsz év múlva válnak égetően időszerűvé. Ha az

új vidékpolitika most már épülgető szervezetei átfogó és hosszú távú nemzetpolitika részévé válhatnak a jövőben, a szakembercsoport, a szükséges tudományos megalapozás íme rendelkezésre áll. (Glatz Ferenc: *Új vidékpoli-*

tika, Párbeszéd a vidékért. Budapest: MTA Társadalomkutatási Központ – Párbeszéd a vidékért Egyesület, 2008. 270 p.)

Enyedi György
az MTA rendes tagja

Percz László: *Nemzet, filozófia, „nemzeti filozófia”*

A kötet az Argumentum Kiadó és a Bibó István Szellemi Műhely gondozásában, az *Eszmetörténeti Könyvtár* sorozat hetedik köteteként jelent meg. A sorozat korábbi hat kötetéhez hasonlóan könyvészetileg kiváló, jó minőségű, igényesen szerkesztett munka.

A szerző, a magyar filozófia történetének legjobb ismerői közé tartozó Percz László igen nehéz, ám fontos és szükségszerű feladatra vállalkozott, amikor hozzákezdett e monografikus igényű fellépő munka megírásához. Igen nehéz feladatra, mivel a magyar filozófia története a lassan több mint két évtizede újult erővel meginduló alapkutatások dacára is nagyrészt feltárára váró tudományterület, hiányoznak fontos bibliográfiái, jó minőségű kézikönyvei és monográfiái is. Sajnos az elmúlt évtizedek finoman szólva nem segítették ennek a tudományterületnek a kibontakozását. Aligha meglepő tehát, hogy e szakterület még a kánonképződés fázisában tart. Percz munkájának tehát már anyaga is problematikusnak mondható, „tárgya” pedig különösképpen az. A magyar filozófia történetének egy kétségkívül jelentős tradícióját, a „nemzeti filozófia” hagyományát kísérli meg feltárni és végigvezetni reformkori kibontakozásától a két világháború közötti lezárulásáig.

Percz László, aki a „nemzeti filozófia” hazai tradíciójának alighanem legjobb ismerője, számos korábbi munkájában foglalko-

zott ezzel a problémakörrel. Habilitációs előadásának írásos változata, mely *A „nemzeti filozófia” toposza a magyar filozófiatörténetben* címet viseli, tulajdonképpen már a jelen munka vázlatát adja. Jelen munka azonban nem csupán az „egyezményesek”, Alexander Bernát, Karácsony Sándor és az „alkat-diszkurzus” lezárásaként Bibó István ilyen irányú gondolatait vizsgálja és teszi *comparatio* tárgyává, hanem a teljesség igényével föllépve (bár ezt az igényt maradéktalanul ki nem elégítve) igyekszik föltárni a „nemzeti filozófia” hazai tradíciójának több mint száz esztendejét. Tárgyalásra kerül a kötetben egyebek mellett Erdélyi János, Böhm Károly, Imre Sándor, Palágyi Menyhért, Pekár Károly, Fülep Lajos és Prohászka Lajos ehhez a gondolatkörhöz kapcsolódó bölcselése is.

A szerző rendkívüli jártasságát a témában a felvonultatott irodalom- és hivatkozásjegyzék is alátámasztja. A felhasznált munkák köre igen széles, alapos kutatómunka bizonyítékaul szolgál. Megjegyzendő azonban, hogy Percz az egyes alkotók tárgyalásakor kizárólag azok publikált forrásaira támaszkodik, ám ezt maga sem igyekszik elkenőzni az olvasó elől. Egy ilyen nagyívű, monografikus igényű fellépő munkában azonban úgy gondolom, talán érdemes lenne kitekinteni a többé-kevésbé ismert írások köréből, hiszen a különféle levéltárak és kéziratgyűjteményei bizonyosan rejtene számos hasznos adalékot az egyes alkotók nemzeti eszméről vallott fölfogására, a „nemzeti filozófiához” való viszonyaira is. A fenti kíváncsi azonban in-

kább csupán megjegyzés a részemről, mint kritika, hiszen egy ilyen aprólékos kutatómunka elvégzése alighanem több kutatógeneráció feladata lehet. Hogy e munkát idővel el kell végezni, az bizonyos, hiszen az ilyen kutatások nagyban árnyalhatják, vagy esetleg meg is változtathatják azt a képet, amely az egyes alkotók pusztán legismertebb, legjelentősebbnek tekintett munkáiból rekonstruálható.

