Magyar Tudomány

Az élet keletkezése
A Világegyetem fejlõdése
A jóléti állam – válság és kiutak
Doktori iskolák
Magyar Akkreditációs Bizottság

2003•10

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA FOLYÓIRATA. ALAPÍTÁS ÉVE: 1840
CIX. kötet – Új folyam, XLVIII. kötet, 2003/10. szám

Fôszerkesztô:
CSÁNYI VILMOS

Vezetô szerkesztô:
ELEK LÁSZLÓ

Olvasószerkesztô:
MAJOROS KLÁRA

Szerkesztôbizottság:
ÁDÁM GYÖRGY, BENCZE GYULA, CZELNAI RUDOLF, CSÁSZÁR ÁKOS, ENYEDI GYÖRGY,
KOVÁCS FERENC, KÖPECZI BÉLA, LUDASSY MÁRIA, NIEDERHAUSER EMIL,
SOLYMOSI FRIGYES, SPÄT ANDRÁS, SZENTES TAMÁS, VÁMOS TIBOR

A lapot készítették:
CSAPÓ MÁRIA, CSATÓ ÉVA, GAZDAG KÁLMÁNNÉ, HALMOS TAMÁS, MATSKÁSI ISTVÁN,
PERECZ LÁSZLÓ, SPERLÁGH SÁNDOR, SZABADOS LÁSZLÓ, SZENTGYÖRGYI ZSUZSA, F. TÓTH TIBOR

Lapterv, tipográfia:
MAKOVECZ BENJAMIN

Szerkesztôség:
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@matavnet.hu

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

Elôfizetési díj egy évre: 6048 Ft
Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztôk
Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban

Nyomdai munkák: Akaprint Kft. 25845
Felelõs vezetõ: Freier László
Megjelent: 15,35 (A/5) ív terjedelemben
HU ISSN 0025 0325

TARTALOM

Tanulmányok

Szathmáry Eörs: Az élet keletkezése 1220
Németh Judit: A Világegyetem fejlõdése 1248
Szabados László: A felfedezéstõl a kiteljesedésig – Doppler és Hubble emlékezete ... 1256
Dudits Dénes: A génkutatás-genomika szerepvállalása a növények nemesítésében ... 1263
Berend T. Iván: A jóléti állam: válság és kiutak 1273
Kardos Gábor: A gazdasági, szociális és kulturális jogok néhány sajátossága – egy megközelítés 1279
Tamás Pál: Új állami szerepek a magyar innovációpolitikában 1284

Tudós fórum

Levél az MTA tagjaihoz és doktoraihoz 1297
Róna-Tas András: A magyar doktori iskolák helyzete és jövõje 1298
Michelberger Pál: Tízéves a Magyar Akkreditációs Bizottság 1308
Szántó R. Tibor: A felsõoktatás minõségértékelése: nemzetközi kitekintés 1317

A világ tudománya magyar diplomaták szemével

Szalai-Szûcs Ildikó: A közvélemény a tudománypolitika formálásában – brit tapasztalatok 1325
Takács István: Az elektronikus kormányzás szakértõi támogatása az USA-ban 1330

Megemlékezés

Teller Ede *(Vértes Attila)* 1332

Kitekintés (Jéki László – Gimes Júlia) 1335

Könyvszemle

Két könyv a pécsi tudományos mûhelybõl *(Majoros István)* 1340
A G-35-ösök útja *(Romány Pál)* 1342
Albert Hoffman: LSD *(Szántay Csaba)* 1344
Emigráció és identitás – Kanyó Tamás szerk *(–r. –l.)* 1345

Tanulmányok

AZ ÉLET KELETKEZÉSE

Szathmáry Eörs
a biológiai tudomány doktora, egyetemi tanár
ELTE Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék – szathmar@ludens.elte.hu

1953: annus mirabilis, *a csodálatos év! James Watson és Francis Crick – sok kollégájuk kiváló munkájára alapozva – megalkotják a DNS szerkezeti modelljét. A fiatal vegyész, Stanley L. Miller eközben – a Nobel-díjas Harold C. Urey útmutatását követve – õsszivatart kísérel meg lombikban utánozni. Úgy gondolják, a szimulált õslégkör természete redukáló kell hogy legyen. A próbálkozást fényes siker koronázza: rövid idõ alatt a lombikban szerves anyagok, köztük a fehérjéket felépítõ aminosavak is megjelennek. A DNS-modell után megindult a molekuláris biológia hosszan tartó diadalmenete. Az élet keletkezésének diadalmenete azonban két évtized múltán már bandukolásra, idõnként tanácstalan ácsorgásra váltott. Miért? Nem egyszerûen arról van szó, hogy az õsföldi viszonyokat akkoriban rosszul képzelték el, hanem meglehetõsen hiányosak voltak az élet alapjaival és a korai evolúció lehetõségeivel kapcsolatos ismeretek is. E cikk célja bemutatni, hogy az élet keletkezését kutatók milyen poggyásszal érkeztek a 21. századba.*

1. AZ ÉLÕ RENDSZEREK KRITÉRIUMAIRÓL

1/a Miért izgat bennünket az élet definíciója?

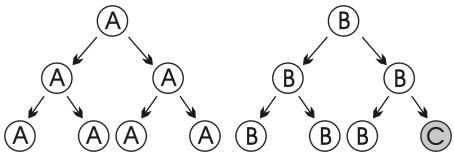
Ahhoz, hogy megfejtsük az élet eredetének problémáját, meg kell alkotnunk az élet egy lehetséges definícióját. Sajnos, nincs általános egyetértés az ilyen definíciókról. Egyesek úgy gondolják, hogy az önreplikáció (önmásolódás) vagy a kémiai folyamatok enzimatikus katalízise, esetleg a sejt önmaga vagy mindezek kombinációja szükséges és elégséges feltétel az élet definiálásához**.** Tisztán logikai nézõpontból minden definíció önkényes: definíciók jellegüknél fogva nem cáfolhatók ugyanolyan módon, mint a hipotézisek. Akkor miért is izgat bennünket ez a definíció? „A fent említett önkényesség fényében létezik-e egyáltalán két olyan definíció, amely egyaránt megfelel ugyanannak a jelenségnek a leírására? Bizonyára nem, hiszen egyik definíció lehet sokkal jobb, mint egy másik, attól függõen, hogy mi a célunk vele. Valójában a következõ szempontokat kell szem elõtt tartanunk a definíció megalkotásakor. Az élet definíciójának lehetõvé kell tennie, hogy egyszerûen, operatív módon tudjon különbséget tenni élõ és élettelen között. Ezenkívül nem szabad túlságosan korlátozónak, szigorúnak lennie (azaz a különbségtétel feltételeinek alkalmazhatónak kell lennie számos területen, valamint magába kell foglalnia az élet jelenlegi és korábbi,

hipotetikus formáit is). Egy ilyen meghatározásnak igaznak kellene lennie az élet valamennyi formájára, amelyet ismerünk. A megalkotott definíciónak segítséget kellene nyújtania abban, hogy ennek alapján megtervezzük és létrehozzuk laboratóriumi körülmények között az élet legegyszerûbb modelljét. A definíciónak segítenie kellene az ûrkutatókat is, hogy el tudják dönteni, hogy az adott újabb biológiai formák élõnek tekinthetõk-e vagy sem. Végül, természetesen a definíciónak ellentmondásmentesnek kell lennie" (Luisi, 1998).

1/b Az evolúció egységei

A vírusok evolválódnak, még akkor is, ha élettelen kristályos állapotban vannak. Valójában az evolúciós hipotézisek ellenõrzéséhez a vírusok váltak a legalkalmasabb tesztrendszerekké. A vírusokhoz hasonlóan számítógépes programok is képesek másokkal versenyezve evolválódni. A mindinkább divatossá váló mémek szintén képesek az evolválódásra (mém (meme) = a kulturális evolúció Richard Dawkins által bevezetett egysége). Akkor mi a kapcsolat az élet egységei és az evolúció egységei között? Ahhoz, hogy közelítõ választ adhassunk erre, meglehetõsen nagy pontossággal kell definiálni mind a két fogalmat. Az evolúció egységeinek három tulajdonsággal kell rendelkezniük: (i) szaporodás, (ii) információ-átörökítés és (iii) változékonyság (pontatlan öröklõdés).

Az egységek szaporodásának és/vagy túlélésének valószínûségét bizonyos öröklött jellegzetességek befolyásolják. Ha a fent említett három feltétel teljesül, akkor az ilyen egyedek populációjára hat a természetes szelekció és ezen keresztül az evolúció. Figyeljük meg, hogy ez a definíció nem utal az élõ rendszerekre. Bármely entitás, amely eleget tesz ezeknek a kritériumoknak, képes a darwini evolúcióra (Maynard Smith, 1986).



1. ábra • Az evolúció egységei. C egy új variáns.

1/c Az élet egységei

Alexander Oparin (1961) definíciója szerint minden olyan rendszer élõnek tekinthetõ, amely szaporodásra és mutációra képes. A legtöbb evolúcióbiológus egyetért ezzel a nézettel, és bizonyos mértékig igazuk is van. Az ezekkel a tulajdonságokkal rendelkezõ rendszerek az adaptáció (alkalmazkodás) segítségével képesek komplex tulajdonságok megszerzésére. Számos kutató kétségbe vonja e megközelítési mód helyességét. Ezért döntõ fontosságú, hogy a vírusok élõnek tekinthetõk-e vagy sem. Gánti Tibor (1971) szerint ugyanolyan koncepcionális probléma a vírusokat élõlényeknek tekinteni, mint egy számítógépes programot a számítógéppel azonosítani. Egy vírust olyan programhoz hasonlíthatnánk, amely a számítógép (sejt) számára megfejthetõ, és azt mondja a számítógépnek (sejtnek): „Újra és újra másolj le engem, még akkor is, ha ennek eredményeként szétesel!" Az aktív rész nyilvánvalóan a számítógépben van és nem a programban. Egy számítógép rengeteg mindent el tud végezni, egy ilyen káros program nélkül is. Ezzel éles ellentétben, a program semmire sem képes önagában a számítógép nélkül. Az élõ sejt az elõzõ hasonlat alapján a számítógéppel azonosítható. Ezért az életet sejtes állapothoz kötik, mivel egy aktív sejt sokkal inkább élõnek tekinthetõ, mint egy vírus.

Az élet ilyen egységei kevésbé kutatottak, mint a sejtek és az organizmusok, amelyek széles körben ismert és vizsgált objektumok. Gánti (1971, 2003) éveken át finomította „életkritériumait", hogy azok minden

élõ rendszerre teljesüljenek. Helyesen vette észre, hogy az élõlények szaporodása sem nem szükséges, sem nem elégséges feltétele az életnek. A mindennapi tapasztalatokat figyelembe véve számos sejt és organizmus rendszerint élõnek tekinthetõ, még akkor is, ha éppen nem szaporodik (bármilyen hosszú ideig is). Az úgynevezett „potenciális" életkritériumoknak teljesülése a populáció hosszú távú fennmaradásának és evolúciójának elengedhetetlen feltétele. Az összefüggés az evolúció és az élet egységei között az, hogy tulajdonságaik részben átfednek. (Szathmáry, 2002). Úgy gondolom, ez az egyszerû kép megold sok látszólagos ellentmondást ezen a területen. John Barrow és David Tipler helyesen mutatták meg, hogy az élõ rendszereknek ki kell elégíteniük a potenciális életkritériumokat (Gánti kifejezésével élve), ha egy bioszféra autonóm (független) evolúcióját vizsgáljuk (mint például az exobiológusok, akik az élet nyomait kutatják a világûrben).

El tudunk képzelni olyan mesterségesen elõállított élõ rendszert, amely nem származtatható le a szokásos evolúciós mechanizmusokkal egyetlen élõ szervezetbõl sem. Tegyük fel, hogy ez az élõlény még szaporodni sem képes. Egy ilyen rendszert tekinthetünk élõnek annak ellenére, hogy kialakulásában teljesen elkülönül az evolúció során létrejött élõvilágtól. Ez hasonló a sejtautomatákban (egy, térben explicit, modellben) definiálható „Édenkert" konfigurációval: ez egy olyan önfenntartó dinamikai rendszer, amely nem jöhet létre egyszerûen semmilyen más állapotból. Ha csak egy ilyen élõlényt is találnánk, biztosak lehetnénk abban, hogy az vagy nem földi eredetû, vagy mesterséges.

Az evolúció és az élet egységeiben érdekes hierarchia figyelhetõ meg: az egyes szinteken gyakran megegyezik a kétféle egység. Az organizmus és sejtjei egyaránt élõnek és az evolúció egységének tekinthetõk. Az utóbbi megszorítás meglepõ lehet, ennek igazolásához elegendõ a következõ példa. Az organizmusokon belül a tumorok (rákos elfajulások) a mérsékelt genetikai instabilitású sejtek szelekciójának eredményei. Nyilvánvalóan ezt az alacsonyabb szintû önzõ hajlamot (sok esetben a tumorossá válást), el kellet tudni nyomnia a magasabb szintû egységnek (organizmusnak), máskülönben kihalt volna, vagy esetleg sohasem jelent volna meg.

1/d Az élet legegyszerûbb modellje

Bemutatom az élõ rendszer legegyszerûbb modelljét (a modell a leírás precíz formája). E modell (a chemoton) kielégíti a Gánti-féle potenciális életkritériumokat is. A chemoton egy kémiai szuperrendszer, mely három autokatalitikus alrendszert tartalmaz (lásd *3. a*): egy anyagcsere-hálózatot, egy templát (minta) replikátor alrendszert és egy határoló membrán alrendszert.

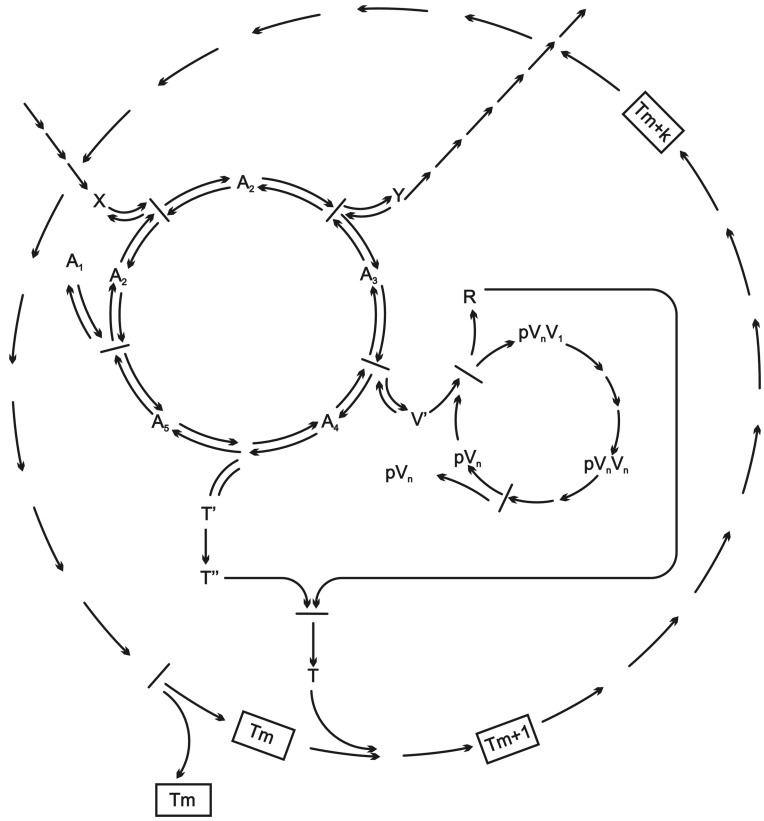
Sztöchiometriai kapcsolat biztosítja a teljes rendszer összehangolt szaporodását. Az, hogy a szaporodás folyamata térben zajlik lényeges, mivel a membránfelszín növekedése gyorsabb, mint a belsõ anyag mennyiségének növekedése. Ugyanis ha egy gömbnek kétszeresre növeljük a felszínét, akkor a gömbnek több mint kétszer akkora térfogata lesz. Fontos hangsúlyozni, hogy a membrán is autokatalitikus. Az anyagcsere alrendszer által elõállított *T* építõkövek spontán beépülnek a már korábban létezõ membránba. A pV_n templát molekulák jelenléte alkalmassá teszi a rendszert, hogy az evolúció egysége lehessen. Ha a templátok a ribozimek (enzimként mûködõ RNS-molekulák, vö. *4/b*) absztrakt formái is egyben, úgy az anyagcsereciklust és a membránnövekedés folyamatait is katalizálják (Gánti, 2003).

A chemoton modell hasznos, mert két hagyományos megközelítési módot alkalmaz, az élet keletkezésének problémájára: a genetikai, és rendszerelméleti megközelítési módot. Ez segíteni fog majd, amikor az

élet keletkezésének elméleteit áttekintjük. Valójában a chemoton mindhárom alrendszere, illetve az alrendszerek bármely kombinációban a figyelem középpontjába kerültek az élet keletkezésével kapcsolatban. Ezért nagyító alá vesszük az élet keletkezésének elméleteiben az anyagcserét, a membránokat és a templátokat. De mielõtt ezt megtennék, meg kell tudnunk, hogy hol és hogyan jöhettek létre az élethez szükséges alapvetõ szerves anyagok.

2. A KÉMIAI EVOLÚCIÓ

Az alapvetõ kémiai anyagok, amelyek egy primitív élõ szervezet felépítéséhez kellenek, vagy a Földön kívülrõl érkezhettek, vagy itt helyben (a Földön) keletkezhettek. A pánspermia elmélete szerint az élet valahol máshol keletkezett (például egy másik bolygón), és ez természetes vagy mesterséges módon jutott el a Földre. Ez a hipotézis logikusan nem zárható ki, de nem oldja meg



2. ábra • A chemoton modell absztrakt kémiai hálózata (Gánti után, 2003). Az A_i molekulák az autokatalitikus anyagcsereciklus köztitermékei (intermedierjei), mely elõanyagokat (V') termel a templátreplikációhoz és a membrá növekedéshez (T'). A templát molekula pV_n, *n* darab V molekulából áll. A membrán T_m, *m* darab T membránalkotó molekulából áll. Jól meghatározott feltételek mellet ez a rendszer képes növekedni és szaporodni a nyersanyag (táplálék, X) és hulladék (végtermék, Y) közötti energia- és anyagmennyiség-különbség terhére.

élet *elsõ* keletkezésének problémáját. Graham Cairns-Smith agyag-hipotézise azon a feltételezésen alapul, hogy az agyagásvány darabkák az evolúció egységei lehetnek, habár eddig még nincs kísérleti bizonyíték, ami alátámasztaná ezt. Ama elgondolás, miszerint az õsi élõ sejtek heterotrófok lehettek, inkább az õsleves megközelítésmóddal függ össze szorosabban (heterotróf = a környezet szerves anyagait használják anyagcseréjük szén- és energiaforrásaként). Az elsõ híres õsleveskísérletet Stanley Miller végezte el 1953-ban. Az õsleves-elmélet középpontjában egy redukáló õslégkör, és egy szerves molekulákból álló oldat áll (hasonlóan Charles Darwin „kicsi meleg tavacskájához"). Két fõ gond van e hipotézissel. Elõször is, láthatóan nagyon kevés bizonyíték áll rendelkezésünkre a redukáló õsi légkör létezésére. Másodszor, a reakciók feltételei, amelyek a különbözõ biológiailag fontos szerves vegyületeket termelik, sok esetben kémiailag összeférhetetlenek (lásd késõbb). Emiatt egyre kevésbé valószínû, hogy ez a megközelítési mód a legmegfelelõbb, s mi több, ez valójában nem az élet keletkezésének, hanem csupán a biológiailag fontos kémiai vegyületek keletkezésének elmélete. Késõbb majd látunk számos ígéretesnek tûnõ alternatív javaslatot az élet keletkezésére, bár az õsleves ténylegesen hozzájárulhatott a szerves anyagok felhalmozódásához.

A kémiai evolúció az a folyamat, amelyben feltételezhetõen a biológiailag jelentõs szerves anyagok létrejöttek. Látni fogjuk, hogy a késõbbi állapotok megjelenésében fontos szerepet játszhatott a gyorsabb szaporodás irányába vezetõ szelekció is, mint ahogyan az a mai biológiai rendszerekben megfigyelhetõ.

2/a Az õslégkör

A legtöbb kutató a több mint 3,8 milliárd évvel ezelõtti õsi Földön keresi az élet keletkezésének magyarázatát, habár fontos folyamat lehetett a szerves anyagok szállítása a világûrbõl az õsi Földre is (lásd *2/b*). Csillagászati ismereteink szerint a Naprendszer belsõ bolygói a bolygóképzõ testekbõl, az úgynevezett protoplanetáris csomókból keletkeztek. Az atomok radioaktív elemzésébõl a Föld korát úgy 4,5 milliárd évre becsülik. A grönlandi Isuában talált legkorábbi üledékes kõzetek mintegy 3,8 milliárd évesek. Érdekes, hogy az élet megjelenésének legkorábbi bizonyítéka a szénizotópok alapján szintén ebbõl az idõbõl származik. A szénizotópon alapuló kormeghatározás alapja, hogy az autotróf (szervetlen anyagokból szerves anyagot elõállító anyagcserefolyamat) CO_2 fixáció (megkötés) elõnyben részesíti a könnyû szénizotópot (^{12}C) a nehézzel (^{13}C) szemben Az üledékben a szénizotópos analízis az enzimatikus CO_2 fixáció számos formáját jelezte.

A Naprendszer változatos képzõdményein (bolygókon, holdakon, stb.) megtalálható kráterek tanúskodnak arról, hogy az õsi Föld is ki volt téve heves meteorzápornak. Ennek erõssége úgy 4,2 milliárd évvel ezelõtt hagyott alább annyira, hogy lehetségessé vált az élet kifejlõdése (a jelenségre gyakran hivatkoznak úgy, mint *impact frustrationre*).

Egy sokak által elfogadott elképzelés szerint az õslégkör erõsen redukáló lehetett, és fõleg metánból (CH_4), ammóniából (NH_3) és hidrogénbõl (H_2) állt. Stanley Miller és Harold Urey szerint a villámlás egy ilyen légkörben, kombinálva a víz körforgásával, könnyedén vezet szerves molekulák, többek között aminosavak megjelenéséhez. Szintén ezt az elképzelést erõsíti, hogy a Naprendszer külsõ bolygóinak erõsen redukáló légkörük van. Azonban az újabb vizsgálatok kimutatták, hogy a korábban feltételezett, erõsen redukáló légkör valószínûtlen, ugyanis a hipotézis nem vett figyelembe sok kapcsolatot az illékony anyagok és a fémes vasmag képzõdése között. De ez nem jelenti azt, hogy a korai légkör oxidatív lett volna,

mivel nagyobb mennyiségû O_2 megjelenésének elsõ bizonyítéka csak 2,2 milliárd évvel ez elõttrõl való. Ma a legtöbb kutató egyetért abban, hogy az õslégkör gyengén redukáló lehetett, vagyis fõleg CO_2-ból, N_2-bõl és H_2O-bõl állhatott, elegyítve CO-dal és H_2-nel. Megjelenhettek-e az ilyen légkörben a biológiában fontos szerves molekulák?

A cukorképzõdés kiindulási pontjának számító formaldehid (H_2CO) létrejöhetett ilyen légkörben (a ribóz, $C_5H_{10}O_5$, öt formaldehidbõl képzõdhetett, lásd 2/c). Foszfátok kõzetek mállásából keletkezhettek. Amint azt már évekkel ezelõtt megfigyelték, az egyik nukleinsav bázis, az adenin ($C_5N_5H_5$), öt hidrogén-cianidból (HCN) is képzõdhet. Hidrogén-cianid akkor tud képzõdni a gyengén redukáló légkörben, ha elegendõ metán (CH_4) van jelen. Ez a feltétel nem összeegyeztethetetlen-e azzal az elképzeléssel, hogy ma inkább a közepes, mint az erõsen redukáló légkör elméletét fogadjuk el? Nem igazán. Míg a CH_4 álladó nyomása feltételezhetõen nagyon alacsony lehetett, a közép-óceáni vulkanikus hátság kigõzölgéseibõl jelentõs mennyiségû metán szabadulhatott fel. Még napjainkban is a mélytengeri hasadékok hõforrásaiból kiáramló CH_4/CO_2 arány 1-2 % körüli (lásd *2/d*). Figyelembe véve, hogy a korai földköpeny ennél erõsebben redukált lehetett, azt a következtetést vonhatjuk le, hogy hidrogén-cianid és így nukleinsav bázisok is keletkezhettek az õsi Földön.

Valószínû, hogy a korai légkör egy belsõ (lásd feljebb) és egy külsõ forrásból származott. Egyesek úgy gondolják, hogy a légkör kialakulásának a meteoritok voltak a fõszereplõi, mások szerint a jeges üstökösöknek nagyobb szerep juthatott a folyamatban.

2/b Szerves molekulák Földön kívüli eredete

Juan Oró javasolta elõször, hogy az üstökösök jelentõs mennyiségû szerves anyagot szállíthattak a Földre. Ez a javaslat egyre inkább elfogadható, ahogy több és több ismeretet szerzünk a környezõ, Földön kívüli világokról és történetükrõl. Szerves vegyületek nem csak a Földön találhatók: felfedezhetõek a csillagközi molekuláris porfelhõkben, a meteoritokban (mint például a széntartalmú kondritokban) és az üstökösökben is. Mára már körülbelül száz csillagközi molekulát azonosított a rádiócsillagászat. Figyelemre méltó, hogy az Univerzum leggyakoribb háromatomos molekulája a víz, és leggyakoribb szerves molekulái a formaldehid, valamint a hidrogén-cianid. A legnagyobb molekula, amit eddig azonosítottak, tizenhárom atomból áll ($HC_{11}N$). A legegyszerûbb aminosavat, a glicint ($H_2N\text{-}CH_2\text{-}COOH$) is megtalálták már a Világegyetemben.

Ma már tudjuk, hogy hajdanán a molekuláris porfelhõk fejlõdésük során protoszoláris köddé (nebulává) váltak (amelybõl a csillagok születnek). Így fontos kérdés, hogy a csillagközi illékony szerves molekulák mely része õrzõdhetett meg a protoplanetaris csomók (amelyek egyikébõl a Föld is képzõdött) felszínén abszorbcióval. Számítások támasztják alá, hogy a szerves anyagok jelentõs része igen nagy valószínûséggel az üstökösökbõl, és az úgynevezett mikrometeoritokból származik. Az üstökösök valószínûleg a mostani óceánok vízmennyiségének 10-szeresét és a mai légkör gázmennyiségének 1000-szeresét szállították a Földre.

Akkréció (a Nap körüli porkorong csomósodása) alakította ki a belsõ bolygókat is. A belsõ bolygók összetétele annyira különbözik a külsõ bolygókétól (például a Jupiterétõl és a Szaturnuszétól), hogy ez magyarázatot igényel. A Merkúr túl kicsi, hogy megtartson egy légkört. A Vénusz túl közel van a Naphoz, így a kõzetek mállásakor és karbonátok képzõdésekor a CO_2 nem tudott beépülni a kõzetekbe: ezért máig nagy sûrûségû és forró légköre van. A forró légkör a CO_2 magas szintje miatti üvegházhatás eredménye. A Földön a hõmérséklet alacsonyabb volt, és így ez kedvezett a CO_2 beépülésnek

a kõzetekbe. Úgy tûnik, hogy a Föld egy Mars méretû planétával történõ összeütközése vezetett a Hold kialakulásához, és az eredetileg sûrû légkör egy részének elvesztéséhez. Ugyanis a becsapódó planéta az ütközés során mintegy lefújta a Föld légkörének egy részét. Ez igen fontos lehetett a Föld fejlõdésében.

Figyelemreméltó az üstökösök illékony részének és a biológiai szervezetek elemi összetételének hasonlósága. *(1. táblázat)*

A Föld átlagos összetétele különbözik ezektõl, elsõdlegesen azért, mert a kõzeteket szilikátok alkotják. Számos szerves molekulát, beleértve a pirimidineket és purinokat (a nukleinsav bázisokat és közeli rokonait) is azonosították már a Halley-üstökösbõl, de aminosavakat még nem találtak. Egy elképzelés szerint annak idején az üstökösök szerves anyagai az összeütközés vagy légkörön való átjutás során megsemmisülhettek. Azonban ez mégsincs így. Az üstökösök csóvájában lévõ por biztonságban és akadály nélkül léphet be a légkörbe, az adszorbeált illékony anyagokkal együtt.

Bár számos meteor mintegy menedéket nyújt sok szerves molekulának (például a purinoknak, pirimidineknek és számos aminosavnak), vitatott még, hogy ezek valóban ilyen módon eljuthattak-e az õsi Földre. Mostanában az 500 mikrométernél kisebb, úgynevezett mikrometeoritok kerültek a tudományos viták középpontjába. Manapság ezek szénszállítása a Földre kb. 500 tonna évente. Ezt az értéket a 4,2-3,9 milliárd évvel ezelõtti 300 millió éves idõszakra extrapolálva, az eredmény egy óriási szénbehozatal, amely százötvenszer több, mint a jelenlegi bioszféra szénmennyisége. Mostanra már bonyolult szerves molekulákat is sikerült kimutatni a mikrometeoritokban, így jelentõs hozzájárulásuk a korai Föld kémiai evolúciójához tagadhatatlan.

Újabban Guillermo Muñoz Caro és munkatársai kimutatták, hogy ha csillagközi jéghez hasonló anyagot besugároznak ultraibolya fénnyel, alacsony hõmérsékleten, tizenhat olyan aminosav szintetizálódik, amely elõfordul meteoritokban is. Bár kémiai szempontból a kísérlet nem igazán meglepõ (a Miller-kísérlethez hasonlóan szabad gyökök létrehozásán és újraegyesítésen alapul), az eredmény tovább támogatja a szerves molekulák Földön kívüli eredetének elméletét.

2/c Kémiai evolúció az õslevesben: kiút a káoszból?

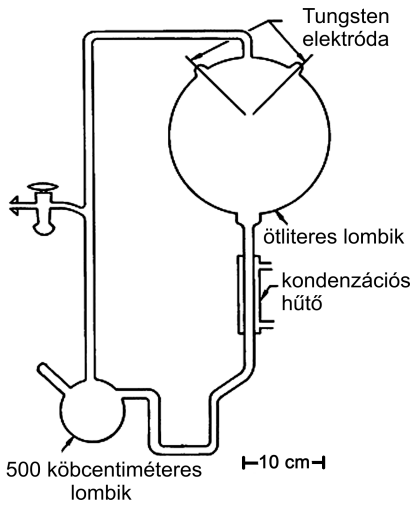
Menjünk vissza Oparin, John Haldane, Urey és John D. Bernal elgondolásaihoz! Õk úgy vélték, hogy a kezdetleges földi körülmények között szerves anyagok szintézise könnyedén végbemehetett. Érdekes, hogy egy német vegyész, Walther Löb számos kísérletet végzett, melyeknek akár prebioló-

	Baktériumok	Emlõsök	Csillagközi jég	Az üstökösök illó frakciója
Hidrogén	63,1	61,6	55	56
Oxigén	29,0	26,0	30	31
Szén	6,4	10,5	13	10
Nitrogén	1,4	2,4	1	2,7
Kén	0,06	0,13	0.8	0,3
Foszfor	0,12	0,13	–	(0,08)
Kalcium	–	0,23	–	–

1. táblázat • Az elemek gyakorisága az élõ szervezetekben és az ûrben. Az adatok százalékban vannak megadva. Az üstökösök foszfortartalmát az ûrben található sûrûségbõl számolták. Delsemme (1998) könyvébõl, p. 114.

giai jelentõséget is tulajdoníthatott volna. Rendszerében hideg plazmakisülést használt energiaforrásként, és a gázelegyben CO, CO_2 és NH_3 voltak jelen mint reaktánsok. A reakciók végén aldehideket, valamint aminosavakat kapott. Úgy gondolta, hogy kísérletei az autotróf anyagcsere kémiai analógjai lehettek. Fontos, hogy meg sem említette eredményei összefüggését az élet keletkezésével. Az Oparin-Haldane-hipotézist elsõként igazolni próbáló kísérletet Stanley Miller végezte el 1953-ban, egy most már klasszikusnak számító berendezéssel, ez a *3. ábrán* látható (mellékesen, ugyanebben az évben írta le Watson és Crick a DNS-molekula szerkezetét).

A kísérleti eszköz elrendezése szimulálta a víz körforgását, utánozta a korai földi fényviszonyokat, az esõt, az õsi viharokat villámlással, valamint – és ez az, ami igazán lényeges – feltételezte az erõsen redukáló légkör jelenlétét. A lombikban spontán végbemenõ reakciók végtermékei között megtalálhatóak voltak többek között az aminosavak is. Ez a kísérlet és ennek eredménye mind a mai napig méltán híres. Arra a folyamatra, amelynek eredményeképp az õsóceán biológiailag fontos anyagok komplex keverékévé vált, az õsleves hipotézis néven utaltunk.



3. ábra • A klasszikus berendezés az „õslevesben" folyó kémiai evolúció vizsgálatához (Miller, 1998). A lombik a tetején redukáló gázokat, alul vizet tartalmaz. Elektromos kisülést a Tungsten elektródákkal állítanak elõ.

Amint megjegyeztük korábban, van egy komoly gond a klasszikus õsleves forgatókönyvvel, mégpedig az, hogy nincs bizonyíték az erõsen redukáló kezdetleges légkörre. Meg kellene ismételni a kísérleteket közepesen redukáló vagy nem redukáló körülmények között is! Ha ilyen feltételek mellet végezzük el a kísérleteket, akkor azt a kiábrándító eredményt kapjuk, hogy az aminosavak kitermelése erõsen csökken, amint a metánt (CH_4) kicseréljük CO vagy CO_2 gázra, és a szabad H_2-t is eltávolítjuk a rendszerbõl.

Talán több reménnyel kecsegtet az aminosavak HCN-ból történõ szintézise. Ugyanez a vegyület lehetett fontos a purin bázisok, mint például az adenin szintézisében is. Ekkor ammónia katalizálja az adenin keletkezését. Pirimidin bázisokat is szintetizáltak már így, noha kisebb mennyiségben. A cukorképzõdés lehetséges útja az Alekszander Mihajlovics Butlerov által 1861-ben felfedezett „formóz reakció". Ez a reakció változatos méretû cukrok bonyolult hálózata, amely a formaldehidet többféle cukormolekulává alakítja: több mint negyven különbözõ cukor képzõdhet a formóz reakció során. Még a ribóz, az RNS (ribonukleinsav) építõköve is megjelenhet, igaz, csak kis mennyiségben. A reakció végbemeneteléhez tömény és lúgos oldat szükséges. A másik tényezõ, amely csökkenti a formóz reakció jelentõségét, hogy a ribóz vízben instabilis. De elképzelhetõ, hogy az oldatban, az anyagcserében a képzõdés és bomlás stacionárius állapota valósul meg. Az ehhez szükséges feltétel természetesen az, hogy a formóz reakció beágyazódjon egy bonyolultabb anyagcserehálózatba. A ribóz várhatóan sokkal inkább keletkezik olyan kísérletekben, ahol a

arginin	porfirinek	riboflavin
lizin	piridoxál	folsav
hisztidin	tiamin	liponsav
egyenes szénláncú zsírsavak		biotin

2. táblázat • Prebiotikus körülmények között sikeresen szintetizált, biológiai fontosságú vegyületek. Miller (1998) nyomán.

cukrokat cukorfoszfátokra cserélik le. Vannak a formóz reakciónak ígéretesebb variánsai, de ezeket késõbb vitatjuk meg (lásd *2/d*).

A *2. táblázat* olyan biológiailag fontos összetevõket mutat, amelyeket eddig nem szintetizáltak Miller-típusú reakciókban. Mindazonáltal az õsleves kísérletek néha látványosan bonyolult, biológiailag fontos molekulát is eredményeznek, olyanokat, mint például a pantetein, a koenzim-A elõanyaga. A koenzim-A ma az aktivált szerves molekulák, mint például az ecetsav központi szállítója a közti (intermedier) anyagcserében. Három molekula: ciszteamin, b-alanin és a pantoténsav könnyedén képzõdhetnek és alakulhatnak át panteteinné az õsleves körülményei között.

Összegezve, az õsleves kutatási program fõ erõssége az, hogy világosan megmutatta: a biológiailag fontos molekulák könnyedén létrejöhettek megfelelõ körülmények között, élõ rendszer, enzimek vagy akár gondos, szerves kémiai technikák alkalmazása nélkül is. De hátrányai is jelentõsek. Elõször is, az õsleves elmélet egy mára jelentõsen elavult, õsfölddel kapcsolatos koncepcióra alapoz. Másodszor, a kémiai inkompatibilitás (összeférhetetlenség) merül fel akadályként. Noha a szintetizált szerves vegyületek listája a Miller-típusú kísérletekben lenyûgözõ, de ezek *eltérõ* kísérleti feltételek mellett képzõdtek. Ha az *A* anyag szintéziséhez α, a β anyag szintéziséhez β környezet szükséges, akkor egyáltalán nem magától értõdik egy olyan ($\alpha + \beta$) köztes környezet, amely mindkettõ szintéziséhez megfelelõ; de ha van is, lehet, hogy sokkal inkább *C* szintézisének kedvez, mint akár *A,* akár *B* megjelenésének. Nem született még meggyõzõ javaslat, hogy miként jussunk ki ebbõl a csapdából. Amint azt Günter Wächtershäuser helyesen megállapította, a változatos õsleves-kísérletekben a szintetizált összetevõk roppant nagy variációban keletkeznek, ezért tehát az élet kialakulásáról alkotott képünk e megközelítésben „kiút a káoszból".

2/d A prebiotikus pizza, avagy rend a rendbõl

Sokan, köztük a krisztallográfus John D. Bernal, ismételten javasolták az ásványi felszínek, mint például az agyagásványok jelentõségét a prebiológiai evolúcióban, ugyanis ezek döntõ szerepet játszhattak a biológiailag fontos molekulák képzõdésében. Újabban Wächtershäuser (1988, 1992) javasolta a felszínhez kötött evolúció egy precízebb változatát, a vas-kén világnak, avagy „prebiotikus pizzának" nevezett elméletet. Megfelelõ, pozitív töltéssel borított ásványi felszínek (mint például a pirité vagy a pozitív ionokkal borított agyagásványé) több okból is fontos szerepet játszhattak a biokémiai reakciók megjelenésében: (1) a töltéssel rendelkezõ felszín adszorbeálni képes a molekulákat, így az elõbbi katalizátorként viselkedik, megnövelve a felszínen a molekulák lokális koncentrációját. (2) a polimerizáció termodinamikailag kedvezõ lehet, mert a víz elhagyja a felszínt, és így növeli a környezet entrópiáját, kiegyenlítve a felszíni entrópiacsökkenést. (3) A természetes szelekció dinamikája könnyebben vezethet növekvõ komplexitáshoz (lásd 5/c).

A vas-kén világban a reakciók felszínhez kötött molekulák között zajlanak le. A

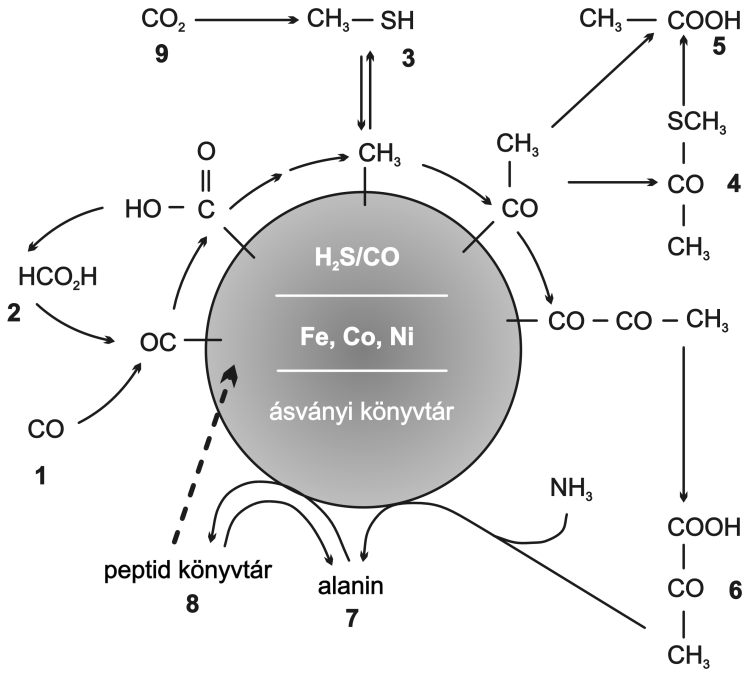
molekulák negatív töltésû ionjaik segítségével (mint például: COO^-, PO_4^{3-}, stb.) kötõdnek, mely anionok számos közti anyagcsereterméken ma is megtalálhatóak. A feltételezések szerint minden fontos molekula létrejöhetett a „felszíni anyagcsere" rendszerében. Az így kialakuló reakcióhálózat egy kezdetleges autokatalitikus anyagcsere magját alkothatta. Az ilyen autokatalitikus reakciók kémiai energia felhasználásával (ez a kemoautrotrófia) CO_2-ot fixálnak (kötnek meg). A kemoautrotróf elmélet legfontosabb reakciója a CO_2 fixáció, amely a pirit képzõdéséhez kapcsolódik:

$$4\,CO_2 + 7\,FeS + 7\,H_2S \rightarrow (CH_2COOH)_2 + 7\,FeS_2 + 4H_2O.$$

és energetikailag kedvezõ reakció (Wächtershäuser, 1998).

Reakció	Katalizátor	Hõmérséklet	Nyomás
(1) —> (2)	(Fe,Ni)S	100C	0,2 Mpa
(1) —> (3)	(Fe,Ni)S	100C	0,2 Mpa
(9) —> (3)	FeS	100C	0,2 Mpa
(1) —> (5)	(Fe,Ni)S	100C	0,2 Mpa
(3) —> (4)	(Fe,Ni)S	100C	0,2 Mpa
(2) —> (6)	FeS	250C	200 Mpa
(6) —> (7)	FeS	100C	0,2 Mpa
(7) —> (8)	(Fe,Ni)S	100C	0,2 Mpa

3. táblázat • A 4. ábrán bemutatott hálózat folyamatainak feltételei. Wächtershäuser (2000) nyomán.



4. ábra • A kísérletek bizonyították, hogy magas hõmérsékleten és nagy nyomáson, a vasként világ forgatókönyve (Wächtershäuser, 2000) reális lehet. További információ a 3. táblázatban.

A prebiotikus pizza elmélete lehetõséget teremt a kísérleti tesztelésekre. Biztató, hogy egyre több kísérlet támasztja alá a pirit alapú forgatókönyvet, és – amint azt a kísérletek mutatják – a reakciók végbemeneteléhez magasabb hõmérsékletre van szükség. Például a következõ reakciót:

CO_2 (vagy CO) + FeS/$H_2S \rightarrow CH_3$-SH + FeS_2,
CH_3-SH + CO $\rightarrow CH_3$-COSH $\rightarrow CH_3$-COOH

már kísérletesen is megerõsítették, hozzá (Fe, Ni)S felszínt használtak. A *3. táblázatban* mutatjuk be a prebiotikus pizza forgatókönyv szerinti, növekvõ számú szintetikus reakcióinak listáját.