Percz rövid filozófiatörténeti bevezetőben rajzolja meg azt az ívet, amelyen a romantika korától a pozitivizmuson át a szellemtörténetig igyekszik elhelyezni a kötetben tárgyalásra kerülő alkotókat, majd új- és modernkori német szerzők (Leibniz, Kant, Herder, Fichte, Wundt, Glockner, Heidegger) munkásságában mutatja ki nemzet és filozófia metszéspontjait. A német példa kétségtelenül a legnagyobb hatást gyakorolta a magyar bölcselekre, de a kelet-közép-európai régió országaiban élő gondolkodókra is, és nem csupán a nemzetről vallott fölfogásuk, nemzetéhez és tudományhoz, nemzetéhez és filozófiához való viszonyuk tekintetében. Úgy gondolom azonban, hogy e német minta fölvezetése ugyan szükséges, de nem elégséges feltétele annak, hogy az ebben a témakörben kevésbé pallérozott olvasó megérthesse, hogy bármennyire számottevő is a meinelkei értelemben vett „kultúrnemzeti” nemzetfogalom relevanciája számos magyar bölcselel nemzetfölfogására nézve, azért mégsem tekinthető analógiának. Például Böhm Károly esetében az „államnemzeti” és „kultúrnemzeti” nemzetfölfogás egyértelműen összefonódik, míg akadnak olyan szerzők is, akik saját gondolataikat éppen a német mintával oppozícióban fogalmazzák meg. A német példa mellett tehát – úgy gondolom – érdemes lett volna legalább az ettől eltérő, ám európaszerte élő és ható francia mintát is bemutatni, már ami a nem-

zeti eszméhez, a nemzet fogalmához való viszonyulást illeti.

Percz csupán néhány mondatban említi meg, hogy számos nyugat-európai filozófiai törekvés, a német idealizmustól, a francia tradicionalizmuson át az olasz ontologizmusig, tűzte ki célul nemzeti tartalmak kifejezését. Ezeknek a tradícióknak a filozófiatörténeti földolgozása a magyar hagyományénál jóval dokumentáltabb, ezért talán indokolt lett volna az egész munkát egy határozott mozdatokkal megrajzolt nacionalizmustörténeti keretbe foglalni, ugyanis enélkül a kötet valamelyest azt a benyomást kelti, mintha nem lenne más, mint tematikusan összekapcsolódó, egymásra reflektáló tanulmányok gyűjteménye.

Nagy erénye a kötetnek, hogy határozottan foglal állást annak tekintetében, hogy mi tartozik a magyar „nemzeti filozófia” vizsgálati körébe és mi nem. Így például Percz elhatárolja a szó szoros értelmében vett „nemzetkarakterológiát”, a pusztán magyar nyelven folytatott filozófiát is magától a „nemzeti filozófiától”, amit nemzeti identitásteremtő/nemzetteremtő folyamatként értelmez, melynek hosszú ideig tartó népszerűségét társadalmi funkciója magyarázza. Voltaképpen a magyar „nemzeti filozófia” kibontakozását a nyugat-európai polgári nemzetek fejlődéséhez képest elmaradott honi nemzetfejlődéssel hozza összefüggésbe, aligha vitatható módon. A kötetben szereplő bölcselekre közül számosan hivatkoznak erre a megállapításra.

Apácai Csere János *Encyclopaediája* mint az első magyar nyelven írott, kora tudományos ismeretanyagának átadására törekvő, elsősorban iskolai használatra szánt tankönyv kerül tárgyalásra, mely egyben Descartes filozófiájának kortárs hazai recepcióját jelenti, s amelyet másfél évszázadig nem követett

használó színvonalú bölcseleti teljesítmény. Budai Ferenc hírhedt antikantiánus *Rostája* a maga erősen zárt nemzetfölfogásával, nyers, polemikus hangvételével másfél évtizedre akasztja meg az éppen a tetőpontján tartó Kant-vitát.

Ezt követően Percz fölvezet a XIX. század első felének akadémiai vitáit, melynek során a nemzeti nyelv elsődlegességének hangsúlyozásán keresztül, az intézményes magyar filozófia kívánalmán át, megfogalmazódik a szubsztantív értelemben vett magyar „nemzeti filozófia” megteremtésének követelménye. Ennek előfeltétele szerint létezik egy bizonyos jól megragadható magyar nemzetkarakter, ennek megfelelően létezik egyfajta sajátosan magyar gondolkodásmód, melyre alapozva meg kell teremteni ennek a magyar nemzetkarakternek és magyar gondolkodásmódnak megfelelő, magyar „nemzeti filozófiát”. Erre a paradigmára épül tulajdonképpen a magyar „nemzeti filozófia” egész tradíciója, egészen az „alkat-diskurzust” lezáró Bibó István munkásságáig. A reformkortól a két világháború közötti időszakig tárgyalásra kerül, a magyar „nemzeti filozófiára” reflektáló alkotók mindnyájan osztották a fenti elvet, csupán abban különböztek egymástól, hogy a nemzetről vallott fölfogásuk mennyire zárt vagy nyitott az „idegen” szellemi termékek recipiálására, illetve milyen esszenciális tulajdonságokat vélnek meghatározónak a magyar alakra, jellemre, gondolkodásmódra vonatkozólag. Úgy gondolom, ezt Percz kötete nagyszerűen kifejezésre juttatja.