A *4. ábra* a molekulák hálózatát mutatja. Figyelemre méltó, hogy szén-monoxidból peptidek is képzõdhetnek (aminosavak egymáshoz kapcsolódása és víz kilépése közben). Példának okáért alanin is képzõdik reduktív aminációval piruvátból (piroszõlõsavból).

A piroszõlõsav (CH_3-CO-COOH) szintézise 250 °C-os hõmérsékleten nagyon meglepõ. Ugyanis ismert, hogy a piroszõlõsav magas hõmérsékletre különösen érzékeny, és 165 °C-os forráspontja körül el is bomlik. Valószínûleg a magas nyomás eredményezi e drámai változást.

Mi lehetett az õsi Földön az ilyen nagynyomású és magas hõmérsékletû szintézisek természetes környezete? Jack Corliss mára klasszikus javaslata valószínûleg megadja helyes megoldást. A tenger alatti hõforrások vizsgálatával feltártak egy olyan környezetet, amely tulajdonképpen afféle kémiai áramlási reaktor, ahol nagy nyomás és magas hõmérséklet uralkodik, jelen van szénforrás (CO_2/CO), valamint a redukáló erõ (valamilyen formában a hidrogén). Ilyen feltételek mellet pirit is *in situ* képzõdik.

Az így elgondolt õsi környezet elleni, újra és újra megfogalmazott kritikák azt állítják, hogy a biológiailag fontos molekulák a fent említett feltételek mellet inkább elbomlanak, mint keletkeznek. A *3. táblázat* rácáfol ezekre a kritikákra. Az újabb, nagy nyomáson és magas hõmérsékleten végzett kísérletek láthatóan megerõsítik ezt az elképzelést. Biztató, hogy a mélytengeri hõforrásokat szimuláló áramlási reaktorban peptidek is képzõdnek kétértékû fémionok segítségével.

A „tioészter világ" hipotézise egybecseng a vas-kén világéval. A tioészterek olyan molekulák, amelyekben egy tiol (R – SH, ahol az R egy szerves vegyületcsoportot jelöl) reagál egy karbonsavval (R' – COOH). Egy vízmolekula szabadon távozik, és kialakul a tioészter. A kötés jelentõsége nagy energiájában áll, ezért fel lehet használni más, energia befektetését igényelõ reakciókban (például szerves szintézisekben). Ma egy nukleozid-trifoszfát: az ATP szolgáltatja az energiát a legtöbb reakcióhoz az anyagcserében. Figyelemre méltó, hogy az ATP-termelésben szerepet játszó legtöbb õsi biokémiai reakció ma is azt mutatja, hogy tioészterek csaknem a kezdetektõl kapcsolatban lehettek az energiaigényes reakciókkal, és maga az ATP csak késõbb jelent meg. Azt mutatja a *3. táblázat,* hogy a metil-tioacetát (egy tioészter) a prebiotikus pizzán is kialakulhatott.

Így most már kevéssé kételkedhetünk abban, hogy az ásványi felszín lényeges és nélkülözhetetlen szerepet játszhatott a kémiai evolúció során. Fontos megemlíteni, hogy találtak egy ásvány katalizálta, cukorfoszfátokat felhasználó formóz reakció változatot (lásd *2/c*), mely reakció alacsony koncentrációt és semleges (sem nem savas, sem nem bázikus) körülményeket igényel. Sõt mi több, egyes állítások szerint (Wächtershäuser, 1988) foszfogliceraldehidbõl és foszfoglikolaldehidbõl ásványi felszínen pentózfoszfát is képezõdhet, ami a *4. ábrán* látható rendszerben meg is valósulhat. Kevert vegyértékû, kétrétegû fémhidroxid ásványi katalizátorokat alkalmaztak a reakciók során. A Fe^{2+}-t bármely kétértékû fém ion helyettesítheti a fõ hidroxid rétegben. Figyelemremél-

tó, hogy az így termelõdött cukorfoszfátok – éles ellentétben a formóz reakcióban képzõdött cukrokkal – ellenállnak a hidrolízisnek (~ 5 %-uk hidrolizál tíz hónap alatt), ez a két ásványi felszín közt kialakuló, védelmet nyújtó környezetnek köszönhetõ.

Talán a nagy nyomást és magas hõmérsékletet igénylõ vas-kén forgatókönyv üzenete az, hogy a kémiai átalakulások valószínûleg erõsen irányítottak voltak amiatt, hogy az ásványi felszínen csak bizonyos molekulák jöhetnek létre. Eszerint a kezdeti rendezettség láthatóan növekvõ rendezettséget hoz létre.

2/e A prebiotikus palacsinta: nehéz az út az oligonukleotidokig

A „prebiotikus palacsinta" kifejezés Günter von Kiedrowskitól származik, és arra a mechanizmusra utal, amelyben az építõkövek az õslevesben készülnek el, de a polimerizáció a felszínen történik. A hosszabb oligomerek (néhány cukoregységbõl, kondenzációval – víz kilépéssel – létrejött molekulák) erõsebben kötõdnek a felszínhez.

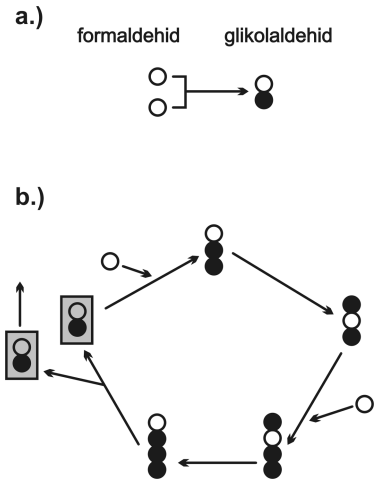
A montmorillonit agyagásvány számos reakció hatékony katalizátora vizes oldatban. Például katalizálja a nukleotidok foszforimidazolidjainak kondenzációját; az adenozinnál a helyes 3'-5' kötés az oldatban ritka, de a felszíni katalízis révén gyakori. Ha az imidazol helyett hatékonyabb aktivátort használták, mint például az 1-metiladenint, az eredmény akár tizenegy tagú oligonukleotid is lehet, amelynek 84 %-a 3'-5' foszfodiészter kötéssel rendelkezik. Az ilyen oligomerek késõbb primerként is funkcionálhattak hosszabb molekulák szintézisekor. James P. Ferrisnek sikerült meghosszabbítani egy tíztagú molekulát a felszínen aktivált nukleotidok naponkénti hozzáadásával. Így 30-50 tagú molekulakeveréket sikerült nyerniük. Ez figyelemre méltó, ugyanis ez a hosszúság már a legkisebb ismert ribozimek mérettartományába esik.

A templát (minta) irányította nem enzimes replikáció nagyon nehéz probléma. A citozinban gazdag templátok jól képesek a másolódásra, mely komplementer oligonukleotidokat termel. De a másolat nem tudja önmagát másolni a továbbiakban, mivel a másolat rosszabb templát, mint az eredeti. Egyesek valamilyen „kifinomult katalizátort" tartanának kívánatosnak – egyszerûbben szólva valamiféle enzimet a (pre-)RNS-világban.

3. A KÉMIAI ÉS A BIOLÓGIAI EVOLÚCIÓ KAPCSOLATA

3/a Az autokatalízis

Nem triviális dolog, hogy az élõ sejtek anyagcsere-alrendszere képes biztosítani a genetikai anyag replikációjához szükséges megfelelõ építõköveket. Az anyagcsere önálló, saját „életet él", és ezt az autokatalízis biztosítja. A



5. ábra • A formóz reakció, amely valójában az autokatalitikus cukorképzés komplex hálózata. (a) Az autokatalitikus mag „spontán képzõdése" nagyon lassú folyamat. (b) A hálózat autokatalitikus magja. Minden kör egy szénatomot tartalmazó csoportot jelent.

replikáció kémiai alapja az autokatalízis (*A* katlizálja az új *A* keletkezését az elõanyagokból), és az autokatalízis valamilyen értelemben mindig replikációhoz vezet. Az öröklõdés az információ replikációjára (szaporodására) támaszkodik, ahol is az autokatalízisnek különbözõ formái lehetnek. Lehetségesek-e olyan anyagcsere alapú replikátorok, amelyek információt is képesek átörökíteni (replikálni) (információs anyagcsere-replikátorok)? A legegyszerûbb önreplikáló (önmásoló) molekula, amely ebben az összefüggésben lényeges, ismereteim szerint a glikolaldehid, amely a formóz reakció autokatalitikus magja *(5. ábra;* lásd *2/c)* is egyben.

Sokan úgy vélik, hogy ez a rendszer fontos lehetett az élet eredetében, noha mások kételkednek benne. Bárhogy is van, nem ismert, hogy vajon ilyen rendszerek egyszerûen csak léteznek-e, vagy alá is vetik magukat a természetes szelekció által hajtott evolúciós lépéseknek, ami azonban örökletes változékonyságot igényel.

Vajon egy ilyen rendszerben van-e öröklõdés? Ez még nyitott kérdés, amelyet mind elméletileg, mind kísérletesen meg kell vizsgálni. Az biztos, hogy az olyan kis szerves molekulák, amelyek autokatalitikus ciklusba szervezõdtek (úgymint a Calvin-ciklus és a reduktív citromsav-ciklus – mindkét folyamat széndioxidot fixál, az egyik a növényekben, a másik egyes baktériumokban), szerepet játszhattak a korai kémiai evolúcióban. Wächtershäuser (1992) szerint a reduktív citromsav-ciklus õsi változata létezhetett és elterjedhetett a pirit felszínén.

3/b Öröklõdés és evolúció az anyagcsere rendszereiben?

Nem ismerjük a formóz reakcióban szereplõ glikolaldehid replikálható, alternatív formáját. A ciklus intermedierjeinek (köztitermékeinek) kémiai azonossága változhat ugyan, de a legtöbb ilyen változás a rendszer átmeneti fluktuációit, vagy egyszerûen a rendszer kimerülését fogja eredményezni. Még akkor is, ha az efféle ciklusokban az öröklõdés lehetséges, az örökletes változékonyság várhatóan nagyon ritka, pontosabban ez az, amit a biológusok „makromutációnak" hívnak: ilyenkor nagy ritkán mégis bekövetkezik egy nagyobb változás. Az öröklõdés, ha lehetséges egyáltalán, korlátolt típusú lesz (Szathmáry – Maynard Smith, 1997). Általánosan, akkor valósul meg a korlátolt öröklõdés, ha a típusok száma kisebb, mint az egyedek száma az adott rendszerben. Ilyen körülmények között a természetes szelekció általi evolúció hamarosan leáll.

Más szempontból nézve, a modularitás (építõegységekbõl való felépülés) hiánya jellemzõ az ilyen replikátorokban. A DNS másolódása a modulok szekvenciális (sorozatos) hozzáadásával történik, a komplementer (kiegészítõ) modulok szembeülnek a szülõi szálon levõ modulokkal. Ezzel szemben a replikáció „processzív" vagy „holisztikus" módja olyan replikációs folyamatra utal, ahol – a DNS-sel ellentétben – nincs értelme azt mondani, hogy az például „félig kész", mert a holisztikus replikáció a kémiai átalakulások egy teljes sorozatát igényli, amíg az eredeti molekula helyett meg nem jelenik két azonos (vö. *5. ábra*).

Végül van még egy másik fontos aspektus, mégpedig az, hogy az ilyen öröklõdés a kémiai reakciók hálózatának dinamikai természetén alapul. Eszerint az öröklõdésnek stabilis dinamikai állapotnak kell lennie. Az ilyen öröklõdésû rendszert hívják úgy, hogy *„steady state"* vagy „attraktor típusú" rendszer (Szathmáry, 2000). A kérdés, hogy miként tud az evolúció az ilyen egyszerû replikátoroktól valamilyen RNS-szerû replikátorokig eljutni. Nem tudjuk még.

3/c Autokatalitikus fehérje hálózatok?

Az „agyagcsere" megközelítésének másik módja a visszaható, körkörös topológiájú autokatalitikus fehérje hálózatokon alapul,

amint azt Manfred Eigen (1971), Freeman Dyson és Stuart Kauffman leírták. Ezek a hálózatok az oligo- és polipeptidek egymásba alakulásán alapulnak, amit saját maguk a peptidek katalizálnak. Ha adott egy megfelelõ aminosavforrás („táplálék"), akkor egy ilyen rendszer autokatalitikusan növekedhet. Vegyük észre, hogy ez a rendszer moduláris, de még attraktor alapú, mert a peptidek általában nem képesek templát replikációra, mint a nukleinsavak. Van ebben az elképzelésben két kisebb probléma. Elõször is, bármely peptid által katalizált *különbözõ* reakciók megkövetelt száma a hálózatban valószínûtlenül magas. Másodszor, a szerzõk csak a potenciálisan hasznos reakciók katalízisét vették figyelembe. Sajnos, a lehetséges reakciók többsége mindig kivezet a rendszerbõl. Annak érdekében, hogy a katalízis körbezáródjék, relatíve *nagy* hálózattal kell rendelkeznünk. Viszont minél nagyobb a hálózat, annál nagyobb a kedvezõtlen mellékreakciók várható száma, s ez a tény kisebb méretû rendszerek felé billentené a mérleget. Világosan látható, hogy a két követelmény ellentmond egymásnak: ugyanaz a rendszer nemigen lehet egyszerre kicsi és nagy is. Nincs kielégítõ megoldás a problémára, de vegyük észre, hogy ez az összes anyagcsere-elméletre igaz (Szathmáry, 2000; Orgel, 2000).

3/d Autokatalitikus oligonukleotid hálózatok?

Egy másik példa az attraktor alapú, de moduláris replikátorokra az RNS-molekulák populációja lehetne. Ezek csak úgy lennének képesek replikációra, hogy a monomerek összekapcsolódásához kölcsönös, heterokatalitikus segítséget nyújtanának egymásnak. Az ilyen hálózatok köztes állapotot jelentenének a holisztikus replikátorok és az RNS-világ információs rendszerei között (lásd *4.*); realitásuk kérdéses.

3/e *Membránöröklõdés és a lipid világ*

Harold J. Morowitz felvetette az öröklõdõ membrán replikátorok szerepét a korai evolúcióban. A chemoton membránja is egy autokatalitikusan növekedõ alrendszer. Újabban Daniel Segré és munkatársai (2001) dolgozták ki ennek az elméletnek az eddiginél egy sokkal kifinomultabb formáját, a „lipid világ" forgatókönyvet. Rendszerük elsõ megközelítésben jól tükrözi a visszaható autokatalitikus fehérjehálózatok lipidekre írt változatát (lásd 3. c). Van azonban két lényeges különbség: a Segré-féle hipotetikus rendszer holisztikus és térben korlátozott. Gyakorlatilag a lipid összetevõk vezikulákat képeznek. A zártság nagyon fontos dinamikai következménnyel jár: a vezikulát alkotó lipidek az összes lehetséges lipideknek csak kis hányadát teszik ki, köszönhetõen a vezikula véges méretének. A szimulációk megmutatták, hogy ez a mintavételezés elõmozdítja az öröklõdési folyamatot. Ismételten visszajutottunk ahhoz a problémához, hogy nem tudjuk megmondani, vajon a bonyolult lipid replikátorok mûködõképesek-e. Mindenesetre a mellékreakciók problémája még nem megoldott ebben a rendszerben sem.

Fogas kérdés, hogy honnan származhattak a lipidvilág összetevõi? Ha a megfelelõ lipidek megjelentek, akkor ön-összeszerelõdésen mehettek keresztül, és így (többek között) eljuthattak a membránszerkezetig. Természetesen a membránképzõdéséhez szükség volt arra is, hogy rendelkezésre álljanak a megfelelõ molekulák. A meteoritok megfelelõ forrásai lehettek a Földön kívülrõl érkezõ, vízkedvelõ és víztaszító résszel egyaránt rendelkezõ (amfipatikus) molekuláknak. David Deamer kimutatta, hogy a szenes kondritok extraktumai – megfelelõ feltételek mellet – képesek vezikulákat létrehozni. Ennek az elképzelésnek hátránya, hogy a Murchinson-meteoritban talált hosszú láncú szénhidrogének, úgy tûnik, földi eredetû

szennyezõdés eredményei. Meggyõzõ mechanizmust az ilyen molekulák földi eredetére még nem ismerünk. De elképzelhetõ, hogy számos kedvezõ, felszín-katalizálta reakciókat találunk a jövõben.

4. DIGITÁLIS INFORMÁCIÓTÁROLÁS ÉS AZ RNS-VILÁG

4/a Korlátlan öröklõdési rendszerek

Minden bizonnyal a hosszabb, moduláris replikátorfajtákat meg kellett hogy elõzzék a rövidebbek. A legelsõ vizsgálatokat Günter von Kiedrowski vezette 1986-ban. Sikerült szintetizálnia egy mesterséges hexadezoxinukleotid analógot, amely enzimatikus segítség nélkül tudott replikálódni (másolódni). Sok hasonló – azóta sikeresen bevált – replikátort terveztek már. Ezek az eredmények fontosak, mert megmutatják, hogy valóban létezhet molekuláris önreplikáció (önmásolás). Ezek azonban nem alkalmazhatóak azonnal az élet keletkezésére, mert a molekulák olyan összetevõket tartalmaztak, amelyek prebiotikus szintézise nem ismeretes. Bár ezeknek a molekuláknak a replikációja moduláris, az öröklõdés mégis korlátozott, ugyanis a kis méret korlátozza a lehetséges típusok (szekvenciák) számát. A korlátlan öröklõdés határát a vírusok (genom) méretartományánál érjük el.

Az információtárolás digitális természete megengedi a nukleinsavakban a mikroevolúciót, valamint azt, hogy a korlátlan öröklõdésbõl kifolyólag az evolúció genetikai megszorítás nélkül végbemehessen. Korlátlan öröklõdésen azt értjük, hogy a lehetséges típusok száma (szekvenciák száma) sokkal több, mint az egyedek száma az adott rendszerben. Képzeljünk el egy kétszáz monomerbõl (nukleotidból) álló RNS-molekulát (nagyjából háromszorosa a szállító RNS-nek). Ez 4^{200}, ami kb. 10^{120} lehetséges szekvencia. Nem tudnánk felépíteni olyan múzeumot, amelyben ki tudnánk állítani a 10^{120} összes lehetséges szekvencia egy-egy példányát, még az általunk észlelhetõ Univerzumban rendelkezésre álló összes anyag felhasználásával sem (vö. Eigen, 1971). Egy másik megközelítés, ha elképzelünk egy szekvenciateret, ahová az összes lehetséges genom elhelyezhetõ 10^9 hosszúságig (ez az emberi genom mérete). Egy ilyen sokdimenziós térben, minden pont egy polinukleotid szekvenciának felel meg, és egy adott szekvencia közvetlen szomszédjai a csak egy nukleotid eltérést (mutációt) tartalmazó szekvenciák. Képzeljük el továbbá, hogy kezdetben ez a tér teljesen sötét. Amikor egy organizmus megjelenik, a genom szekvenciájának megfelelõ helyen a szekvenciatérben kigyullad egy villanykörte, attól függetlenül, hogy nagy vagy kicsi genommérettel rendelkezik az adott élõlény, illetve hogy a földtörténet során mikor jelent meg. Miután meggyulladt a Földön valaha élt összes élõlény valamennyi egyedének körtéje, a szekvenciatér gyakorlatilag még mindig sötétben marad. Ez összemérhetõ a fizikai tér ürességével az Univerzum skáláján.

4/b Ribozimek és az RNS-világ

Az RNS-világ fogalmának megalkotása Walter Gilbert nevéhez fûzõdik, aki visszanyúlt Carl Woese (1967), Leslie Orgel (1968) és Francis Crick (1968) hatvanas évekbeli munkáihoz, akik felismerték, hogy az RNS-ek is lehettek katalizátorok. Hiszen ezek is makromolekulák, kémiailag különbözõ funkciós csoportokkal rendelkezõ építõkövekbõl állnak, és saját szekvenciájuk által kódolt globuláris, háromdimenziós szerkezetük van. Így az RNS-ek katalizátorokként is és genetikai információhordozóként is hasznosulhattak. Ennek mindaddig kevés figyelmet szenteltek, amíg a nyolcvanas évek elején fel nem fedezték az elsõ ma létezõ katalitikus RNS-eket (ribozimeket). Majdnem minden létezõ természetes ribozim egy másik RNS-t

alakít át a katalitikus reakcióban; ezért sokáig nyitott kérdés volt, hogy vajon lehet-e a ribozim általános katalizátor. Az *in vitro* genetika az elõre meghatározott funkciókra mesterségesen szelektált ribozimek elõállításával meggyõzõ bizonyítékát szolgáltatta annak az elképzelésnek, hogy a ribozimek õsi anyagcsere-folyamatokat is gyorsíthattak. *(4. táblázat)*

Három nagy gond merül fel ezzel kapcsolatban. Az elsõ, hogy senki sem tudja, honnan származnak az RNS-ek. Ezek ugyanis túl bonyolult felépítésû molekulák az õsi kémiai reakciókhoz képest. Bizonytalanná teszi az elképzelést, hogy nem tudjuk, milyen mértékû rendet feltételezzünk az RNS-világ megjelenése elõtti kémiai reakciókészletben. Gerald F. Joyce felhívta a figyelmet rá, mekkora bajjal járhatott a kémiai õskáosz. Alapvetõen a nukleotidok minden összetevõje a lehetséges összes változatban megjelenhetett, de ennek csak egy kis része szerelõdhetett volna össze megfelelõ nukleotidokká, amelyek a funkcionális replikátorok építõkövei. Amint láttuk, a felszíni anyagcsere csökkenthette a cukrok sokféleségét: példának okáért a ribóz fõleg ribóz-2,4-difoszfát formájában volt jelen. Az elõnyben részesített, helyes 3'-5' irányban kapcsolódott nukleotid maradványok létrejöttét az agyag katalizálhatta. Mások úgy vélik, hogy az egyszerû cukor összetevõknek, mint például treóznak *(6. ábra),* jelentõs szerep juthatott a korai replikátorok felépítésében. Egyszerû felépítésûek, nincs sok változatuk; korlátozott számú helyzetben (irányban)

Kialakított kötés[b]	**Távozó csoport**	**A ribozim aktivitása**
-O-PO_3-	5'-RNA	Foszfodiészter hasítás[c]
HO-PO_3-		Ciklikus foszfát hidrolízise[c]
-O-PO_3-	PP_i	RNS ligáció
-O-PO_3-	PP_i	Korlátos polimerizáció
-O-PO_3-	AMP	RNS ligáció
-O-PO_3-	ADP	RNS foszforiláció
-O-PO_3-	Imidizole	Tetrafoszfát sapka képzése
-O-PO_3-	Rpp[d]	Foszfát anhidrid transzfer és hidrolízis
-O-PO_3<	PP_i	RNS elágaztatása
-O-CO-	AMP	RNA aminoacilálása
-O-CO-	3'-RNA	Acil transzfer
-O-CO-	AMP	Acil transzfer
-HN-CO-	3'-RNA	Amid kötés kialakítása
-HN-CO-	AMP	Peptid kötés kialakítása
>N-CH_2-	I	RNS alkiláció
-S-CH_2-	Br	Thio alkylation
>HC-CH<		Diels-Alder addíció (antracén-maleimid)
>N-CH<	PP_i	Glikozidos kötés képzése
		Hidas bifenil izomerizációja
		Porfirin metiláció

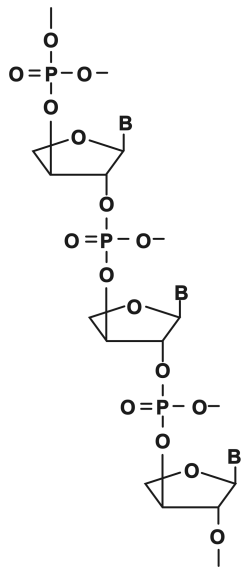
[a]Ezeket az aktivitásokat DNS és egyéb RNS-analógok készletébõl is izolálták.
[b]A támadó nukleofil balra van. A kialakított kötést (-) jelöli.
A szomszédos, egy (-) vagy kettõ (< vagy >) atomhoz vezetõ kötéseket jelöltük.
[c]A katalízis az RNS újfajta feltekeredésének köszönhetõ.
[d] Az R nagyszámú különbözõ csoport bármelyike lehet.

4. táblázat • Néhány újonnan *in vitro* szelektált ribozim[a], Bartel és Unrau nyomán (1999).

képesek reagálni más molekulákkal; és könnyedén alakulnak ki a formóz reakcióban. Sõt mi több – ami igazán vonzó a treóz nukleinsavban –, nemcsak saját magával, hanem az RNS-sel is képes bázispárosodásra.

A másik probléma az enantiomer párok keresztgátlása. Ez a biológiailag fontos molekulák homokiralitásának átfogó kérdéskörével van összefüggésben. Sok szerves molekula olyan párokban létezik, amelyek egymásnak tükörképei (jobb- és balkezes molekulák). Jellemzõen az élõ rendszerek csak a tükörképi pár egyik tagját használják, ezt nevezik homokiralitásnak (egyöntetû kiralitással rendelkezõnek). Az RNS is királis molekula, az építõkövei jobbkezesek. A jobb- és balkezes építõelemek keveréke gátolja a homokirális templát (minta) molekula replikációját. Ezért sokan nem királis RNS elõdöt javasoltak, de erre a szerepre még hiányzik a prebiológiailag elfogadható jelölt.

A harmadik probléma, hogy az RNS nem önreplikátor. Manapság fehérje replikáz szükséges még a közepes hosszúságú RNS-ek replikációjához is. Egy replikáz ribozim megoldhatná ezt a problémát, de eddig még senkinek sem sikerült ilyet készíteni. A jelenleg rendelkezésre álló legjobb RNS-polimeráz ribozim kb. kétszáz nukleotid hosszú, ez tizennégy nukleotidot képes templát irányította módon a primerhez adni 24 óra leforgása alatt, nukleotidonkénti 97 %-os átlagos másolási hûséggel. Nyilvánvalóan, egy ilyen ribozim nem tudja a saját replikációját katalizálni. Amint majd látható az *5/b*-ben, ez a másolási hûség csak egy negyven tagból álló populáció fenntartásához elegendõ. De vajon tud-e egy ilyen rövid RNS aktív polimerázként funkcionálni? Eléggé kétséges. Még akkor is, ha képesek lennénk ilyen rövid, de hatékony polimerázokat szelektálni, a templát és a másolati szál szétválasztása további bonyodalmakat okozna. Egy valódi önreplikáló RNS elõállítása gigászi feladványnak látszik.



6. ábra • A treóz nukleinsav (TNA) az RNS lehetséges korai analógja (Joyce-tól, 2002).

A fent említett nehézségek miatt mindaz, amit el tudunk képzelni, az egy RNS-hez hasonló, katalitikus aktivitással rendelkezõ pre-RNS-világ, amelybõl aztán az RNS-világ könnyedén kifejlõdhetett. Szomorú, de még egy ilyen világ megértésekor is korlátokba ütközünk.

Mit tudhatunk az RNS irányította anyagcserérõl? A *4. táblázat* elõrevetíti annak lehetõségét, hogy a ribozimek segítségével eljuthatunk egy teljes õssejt (elõsejt) anyagcseréjéhez. Egyik nyilvánvaló feltétele ennek, hogy az RNS katalizálnia tudja egyszerû nyersanyagokból saját keletkezését. Pillanatnyilag nincs még ribózt, purint és pirimidint egyszerû molekulákból elõállítani képes ribozimünk, de már ismertek olyanok, amelyek helyesen illesztik össze e három összetevõt nukleotiddá. Ez figyelemreméltó, mivel ez a prebiotikus kémia egyik közismerten nehéz reakciója volt hosszú idõn át. Az RNS-szintézis további reakcióira van már ribozimünk, kivéve a „Szent Grált", azaz az RNS-replikációt magát.

4/c A szükséges kémiai környezet

A replikátorok tárgyalása során sokszor megtörténik, hogy figyelembe sem veszik azt a környezetet, ahol a replikáció lejátszódik. Ez követi a klasszikus anatómiai-fiziológiai hagyományokat, ahol szembeötlõ az ökológiai szemlélet hiánya. Itt az idõ, hogy helyrehozzuk ezt a hibát! A sok zavarás gátolja a replikációt a kémiai rendszerekben. Triviális, hogy ha a molekuláris replikátorok építõköveit elvesszük, akkor a replikáció nem megy végbe, és a spontán bomlás irányába tolódik el a rendszer egyensúlya. De a kémiai környezetet sokkal inkább korlátok közé kell szorítanunk: ha a mellékreakciók erõsen megterhelik a rendszert, a szükséges építõelemek elmerülnek a mérgek tengerében, s a végeredmény csak a replikátorok kihalása lehet.

A korai replikátorok evolúciójának egyik legfõbb problémája, hogy a múltban rendelkezésre állt-e a szükséges kémiai környezet (Szathmáry, 2002). Ma a nukleinsav replikáció a sejten belüli bonyolult kémiai környezetben zajlik. Még ha az õsleves, mint olyan, létezett is, az élõ rendszerek hamar felélték volna. Ezért a kiterjedõ, felszín irányította kémiai rendszer elmélete (lásd *2/d*) elsõ pillantásra tetszetõs kép, mert ez a rendszer megfelelõ környezetet szolgáltathatott a reakcióknak (lásd Orgel kétségeit ezzel kapcsolatban, 2000). Nagyon sok ilyen elrendezésû kísérletre van még szükség, ezért izgalmas idõszaknak nézünk elébe.

5. AZ ÉLET KELETKEZÉSÉNEK DINAMIKAI KÉRDÉSEI

5/a Nem enzimatikus replikátorok növekedése és együttélése

Fentebb megvitattuk, hogy a korai replikációt enzimatikus segítség nélkül kellet megoldani, és megemlítettük az ebbõl következõ szelektivitási és a szálak szétválási problémát is. Von Kiedrowski elegáns, de részleges megoldása: a rövid molekulák segítségül hívása. Ebben az esetben a templát (minta) és a másolat spontán elválnak (disszociálnak) egymástól, és kezdõdhet elölrõl a következõ replikációs ciklus. Von Kiedrowski meglepõ módon azt találta (Kiedrowski, 1986), hogy a mesterséges replikátorok növekedési kinetikája (a gyarapodás reakciósebessége) lassabb az exponenciálisnál (vagyis szubexponenciális, illetve parabolikus). Ennek a természetes szelekció dinamikájára vonatkozóan van egy fontos következménye. Azért, hogy megértsük ezt a témát, bemutatunk most egy egyszerû modellt (vö. Szathmáry – Maynard Smith, 1997). A szaporodás legegyszerûbb esete, a szülõobjektum kettéosztódása, amelynek sztöchiometrikus formája:

$$A + S \rightarrow 2A + W$$

ahol *A* a replikátort és *S* valamint *W* rendre a forrás és hulladék anyagokat jelöli. Az összekapcsolt kinetikai egyenlet malthusi populációnövekedést ír le:

$$\frac{dx}{dt} = \dot{x} = kx \qquad (1)$$

ahol az *x* (az *A* koncentrációjának) növekedése exponenciális, állandó értéken tartott fejenkénti *k* rátával (amely magába foglalja az állandónak vett *S* koncentrációt is). Amikor a két replikátor együtt van egy rendszerben, és különbözõ növekedési állandóval rendelkezik, akkor a magasabb *k* értékû túlnövi, kiszorítja a másikat. Ez természetesen elemi dolog, de didaktikai okokból csak a növekvõ koncentrációk arányában fejezzük ki:

$$\frac{x_1(t)}{x_2(t)} = \frac{x_1(0)e^{k_1 t}}{x_2(0)e^{k_2 t}} = Ce^{gt} \qquad (2)$$

$$g = k_1 - k_2 > 0$$

Ami azt mutatja , hogy egy szabadon növekvõ rendszerben a rosszabb növekedésû populáció végül kihígul. Ez a *„rátermettebb túlélésének”* nagyon egyszerû leírása.

Parabolikus növekedésrõl beszélünk, ha az egyenlet

$$\dot{x} = kx^p. \qquad (3)$$

alakú, és $0 < p > 1$. A megoldás $p = 1/2$ esetén:

$$x(t) = [kt/2 + x^{1/2}(0)]^2. \qquad (4)$$

A parabolikus növekedés az összes résztvevõ túlélését eredményezi egy versengõ szituációban. Hogy ezt lássuk is, tekintsük a két replikátor relatív koncentrációjának alakulását:

$$\frac{x_1(t)}{x_2(t)} = \frac{[\sqrt{x_1(0)} + k_1 t/2]^2}{[\sqrt{x_1(0)} + k_1 t/2]^2}, \qquad (5)$$

aminek a határértéke:

$$\lim_{t\to\infty} \frac{x_1(t)}{x_2(t)} = \frac{k_1^2}{k_2^2} \qquad (6)$$

Így a *„mindenki túlélése”* (Szathmáry, 1991a.) megvalósul, amint azt szelekciós egyenletekkel Szathmáry és Gladkih 1989-ben megmutatták.

Az ok, amiért a von Kiedrowski-típusú replikátorok parabolikus növekedést mutatnak, a következõ. Tegyük fel, hogy a templát molekula *A* reagál a nyersanyagokkal, ennek eredményeként az *A*-ról másolat készül, és a templáthoz asszociáltan marad:

$$A + A \underset{b}{\overset{a}{\rightleftarrows}} AA$$

$$A + X \xrightarrow{c} AA.$$

Fontos feltétel a konstansok arányának elrendezése: $a >> b > c$, vagyis a két templát molekula gyorsabban asszociál, mint ahogy disszociál, és a replikáció a leglassabb reakció. Megjegyezzük, hogy a másolás közvetlen eredményeként a másolódásra képtelen *AA* komplex jön létre. Így a replikáció ezen útja önkorlátozó; minél magasabb az *A* koncentrációja, annál erõsebb az önkorlátozás. Megjegyezzük továbbá, hogy a replikáció típusa konzervatív: a molekulakomplex a replikációt követõen régi és újonnan szintetizált szálra oszlik. A minta és a másolat pontosan ugyanolyan szerkezetû, *egyszersmind* egymásnak komplementerei is (ez palindrom szekvencia esetén valósítható meg, azaz oda- és visszafele olvasva ugyanaz a jelentése).

Világos a fenti reakció-elrendezésbõl, hogy a replikáció sebességét a szabad *A* koncentrációja határozza meg. Amint az *A* és *AA* összes koncentrációja (rendre *x* és *y*) elég nagy, a képzõdés elhanyagolható, mert az asszociáció erõsebb, mint a disszociáció. Az *AA* képzõdése és disszociációja közelítõleg egyensúlyi, így

$$ax^2 \approx by,\ x \approx \sqrt{by/a} \approx \rho\sqrt{z},\ z = x + y, \qquad (7)$$

és ezért

$$\frac{dz}{dt} = \dot{z} = kz^{1/2} \qquad (8)$$

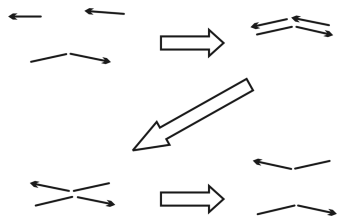
ami formailag megegyezik a (3) egyenlettel, ahol $p = 0{,}5$

Idõközben számos, mások által készített replikátorról is bebizonyosodott, hogy hasonló növekedési dinamikával rendelkezik (von Kiedrowski ismertetõje, 1999), például Julius Rebek (1994) és Dirk Sievers és von Kiedrowski (a második esetben egyszálú templátok vannak, de ezek nem ön-komplementerek). A legegyszerûbb replikátorok fent említett parabolikus növekedését leíró kinetikai modellt részletesen von Kiedrowski dolgozta ki 1993-ban, amibõl látszik, hogy az összes replikátorfajta túlélése meglehetõsen robusztus tulajdonsága a modellnek.

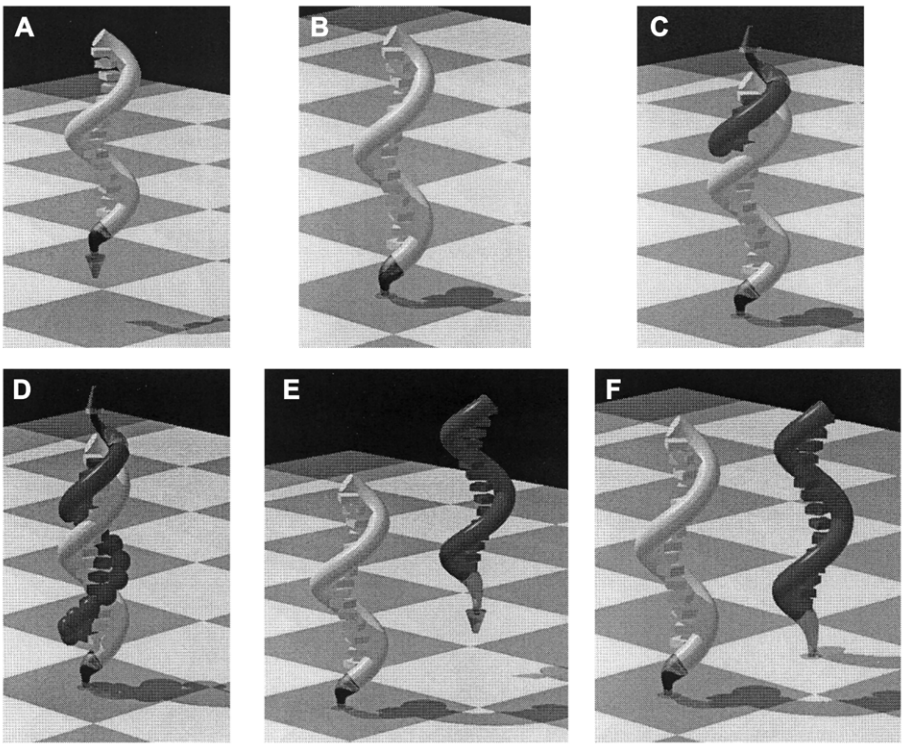
A prebiotikus evolúció egyik fontos lépése volt az exponenciálisan növekvõ replikátorok megjelenése. Roy Issac és Jean Chmielewski alkottak egy peptid alapú replikátort, amelynél $p = 0{,}9$. Hogy lehetséges ez? A *7. ábra* megadja a magyarázat alapját.

A minta és a másolat egy konformációs kényszer folytán mintegy „elrúgják magukat egymástól” az új szál szintézisének befejeztével.

Mód nyílik-e valahogy a rátermettebb replikátorok szelekciójára? Von Kiedrowski és Szathmáry (2000) fölvetették annak lehetõségét, hogy a kromatográfiás szelekció ki tudná választani a legrátermettebb (azaz a legnagyobb *k* -val rendelkezõ) replikátort. Képzeljünk el egy kétszálú molekulát (olyat, mint az *AA*), ami erõsebben kötõdik a kromatográfiás felszínéhez, mint az egyszálú (*A*). Ez az elõfeltevés kézenfekvõnek tûnik. A kiáramlás miatt az egyszálúaknak általában



7. ábra • Majdnem exponenciálisan növekedõ mesterséges replikátorok. A kialakuló termék molekuláris „gimnasztikája” csökkenti a termék általi gátlást: a komplex könnyebben esik szét, mint más esetekben. Meglepõ, hogy ez megvalósítható peptid replikátorokkal is.



8. ábra • Von Kiedrowski SPREAD eljárása: a templátok exponenciális gyarapítása a felszín segítségével (Luther *és mstai,* 1998). (a) a templát (sárga) a reakció végérõl származik. (b) a templát lehorgonyoz a felszínen. (c) a másolat (piros) szintézise: a lehorgonyzó vége a felszínnel ellentétesen van. (d) a másolódás befejezése. (e) a szálak szétválása után a másolat kész arra, hogy a felszínhez kapcsolódjon. (f) a templát és a másolat felszín segítségével választódik el egymástól, így mindketten új replikációba kezdhetnek.

nagyobb lesz a kifolyási rátája, mint a kétszálúaknak. A számítások megmutatják, hogy ilyen feltételek mellett akkor is szelekció folyik a *k* érték maximalizálásra, ha egyébként egyöntetû oldatban mindenki túlélne a parabolikus növekedési hajlam miatt.

Von Kiedrowski (Luther et al., 1998) SPREAD eljárása sem nem önálló, sem nem enzimatikus felszín közvetítette exponenciális templát replikációs folyamat. Ha minden templát az egyik végével a felszínhez kötõdik, és a másolatok is lehetõség szerint kötõdhetnek a felszínhez a replikáció befejeztével, akkor ez szükségszerûen elvezet a replikátorok számának *„generációnkénti”* megduplázódásához *(8. ábra).* Az egyik fõ cél e rendszer prebiológiai rokonainak kidolgozása.

5/b A replikáció hibaküszöbe és az Eigen-paradoxon

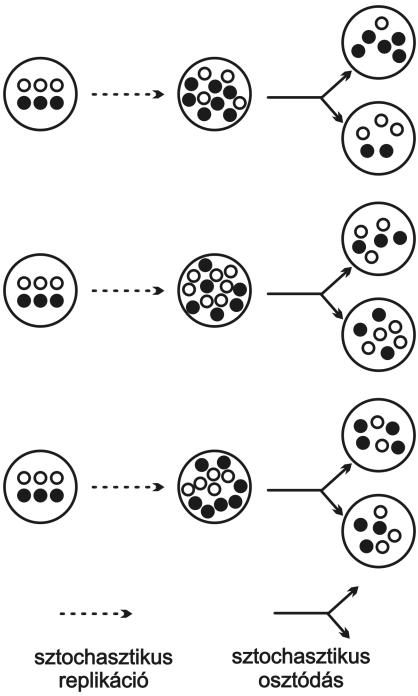
A kísérletek többsége a strukturális vizsgálatok területére koncentrálódik. Manfred Eigen (1971) úttörõ munkásságát követõen azonban tudjuk, hogy az idõbeli dinamikát nem lehet figyelmen kívül hagyni. Õ világított rá az élet eredetének egyik legfontosabb problémájára, amelyet ma úgy ismerünk, mint Eigen paradoxonát (egy másik kifejezés a „22-es csapdája”). A replikátorok mindig korlátozott pontossággal másolódnak. Mutációnak hívják a nukleotidok pontatlan beépülését a nukleinsavakba. A jelenlegi nukleinsav-replikáció hibája replikációnként és nukleotidonként 10^{-4} és 10^{-8} között van. A replikáció kezdetben sokkal pontatlanabb volt, a hiba gyakorisága talán túllépte a 10^{-2}/nukleotid/replikáció értéket. A bökkenõ az, hogy a mutációs teher a szelekció által korlátozza a fenntartható genom méretét. Ezért a kezdetleges nukleinsavszerû molekulák nem lehettek hosszabbak, mint kb. száz nukleotid, ami megfelel a jelenlegi tRNS-ek méretének. Ez a méret éppen egy rövid génhez elegendõ, következésképp igen régen a géneknek különálló egységeknek (különálló nukleinsav daraboknak) kellett lenniük. De ha különállóak, akkor képesek lehettek egymás közötti versengésre (a gének között a szekvenciában, a háromdimenziós szerkezetben és ebbõl következõen a replikációs sebességben volt különbség), ezért a feldarabolt genom ötlete bizonytalan koncepciónak tûnik.