Az „egyezményes iskola” két legjelentősebb képviselőjének vizsgálatához Percz láthatóan sokat merít Mester Béla munkáiból, aki alighanem az „egyezményesek” filozófiájának legjobb hazai ismerője, s aki nem melléleg kötetünk lektorálását is végezte.

A továbbiakban néhány kritikai megjegyzésre szorítkozom a teljesség igénye nélkül, hiszen nem szeretném azt a hamis illúziót kelteni e sorok olvasójában, hogy a kötetben szereplő valamennyi alkotó munkásságával, akárcsak e tárgykörre vonatkozóan is, maradéktalanul tisztában lennék.

Dacára annak, hogy az „egyezményesek” célja a „nemzeti filozófia” megteremtése volt, magára a nemzet fogalmára mégis igen ritkán reflektáltak. Én a magam részéről ebben a sajátosan magyar „nemzeti filozófia” létrehozására irányuló törekvésben egy kettős védekezési reflex megnyilvánulását látom. Egyrészt, mint a magyar polgári nemzet megteremtésének és megvédelmezésének eszköze, másrészt, mint a filozófia gyámsága alól éppen ekkor, a XIX. század során „kiszabaduló” szaktudományok általi támadásokkal szembeni fellépést. A filozófiának ezek szerint kell, hogy legyen egy olyan tárgya, ami igazolja saját létjogosultságát, és ami nem tárgya egyetlen más szaktudománynak sem. Úgy gondolom, termékeny szempont lehetett volna, a „nemzeti filozófia” egyezményesek által vallott fölfogását összehasonlítani más, kortárs nyugati fölfogásokkal, s így az összehasonlítás fényében talán világosabbá vált volna hogy a nyugati „nemzeti filozófiák” is ugyanilyen védekezési reflex megnyilvánulásaiként értékelhetők, csak az ő esetükben ez a reflex nem kettős, hiszen a polgári nemzet megteremtésére az ő esetükben ekkorra már rég nem volt szükség.

Mind a Böhm Károlyt, mind az Alexander Bernátot tárgyaló részben szerepel, hogy mindketten „tudatos döntés nyomán tesznek szert magyar nemzeti azonosságtudatra”. Valójában a XIX. századi főként zsidó, de nagymértékben a német családok esetében is tapasztalható egyszerű jelenséggel van itt dol-

gunk, nevezetesen az asszimilációra való erőteljes törekvéssel (lásd Gergely András [szerk.]: *Magyarország története a 19. században*. Budapest: Osiris Kiadó, 2005, 412–417. és egyéb szöveghelyeken). Látni kell, hogy Böhm és Alexander esete egyáltalán nem különleges és érthetetlen. A laikus olvasó számára talán furcsa, hogy hogyan lehetett valaki magyar identitástudatú, ha még sokáig magyarul sem tudott folyékonyan beszélni, akit első intellektuális élményei és olvasmányai is a német kultúrához kötöttek. Nos, lehetett. Például Böhmöt kisgyermekkorától fogva arra nevelték, hogy: „Magyar vagy! Kosuth, Deák előtt le kell térdepelned!”. Tulajdonképpen tehát Böhm, Alexanderhoz hasonlóan mindvégig magyar identitásának vallotta magát, az asszimiláció és az „egy politikai nemzet” légkörében nevelődtek mindketten kisgyermekkoruk óta. A magyar identitást szinte már az anyatejgel szívták magukba. Az ő esetükben tehát nem valamiféle különleges magyarrá válást vagy kettős identitást kell látnunk, hanem egy nagyon jellemző, és egy ilyen soknemzetiségű monarchiában talán érthetően, kultúrpolitikai oldalról is támogatott tendencia megnyilvánulását.

A Böhm és Alexander közötti nézetkülönbség jobb megértéséhez a szerző felhasználja Bretter Zoltán tanulmányát is, amely nemcsak hogy alternatív műveltségesszményekről, hanem egyenesen eltérő művelődéspolitikai stratégiákról beszél kettejük kapcsán. Én ezt a megállapítást túlzásnak tartom, sőt még az alternatív műveltségesszmény címkéjét is megkérdőjelezem.

A Böhm és Alexander közötti nézetkülönbségnek szerintem nagyon prózai oka van, nevezetesen, hogy míg Alexander a magyar bölcséleti kultúra kiformalásához nélkülözhetetlennek tartja a fordításokat, addig Böhm

nem, ő inkább a minden idegen hatástól mentes originalitás eszméjét állítja előtérbe. Voltaképpen ezek az ellentétesnek látszó fölfogások kiegészítik egymást. Alexander csupán azért hangsúlyozza annyira a recepció fontosságát, mert meggyőződése, hogy ahhoz, hogy majd valamikor kialakulhasson egy böhmi értelemben vett eredeti filozófia magyar földön, annak előfeltétele a filozófiai kultúra meghonosítása.

A kötet egyes fejezetei tartalmaznak olyan „kliséket”, amelyek úgy tűnik számomra, hogy lassan már beépülnek a magyar filozófiatörténetbe az egyes szerzőkkel kapcsolatban. Ilyen „klisék” például az egyezményesek „dilettantizmusára” vagy Alexander „nem túlságosan eredeti, nem túlságosan mély gondolati tartalmakat” kimerítő voltára való utalás. Igaz, ezeket a nem igazán racionalizálható „kliséket” gyakran már a kortársak is alkalmazták, csak ettől még nem feltétlenül válnak igazzá. Azt gondolom, nem túlságosan szerencsés dolog egymáshoz mérícskélgni a különböző gondolkodói teljesítményeket, főleg nem szerencsés ezt a ma szemüvegén vagy akár egy más gondolkodó szempontrendszerén át tenni.

Alexander esetében, akinek még teljes bibliográfiája sem ismert, olyan alkotóról beszélünk, akinek az életművére is csupán madártávlatból van némi rálátásunk. Ismerünk néhány fontos művet, néhány tanulmányt, néhány cikket, de sokkal többet nem. Már ha pusztán a „nemzeti filozófia” kapcsán vizsgálom is a szerzőt, rögtön világos, hogy a „népjellem” és „nemzeti szellem” közötti pontos különbségtétel és mindkét fogalomnak ez a rendkívül dinamikus fölfogása, tehát nem örök érvényű, platonikus, történelem fölötti szubsztanciákként való ábrázolása, mennyire különböző a kortársak vagy a megelőző korszak elméleteihez képest. Ez a dinamikus

ábrázolásmód, noha valójában nagyon lényeges, megkülönböztető jegy, szinte az összes Alexanderrel eddig valamilyen formában foglalkozó munkában elsikkadt. Az az igazság, hogy már pusztán ez, a kötet tárgyához legszorosabban kapcsolódó részlet is bizonyítja, hogy Alexanderben többet kell látnunk, mint a jelentékeny hatású intézményteremtőt. Sok tekintetben eredeti, senkihez nem hasonlítható gondolkodó is, még akkor is, ha egyébként ő maga ezt a szempontot egész életében mellékesnek tekintette.

Az egyezményesek „dilettantizmusát” illetően pedig annyit jegyeznek meg, hogy nem mindegy, hogy ki és milyen szempontrendszer alapján alkot ilyen ítéletet. Például Bibó már könnyűszerrel érvel több mint száz esztendő távlatából a közösségi alkatra vonatkozó diskurzus plauzibilitása ellen egy olyan korban, amikor már a tudományosság kritériumai, vizsgálati módszerei megszilárdultak, létrejött számos olyan önálló tudományterület, amelyek olyan új eredményeket mutattak föl, amelyekről a reformkor bölcselei nem is álmodhattak. Az „egyezményesek” által használt fogalmi keret egy preszcientikus kor terméke, amely egy meghatározott kihívásra adott válaszreakcióként értelmezhető. E fogalmi keret a maga korában élő és ható volt, hiszen bizonyos társadalmi csoportok körében a közbeszéd részét képezte.