5/c Természetes szelekció és populáció szerkezete

Az Eigen-paradoxon számos megoldását javasolták már, mindegyiknek lényeges eleme, hogy a populáció valamilyenfajta szerkezettel rendelkezik (nem egyöntetû). A legegyszerûbb, és talán a legkorábbi megoldás a replikátorok felszínhez kötött dinamikája. Ekkor a felszínen adszorbeálódott gének csak a szomszédaikkal kerülnek kapcsolatba, a különbözõ gének együttélése így lehetségessé válik. Ennek intuitív magyarázata, hogy a lassabb replikációs rátával rendelkezõ géneknek jó esélyük van rá, hogy a funkcionálisan kiegészítõ molekulákat „lássák” maguk körül, míg a gyorsabban replikálódó gént nagy valószínûséggel, saját kópiái veszik körbe, és így anyagcsere-kiegészítése a többi gén segítségével lehetetlenné válik (Czárán – Szathmáry, 2000).

Ennek a hatásnak a legfrissebb alkalmazása összefügg a hibaküszöb problémájával, valamint az egyre jobb replikátorok szelekciójának lehetõségével az ásványi felszínen. Anthony Poole és munkatársai kitaláltak egy olyan folyamatot, amelybõl a hibaküszöb majdnem folyamatos emelésével egyre hosszabb molekulák és egyre hatékonyabb replikázok születhetnek azáltal, hogy a természetes szelekció növeli a replikációs hatékonyságot. Ez egy lehetséges feloldása az Eigen-paradoxonnak, melyet Scheuring István matematikai formába is öntött. Már csak egy lényeges kérdés maradt: a paraziták problémája, mellyel elõször John Maynard Smith (1979) foglalkozott, egy kissé más

kontextusban. A kis molekulák elfogadják a más, hatékony replikázok által adott replikatív segítséget, de jól kevert (térben homogén) populációban ezek valójában megölhetik a rendszert. Ez a felszínen nem következik be. Szabó Péter és munkatársai (2002) kimutatták, hogy ha a templátok a felszínhez adszorbeálódnak, a populáció összetétele kettéágazhat: a hosszú, hatékony és pontos replikátorok együtt tudnak élni a rövid parazitákkal. Megjegyezzük, hogy von Kiedrowski SPREAD eljárása is felszínhez kötõdõ templátok exponenciális növekedésére támaszkodik. További kísérletek a közeljövõben remélhetõleg összekapcsolják majd ezeket az eredményeket.



9. ábra • A szochasztikus korrektor modell. Az üres és fekete karikák a feltételezett õssejt kétféle génjét jelentik, a sejten belüli eltérõ replikációsebességgel. Feltételezzük, hogy amikor a protosejt elkezdi a az életciklusát, a 3:3 templát összetétel az optimális az anyagcseréhez. Figyeljük meg, a két kompartment (a vastagon körbevettek) újból megjelenik, a belsõ versengés ellenére.

Az Eigen-paradoxon másik lehetséges megoldását a sztochasztikus korrektor modell adja (Szathmáry – Demeter, 1987; Zintzaras et al., 2002). Tegyük fel egyszerûen, hogy a sztochasztikus korrektor modell egy chemoton populáció genetikai megvalósítása, katalitikus RNS-ekkel. *(9. ábra)*

Bár a különbözõ gének ugyanabban a chemotonban versenyeznek egymással (elsõ szelekciós szint), de a chemoton szintjén is hat szelekció (második szelekciós szint). A templátok random módon kerülnek az utód vezikulákba. Ez (és egyéb sztochasztikus hatások) különbözõ chemoton-változatokat állít elõ, amelyekre hat a természetes szelekció. A szelekció magasabb szinten sikeresen kordában tartja az alacsonyabb szinten ható szelekciót: ez egy sikeres evolúciós átmenet (Maynard Smith – Szathmáry 1995, 1999) elméleti leírása.

6. A GENETIKAI KÓD ÉS A TRANSZLÁCIÓ EREDETE

A genetikai kódról *(10. ábra)* eddig azt gondoltuk, hogy egyetemes; most már tudjuk, hogy a különbözõ élõlények számos „dialektusban beszélik". Az a forma, amelyet a *10. ábra* mutat, a legtöbb élõlényben közös: ez a „kanonikus" kód. A táblázat megmutatja, hogy a nukleinsavak tripletjei mely aminosavaknak felelnek meg a fehérjék bioszintézisében, miközben a riboszóma leolvassa a nukleinsav-sorrend információját. A genetikai kód értelmezése maga is genetikailag meghatározott, amely az aminoacil-tRNS-szintetáz enzimek mûködésében nyilvánul meg. Ezek kapcsolják az aminosavakat a megfelelõ tRNS-ekhez. Majd a tRNS-ek a riboszómához szállítják az aminosavakat. A riboszóma egy szupramolekuláris gyár, több mint ötven molekulából áll, beleértve három

rRNS-t (riboszomális RNS-t) is. A genetikai üzenet a DNS-ben tárolódik, és a hírvivõ RNS (mRNS) segítségével szállítódik a riboszómához. Az mRNS-ben az egymás után következõ tripleteket kodonoknak hívják, és az ehhez kötõdõ komplementer triplet a tRNS-ben az antikodon.

Ez felvet egy „konokul nehéz" problémát (Crick et al., 1976), nevezetesen, hogy miként jöhetett létre a riboszóma bonyolult szerkezete, ha mindig szoros együttmûködés szükséges a fehérjék és a nukleinsavak között. Az RNS-világ elképzelése átvágja ezt az akadályt. Eltekintve magától a folyamatos (processzív) peptid szintézistõl, a rendelkezésre álló ribozimek minden szükséges részfolyamatot képesek katalizálni. Figyelemre méltó, hogy a legfontosabb reakciólépést, a peptidlánc növekedését a riboszómán – a beérkezõ új aminosavnak a növekvõ peptidlánchoz történõ hozzákötése által – a legújabb felfedezés szerint mai is az egyik rRNS katalizálja, és nem valamelyik fehérje.

Nem tudjuk, hogy mikor és hogyan lépett színre a genetikai kód az evolúció során. Inkább az a valószínû, hogy késõbb érkezett, és egy kifejlett (talán élõ) rendszerben jelent meg elõször. Ha az RNS-világ valóban létezett, akkor ez majdnem biztos. De ez azt is magában foglalja, hogy a genetikai kód keletkezése elkülönül az élet keletkezésének kérdésétõl, mert utóbbi megelõzte a genetikai kód kialakulását. Mindamellett megfontolandó, hogy minden létezõ életforma erre a kódra támaszkodik, ezért ezt a témát alaposabban meg kell vizsgálnunk.

A kód eredetének preadaptációs forgatókönyve egyre kedveltebbé válik. A preadaptáció egy olyan genetikailag meghatározott bélyeg, amely *a* funkcióra szelektálódott, de ez késõbb hasznossá válik – egy kezdetleges szinten – *b* funkcióra is. Jó példa erre a toll esete, ahol látszik, hogyan is játszódhatott le mindez. Kezdetben a toll nem repülést, hanem az állat melegen tartását szolgálta, ám szerkezete folytán segített valamiféle kezdetleges repülés kialakításában is. Végül a tollazat a repülésre *per se* szelektálódott.

A genetikai kód keletkezésének fontos problémáját két irányból közelíthetjük meg: lentrõl fölfelé, felhasználva a kémiai ismereteinket; és felülrõl lefelé, ami a genetikai kód szerkezetében leírt mintázatok analízisét jelenti (Maynard Smith – Szathmáry, 1995). Elõször a mintázatokat vitatom meg, majd tömören áttekintem a kód keletkezésének egyféle forgatókönyvét.

6/a Mintázatok a genetikai kódban

Látható az aminosavak tripletekhez történõ hozzárendelésében, hogy ez nem véletlenszerû. *(10. ábra)*

	U	C	A	G
U	UUU Phe UUC Phe	UCU Ser UCC Ser	UAU Tyr UAC Tyr	UGU Cys UGC Cys
	UUA Leu UUG Leu	UCA Ser UCG Ser	UAA TER UAG TER	UGA TER UGG Trp
C	CUU Leu CUC Leu	CCU Pro CCC Pro	CAU Hia CAC His	CGU Arg CGC Arg
	CUA Leu CUG Leu	CCA Pro CCG Pro	CAA Gin CAG Gin	CGA Arg CGG Arg
A	AUU Ile AUC Ile	ACU Thr ACC Thr	AAU Asn AAC Asn	AGU Sar AGC Sar
	AUA Ile AUG Met	ACA Thr ACG Thr	AAA Lys AAG Lys	AGA Arg AGG Arg
G	GUU Val GUC Val	GCU Ala GCC Ala	GAU Asp GAC Asp	GGU Gly GGC Gly
	GUA Val GUG Val	GCA Ala GCG Ala	GAA Glu GAG Glu	GGA Gly GGG Gly

savas
alkil csoport
alkil csoport
amid csoport
aromás csoport
bázikus
hidroxil csoportot tartalmazó
kéntartalmú
STOP

10. ábra • A kanonikus genetikai kód (Knight és mstai, 1999). Figyeljük meg a középsõ bázis domináns befolyását a rokon aminosavak kémiai természetére. Az ismert eltérések e genetikai „nyelv dialektusainak" tekinthetõk.

Már sok évvel ezelõtt felismerték (pl. Woese, 1967), hogy a középsõ bázisok nagyon erõsen meghatározzák a rokon aminosavak kémiai természetét. Az eredet mechanizmusának figyelembevétele nélkül, ez a mintázat alkalmazkodott legjobban a környezethez. Ha a szomszédos kodonok valóban kémiailag rokon aminosavakat kódolnak, akkor ez meg tudja magyarázni, hogy miért kevéssé ártalmas számos – nukleinsavakban bekövetkezõ – mutáció az élõlényre: a rokon jellemû aminosav könnyebben betöltheti ugyanazt a funkciót, mint egy találomra kiválasztott. A kutatások statisztikusan megerõsítik, hogy a kanonikus kód mintázata a lehetséges csillagászati számú hozzárendelés közül kimagaslóan jó, csökkentett mutációs terhével, valamint a transzlációs (a fehérjeszintézis során bekövetkezõ) hibák tompított következményével (Knight et al., 1999, ismertetõje). A rengeteg alternatív genetikai kódot az aminosavak tripletekhez való véletlenszerû hozzárendelésével hozták létre.

Egy másik mintázatot is meglehetõsen korán felismertek (Wong, 1975): észrevették a rokonságot az aminosavak bioszintézis útjai és a genetikai kód aminosav kodonokhoz történõ hozzárendelése között. Valóban látható összefüggés a kodon elsõ betûje és a rokon aminosavakat tartalmazó aminosav családok bioszintézis útjai között. Mivel az aminosavak két jellegzetessége, a kémiai természet és a bioszintetikus utak közötti rokonság, úgy tûnik, asszociálódott a különbözõ kodon pozíciókhoz (a középsõ és az elsõ kódbázishoz), így kevésbé meglepõ az a megfigyelés, hogy független statisztikai hatásuk kimutatható a genetikai kód szervezõdésében (Szathmáry – Zintzaras, 1992)

A bioszintézis utak mintázatán alapuló csoportosítás érvényessége újabban kérdésessé vált, és csakugyan, a hipotézis erõs formája nem tartható. Az „erõs verzió" szerint az aminosavak hozzárendelõdése a szomszédos kodonokhoz az elõanyag-termék kapcsolat alapján valósult meg. Történetesen ez maga után vonta a kodonok és az aminosavak közötti koevolúciót: a kód pedig visszatükrözné az aminosavak megjelenését a bioszintézis során (Wong, 1975). Terres A. Ronneberg és munkatársai mostanában azt találták, hogy az elõanyag-termék közti rokonsági kapcsolatokat régebben túl engedékenyen definiálták, és emiatt vált erõsebbé a hipotézis. Tárgyilagosan szemlélve az erõs változat láthatóan elpárolog.

6/b Az RNS-világtól az RNS-fehérje világig

Erõsen korlátoznom kell magamat a RNS-világba ágyazott genetikai kód keletkezésének megvitatásában a következõ megfontolások miatt: (1) bizonyítékaink vannak rá, hogy az RNS-világ anyagcseréje bonyolult lehetett; (2) az RNS-világból kivezetõ evolúciós út megvalósíthatónak látszik; (3) a most megoldásra váró probléma könnyebben bemutatható; (4) a hely hiánya megakadályoz abban, hogy más forgatókönyveket is tárgyaljak.

Majdnem közhely, hogy az RNS-világban keletkezett kezdetleges kódoló rendszer összes kritikus összetevõjének RNS természete kellett legyen. Feltételezhetõen a ribozimek felismerték és módosították az aminosavakat (Szathmáry, 1990). Ez új fényt vet a genetikai kód hipotézisére, mely a régebbi sztereokémiai hipotézis egyfajta újjászületése, melynek értelmében a kódolás az aminosav és a kodon/antikodon között kialakuló közvetlen kapcsolaton alapul, hasonlóan a kulcs és a zár illeszkedéséhez. Az RNS-világ elmélete szerint egy ilyen kapcsolat be tud ágyazódni a nagyobb ribozimek alkotta anyagcserébe. Ez lenne a sztereokémiai felfogás erõs formája, amely összefüggne az RNS-világgal. A gyenge változat azt mondaná, hogy a szintetáz ribozimek képesek az aminosavakhoz a kodon/antikodon hozzárendelést katalizálni, azonos módon, ahogyan ezt a mai fehérje szintetázok végzik. A szintetáz két különbözõ kötõhelyén felismeri az aminosavat és a megfele-

lõ tRNS-t. Így ez indirekt sztereokémiai illeszkedés lenne a szintetáz ribozim RNS-motívuma és az aminosav között, ugyanakkor ez a kapcsolat sem a kodon, sem az antikodon részvételén nem alapulna (Szathmáry, 1993).

Michael Yarus (2000) kísérletei alapján azt javasolja, hogy az evolúció az RNS-világban az erõs változattól a gyenge változat irányába mehetett. Úgy találta, hogy az aminosavak megkötésére mesterségesen szelektált RNS-molekulák aminosav kötõhelyein statisztikusan szignifikánsan gyakoribb a kodon (néha antikodon) szekvencia megjelenésének valószínûsége. Igaz ez az argininra, tirozinra és az izoleucinra, de nem igaz a fenilalaninra, habár az RNS képes az utóbbit is felismerni (Illangasekare – Yarus, 2002). Ezért a fenilalanin hozzárendelés során a gyenge változat érvényesülhetett.

Mindezek nyitva hagyják a kérdést, hogy mi az aminosav-kötés és -használat *szelektív elõnye* az RNS-világban. Valószínûleg tartható az a javaslat, hogy az aminosavak (Szathmáry, 1993) vagy oligopeptidek (kevés aminosavból álló kovalens vegyületek) elõnyösen összekapcsolódhattak az RNS-sekkel úgy, hogy a ribozimek katalitikus hatékonysága növekedjék (további részletek: Szathmáry, 1999). A hipotézis értelmében szintetáz ribozimek kicsi, tRNS-szerû molekulákhoz kapcsolták az aminosavakat, az anyagcsere ribozimei pedig ezeket az RNS „fogantyúkat" ragadták meg, amikor az aminosakra mint koenzimekre volt szükségük. A rövid RNS hajtûk csak a megfelelõ aminosavhoz kapcsolódhattak (ez a „kódoló koenzim fogantyú" elképzelés: Szathmáry, 1993). A kódolás így elõnyös lehetett fehérjeszintézis nélkül is, ami helyes magyarázata lehet ennek a nehéz evolúciós átmenetnek.

Idõvel aztán több és több ilyen koenzim kapcsolódott a ribozimek szomszédos, egymást követõ pozícióihoz (a tripletekhez). Így a szomszédos aminosavak még kötõdtek a fogantyújukhoz, de ugyanakkor kiegészíthették egymás mûködését. Az aminosavak közül sokan az õsi peptidil-transzferáz ribozim – a mai egyik riboszomális RNS õsének – segítségével kapcsolódhattak össze egymással. A polipeptidek így méretben növekedhettek, míg a legtöbb ribozim hírvivõ RNS-sé alakulhatott át.

Ez a forgatókönyv tisztán hipotetikus, de tesztelhetõ. Biztató, hogy Adam Roth és Ronald R. Breaker kísérlete szerint egy nukleinsav enzim hatékonyságát a sokszorosára lehetett növelni hisztidin kofaktor alkalmazásával. Nagyon sok kísérletre lesz még szükség, amíg a transzláció keletkezésének bonyolult problémáját kielégítõen megoldjuk.

7. KOMBINÁLT MEGKÖZELÍTÉSI MÓD: EGY KÍSÉRLETES ELÕSEJT (ÕSSEJT) FELÉ

7/a Mikor léptek színpadra az õsi sejtek?

Hasznos kérdés, hogy a chemoton logikai felépítése segíthet-e az életkeletkezés *történeti* folyamatának megértésében – mint azt az *1/d* részben körvonalaztuk. Gánti lényegében empedoklészi álláspontra helyezkedett: elképzelése szerint a chemoton lehetséges alrendszerei egymástól függetlenül keletkeztek, majd az alrendszerek különféle kombinációi között szelekció mehetett végbe. Ez könnyen lehet, hogy téves megközelítés. Bár ígéretes próbálkozások történtek chemotonszerû rendszerek létrehozására, a nem enzimatikus anyagcsere sikeres létrehozása talán eleve lehetetlen feladat. Ezzel szemben számos vizsgálat alátámasztja azt a nézetet, hogy a sejt elõtti evolúció egészen a ribozimek megjelenéséig folyhatott, jóval a chemotonszerû rendszerek spontán megjelenése elõtt (vö. Maynard Smith – Szathmáry, 1995). Ha ez a nézõpont valóban helytálló, akkor a legtöbb kezdetleges, de valamelyest életképes chemoton már a kezdetektõl ribozimeket tartalmazhatott.

Pier Luigi Luisi és munkatársai kísérletesen igazolták, hogy templát polimerizáció folyhat szaporodó lipid vezikulákon belül. Van két bökkenõ. Elõször is, a templát polimerizációt egy kívülrõl adott fehérje enzim végezte. Másodszor, a templát polimerizáció nem volt összhangban a vezikula növekedésével és kettéosztódásával. Az anyagcsereciklus létrehozása szinte áthidalhatatlanul nagy probléma, mert a templát polimerizáció építõkövekkel való ellátása enzimek nélkül nem biztosítható megfelelõ tisztaságban (l.: a Bevezetõt).

7/b *Elõsejtek anyagcsererendszer nélkül: a legszélsõségesebb heterotrófok?*

Legújabban Jack W. Szostak és munkatársai (2001) körvonalaztak egy kísérleti programot, melynek célja az élet létrehozása egyszerû sejt formájában. Az elképzelt rendszer egy autokatalitikusan növekedõ és kettéosztódó membránból és két specifikus ribozimbõl áll. Az elsõ ribozim egy általános replikáz, amely képes saját maga, valamint a másik ribozim másolatainak elõállítására. Utóbbi a lipid szintézisben vesz részt. Így a templát és a membrán dinamikája katalitikusan kapcsolt. A komplex elõanyagokat, mint például az RNS replikáció monomerjeit, valamint a lipid prekurzorokat a vezikula készen venné fel a közegbõl. Számos kísérlet egyértelmûen ebbe az irányba halad.

Lehetségesnek tûnik ilyesféle mûködõ rendszert építeni, bár a membránon keresztüli anyagszállítás, valamint a templát replikáció és a membránnövekedés összehangolása további speciális problémákat vet fel (emlékezzünk, hogy a chemotonban e két alrendszer sztöchiometrikusan volt összekapcsolva).

8. KÖVETKEZTETÉSEK

Az élõ rendszerek definíciójának munkahipotézise nélkülözhetetlen az életeredet elméleteinek megalkotásában és értékelésében. Az élõ rendszer nem szükségszerûen evolúciós egység, és fordítva, az élõtõl különbözõ egységek populációja is keresztülmehet a természetes szelekció által hajtott evolúción. De mivel bennünket elsõsorban bioszféránk keletkezése érdekel, az elsõ figyelemreméltó élõlény szükségképpen evolúciós egység is kellett hogy legyen. A legegyszerûbb élet egy hasznos és világos modellje a chemoton, mely három autokatalitikus rendszert tartalmaz: az anyagcsere-, a genetikai és a határoló alrendszereket. A rendszer mint egész képes a térbeli szaporodásra. Változatos elméleteket mutattunk be ezeknek az alrendszereknek a keletkezésérõl és különbözõ összekapcsolásaikról. A kémiai evolúció területén végzett számos sikeres kísérlet ellenére még nem teljesen értjük a nukleinsavak és lipidek keletkezésének problémáját (ezek ma fontos összetevõi az örökítõ és határoló rendszereknek). E hiányosságok ellenére sokan hisznek abban, hogy az evolúciónak voltak átmeneti állapotai, mint például az RNS-világ, ahol az RNS-ek mint gének és mint enzimek funkcionáltak, ámbár prebiológiai szempontból elfogadható nem enzimatikus RNS önreplikációs mechanizmus még nem állt rendelkezésükre. A szerkezeti megfontolásokon kívül e rendszerek dinamikája is lényeges. Valószínû, hogy a kompartmentalizáció elsõ passzív szakaszát (adszorpció az ásványi felszínhez) követte az aktív fázis (membrán általi elhatárolás), ami a kezdetleges genom felépülése szempontjából is elengedhetetlen lehetett. A genetikai kód valószínûleg egy olyan rendszerben születhetett, melyet már élõnek tekinthetünk. Az aminosavak a ribozimek koenzimjeiként kerülhettek az RNS-világba.

Kulcsszavak: *élet keletkezése, replikátor, kémiai evolúció, autokatalis, templát replikáció, membrán, evolúció, RNS-világ, hibaküszöb, felületi anyagcsere*

IRODALOM

Czárán Tamás - Szathmáry Eörs (2000): Coexistence of Replicators in Prebiotic Evolution. in Dieckmann, Ulf – Law, Richard – Metz, Johan A. J. (eds.): *The Geometry of Ecological Interactions: Simplifying Spatial Complexity*. IIASA – Cambridge University Press, 116-134.

Crick, Francis H. C. (1968): The Origin of the Genetic Code. Journal of Molecular Biology. **38,** 367-379.

Crick, Francis H. C. – Brenner, S. – Klug, A. – Pieczenik, G. (1976): A Speculation on the Origin of Protein Synthesis. Origins of Life. **7,** 389-397.

Eigen, Manfred (1971): Self-Organization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules. Naturwissenschaften. **58**, 465-523.

Gánti Tibor (1971): *Az élet princípiuma.* Gondolat, Bp.

Gánti Tibor (2003): *The Principles of Life.* Oxford Univ. Press, Oxford

Illangasekare, Mali – Yarus, Michael (2002): Phenylalanine-Binding Rnas and Genetic Code Evolution. Journal of Molecular Evolution. **54,** 298-311.

Kiedrowski, Günter von (1986): A Self-Replicating Hexadeoxy Nucleotide. Angewandte Chemie International Edition in English. **25,** 932-935.

Kiedrowski, Günter von (1993): Minimal Replicator Theory I: Parabolic Versus Exponential Growth. Bioorganic Chemistry Frontiers. **3,** 113-146.

Kiedrowski, Günter von (1999): Molekulare Prinzipien Der Artifiziellen Selbstreplikation. in Ganten, Detlev (ed.): *Gene, Neurone, Qubits & Co. Unsere Welten Der Information*. S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 123-145.

Kiedrowski, Günter von – Szathmáry Eörs (2000): Selection Versus Coexistence of Parabolic Replicators Spreading on Surfaces. Selection. **1,** 173-179.

Knight, Robin D. – Freeland, Stephen J. – Landweber, Laura F. (1999): Selection, History and Chemistry: Three Faces of the Genetic Code. Trends in Biochemical Sciences. **24,** 241-247.

Luisi, Pier Luigi (1998): About Various Definitions of Life. Origins of Life and Evolution of the Biosphere. **28,** 613-622.

Luther, Anatol – Brandsch, Romana – Kiedrowski, Günter von (1998): Surface-Promoted Replication and Exponential Amplification of DNA Analogues. Nature. **396,** 245-248.

Maynard Smith, John (1979): Hypercycles and the Origin of Life. Nature 280, 445-446.

Maynard Smith, John (1986): *The Problems of Biology,* Oxford University Press, Oxford

Maynard Smith – Szathmáry (1995): *The Major Transitions in Evolution*. Freeman, Oxford

Maynard Smith, John – Szathmáry Eörs (1999): *The Origins of Life*. Oxford University Press, Oxford

Oparin, Alexander Ivanovich (1961): *Life: Its Nature, Origin and Development.* Academic Press, N.Y.

Orgel, Leslie E. (1968): Evolution of the Genetic Apparatus. Journal of Molecular Biology. **38,** 381-393.

Orgel, Leslie E. (2000): Self-Organizing Biochemical Cycles. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. **97,** 12503-12507.

Rebek, Julius (1994): Synthetic Self-Replicating Molecules. Scientific American. 271**, 1,** 34-40.

Segré, Daniel – Ben-Eli, D. – Deamer, D. W. – Lancet, D. (2001): The Lipid World. Origins of Life and Evolution of the Biosphere. **31,** 119-145.

Szabó Péter – Scheuring I. – Czárán T. – Szathmáry E. (2002): In Silico Simulations Reveal that Replicators with Limited Dispersal Evolve towards Higher Efficiency and Fidelity. Nature. **420,** 360-363.

Szathmáry Eörs (1990): Towards the Evolution of Ribozymes. Nature. **344,** 115.

Szathmáry Eörs (1991): Simple Growth Laws and Selection Consequences. Trends in Ecology and Evolution. **6,** 366-370.

Szathmáry Eörs (1993): Coding Coenzyme Handles: A Hypothesis for the Origin of the Genetic Code. Proceedings of the National Academy of Scienes of the USA. **90,** 9916-9920.

Szathmáry Eörs (1999): The Origin of the Genetic Code. Amino Acids as Cofactors in an RNA World. Trends in Genetics. **15,** 223-229.

Szathmáry Eörs (2000): The Evolution of Replicators. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B. **355,** 1669-1676.

Szathmáry Eörs (2002): Units of Evolution and Units of Life. in Pályi Gyula – Zucchi, Claudia – Caglioti, Luciano (eds.) *Fundamentals of Life.* Elsevier, Paris, 181-195.

Szathmáry Eörs – Demeter László (1987): Group Selection of Early Replicators and the Origin of Life. Journal of Theoretical Biology. **128,** 463-486.

Szathmáry Eörs – Gladkih, I. (1989): Sub-Exponential Growth and Coexistence of Non-Enzymatically Replicating Templates. Journal of Theoretical Biology. **138,** 55-58.

Szathmáry Eörs – Maynard Smith, John (1995): The Major Evolutionary Transitions. Nature. **374,** 227-232.

Szathmáry Eörs – Maynard Smith, John (1997): From Replicators To Reproducers: The First Major Transitions Leading To Life. Journal of Theoretical Biology. **187,** 555-571.

Szathmáry Eörs – Zintzaras, Elias (1992) A Statistical Test of Hypotheses on the Organization and Origin of the Genetic Code. Journal of Molecular Evolution. **35,** 185-189.

Szostak, Jack W. – Bartel, David P. – Luisi, Pier Luigi (2001): Synthesizing Life. Nature. **409,** 387-390.

Wächtershäuser, Günter (1988): Before Enzymes and Templates: Theory of Surface Metabolism. Microbiological Reviews. **52,** 452-484.

Wächtershäuser, Günter (1992): Groundworks For An Evolutionary Biochemistry: The Iron-Sulfur World. Progress in Biophysics and Molecular Biology. **58,** 85-201.

Woese, Carl R. (1967): *The Genetic Code.* Harper & Row, New York

Wong, J. T.-F. (1975): A Coevolution Theory of the Genetic Code. Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A. **72,** 1909-1912.

Yarus, Michael (2000): RNA-Ligand Chemistry: A Testable Source For the Genetic Code. RNA. **6,** 475-484.

Zintzaras, Elias – Santos, Mauro – Szathmáry Eörs (2002): "Living" Under the Challenge of Information Decay: The Stochastic Corrector Model Versus Hypercycles. Journal of Theoretical Biology. **217,** 167-181.

A VILÁGEGYETEM FEJLÕDÉSE

Németh Judit
az MTA levelezõ tagja, nyugalmazott egyetemi tanár, ELTE TTK – *judit@dnj.elte.hu*

„Az Univerzumban az a legérthetetlenebb, hogy megérthetõ.”
(Einstein)

Sokan közülünk elgondolkodnak néha az Univerzumról, amiben élünk, és arról, milyen lehet a csillagos ég olyan messze tõlünk, ahol már nem látjuk, mi van. De még izgatóbb kérdés, hogy milyen volt a Világegyetem régen és milyen lesz sok milliárd év múlva. Olyan volt valaha, mint ma, és olyan is marad? A válasz sokszor az, hogy ezt úgyse tudjuk megmondani, nem érdemes ezekrõl a kérdésekrõl gondolkodni, vagy esetleg az, hogy hagyjuk ezeknek a kérdéseknek a megválaszolását a szakértõkre. De a gondolkodó emberek egy részét foglalkoztatják ezek a kérdések, és szeretnének a tudomány mai szintjén választ kapni rájuk. A huszadik században rendkívül sokat fejlõdtek kozmológiai ismereteink, és ma már azt hisszük, fõbb vonalakban egyszerûen le tudjuk írni a Világegyetem fejlõdését.

A Világegyetemrõl alkotott régi elképzelés

A XX. század elejéig az Univerzumot statikusnak képzelték, ami az idõben nem változik. Természetesen a statikus megoldással kapcsolatban merültek fel problémák. A három legfontosabb ezek közül a következõ:

1.) A csillagok egymásra vonzóerõvel hatnak. Az erõ hatására gyorsulás jön létre, tehát a csillagoknak mozogniuk kell, nem állhatnak. Isaac Newton ezt az ellentmondást úgy akarta feloldani, hogy azt mondta, az Univerzum végtelen, minden csillagra minden irányból egyforma vonzás hat, így azok nem mozdulnak el. Ez azt jelenti, hogy a Világegyetemnek nem lehet közepe és nem lehet széle.

2.) A hõhalál problémája. A termodinamika törvényei szerint a rendszerek változása során csak olyan mozgás jöhet létre, amelyben az entrópia (a rendszerek rendezetlenségére jellemzõ adat) vagy állandó, vagy növekszik. Természetesen lokálisan lehetséges, hogy valahol nagyobb rend alakul ki, de annak az az ára, hogy másutt még nagyobb lesz a rendezetlenség. (Például felmelegszik a rendszer. Nagyobb hõmérséklet nagyobb rendezetlenséget, azaz entrópia-növekedést jelent.) Ha a Világegyetem végtelen ideje létezne, az entrópia már régen kiegyenlítõdött volna (hõhalál). Ma viszont nem ez a helyzet (például sugárzások vannak). Ez azt jelenti, hogy a Világegyetem kora nem lehet végtelen, mert még nem értük el a termodinamikai mennyiségek teljes kiegyenlítõdését.

3.) A legérdekesebb felmerült ellentmondás talán az Olbers-paradoxon volt. Ha végtelen a Világegyetem, végtelen nagy számú csillag sugároz, ezeknek a fényét látnunk kellene. Igaz, hogy ezek messze vannak tõlünk, így kevésbé fényesek, de végtelen sok van belõlük. Ha ennek a sugárzásnak az átlagát kiszámoljuk, az éjszaka (még a sugárzást csökkentõ mennyiségeket figyelembe véve is) olyan fényes kellene hogy legyen, mintha az ég minden pontján egy Nap lenne. Nem lehet tehát a Világegyetem végtelen nagy. De egy további probléma is felmerül: ha ezek a csillagok végtelen idõ óta sugároznak, fel kellett hogy melegítsék a csillagközi anyagot

legalább olyan fényesre, mint a csillagok felszíne. Mivel ez nem következett be, a csillagok nem sugározhatnak végtelen ideje.

Jellemzõ a csillagászat és kozmológia fejletlenségére a XIX. században, hogy noha a problémákat ismerték, választ adni rá a múlt század húszas éveiig nem tudtak.

A régi elképzelés módosulása – az Univerzum tágulása

A modern kozmológia kezdete Albert Einstein nevéhez fûzõdik, aki 1915-ben megalkotta az általános relativitáselméletet. Eszerint a bolygók Nap körüli mozgásuk során a legegyenesebb pályát követik, de a Nap által meggörbített téridõben. Newton törvényei továbbra is jól leírják a gravitációt, de csak akkor, ha a tárgyak nem nagy sebességgel mozognak, és a gravitáció nem ultraerõs. Az általános relativitáselmélet szerint a téridõ görbülete okozza a gravitációt, azaz a tér hat az anyag mozgására, és ugyanakkor az anyag okozza a görbületet, a tér szerkezetét tehát a tömeg alakítja ki.

Az általános relativitáselmélet egyenletei alkalmasak voltak arra, hogy az Univerzum fejlõdését is leírják. Az Einstein-egyenletek következményeit kutató fizikusok (maga Einstein is) meglepetve állapították meg, hogy a megoldások nem statikus teret írnak le: az Univerzum vagy tágul, vagy összehúzódik. Egészen addig senki nem kételkedett a tér állandóságában. Ez annyira mélyen gyökerezett a tudományos világképben, hogy még Einstein is, mikor rájött, hogy egyenleteinek megoldása egy olyan Világegyetem, amely vagy tágul, vagy összehúzódik, bevezetett egy állandó tagot, az ún. kozmológiai állandót, hogy statikus megoldást kapjon. Alekszander Friedmann mutatott rá, hogy ez instabil megoldást jelent: a stabil megoldás az, hogy a tér vagy tágul, vagy összehúzódik.

Az általános relativitáselmélet fenti megállapításának igazolása a csillagászati megfigyeléseknél használt eszközök fejlõdése révén következett be. A húszas években a távcsövek javulásával Edwin Hubble-nak sikerült megfigyelnie a környezetünkben levõ galaxisokat, és azt állapította meg, hogy azok nagy része távolodik tõlünk, akármilyen irányban is vannak. Megfigyelései során a galaxisok atomjai által kibocsátott fényt vizsgálta. A galaxisok gerjesztett atomjaiban az elektronok mélyebb energiaállapotokba átmenve adott hullámhosszú fényt bocsátanak ki. Földi viszonylatban tudjuk, melyik atomnál mekkora a kibocsátott fény hullámhossza, illetve a frekvenciája. Ha egy objektum, ami a sugárzást kibocsátja, távolodik tõlünk, a hozzánk érkezõ fénynek ugyanannyi kibocsátott rezgés esetén nagyobb utat kell megtennie, tehát a hullámhossza megnõ. Növekvõ hullámhossz esetén vörösebbnek látjuk a sugárzást. Ezt nevezik vöröseltolásnak.[1] Ha a fényforrás közeledik felénk, kékeltolásról beszélünk. A hullámok a térrel együtt összehúzódnak vagy megnyúlnak.

Hubble azt figyelte meg, hogy a galaxisok majdnem mind vöröseltolódást mutattak. Minél messzebb volt egy galaxis, annál nagyobb sebességgel távolodott tõlünk. Hubble tehát felfedezte, hogy a Világegyetem tágul. Ez a huszadik századi tudomány egyik legfontosabb felismerése.

Az, hogy minden galaxis távolodik tõlünk, természetesen nem azt jelenti, hogy mi vagyunk a Világegyetem közepe: a térben minden pont távolodik minden ponttól, azaz maga a tér tágul.

Ezt a jelenséget két dimenzióban könnyû megérteni. Gondoljunk el egy kis léggömböt, amelyre kis köröket rajzolunk. Ha a léggömböt felfújjuk, nõ a sugara, a felszínén minden kör távolodik mindegyiktõl, noha közben nem mozdulnak el, és a körök sugara nem nõ: maga a tér tágul. A távolság változása a tér tágulására jellemzõ értéktõl (a

[1] A vöröseltolódásról Christian Doppler és Edwin Hubble emlékezete kapcsán lásd Szabados László cikkét e számunk 1256. oldalán.

léggömb sugarától), a távolodási sebesség a tér idõbeli változásától és két kör távolságától fog függeni. Tehát minél messzebb van egymástól két galaxis, annál gyorsabban távolodnak egymástól.

Felmerül a kérdés, mi lesz az általunk ismert Világegyetem jövõje. Jelenleg a galaxisok távolodnak egymástól, akárcsak egy Földrõl kilõtt rakéta a Földtõl. Rakéta esetén a távolodás sebessége lassulni fog, mert a Föld gravitációs ereje vonzza a rakétát. Ha elég nagy a kezdeti sebesség, a rakéta végleg eltávolodhat a Földtõl, míg kisebb kezdeti sebesség esetén visszaesik rá. A rakéta sorsa függ a kezdeti kilövési sebességtõl, továbbá a Föld tömegétõl, hiszen a Föld gravitációs vonzása a tömegétõl függ. Van egy kritikus Föld-tömeg, ami meghatározza, adott kezdeti sebességgel kilõtt rakéta elmegy-e a végtelenbe, vagy visszajön. Ezt az értéket nevezzük kritikus tömegnek. A Világegyetem jövõje az összes, az Univerzumban található anyagmennyiségtõl függ. Ha ez a tömeg nagyobb a kritikus tömegnél, a Világegyetem elliptikusan tágul, azaz egy maximális érték után zsugorodni kezd. Kisebb tömeg esetén a távolodás végtelen. Mai ismereteink szerint a tömeg nem éri el a kritikus értéket, így az Univerzum anyaga örökké tágul.

A Világegyetemben található anyag mennyisége nemcsak a tágulás mértékére, hanem a tér szerkezetére vonatkozóan is nyújt információt (hiszen a relativitáselmélet értelmében az anyag alakítja ki a teret). Ha a tömeg éppen a kritikus értékkel azonos, a tér sík. Ha nagyobb a kritikus értéknél, elliptikusan zárt, ha kisebb, hiperbolikus, azaz nyeregszerûen nyitott.

Az Univerzum tágulási sebessége nagyon közel van a kritikus értékhez: vagy éppen annyi, vagy kicsit kisebb annál. Érdemes hangsúlyozni, hogy csak ilyen kezdeti sebességgel táguló Világegyetemben lehet életet elképzelni. Ha a kezdeti tágulási sebesség jóval nagyobb lett volna a kritikus értéknél, a gravitáció hatása nem lett volna elég erõs ahhoz, hogy galaxisok alakuljanak ki, ha sokkal kisebb, akkor a tágulás leállt és az Univerzum összehúzódott volna, még mielõtt a csillagok kialakulhattak.

Menjünk visszafele az idõben. Ha most tágul a Világegyetem, idõben visszafelé menve egyre kisebb sugarúnak kellett lennie, míg közel egy pontra össze nem zsugorodott. A tágulás innen indult el. Ezt a kezdeti idõpontot nevezik Nagy Bummnak. Ebben az idõpontban az Univerzum nagyon kicsi és nagyon forró volt. Ettõl az idõponttól számoljuk ma az Univerzum korát, holott ez természetesen csak az idõszámítás kezdetét jelenti. A számítások szerint az Univerzum kora kb. 13,5-15 milliárd év.

A tágulásnak van még egy fontos következménye, ami segít megismerni a Világegyetem fejlõdését. Ha ma egy messze levõ objektumot nézünk, annak a fénye nagyon régen bocsátódott ki, hiszen a fénynek el kellett hozzánk érkeznie. A galaxisok távolodási sebességét ismerjük a Világegyetem tágulásából. A kibocsátott fény vöröseltolódását mérve meg tudjuk határozni, hogy az adott sugárzást a kibocsátó objektum mennyi idõvel ezelõtt bocsátotta ki. Minél messzebb van az objektum, annál régebben indult el a sugárzás. Ilyen módon a múltról kaphatunk információt. Megfigyelhetjük például azt, hogy milyenek voltak a galaxisok, mekkora volt a galaxissûrûség az Univerzum mai korának felénél, harmadánál. Ahogy nõ a megfigyelési eszközeink élessége, egyre többet tudunk meg az Univerzum múltjáról.

A kozmikus háttérsugárzás

Az 1940-es évek végén George Gamow és munkatársai elkezdték komolyan elemezni az õsi Világegyetem kezdeti állapotát. Ha kezdetben az Univerzum nagyon kicsi volt, és abból tágult ki a mai méretére, akkor ott nagyon sûrû és forró anyagnak kellett lennie.

Ez az anyag mára nagymértékben lehûlt és kitágult. A hûlés során a forró anyagnak valamilyen sugárzást kellett kibocsátania. Ez a sugárzás azóta nagymértékben lehûlt; kiszámították, hogy a mai hõmérséklete 5 K körül kell hogy legyen (a K az abszolút hõmérsékleti skála zérus pontja -273 °C). Ezt a sugárzást észlelni kell. Azt is megállapították, hogy a hûlés kezdetén elég forró volt a rendszer ahhoz, hogy a legelemibb magreakciók végbemenjenek.

Noha a legtöbb asztrofizikus számára Hubble megfigyelése döntõ bizonyíték volt a Nagy Bumm létére vonatkozóan, voltak, akik nem fogadták el a táguló Univerzum feltételezését. Döntõ fontosságú változást hozott 1965-ben a kozmikus háttérsugárzás felfedezése. Azt figyelték meg, hogy az Univerzumban egy egyenletes, 2,7 K hõmérsékletû sugárzás észlelhetõ. A sugárzás hõmérséklete, ha a Föld mozgását leszámítjuk, minden irányból öt nagyságrenden belül izotróp volt. Ezzel megtalálták a Gamowék által megjósolt, a Nagy Bumm felléptére utaló sugárzást.

A Nagy Bumm elmélet

A részecske- és magfizika eredményeinek felhasználásával a relativitáselmélet és a tapasztalati megfigyelések alapján alakult ki a kozmológia Nagy Bumm (vagy standard) elmélete. A huszadik század nagy részében ez volt az elképzelés az Univerzum fejlõdésérõl. Ennek lényege a következõ: A Világegyetem egy adott pillanatban, amit a kezdetének nevezünk, egy forró, pontszerû helyre koncentrálódott anyagból állt. A pontszerût úgy kell érteni, hogy maga az egész tér volt pontszerû. Ahogy a forró, táguló anyag lehûlt, egyre összetettebb részecskék, anyagformák alakultak ki, ugyanis a rendezetlen mozgású részecskéknek már nem volt elég energiájuk ahhoz, hogy az összetettebb rendszereket ütközések révén alkotórészeikre bontsák szét.

Az Univerzum fejlõdésének idõskálája

Részecskefizikai, magfizikai és termodinamikai ismereteink segítségével meg tudjuk mondani, hogy a tágulás és a hûlés során milyen részecskékbõl állt a Világegyetem anyaga.

Kezdetben ma még meg nem figyelt és a részecskefizika által vizsgált különbözõ részecskék voltak jelen.

1.) Ahogy hûlt a rendszer, a kvarkok (a protonok és neutronok alkotórészei), az elektronok és a neutrínók lettek a legfontosabb anyagformák.

2.) További hûlésnél a kvarkokból a köztük ható vonzóerõ révén protonok és neutronok alakultak ki.

3.) Ahogy még jobban hûlt a rendszer, a protonok és neutronok atommagokká egyesültek. A domináló erõk ekkor a magerõk voltak. Ekkor alakultak ki a legkönnyebb atommagok: a deuteron (a deutérium atom atommagja), a hélium és a lítium. Mivel a neutronok bomlékonyak, csak egy részük tudott a protonokkal atommagokká, elsõsorban héliummá alakulni. Nehezebb atommagok a gyors tágulás miatt nem tudtak kialakulni. A számítások szerint a héliumanyag 23 %-a a protonanyagnak. Ez az érték kiválóan megegyezik a tapasztalattal. Az atommagok három perccel a Nagy Bumm után alakultak ki.