Látnunk kell, hogy az „egyezményesek” és Bibó működése között eltelt száz esztendő alatt gyökeresen megváltozott a történeti szituáció. Megjelent a szociálpszichológiai szemléletmód. Bibó a fiatal Erdei Ferenc munkáin nevelődve ráeszmélt a korábban használatos fogalmi keretek elavult voltára, a megváltozott világban csekély és félrevezető magyarázó erejére. Egyébiránt túlzásnak tartom azt a lassan szintén közkeletűvé váló megállapítást

is, miszerint Bibó „megsemmisítené, ellehetetlenítené” az alkat-diskurzust a vonatkozó eszmefuttatásokat. Mégpedig azért, mert igaz ugyan, hogy Bibó határozott és többé-kevésbé koherensen meg is indokolt ellenvéleményt fogalmaz meg a hagyományos „közösségi alkat-diskurzusra” vonatkozólag, ugyanakkor egész álláspontját arra az alapvető, ám kissé soványka megállapításra alapozza, hogy a közösség egyénből áll, mintegy az egyének összessége, így egy közösséget nem lehet olyanfajta egyéni tulajdonságokkal felruházni, mint az azt alkotókat. Ezzel a megállapítással pedig nem foglalkozik a továbbiakban, csupán kiindulópontként használja, szinte már axiomatikus kijelentéssé változtatva. Ez a kiindulási alap pedig nézetem szerint túlságosan kevés, és még a XX. századon történeti szemmel visszatekintve, valamint a szociálpszichológia újabb eredményeit figyelembe véve még vitatható igazságtartalma is ahhoz, hogy megsemmisítő erejűnek lehessen tekinteni bármire nézve is. Kétségtelen, hogy Bibó munkássága a tradicionális „alkat-diskurzus” végét jelentette. Annak megsemmisülését azonban nézetem szerint sokkal prózaibb okok, nevezetesen a II. világháború kitörése és az azt követő események okozták.

Összefoglalóan elmondható, hogy Percz László munkája úttörő jelentőségű a maga nemében, mivel egy, a magyar filozófia történetében régóta meglévő űr kitöltésére tesz kísérletet. Még ha maradtak is fehér foltok a magyar „nemzeti filozófiai” hagyomány feltárását illetően, mely foltok kitöltése talán a következő generációkra hárul, Percz László kötetét így is nagy jelentőségűnek tartom, amelyből rendkívül sokat meríthet az olvasó. A szerző az előszóban úgy fogalmaz, hogy jelen kötet egy kudarcról tudósít. Az én véleményem szerint az eredmény egyáltalán nem

kudarc. Az eredmény pusztán az, hogy nagyon úgy tűnik: a nemzeti filozófiának ez a tradíciója azért mégsem annyira folytonos és egységes, mint ahogyan arra előzetesen számítani lehetett. Kiderült tehát, hogy a magyar filozófia történetének ez a tradíciója diszkontinuus jellegű; részben ez is keltheti azt az érzetet a szerzőben, hogy munkájával nem si-

került eleget tennie egy kontinentális fogalommal leírható monográfia koherenciájának. (Percz László: *Nemzet, filozófia, „nemzeti filozófia”. Eszmetörténeti Könyvtár 7. Budapest: Argumentum Kiadó–Bibó István Szellemi Műhely, 2008*)

Zóka Péter

doktorandusz, Pécsi Tudományegyetem

Egy korszakfordító kutatóintézmény dicsérete

Chikán Ágnes:

Biológia mindenkinek

Egy kiemelkedő intézménynek vagy személyiségnek különféle méltatását, „laudációját” volt alkalmunk megismerni a hazai és a külföldi szellemi közéletben az elmúlt években, évtizedekben. De szinte példa nélkül áll az az eset, amikor egy sajátosan kiemelkedő, szinte egyedülálló tudományos intézményt úgy dicsér, méltat egy avatott újságíró, hogy maguknak a kutatóhely vezető munkatársainak segítségével, apróbb-nagyobb interjúkon keresztül, szinte kézzelfoghatóan közel hozza az intézményt a laikus olvasóhoz és a képzett szakemberhez egyaránt. Ez történt ugyanis e recenzió tárgyát képező Szegedi Biológiai Központtal (SZBK).

Chikán Ágnes, a jól ismert, Akadémiai Újságíró Díjjal kitüntetett szegedi szerkesztőnő a tőle megszokott olvasmányos kötetben gyűjtötte össze az SZBK-ról írott rövidebb-hosszabb riportjait és beszélgetéseit. Ha Chikán Ágnesről a világhálón keresztül érdeklődünk, megtudhatjuk, hogy a szerkesztőnő nemrég töltötte be hatvanadik életévét, születésnapja ünnepéskor mutatta be hetedik ismeretterjesztő könyvét. E gazdag sorozatból nyilván kiemelkedik e recenzió tárgya,

a *Biológia mindenkinek* című, több mint háromszáz oldalas kötet. A könyv tizenöt fejezetbe sorolva, már országos és helyi napilapokban és más periodikákban megjelent nyolcvannal (!) ismertetést és interjút tartalmaz. Ezek között akad egy-kétoldalas „szösszenet” éppúgy, mint tíz-tizenkét oldalas nívós interjú. Dominálnak a két-háromoldalas napilapi és távirati irodai cikkek, híradások, amelyek első közlésük időpontjában komoly visszhangot váltottak ki, és országszerte ismertté tették Chikán Ágnes nevét.

A tizenöt fejezet közül a szegedi kutatóbázis jobb megismerése szempontjából talán a könyv első két fejezete (I. fejezet: Harminc esztendő számvetése, II. fejezet: Megméretetek és kiválóknak találtattak) és az utolsó fejezete (XV. fejezet: Beszélgetések kutatásról, tudománypolitikáról) nyújtják a legtöbb és legfontosabb eligazító adatot. E három nagy fejezet a maga tizenöt ismertetésével és interjújával szinte teljes képet nyújt az egész kutatóintézmény jellegéről, sikereiről és gondjairól. A kötet zömét kitevő többi tizenkét nagyobb fejezet, a bennük foglalt hetvenhárom (!) leírás és beszélgetés viszont a hazai és a nemzetközi mezőgazdasági és orvosi kutatás problémáinak és eredményeinek hűségese tükrökre. Érdekes, helyenként lebilincselő szöveg, amely könnyen érthető, és minden cikke külön-külön is élvezetes olvasmány. Sok fejezetnek külön értéke a szépen rajzolt színes

ábra, vázlat és fénykép, ilyeneket a hazai, de még a külföldi biológiai tankönyvekben is ritkán találunk. Így például a 191. oldal sejtmembrán modellrajza jól követhető, a 220. oldal DNS-chip fotója megfelelően láttatja a génhibák eloszlását. Persze előfordulnak zavaró selejtek is: kár volt például a könyv XII. fejezetének nyitóábrájaként rajzolt szép agymodellt feliratokkal és nyilakkal ellátni, ezek egytől-egyig megtévesztően hibásak!

Chikán Ágnes cikkgyűjteménye a fenti érdemeken felül néhány olyan „rejtett” értéket is magába foglal, amelyeket újabb, részletesebb elemzésekkel volna érdemes alaposabban taglalni. Ilyen például a génmódosított (GMO-) növények ellentmondásos helyzete a mai magyar közgondolkodásban. A hazai közvélekedés egy része ugyanis valamifajta burkolt félelemtől terhes, Chikán Ágnes beszélgetéseiből feltárul a szegedi intézet fontos kezdeményezése e szorongásokkal szembeni sokrétű küzdelemben. A kötet talán legveszélyesebb V. fejezete a maga tizenhárom cikkével teljes egészében a géntechnológiáról, a GMO-ról szól több mint negyven oldalon. Igen értékes és fontos, a közvéleményben a félelmeket eloszlatni hivatott oldalak ezek! A könyv egy másik fejezetében (IX. fejezet, 193. oldal) az intézettel szoros kapcsolatot ápoló Ingo Potrykus svájci növény-nemesítő professzornak az MTA tiszteleti tagjaként elhangzott székfoglaló előadása kapcsán van szó a GMO-problémáról. Előadásában a svájci szakember határozottan foglal állást a GMO-növények termesztése mellett. Ijesztő az általa vázolt kép: ha ugyanis manapság nem sikerül a különböző országokban a Potrykus által kidolgozott aranyrizsfajták termesztését engedélyeztetni és nagy mennyiségben termeltetni, évenként mintegy tízezer ember halálát segítjük elő, s ezenkívül évi 17

milliárd dollárnyi gazdasági veszteséget is okozunk! Fájdalmas és méltatlan ezért a GMO-növények termesztésétől való európai és egyben hazai idegenkedés!

Egy másik, ugyancsak bántó hazai példa, amelyet ez a kitűnő riportkönyv világít meg: a nemzetközileg már sokat tárgyalt objektivitás kérdése a Nobel-díjak odaítélésénél. A kötet cikkének címe: Amerikai kutatók memóriazavara. Ebben Chikán Ágnes röviden ismerteti a New York-i Eric Kandel 2000. évi Nobel-díjának történetét. Ezt a zavaros históriát egyébként a közeli tudományterületen dolgozó szakemberek már jól ismerik. Kandel az elemi tanulás alapmechanizmusának puhatestű állatok modelljén történt elemzéseért részesült e díjban. De jól tudjuk, hogy ezt a modellt többen – így e recenzió szerzője is – évekkel Kandel előtt már alkalmazták és közzölték. Az említett fejezetben Friedrich Péter akadémikus meséli el Chikán Ágnesnek, hogy Kandel előtt mintegy öt évvel a *Neuroscience* című lapban már leírta a prionfehérjének az elemi kondicionálásban betöltött lehetséges szerepét, de a sokszor elfogult nyugati féltekei szerzők, ha kelet európai kollégáikról van szó, sajátos „memóriazavarban” szenvednek!