4.) További hûlés során a pozitív töltésû protonok, illetve atommagok az elektronokkal elektromágneses kölcsönhatás révén. semleges atomokká alakultak át. A semleges atomok az õsrobbanás után 300 ezer évvel keletkeztek.

5.) A gravitációs vonzás révén az atomok lassan galaxisokba tömörültek.

Az õsrobbanás-elméletet igazoló megfigyelések

Összefoglalva, a Nagy Bumm elméletét a következõ megfigyelések igazolják:

1.) az Univerzum tágulása;

2.) a kozmikus háttérsugárzás fellépte;

3.) a könnyû elemek aránya (a galaxisokban talált könnyû elemek mennyisége megegyezik az elméletileg számolt értékkel);

4.) a galaxisok és a nagy-skálájú szerkezetek kialakulása megegyezik a várttal.

Érdemes megjegyezni, hogy ezek a megfigyelések mind az elsõ másodperc utáni eseményekre vonatkoznak, és semmit nem mondanak az elsõ másodperc elõtt történtekrõl.

Az õsrobbanás-elmélettel kapcsolatban felmerülõ legfontosabb problémák

Az elmélet rendkívüli sikere ellenére kezdetektõl fogva felmerült néhány probléma. Ezek közül a legfontosabbak a következõk:

1.) A síkság problémája. Tapasztalatunk szerint a Világegyetem közel sík. Ez csak akkor lehetséges, ha a kezdeti idõben a tömeg 10-15 számjegyig megegyezett a kritikus értékkel. Miért volt a tömeg éppen a kritikus érték?

2.) A háttérsugárzás izotrop, azaz minden irányból egyforma a sugárzás. Ez csak úgy magyarázható, hogy minden tartomány, ahonnan a sugárzás jön, kapcsolatban volt a többivel, különben érthetetlen lenne, miért azonos sugárzást bocsátanak ki. Az Univerzumnak azonban csak azok a tartományai lehetnek kapcsolatban egymással, amelyeket a fény a kezdet óta össze tudott kapcsolni, azaz amelyek d=ct távolságra vannak egymástól, ahol c a fény terjedési sebessége és t a Világegyetem kora. A megfigyelések szerint azonban a Világegyetem mérete, ahonnan a fény hozzánk jön, nagyobb, mint d. Hogy lehetséges akkor az izotrópia?

Ahhoz hogy az anyag galaxisokká tömörüljön a gravitációs erõk hatására, kezdeti anyagcsomósodások kellett hogy létezzenek. Honnan származnak ezek a kezdeti anyagfluktuációk?

3.) Említettük a korábbiakban, hogy kezdetben egy forró anyag volt a kis térre korlátozódott Világegyetemben. Hogy alakult ki ez a forró anyag?

A felfúvódó Világegyetem

A standard kozmológia problémáinak a megoldására vezették be a nyolcvanas években a felfúvódó Világegyetem fogalmát, az inflációt.

Az infláció elmélete szerint a Nagy Bumm utáni elsõ pillanatokban a kvantumgravitáció törvényei uralkodtak. Ennek során parányi kvantumos fluktuációk alakultak ki. Bonyolult térelméleti okok miatt az Univerzum ekkor hihetetlenül kitágult, 10**(-33) s alatt ötven nagyságrendet nõtt a sugara, miközben óriási felmelegedés következett be. Ezt a tágulást és felmelegedést nevezik inflációnak. Ez a felfúvódó periódus csak nagyon rövid ideig tartott, utána már a fentiekben leírt, Nagy Bumm utáni fejlõdés következett be. A tér tágulása lecsökkent a korábbi értékre, és az anyag lassan hûlni kezdett.

Az infláció fellépte megmagyarázza a Nagy Bummal kapcsolatos problémákat.

1.) A hihetetlen nagy tágulás azt okozza, hogy bármi volt korábban a tér görbülete, az infláció során az kisimult. Az infláció elõrejelzése tehát az, hogy a tér sík.

2.) Mivel a Világegyetem elsõ pillanataiban, a felfúvódás elõtt a Világegyetem minden része kapcsolatban volt a többivel, a sugárzás izotrópiája nem meglepõ.

3.) A kvantumos fluktuációk a felfúvódás során megnõttek, és a gravitáció hatására ezekbõl alakultak ki évmilliárdok során a csillagok, galaxisok, galaxishalmazok.

4.) Az anyag felmelegedése a felfúvódás során következett be.

Az infláció fellépte ma általánosan elfogadott, létrejöttének az okát és pontos kialakulását azonban a kozmológusok és a részecskefizikusok még vizsgálják.

Az Univerzum anyagsûrûsége – a barionos anyagmennyiség

A csillagászatban, akárcsak a természettudományok többi ágában, egy objektumot kétféle módon lehet észlelni: vagy közvetlenül figyeljük meg, vagy a többi objektumra való hatása révén.

Nagysebességû, illetve gyorsan forgó rendszereket csak nagy erõk tudnak összetartani, a csillagászati rendszerekben pedig egyedül a gravitációs erõ hatása lényeges. A galaxisok vizsgálatánál a csillagok sebességébõl a galaxisokban és a galaxisok mozgásából a galaxishalmazokban tudjuk, hogy legalább 6–8-szor annyi anyag van bennük, mint amennyi látható. Ellenkezõ esetben a gravitációs erõ nem lenne elég ahhoz, hogy a gyors mozgású csillagokat a galaxisokban tartsa.

Eleinte azt gondolták, hogy úgynevezett barna törpék vannak a galaxisokban. A barna törpe olyan anyag, ami barionokból áll (barionok a protonok, a neutronok és az atommagok együttesen), de nem elég meleg, és így nem világít (tehát nem bocsát ki fotonokat a látható tartományban).

Hamarosan kiderült, hogy ez a magyarázat nem kielégítõ: lényegesen kevesebb barionos anyag van a galaxisokban, mint várnánk. A Világegyetem barionsûrûségét a különbözõ galaxisokban levõ, ma található deuteronok gyakoriságából lehet a legjobban meghatározni (akár atommag, akár deutérium atomok formájában vannak jelen). Ennek az oka a következõ: Egy proton és egy neutron deuteronná tud egyesülni. A deuteron gyengén kötött rendszer, nagy energiájú fotonokkal bombázva alkotórészeire szakad szét. Két deuteron egy alfa résszé tud átalakulni, az alfa rész feltûnõen erõsen kötött részecske. Természetes ezért, hogy ha két deuteron annyira közel kerül egymáshoz, hogy a rövid hatótávolságú magerõk már hatnak közöttük, alfa résszé alakulnak át. Ahogy az õsrobbanás után a Világegyetem hûlt, és a részecskék mozgási energiája egy kritikus érték alá csökkent, deuteronok jöttek létre. Ha az anyagsûrûség ennél a kritikus hõmérsékletnél nagy volt, a deuteronok nagy valószínûséggel ütköztek és alfa résszé egyesültek. Ha a sûrûség kicsi volt, lényegesen több deuteron maradt meg. Ha meghatározzuk az intersztelláris anyagban a deutérium sûrûséget, a fentieket figyelembe véve meg tudjuk határozni a Világegyetem teljes barionos anyagsûrûségét a deuteronok kialakulásakor, és ebbõl a teljes anyagsûrûségre tudunk következtetni. A barionsûrûség nagyon jó közelítésben a kritikus anyagsûrûség 4 %-a.

A fenti megfontolásokból arra lehet következtetni, hogy galaxisokban kell olyan anyagnak lennie, amelyik gravitációsan kölcsönhat, és nem barionos anyag. Újabb rejtély elõtt álltak az asztrofizikusok: ha a sötét anyag nem barionos, akkor mibõl áll?

A sötét anyag

Mi lehet a sötét anyag? Ma még nem tudjuk pontosan, ennek mibenlétére is a kozmológia már említett új ága, a részecske-asztrofizika keresi a választ. Két dolgot tudunk csak: a sötét anyag gravitációsan kölcsönhat, és nem barionos anyag.

Egy évtizeddel ezelõtt a kozmológusoknak megnyugtató elképzelésük volt a világról: az infláció. Az inflációelméletnek megfelelõen az Univerzum közel sík. Ez azt jelenti, hogy a barionos anyag mellett rendkívül nagy mennyiségû sötét anyag van jelen, annyi, hogy a barionos és a sötét anyag együttesen kiadja a kritikus értéket. A sötét anyagról nem tudták, mibõl áll, de ezt a problémát majd megoldják a részecskefizikusok. A tér sík és örökké tágul, állandóan lassuló mértékben.

Ezt a harmonikus képet zavarta meg az a felismerés, hogy a gravitáló, azaz a sötét és a barionos anyag összege együttesen nem lehet több, mint a kritikus tömeg értékének egyharmada. Ha ennél nagyobb lenne, a

galaxisok kialakulása a nagyobb gravitáció miatt sokkal gyorsabban következett volna be, tehát ma már nem nõne jelentõsen a galaxisszám, mert azok már a múltban kialakultak volna. Márpedig a messze levõ galaxissûrûséget (ezek idõben jóval korábban alakultak ki, hiszen a fénynek el kellett érkeznie hozzánk) összehasonlítva a közelivel (az újabban keletkezettekkel) azt kapjuk, hogy a galaxiskeletkezés gyakorisága idõben nõ. Ez a felismerés megdönthette volna az inflációban és annak elõrejelzésében (az össztömeg ~ a kritikus tömeg) való hitet, ha a kilencvenes évek során két nagyon fontos új kísérleti eredmény nem erõsítette volna meg azt. Az egyik a háttérsugárzás fluktuációjának pontos megmérése, a másik a szupernóvarobbanások egy típusának megfigyelése volt.

Az új kozmológia
– a háttérsugárzás fluktuációja

Amint már említettük, a háttérsugárzás öt nagyságrendig egyenletes, ami azt jelenti, hogy bármilyen irányból jövõ sugárzást vizsgálunk, öt nagyságrendig azonos lesz a hõmérséklete, eltérés csak az ötödik tizedesben található. Amíg az anyag atommagokból és elektronokból állt (a hõmérséklet olyan nagy volt, hogy semleges atomok nem tudtak kialakulni, mert a beléjük ütközõ részecskék hatására elbomlottak), a fotonok kölcsönhatottak a töltött elektronokkal, az elektronok a protonokkal, a protonok a neutronokkal. Amilyen mértékben fluktuált az anyag (azaz bizonyos helyeken több atommag és elektron volt, bizonyos helyeken pedig kevesebb), ugyanolyan mértékben fluktuáltak a töltött részekkel kölcsönható fotonok is. Amióta azonban az atommagok és az elektronok semleges atomokká egyesültek, a helyzet megváltozott. Mivel a fotonok csak töltött részekkel tudnak kölcsönhatni, semlegesekkel nem, így azóta a sugárzás változatlanul terjed. Az a fluktuáció, amit a háttérsugárzásban ma megfigyelünk, a Nagy Bumm után ~300 ezer évvel keletkezett, amikor a semleges atomok kialakultak.

A fluktuáció csökkenõ amplitúdójú szinusz típusú hullámokkal írható le. Az inflációelmélet részletes és pontos elõrejelzést ad az amplitúdók nagyságára, illetve a maximumok egymástól való távolságára. A megfigyelések egyik legfontosabb eredménye az volt, hogy a tér sík, ahogy azt az infláció alapján vártuk. A másik elég pontos adat a barionmennyiség mértékére vonatkozott. Az a megnyugtató eredmény adódott, hogy ez az érték a hibahatáron belül megegyezik a galaxisokban levõ deutériumatomok meghatározásából kapott értékkel. A teljesen különbözõ elveken meghatározott értékek azonossága az elméleti és tapasztalati kozmológia nagy sikere volt.

Hogyan lehetséges az, hogy az össztömeg megegyezik a kritikus tömeggel, azaz a Világegyetem sík, és még sincs elég anyag? Nem teljesen igaz Einstein általános relativitás-elmélete? Ez nem nagyon képzelhetõ el (noha az elmúlt évben ilyen jellegû gondolatok is születtek). Nem elég jók az Einstein-egyenletek megoldásánál alkalmazott közelítések? (Ilyen jellegû elképzelések éppen magyar szerzõktõl születtek az elmúlt hónapokban – ez rendkívül vonzó lehetõség.) Ehelyett azon kezdtek a kilencvenes évek végén gondolkodni a kozmológusok, hogy a sötét energia nem kell hogy a szokásos értelemben vett anyag legyen. Egyetlen lényeges tulajdonsága van: a gravitációs kölcsönhatáshoz a galaktikákban nem ad lényeges járulékot.

A szupernóvarobbanások

Említettük a legelején, hogy ha egy rakétát fellövünk, az lassulva távolodik a Földtõl, mivel a Föld vonzóereje visszahúzza. Hogyan magyarázható azonban az, ha a rakéta egyre nagyobb sebességgel kezd el távolodni tõlünk (és természetesen a Föld gravitációs erején kívül semmi más erõ nem hat

rá)? Csak egy magyarázat marad: a Föld taszítja a rakétát. Ilyen taszító erõket ismertünk eddig is, például azonos elektromos töltésû testek között, de a gravitációs erõk négy évvel ezelõttig mindig vonzónak adódtak. 1998-ban megfigyelték, hogy nagyon távol tõlünk bizonyos csillagok (Ia típusú szupernóvák) gyorsulva távolodnak tõlünk. Részletes számítások azt bizonyítják, hogy ez a jelenség is csak sötét energia fellépésével magyarázható.

Ma még nem tudjuk, mi ez a sötét energia. De a hatását látjuk. Az Einstein-egyenletekben fellépõ kritikus energiasûrûség kétharmada sötét energia. Nagyon simán oszlik el, mert ha csomósodna, meg tudnánk figyelni. Egy dolog látszik: a sötét energia a tudomány egyik legizgalmasabb és legfontosabb rejtvénye.

Véletlen, hogy kialakulhatott az élet?

A kozmológiai ismereteinkben a megfigyelések és kísérletek hatására bekövetkezett forradalmi változások nemcsak az anyagról kialakított nézeteinket módosították, hanem a jövõrõl való elképzeléseinket is. A sötét energia véget vethet annak a korszaknak, amelyben csillagok és galaxisok keletkeztek. A tér egyre gyorsabban fog tágulni, a galaxisok egymástól távolodnak, és egy üres Világegyetem marad vissza. Ezeknek a kérdéseknek az eldöntése a jövõ tudósaira vár.

Érdemes elgondolkodni azonban azon, mennyire hajszálon múlott az, hogy a Földön élet keletkezésére alkalmas feltételek alakultak ki. Már az eddigiekbõl is látható volt, hogy bizonyos számadatok, kezdeti feltételek finomhangolása nélkül az élet soha nem jöhetett volna létre. Azt, hogy kezdetben az összenergiának a kritikus energiával sok tizedesig meg kellett egyeznie, már említettük. Egy másik ilyen fontos szám az elektromos és a gravitációs kölcsönhatás viszonya. Ha ez csak egy százezrelékkel kisebb lenne, a gravitáció olyan erõs lenne, hogy bogárnál nagyobb teremtmények nem alakulhattak volna ki. Egy csillag felépítéséhez milliárdszor kevesebb atomra lenne szükség, életkora csak kb. 100 ezer év lenne, a Nap ötmilliárd éves eddigi életkora helyett. Ilyen csillag körül nem alakulhatott volna ki élet.

Egy másik jellemzõ fontos szám a nukleáris erõk erõsségének és egy proton nyugalmi energiájának viszonya. Jelenleg a csillagokban az energiafelszabadulás négy proton héliummaggá való átalakulása révén következik be. Két proton közt a kölcsönhatás nem elég erõs ahhoz, hogy kötött állapotot alkothassanak, a héliummá alakulás csak lassú, úgynevezett gyenge kölcsönhatások révén alakulhat ki. Másrészt két proton elektromosan taszítja egymást, a köztük levõ vonzó kölcsönhatás csak akkor érvényesülhet, ha hõmozgás révén elég közel kerülnek egymáshoz.

Ha a fenti viszony csak 2 %-kal erõsebb lenne, a protonok már az Univerzum fejlõdésének kezdeti idõpillanatában egyesülhettek volna, nem lehetnének a csillagokban energiatermelõ magreakciók. Ha viszont 2 %-kal gyengébb lenne, a proton nem kötõdne a neutronhoz, a deuteron nem lenne stabil, összetett magok nem keletkezhetnének.

A hasonló viszonyokat még tovább sorolhatnánk. Az Univerzumban az élet lehetõségének kialakulását néhány szám értéke határozza meg. Tudatos ez, vagy véletlen? Mert a véletlenre is alapos magyarázat van. A Világegyetemrõl való mai tudásunk szerint sok, a mienkhez hasonló más világegyetem alakulhatott ki, a természeti állandók véletlenszerû eloszlásával. Ezek közül bizonyos kombinációk esetén kialakulhatott élet az Univerzumban, bizonyos kombinációk esetén nem. Isteni gondviselés a mi Világegyetemünk, vagy véletlen? – mindenki hite szerint döntse el.

Kulcsszavak: *Világegyetem, kozmológia, asztro-részecskefizika, õsrobbanás, sötét anyag, sötét energia*

A FELFEDEZÉSTÕL A KITELJESEDÉSIG – DOPPLER ÉS HUBBLE EMLÉKEZETE –

Szabados László

tudományos tanácsadó, az MTA doktora, MTA Csillagászati Kutatóintézet – szabados@konkoly.hu

Kétszáz éve született és százötven éve halt meg Christian Johann Doppler osztrák matematikus-fizikus, aki megjósolta a fény hullámtermészetébõl fakadó furcsa viselkedését – a késõbb róla elnevezett effektust –, és kereken ötven éve halt meg Edwin Powell Hubble amerikai csillagász, akinek a nevéhez köthetõ a Doppler-effektus talán legismertebb alkalmazása, amely az Univerzum tágulásának felismeréséhez vezetett.

Egy osztrák matematikus beleszól a fizikába

Christian Doppler egy salzburgi kõmûves fiaként látta meg a napvilágot. Természetes lett volna, hogy apja mesterségét folytatva a jól menõ vállalkozást vigye tovább, ám hamar kiderült, hogy törékeny egészsége miatt az ifjú Dopplernek más mesterséget kell választania. Szerencsére hamar megmutatkozott a matematika iránti fogékonysága, így Dopplert kikövezett út vezette a matematikusi (1825), majd a fizikus-csillagász (1829) egyetemi oklevél megszerzéséhez.

Diplomásként rögtön a bécsi egyetemre került, ahol felsõbb matematikát és mechanikát oktatott. Álláshelye azonban csak ideiglenes volt, így harmincéves fejjel kellett biztos megélhetést jelentõ állás után néznie. Akkoriban már pályázati úton választották ki a professzorokat – írásbeli vizsgán elért eredményeik és próbaelõadásokon való szereplésük alapján. Doppler próbálkozásait nem kísérte szerencse. Átmenetileg még könyvelõi állást is elvállalt egy fonalkészítõ üzemben. A professzori alkalmassági vizsgákon elszenvedett kudarcok hatására már azt fontolgatta, hogy áttelepül Amerikába, amikor 1835-ben végre elnyert egy technikumi tanári állást Prágában. Az elemi matematika középiskolai oktatása azonban nem elégítette ki, egyetemi katedrára vágyott. Szerencséjére a következõ évtõl már óraadóként oktathatott a prágai mûegyetemen. Sõt, 1837-ben ugyanott megürült egy professzori állás, s bár Doppler azonnal átvette az azzal járó oktatási feladatokat, hivatalosan csak 1841-ben nevezték ki professzorrá.

Egyáltalán nem volt könnyû idõszak ez Doppler számára, de a jelek szerint tanítványainak sem. A hallgatók ugyanis nehezményezték a vizsgák szigorát, amiért az egyetemi elöljárók felelõsségre vonták Dopplert, ráadásul újra kellett vizsgáztatnia a több száz hallgatót. A fegyelmi határozatot 1844-ben kényszeredetten visszavonták ugyan, de közben Doppler egészsége annyira megromlott, hogy már nem is tartott egyetemi órákat, sõt egy lehetõséggel élve állást is változtatott.

Így került Selmecbányára, a híres Bányászati és Erdészeti Akadémiára a matematika, fizika és mechanika professzorának. Az 1848-as forradalmat követõ bizonytalan politikai helyzet miatt azonban itt sem maradt sokáig. Az addigra megszerzett tekintélye hatására viszont már könnyen talált új állást: a bécsi mûegyetemre került, 1850-ben pe-

dig a bécsi egyetem újonnan alapított fizikai intézetének elsõ igazgatójává nevezték ki. Pályafutásának ez volt a csúcspontja.

Noha pályafutása során a legtöbb idõt a matematika professzoraként töltötte, az utókor nemigen emlékszik a lánctörtekkel és az analitikus geometriával kapcsolatos matematikusi munkásságára – annál ismertebb Doppler, a fizikus. Kortársai szerint nem tartozott a kiemelkedõ matematikusok közé, és az 1843-ban Prágában megjelent aritmetika- és algebratankönyvébõl is kiviláglik, hogy még a matematika alapkérdéseiben sem mindig igazodott el. Ugyanakkor Doppler fel nem ismert zseni volt, illetve egyvalaki akadt csupán – Bolzano, a híres matematikus –, aki felismerte kortársa zsenialitását. Bolzanót lenyûgözték Doppler eredeti elgondolásai. Doppler nevét is egyik ilyen ötlete alapján ismeri az utókor.

Azon elmélkedve, hogy miért különbözõ színûek a csillagok, Doppler arra következtetett, hogy a színbeli eltérés oka a csillagok látóirányú mozgása. A fénysugár ugyanis hullám, amely a kibocsátó forrás közeledése esetén összébb torlódik, azaz megnõ a frekvenciája, míg a távolodó csillag sugárzása alacsonyabb frekvenciájú hullámokká húzódik szét. A következtetés helyes, a felismerés zseniális, Doppler magyarázata mégsem aratott osztatlan elismerést. Ennek csak egyik oka volt, hogy állítását nem tudta bizonyítani – a csillagok színképében csak évtizedekkel késõbb sikerült megfigyelni a Doppler-effektust. A szakmai kételyekhez az is hozzájárult, hogy az 1842-ben tartott elõadásában Doppler elnagyoltan fogalmazta meg a felismerést. Az effektust egyaránt érvényesnek tekintette a hanghullámokra és a fényre, mondván, hogy mindkettõ longitudinális hullámként terjed. Ez utóbbi érv azonban egyszerûen nem igaz, mert a fény (és általában az elektromágneses sugárzás) transzverzális hullámként viselkedik. A Doppler-effektus megfogalmazásakor ráadásul ez már ismert volt szakmai körökben, Augustin Jean Fresnel (1788-1827) ugyanis már korábban közzétette a fény diffrakciójával kapcsolatos felismerését. Maga Doppler is tudott róla, de nem fogadta el Fresnel eredményét.

Más gyenge pontja is volt Doppler hipotézisének: már a kiindulásnál alaptalan feltevéssel élt. Téves ugyanis az az állítás, hogy a csillagok csak az optikai hullámhossztartományban sugároznak. William Herschel (1738-1822) már 1800-ban felfedezte az infravörös sugárzás létét, Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) pedig 1801-ben az ibolyántúli sugárzást – mindketten a Nap (tehát egy csillag) színképének vizsgálata során. Elképzelhetõ, hogy e felfedezések híre nem jutott el Dopplerhez. Másik feltevése azért helytelen, mert ha a csillagok csak optikai sugarakat bocsátanak ki, akkor ahhoz, hogy a Naphoz hasonlóan sárga csillag fényét vörösnek vagy kéknek lássuk, a csillagnak több tízezer km/s értéket meghaladó sebességgel kell távolodnia, illetve közelednie a megfigyelõhöz viszonyítva. Ez két eltérõ színû, de összetartozó csillag, azaz kettõscsillag esetében a mechanika akkor már ismert törvényei szerint is irreális helyzet. A Nap környezetében található csillagok csupán néhányszor tíz km/s sebességgel mozognak a Naphoz viszonyítva.

Tegyük máris hozzá, hogy a 20. század utolsó harmadában viszont rengeteg olyan kozmikus forrást találtak a csillagászok, amelyek százezer km/s értéket meghaladó, olykor a fénysebességet megközelítõ sebességgel távolodnak tõlünk. Ezek persze nem a Tejútrendszerhez tartozó csillagok, hanem nagyon távoli extragalaxisok, amelyek létérõl Doppler korában nem is tudtak. A hatalmas távolodási sebesség az Univerzum tágulásának következménye, amelyre Edwin Hubble munkásságának kapcsán még részletesen kitérünk.

Egyvalamiben azonban teljesen igaza volt Dopplernek: a fény terjedési sebességének véges értéke miatt a közeledõ vagy

távolodó testek színe tényleg megváltozik. Ezt a jelenséget õ maga a fény James Bradley (1693-1762) által 1728-ban kimutatott aberrációja általánosításának tartotta.

A fényre vonatkozó Doppler-effektust a 19. század közepén laboratóriumi eszközökkel azonban nem lehetett igazolni, és akkoriban a csillagászati megfigyelési technika sem érte még el az effektus kimutathatóságához szükséges szintet. Kortársai közül ezért többen is nyíltan kritizálták Doppler elgondolását. Leghevesebb bírálói a magyar Petzval József (1807-1891) és a holland Christophorus Buys-Ballot (1817-1890) voltak. A szakmai nézeteltérésbõl végül is a fizika került ki gyõztesen: Buys-Ballot egy furcsa kísérlettel igazolta, hogy a Doppler-effektus hanghullámok esetén tényleg fellép. A hollandus 1845-ben fúvószenészeket ültetett egy vasúti kocsiba, és a mozgó vonat felõl érkezõ zenei hangok magasságát a pálya mellõl figyelõ közönség valóban észlelte a hang hirtelen mélyülését abban a pillanatban, amikor az addig közeledõ vonat távolodni kezdett.

Doppler híres-hírhedt cikkében a csillagok színváltozásáról értekezett, de hullámhosszról, frekvenciáról vagy spektroszkópiáról nem tett említést. Pedig a színképelemzés akkoriban már bekerült a tudomány eszköztárába. A csillagászati spektroszkópia terén azonban az 1840-es évekig – Joseph Fraunhofer (1787-1826) Nap-észlelésein kívül – nem történt említésre méltó esemény. Fraunhofer még 1817-ben sötét vonalakat figyelt meg a Nap színképében. A Fraunhofer-vonalak közönséges kémiai elemek (kalcium, nátrium, hidrogén, stb.) laboratóriumban is elõállítható emissziós vonalainak felelnek meg, de a Nap légkörében (az ottani alacsonyabb hõmérséklet miatt) a vonalak abszorpciósakká változnak. Azonban akár elnyelési, akár kibocsátási a vonal, hullámhossza alapján egyértelmûen azonosítható.

Armand Hyppolite Louis Fizeau (1819-1896) francia fizikus egy 1848-ban tartott elõadásában mondta ki elsõként, hogy a csillagok fényében fellépõ Doppler-effektust a csillagszínképekben látható spektrumvonalak hullámhossz-eltolódásának mérésével érdemes igazolni. Az akkori kis távcsövekkel és a hozzájuk illesztett kézi spektroszkóppal azonban nem lehetett érdemi mérést végezni a csillagok színképében, ezért nem meglepõ, hogy Fizeau ragyogó ötletét csak 1870-ben közölte írásban.

A Doppler-effektus csillaga csak lassan ívelt felfelé. Az ötletadó Doppler pedig nem sokáig élvezhette a bécsi professzorságot. Addig is beteges szervezete gyorsan gyengült. 1852 õszén Velencébe utazott, azt remélve, hogy az enyhébb klímájú városban majd csak rendbe jön, de a hátralevõ fél évben ennek éppen az ellenkezõje történt. Doppler is a gyönyörû olasz kisváros híres halottai közé tartozik.

A Doppler-effektus kimutatása csillagoknál

Alighogy 1870-ben Fizeau közzétette több mint két évtizeddel korábban felvetett ötletét, még ugyanabban az évben az olasz Angelo Secchi (1818-1878) rájött arra, hogyan lehet egyszerûen kimutatni a látóvonal menti mozgás által okozott hullámhossz-eltolódást legalább egy csillagnál, a Napnál. A napfoltok mozgásából már régóta tudták, hogy a Nap forog. Secchi ötlete az volt, hogy a forgás által kijelölt egyenlítõ két átellenes pontját kell nézni a napkorong peremén, azt, amelyik éppen a Nap látható felére fordul be, és azt, amelyik rövidesen eltûnik a szemünk elõl. Ekkor ugyanis a Nap leginkább felénk tartó, illetve távolodó pontját vizsgáljuk. Secchi el is végezte a mérést, amellyel kimutatta, hogy a két színképhez tartozó azonos vonalak hullámhossza kicsit különbözõ. A Doppler-effektust számszerûen Hermann Karl Vogelnek (1841-1907) sikerült igazolnia

1872-ben, amikor a hullámhossz-eltolódás alapján számított forgási sebességet összevetette a napfoltok mozgásából kapott tengelyforgási idõvel.

Távolabbi csillagoknál nem a forgás hatását, hanem a Naphoz viszonyított térbeli mozgás látóirányú komponensét kellett kimutatni (hiszen a csillagok pontszerûeknek látszanak). Ehhez pontos mérésre volt szükség, amelyet attól kezdve lehetett végrehajtani, amikor a színképet fotólemezen is meg tudták örökíteni. Ez ugyancsak az 1872. év egyik fontos csillagászati elõrelépése volt. Maga Vogel több száz csillag színképét vette fel az elkövetkezõ években, és ötvenegy csillagra sikerült megmérnie a Doppler-effektust is. Az õ nevéhez fûzõdik az egyik legelsõ spektroszkópiai kettõscsillag felfedezése is. Az ilyen csillagok színképében periodikusan változik a vonalak hullámhossza, mivel a páros mindkét csillaga kering a rendszer közös tömegközéppontja körül.

A 20. század elejére az évszázadokon át szinte csak Európára koncentrálódó csillagászat kétpólusúvá vált, az Amerikai Egyesült Államok néhány évtized alatt csillagászati nagyhatalommá lépett elõ, s ez elsõsorban új, nagy távcsövek létesítésével magyarázható. Különösen nagy elõrelépést jelentett a 2,5 méter átmérõjû tükröt tartalmazó Hooker-teleszkóp elkészítése (1917) a kaliforniai Mount Wilson Obszervatóriumban.

Az Univerzumról alkotott kép kitágítója

Az 1889-ben, a Missouri állambeli Marshfieldben született Edwin Powell Hubble iskolás korában rengeteget olvasott, de még több idõt szentelt a sportolásnak: atletizált, futballozott, kosárlabdázott. Sportbeli képességeit jelzi, hogy chicagói középiskolásként megdöntötte az Illinois államban érvényes magasugrócsúcsot. Igazgatója 1908-ban így búcsúzott a végzõs diáktól: „Edwin Hubble, négy éven át figyeltelek, de soha nem láttalak tíz percnél tovább tanulni." Majd egy kis hatásszünetet követõen az igazgató a chicagói egyetemre szóló ösztöndíjat nyújtott át Hubble-nak.

Az egyetemista Hubble-t már megérintette a fizika, mert – ugyan csupán ösztöndíjának kiegészítésére – abban a laboratóriumban asszisztenskedett, amelyet Robert Millikan (1868-1953), a késõbbi Nobel-díjas vezetett. Továbbra is a sport érdekelte, a korábban is mûvelt sportágak mellett, de néha azok helyett az ökölvívás. Az egyetemi baccalaureus fokozat megszerzése után (1910) Rhodes-ösztöndíjjal a híres oxfordi Queens College-ba került, joghallgatónak. Diplomáját megszerezve (1913) el is helyezkedett a jogi pályán (más forrás szerint tanári állást vállalt – Hubble fiatal éveire vonatkozóan nem ez az egyetlen bizonytalanság), de hamar rájött, hogy nem ez érdekli, mert a szíve a csillagászat felé húzta. 1914-ben visszatért a chicagói egyetemre, hogy doktori fokozatot szerezzen – csillagászatból.

Még doktori értekezésén dolgozott, amikor állást ajánlottak neki a Mount Wilson Obszervóriumban. Micsoda lehetõség! Hubble táviratilag válaszolt Georg Ellery Hale-nek (1868-1938), az akkori igazgatónak: „Ajánlatát sajnos nem fogadhatom el. A háborúba megyek." 1917-et írtak akkor… Hubble 1919 nyarán tért vissza az I. világháborúból, s amint leszerelt, azonnal a Mount Wilson Obszervatóriumba sietett. Kutatói pályáján aztán mindvégig hû maradt ehhez az intézményhez, amely az 1940-es évek végétõl az akkortól legnagyobb, ötméteres Palomar-hegyi távcsõ gazdája is volt – csak a II. világháború idején töltött újabb katonai szolgálata vonta el átmenetileg a tudománytól.

Kutatói pályájának elsõ évtizedében elért felfedezéseivel Hubble alapjaiban változtatta meg a Világegyetemrõl alkotott képet. Galilei óta nem következett be ehhez fogható fejlõdés a csillagászatban ilyen rövid idõ alatt, ráadásul egyetlen személy munkássága folytán. Itt nem is tudjuk áttekinteni

Hubble valamennyi hozzájárulását a kozmosz megismeréséhez, csak azokkal foglalkozunk, amelyek a Doppler-effektus csillagászati alkalmazásával kapcsolatosak, vagy elvezettek ahhoz.

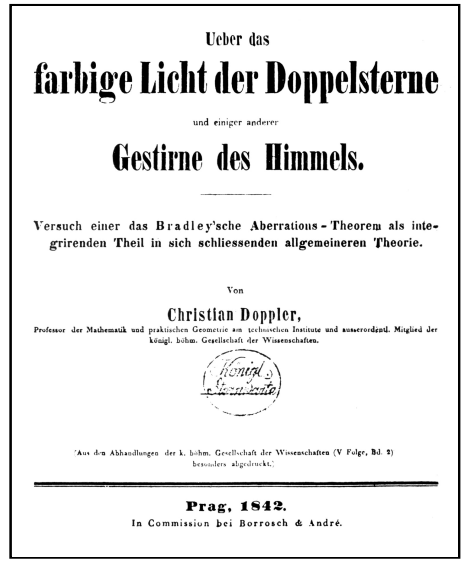
Hubble az 1920-as évek közepén ismerte fel, hogy a világ nem ér véget a Tejútrendszer határainál. A 2,5 méteres távcsõvel ugyanis sikerült csillagokra bontania néhány spirálködöt (közte a legközelebbit, az Andromédaködöt). Hogy ezek a csillagrendszerek a Tejútrendszer megfelelõi, azaz szomszédos galaxisok, azt úgy sikerült bizonyítania, hogy távolságjelzõ csillagokat talált bennük. Ilyen távolságindikátorok a cefeida típusú változócsillagok, amelyek sajátregzést végezve radiálisan pulzálnak, s eközben periodikusan változtatják fényességüket. Ezen oszcilláció természetébõl következik, hogy a pulzáció periódusa a csillag méretétõl, s azon keresztül a sugárzási teljesítményétõl függ. A periódus és az abszolút fényesség közötti kapcsolat ismeretében (amit tejútrendszerbeli cefeidákkal lehet kalibrálni) a mérésekbõl meghatározott látszó fényességbõl és a pulzáció periódusából kiszámítható a cefeida, illetve az õt tartalmazó extragalaxis távolsága.

A világ ismert határai egy csapásra az addiginak sokszorosára tágultak ezzel a felismeréssel. De Hubble azt is kimutatta, hogy az Univerzum nemcsak átvitt értelemben tágul.

Az extragalaxisok színképe az õket alkotó milliárdnyi csillag spektrumának együttese. Az Univerzum leggyakoribb elemére, a hidrogénre jellemzõ színképvonalak minden galaxis spektrumában feltûnõek, de a csillagrendszerek mozgása miatt fellépõ Doppler-effektus hatására ezek a vonalak nem a laboratóriumi hullámhosszuknál figyelhetõk meg. Számos galaxis látóirányú sebességét meghatározva Hubble 1929-ben figyelt fel arra, hogy minél messzebb van egy galaxis, annál nagyobb sebességgel távolodik tõlünk. Ez a felfedezés a modern kozmológia kezdetének számít, és az azóta más megfigyelési tényekkel is alátámasztott *õsrobbanás* egyik észlelési bizonyítéka. Ha a világ egy szingularitásból keletkezett az õsrobbanással, és azóta tágul, akkor megfelelõen nagy térbeli skálán minden alkotóeleme távolodik a tõle távol levõ összes kozmikus objektumtól. A Hubble által felfedezett összefüggés – a Hubble-törvény – szerint a galaxisok tõlünk való távolsága és távolodási sebessége között egyenes arányosság áll fenn. Az arányossági tényezõ az ún. Hubble-állandó, amelynek értéke mai ismereteink szerint kb. 70 km/s/megaparszek (1 parszek = 3,26 fényév). (A Hubble-törvény a gravitációsan kötött rendszereken belül, például a Naprendszerben, a Tejútrendszerben, de még az egy rendszert képezõ galaxishalmazokban sem érvényesül.)

A Hubble-állandó értékébõl kiindulva meghatározható az Univerzum kora, a Hubble-idõ is, vagyis hogy mennyi idõvel ezelõtt történt az õsrobbanás. Az Univerzum kialakulása, fejlõdése pedig érthetõ módon a tudomány egyik legfontosabb kérdése. Maga Hubble azonban nem foglalkozott saját kutatási eredményeinek e témára gyakorolt hatásával.

Hubble nevéhez még számos eredmény fûzõdik, egyebek között õ alkotta meg a ga-



Ueber das

farbige Licht der Doppelsterne

und einiger anderer

Gestirne des Himmels.

Versuch einer das Bradley'sche Aberrations-Theorem als integrirenden Theil in sich schliessenden allgemeineren Theorie.

Von

Christian Doppler,

Professor der Mathematik und praktischen Geometrie am technischen Institute und ausserordentl. Mitglied der königl. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften.

Königl. Staatsbibliothek

Aus den Abhandlungen der k. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften (V. Folge, Bd. 2) besonders abgedruckt.

Prag, 1842.

In Commission bei Borrosch & André.

laxisok osztályozási rendszerét is. Az alapjaiban ma is használatos morfológiai felosztásban három fõ típus szerepel: a spirális, az elliptikus és a szabálytalan galaxisok. Bár a legrangosabb tudományos elismerést, a Nobel-díjat nem kapta meg, Hubble-t minden idõk legnagyobb csillagászai között tartják számon.

Doppler-effektus nagyban és kicsiben

Tekintsük át röviden, hogy másfél évszázaddal Doppler és fél évszázaddal Hubble halála után milyen kutatások épülnek a Doppler-effektus vizsgálatára!

Ma már olyan egészen távoli extragalaxisok színképe is vizsgálható, amelyek hatalmas sebességgel távolodnak tõlünk. Kis sebességek esetén – nagyjából a fénysebesség egy tizedéig – a Doppler-effektus miatt kialakuló hullámhossz-eltolódás ($\Delta\lambda$) – amit távolodás esetén *vöröseltolódás*nak szokás nevezni, és a csillagászatban z-vel jelölnek – egyenesen arányos a v látóirányú sebességgel ($z = \Delta\lambda/\lambda = v/c$, ahol c a fény terjedési sebessége vákuumban). Nagy sebességeknél relativisztikus effektusok lépnek fel, amelyektõl a vöröseltolódás és a távolodási sebesség közötti kapcsolat bonyolultabb ($z = [(c+v)/(c-v)]^{1/2} - 1$). A relativisztikus hatás egyik érdekes következménye az is, hogy ha egy test a látóvonalra merõlegesen mozog, akkor is nõ az általa kibocsátott sugárzás hullámhossza (transzverzális Doppler-effektus). Egy másik hatás az ún. gravitációs vöröseltolódás, amelynél a sugárzást kibocsátó test tömege miatt nõ a kibocsátott sugárzás hullámhossza (a tömegvonzás miatt lecsökken a testrõl távozó foton energiája, tehát ennek a relativisztikus hatásnak nincs köze a Doppler-effektushoz). Az ezredfordulón megfigyelt legnagyobb vöröseltolódások már meghaladják a z =6 értéket. Ez tehát nem hatszoros fénysebességgel távolodó forrást jelent, de a fénysebességet alaposan megközelítõ mozgásra utal. A fény véges terjedési sebessége miatt viszont ezeket a nagyon távoli extragalaxisokat olyanoknak látjuk, amilyenek a most felfogott sugárzás kibocsátásakor, azaz tízmilliárd évnél is régebben voltak. De azt, hogy a látható fényben hogyan néztek akkor ki, azt most az infravörös tartomány vizsgálatából tudhatjuk meg – ugyancsak a Doppler-effektus által.

A minél nagyobb vöröseltolódások kimutatása iránti vágy nem öncélú; így juthatunk egyre közelebb az Univerzum múltjának megértéséhez, hisz a legelsõként kialakult kozmikus struktúrák a legnagyobb vöröseltolódású képzõdmények között keresendõk.

A másik véglet, a minél kisebb Doppler-effektus kimutatása ugyancsak jellemzõ napjaink csillagászatára. A parányi Doppler-effektus az idegen csillagok körül keringõ bolygók kimutatására alkalmas. A jelenség ugyanaz, mint a kettõscsillagoknál, de a bolygó kis tömege miatt az anyacsillag alig mozdul el a rendszer tömegközéppontjához képest. Míg Hubble idejében a színképvonalak Doppler-eltolódásából 1-2 km/s pontossággal lehetett meghatározni a csillagok látóirányú sebességét, addig mára különleges spektroszkópiai technikákat alkalmazva már néhány méter/másodperc a detektálás pontossága. A látóirányú sebesség mérésének pontosságát azonban nem lehet minden határon túl növelni. A csillagok fizikai tulajdonságai és a csillaglégkörben zajló folyamatok (turbulencia, konvekció, oszcillációk, stb.) kiszélesítik és eltorzítják a színképvonalakat. 1995 óta így is több mint száz bolygó létét tudták közvetve kimutatni más csillagok körül, de ezek mindegyike óriásbolygó, amelyek tömege a Jupiteréhez hasonló. A csillagászok célja pedig a Föld típusú bolygók felfedezése. Úgy tûnik, hogy ilyeneket nem a Doppler-effektus által fognak találni.

Doppler-effektus a Földön és a Föld körül

Doppler a csillagászatból merítette felfedezésének ötletét, és a Doppler-effektus a csillagászatban futotta be a legnagyobb karri-

ert, de számos más területen is alkalmazzák, és nem csak kutatási célokra.

A *Doppler-hûtés*t a kísérleti fizikusok alkalmazzák atomok hõmozgásának lassítására, amit megfelelõen hangolt lézerfénnyel érnek el. Az 1980-as évek közepén kidolgozott eljárással 240 milliomod K hõmérsékletre sikerült hûteni bizonyos atomokat, s ezért Steven Chu (sz. 1948) és William Phillips (sz. 1948) amerikai valamint Claude Cohen-Tannoudji (sz. 1933) francia fizikus Nobel-díjat is kapott (1997).

A hanghullámokkal, pontosabban az ultrahanggal kapcsolatos Doppler-effektuson alapul a szív- és érrendszeri betegségek diagnosztikájában alkalmazott eljárás, a *Doppler-ultraszonográfia*. A kibocsátott ultrahang visszaverõdik a véráram alakos elemeirõl, s a visszaszórt hullámok Doppler-eltolódása nemcsak a véráram létét és irányát jelzi, hanem a vér áramlásának sebessége is meghatározható a jel elemzésébõl.

Doppler-követés a neve a mesterséges holdak pályájának meghatározására szolgáló módszernek, amelyet a mesterséges hold fedélzetén kibocsátott stabil frekvenciájú rádiójel észlelt frekvenciaeltolódására alapoznak.

S hogy végül teljesen visszazökkenjünk a hétköznapi földi valóságba: az országutak, autópályák mentén végzett radarkontroll a megengedett haladási sebesség túllépésének kimutatására szintén a Doppler-effektuson alapul.

Kulcsszavak: *Doppler-effektus, hullámhossz, frekvencia, vöröseltolódás, Hubble-állandó, kozmológia*

A GÉNKUTATÁS-GENOMIKA SZEREPVÁLLALÁSA A NÖVÉNYEK NEMESÍTÉSÉBEN

Dudits Dénes

az MTA rendes tagja; fõigazgató, MTA Szegedi Biológiai Központ – Dudits@nucleus.szbk.u-szeged.hu

Az élõ szervezetek fejlõdési fájának bonyolult elágazásai ellenére az életet megvalósító molekulák, mûködési mechanizmusok jelentõs konzerváltságot mutatnak a vírusoktól az emberig. Az alapvetõ életfolyamatok rendezõ elvének általános érvényesülése gyakran felismerhetõ rendszertanilag igen távoli élõlények tanulmányozásakor. A számos meggyõzõ példa között talán kiemelt figyelmet érdemel az öröklõdés mikéntjének problémája, hiszen minden sejt, élõlény utódként szülõi tulajdonságokkal is rendelkezik. A nemzedékeket összekötõ öröklõdési folyamat törvényszerûségeinek keresése *Gregor Mendel* borsókísérleteit követõen vezetett el a gének mint a tulajdonságok öröklõdéséért felelõs funkcionális egységek meghatározásához. Bár a gének szerepét, mûködését széleskörûen bizonyították a kutatások is, az *Ivan Micsurin* és *Trofim Liszenko* nevéhez fûzõdõ irányzat képviselõi mégis elõszeretettel használták a növényeket az öröklõdés génelméletének megsemmisítését célzó, gyakran politikai indíttatású háborújukban. Magyarországon is virágzott ez a szemlélet 1953-ban és az azt követõ évtizedben, annak ellenére, hogy már korábban transzformációs kísérletek (Avery et al., 1944) igazolták a DNS mint örökítésért felelõs molekula jelentõségét, és a *Watson-Crick*-modell rávilágított az alapvetõ strukturális és funkcionális jellemzõkre (Watson – Crick, 1953). Természetesen az évtizedek múlásával a tévutak elvesztik jelentõségüket. Különösen a rekombináns DNS módszerek bevezetése járult nagyban hozzá ahhoz, hogy a gének misztikus világa kémcsõben kezelhetõ anyagi valósággá szelídült. Így kerülhetett sor a nyolcvanas évek elején növényi gének izolálására, funkcionálisan mûködõképes génkonstrukciók létrehozására és azok növényekbe történõ beépítésére. Új fejezet kezdõdött a növényi világ kutatásában, és természetesen a növények nemesítésében. A *Watson-Crick*-modell hiányában nem jutottunk volna el a genomika korszakába, amikor számos élõ szervezet, így a lúdfû *(Arabidopsis),* rizs, kukorica teljes DNS-állományának megszekvenálása utat nyitott a genomszintû megközelítések számára.

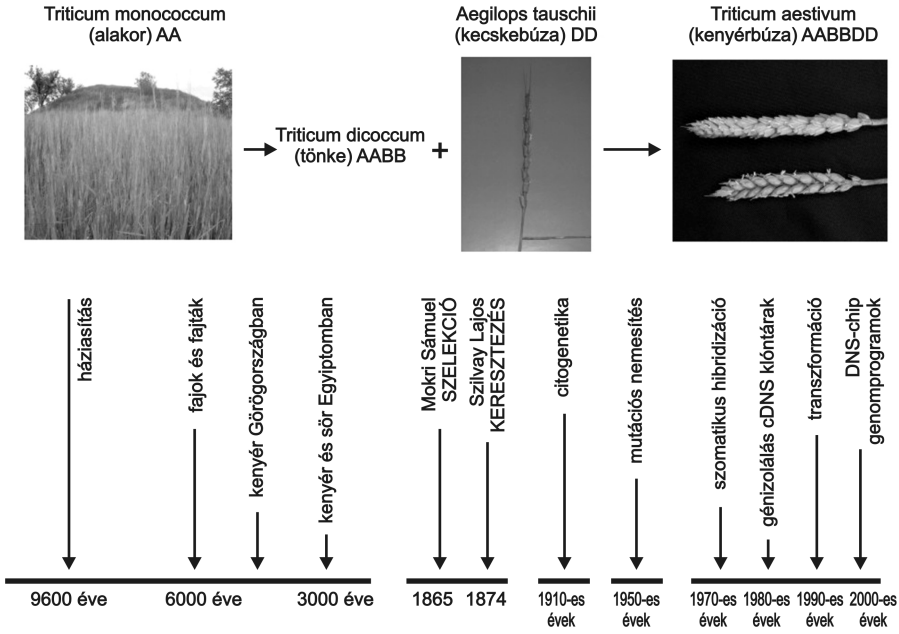
A láthatatlan gének és több évszázad növénynemesítési gyakorlata

A növények emberi érdekek, célok szerinti alakítása, nemesítése a génmanipuláció mûvészete. A fajta-elõállítás mindennapi gyakorlatában a kívánt génkombinációk létrehozása és megtalálása azért bonyolult mûvelet, és azért igényel intuitív képességeket, mert a felszínen megjelenõ tulajdonságok fenotípusos vizsgálatával csak közvetve tájékozódhatunk a gének jelenlétérõl, mûködésének mikéntjérõl. Mint az *1. ábra* szemlélteti, ez a folyamat a búza esetében évezre-

dekkel ezelõtt az *alakor* formák termesztésbe vételével elkezdõdött. Spontán keresztezõdések és a poliploidizáció vezettek a kenyerünket adó gabona mai változatainak kialakulásához. A XIX. század közepétõl a természetes evolúciós folyamatok még inkább háttérbe szorultak, hiszen a tudatos szelekció, késõbb pedig a szülõi növények megválasztása és keresztezése tette hatékonyabbá a búza génösszetételének célirányos befolyásolását.

A növénynemesítés sikerességét sokban szolgálta a genetikai, növényélettani és a kórtani kutatások eredményeinek felhasználása. Jól érzékelhetõ hatása volt a citológiai módszerek tökéletesítésének, amelyek lehetõvé tették a kromoszómák számának meghatározását és a strukturális átrendezõdésének kimutatását. A mesterséges poliploidizációra alapozott nemesítés kiemelkedõ eredményeket hozott például a cukorrépatermesztésben. A gének hirtelen megváltozásai, mutációi nemcsak a természetes evolúció során játszanak szerepet, hanem a genetikai variabilitás fontos forrásai a nemesítési tenyészanyagok esetében is. A mutációk gyakoriságának besugárzással vagy mutagén vegyületek felhasználásával történõ megemelése durva és véletlenszerû beavatkozás, amely ennek ellenére eredményezheti hasznos genotípusok kialakulását.

Általános megfigyelés, hogy a termesztett növényeinkkel rokon, vadon élõ fajok számos, agronómiai szempontból értékes génnel rendelkeznek. Különösen gazdag forrásai lehetnek betegségekkel vagy szélsõséges környezeti tényezõkkel (szárazság, fagy) szembeni rezisztenciát biztosító géneknek. Ezért a távoli keresztezések evolúciós korlátait a nemesítõi találékonyság folyamatosan próbálja megkerülni. A testi sejtekbõl izolált protoplasztok fuzionáltatásával létrehozott szomatikus hibridek jelentõsen kiszélesítették a nem rokon növények közötti génátvitel lehetõségeit. Mind a faj- és nemzetségkeresztezések, mind a sejthibridi-



1. ábra • A búzagének manipulálásának módszerei az évszázadok során

záció során a gének tízezrei véletlenszerûen rekombinálódnak, így csak utólag, a növények tulajdonságait értékelve lehet a kívánt génkombinációkat megtalálni és hasznosítani.

A növényi gének szerkezetének és mûködésének titkait õrzõ DNS-molekulák

A rekombináns DNS módszerek kidolgozását követõen kézenfekvõ volt a növényekbõl izolált DNS-minták tanulmányozása az új metodikák birtokában (Dudits, 2000). Elkészültek az elsõ genomikus gén klóntárak. Egyedi gének szekvenciaadatai alapján be lehetett határolni a növényi gének fõbb funkcionális elemeit, amelyek a már ismert állati gének szerkezeti elrendezõdéséhez sokban hasonlító felépítést mutattak. Igazolódott, hogy a kódoló DNS-szakaszt megelõzõ (5' végi) ún. promoterrégiók sajátos szekvenciamotívumokkal (cisz elemekkel) rendelkeznek, amelyek fénytõl, szövettípustól vagy környezeti hatásoktól függõ génkifejezõdést biztosítanak. A cisz elemekkel kölcsönható akár gátló, akár aktiváló fehérjék (transzkripciós faktorok) megismerése elengedhetetlen a szabályozott génkifejezõdés törvényszerûségeinek megismeréséhez. A legújabb kutatási eredmények fényében kiemelt hangsúlyt kap az a tény, hogy az egyes gének promotereinek mûködési állapotát alapvetõen meghatározza a kromatin szerkezete. Változások a DNS metiláltságában, a hisztonfehérjék acetiláltságában, foszforiláltságában egyaránt szerepet játszanak a kromatin átstrukturálódásában. Mindinkább igazolást nyer, hogy az átrendezõdésért (Chromatin-remodelling) felelõs fehérjék mutációs hibái elvezethetnek a fejlõdési program összezavarásához. Így fordulhat elõ, hogy kimarad a növényi életciklus vegetatív fázisa, és a mutáns növények csírázás után azonnal virágot hoznak. Hibás kromatinszerkezet megtermékenyítés nélkül is okozhatja az endospermium-szövet kialakulását. A kromatinszerkezettel kapcsolatos kutatások is világosan mutatják, hogy a DNS-molekulák nukleotidszekvenciájában tárolt információnak a sejtfunkciók mûködtetéséhez való felhasználhatósága a magasabb szintû szabályozási rendszer ellenõrzése alatt áll.

A gének elsõdleges termékei, az mRNS-molekulák vezérlik a sejtfunkciókhoz szükséges fehérjék, enzimek szintézisét. Az mRNS felhasználásával szintetizált ún. cDNS-molekula populációk egy adott sejt- vagy szövettípus aktív génjeit reprezentálják, és így fontos jellemzõi az aktuális funkcionális vagy fiziológiai állapotnak. A növények különbözõ szöveteibõl származó cDNS-bankok sokban segítik a génizolálási programokat. Beteg és egészséges, illetve stresszhatásnak kitett és kezeletlen növényi szövetekbõl származó cDNS-bankok klónjainak összevetése sok esetben vezetett el agronómiai értékeket felmutató gének azonosításához. A különbözõ eredetû cDNS-ekkel végzett differenciális hibridizáció mellett mind gyakrabban nagyszámú cDNS-klónt megszekvenálva ún. EST (Expressed Sequence Tag) adatbázisokat hoznak létre, amelyek megbízható alapot adnak az *in silico* végzett génvadászatokhoz.

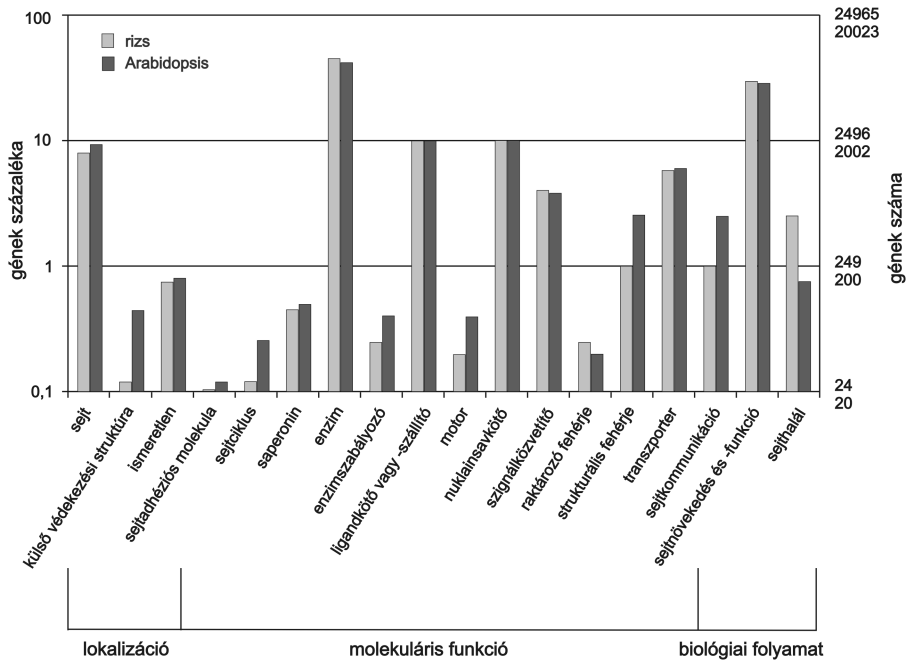
Génkutatás in silico és növénynemesítés molekuláris markerek segítségével

Az „Arabidopsis Genom Kezdeményezés 2000" eredményeként széles nemzetközi együttmûködéssel valósult meg a lúdfû (*Arabidopsis thaliana*) DNS-ének megszekvenálása (The Arabidopsis Genome Initiative, 2000). A számítógépprogramokkal végzett génpredikció szerint ez a gyomnövény – a növény molekuláris biológiai kutatás *Drosophilája* – 25 500 gént tartalmaz. Érdekes megfigyelés, hogy a gének többsége két példányban található meg, és mintegy 11 ezer géncsalád ismerhetõ fel. A genomikai kutatásban az egyszikû gabonafélék mo-

dellnövénye a rizs, amelynek mintegy 430 millió nukleotidból épül fel a genomja. Mind az „*indica*" típusú rizs szekvenálását végzõ pekingi intézet, mind a „*japonica*" típusú genomot szekvenáló Syngenta cég kutatói szerint a rizsnek hozzávetõlegesen 50 ezer génje van. (Yu, 2002; Goff, 2002). Az *Arabidopsis*-gének 36 %-a, a rizsgének 20 %-a esetében lehetett az *INTERPRO* vagy *Gene Ontology* programcsomagokkal a kódolt fehérje szerepét megjósolni. Az azonosított géntermékek molekuláris funkciók szerinti megoszlása nagymértékben hasonló a két növény esetében.

A törzsfejõdés során, az egy-, illetve kétszikû fajok 200 millió évvel ezelõtti szétválását követõen a genomok jelentõs átrendezõdése következett be. Így viszonylag kismértékû egybeesés (syntheny) figyelhetõ meg a gének kromoszómális elhelyezkedésében. Ugyanakkor a rizs molekuláris térképe nagyfokú megegyezést mutat a búza-, árpa- vagy kukoricakromoszómák genetikai markereinek elrendezõdésével. Az *Arabidopsis* és a rizs génkészletének hasonlóságában jelentõs aszimmetria figyelhetõ meg. Míg az *Arabidopsis*-gének 80 %-a tartalmazza a rizsben megtalálható homológ gént, addig a rizsgéneknek csak a fele mutat homológiát valamelyik *Arabidopsis*-génnel. Növénynemesítési szempontból figyelmet érdemel, hogy közel hatszáz rizsgén kódol betegségrezisztenciát biztosító fehérjét, amely az ún. apoptózis-rezisztencia doménnel rendelkezik. Ezen túl négyszáz ún. R gén mutatható ki a rizsben. A rezisztenciagének termékei leucinban gazdag ismétlõdéseket tartalmazó fehérjék. Érdekes adat, hogy számos, a virágzás idejét, illetve a virág fejlõdést szabályozó *Arabidopsis*-gén megfelelõje megtalálható a rizs genomjában.

A növényi genomprogramok sikerességét nagymértékben elõsegíti, hogy jó néhány gazdasági növényünk (búza, kukorica,



2. ábra • A rizs- és Arabidopsis-gének funkció szerinti osztályozása (Yu et al., 2002)

árpa, lucerna, borsó, szója) bevonásával folyamatosan bõvítik a kutatók és nemesítõk a genetikai térképeken elhelyezett markerek körét. A részletes kromoszómatérképek elkészítésekor fenotípusos vagy élettani bélyegek génjei mellett a molekuláris markerek helyzetét is megállapítják. A kapcsoltság mértékét a rekombinációs gyakoriság alapján lehet megbecsülni. A molekuláris markerek széles választéka használható fel a géntérkép megszerkesztéséhez. Így a polimorfizmus a restrikciós enzimmel végzett hasításból származó DNS-fragmentek hosszában (RFLP) vagy specifikus primerekkel történt amplifikációs termékek méretében (AFLP) szolgálhat markerként. A mikroszatellitek sajátos nukleotidkombinációk egymás utáni ismétlõdéseibõl épülnek fel, és amplifikációjuk jellegzetes DNS-terméket ad a térkép elkészítéséhez. A specifikus DNS-szakaszok amplifikációja a polimeráz láncreakcióval (PCR) valósítható meg. Igen hasznos molekuláris markerek az EST klónok, amelyek ismert szekvenciájú cDNS-ek. A genomszintû molekuláris variabilitás, amely egyedek vagy rendszertani kategóriák azonosítását is lehetõvé teszi, jellemezhetõ egyetlen nukleotidot érintõ polimorfizmussal (SNP: single nucleotide polymorphism). A tranziciós (A?G vagy C?T), valamint transzverziós (A/G?C/T vagy C/T?A/G) változások akkor jelentenek polimorfizmust, ha a populáció több egyedének vizsgálatakor kimutathatók. Az SNP markerek jól használhatók rekombinációs térképek készítéséhez, továbbá mennyiségi tulajdonság kialakításában szerepet játszó kromoszómarégiók (Quantitative Trait Loci, QTL) behatárolásához. A növénynemesítõ által javítandó tulajdonságok (terméshozam, minõség, tenyészidõ, stb.) zöme több gén által befolyásolt mennyiségi bélyeg. Minden molekuláris marker, amely összefüggésbe hozható agronómiai értékû tulajdonságokkal, például betegség-ellenállósággal, szárazságtûréssel, terméskomponensekkel, jelentõs megbízhatóságbeli és hatékonyságbeli javulást tesz lehetõvé a szelekciós munkában. A fenotípus helyett a közvetlen genetikai alapok értékelhetõk a környezeti tényezõk zavaró hatásai nélkül. A molekuláris markerekre alapozott nemesítési gyakorlat mindinkább széleskörûen elterjed, hiszen a növények egzaktabb értékelésével a tulajdonságok javítása sikeresebbé válik.

A molekuláris markerekre alapozott genetikai térképeken behatárolható a mutációt szenvedett gének helye is. A térképezésen alapuló génizolálás számos esetben vezetett a gének klónozásához még a komplex genommal rendelkezõ fajok esetében is, mint a lucerna (Endre, 2002).

A transzgénikus növények nélkülözhetetlenek a gének szerepének kutatásában

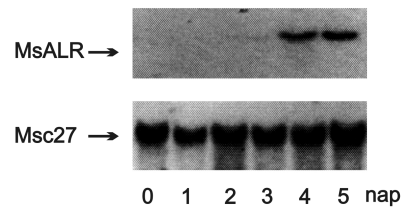
Tradicionálisan egy ismeretlen gén szerepét csak közvetett információk alapján tudjuk megjósolni. Ha hiba, mutáció következik be a gén szerkezetében, akkor a megváltozott fenotípusos bélyegek árulkodhatnak a funkcióról. A keresztezésekbõl származó új génkombinációk is megváltoztathatják a morfológiai, élettani sajátosságokat. Az izolált gének birtokában például cDNS-klónok felhasználásával teljesen új génkutatási stratégiák kidolgozására nyílt lehetõség, amelyek során a vizsgálandó gének mûködõképes formában visszaépíthetõk a gazdanövény genomjába. A génbeépítés mûveletét transzformációnak, az *in vitro* rekombináns DNS módszerekkel megszerkesztett DNS-molekulát transzgénnek, és az új gént hordozó növényt transzgénikus növénynek nevezzük.

Napjainkra szinte minden, gazdaságilag jelentõs növény esetében hatékony transzformációs módszerek állnak rendelkezésre. Leggyakrabban a talajbaktérium, az *Agrobacterium* természetes génátviteli rendszerét kihasználva építenek be géneket a növé-

nyekbe. Ez a megközelítés sikeresen alkalmazható mind kétszikû, mind egyszikû fajok génösszetételének megváltoztatására. A parányi aranyszemcsékre rögzített DNS-molekulák belõhetõk a sejtekbe, és így biztosítható az idegen gén beépülése. A jelenlegi transzformációs módszerek elsõsorban a testi, szomatikus sejtekbe juttatják be a vizsgálandó génkonstrukciókat. Ezért a transzformált sejtekbõl *in vitro* tenyészetekben növényeket kell regenerálni, ami gyakran metodikai korlátot is jelenthet. A növények egyedfejlõdési sajátosságaiból is fakadóan a differenciált sejtek az osztódások indukciójával átprogramozhatók, kialakíthatók bennük a totipotens állapot, amely embriók vagy hajtáskezdemények kialakulását teszi lehetõvé. Így fertilis növények nevelhetõk fel a transzformált testi sejtekbõl (Dudits – Heszky, 2000).

A gének, illetve az általuk kódolt RNS- vagy fehérjemolekulák szerepét lehet tanulmányozni a vizsgálandó DNS-molekulák átmeneti, tranziens kifejeztetésével vagy a genomba integrálódott formában, amikor a beépült transzgén az utódgenerációkra öröklõdik. Széleskörûen használt génmanipulációs stratégia, hogy a transzformációs vektor promoterének segítségével megnöveljük a géntermék mennyiségét, és értékeljük a túltermelt fehérje hatásait. A fehérjét kódoló DNS-szakasz származhat a transzformált fajból, de egyaránt lehetõség van virális, bakteriális, nem rokon növényi vagy állati gének kifejeztetésére is. A génmûködés felfokozását nagy aktivitású, többnyire folyamatosan mûködõ promoterek felhasználásával lehet biztosítani. A gén eredeti promoterét kicserélve kiválasztott regulátor DNS-szakaszra, megváltoztatható a génkifejezõdési mintázat, új vagy több fehérje termeltethetõ a növények sejtjeiben. A céltudatosan megtervezett géntechnológiai beavatkozások eredményessége sokban függ a promoterkészlet gazdagságától. A génizolálási programok a kívánt cDNS-ek megtalálásán túl külön figyelmet fordítanak a promoterrégió azonosítására és jellemzésére. Minél pontosabban szabályozható a géntermék mennyisége illetve irányítható keletkezésének helye vagy ideje, annál gazdaságosabb a génsebészeti beavatkozás. Ha a nemesítés célja például a búzaszem tápértékének javítása, akkor indokolt endospermium specifikus promoterrel kifejeztetni a beépített gént. Igen nagy jelentõsége van a szövet- vagy szervfüggõ kifejezõdést eredményezõ promotereknek. Intenzíven kutatják az ún. indukálható promotereket, amely környezeti tényezõk megváltozásakor (fagy vagy hõhatás, vízhiány, kórokozók támadása) biztosítják a védekezéshez szükséges fehérjék szintézisét. Míg az ún. elsõ generációs gyomirtó szer vagy kártevõrezisztens transzgénikus fajták többnyire folyamatos kifejezõdésû (konstitutív) promotorekkel készültek, addig a jövõbeni termékek fejlesztésekor mérnöki precizitással tervezik meg a génmûködés szabályozottságát.

A kívánt promoter megtalálásához, a gének funkciójának tisztázásához elengedhetetlen a génkifejezõdés sokoldalú jellemzése. Egyedi génekrõl szintetizálódó RNS-molekulák mennyiségérõl az ún. *northern* hibridizáció módszerével nyerhetünk adatokat.



3. ábra • Az aldózreduktáz (MsALR) gén aktiválódása a lucernanövényekben a szárazságstressz 4-5. napján. Az Msc27 gén mRNS mennyisége konstitutív génkifejezõdést mutat (Oberschall et al., 2000)

A *3. ábrán* (Oberschall, 2000) látható, hogy a lucerna aldózreduktáz mRNS szintetizálódik a vízhiány okozta szárazságstressz hatására. Ugyanakkor az Msc27 jelû gén valamennyi vizsgált növényi mintában aktív. A sejtek fiziológiai vagy mûködési állapotának jellemzéséhez célszerû nagyszámú gén kifejezõdési paraméterét ismerni. Az ún. DNS-chip technológia egyetlen vizsgálattal több ezer génrõl nyújt információt. Az üveg tárgylemezre robot segítségével rögzített ezernyi génpróbához hibridizált és fluoreszcens festékkel megjelölt minta DNS-ek mennyiségét lézer leolvasó határozza meg. A fluoreszcencia-jelek feldolgozása után a komputerprogramok csoportosítják a géneket aszerint, hogy a mûködésük fokozódott vagy gátlódott a vizsgált sejtekben, szövetekben. A komplex génkifejezõdési mintázatok diagnosztizálják a növény funkcionális képességeit.

A transzgénikus technológiák több alternatívát is kínálnak a gének hatástalanításához. Egy gén mûködésképtelenné válhat, ha idegen DNS-szekvenciák elrontják a funkcionális elemeket. Az ún. inszerciós mutagenezis programok nagyszámú transzgénikus vonalat hoznak létre az *Agrobacterium* T-DNS-ének beépítésével. A véletlenszerû beépülések szomszédságában található DNS-szakaszok megszekvenálásával megtudható, hogy milyen génben történt a hiba, illetve megállapítható az okozott biokémiai, fiziológiai vagy fejlõdési hatás. Ez a rendszer fordítva is mûködik, ugyanis ha egy ismert szekvenciájú gén szerepét kívánjuk tisztázni, akkor a szekvencia alapján a mutánsgyûjteménybõl megkérhetõk azok az inszerciós vonalak, amelyek esetében az adott génbe történt a beépülés. Az ilyen mutánsgyûjteményeket elsõsorban az *Arabidopsis*-gének funkcionális vizsgálatában használják kiterjedten, de folyamatban van a rizs- vagy lucernamuntáns-parkok elõállítása is. A mobilis DNS-elemek, a transzpozonok, szintén eredményesen használhatók a gének szerepének kutatásában és a génizolálási programokban.

A gének elhallgattatásának hatékony eszközét kínálja az ún. antiszensz megközelítés. Ahhoz, hogy valamely növényi gén termékét, a képzõdõ RNS-molekulákat szekvenciaspecifikus enzimek lebontsák, kettõs szálú RNS-hibridek keletkezését kell biztosítani. Ilyen molekulaszerkezet kialakulhat úgy, ha a célgént egy újabb példányban, de megfordított formában építjük be a gazdagenomba. Így a transzgénrõl képzõdõ RNS-molekulák hibridizálhatnak a belsõ gén termékeivel, ami azok degradációjához vezethet. Ez a géntechnológiai stratégia idegen DNS-szekvenciák felhasználása nélkül is jelentõs és specifikus hatásokat tud létrehozni a transzgénikus növényekben. Az ún. interferáló RNS-molekulák megszintetizáltathatók vírusvektorokkal vagy kémiai szintézis után bejuttathatók a növények sejtjeibe. A genomszintû génfunkció-vizsgálatok céljára, kihasználva a génelhallgattatás jelenségét, nagy kapacitású tesztrendszereket fejlesztenek ki.

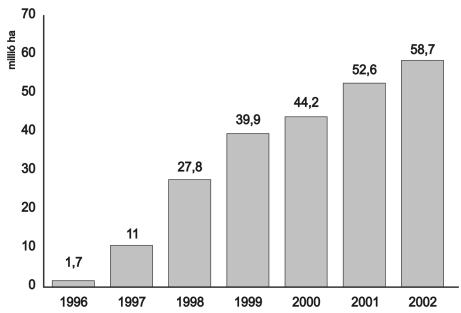
A géntechnológiával módosított, nemesített (GM) fajták térhódítása

Az *1. ábra* már felhívta a figyelmet arra, hogy az évszázadok folyamán a növénynemesítés eredményességét nagymértékben segítette az új genetikai módszerek és tudományos elméletek alkalmazása. Így teljesen indokolt, hogy az utóbbi évtizedek növénybiológiai kutatásait alapjaiban meghatározó géntechnológia szerves részévé váljék a fajtaelõállító munkának. Soha nem látott szellemi és anyagi kapacitásokat fordítottak növényi gének izolálására, transzgénikus genotípusok elõállítására. A genomszekvenálások eredményeként még intenzívebbé és hatékonyabbá váltak ezek a programok. Szinte nincs olyan növényi szerv, funkció, amellyel kapcsolatban ne lenne folyamatban génizolálási és

transzformációs kísérlet. Természetes és magától érthetõ, hogy ha a génbeépítés következményeként hasznos, új tulajdonságú növényeket sikerül elõállítani, akkor azok növénynemesítési hasznosítását is megkísérlik. A laboratóriumban létrehozott genotípusok elsõ értékelését általában üvegházakban végzik. A javított tulajdonságokat mutató variánsok azután átkerülnek a növénynemesítõ tenyészkertjébe, ahol még kiterjedtebb, szigorúbb minõsítés történik, akár éveken keresztül is. A fajtabejelentésre érdemes vonalak, törzsek további vizsgálatát az állami fajtaminõsítõ rendszerben végzik, és külön szabályok alapján vizsgálják a transzgénikus fajtajelölteket. A transzgénikus technológia a növénynemesítés folyamatának kezdeti fázisában jut szerephez, elsõsorban új génkombinációt jelentõ alapanyagok elõállításával.

Két rizsnövény keresztezésekor 50 ezer gén véletlenszerû rekombinációjával jön létre az új genotípusú utód, amely számos nemkívánatos tulajdonságot is örökölhet a szülõktõl, ezért éveken át tartó visszakeresztezésekre és szelekciókra van szükség az optimális génkombinációval rendelkezõ növények megtalálásához. Az *in vitro* kialakított transzgén beépítésekor egyetlen új genetikai elem kerül be a növény többi génjei közé. Ismert a felhasznált DNS szekvenciája, értékelhetõk a kódolt fehérje várható tulajdonságai. A gyakorlatban több száz független transzformációs eseményt analizálnak, és kiválasztják azokat a transzgénikus termékeket, amelyek mellékhatások nélkül hordozzák a kívánt tulajdonságot. A forgalmazható termékké válást szükség esetén széles körû toxikológiai és allergiavizsgálatok is megelõzhetik. A transzgén a gazdanövény genomjába történt integrációja után a mendeli szabályok szerint öröklõdik, és ebben nem különbözik a befogadó faj saját génjeitõl. A transzgénikus fajták használatával kapcsolatban gyakran megfogalmazódó aggodalom, hogy ezek a genotípusok keresztezõdés esetén beszennyezhetik a vadon élõ rokon fajok génállományát. Ez fontos ökológiai kérdés, ami azonban korántsem új keletû, hiszen például a lucernába vagy repcébe beépített transzgén mellett több tízezer másik lucerna- vagy repcegén is hasonló valószínûséggel átkerülhet a vad fajokba. Ha évszázadok során nem törõdtünk azzal a lehetõséggel, hogy a termesztett növények „nemesítik" majd a természetes populációkat, úgy a transzgénikus fajták használata sem jelent új helyzetet. Nem tapasztaljuk a gyomok nemesedését, inkább ellenkezõleg, elkényeztetett termesztett növényeinknek lenne szükségük a vad rokonfajok génjeire.

A nemzetközi szóhasználatot követve a géntechnológiával nemesített növényeket GMO (genetikailag módosított szervezet) rövidítéssel jelölik. Ez a megkülönböztetés szakmailag félrevezetõ, hiszen valamennyi termesztett növényünk, és így a belõlük származó élelmiszereink is genetikai módosítások sorozatának szüleményei, és ezért GMO termékek. Genetikai módosításnak kell tekintenünk a keresztezést, mutánsok elõállítását vagy akár a poliploidizációt. Így a transzgénikus és a hagyományos fajták egyaránt génmanipulációkból származnak. A GMO megjelölés nem a termék sajátosságait minõ-



4. ábra • A géntechnológiával nemesített (GM) fajták vetésterületének folyamatos növekedése (James C.: 2002)

síti, hanem a fajta-elõállítás során alkalmazott többféle módszer közül egynek a felhasználásáról tájékoztatja a fogyasztót. A géntechnológia mint nemesítési módszer ugyanolyan, ha nem nagyobb biztonsággal kivitelezhetõ, mint a többi növénygenetikai beavatkozás. Ezt igazolja a csaknem tízéves termesztési tapasztalat: ez idõ alatt több mint 230 millió hektáron termesztettek géntechnológiával nemesített növényeket minden egészségügyi vagy ökológiai katasztrófa nélkül.

A *4. ábra* (James, 2003) adatai is megerõsítik, hogy aligha ismert olyan, a mezõgazdaságot érintõ technológiai forradalom, amely hasonló gyorsasággal terjedt volna el a világon. Az elõnyök között elsõként említhetõ az olcsóbb és környezetkímélõbb növénytermesztési technológiák alkalmazhatósága. A betegségeknek és állati kórokozóknak ellenálló fajták termesztése sokban segítheti a biogazdálkodást. A rendelkezésre álló statisztikai adatok szerint a géntechnológiával nemesített, GMO növények révén 14 %-kal csökkent a felhasznált rovarirtó szerek mennyisége. Nagyszámú kutatási eredményre alapozva állítható, hogy a fenntartható fejlõdést biztosító mezõgazdasági gyakorlat megvalósításában a géntechnológiával nemesített növények használata meghatározó tényezõként jelenik meg. A DNS szerkezetének megfejtésétõl a rekombináns DNS módszerek kidolgozásán át a funkcionális genomika nyújtotta információk felhasználásáig vezetõ kutató-fejlesztõ tevékenység fontos és nélkülözhetetlen eszközöket szolgáltat egy környezet- és egészségbarát növénytermesztés számára.

Köszönetnyilvánítás

A szerzõ ezúton is kifejezi köszönetét Keczán Józsefné Czakó Zsuzsannának a kézirat elkészítéséhez nyújtott segítségéért.

Kulcsszavak: *növényi gének, kifejezõdési mintázat, molekuláris markerek, szárazság, betegség, ellenállóság, genetikai módosítás, transzgénikus fajták*

IRODALOM

Avery, Oswald T. – MacLeod, Colin M. – McCarty, Maclyn (1944): Studies on the Chemical Nature of the Substance-inducing Transformation of Pneumococcal Types. Induction of Transformation by a Desoxyribonucleic Acid Fraction Isolated from Pneumococcus Type III. The Journal of Experimental Medicine. 79, 137-158.

Dudits Dénes – Heszky László (2000): Növényi biotechnológia és géntechnológia. Agroinform, Budapest, 312. p

Dudits Dénes (2000): Új korszak a növénybiológiában és -nemesítésben. Magyar Tudomány. 5, 537-554.

Endre Gabriella – Kereszt A. – Kevei Z. – Mihacea, S. – Kaló P. – Kiss G. B. (2002): A Receptor Kinase Gene Regulating Symbiotic Nodule Development. Nature. 417, 962-966.

Goff, Stephen A. – Ricke, D. – Lan, T. H. – Presting, G. – Wang, R. – Dunn, M. – Glazebrook, J. – Sessions, A. – Oeller, P. – Varma, H. – Hadley, D. – Hutchison, D. – Martin, C. – Katagiri, F. – Lange, B. M. – Moughamer, T. – Xia, Y. – Budworth, P. – Zhong, J. – Miguel, T. – Paszkowski, U. – Zhang, S. – Colbert, M. – Sun, W. – Chen, L. – Cooper, B. – Park, S. – Wood, T. C. – Mao, L. – Quail, P. – Wing, R. – Dean, R. – Yu, Y. – Zharkikh, A. – Shen, R. – Sahasrabudhe, S. – Thomas, A. – Cannings, R. – Gutin, A. – Pruss, D. – Reid, J. – Tavtigian, S. – Mitchell, J. – Eldredge, G. – Scholl, T. – Miller, R. M. – Bhatnagar, S. – Adey, N. – Rubano, T. – Tusneem, N. – Robinson, R. – Feldhaus, J. – Macalma, T. – Oliphant, A. – Briggs, S. (2002): A Draft Sequence of the Rice Genome (*Oryza Sativa* L. Ssp. Japonica). Science. 296, 91-100.

James, Clive (2003): Global Hectarage of GM Crops in 2002. Biotech Briefs. Vol 3. No. 1 http://www.isaaa.org/kc/Services/Biotech_briefs/brief_files/kc_brief8.htm

Oberschall Attila – Deák M. – Török K. – Sass L. – Vass I. – Kovács I. – Fehér A. – Dudits D. – Horváth V. G. (2000): A Novel Aldose/Aldehyde Reductase Protects Transgenic Plants Against Lipid Peroxidation under Chemical and Drought Stresses. The Plant Journal. 24, 437-446.

The Arabidopsis Genome Initiative (2000): Analysis of the Genome Sequence of the Flowering Plant *Arabidopsis Thaliana*. Nature. 408, 796-815.

Watson, James D. – Crick, Francis H. C. (1953): A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. Nature. 171, 737-738.

Yu, Jun – Hu, S. – Wang, J. – Wong, G. K. S. – Li, S. – Liu, B. – Deng Y. – Dai, L. – Zhou, Y. – Zhang, X. – Cao, M. – Liu, J. – Sun, J. – Tang J. – Chen, Y. – Tong, W. – Cong, L. – Geng, J. – Han, Y. – Li, L. – Li, W. – Hu, G. – Huang, X. – Li, W. – Li, J. – Liu, Z. – Li, L. – Liu, J. – Li, L. – Li, T. – Wang, X. – Lu, H. – Wu, T. – Zhu, M. – Ni, P. – Han, H. – Dong, W. – Ren, X. – Feng, X. – Cui, P. – Li, X. – Wang, H. – Xu, X. – ZHai, W. – Xu, Z. – Zhang, J. – He, S. – Zhang, J. – Xu, J. – Zhang, K. – Zheng, X. – Dong, J. – Zeng, W. – Tao, L. – Ye, J. – Tan J. – Ren, X. – Chen, X. – He, J. – Liu, D. – Tian, W. – Tian, C. – Xia, H. – Bao, Q. – Li, G. – Gao, H. – Cao, T. – Wang, J. – Zhao, W. – Li, P. – Chen, W. – Wang, X. – Zhang, Y. – Hu, J. – Wang, J. – Liu, S. – Yang, J. – Zhang, G. – Xiong, Y. – Li, Z. – Mao, L. – Zhou, C. – Zhu, Z. – Chen, R. – Hao, B. – Zheng, W. – Chen, S. – Guo, W. – Li, G. – Liu, S. – Tao, M. – Wang, J. – Zhu, L. – Yuan, L. – Yang, H. (2002): A Draft Sequence of the Rice Genome (Oryza sativa L. ssp. Indica). Science. 296, 79-91.

A JÓLÉTI ÁLLAM: VÁLSÁG ÉS KIUTAK

Berend T. Iván
az MTA rendes tagja, egyetemi tanár, UCLA – iberend@history.ucla.edu

Napjaink témával foglalkozó nemzetközi irodalmából tucatjával idézhetnék a jóléti állam vészharangját kongató álláspontokat. „A piaci verseny követelménye arra kényszeríti a kormányokat – állapította meg legutóbb egy angol szerzõ, Mark Rupert – hogy a világ legalacsonyabb közös nevezõjére szorítsák le a társadalmi felelõsség vállalkozókra nehezedõ terheit." Steen Mangen arról beszél, hogy a világgazdasági változások „alapvetõen aláásták… a jóléti elvek, a társadalmi szolidaritás, egyenlõség és egyetemesség érvényesítését". Kornai János már az 1990-es évek elején arról írt, hogy a „koraszülött" államszocialista jóléti állam nem életképes és nem tartható fenn. A II. világháború után egész Nyugat-Európában kiépült jóléti állam és a szegényes, de a maga eszköztárával nagyvonalú államszocialista jóléti intézmények tehát, mint sokan állítják, válságba jutottak.

Két legfõbb tényezõt szokás emlegetni e válság okaként. Egyrészt, a fenti idézetben már említett gyilkos világgazdasági versenyt, ami a globalizált, szabadkereskedelmi világban minden országot versenyre kényszerít, és a nagy szociális terhek csökkentését követeli meg a versenyképesség érdekében. Másik legfõbb okként a demográfiai folyamatok változásait emelik ki: a születési ráták egyszerû népességi reprodukció alá zuhanását, valamint az átlagéletkor egyidejû jelentõs meghosszabbodását, mintegy 76-78 évre emelkedését, ami egyszerre növelte meg az idõs, inaktív korosztályok létszámát és csökkentette lényegesen az aktív népesség arányát. Ez egyre elviselhetetlenebb anyagi terheket hárít a társadalomra, amit az nem képes elviselni. Ha a demográfiai trendek nem változnak, a következõ húsz év során – mutatják a számítások – a nyugdíjkiadások megkétszerezõdnek. A jelentõs számú bevándorló ugyancsak megnövelte s tovább növeli a szociális kiadásokat, hiszen a bevándorlók tömege nagyban erõsíti a társadalomból való kirekedés tendenciáját is: az 1980-as évek közepén Nyugat-Európában mintegy 50 millió ember élt a nemzeti kereseti szint felét sem elérõ jövedelmi szinten. A társadalomból való kihullás különösen megdöbbentõ adatai jellemzik a piaci viszonyok közé illeszkedõ volt államszocialista országokat.

Hogy megvizsgálhassuk a jólét állam megkérdõjelezésének okait, mindenekelõtt tekintsünk vissza a jóléti állam születésére és jellemzõire. Az intézmény gyökerei a 19. század végére nyúlnak vissza. A szociáldemokrácia elleni harcban ugyanis Bismarcknak, a német „vaskancellárnak" hamar fel kellett ismernie, hogy a szociáldemokrácia betiltásának fegyvere visszájára fordult, és fokozatosan a legnagyobb párttá tette a szociáldemokráciát. Ekkor úgy akarta kifogni a szelet ellenzéke vitorláiból, hogy átvette annak szociális programját, és nekilátott megvalósításának: így került sor 1883-ban a világ elsõ kötelezõ nemzeti betegbiztosítási programjának bevezetésére. A következõ évben ezt követte a kötelezõ ipari balesetbiztosítás meghonosítása, majd 1889-ben a nyugdíj és rokkantsági nyugdíj intézményeinek beve-

zetése. Mindez nem állampolgári jogon járt, csak a szocialisták tömegbázisát célozta meg: az ipari munkásokra vonatkozott.