A nagyszámú „bújtató” információ részletesebb kifejtésének igénye is azt sugallja, hogy e recenzióban vessem fel e fontos könyv kibővített második kiadásának gondolatát. Chikán Ágnes olyan sokat, olyan alapos felkészültséggel és gondnal dolgozott, hogy egy bővített kiadás indokolt lenne. Ez esetben még súlyosabb okkal viselhetné a könyv a *Biológia mindenkinek* címet, mert a kezünkben levő mostani kiadás csak áttételesen tanít mindenkit biológiára, jobbára az SZBK sikeres harminc évéről, tehetséges kutatóinak teljesítményéről szól, semmint a biológiai

tudományok hazai és külföldi irányairól vagy perspektíváiról!

Persze többféle kiegészítő megoldás juthat a szerző eszébe, ha neki is rokonszenves egy bővített kiadás gondolata. Ezek közül jómagam egy tájékoztató jellegű zárófejezet beiktatását javaslom. Ebben a befejező fejezetben kaphatna helyet egy általános elemzés az SZBK helyéről a hazai biológiai kutatásban. Ez a kiemelkedő szegedi intézmény ugyanis nemcsak versenytársa, konkurense volt a legtöbb hazai egyetemi és akadémiai kutatóhelynek, hanem érdekes módon szinte „húzta magával”, inspirálta az új kutatási irányokat országszerte! Így a 70-es, 80-as években lendült fel, és vált nemzetközileg is ismertté a neurobiológiai és viselkedés-élet-tani kutatás Pécsen, Budapesten és másutt, indult el az immunológiai műhelyek munkája Budapesten és Gödön, az etológiai irányzat térnyerése Gödöllőn, Gödön és Budapesten, a neurofarmakológiai gyógyszerkutatás a fővárosban és Debrecenben, stb. Kár lenne ezen inspiráló hatásokról nem említést tenni! Az új kiadásban helyet kellene „szorítani” néhány alapító tagnak, akik annak idején fontos funkciót láttak el az ala-

pításban. Így Wollemann Máriára és Farkas Gáborra gondolok, akik a kötetben egy-egy szerény helyen nyertek említést, pedig nagy részük volt a kezdeti évtized sikereiben. A záró fejezeten kívül egy megbízható tárgymutatónak is helye lehetne az új kiadásban, ha azt kívánjuk, hogy az olvasók szakszerűen utánanézhessenek egy-egy fogalomnak, vagy eseménynek. Ugyanebből a gondolatból kiindulva a fontosabb szakkifejezések minilexikona is hasznos lehetne.

Végül egy szubjektív javaslat. A kötet első fejezete joggal nevezi az SZBK-t a „magyar tudomány gyöngyszemének”, és méltán emeli ki a „straubi szellemet” és őrzőit. Valóban, az alapító Straub F. Brúnó, a kiemelkedő tudós alkotó és szervező szelleme ma is elevenen él a különböző laboratóriumokban és publikációikban! Az esetleges második kiadás elejére jól illene egy Straub-portré vagy egy jellegzetes riporter pillanatkép az avatás vagy a kezdeti Straub-korszak perceiből. (Chikán Ágnes: *Biológia mindenkinek. Szegedi kutatók az élővilág titkairól. Budapest: Agroiinform Kiadó, 2008. 314 p.*)

Ádám György
biológus, az MTA rendes tagja



CONTENTS

Study

Erzsébet Pásztor – Zoltán Botta-Dukát – Tamás Czárán – Gabriella Magyar – Géza Mészéna: Darwinian Ecology	1434
Attila Borhidi: Plant Evolution and the Darwinian Theory	1444
Miklós Szalai: Darwin's Doubt: Is Evolution Compatible with Naturalism?	1464
Bence Nánay: How to Model Natural Selection?	1478
Erna Pap – Éva Pállinger – András Falus: Microvesicles: The Recently Recognised Players of Intercellular Communication	1488
Magdolna Hargittai: Nobel Prize for the Chemistry of life: Ada Yonath	1495
Gyula Horváth: Regional Inequalities in the Eastern and Central European Research Area	1499
Máté Szabó: Political Science on the Crisis	1513

Interview

Mathematics and Public Life – Gyula Staa's Interview with Ákos Császár	1523
--	------

<i>Academy Affairs</i>	1533
------------------------------	------

Obituary

Géza Dénes (<i>Anna Faragó</i>)	1537
---	------

<i>Scientists of the Future</i>	1538
---------------------------------------	------