Az intézkedések nemzetközi hatása felmérhetetlennek bizonyult. A svéd király már 1884-ben bizottságot hívott életre a német rendszer tanulmányozására, amit a következõ évben Dánia is követett. A skandináv országokban 1891 és 1913 között azután mindenhol meghonosult a betegség- és baleseti biztosítás, valamint a nyugdíj intézménye. Peter Baldwin szerint e demokráciákban fõleg a középosztály és a parasztság érdekei és politikai képviselete játszották a fõ szerepet, s ezért a jóléti intézmények az egész társadalomra kiterjedtek. Érdekes módon, a jóléti törvényhozásban a szocialista, liberális és konzervatív pártok egyaránt kezdeményezõként léptek fel.

Donald Sassoon azonban mégis a szociáldemokráciának ítéli a pálmát. Az õ programjuk és megerõsödött pártjuk, valamint szakszervezeteik kényszerítették versenyre, állítja, a polgári, sõt arisztokratikus pártokat is. Mi több, az 1891-ben XIII. Leó pápa által kibocsátott *Rerum Novarum* a hívekért folytatott verseny révén a katolikus egyház szociális doktrínáját is megalapozta.

A jóléti állam kibontakozásának igazi korszaka azonban a nagy válság és a II. világháború éveivel jött el. A Nagy Válság nemcsak a nyomor és munkanélküliség addig ismeretlen mélységeit nyitotta meg, de versenyre kényszerítette a fejlett nyugati demokráciákat a jobb- és baloldali populizmusok szélsõségeivel. Az Egyesült Államokban, ahol a jóléti intézmények addig ismeretlenek voltak, Roosevelt elnök ekkor jelentette ki: hogy a „demokráciának be kell bizonyítania, hogy kormányai felelõsséget vállalnak népeik szociális biztonságáért", s ennek jegyében vezette be az úgynevezett *social security* intézményét. Az elsõ valóban komplex jóléti állam azonban Svédországban jött létre a nagy válság nyomorúsága idején, az 1932-ben kormányra került szociáldemokrácia vezetése alatt.

A világháború még nagyobb nyomatékot adott a társadalmi szolidaritás elvének. John Steinbeck amerikai író, aki a háború alatt haditudósítóként Európában tartózkodott, 1943-ban arról számolt be, hogy „az egyszerû emberek rendkívül sokat tanultak… Meg akarnak szabadulni a szükség rabszolgaságától, azt akarják, hogy mire hazamennek a frontokról, legyen államilag biztosított iskola gyermekeiknek és egészségi ellátás családjaiknak." Ebbõl a tömegigénybõl, s a társadalmi szolidaritás háborús tapasztalatából az 1930-40-es évek nyomorúsága közepette emelkedett azután fel a nyugat-európai jóléti állam. Magát a jóléti állam kifejezését is ekkor, 1941-ben vezette be az angol Temple érsek, aki a demokráciák *welfare* elkötelezettségét állította szembe a diktatúrák *warfare*, háborús és erõszakra épülõ rendszereivel. Az elsõ átfogó törvényhozási tervet jellemzõ módon a konzervatív Churchill-kabinet tagja, Lord William Beveridge dolgozta ki 1942-es híres jelentésében. A katonai „gyõzelem célja – szögezte le –, hogy a háború után jobb világban élhessünk, mint korábban. Meg kell szabadulni a szükségtõl." Minden állampolgár ingyenes egészségi ellátáshoz kell, hogy jusson. A gyermekek után támogatást kell nyújtani a családoknak, s az idõsebb generációknak biztonságot teremtõ nyugdíjat kell folyósítani. Így került sor Angliában 1945 és 1948 között, amikor még jegyre osztották az élelmiszert és nélkülözött a lakosság, az átfogó jóléti törvényalkotásra, ami megvalósította a Beveridge-bizottság által kidolgozott terveket. Thomas Humphrey Marshall, a Cambridge-i Egyetemen tartott 1949-es elõadásában fogalmazta meg a „szociális állampolgárság" elvét, ami az egyéni és politikai szabadság biztosítása után a szociális biztonságot is állampolgári jognak minõsítette.

Hasonló jóléti intézményeket vezettek be Belgiumban, Franciaországban, Svájcban

és Németországban is. A jóléti állam újrafogalmazta az állampolgári jogokat, s valóban beleillesztette azokba a jóléti ellátás jogát, hogy – mint fogalmazták – a nemzeti közösségek „teljes jogú tagjává" emeljenek minden állampolgárt. A biztosított juttatások köre egyre szélesedett, a fizetett szabadság egyre hosszabb, a munkaidõ egyre rövidebb lett, az ingyenes, állampolgári jogon biztosított iskolázás, egészségi ellátás és nyugdíj mellett átképzési költségeket nyújtott, fizetett szülési szabadságot, szubvencionált lakásbérletet s számos más juttatást is biztosított. Jól ismert, hogy szegényesebb eszközeivel az államszocializmus hasonlóan járt el.

Nem lehet elvonatkoztatni e folyamat elemzése során a hidegháború hatásától sem. A katonai és gazdasági verseny mellett ugyanis jóléti verseny is kibontakozott a két párhuzamosan létezõ és egymással szemben álló világrend között. A szocializmus egyenlõsítõ elveivel és – szegény országokról lévén szó – szegényes gyakorlatával vette fel ugyanis a versenyt a Nyugat az „emberarcú kapitalizmus" létrehozásával. A szociális kiadások a háború elõtti évekhez képest Olaszországban már 1957-re tizennégyszeresükre emelkedtek, Franciaországban és Svédországban hat-, illetve hétszeresükre, és Nyugat-Európa egészében is négyszer annyit költött az állam erre a célra, mint a háború elõtt. A nemzeti jövedelem nem kevesebb, mint 40-50 %-át fordították jóléti kiadásokra.

A jóléti állam magas adóztatással és a jövedelmek újraelosztásával törekedett a társadalmi egyenlõsítésre. A Nobel-díjas Gunar Myrdal 1960-ban állapította meg: „A gazdasági egyenlõsítés törekvése mindenhol megfigyelhetõ és általánosan meghirdetett elv." Az ingyenes társadalmi juttatások és a progresszív adóztatás együttes hatására a jövedelmi polarizáltság érdemben csökkent: Dániában és Svédországban például a lakosság legmagasabb jövedelmi kategóriájába tartozó 5 %-a 1939-ben az összes jövedelem 27-28 %-át kapta, s ez az arány 1964-re 17-18 %-ra zuhant. Angliában az e jövedelmi kategóriába tartozók részesedése 30 %-ról 19 %-ra esett. Az egyéni fogyasztás egyötödét–egynegyedét a költségvetés finanszírozta a jövedelmek átcsoportosítása révén.

A mégoly vázlatos történeti áttekintés is három igen fontos kérdés megválaszolásának feladatát állítja elénk:

1. Vajon a jóléti állam csak a gazdag országok luxusa lehet, mégpedig ott is csak a nagy prosperitás idõszakában?

2. Vajon a szociális terhek közösségi, állami vállalása hátrányos-e a gazdasági növekedésre, és rontja-e a jóléti államok versenyképességét?

3. S vajon az adóztató, egyenlõsítési tendenciákat hordozó jóléti állam azokat a rétegeket sújtja-e, melyek nagyobb jövedelmeik révén a felhalmozás pillérei, s ezzel tovább fékezi a lehetséges növekedést?

Ami az elsõ kérdést illeti, a vázlatos történelmi áttekintés is világossá teszi, hogy a jóléti állam kiépítése éppen akkor indult történelmi útjára, amikor a bevezetését kezdeményezõ országok éppen mély válságokkal és háborús nyomorúsággal küzdöttek. Németország a 19. század végén, amikor az alapvetõ jóléti intézményeket bevezette, változatlan és összehasonlítható 1990. évi árakon számítva kereken 3000 dollár egy fõre jutó bruttó nemzeti termékkel (GDP) rendelkezett. Svédország 1932 és 1939 között, amikor a jóléti államot kiépítette, 3600 $ és 5000 $ között növekvõ egy fõre jutó GDP-vel rendelkezett. Nyugat Európa egésze 1950 és 1960 között, amikor a jóléti állam általánossá vált, kereken 5000-7000 $ egy fõre jutó jövedelmet számlált. Az elmaradottabb mediterrán Európa, valamint Közép- és Kelet-Európa 1950 és 1973 között 2000 $ és 7000 $ közötti jövedelemmel rendelkezett, vagyis – mivel összehasonlítható árakról van szó – ugyanabba a jövedelmi sávba esett, mint Németország, Svédország, s az 1950

körüli Nyugat-Európa, amikor a jóléti állam kiépült. Ebben az értelemben tehát aligha beszélhetünk „koraszülött" kelet-európai jóléti államról, vagy arról, hogy ezek az országok nem engedhetik meg maguknak ezt a luxust.

A második kérdés, vajon hátráltatta-e a szociális terhek vállalása a gazdasági növekedést, ugyancsak kvantitatív választ követel. Ebbõl a szempontból különlegesen tanulságos az amerikai és nyugat-európai összehasonlítás: az Egyesült Államok, mely nem épített ki jóléti államot, 1950 és 1973 között kereken 60 %-kal növelte egy fõre jutó jövedelmét, a jóléti Nyugat-Európa ugyanezen évek során viszont közel két és félszeresére, vagyis mintegy háromszor olyan gyorsan. A 20. század második felét egészében figyelembe véve, 1950 és az ezredforduló között, az USA 286 %-os, Nyugat-Európa 390 %-os növekedést ért el. A munka termelékenységi szintjét Nyugat-Európa az amerikai mintegy felérõl, 1970-ig annak kereken 70 %-ára fokozta, majd a század végére elérte. A tények tehát nem igazolják a mítoszt, a jóléti állam növekedésfékezõ hatását.

Különösen érdekes a harmadik kérdés: vajon gazdasági hátránnyal jár-e a jómódú lakosságot terhelõ adóztató, újraelosztó, jövedelmet kiegyenlítõ jóléti állam? E kérdésre adandó válaszhoz az angol Nicholas Barr röviddel ezelõtt megjelent kutatási eredményeihez fordulok. Õ ugyanis szellemesen szétválasztotta a jóléti állam két alapvetõ funkcióját. Az egyiket, a jómódúaktól elvevõ és a szegényebbeket támogató, újraelosztó funkciót „Robin Hood-funkcióként" jelöli (mi nevezzük így: Rózsa Sándor-funkció), míg a másikat „malacpersely funkciónak". Ezen azt érti, hogy a jóléti állam nemcsak a társadalom különbözõ rétegei *között* osztja újra a jövedelem egy részét, és ezzel kiegyenlítõ szerepet játszik, hanem minden egyes állampolgár életciklusán belül is újraelosztó szerepet gyakorol. Ez azt jelenti, hogy bizonyos jóléti intézmények finanszírozásához az állam ugyanattól a személytõl veszi el az összeget, akinek azután visszajuttatja azt. Például a biztosított nyugdíj esetében az állam az életciklus középsõ szakaszában elvesz, hogy a késõbbi szakaszában visszaadja azt. Az ingyenes iskola esetén az életciklus középsõ szakaszában elvesz, de – családon belül számítva – korábbi szakaszára vonatkozóan visszaad. Ezt a funkciót úgy tekinthetjük, mintha az illetõ állampolgár maga tenné be a pénzét a malacperselybe, hogy azután kivehesse, amikor szükséges. Jane Falkingham és John Hills Angliára vonatkozó számításai szerint a jóléti állam kiadásainak mintegy kétharmada az életcikluson belüli újraosztás, vagyis nem más, mint kényszerített takarékosság, s a „Rózsa Sándor-funkció" csak a kiadások egyharmadára vonatkozott. Ezt az arányt nagyjából hasonlónak tekinthetjük egész Nyugat-Európára vonatkozóan. Az állami beavatkozás és a jóléti állam politikai ellenfelei – Ronald Reagan, Margaret Thatcher, George W. Bush, hogy e politika legismertebb képviselõit idézzem – azt állították, állítják, hogy a paternalista beavatkozás helyett ezt a kérdést magánügyként kell kezelni, és rá kell bízni az emberek egyéni döntésére. Csakhogy az egyén nem tud évtizedekre elõre kalkulálni, s nem is rendelkezik a megfelelõ információkkal ehhez. A bizonytalanság és kockázat túl nagy a hosszú távú döntések esetén. A jóléti intézmények privatizálása, a magániskola, magán egészségi- és nyugdíjbiztosítás, amit most az amerikai kormányzat sürget, elkerülhetetlenül arra vezet, hogy a társadalom bizonyos rétegei kiesnek a szociális védõháló hatalmas lyukain, s kizárják magukat a társadalomból. Magánügy, miért nem voltak körültekintõbbek – mondhatják és mondják is e politika hívei. A valóságban azonban nem az, hiszen az utcán elhullókat is kórházba kell vinni, gyermeiket iskolába kell adni, stb., vagyis végül is a társadalmi gondoskodás más formái válnak szükségessé.

Félreértés ne essék: nem állítom, hogy a hosszú munkanap és az évi két hét szabadság embertelensége nem vezet több jövedelem termelésére. Nem állítom, hogy az ingyenes iskolai és egészségi ellátás olcsóbb az államnak, mintha mindezt az állampolgárra bízná. Természetesen nem. De határozottan állítom, hogy a jóléti állam biztonságot és valamelyest kiegyenlítést teremtõ hatása tudja csak megteremteni azt a kiegyensúlyozott belsõ piacot, mely hosszú távon végül is növekedést elõmozdító szerepet játszik. Közgazdasági közhely, hogy minél szélsõségesebb a társadalmi polarizáció, minél több a szegény ember és a társadalomból kiszorultak száma, annál törékenyebb, sérülékenyebb egy ország gazdasága és hosszú távú növekedése. Hadd támasszam ezt is alá néhány beszédes adattal: a lakosság legnagyobb jövedelemmel rendelkezõ felsõ 10 %-ának Japánban, Koreában és Svédországban mintegy nyolcszor akkora jövedelme van, mint a társadalom legkisebb jövedelmû alsó 20 %-ának. Németországban, Hollandiában, és Angliában 9-10-szer akkora, míg Amerikában ez a különbség már kereken 15-szös, Brazíliában 20-szoros, Mexikóban és Venezuelában 25-szörös. A jövedelemkiegyenlítõ országok nem szenvedtek hátrányt, sõt, elõnyt nyertek a kiegyensúlyozott belsõ piacból.

Érdemes egy pillantást vetni az 1973 utáni Nyugat-Európára. A jóléti állam úgynevezett válsága ellenére mindenütt az észlelhetõ, hogy az alapvetõ jóléti intézmények nem szenvedtek nagyobb csorbát, sõt, a legtöbb esetben a jóléti kiadások tovább növekedtek. Az Európai Unió közös valutazónájában, vagyis tizenegy országban az 1980 és 1990-es évek közepe közötti évtizedben az egy fõre jutó szociális kiadások összege 13 %-kal emelkedett, Írországban pedig egyenesen 35 %-kal, míg a családi és gyermekek utáni juttatások egy fõre jutó összege 56 %-kal. Közismert, hogy mindezenközben Írország, mely az Európai Unióba való felvételekor 1973-ban az Unió átlagjövedelmének 58 %-át érte csak el, napjainkra teljesen felzárkózott az Unió szintjére, sõt, Európa egyik leggazdagabb országává vált. Olaszországban és Franciaországban a jóléti kiadások 31, illetve 25 %-kal nõttek. Válságban van-e egyáltalán az európai jóléti állam? Osztom a nézetét azoknak, akik azt hangsúlyozzák, hogy nincs válságról szó, csak kétségtelenül jelentkezõ új, megoldást követelõ, de egyben megoldható gondokról. Bizonyos, hogy néhány túlhajtást, úgyszólván luxusgondoskodást le kell nyesegetni, s különösen a demográfiai fenyegetettségre idõben fel kell figyelni, hogy megoldást dolgozhassanak ki.

A jóléti állam megkérdõjelezése azonban napjainkban nem annyira a valóság tényein alapszik, mint inkább ideológiai mítoszokon és azokra alapozott politikai meggyõzõdéseken. E mítoszok egyik tényekben gyökerezõ eleme úgy írható le, hogy az 1973 utáni strukturális válság idõszakában az Egyesült Államok gyorsabban és sikeresebben tudott alkalmazkodni az átalakulás technikai-szerkezeti követelményeihez, mint a fejlett Európa. Ez sok tényezõbõl, többek között különösen magas gazdagsági szintjébõl, különleges, történelemben gyökerezõ flexibilitásából, az állandó tömeges bevándorlás révén egyes szektorokban biztosított különlegesen alacsony munkabérekbõl fakadt. A neoliberális gazdasági iskola és az arra alapozott politika azonban mindezt úgy hirdette, mint az állami beavatkozással meg nem zavart szabad piac diadalát, az egyetlen helyes és általánosan követendõ politika mintáját.

Az osztrák-angol Friedrich Hayek, a keynesi gazdaságtan és politika õsellensége meggyõzõdéssel hirdette, hogy az államnak csak az a feladata, hogy védje az egyéni szabadságot, valamint a piac és a verseny szabadságát – semmi több. Emberi, politikai szabadság és szabadpiac nála elválaszthatatlan elõfeltételei egymásnak, s mint egyik

könyvének címével is kifejezte, az állami beavatkozás „út a szolgaságba". Az amerikai Milton Friedman a roosevelti politikai utat a Nagy Válság ellen megteremtett *New Deal* politikáját „a szabad társadalomból elvezetõ útnak minõsítette, ami, ha folytatódik – szögezte le 1977-ben –, Amerika elveszíti szabadságát". Friedman a jóléti állam filozófiáját úgy jellemezte, hogy az rendõrök küldése más emberek pénzének kizsebelésére. Ebben az elõadásában Friedman egy általános, gazdagra, szegényre egyaránt érvényes rendkívül alacsony, 16 %-os adót javasolt, igen minimális állami kiadásokkal úgyszólván minden állami funkció privatizálásával, ami „a családokat és egyéneket teszi felelõssé az iskolázásért, egészségi biztosításért és nyugdíjakért". Ezeket a nézeteket mind Hayek, mind Friedman esetében Nobel-díj emelte a magasba az 1970-es években. A javaslatokat azután Friedman politikai hívei azóta is nagy igyekezettel ültetik át a gyakorlatba. Ahogy Eric Helleiner nevezte, az 1980-as évektõl valóságos „deregulációs verseny" indult meg a világban. Soros György ezt a közgazdasági-politikai világnézetet és deregulációs lázat találóan „piaci fundamentalizmusnak" nevezte, ami „a pénzügyi tõkét ültette a vezetõülésbe". A piaci mechanizmus és profitmotiváció, érvelt Soros, az élet azon szféráira is kiterjeszkedtek, ahova egyáltalán nem tartoznak. Talán meglepõ, hogy a multimilliárdos pénzügyi vállalkozó elítéli azt a közeget és politikát, amelyben felemelkedett. Soros György azonban napjainkban magát a kapitalista rendszert és a demokráciát félti e nézetektõl és gyakorlattól. „Az ideológiai szenvedéllyel hirdetett piaci szupremácia", ahogy Joseph Stieglitz, a Világbank korábbi gazdasági fõtanácsadója, Nobel-díjas Harvard-közgazda nevezte legutóbbi könyvében, veszedelmes hiba. Soros is, Stiglitz is nélkülözhetetlennek tartja az állam szerepét, szabályozótevékenységét, és a piaci mechanizmust alkalmatlannak ítéli társadalmi problémák megoldására.

A jóléti állam a piaci fundamentalizmus számára azonban a bajok forrása, megszüntetendõ anomália. A jóléti állam *válságának* koncepciója és felszámolásának sürgetése ebbõl a világnézetbõl fakadt. Ismét hozzá kell azonban tennem a félreértések elkerülése érdekében: a gazdasági és társadalmi változások a jóléti intézmények számos elemének újragondolását és reformját követelik meg, ami azonban nem vonta és vonhatja kétségbe az intézmények életképességét és alkalmazkodni tudását. Önök, kedves hallgatóim, elõadásom végkövetkeztetése alapján talán elfogultsággal vádolhatnak. Megvallom, elfogult is vagyok. Nézetem szerint ugyanis a jóléti állam a 20. század legnagyobb társadalmi vívmánya.

Kulcsszavak: *jóléti állam, demográfiai kihívás, globalizációs versenykihívás, malacpersely funkció, Robin Hood (Rózsa Sándor)-funkció*

A GAZDASÁGI, SZOCIÁLIS ÉS KULTURÁLIS JOGOK NÉHÁNY SAJÁTOSSÁGA – EGY MEGKÖZELÍTÉS –

Kardos Gábor

az állam- és jogtudományok kandidátusa, egyetemi docens, ELTE – kardos@ajk.elte.hu

A gazdasági, szociális és kulturális jogokat az emberi jogok második generációjának nevezik, az elsõ nemzedéket a polgári és politikai jogok jelentik. Amint ezt már többen is megállapították, a generáció fogalmának használata az emberi jogok kapcsán nem helyes, hiszen a nemzedékek váltják egymást, és a tizenkilencedik század második felében megfogalmazott, majd a huszadik században alkotmányos és nemzetközi védelmet nyert gazdasági, szociális jogok semmiképpen sem cserélik le a polgári és politikai jogokat, és nem is lépnek a helyükre. A gazdasági jogokat a munkához való jog és általában a munkaviszonyhoz kapcsolódó jogok jelentik, a szociális jogok közül a legfontosabb a szociális biztonsághoz való jog, amely a társadalombiztosításhoz és a szociális és egészségügyi segítségnyújtáshoz való jogot tartalmazza. Idetartozik az egészséghez való jog vagy az egyes sérülékeny társadalmi csoportokat védõ jogok, a kulturális jogokhoz tartozik az oktatáshoz való jog és a szûkebb értelemben vett jog a kultúrához. A továbbiakban, hacsak a szövegkörnyezetbõl más nem derül ki, a szociális jogokat mind a három csoport együttes megnevezésére használom. Stilisztikai okokból azonban használom a gazdasági, szociális és kulturális jogok elnevezést is.

A gazdasági, szociális és kulturális jogokat két csoportba sorolhatjuk. Az egyik csoportot a gazdasági, szociális és kulturális tartalmú szabadságjogok jelentik, amelyek önállóvá vagy legalábbis külön nevesítetté váltak anyajogukhoz képest. Idetartozik például a szakszervezeti szervezkedés szabadsága. Ezek kapcsán az állami kötelezettség alapvetõen negatív jellegû – el kell tûrnie azok gyakorlását, és csak annyiban tevõleges, hogy védenie kell az adott jogot, illetve esetlegesen hozzá kell járulnia a gyakorlás elõfeltételeinek megteremtéséhez. A gazdasági, szociális és kulturális szabadságjogoknak jogi kikényszerítése nem különbözik alapvetõen a polgári és politikai jogokétól. A másik csoportot azok a – „valódi" – gazdasági, szociális és kulturális jogok jelentik, amelyek esetében az állami magatartás lényege pozitív, és valamilyen szolgáltatás nyújtására való jogosultságot teremt. Fontos azonban, hogy elsõsorban a piaci mechanizmusok elégítik ki a szociális jogok által lefedett szükségleteket. Olyan szolgáltatásokról van szó, amelyek – piacgazdaságban és tipikus esetben – más magánszemélytõl is beszerezhetõk lennének, ha a jogosultnak megfelelõ anyagi eszközök állnának rendelkezésre. A hiánygazdaság, tehát megfelelõ piaci kínálat nemléte esetében, az adott szolgáltatás csupán az államtól remélhetõ. Megfelelõ kínálati piac esetén az állami materiális szolgáltatás átfordítható pénzbelivé, így a jogosított maga vásárolhatja meg a versengõ szolgáltatók egyi-

kénél, amire szüksége van. Ugyanakkor még egy piacgazdaságban is elõfordulhat, hogy az igényelt szolgáltatás nem vásárolható meg, mert ritka, nagyon költséges vagy helyben nem hozzáférhetõ. Ilyenkor nem marad más, mint a szolgáltatás materiális kielégítése.

A gazdasági, szociális és kulturális jogok alapján elvárható állami szolgáltatás viszonylagos természetû, a kormányzatnak a rendelkezésére álló erõforrásoknak megfelelõen kell azt nyújtania. Tényleges tartalmukat alacsonyabb szintû jogszabályok útján a törvényhozás és a kormány szabja meg, amelyek lehetõséget teremtenek bíróság elõtti egyéni jogérvényesítésre. Minden gazdasági, szociális vagy kulturális szolgáltatási jog esetében léteznek tehát olyan, a jog érdemének érvényesülését elõsegítõ, szatellita jogosítványok, amelyek segítik az anyajog megvalósulásának minél magasabb szintjét, és egyfajta megvalósítható állapot megteremtését írják elõ. Így például a munkához való jog érvényesülését segíti a mindenki számára hozzáférhetõ – nyitva álló – szakoktatáshoz való jog, amelynek megteremtése reális, pontosabban reálisabb elvárás lehet az állammal szemben. Reálisabb, mint a munkához való jogból eredõ ideális (utópikus) állapot, azaz mindenki képzettsége szerinti foglalkoztatásának biztosítása. Azt sem szabad azonban elfelejteni, hogy a szolgáltatási jogok esetében is – noha a dolog lényegét, a szolgáltatást illetõen az állami kötelezettség relatív –, azért vannak olyan járulékos elemek, amelyek esetében megállapítható a kötelezettség abszolút jellege. Ilyen az államnak a védelmi, illetve az eljárási és egyéb jogbiztonsági kérdések esetében fennálló kötelezettsége. A védelmi jogosultság kapcsán érdemes megjegyezni, hogy az nem jelenti az alacsonyabb szintû jogszabályok által elõírt szolgáltatások csökkenthetetlenségét, de azt sem feltétlenül, hogy milyen intézményrendszer útján kell azokat nyújtani. A szociális biztonsághoz való jog esetében tehát a társadalombiztosítási szolgáltatások csökkenthetõek, és az állam kombinálhatja a társadalombiztosító szolgáltatásait az általa támogatott magánbiztosítók ellátásaival. Azt viszont nem teheti meg, hogy a társadalombiztosítást mint intézményt eltörli, illetve nem védi meg annak mindenki számára történõ hozzáférhetõségét. Nem teheti meg tehát azt sem, hogy megszünteti a társadalombiztosítási járulékot, viszont nincs garantált nyugdíj, munkanélküli-segély és így tovább.

A gazdasági, szociális és kulturális szolgáltatási jogokat több szempontból szembeállítják a polgári és politikai jogokkal. Az egyik, már érintett ilyen különbség a belõlük eredõ állami kötelezettség eltérése. Ez az eltérés azonban nem annyira jelentõs, mint amennyire az elsõ pillantásra tûnhet. Ez a helyzet a megkívánt magatartás pozitív illetve negatív jellegét illetõen. George S. Katrougolos mutat rá, hogy Georg Jellinek, amikor különbséget tett a *status negativus* illetve a *status activus* jogok között, nem a politikai, illetve a szociális jogokra gondolt. Jellinek az aktív állami kötelezettséget keletkeztetõnek tekintette az igazgatási jogot, így például bizonyítvány kiállítása esetében. Sõt, ide sorolta a bírósághoz fordulás jogát, tehát egy klaszszikus elsõ generációs jogot is. (Katrougolos, 1996, 141–142.). A polgári és politikai jogok esetében is egyre fontosabb az állam pozitív cselekvése, például az élethez való jog, a méltányos bírói eljáráshoz való jog, a véleménynyilvánítás szabadsága vagy a választójog esetén, elsõsorban szervezési értelemben. Gondoljunk csak a választások lebonyolítására. Az Emberi Jogok Európai Bírósága a *Marckx*-esetben a magán- és a családi élethez való jog (Marckx, 1979), míg a *McCann és mások* esetben az élethez való jog kapcsán hangsúlyozta ezt (McCann, 1995). Noha az állam általában széles cselekvési szabadságot élvez a szociális jogok garantálása területén, bizonyos esetekben pontosan meghatáro-

zott magatartást kell tanúsítania, így például az egészséghez való jog érdekében általános ellátórendszert, járványügyi szolgálatot, csecsemõ- és nõvédelmi rendszert kell fenntartania. A gazdasági, szociális és kulturális jogok ellenõrzését végzõ ENSZ-testület általában az emberi jogok, így azok második generációja esetében is, három eltérõ állami kötelezettséget lát. Ezek: az egyén gazdasági erõforrásainak a tiszteletben tartása, amelyek segítségével kielégítheti szükségleteit, az egyén gazdasági, szociális és kulturális cselekvési szabadságának védelme továbbá a teljesítés, amely az ilyen igények kielégítésének elõsegítését, illetve az errõl való gondoskodást jelenti. (Committee, 1999).

A harmadik idetartozó probléma az állami kötelezettség abszolút illetve relatív jellege. A polgári és politikai jogok egy része még kivételes helyzetben sem korlátozható – a többi azonban a demokratikus társadalom klauzulájának megfelelõen, garanciák mellett, igen –, tehát viszonylagos jellegû. Igaz, hogy ez a korlátozhatóság nem a rendelkezésre álló anyagi erõforrások miatt áll fenn, hanem más emberi jogok és jogilag méltányolható érdekek miatt, és fölötte bírói ellenõrzés gyakorolható. A gazdasági, szociális és kulturális jogokból eredõ állami kötelezettség viszonylagos, a rendelkezésre álló erõforrásokhoz mért. Jellege egyébként rámutat arra a polgári és politikai jogok kapcsán gyakran, éppen az állam látszólag abszolút kötelezettsége által elfedett tényre, hogy az emberi jogok érvényesülése nem csupán az egyén és az állam közötti absztrakt jogviszony tartalmától függ, hanem azon kívüli kollektív erõktõl is. Ezeket a kollektív erõket nem csupán az emberi jogok garantálására rendelkezésre álló anyagi eszközök jelentik, hanem *a társadalom széles értelemben felfogott mûködése* is. Ennek a hatásnak az érzékeltetésére érdemes idézni az emberi jogok tekintetében egyébként szkeptikus Edmund Burke-t. „E metafizikai jogok úgy lépnek a közéletbe, akár a sûrû közegbe hatoló fénysugarak, s a természet törvényeinek megfelelõen letérülnek egyenes pályájukról. Az emberi szenvedélyek és érdekek súlyos és bonyolult szövevényében ezek az eredeti jogok valóban olyan töréseken és tükrözõdéseken mennek keresztül, hogy nevetséges úgy beszélni róluk, mintha továbbra is egyszerûen, eredeti irányukba tartanának." (Burke, 1990, 149.) Következésképpen, – végsõ soron – mind a polgári és politikai, mind a gazdasági, szociális és kulturális jogok viszonylagos jogi természetûek. A közös relatív természet az emberi jogokra vonatkozó nemzetközi szabályozásban azt kifejezõ és párhuzamba állítható fogalmakban fejezõdik ki. Az Emberi Jogok Európai Bírósága által a tagállamoknak hagyott értékelési zóna, amely a nemzeti sajátosságok érvényesülését szolgálja egy védett jog kapcsán, összehasonlítható a szociális jogokat tartalmazó nemzetközi egyezményekbõl eredõ végrehajtási kötelezettség gazdasági erõforrásoktól függõ jellegével, hisz mindkettõ egyfajta toleranciát fejez ki az állammal szemben.

További eltérés az állami kötelezettség közvetlen jellege a polgári és politikai jogok esetében, míg fokozatossága a gazdasági, szociális és kulturális jogok esetében. Szembeállítható tehát az idõbeli dimenzió is. A polgári és politikai jogok biztosítása azonnali állami feladat, míg a gazdasági, szociális és kulturális szolgáltatási jogokat fokozatosan kell megvalósítani. A polgári és politikai jogok tekintetében fennálló közvetlenség a gyakorlatban késedelmet szenvedhet, gondoljunk csak az Alkotmánybíróság által hagyott türelmi idõ sokszoros parlamenti túllépésére, vagy arra, hogy az európai államok egy része megvárja, amíg az Emberi Jogok Európai Bírósága egy panasz nyomán elmarasztalja ahelyett, hogy hozzáigazította volna jogrendszerét az azt megalapozó korábbi döntéshez. A gazdasági, szociális és kulturális jogok fokozatos megvalósítása nem jelent

passzivitást, az e tárgyban született ENSZ-egyezségokmány végrehajtását ellenõrzõ bizottság álláspontja szerint közvetlen cselekvést követel. „Noha az idevonatkozó jogok teljes megvalósítását fokozatosan lehet elérni, a cél érdekében szükséges lépéseket az egyezségokmánynak az adott állam tekintetében történt hatálybalépését követõ ésszerû idõn belül meg kell tenni." (General, 1991).

Az elõzõkbõl következik a jogi úton történõ kikényszeríthetõség problémája. A szolgáltatási jogból eredõ ideális állapot megteremtésének elmulasztása – jogi úton – nem kérhetõ számon. Ami lehetséges, azoknak a tartalmi elemeknek – konkrét állami kötelezettségeknek – a peresítése, amelyeket alacsonyabb rendû jogszabályok mondanak ki. A gazdasági, szociális és kulturális jogok jogi kikényszeríthetõsége tehát a támogató normáktól függ. Az ilyen normáknak azonban nagy jelentõségük van a polgári és politikai jogok esetében is. Amint Sári János rámutat, még a klasszikus alapjogok is feltételezik, legalábbis a kontinentális hagyományú jogrendszerek esetében, részletesebb kibontásukat. (Sári, 1995, 5. old.) Igaz, hogy ez nem változtat azon, hogy a polgári és politikai jogok esetében a bíróság adott esetben a kibontó szabályok segítségével, de az anyajog megsértését érdemében reparálja, míg a gazdasági, szociális és kulturális jogok kapcsán ez a tevékenysége csupán egy részjogra terjed ki. Lehetséges a közvetett bírói védelem is, amikor a bíróság egy polgári és politikai jog – így a méltányos bírói eljáráshoz való jog – segítségével védi egy szolgáltatási jog egyes elemeit. Ehhez hasonló tulajdonképpen a közvetett védelem másik fajtája, ha az Alkotmánybíróság intézményvédelmet és a jogbiztonság érvényesülését garantálja.

Az elõbbiek fényében a következõ szembeállítás, az, hogy a polgári és politikai jogok valódi emberi jogok, míg a gazdasági, szociális és kulturális jogok nem azok, hanem állam-célok. Maurice Cranston szerint a gazdasági, szociális és kulturális jogok emberi jogként kezelése ez utóbbiakról szóló vitát az utópikus vágyak homályos világába kényszeríti. (Cranston, 1973, 68. old.) Felvetõdik tehát a kérdés, hogy milyen feltételek – minõségi követelmények – megvalósulása esetén beszélhetünk emberi jogokról. Ha az *alany* (a jogosított) egyértelmûen azonosítható. Így például „mindenki" vagy a hátrányos helyzetû egyén (ez utóbbi és ehhez hasonló alany esetében szükséges a pontos definíció). Ha a *kötelezett* (az állam) egyértelmûen azonosítható és *valóban kötelezett.* Valódi kötelezettség alkotmányban, törvényben, az állam tekintetében hatályos nemzetközi szerzõdésben jelenik meg. Ha a kötelezettség *tartalma* magából egy jogforrásból vagy értelmezésébõl (például az Emberi Jogok Európai Bírósága ítéletébõl) egyértelmûen megállapítható. Ha a kötelezettség tartalma *bírói úton* kikényszeríthetõ, illetve *olyan mértékig,* ameddig a kötelezettség tartalma bírói úton kikényszeríthetõ. Ha az egyéni jog mögött definiálható jogterület található. A vázolt feltételek tekintetében a gazdasági, szociális és kulturális jogok csupán a bírói kikényszeríthetõséget illetõen okoznak problémát. Bírói kikényszerítésük csupán részben lehetséges, egyes részjogok tekintetében alacsonyabb szintû jogszabályok illetve egyes polgári és politikai jogok segítségével, az intézményvédelem és a jogbiztonság tekintetében. Következésképpen a gazdasági, szociális és kulturális jogok természete kettõs. Részben valódi jogok, illetve a szolgáltatás optimális megvalósulását illetõen államcélok. Az, hogy részben államcélnak tekinthetõk, nem jelenti azt, hogy ebben a vonatkozásban ne lennének megsérthetõk, a demokratikus politikai folyamat mellett a nemzetközi felülvizsgálat ennek a – jogilag nem kötelezõ – megállapítását végzi el. A szociális jogok mint államcélok legfontosabb megsértését az anyagi erõforrások indokolatlan

elvonása, illetve elfecsérlése jelenti. Az elsõ magatartásra a legjobb példa az ésszerûtlen mérvû fegyverkezés, továbbá az állam gazdasági teljesítõképességéhez mérten, folyamatosan aránytalanul szerény mértékû költségvetési elõirányzat a *vállalt* szociális jogi kötelezettségek megvalósítását illetõen, a másodikra a korrupció.

Különbségek állnak fenn a különbözõ jogok védelmének költségeit illetõen. Egyes megállapítások szerint a polgári és politikai jogok nem jelentenek súlyos anyagi terhet a közösség számára, míg a gazdasági, szociális és kulturális jogok biztosítása drága, és komoly mértékû állami újraelosztást kényszerít ki. A polgári és politikai jogok védelme valójában nem olcsó, az államnak fenn kell tartania a széleskörû jogállami intézményrendszert. A széles értelemben felfogott jogorvoslat költséges. Ahogyan Stephen Holmes és Cass R. Sunstein megfogalmazták, minden jog pozitív jog, és a szabadság végsõ soron az adóktól függ. (Holmes – Sunstein, 2000, 260-261.) Az élethez való jog abszolút jellegû, a nemzetközi jog szabályai szerint még kivételes helyzetben sem korlátozható, mégis, tiszteletben tartása a gyakorlatban azon is áll, hogy mennyire vannak az intézkedõ rendõrnek a gyanúsított ártalmatlanná tételére a lõfegyverhasználatot kiváltó eszközei, így például elektromos sokkot okozó kézi készülék. Természetesen, a gazdasági, szociális és kulturális állami szolgáltatások sokkal többe kerülnek, és finanszírozásuk kétségkívül együtt jár az állami újraelosztás és az azt végzõ bürokrácia kiterjedésével. Ha kiindulópontunk a Nietzsche által megfogalmazott tétel, *„so wenig Staat wie möglich”,* amit Milton Friedman így fogalmazott meg: a kormányzat „fõ funkciója kell hogy legyen szabadságunk megvédése a kapuink elõtti külsõ ellenségtõl és polgártársainktól” (Friedman, 1962, 2.), akkor el kell fogadnunk, hogy az állam feladatai a rendvédelemre szûkülnek. Ha többet várunk az államtól, és szükségesnek tartjuk azt is, hogy egyéb szolgáltatásokat is nyújtson a polgárainak, akkor elkerülhetetlen az általa levezényelt újraelosztási folyamat, amelyben a gazdasági, szociális és kulturális jogok az egyik jogcímként szolgálnak. A szociális jogok együtt járnak az állam gondoskodási kötelezettségével. Ennek alapja, mutat rá Niklas Luhmann, egy olyan antropológiai koncepció, amely a középpontba állítja a személyiség saját érdekét annak kiformálásában. Az emberi jogok címzettje így nem csupán a jogában sértett lesz, hanem az is, aki segítségre szorul (Luhmann, 2000, 184.).

Kulcsszavak: *alkotmányjog, emberi jogok, emberi jogok második generációja, emberi jogok nemzetközi védelme, jogelmélet, nemzetközi jog*

IRODALOM

Burke, Edmund (1990): *Töprengések a francia forradalomról.* Atlantisz, Budapest

Committee on Economic, Social and Cultural Rights, General Comment No. 12. (1999), UN doc, E/2000/22.

Cranston, Maurice (1973): *What Are Human Rights?* Broadley Head, London

Friedman, Milton (1962): *Capitalism and Freedom.* Chichago University Press, Chichago

General Comment No.3, UN doc. E/1991/23.

Holmes, Sephen – Sunstein, Cass R. (2000): The Cost of Rights: Why Liberty Depends on Taxes. in Steiner, Henry J. – Alston, Philiph: *International Human Rights in Context. Law, Politics, Morals.* Oxford University Press, Oxford, 2nd ed.

Katrougolos, George S (1996): *Human Rights in the Welfare State. in Jahrbrück des Öffentliches Rechts der Gegenwart.* 96/44.

Luhmann, Niklas (2000): Das Recht der Gesellschaft. in Karácsony András: *Jogfilozófia és társadalomelmélet.* Pallas Stúdió/Attraktor Kft., Budapest

Marckx-eset, 1979. június 13-i ítélet, ECHR, Series A, No 31.

McCann and Others eset, 1995. szeptember 27-i ítélet, ECHR, Series A, No. 324.

Sári János (1995): *A gazdasági, szociális és kulturális jogok alkotmányos alapjai*. Kézirat. MTA Állam- és Jogtudományi Intézete, Budapest

ÚJ ÁLLAMI SZEREPEK A MAGYAR INNOVÁCIÓPOLITIKÁBAN

VÉLEMÉNYEK A KUTATÁSVEZETÕI ELITBEN AZ INNOVÁCIÓS TÖRVÉNY ELÕKÉSZÍTÉSÉRÕL ÉS CSOMÓPONTJAIRÓL

Tamás Pál
igazgató, MTA Szociológiai Kutatóintézet – h8756tam@ella.hu

Az Innovációs Törvény elõkészítéséhez, egy átfogóbb kutatáspolitikai vizsgálatsorozat részeként az OM K+F Helyettes Államtitkárság megbízásából az MTA Szociológiai Kutatóintézet beszélgetéssorozatot szervezett a hazai kutatási menedzsment elitjébõl választott mintával. 2003 márciusában ötvenhárom elõzetesen felkért vezetõ kutatóval, vállalatirányítóval készült hangszalagra rögzített beszélgetés. Az általában egy-másfél órás beszélgetésekhez a kérdéssorokat a felkeresett szakértõk elõre megkapták. Az alábbiakban elsõsorban e találkozók anyagából a törvényelõkészítéshez felhasználható tanulságokat foglaltunk össze.

Az állam és az állami beavatkozás-támogatás képérõl a kutatásvezetõi elitben

Az interjúk tartalmi elemeinek megjelenítése, illetve az azokra építõ törvénytervezetet gazdagító megjegyzéseink elõtt egy általánosabb megfigyelésünkre szeretnénk felhívni a figyelmet. Szinte valamennyi megkérdezett készséggel vett részt a beszélgetéseken, fontosnak tartja a törvény kidolgozását, örült, hogy ezzel kapcsolatban õt is megkérdezik, és részletesen felmondta, mi mindent tehetne az általa belátható területen az állam. Az idõsebbek között, akiknek még a 80-as évekbõl vagy közvetlenül a rendszerváltás idejérõl is voltak kutatáspolitikai emlékeik, még él az erõs, befolyásos, komoly összeg felett rendelkezõ OMFB emléke, és ha rákérdezünk, szívesen reflektáltak errõl. Szükségesnek látják a kutatási szektor jobb politikai képviseletét, miniszteriális érdekérvényesítõ lehetõségeinek növelését. Ebben az értelemben jó hírnek tartják a hivatal induló helyreállítását. Mindezzel együtt azonban az interjúkból kirajzolódó hangulati, saját helyzetüket jellemzõ általános tendenciákat kellene bevezetésképpen jelezni:

a.) Szinte valamennyien végigélték a 90-es évek elsõ felének kutatás-fejlesztési „összeomlását", s megfigyelhették, hogy azt a hazai miniszteriális kutatási bürokráciának (valamennyi szereplõt ideértve) látható erõfeszítései ellenére sem sikerült leállítania. Sok helyütt ez a leépülés-bomlás az ipari kapacitások feloldódásával is párhuzamos volt. Tulajdonképpen a megkérdezettek igen nagy csoportja az ezután is megmaradt K+F szigeteken mûködik. Az új piac – hazai vállalati megrendelések, tanácsadás és EU-projektek – egységét, laboratóriumát életben tartja, de a kutatásvezetõ maga a jelenlegihez képest már drámaian mást nem akar

(esetleg nem igen tudna elképzelni), vagy radikálisan új életben már nem reménykedik. S persze elmondja, elvben mi mindent tehetne az állam, hogy a korábbi helyzetet helyreállítsa, vagy a meglevõ maradékkapacitásokat még használni lehessen, és képes – megragadhatóan inkább általános igazságok és jelszavak szintjén – nemzeti kutatáspolitikáról is beszélni, van véleménye, de igazán, a maga számára komolyan, ha szívére teszi a kezét, az államtól már szinte semmit sem vár. Az nem volt képes megvédeni a 90-es években a K+F rendszert, és többnyire nem volt képes igazán hathatós segítséget nyújtani az életben maradáshoz az új világban, akkor most mi várható tõle? Az ügyesek, erõsek, kapcsolati tõkével rendelkezõk számára az állam mellékszereplõ – fontos részkérdésekben, elvben persze kisegíthet, de hát igazán számítani nem lehet rá, s így nem is nagyon érdemes. Nélküle kell boldogulni, sikeresnek lenni. Áttörésekre már tizenöt éve nem képes, hát akkor miért lenne éppen most másként? Ráadásul – részterületeket, mint a mezõgazdaságot vagy a környezetvédelmet leszámítva – vezetõ politikusok, kormánytisztviselõk szájából egészében és általában nem is hallja, hogy az állam a mûszaki politikában végre valamilyen nagyot és szépet akarna. Ellenkezõleg, inkább arról van szó, hogy megint nincs pénz, hogy az egyébként tervezett átfogó reformok egy részét idõben el kell tolni. Hát akkor miért higgye, hogy a megszületõ törvény vagy a hivatal itt fordulatot jelentene? Mindez, persze, inkább valamilyen jóindulatú, rokonszenvezõ közömbösségként, s nem ellenségességként vagy idegenkedésként észlelhetõ.

b.) Ha fordulatot nem is várnak, létezõ parciális szabályzások, a kutatás logikájától idegen pénzhozzáférési formák „domesztikálását", „humanizálását" azonban feltétlenül igen. Ebbõl következõen – s ez az új hivatal számára tulajdonképpen könnyebbség –, ha ezt teljesíteni tudja, már ezzel a minimumprogrammal is sikeresnek minõsülhet. S tulajdonképpen ez vonatkozik a törvényre is. Az ezen felüli teljesítmény, a kutatóközösség ezt meghaladó szolgálata már pluszajándéknak fog minõsülni.

c.) A megkérdezettek a hazai innovációs szektor sikeresebb szektoraiból, intézményeibõl kerülnek ki. A részletesebb beszélgetésekbõl is majdnem mindenütt elõbukkannak konkrét közös projektek, jól kiépített, szolid kapcsolódás európai hálózatokhoz, egy, a hazai viszonyok között egyáltalán nem provinciális stabilitás. Érezhetõ egyfajta magabiztosság is. Olyan, amelynek nincs szüksége a hazai kutatáspolitika elmúlt évtizedének két retorikai alapfogására. A beszélgetõpartnerek nem ismételgették a 90-es évek két alapszlogenjét. Nem volt szó arról, hogy a „kis támogatás ellenére is nemzetközi csillagok vagyunk", és majdnem senki sem emlegette a „régióból mi érünk a nyugatiak szerint a legtöbbet" harci jelszót sem. Reális képük van az EU-programoktól, de itt sem várnak fordulatot. Egyáltalán, leginkább úgy érzik, a hazai kutatás és az õ intézményük is ezen belül a helyén van. Ettõl az innovációs rendszertõl a jelenlegi ipar tulajdonképpen – a 80-as évekhez képest – keveset vár, de ezeknek a várakozásoknak a kutatás jelenlegi rendje már meg tud felelni. S aligha várható valamilyen radikális ipari szerkezetváltás, amely hirtelen másmilyen teret tudna teremteni a K+F rendszer körül. A helyzet legfeljebb lassan javulhat. Egyes személyek, kutatócsoportok helye ezen belül, persze, akár gyorsan és pozitívan változhat a nemzetközi kutatási rendszer forrásait használva, az ország egészének K+F potenciáját illetõen drámai helyzeti elmozdulás a jelenlegi vonalakról azonban valahogy nem is jön a beszélgetésekben szóba (bár igyekeztünk rákérdezni).

d.) Ez a kétségtelen defetizmus, amely nem a kiütöttek, hanem a szorgos aprómunkával életben maradottak (de közben azért

halálosan elfáradtak) világképe, talán a beszélgetéssorozat legfontosabb szociológiai tanulsága. Ezek az emberek tudják, mi az õ helyük ebben az új világban. S mert az viszonylag nem is olyan rossz, s mert e pozíciók megtartásához is nagyon sok napi munka, erõfeszítés kell, úgy érzik, tulajdonképpen a helyükön vannak. Itt a szûk mintába nem kerültek be a pillanatnyilag is külföldön dolgozó, a rendszerbe így vagy úgy ott beépülõ hazai kutatók, és nem jelentek meg az ifjú titánok sem (õk most egyébként is magukat építik, s a magyar K+F egészével mint rendszerrel – érthetõen – mintha egyébként is keveset törõdnének). A K+F intézményvezetõi elitben e csoportok egyébként is igen-igen alacsony számban vannak jelen. A kutatás további fázisaiban – majd nagyobb felvételeket (készül egy ezerfõs aktív vezetõ kutató felvétel és egy doktorandusz-kérdõív is) követõen számok is megjelennek. De ebben az elit csoportban a jelzett hangulat most így is meghatározónak tûnik. Azoknak, akik szervezeti változásokat terveznek, ezzel az új realizmussal feltétlenül számolniuk kell.

Az állami beavatkozás célja és színterei

Az újabb megközelítések el- és felismerték, hogy a K+F egy olyan profitmotivált beruházási tevékenység, amely feltételezi, hogy az innováció üteme és iránya relatív árváltozásokra reagál. Miután számos esetben a társadalompolitika célja a különbözõ káros hatások közömbösítésében, vagyis megnehezítésében, tehát esetenkénti viszonylagos megdrágításában ragadható meg, technológiai szempontból érdemes itt „indukált innovációról" beszélni. A kifejezést elõször John Hicks (1932) használja. Hipotézise szerint valamilyen egyre drágábbá váló termelési tényezõ kiváltásának programja szüli magát az innovációt. A kutatási folyamatot e gazdasági programhoz csak a késõbbi irodalom kapcsolja (összefoglalását lásd Binswanger – Ruttan, 1978-nál). Jelen összefoglalónk szempontjából szinte mindegy, ahogy az indukált innovációt vállalati, mikrogazdasági környezetben új beruházásokkal modellezik. Ami lényegesebb, hogy a vállalati innovációnak itt jellemzett típusai társadalmilag is közvetlenül hasznosulnak (környezetminõséget javítanak, élelmezési gondokat oldanak meg, tájakat tartanak fenn, közegészségi anomáliákat oldanak fel, periferikus csoportok tanulási problémait segítenek megoldani, stb.). Egyre több területen erõsödik a kapcsolat e célok megvalósításához rendelhetõ költségek és a kapcsolódó technológiai területek szabadalmi tevékenységének növekedése között. Egyes területeken (pl. a környezetvédelemben) e kapcsolat erõsebb, másokon, mint az oktatási technológiákban e kapcsolat egyelõre gyengébb. A gazdaságban az ilyen analógiák elsõsorban a hatékonyság növekedésében jelentkeznek, de itt is világos, hogy a hosszabb távú hatások jelentõsebbek, mint ahogyan arról a napi innovációs irányítás kapcsán beszélni szoktunk. Következésképpen a szûkebb gazdasági haszontermeléstõl független, a szélesebb társadalmi hatások és a hosszabb távú, az egész gazdaság szerkezetét érintõ technológiai újdonságok támogatása leginkább az államra marad.

Másik oldalról – az innováció újabb evolúciós elméleteibõl azt is tudjuk, hogy az általunk megfigyelt területeken meglehetõsen gyakoriak a piaci hibák, és hogy ezek esetleges csekélyebb száma növeli a társadalmilag hatékonyabb megoldások jelenlétének valószínûségét. A K+F profitközpontú felfogásából itt a bizonytalansági probléma kerül a középpontba. Richard Nelson és Sidney Winter (1982) klasszikus munkájában a K+F folyamat alternatív modelljének felépítéséhez használta Herbert Simon gondolatát arról, hogy a „kötötten racionálisan" gondolkodó vállalat inkább „kielégítõen", mintsem optimálisan viselkedik. Ebben az „evolúciós" modellben a vállalatok külön-

bözõ rutinokat és tapasztalati szabályokat használnak K+F vagy új technológiákkal összefüggõ döntéseiknél. Mert a vállalatok itt nem optimizálnak, az evolúciós modell logikai következményeként nem feltételezhetõ, hogy egy új külsõ körülmény – mondjuk egy új környezeti szabályzás – a hasznot kikerülhetetlenül csökkentse. Elvben legalábbis lehetséges, hogy a vállalat képes arra, hogy stratégiáját módosítva hatékonyságát növelje. Így elõállhatnak azok a „nyerõ-nyerõ" helyzetek, amelyekben a társadalom és a vállalat is jól jár. Ezek elõállításához azonban a mi szervezeti és mûszaki kultúránkban általában állami beavatkozás is kell – természetesen a szabályozás alakításánál, de a vállalati tanulás befolyásolásánál is. Az optimáló vállalat helyett a „kielégítõ" megoldásokat keresõ vállalat fogalmának elõtérbe állításával megnõ mind a vállalat, mind a szabályozás elvi mozgástere. Egyes helyzetekben külsõ sokkhatások generálásával, máskor más sokkok lefojtásával (ráadásul egyre nagyobb mértékben az elõbbiek és utóbbiak egyaránt külsõ, integrációs szervezeti tagságokból következnek, és az állami akarattól függetlenek) a technológiapolitika fontos újabb terei nyílnak meg. Mind az indukált innovációs hipotézisbõl, mind a „nyerõ-nyerõ" helyzetek kezelésével kapcsolatban az állami feladatok adottak és normatívan is jól megfogalmazhatóak. A kínálkozó eszközök, például az adók, támogatások, engedélyek, puha normák és szabályok hatásai, sõt feltételezett hatásfoka egyes típushelyzetekre az irodalomból jól azonosítható.

Kiemelt állami felelõsségvállalási területek

A prioritásokról ebben az értelemben kétféleképpen is lehet beszélni. Hagyományos értelemben ez témalistákat jelentene, amelyekre az állami akarat a figyelmet összpontosítja és a kutatóközösség figyelmét kedvezményezettként ráirányítja. Tudjuk, hogy az állami igazgatásnak hagyományosan a hozzánk hasonló gazdaságokban és politikai rendszerekben a legritkább esetekben vannak saját, az egyes társadalmi szférákból érkezõ nagy kutatási megrendelései. Prioritásokat, tematikai súlypontokat persze az ilyen rendszerek is megfogalmaznak. Ezek forrásai vagy a nemzetközi minták (például most „mindenkinek" élettudományi prioritásai vannak a mintaadó külföldön, ezért nekünk is azok lesznek), vagy a kutatáspolitikához közeli tanácsadói csoportok természetes lobbyérdekeit tükrözik. A megkérdezettek egyrészt meglehetõsen idegenkednének olyan új állami alapoktól, amelyek elosztásánál nem léteznek már elõre kijelölt nagy felhasználási célok (itt nem tematikus listákra, hanem nagy felhasználási csomópontokra gondolnak). Végül is ezeket az alapokat nagyobbrészt vállalati befizetések töltenék fel. Így érthetõ, hogy a versenyszféra valamilyen képpel mégiscsak rendelkezni szeretne arról, milyen célokra gyûjti be és osztja el majd az állam az õ pénzét. Ugyanakkor a megkérdezettek nagy többsége láthatóan mégiscsak idegenkedne attól, hogy a prioritások meghatározásánál a fent jelzett hagyományos megközelítéseket alkalmazzák. Elképzeléseik a lehetséges prioritáskijelölési módokról meglehetõsen pragmatikusak és két nagy csoportba oszthatók:

a.) Az EU kutatáspolitikai és más programjai mégiscsak kijelölnek valamilyen irányokat. Ezeket nekünk is el lehetne fogadnunk kiindulópontként. Persze, ezen túl, vagy inkább ezek elérésénél a magyar vállalatoknak vannak különleges nehézségei vagy megoldandó feladatai. Ezek megoldását képezhetnék a „nemzeti prioritások". Végül is az EU-belépéssel a magyar vállalatok felzárkóztatási programja nem fejezõdött be, és ennek specifikus súlypontjai automatikusan nem vezethetõk le a nagy EU programokból.

b.) Az átmenet befejezõdésével egy újabb idõszakra kialakult a hazai K+F szerkezete. Egyes kapacitások megmaradtak és

továbbfejlõdtek, mások eltûntek. A lábon maradásban bizonyára minõségi kritériumok is szerepet játszottak, de szinte mindenki elismeri, hogy ezek mellett privatizációs stratégiák, kommunikációs készségek, meglévõ vagy kiépített nemzetközi kapcsolatok, politikai döntések és nem kevésszer egyszerûen a szerencse is szerepet játszott. Senki sem hisz – visszamenõleg sem – az egyszerû tudománypolitikai darwinizmusban, mely szerint egyszerûen elpusztultak a rosszak és életben maradtak a jók. De szinte mindenki egyetért abban, hogy a szelekciós szakasz lezárult. Nem gondolja, hogy – néhány kivételtõl eltekintve – valamilyen nagy intézményépítési vagy rekonstrukciós szakasz kezdõdne. Következésképpen, bármenynyire is töredékes (és talán esetleges is) tematikailag vagy akár részdiszciplínáit is tekintve a megmaradt életképes kapacitás, egyszerûen most már ezt kell támogatni vagy helyzetbe hozni. Elég világosan lehet látni, hol vannak ennek (mégis, mindennek ellenére?) legéletképesebb, leginkább produkáló részei. Tudjuk, hogy ezek szerkezetében sok az esetlegesség, hiszen a nagy hagyományú, több nemzedéken átívelõ kutatási iskolák mellett sokszor a teljesítmények mögött csak egy-egy jeles kutatót találunk. De mégis õk jelentik a realitást. A nemzeti prioritásoknak egyszerûen rájuk szabva kellene mûködniük, õket kellene támogatniuk.

E két megoldás életszerûségét elismerve azonban az innovációs törvény valószínûleg nem kerülhet ki egy harmadik prioritáskijelölõ gondolati sémát sem.

A gazdaságszerkezetben vagy a társadalom mûködésében vannak olyan helyzetek, amelyekben fontos játékosok cselekedetei kényszerûen költségeket generálnak más aktorok számára (egyszerûbben olyan károkat okoznak, amelyek felszámolása jelentõs költségekkel jár). Hagyományosan ilyenek a környezeti szennyezések kezelésének költségei, de számos más hasonló logika szerint mûködõ példát is találnánk. Ezek egy része új technológia fejlesztésével, adaptációjával kezelhetõ, talán meg is oldható. A cél mások (az állam és az egyes társadalmi aktorok) szociális kárkezelõ költségeinek csökkentese új technológia beállításával. Tehát a negatív externalitások kezelésével kapcsolatos technológiai feladatok kezelése minden bizonnyal állami prioritás marad. Az új technológia fejlesztése önmagában mások számára elõnyöket jelent, pozitív externalitásokat generál. Az ilyen tiszta esetekben, az innovációs haszon egyértelmû jelentkezésénél – az elõzõ esettõl eltérõen – az állami szerepvállalásra vonatkozó semmiféle automatizmus sem létezik. Az itt támogatandó tanulási folyamatok egy része mások ilyen adaptációs folyamatokkal kapcsolatos tapasztalatainak terjesztésébõl áll majd (itt olyan pozitív externalitásokról van szó, amelyeket az állami politika kezelni tud). Egyáltalán, a törvényben külön rész foglalkozhatna a tanulás (vállalati és más szervezeti tanulás) problémáival. A jelenlegi K+F aktorok zöme láthatóan nem igazán érdekelt – saját egofejlesztési ambíción túl – eredményeinek terjesztésében. Az elnyert grantoknak, persze, legtöbbször – az EU-ban mindig – van „tudásterjesztési kötelezettségük". A témazáráshoz szükséges teljesítést azonban nem túl bonyolult produkálni. Ez fél szemmel is megy, s különben is a kutató már a következõ projekten, illetõleg témabeadáson dolgozik. A témák az igazán sikeres teamekben torlódnak, publikálni is csak annak egy kis, a további grantokhoz elengedhetetlen részét publikálják (és mintha már az akadémiai intézetekben sem telne többre), és rohannak tovább. Az állami innovációs politikának itt szükségszerûen magára kell vállalnia a disztribúciót (vagyis inkább annak tudományon kívüli, gyakorlatra orientált részét). Persze, a kutató nélkül nem megy. De ha ráhagynák a projektre, az ott termelt tudás legtöbbször egyszerûen nem jutna el a gazdasági akto-

rokhoz. Ez gyakran még olyan esetekre is érvényes, ahol egyébként szabadalmi mechanizmusok komoly jövedelemhez juttathatnák a kutatókat.

Alapok, formák,ellenõrzés

A törvénytervezet egyik alapötletét – az új központi alapok létrehozását – a beszélgetések több oldalról is érintették. Egyértelmû, kemény elutasítással nem találkoztunk, különbözõ részproblémákat aláhúzó kitételekkel, szkepszissel azonban igen sokféle formában. Néhányat, amelyek mögötti racionalitás könnyen belátható vagy védhetõ, külön is felsorolunk:

a.) Mindenekelõtt a versenyszféra meglehetõsen szkeptikus olyan állami programokkal szemben, amelyek alapjait meghatározó módon az õ forrásaiból szeretnének feltölteni, de amelynek elosztásában a forrásnak az állami akarattal vagy az általa gerjesztett intézményesített bölcsességgel szemben már feltehetõen kevés szava lesz. Ha a befizetések mellé a Kincstár is letesz egy komolyabb összeget, akkor az alap is másmilyen fényben jelenik meg az ipari közvélemény elõtt. Hiszen akkor látható (lenne) egy olyan valóban közös felelõsségvállalás szándéka, amely talán a versenyszféra hangulatára is komolyabban kihatna.

b.) Azok – elsõsorban a kutatási szférából –, akik az alapot határozottabban támogatnák, ahhoz már az elsõ pillanattól átlátható prioritásokat, esetleg nagy fejlesztési programokat rendelnének. Így egyrészt az alap eladhatósága is javulna, és megnyugtatóbban megfogalmazható lenne annak programszerû tartalma. Néhányan itt pozitívan említik az értelmezésük szerint megszakadt vagy félbemaradt NKFP-t, és elsõsorban annak folytatását tartanák kívánatosnak (nem ismerjük az ezt említõk szakmai vagy pártpolitikai megfontolásait, illetve közvetlen érintettségét).

c.) A részletek iránt is érzékeny beszélgetõpartnerek elsõsorban az alaptól, de egyáltalán az állami támogatásoktól az éves ciklust meghaladó kiszámíthatóságot, az ideiglenes likviditási gondok megoldását és különbözõ kisegítõ funkciókat várnának.

d.) A hazai, nagy volumenû finanszírozás nem állítódik szembe az EU-pályázatokkal, de kitapintható, hogy annak hiányát azért az elérhetõ EU-források mérsékelik. Azonban mégis, mintha úgy tûnne, hogy a nagy volumenû – s nem egyszerûen kisegítõ vagy infrastruktúra-fejlesztõ – programok, ha a játékszabályokban az ilyesmi nincs külön kikötve – szinte kikerülhetetlenül egyszerûen, „családon belül megszerezhetõ" alternatívájává válnak a bürokratikusabb s nehezebben elérhetõ EU-forrásoknak. Mindenképpen elkerülendõ lenne egy olyan helyzet, amelyben a hazai kutatáspolitikával szívélyes kapcsolatban levõk vagy a diszciplináris elit kényelmesen lekötné e források nagy részét (s közben kvalifikációja is romlana), miközben mások innen kizárva lényegében kizárólag nemzetközi források használatára kényszerülnének.

Kutatási költségek, érdekérvényesítés

A 90-es évek egyetemi reformjai újrafogalmazták az oktatási filozófiákat és a szûkebben az oktatásra vonatkozó *policyket,* de lényegében érintetlenül hagyták a kutatásra vonatkozó szabályzást és intézményrendszert. Ebbõl következõen az évtizedben folyamatosan jelen vannak, sõt az évtized végére növekednek a feszültségek az egyre inkább tömegoktató reformegyetem és az egyetemi kutatás között. A kutatás feltételeit ráadásul általában külsõ források biztosítják, az egyetem ezekhez általában saját forrásaiból csak igen keveset képes hozzátenni. Az oktatási felelõsségbõl és az erre a célra akkumulálódó forrásokból viszont az oktatási oldalon mégiscsak létrejönnek belsõ programok. Ezt a *policy* szerkezeti aránytalanságot azután a programalkotási ambíciók leképezik. Míg az oktatási oldalon egyetemvezeté-

sek és miniszteriális bürokraták szinte folyamatos programformálással töltötték az évtizedet, a másik oldalon mindössze a saját oktató-kutató állomány pályázóképességének javítására lehetett ugyanezekben az években legfeljebb gondolni. Átfogó programokat, hatékony intézményépítést pedig ezen „aprómunka" mögé értelemszerûen nem lehetett rendelni. Az oktatás és a kutatás közötti kapcsolat pedig a mai irányítási gyakorlatban leképzettnél pedig bizonyítottan szorosabb.

A nemzetközi minták nyomán minden bizonnyal szükséges lenne az egyetemek tudományos teljesítményének valamilyen nyilvánvalóbb elismerése *output* indikátorként. Ez történhet egyetemeket összemérve és karonként, esetleg szakonként. Itt két alapindikátorra gondolhatunk – az egy kutatóra-oktatóra jutó elnyert kutatási támogatásra (hazai és nemzetközi), illetõleg a doktoranduszkibocsátás volumenére. Különbözõ kombinációkban ezt használják külföldi rendszerekben is.

Tudjuk, hogy az egyetemi világban viharokat válthat ki, de mégis középtávon kikerülhetetlen az egyetemek tudományos teljesítményének valamilyen *cluster*ekbe sorolása – nyilvánosan. Talán meg lehetne próbálkozni az amerikai kutatóegyetemi besorolások átemelésével – természetesen a konkrét besorolásokat hozzánk igazítva. Ha ebben most érzékenységre hivatkozva nem is lépünk, az EU a következõ években úgyis megteszi majd – anélkül, hogy bennünket errõl különösebben kérdezne. Például, egy 1994-es osztályozási sémában a Carnegie Alapítvány a PhD odaítélésére jogosult intézményeket négy osztályba sorolta: *Research I, Research II, Doctoral I, Doctoral II.* Az egyes osztályba sorolás nagymértékben a „behozott" kutatási forrásokbéli különbségekbõl következik. Az osztályozás – ott végül is igen jól mozgósított. Azóta újabb mérés is volt, és az intézmények határozottan megkíséreltek korábbi pozícióikhoz képest elõrébb kerülni. Más, hasonlóképpen népszerû osztályozások – így a Carnegie egy másik 2000-es felvétele – az aktuálisan kibocsátott doktorátusok száma alapján osztályoznak. A doktoranduszok száma egyelõre egyetemekre és karokra lebontva nálunk még kevés a finom bontáshoz. De a létszámoknak itt amúgy is növekedniük kell, ha csak minimálisan is igyekszünk a nemzetközi trendekkel lépést tartani. S elõbb vagy utóbb elérjük azt a küszöböt, amikor már a doktori programokon belüli finomstatisztikának is lesz értelme.

Tudjuk, hogy a doktori képzés más törvény „fennhatósága" alá esik, de az innovációs törvénynek is érintenie kellene azokat a kutatási körülményeket, amelyek a sikeres doktoranduszképzést összekapcsolják a kutatással. Itt csak néhány ilyen lehetõséget említünk: 1. A nagy tömegû doktorandusz jelenlétéhez – valamilyen küszöbérték felett – a kutatáspolitika hozzárendelhet emelt szintû kutatási infrastruktúra-támogatást. Ily módon támogatja egyfelõl a létszámok egyébként is szükségszerû emelését, másfelõl jelzi, hasznosnak tartja a koncentrációt. 2. Külön doktorandusz utaztatási alapot hoz létre. Nemzetközi konferenciákra elfogadott elõadásokkal csak doktoranduszok pályázhatnának ide (utaznak a projektpénzekbõl is, de az nem elég). 3. Doktoranduszok jövõbeli oktatási tevékenységének intellektuális megalapozására egy kis külön alaphoz vagy programhoz pályázhatnának, amely, csak számukra, tantervfejlesztéshez, tananyagíráshoz, olvasókönyvek szerkesztéséhez, fordításához biztosítana forrásokat.

Igen fontosnak tûnik, hogy a kutatási és oktatási paraméterek ismét integráltassanak. Egyébként a mintaadó amerikai egyetemeken ott nõ leggyorsabban a kutatási bevétel, ahol a hallgató/oktató arány is a leggyorsabban emelkedik – s ez különösen igaz a magánegyetemekre (Ehrenberg, 2003, 13).

A növekvõ doktoranduszlétszámok jobban bevonhatóak az oktatásba, s végül is „normális oktatókat" váltanak ki a kutatás számára. Ott, tekintettel a tandíjakra, nemhogy a doktoranduszok, de a „klasszikus" *undergraduate* hallgatók is részt vesznek – indirekt módon – a kutatás finanszírozásában. Úgy látszik, a hazai oktatói-kutatói kör számára meghatározó „elitegyetem-tömegegyetem" szembenállás dinamikus helyzetekben feloldható vagy legalábbis együtt kezelhetõ. Egyébként amerikai adatokból tudjuk, hogy a kutatási siker oktatási elismertségben is lecsapódik (ott ezt könnyû mérni, mert piacérzékeny tandíj is létezik). De azt hisszük, ezt azért nálunk is még lehet majd fogni.

Indirektköltség-elismerés

Az infrastruktúra építésének és fenntartásának költségeit mindenütt, s más források híján nálunk különösen az intézményi *overhead*-ek fedezték meghatározó módon. De látszik egy új mozgás: az intézményi részesedés elismerésének visszafogása a források elosztásánál. Ez is az USA-ban kezdõdött, s félõ, hogy mint minden más – jó és kevésbé jó – kutatáspolitikai trend, ez is átvándorol majd Európába. A 90-es évek elején – egy széles körben publikált eset kapcsán – a Stanford Egyetemtõl visszavettek projekthez kapcsolódó intézményfenntartási állami forrásokat. Ebbõl trend generálódott, és az a 90-es években is folytatódott. 1997-ben 1983-hoz képest – a grantösszegek szinte folyamatos emelkedése mellett 8,3 %-kal kevesebb összeg folyt be az amerikai magánegyetemekre adminisztratív költségekre és az infrastruktúrába.

Ha e modell megjelenik Európában, akkor egyre nagyobb mértékben a sikeres pályázat elõfeltételévé válik, hogy jelen legyen egy jelentõs mértékben hazai forrásokból kiépített infrastruktúra. Ebbõl következõen e területen a 90-es évekhez képest mindenképpen jelentkeznie kellene valamilyen fordulatnak. A „majd a pályázatból valahogy még marad infrastruktúrára" modell egyre kevésbé mûködik. Az innovációs törvénynek világos vízióval kellene itt rendelkeznie. Például, a kiépülõ alapok egy részét az infrastruktúra fejlesztésére kellene fordítani (tulajdonképpen ez egy olyan „nemzeti prioritás" lehet, amely nem ágazat- vagy diszciplínaspecifikus). S itt nem kis pályázatokon odaítélhetõ mûszerekrõl (mûszerecskékrõl), hanem mûszerpark-hálózatokról lehetne szó. Ezek egyes helyszínei – megfelelõ állami jelenlétet feltételezve – vonzó- vagy kikristályosodási helyeivé válhatnának magánszektorbeli beruházásoknak. Itt mûködhetnének strukturális üzletek is. Ha társberuházóvá válsz, te is használhatod az egész mûszerparkot – tehát nem szponzor vagy, hanem szigorúan érdekeid mentén cselekszel.

A mûszerproblémától függetlenül kellene az adminisztratív költségek kérdését kezelni. A K+F rendszer nem versenyágazati szegmenseiben szinte mindenütt gyorsan nõnek az adminisztratív költségek. Egyik ötletünk követi a másikat (az egyre komplexebb evaluációs rendszerekrõl az egész pályázati struktúra gyorsan bonyolultabbá válásáig és az EU hálózati költségekig, és tulajdonképpen nem tudjuk, mennyibe kerülnek ezek az újdonságok). Látjuk, hogy a jelenlegi – egyébként megnövelt bírálati díjak ellenére is – egyre nehezebb, egyes területeken szinte lehetetlen, hozzáértõ bírálót találni. Az intézetek jelzik, hogy gazdasági osztályaikat növelni kell, hogy a pályázati rendszerek elszámolási igényeinek meg tudjanak felelni, de nincs a változások mértékérõl világos képünk. Mindennek valahogy a hazai intézményfejlesztési programokban is meg kellene jelenniük.

Kölcsönalapok

Az interjúkban számtalan helyen megfogalmazódik a pályázati rendszeren belüli pénzügyi lyukak problémája. Ezekbõl, mint közis-

mert, kettõ igazán fontos: a. az európai projektek nehézkes és hosszadalmas utólagos elszámolásaiból következõ intézményi likviditási problémák támadnak (az egyetemeken kevésbé, inkább az intézetekben és a KKV-knál) és b. a valódi vagy virtuális – saját részesedések bemutatása egyre nehézkesebb. Elképzelhetõ lenne, hogy az elnyert projektek jellegébõl következõen egy állami forrás ezekben az esetekben – az elnyert és teljesített projektek eredményeinek terhére – rövid távú áthidaló hitelt nyújtana, lényegében majdnem kamatmentesen. Elképzelhetõ lenne, hogy ezt a formát nem valamennyi projektre, hanem azok speciális, különösen segítségre szoruló csoportjainál (kis- és középvállalatokat, pályakezdõ kutatókat, vagy nemzetközi hálózatokban friss csoportokat kiemelve, pozitívan diszkriminálva) lehetne csak alkalmazni.

Általános költségérzékenység, stratégiák és állami rásegítõ programok

Tulajdonképpen igen keveset tudunk arról, milyen tipikus technikákat fejlesztenek ki a magyar kutatás legmeghatározottabb típusai ahhoz, hogy az elmúlt tizenöt év kutatási költségemelkedését (bizonyos területeken „robbanását") valahogy kezelni legyenek képesek. Hol vált uralkodóvá a kemény takarékosság az intézményi szolgáltatások visszafogásával vagy kemény materializálásával? Hol voltak még átcsoportosítható tartalékok a központi apparátusokban vagy az adminisztratív vezetõk körül? Mekkora itt a rugalmasság? Milyen lesz az olyan adminisztratív, kutatásszervezési teljesítményvisszafogás, amelyet a kutatóközösség még elfogad? Hol vannak azok a területek, ahol vissza lehet vonulni és hol nem? A Kincstár logikájából következõ, egyre gyakoribb, s évrõl évre egyre több lobbizással és egyre részlegesebben kivédhetõ intézkedéseknek végül is milyen hatásaik vannak vagy lehetnek? A válaszok szórtak, számszakilag bizonytalanok, de alapjában egy irányba mutatnak: a helyzet romlását, a feltételek nehezedését várják.

A kutatási költségek növekedését egyébként az intézményi költségvetések a nemzetközi mintaadó szervezetekben sem képesek igazán követni. Például, feltételezhetnénk, hogy a kutatási költségek érintett növekedésébõl következõen az amerikai kutatóegyetemek (legalább azok!) más költségelemek, például az oktatói fizetések terhére, kénytelenek egyre többet átcsoportosítani kutatási programok felépítésére vagy legalább az azokat elõkészítõ infrastrukturális fejlesztésre. Az adatokból azonban ilyesmi nemigen látszik. Például egy ötszáz tanszékre kiterjedõ amerikai vizsgálatból húszéves intervallumra ilyen irányú mozgást nem lehet kimutatni (Ehrenberg – Rizzo – Jakubson, 2003). A számokból persze valószínûsíthetõ, hogy a bölcsészkarok rovására a kutatásigényesebb orvos- és mûszaki karok kaptak több oktatót (bár a növekedés ott is inkább *soft* forrásokra épít, ezért a *budget* hagyományos részében nemigen jelenik meg). A magyar 90-es években hasonló mozgás nem látható. Az egyetemek a szakonként esetleg ugrásszerûen növekvõ hallgatói létszámokat (amelyek természetesen a kutatástól távolibb területeken voltak a legintenzívebbek) is igen rugalmatlanul voltak csak képesek követni, s a kutatásintenzitás érvényesítésérõl ezzel összefüggésben – néhány kivételtõl eltekintve – szó sem lehetett.

Közvetítõintézmények

Az interjúk szinte mindegyikében kritikai szavak hangzanak el az innovációs közvetítõintézmények mûködésérõl. Már másfél-két évtizede – külföldi mintákat másolva – a magyar technológia- és kutatáspolitika kísérletezik ezek hazai kiépítésével, bevezetésével. Korábbi empirikus felméréseink szerint ezeket alig és a legsikeresebb innovációs folyamatoktól távolabb hasznosítják

csak. Az itt megkérdezett elit kutatás-*management* ezek nélkül sikeres, a különbözõ megoldások nem is igen kerültek számára hasznosítható alternatívaként elé, ahol mégis pontosabbat tud róluk, általánosított véleménye ezekrõl igen rossz. Ugyanakkor azonban megfogalmaznak különbözõ olyan feladatokat – ezek száma legtöbbjük véleménye szerint növekszik –, amelyeket a K+F szervezet környezetében kellene valakiknek – állami források felhasználásával vagy másképp – megoldaniuk. Szervezetileg ezek nyilvánvalóan beépíthetõek az innovációs közvetítõ intézmények munkájába. A napirenden szereplõ feladatok azonban, úgy tûnik, jelentõs mértékben eltérnek azoktól, amelyekre másfél évtizede e szervezeteket eredetileg létrehozták.

A hálózatok és adatbázisok megjelenésével a mûszaki tájékoztató munka érezhetõen átalakult. A kutatási szektoron belül ezek számos részeleme beépült a kutatásba vagy a tanácsadásba. Külön, „nyers" információs szolgáltatásként piaca igen szûk (persze, lehetséges, hogy nálunk, a nyilvánvaló retorika ellenére a hálózatok elõtti idõben is szûk volt). Egyre fontosabbá válik a különbözõ kutatási produktumokra, eredményekre vonatkozó szakirodalmi *output* ismeretek helyett az *input* tényezõkre vonatkozó tudás, tájékozottság. Ki foglalkozik még ilyen vagy komplementer projektekkel, hol és hogyan lehet forrásokhoz jutni, milyenek az adott pályázati forma vagy forrásosztó grémium aktuális divatos hívószavai, milyen versenytárssal lenne most kívánatos összefogni, és mindezt a hazainál szélesebb porondon? S ha már megvan a projekt, hogyan lehetne azt a leghatékonyabban mûködtetni? A legsikeresebbek önmaguk kutatási vállalkozásának szervezõi. De nekik is szükségük lehet a projektektõl független, az integrációs vagy más nemzetközi forrás számára rutinszerûen nyilvántartásokat és elszámolásokat produkáló alvállalkozásokra. Egy egész más szinten, elsõsorban helyi hálózatokba kapcsolódásra, a náluk jelentkezõ és tudatosuló innovációs feladatok megoldására lenne szükséges közvetítõ kapacitás a kis- és középvállalkozásoknál. De ettõl jelentõs méretû belépést nagy európai programokba csak véletlenszerûen várhatunk. Félrevezetõ lehet – néhány tucatnyi esetet leszámítva – itt a kiépítendõ vagy már létezõ hálózatokat „Európára járatni". A közvetítõ hálózatokra – most már a nemzetközi pályázatokhoz is – igazán a kutatói középrétegekben lenne szükség. Ahol valamilyen kapcsolatok már léteznek, vagy legalábbis személyi közvetítéssel megteremthetõek, de nincs erõ a folyamatos jelenlétre a pályázati rendszerekben. A hálózatok számára ismeretlen hazai partnereket „vakon", személyes kapcsolatok nélkül közvetíteni komoly nemzetközi projektekbe többnyire igen rossz hatásfokú vállalkozás. A tapasztalatok szerint a valós részvételhez a korábbi személyes kapcsolatok majdnem kikerülhetetlenek. De ha megvannak, a folyamatos papírmunka átvállalása valamilyen közvetítõ struktúrákban igen lényeges közremûködés lenne. Az állami szerepvállalás leghatékonyabb és más állami K+F programok iránt is esetleg bizalmat gerjesztõ formái minden bizonnyal e területeken és formákban jelentkeznek. A közvetítõk átprogramozása, szervezeti feljavítása és országos rendszerbe szervezése minden bizonnyal az új törvény egyik meghatározó területe lehetne.

Nem mellõzhetõek azért a már létezõ, a nemzetközi mintáknak megfelelõ egyetem (akadémia)-ipar közvetítõ mechanizmusok sem. Ezek helye, súlya a jelenlegi magyar gazdaságszerkezetben azonban nehezen változtatható. A mai nyugat-európai kutatóhely-vállalati kapcsolatot a drámaian megnõtt közös tudományos cikktermelés jellemzi, ami jól szervesült kapcsolathálókról tanúskodik. Például Nagy-Britanniában a 80-as évek elejétõl a 90-es évek végére a közös egye-

temi-ipari publikációk aránya a teljes ipari tudományos *output* egynegyedérõl a felére nõtt – egészében meglehetõsen nagy publikációs teljesítmény mellett. A legnagyobb együttmûködési volument egyébként a legmagasabbra értékelt kutatási teljesítményû egyetemeken találjuk (Calvert –Patel, 2002). Adott iparszerkezet mellett nálunk most félrevezetõ lenne egy ehhez hasonló kapcsolati rendszer felépülését erõltetni.

Három kutatáspolitikai problémával (részben illúzióval) azonban itt szembe kellene néznünk:

a.) Kevéssé valószínû, hogy rövidebb távon változnának a nálunk mûködõ nemzetközi nagyvállalatok eddigi attitûdjei a hazai kutatással kapcsolatban. Ebbõl következõen kevéssé valószínûsíthetõ, hogy az eddigihez képest ugrásszerûen növekednének megrendeléseik az egyetemi-akadémiai intézményekben (egyébként, ha véletlenül mégiscsak ilyesvalamire sor kerülne, a legtöbb területen igen nagy zavar támadna azok átfogó rendszerkénti kiszerelésénél vagy akár csak nagyobb tömegû ilyen megrendelés kielégítésénél). A kapcsolatok igazán az oktatási programokon, különösen a már meglevõ doktori és a felállítandó MA fokozatokon keresztül tarthatók fenn és tehetõk intenzívebbekké. Ezeknek a nagyvállalatoknak alapjában jól képzett helyi szakemberekre és nem helyi, nehezen rendszerbe állítható kutatási ötletekre van szükségük. S ha a szakember elõállításához kísérõ beruházásként valamilyen kutatásra is sor kerül – például a doktori iskolákban, akkor ennek egy része azért a partnerekkel megfinanszírozható lesz. Mindebbõl azonban az eddigiektõl eltérõ és a nemzetközi irodalomban is kevéssé leírt közvetítõmechanizmusok következnek.

b.) A KKV szektorban igen kicsi a technológiailag intenzív és potenciálisan nemzetközi, piacérett vállalkozások száma (korábbi felvételeink szerint – ha az 1-2 személyes mikrovállalkozásokat kivesszük ebbõl a kategóriából, legfeljebb néhány száz ilyen vállalkozásról lehet országos szinten igazán szó). Ha számuk a közeljövõben megduplázódna, sem érné el valószínûleg az ezret. Ekkora szervezeti piacra pedig nem lehet nagyon specializált közvetítõszervezeti hálót rátelepíteni. Ha figyelembe vesszük az ágazati és területi különbségeket, amelyek tovább fragmentálják a felhasználást, valószínûleg funkcionális szolgáltatási együtteseket lehetne leginkább itt mûködtetni (a falusi teleházak vagy a vidéki szolgáltatóközpontok távoli analógiájaként – de integráltan elérhetõ információs rendszerekkel). Ez alapötletként megjelenhetne a törvénytervezetben.

c.) A magyar közvetítõrendszer azonban segíthetne a hazai K+F bázis problémamegoldókénti, tanácsadói megjelenésében a kelet-európai „transzformációs" piacokon. A magyarországi rendszerváltás tapasztalatai – gazdaságiak, technológiaiak, társadalmiak – egy tulajdonképpen megszenvedett, de igen sikeres folyamatot követõen, vagy akár még annak záró szakaszában is – érdeklõdésre tarthatnak számot a környezõ, az átalakulási folyamatokban még korábbi szakaszoknál tartó balkáni, FÁK, de részterületeken akár közép-európai országokban is. Amelyekben vannak tudástranszfer mechanizmusok, segélyprogramok, amelyeket azonban a nyugati donorok mûködtetnek, s amelyek természetszerûen nem közvetítik azokat a befogadó számára kulturálisan érthetõ, közeli, megszenvedett tapasztalatokat, amelyekre tõlünk vagy más „visegrádi" országokból az ottani közigazgatás, de nemritkán a versenyszféra is vevõ lenne. S tudjuk, hogy az így létrejövõ kapcsolatok a következõ években felértékelõdnek. Ha itt azonban nem jelennek meg magyar források – és talán közvetítõszervezetek – a meglevõ kinti mechanizmusok mintájára, nagyobb volumenben ez az érdeklõdés aligha realizá-

lódhat. A sikeres „visegrádi modell" még egy rövid ideig hazai exporttermék, és jövõbeli, innen kiinduló közvetítõi versenypozíciókat erõsíthet. Ha azonban most nem lépünk, legtermészetesebb közvetlen környékbeli kapcsolódási pontjainkról is kiszoríthatnak bennünket a nyugat-európai tudástranszfer mechanizmusok, intézmények.