<i>Outlook (Júlia Gimes)</i>	1547
------------------------------------	------

<i>Book Review (Júlia Sipos)</i>	1551
--	------

Ajánlás a szerzőknek

1. A Magyar Tudomány elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elősegíteni, ezért elsősorban olyan kéziratokat fogad el közlésre, amelyek a tudomány egészét érintő, vagy az egyes tudományterületek sajátos problémáit érthetően bemutató témákkal foglalkoznak. Közlünk témaösszefoglaló, magas szintű ismeretterjesztő, illetve egy-egy tudományterület újabb eredményeit bemutató tanulmányokat; a társadalmi élet tudományokkal kapcsolatos eseményeiről szóló beszámolókat, tudománypolitikai elemzéseket és szakmai szempontú könyvismertetéseket, de lapunk nem szakfolyóirat, ezért a szerzőktől közérthető, egy-egy tudományterület szaknyelvét mellőző cikkeket várunk.

2. A kézirat terjedelme szöveges tanulmányok esetében általában nem haladhatja meg a 30 000 leütést (ez szóközökkel együtt kb. 8 oldalnak felel meg az MT füzetekben), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat is tartalmaz, kérjük, ezek várható felületével csökkentse a szöveg mennyiségét. Beszámolók, recenziók terjedelme ne haladja meg a 7–8000 leütést. A teljes kéziratot MS Word.doc vagy .rtf formátumban interneten vagy mágneslemezen (CD-n) és 1 kinyomtatott példányban kell a szerkesztőségbe beküldeni.

3. Legfeljebb 10 magyar kulcsszót és a közlemények címének angol fordítását külön oldalon kérjük. A tanulmány címe után a szerző(k) nevét, tudományos fokozatát, a munkahely(ek) pontos megnevezését, és ha közölni kívánja(ják), e-mail címét(eit) kell írni. A külön lapon kérjük azt a levelezési és e-mail címet, telefonszámot is, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

4. Szöveg közbeni kiemelésként dőlt (*italic*), (esetleg félkövér – **semibold**) formázás alkalmazható; r i t k í t á s, VERZÁL, KISKAPITÁLIS (SMALL CAPITALS, KAPITÄLCHEN) és aláhúzás nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kérjük megadni.

5. A képek, ábrák érkezhetnek papíron, lemezen vagy e-mail útján. Kérjük a szerzőket: tartsák szem előtt, hogy a folyóirat fekete-fehér; formátuma B5 – tehát ne használjanak színeket, és vegyék figyelembe a megjelenő oldalak méreteit. Általában: az ábrák és magyarázataik legyenek egysze-

rűek, áttekinthetők. A lemezen vagy e-mailben érkező képeket lehetőleg .tif vagy .jpg formátumban kérjük; fekete-fehérben, min. 150 dpi felbontással, és nagyságuk ne haladja meg a végleges (vagy annak szánt) méreteket. A közlemény szövegében tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

6. A hivatkozásokat mindig a közlemény végén, ábécé-sorrendben adjuk meg, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve – Balogh, 1957; Feuer et al., 2002). Ha azonos szerző(k)tól ugyanazon évben több tanulmányra hivatkoznak, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Különösen ügyeljenek a bibliográfiai adatoknak a szövegben, ill. az irodalomjegyzékben való egyeztetésére! Kérjük: csak olyan és annyi hivatkozást írjanak, amilyen és amennyi elősegíti a megértést. Számuk ne haladja meg a 10–15-öt.

7. Az irodalomjegyzéket ábécé-sorrendben kérjük. A tételek formája a következő legyen:

- Folyóiratcikkek esetében: Feuer, Michael J. – Towne, L. – Shavelson, R. J. et al. (2002): Scientific Culture and Educational Research. The Educational Researcher. 31, 8, 4–14.

- Könyvek esetében: Rokkan, Stein – Urwin, D. W. – Smith, J. (eds.) (1982): The Politics of Territorial Identity: Studies in European Regionalism. Sage, London

- Tanulmánygyűjtemények esetében: Halász Gábor – Kovács Katalin (2002): Az OECD tevékenysége az oktatás területén. In: Bábosik István – Kárpáthi Andrea (szerk.): Összehasonlító pedagógia – A nevelés és oktatás nemzetközi perspektívái. Books in Print, Budapest

8. Havi folyóirat lévén a Magyar Tudomány kefelevonatokat nem küld, de még az elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelés során szükséges apró változtatásokat a szerző időpontegyeztetés után a szerkesztőségben ellenőrizheti.

9. A cikkeket a lap internetes oldalán, s az időszakos CD-mellékleten is megjelentetjük. Kérjük, jelezzék, ha ehhez nem járulnak hozzá.