Regionális összefüggések

Az utolsó tizenöt év nemzetközi kutatáspolitikai irodalmának egyik nagy slágere a regionális innovációs rendszerek, pontosabban az innovációs folyamatok regionális környezetének kérdése. E vonatkozásban az innovációs törvény is felvethetné az állam regionális szerepvállalásának kérdéseit. Az EU-támogatások regionális terítését 2006-ig még mindenképpen Budapest végzi. Lehet, hogy az EU továbbiakban is egyetlen régióként kezeli Magyarországot, de ha mégsem, az integrációs innovációs forrásokat mégiscsak valamilyen regionális szinten kellene megszerezni. Az erre alkalmas struktúrák maguktól – az egyébként is, önmagukkal is bizonytalan új regionális szinteken – nem épülnek ki. Azokat az országos mûszaki politika – akármekkora is lesz vagy lenne a helyiek nyitottsága ezen a területen – a következõ 3-4 évben csak igen nagy erõfeszítéssel hozhatja létre, építheti ki. Tekintettel a feladat nagyságára és a központi mûszaki politika számára valószínûsíthetõen rendelkezésre álló szervezeti és intellektuális forrásokra, ez a profil az új struktúrák egyik kiemelt munkaterületévé válhatna. Feltehetõen itt az állami K+F politika szintjén két feladat rajzolódik elsõsorban ki:

a.) Valamilyen innovációs *cluster* felépítése mint kiemelt program: a hagyományos ipari zónákban ez lehet Székesfehérvárott vagy Gyõrött, esetleg egy biológiai-agrárclusterben, mondjuk a Dél-Alföldön. Egy ilyen program a helyi és kapcsolódó nemzetközi források mozgósítása mellett igen átfogó, elsõsorban nem forrásbiztosításra összpontosító, hanem igen komplex állami jelenlétet illetve a projekt erõteljes alakítását is feltételezné.

b.) A Budapest és agglomerációja kutatási rendszerének (az ország egyetlen nemzetközi mértékkel is jelentõs kutatási potenciáljának) regionális kezelése. Egy ilyen program részét képezhetné Budapest regionális központtá növelési komplex programjának is. A program kétségtelen attraktivitását és aktualitását azonban csökkenti, hogy ahhoz a budapesti városvezetés és a kutatóközösség maximális részvétele is szükséges lenne. A retorikán kívül a városvezetést azonban ez a problematika egyfelõl komolyabban nem érdekli; a megkérdezett, s mintegy 70 %-ban a budapesti térségben mûködõ kutatási elitnek pedig ez a helyzet annyira természetes, hogy magát egyszerûen nem tekinti valamilyen régió részének, s így regionális politikai környezetben sem igen tudja magát elképzelni. Pedig egy Budapesti Tudástermelõ Térség nagyrendszerkénti felépítése (pontosabban abba való beillesztése) és nemzetközi forgalmazása a következõ évek innovációs politikájának egyik központi eleme lehetne.

Kulcsszavak: *kutatáspolitika, K+F rendszer, európai projektek, vezetõi interjúk*

IRODALOM

Binswanger, Hans P. – Ruttan, Vernon W. (1978): Induced Innovation: Technology, Institutions, and Development. John Hopkins Univ. Press, Baltimore

Calvert, Jane – Patel, Pari (2002): University: Industry Research Collaborations in the UK. SPRU, September 2002, Brighton

Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching (2001): The Carnegie Classification of Institutions of Higher Education: 2000 Ed. Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, Princeton

Ehrenberg, Ronald G. (2003): Studying Ourselves: The Academic Labor Market. Journal of Labor Economics. 21, **4**, 267-289.

Ehrenberg, Ronald – Rizzo, J. Michael – Jakubson, H. George (2003): Who Bears the Growing Cost of Science at Universities? National Bureau of Economic Research, Working Paper No. W9627. April 2003. Cambridge, MA

Hicks, John (1932): The Theory of Wages. London, Macmillan, 1932

Jaffe, Adam B. – Newell, Richard G. – Stavins, Robert N. (2003): Technology Policy for Energy and the Environment. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, Innovation Policy and the Economy Meeting, April 15, 2003

Nelson, Richard – Winter, Sidney (1982): An Evolutionary Theory of Economic Change. Harvard University Press, Cambridge, MA

Poltermann, Andreas – Kahler, Andreas (2002): „UniRegio Berlin-Brandenburg". Perspektiven einer Wissenschaftsregion. Heinrich-Boll Stiftung, Berlin (www.hochschuldebatten.de)

Thursby, Jerry G. – Thursby, Marie C. (2000): Who is Selling the Ivory Tower? Sources of Growth in University Licensing? National Bureau of Economic Research, Working Paper No. W7718. May 2000, Cambridge, MA

A SZAKNYELVEKRÕL

A Magyar Szakírók Szövetsége *A szaknyelvek helyzete 2003-ban, a legsürgõsebb teendõk* címmel rendezte elsõ nagygyûlését a Magyar Tudományos Akadémián 2003. április 5-én. A Nagygyûlés célja, a címbõl adódóan, az volt, hogy – a teljesség igénye nélkül – felmérést végezzünk a szaknyelvek mai helyzetérõl, szakavatottaktól kapjunk tájékoztatást a szaknyelvekrõl általában és az egyes szaknyelvek gondjairól külön-külön is. A rangos elõadók igényes elõadásai részletekben is elemezték a szaknyelvek nehézségeit és a teendõket. Ez olyan hatalmas tudásanyag, amelyet összefoglalni még érintõlegesen sem lehet. Nagy öröm, hogy az elõadásokat teljes terjedelemben megjelenteti a *Magyar Nyelvõr.*

Bõsze Péter

a Magyar Szakírók Szövetségének fõtitkára, a nagygyûlés szervezõje

SZELÉNYI IVÁNT DÍSZDOKTORÁVÁ AVATTA AZ ERLANGEN-NÜRNBERGI FRIEDRICH-ALEXANDER EGYETEM

A díszdoktorrá avatásra 2003. június 18-án került sor. A laudációt a magyar származású Dr. Henrik Kreutz professzor, nürnbergi szociológus tanszékvezetõ mondta. Az ünnepi elõadást Szelényi Iván, a UCLA emeritált és a Yale Egyetem aktív professzora *Változatok a poszt-kommunista kapitalizmusra és az általa létrehozott szegénység specifikus formái* címen tartotta meg. Augusztus 4-én szûk baráti körben idehaza is köszöntöttük Ivánt. Szociológiai teljesítményének „utó-laudációkénti" elemzését a hálás tanítványok nevében Szalai Erzsébet, a régi kollegák részérõl Lõcsei Pál, Losonczi Ágnes, Nemes Ferenc, Rozgonyi Tamás, Kárpáti Zoltán és mások üdvözletének átadásával Varga Károly tartotta. Az avatás indokai illetve a laudációk témái magukban foglalták Szelényi Ivánnak a kelet- és közép-európai rendszerváltozás mint társadalomtörténetileg új jelenség szociológiatudományi feldolgozásának eredetiségét, illetve a „neo-klasszikus szociológiának" elnevezett iskola megalapításának a nemzetközi szociológia „fõ árama" alakításában betöltött szerepét. *(V. K.)*

Tudós fórum

Az MTA fõtitkára szeptemberben az alábbi elektronikus levelet intézte az MTA tagjaihoz és doktoraihoz:

MÉLYEN TISZTELT AKADÉMIKUS ÚR/HÖLGY!

Örömmel tájékoztatjuk, hogy a novemberben Budapesten tartandó WORLD SCIENCE FORUM elõkészületei a nyári hónapokban is folytatódtak. Eddigi figyelmét, együttmûködését megköszönve, most különösen értékes hozzájárulásra szeretnénk Önt kérni.

Már megnyílt a novemberi rendezvényt megelõzõ nemzetközi elektronikus véleményváltások internetes fóruma (www.sciforum.hu). Nagyon fontosnak tartanánk, ha a magyar kutatói közösség képviselõi is hallatnák hangjukat az elõvitában. Ön mint a tudomány és a társadalom *interface*-ében tevékenykedõ kutató bizonyára értékes és tudományszakjára nézve különösen releváns téziseket tud közreadni a novemberi rendezvény fõtémájára vonatkozóan, amely

a tudás, a szaktudományos ismeretek
társadalmi/gazdasági összefüggéseit érinti.

Akadémiánk mint a WORLD SCIENCE FORUM szervezõje ezért tisztelettel arra kéri Önt, hogy idevágó gondolatait, konkrét szakterületét érintõ tapasztalatait – az internetes kommunikáció sajátosságaihoz igazodva – legfeljebb 15 sorban, akár magyarul, akár angolul, akár mindkét nyelven a WORLD SCIENCE FORUM Nemzetközi Sajtótitkárságára eljuttatni szíveskedjék (sciforum@office.mta.hu). Egyben elõzetes hozzájárulását kérjük ahhoz, hogy téziseit (a megfelelõ hivatkozásokkal és autorizálással) nemzetközi sajtómunkánkban is felhasználhassuk.

Köszönjük, hogy szakmai hozzájárulásával is megtiszteli a WSF nemzeti ügyét!

Tisztelettel:

Kroó Norbert
az MTA fõtitkára,
a WSF Szervezõbizottságának elnöke

A MAGYAR DOKTORI ISKOLÁK HELYZETE ÉS JÖVÕJE

Róna-Tas András
az MTA rendes tagja, a MAB Doktori Bizottságának elnöke – aronatas2@axelero.hu

Egy dokumentum

A Magyar Akkreditációs Bizottság (MAB) 2003. júniusi plenáris ülésén egy több mint ötvenoldalas, számos melléklettel ellátott dokumentumot fogadott el. A több hónapos munka eredményeként született dokumentum átfogó képet ad a magyar doktori képzés helyzetérõl, jövõjérõl. A különbözõ, egyre bõvülõ változatokat minden érintettel többször is megvitattuk. A teljes szöveg, amely nyilvános és a MAB honlapján (www.mab.hu) mindenki számára hozzáférhetõ, minden lényeges kérdésben konszenzust tükröz. Azokban az esetekben, amelyekben nem sikerült egyetértést létrehozni, a szöveg maga utal az eltérõ nézetekre. Azért tartom szükségesnek ezt a bevezetõben megemlíteni, mert a nyilvánosság és a konszenzus létrehozása a demokratikus társadalom mûködésének alapfeltétele. Hogy ez ilyen nagy mértékben sikerült, az minden érintett és résztvevõ közös érdeme, ezért szeretnék e helyütt is mindenkinek, intézmények és nevek felsorolása nélkül, õszinte köszönetet mondani.

A dokumentum hét nagy fejezetbõl áll. A bevezetõ a magyar doktori iskolák kialakulását mutatja be, elhelyezi õket a magyar oktatás és kutatás rendszerében. Külön szól a mûvészeti és teológiai doktori iskolákról, amelyek helyzete igen speciális. A következõ négy fejezet a nemzetközi gyakorlatban régóta elfogadott SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) elemzés rendszerét követi. A hatodik fejezet a teendõket elemzi, mégpedig a doktori képzés közvetlen és közvetett szereplõi szerinti bontásban. Végül a hetedik fejezet a magyar doktori iskolák jövõjét vázolja fel.

Rövid történet

Már 1991-ben nyilvánvalóvá vált, hogy a doktori képzést és a doktori diplomák kiadását vissza kell adni az egyetemeknek. Az Európai Egyetemek Konferenciája (CRE) csak olyan egyetemeket vett fel tagjai közé, amelyeknek doktoráltatási joguk is volt. Már akkor világos volt, hogy ha Európában képzeljük el jövõnket, akkor vissza kell térnünk Magyarországon is ehhez az õsi egyetemi joghoz. Szükség volt erre azért is, mert veszélybe került a magyar tudományos fokozat nemzetközi elfogadhatósága. A „kandidat nauk” nemzetközileg nem volt kompatibilis. Így például a 70-es években egyes nyugatnémet egyetemek a kandidátusi fokozatot a német promócióval, mások a habilitációval tekintették egyenértékûnek. Másfelõl világos volt, hogy a kandidátusi fokozat egy más életpálya és egy másik cél teljesülését jelentette. Míg a doktori fokozat az egyetemen elérhetõ legmagasabb és egyben az országunkban egyetlen tudományos fokozat, amely azt tanúsítja, hogy tulajdonosa alkalmas a magas szintû tudományos munkára, addig a kandidátusi fokozat egy hosszabb tudományos munkával elérhetõ állomás volt, „fehér tógás jelöltség” a tudósi pályán, az akadémiai tagság felé vezetõ lépcsõk legal-

sóbbika. Míg a kandidátusi fokozatot a jelöltek általában életük negyvenes éveinek derekán érték el, a doktori fokozat elnyerése mindenütt a világon a jelölt húszas éveinek végén történik. Azt kell tehát mondanunk, hogy az egyetemi doktori fokozat nem a kandidátusi helyébe lépett, hanem az utóbbi megszûnésével egy idõben egy új rendszerre való áttérést jelzett.

Félõ volt azonban, hogy a doktoráltatási jog visszakerülése az egyetemekre jelentõs minõségi romlással jár. Ezért a Magyar Rektori Konferencia már 1991-ben szorgalmazta, hogy a doktoráltatási jog valamilyen formában minõségi kritériumokhoz legyen kötve. A megoldás és ezzel együtt a magyar akkreditációs rendszer születése valójában egy alku eredménye volt. A magyar felsõoktatás katasztrofális anyagi helyzete ellenére a pénzügyi kormányzat nem kívánt külön forrásokkal a felsõoktatási intézmények segítségére sietni. Mégpedig azért nem, mert a felaprózott és rosszul, nem hatékonyan mûködõ intézmények magas szellemi teljesítményük ellenére inkább „pénznyelõ gépek" módjára viselkedtek. Ugyanakkor az akkori pénzügyminiszter, Kupa Mihály, azt az álláspontot képviselte, hogy ha sikerül egy olyan programot felmutatni, amely egyfelõl új feladatot jelent, másfelõl minõségi garanciákkal jár, akkor nyitott a többletfinanszírozásra. Ezt a javaslatot alapul véve dolgoztuk ki a doktori programok ideiglenes akkreditációját. A tervet a kormány elfogadta, és Ideiglenes Országos Akkreditációs Bizottság (IOAB) néven 1992-ben megalakult a MAB elõdje, egyelõre mint pályázati bizottság. A kormány pedig az 1993-as költségvetésben 314 millió forint többletforrást biztosított a program megvalósításához.

A nem könnyû megalakulás idejére visszatekintve azt kell mondanom, hogy a sikert több tényezõ együttes megléte biztosította. Mindenekelõtt sikerült egy, a tudományok különbözõ ágait magas szinten reprezentáló személyekbõl álló testületet létrehozni az érintett szakmák és intézmények (egyetemek, Akadémia) teljes konszenzusával. Sikerült az intézményt a politikai küzdõtértõl távol tartani. A felsõoktatási törvény 1993. július 13-i ülésnapján véglegesen elfogadott felsõoktatási törvénynek a magyar akkreditációs rendszerrõl szóló két szakaszát az akkori parlament mindkét oldala, kormánypárti és ellenzéki képviselõk egyhangúlag szavazták meg. Sikerült az akkreditációs testület függetlenségét jogilag is biztosítani. Végül, de nem utolsósorban a magyar társadalom vezetõ tudósai belátták, ha nem is mindenki és nem is azonnal, hogy az õ érdekük is egy, a minõséget tanúsító független szervezet mûködése.

Az IOAK az elsõ körben a beadott pályázatoknak csak 35 %-át fogadta el. Ez csak részben volt a pályázatok színvonalának következménye, oka volt ennek másrészt az intézmény újdonsága, a pályázatban való gyakorlatlanság és régi beidegzõdések. Mire 1994 elején megalakult a végleges Országos Akkreditációs Bizottság (OAB), az IOAB-tól több mint kétszáz A típusú (önálló) és B típusú doktori programot vett át és fogadott el véglegesen.

1993-ban tehát ideiglenesen, majd 1994-tõl végleges akkreditációval megindulhatott az új típusú magyar doktori képzés.

2000-re a doktori programok száma hatszáz fölé emelkedett. Ezek ugyan a formai követelményeknek megfeleltek, de létrejöttüket sokszor személyes érdek, presztízs és nem tudományos szempontok vezérelték. Ez a tény is szerepelt azon okok között, amelyek miatt a felsõoktatási törvény módosítása 2000-ben elõírta, hogy a doktori programok doktori iskolákba tömörüljenek. Egy kormányrendelet elõírása szerint egyetemnek egy tudományágban csak egy doktori iskolája lehetett. Ugyanakkor minden tudományágban lehetõség nyílt multidiszciplináris doktori iskolák létesítésére. Mivel az új

doktori iskolák akkreditációjára a törvény nem biztosított megfelelõ idõt, a MAB elõbb csak ideiglenesen, majd 2002. június végére véglegesen akkreditálta az egyetemek százegyvenöt doktori iskoláját. Azóta újabb iskolák is létesültek, és ma a magyar doktori iskolák száma meghaladja a százötvenet is.

A 2000/2001-es tanévben a doktori iskolákba beiratkozott összes nappali hallgató létszáma 4548 volt, ebbõl állami ösztöndíjat kapott 2480 hallgató. A törvény nem zárja ki a levelezõ hallgatói formát, és természetesen lehetõséget nyújt, hogy valaki a doktori iskolán kívüli felkészüléssel és disszertációval nyerje el a doktori fokozatot. Az iskolán kívül felkészülõk közül sokan jártak be a rendszeres PhD-oktatásra, míg a felvettek közül nem kevesen végül is nem jutottak el a harmadik év végéig sem. Mindezeket figyelembe véve, a különbözõ oktatási formákban egy idõben részt vevõ doktoranduszok száma becslések szerint meghaladta az évi hétezret. A 2000/2001-es tanévben összesen 721 hallgató szerzett fokozatot. Ez annyit jelent, hogy az összes nappali beiratkozott hallgatóra jutó sikeres védések száma a nappali hallgatók közel 16 %-a, a becsült teljes hallgatói létszámnak pedig alig több mint 10 %-a. Érthetõ módon mind a szám, mind az arány lassan emelkedõ tendenciát mutat.

A magyar doktori iskolák helyzete

A magyar doktori iskolák erõsségei között kell felsorolnunk a magyar tudósképzés nagy hagyományait, a nemzetközi színvonalú oktatói gárdát, a szellemi háttér koncentrációjából adódó elõnyöket, a fokozott lehetõséget a multidiszciplinaritásra, az egyes doktori programok és iskolák közti átjárhatóság lehetõségét, az aktív részvételt a nemzetközi pályázatokban és az ösztöndíjakban, tanárcserékben, az oktatók kiterjedt nemzetközi kapcsolatrendszerét, a jó graduális alapozást, az iskolarendszerû oktatás és az egyéni, tutorális vezetés összhangját, a tudományos kutatás és az oktatás szoros kapcsolatát. A MAB tanulmány részletesen elemzi ezeket az erõsségeket, ugyanakkor felhívja a figyelmet, hogy ezek a pozitívumok természetesen nem egyenletesen oszlanak el, nem mindegyik erõsség van minden iskolában jelen.

Mivel a tanulmány célja elsõsorban a magyar doktori képzés minõségének elemzése és a jelenlegi helyzet javítása volt, ezért sokkal részletesebben foglalkozik a *magyar doktori képzés gyengeségeivel*. A vita elején ezt többen szóvá tették, de általában egyetértés mutatkozott a gyenge pontok megítélésében akkor is, ha emberileg talán érthetõ módon, néhányan úgy gondolták, a gyengeségek az õ iskolájukra nem jellemzõek. S valóban, számos gyenge pont a doktori iskolák kis csoportjainál található csak meg. A tanulmány csak a konkrét vizsgálat alapján általánosítható jelenségeket emelte ki, ugyanakkor nem nevezett meg egy-egy konkrét iskolát, és természetesen nem állítja, hogy a negatív jelenségek mindenütt jelentkeznek.

Az alábbiakban a doktori iskolák gyengeségei közül csak néhányat emelek ki. Az iskolák többsége korábban már akkreditált programok egyesülése révén jött létre. *A programok együttmûködése* azonban még sok helyen akadozik. Megjelentek új programok is, ezek egy része kitûnõen illeszkedik be az iskola közös programjába, de nem kevés olyan van, ahol az új program gyenge színvonalú, létrejötte inkább köszönhetõ a kar vagy egyetem személyi viszonyainak, mint tudományos szükségleteknek vagy magas színvonalú tevékenységnek. Ez összefügg egy másik gonddal: a vezetés sok esetben erélytelen, nem meri felvállalni az alkalmatlanok elhárítását, azoknak kizárását, akik nem bizonyítottak. Igen kezdetleges az önértékelések színvonala. Nagy valószínûséggel ennek részben a MAB is oka, talán nem adott kellõ segítséget az önértékelések

elkészítéséhez. De alapjában véve az önértékelések nem kis részében hiányzik a saját problémák feltárására való hajlandóság – talán attól való félelem miatt, hogy a gyenge pontok felmutatása árthat az intézmény, a doktori iskola presztízsének. Az önértékelések több esetben nem tudták elválasztani a külsõ, a doktori iskoláktól független korlátozottságot a belsõ, saját gyengeségbõl adódó gondoktól. Pedig a minõség biztosítása és fejlesztése csak ott lehetséges, ahol az érintettek maguk is tisztában vannak gyenge pontjaikkal és azok okaival. Azokat nem elfedni, hanem javítani akarják.

A vizsgálat és a viták során egyértelmûvé váltak a magyar *habilitációs rendszer gyengeségei*. Egyesek a vita során azt hangoztatták, hogy a habilitáció az oktatási képesség megmérésére kell hogy szolgáljon, mások úgy gondolták, hogy a habilitáció az oktatási és tudományos teljesítmény mérése ugyan, de az egyetem igénye a döntõ és nem valamilyen külsõ szempontrendszer. Egyetértés volt ugyanakkor abban, hogy a habilitáció színvonala, ritka kivételektõl eltekintve, fokozatosan süllyed, s hogy ezen a helyzeten valamilyen formában változtatni kell. A habilitáció kérdésében még további egyeztetésre lesz szükség az egyetemek, az Akadémia és a jogalkotásért is felelõs Oktatási Minisztérium vezetõi között. Egy területen azonban egyetértés látszik kibontakozni: a Magyar Köztársaságban csak egy tudományos mérce képzelhetõ el, olyan, amely egyre inkább közelít az európai, a nemzetközi mércéhez, lehetõség szerint azzal azonos. A tudományos teljesítmény – megengedjük – bonyolult értékelése nem térhet el egyetemeinken és az Akadémián. Ezzel kapcsolatos az a vita, amely arról folyik, hogy a habilitációhoz, illetve az egyetemi tanári kinevezéshez kell-e *az Akadémia doktora* cím.

A MAB álláspontja a kezdetektõl az volt, hogy itt a mérhetõ és megítélhetõ tudományos teljesítmény és nem a papír a döntõ. Ugyanakkor a testület úgy látta, hogy az *akadémiai doktori cím* odaítélésekor az Akadémiának egyelõre, kisebb kivételektõl eltekintve, sikerült a cím odaítélésének tudományos feltételrendszerét kialakítania, és mind országosan, mind nemzetközileg elfogadtatnia és betartatnia. Ezért az akadémiai doktori fokozat, majd újabban a doktori cím meglétét úgy tekintette, mint egy már bizonyított teljesítmény elismerését. A doktori iskolák akkreditációja esetében ezért csak két dolgot vizsgált. Az akadémiai doktorok abból a tudományágból szerezték-e meg az akadémia doktora fokozatot (régebben), vagy abból a tudományágból írták disszertációjukat (újabban) a doktori címért, amelybõl a doktori iskolában vezetõ oktatói szerepet vállalnak. Másrészt azokban az esetekben, amikor a doktori fokozat megszerzése igen régen történt, hogyan alakult az illetõ tudományos teljesítménye a közelmúlt idõben.

Míg a doktori iskolák jogi és akkreditációs környezete támogatja a *multidiszciplináris kutatásokat* és témákat, hiba lenne elhallgatni, hogy a valódi multidiszciplinaritás mellett nem kevés esetben jelentkeztek olyan multidiszciplináris iskolák is, amelyeket nem a közös téma, hanem az önálló doktori iskolák alapítására való elégtelenség hozott össze. A MAB ezekben az esetekben, ha a minimális feltételek megvoltak, a támogatás és figyelem politikáját folytatta. A testület ugyanis úgy gondolta, hogy a lehetõséget széles körben kell biztosítani, de az azzal visszaélõket idõben elõbb figyelmeztetni kell, majd ha ez nem bizonyul eredményesnek, akkor szigorúbb eszközökkel a minõség megvalósítására kell szorítani vagy akár meg is szüntetni.

Bár a doktori iskolák oktatói kara az ország legkiválóbb kutatói és tanárai közül kerülnek ki, a tanulmány rámutatott az *oktatói kar gyengeségeire is.* A problémák elsõ csoportja azzal függ össze, hogy az egyetemek nem rendelkeznek minden tudományágban elegendõ számú, magasan kvalifikált oktatóval.

A szabályok szerint legalább hét minõsített oktatóra van szükség egy doktori iskola alapításához. Ezek közül háromnak kell rendelkeznie a tudományok doktora fokozattal vagy címmel, s e háromból legalább kettõnek az egyetemmel teljesidejû foglalkoztatottsági viszonyban kell lennie. Ez annyit jelent, hogy a százötven doktori iskolának ezerötven „alapító" minõsített oktatója kell hogy legyen. Az Akadémia köztestületének jelenleg több mint 11 ezer minõsített tagja van, tehát az országban tízszer annyi tudományosan minõsített van, mint amennyire a minimális feltételrendszer szerint a doktori iskolákban minimálisan szükség lenne.

A *minõsítettek korfája igen rossz*. Álljon itt csak egyetlenegy adat: 2002-ben az akkor mûködõ 145 doktori iskola vezetõi közül negyvenegyen születtek 1939-ben vagy korábban. A doktori iskolákban való oktatás nincs korhatárhoz kötve, kiváló tudósaink életük végéig oktathatnak a doktori iskolákban, sõt a három „alapító" nagydoktor közül egy lehet hetven év feletti. Ugyanakkor a doktori iskola vezetõje, hallgatólagosan átlépve a törvény által elõírt hatvanöt éves korhatárt, az engedélyezéskor nem lehetett hatvanhét évnél idõsebb, tehát legalább egy oktatási ciklusig még az egyetem teljes munkaidõben foglalkoztatott egyetemi tanára. Ez pedig azt jelenti, hogy az elkövetkezõ három évben a magyar doktori iskolák közel 30 %-ában vezetõváltásra lesz szükség.

Az *oktatói karnak is igen rossz a korfája*, a középsõ generáció alacsony képviselete komoly gondokat okoz az egyetemeknek és a doktori iskoláknak. Ugyanakkor a minõsítettek szakmai megoszlása sem követi a doktori képzés igényeit. E gondokon egyes egyetemek kétféle módon próbáltak segíteni. Egyrészt olyan személyeket szerepeltettek, akiknek szakmai színvonala ugyan jó volt, de aktív részvételük az oktatásban erõsen problematikus. Bár a „papír" ezt mutatja, valójában az oktatásban nincsenek jelen, „holt lelkek". A másik típus „*intercity* oktatók" alkalmazása, egyes személyek több helyen bukkannak fel. A MAB a nyilvánvaló esetekben határozottan fellépett, de itt is a segítség és figyelem politikáját kívánja megvalósítani. Sok esetben ugyanis ez az indulás nehézségeit tükrözi. Az egyetem vezetõi tisztában vannak avval, hogy záros határidõn belül ezen változtatniuk kell a minõség érdekében is. Amennyiben azonban ez nem következik be, a MAB intézkedni fog. A probléma azonban ennél tágabb. A magyar tudományos utánképzés fejlesztése az ország, a tudás alapú társadalom és európai jó szereplésünk elengedhetetlen elõfeltétele.

S itt rögtön szembesülünk a *hallgatókkal kapcsolatos problémákkal*. Bár vannak törekvések a doktorandusz hallgatók létszámának emelésére, nagyjából egyetértés alakult ki abban, hogy nem a hallgatók létszámát, hanem az ösztöndíjas helyek számát kell emelni. Ebben még a vitában igen aktív részt vállalt Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) is egyetértett. Az a benyomás alakult ki ugyanis, hogy különbözõ formákban a doktorátusra készülõ hallgatói létszám további emelése a színvonal csökkenéséhez vezetne. Ez természetesen országos és általános helyzet, elképzelhetõ, hogy egyes tudományágakban a hallgatók legjobbjai közül néhányan nem kerülnek be a doktori képzésbe, de nem ez a helyzet a jellemzõ. Sokkal inkább azt találtuk, hogy számos, kiemelkedõen tehetséges diák nem a doktori iskolát, hanem jóval magasabb jövedelmet ígérõ pályát választ.

Ugyanakkor fel kellett figyelnünk a doktorandusz *hallgatók igen magas lemorzsolódási arányára*. Itt a doktori iskolák két teljesen eltérõ utat választottak. Egyes iskolák, egyébként sok esetben megengedhetetlen arányban, igen sok hallgatót vettek fel, akik nagy része természetesen önköltséges. De a színvonalat általában tartván ezek töredéke jut el az abszolutóriumhoz, s még keveseb-

ben a fokozathoz. Más iskolák csak a legjobbakat veszik fel, s közülük igen sokan jutottak már el a fokozathoz, s várhatóan még többen fognak. Elfogadva azt, hogy a minõség szempontjából a nagyobb mennyiségbõl történõ szûrésnek lehetnek elõnyei is, a MAB az elsõ típusú esetben mégis komoly veszélyeket lát. Egyrészt világos, hogy a kirívóan magas létszámnak anyagi okai vannak, másrészt nyilvánvaló, hogy az oktatók nem tudnak érdemben ennyi hallgatóval körültekintõen foglalkozni. Éppen az kerül veszélybe, amit céloz, a legjobbak kiválasztása.

A hallgatókkal kapcsolatos gondok közül kiemelném a *doktoranduszok terhelését*. A MAB egyetértett azzal, hogy a hallgatók vegyenek részt az oktatásban, hiszen tanítva is tanulunk, de néhány helyen az ezzel való gondos gazdálkodás helyett a visszaélés jeleit tapasztaltuk. Az oktatóknak e területen kiszolgáltatott hallgatók sok helyen kétségbe vonták egy felmérés adatát, miszerint a hallgatóknak csak 10 %-a oktat heti négy óránál többet. A többi szerintük egyszerûen rejtve marad. Vizsgálni kell azt is, hogy az oktatott tárgy tematikája mennyire kapcsolódik a hallgató doktori témájához. Pozitív tapasztalat ugyanakkor, hogy a doktoranduszok aktívan részt vesznek a pályázatok elõkészítésében és a szakhoz tartozó informatikai tevékenységben, ami, ha jelentõs idõráfordítást igényel is, jó befektetés a magyar tudomány jövõbeli versenyképességébe.

Bár a doktori fokozat elnyeréséhez két nyelv valamilyen fokú ismerete szükséges, a vizsgálat arra mutat rá, hogy a doktorandusz *hallgatók nyelvismerete* területén még igen sok a tennivaló. A formai követelmények (egy középfokú és egy alapfokú nyelvvizsga) természetesen teljesülnek, de ezek szintje nem mindig elegendõ. Aggályos a nemzetközi tudományos közéletben való részvételre való nyelvi felkészítés színvonala. A társadalomtudományokban a hallgatók kétharmadának van legalább egy felsõfokú nyelvvizsgája, a többi tudományterületeken ez csak egyharmad. Azonban a papírral igazolt nyelvi készségek és a tényleges szükségleteknek megfelelõ ismeretek között is sok esetben jelentõs távolság van. Ezen mindenekelõtt a külföldi részképzés segíthet.

Igen egyenetlenek a *doktori fokozathoz megkövetelt teljesítmények*. A doktori fokozat elnyerésének feltételeként többek között általában három–öt publikációt írnak elõ az egyetemi, kari és doktori iskolai szabályok. A legsúlyosabb gondokat azonban nem is a számszerûség, hanem a minõség területén találtuk. Több tudományágban a doktori iskolák vezetõi eddig még nem tudtak megállapodni abban, hogy mely nemzetközi reputációjú és referált folyóiratban történt publikációt fogadják el a doktori fokozat követelményének teljesítéséhez. A következõ oktatási év egyik fõ faladata lesz ezeknek a listáknak összeállítása és elfogadása. Különösen a társadalom- és humán tudományokban igen sok az alkalmi kötetekben történt publikáció, például a tanárok évfordulóira írt ünnepi kötetekben, ahol nem minden esetben ügyelnek a publikáció újdonságára, színvonalára. A kérdés természetesen nem az, hogy ilyenekre szükség van-e (ez lehet egy másik vizsgálat tárgya), hanem hogy az ide írt cikkeknek milyen a színvonala. Sok gond van az idegen nyelvû publikációk körül is.

A vita során többen felvetették, hogy *a három év általában kevés* a doktori fokozat megszerzéséhez. Ebben egyetértés van, de a tanulmány kimondja: „Nincs szükség a hároméves doktori tanulmányi idõ meghosszabbítására. A legjobbak számára predoktori ösztöndíjat kell biztosítani." Bár a predoktori ösztöndíj kérdésében egyetértés van, vitatott az ösztöndíj odaítélésének, illetve finanszírozásának módja. Ebben az ügyben az illetékeseknek õsszel folytatniuk kell az egyeztetést.

Nincs mindenütt minden rendben a *vizsgák* körül. A vizsgák természetesen nyilvánosak, mégis ritkán tapasztaltuk, hogy a más

egyetemeken azonos tudományágban tanuló doktoranduszok elmennének egymás védésére. Nem is annyira az információ vagy az idõ hiánya a fõ ok, mint inkább az, hogy vezetõik nem követelik meg tanítványaiktól, hogy elmenjenek. A vizsgákkal, védésekkel kapcsolatos másik gondra több hozzászóló is felhívta a figyelmet. Fenyeget a belterjesség, annak ellenére is, hogy a vizsgabizottságba a szabályok szerint meghívnak külsõ tagot. Többen felvetették az angliai független vizsgabiztosi rendszer magyarországi bevezetésének kérdését.

A doktori iskolák *minõségbiztosítási rendszere* kialakulóban van. Az ideális állapot természetesen egy jól mûködõ minõségbiztosító rendszer lenne, amelyet a MAB részletes ellenõrzés helyett csak kívülrõl ellenõriz és hitelesít. Jelenleg ennek alapjait fektetik le az egyetemek, s az ideális állapothoz még hosszú út vezet.

A lehetõségek

A lehetõségek közül a tanulmány kiemeli a valódi *multidiszciplinaritás* lehetõségét. Nemcsak az egyes doktori iskolákon belül, hanem köztük is megvalósítható a hallgatók sokoldalú oktatása, közös témák kutatása.

Nagyon fontosnak tartotta a tanulmány, hogy a szakmai oktatás mellett erõsödjék az *általános mûveltségi alapok* lefektetése is. Közös tudományfilozófiai kurzusok, logikai, etikai vagy kultúrtörténeti témák gazdagíthatják a doktorképzést, s ebben nagy lehetõségek nyílnak az új, doktori iskolai rendszerben.

Az egyes doktori iskolák új lehetõségeket nyitnak az egy-egy tudományágon belüli *együttmûködésre*, még akkor is, ha a doktori iskolák között verseny alakul ki. Másfajta együttmûködésre van lehetõség az egyetemen belül a különbözõ tudományágak között valamint nemzetközi területen is. A doktori képzés már az oktatásnak az a szintje, ahol a diák nemcsak a tanárától, hanem a másik diáktól is sokat tanulhat.

Szinte végtelen lehetõségek nyílnak az *új információs technikák* felhasználására. Ezek bevonása a doktorképzésbe folyamatosan történik, a doktori iskola, illetve az egyetem doktori iskoláinak együttese igen alkalmas keret ezek alkalmazására.

A közös pályázatokban való részvételre a doktori iskolák alkalmasabbak, mint a felaprózott doktori programok voltak. Az iskolák részvételével megalakuló konzorciumok nagyobb eséllyel pályázhatnak mind az itthoni, mind a közös európai kutatástámogatásra.

Veszélyek

Nagy figyelmet szentelt a tanulmány a doktori képzést fenyegetõ veszélyeknek. A veszélyek, a képzést gátló tényezõk között is elsõ helyen állnak az anyagiak. A tanulmány megállapítja, hogy az utóbbi idõben a doktori képzésre és az egy hallgatóra fordított *állami pénzeszközök reálértékben jelentõsen csökkentek*. Ehhez járul, hogy a meglévõ pénz hatékony elosztását is több szabály korlátozza vagy nehezíti. Néhány egyetemen megengedhetetlenül magas a központi elvonások aránya. Joggal hívták fel a vita során a figyelmet arra, hogy a harmadik forrás, vagyis a vállalati pénzek bevonása mindkét részrõl vontatottan halad. Ez érinti a doktori iskolák mögött álló kutatásokat is. Az anyagi keretek túlzott szûkössége nem teszi lehetõvé a külföldiek érdemi bevonását a minõség megítélésébe, pedig erre a minõség objektív mérlegelése miatt is szükség lenne.

Mindezek elõsegítik a *kontraszelekciót*. A tanulmány leszögezi, hogy a doktori képzés akkor jó, ha a legjobbak tanítják a legjobbakat. Az anyagi feltételeknek még középeurópai viszonylatban is rossz aránya (a GDP-hez viszonyított alacsony támogatások) a legtehetségesebbek elvándorlását okozzák, s ez a trend az európai uniós tagságunkkal csak növekedni fog. Mindez komolyan veszélyezteti a doktori iskolák minõségét.

Veszélyezteti a minõséget a *mennyiségi szemlélet elõtérbe kerülése* is. A megfelelés minimuma mérhetõ, de a kiválóságot nehezen vagy sehogyan sem lehet számszerûsíteni. A hallgatói létszámtól függõ finanszírozás torzító hatású. A teljesítményeket természetesen mérni kell, mert valamilyen objektivitásra szükség van, de a kollégák, a *peerek* mérlegelését nem lehet figyelmen kívül hagyni.

Nehezíti az értékelést a *rövid és a hosszú távú érdekek ellentéte* is. Egy most doktori kurzusra beiratkozó hallgató négy-öt év múlva lép a tudás piacára. S olyan kutatásokban fog részt venni, amelyek akkor indulnak és további öt–tíz évre szólnak. A tegnapelõtti és tegnapi piaci igények akkorra már régen megváltoztak. Ezért a piaci igényeket másképpen kell felmérni és elemezni, ha a tudósképzés kimenete szempontjából tesszük ezt, mint ha azt a mai igények szempontjából a szakképzés számára végezzük el.

Veszélyezteti a doktori képzések sikerességét az *egyre növekvõ adminisztráció*, a *merev tudományági beosztás*. Tudjuk, a kutatás sok szempontból tudásiparrá vált. De ha az egyéni invenció, a kiemelkedõ tehetség, az innováció nem maradhat meg, s elnyomja az üzemszerûség, akkor veszélybe kerül a tudomány és különösen az utánpótlás sikeressége.

A teendõk

A konkrét elemzés természetesen kirajzolja a konkrét teendõk körvonalait is. A tanulmány részletesen elemzi, hogy mit kell az egyes szereplõknek tenniük. S a vita során ezekkel, legalábbis elvben, az érintettek egyet is értettek.

A *doktori iskolákon belül* is megvalósítható teendõk közül megemlíteném a doktori iskola vezetõinek és vezetõ oktatóinak kiemelt anyag megbecsülését, az iskolák mûhely jellegének, csoportmunkájának megerõsítését, a hallgatók készségeinek fejlesztését, a hallgatók fokozottabb bevonását a minõség biztosításába, a nyilvánosság és a nemzetközi kapcsolatok bõvítését.

A *Magyar Akkreditációs Bizottságnak* egyszerûsítenie kell eljárásait, csökkentenie kell a doktori iskolák adminisztrációs terheit. Ugyanakkor követnie kell a végleges akkreditáció során adott ajánlások sorsát, s ott, ahol ez szükséges, közbe kell avatkoznia. A következõ tanévben az érintetteknek ki kell dolgozniuk a tudományágak követelményrendszerét. Ezt a MAB-nak segítenie kell. A MAB rendszeressé teszi a doktori iskolák ciklikus vizsgálatát, és elkezdi az azonos tudományághoz tartozó doktori iskolák országos értékelését, elsõnek a *történettudomány* és a *pszichológia* területén.

A *kormánynak* mindenekelõtt a doktori képzés finanszírozását, annak szintjét, eszközeit és jogrendszerét kell felülvizsgálnia és megfelelõ intézkedéseket hoznia. Szükség lesz a doktori képzést érintõ jogszabályok, valamint a tudományági beosztást elõíró kormányrendeletek áttekintésére is. Alapjaitól kezdve újra kell gondolni a habilitáció kérdését, beleértve azt a javaslatot, hogy a habilitáció a végleges egyetemi kinevezés feltétele legyen, vagy akár az intézmény esetleges megszüntetését is. Összhangba kell hozni az egyetemek kutatási támogatását és a doktori képzés támogatását.

A *Magyar Tudományos Akadémia* Doktori Tanácsának és osztályainak, elnökségének egyfelõl és a Magyar Akkreditációs Bizottságnak másfelõl tudományáganként összhangba kell hozni a tudományos teljesítmény értékelésének rendszerét. E követelményrendszerek kidolgozásánál abból kell kiindulni, hogy Magyarországon csak egyfajta, egységes tudományos követelményrendszer létezhet. Az egységes követelményrendszert azonban differenciálni kell a célok (kutatók nevelésére való alkalmassága, kutatói alkalmasság, tudományos teljesítmény, kitüntetésre való elõterjesztés, képviseletre való alkalmasság, kompetencia elis-

merése), illetve szintek (PhD, habilitáció, állás, vezetõi beosztás, akadémiai elõmenetel, doktori cím, akadémiai tagság) és az egyes szakmák sajátosságainak figyelembevételével. Az Akadémiának jelentõs szerepe van az egyetemen mûködõ kutatócsoportok fejlesztésében, a kutatási pályázatok összehangolásában. Fontos teendõk vannak a tudományos ösztöndíjrendszer továbbfejlesztésében és a tudományos utánpótlás hosszú távú tervezésében.

A magyar doktori iskolák jövõje

Összefoglalva a magyar doktori iskolák helyzetérõl és a teendõirõl szóló elemzést, megállapítható, hogy az elemzés fõ és alapvetõ megállapításairól konszenzus született. Ha az egyetértést aktív és közös cselekvés követi, akkor a magyar doktori képzés számára egyedülálló kilátások nyílnak.

A hallgatók olyan környezetbe kerülnek, ahol elsajátíthatják a kritikus gondolkodás, az újítókészség és a közös munka eszközeit, ilyen irányú készségeiket európai szintre fejleszthetik. Olyan tudást sajátíthatnak el, amely szakmájukban a legkiválóbbak számára fenntartott úton indíthatja el õket. Olyan oklevelet fognak kapni, amely versenyképes lesz nemcsak a magyar, hanem az európai piacon is. Képessé fogja tenni õket arra, hogy tanáraik nyomába lépjenek, s megfelelõ idõben átvegyék a szakma és az oktatás irányítását.

A doktori iskolák megfelelõ vezetõ személyiségek irányítása mellett valódi *tudományos mûhelyként* fejlõdnek, illetve ilyen mûhelyekké válnak, ahol sikerül megvalósítani az oktatás, az utánpótlás nevelése és a kutatás egységét. Ezek a doktori mûhelyek az egyetem elitjét koncentrálják, teljesítményük meghatározó lesz mind a szakma, mind az egyetem jövõje szempontjából. E doktori iskolák vonzóvá válnak nemcsak a saját egyetemrõl kikerülõ diákság legjobbjai, hanem az ország, az európai és az Európán kívüli térségek fiataljai számára is.

A doktori iskolák között *munkamegosztás, együttmûködés* és egészséges *verseny* fog kialakulni. A magyar doktori iskolák sok szempontból lépéselõnyben vannak az európai doktori iskolák rendszerében. Ezt is kihasználva hasznos együttmûködés alakulhat ki részben munkamegosztási, részben közös oktatási és kutatási célból. Ennek elõnyei beláthatók. Mindenekelõtt a hallgatók minél nagyobb számmal fognak más, európai egyetemeken részképzésben részesülni, oktatóink ott oktatni, de hallgatók fognak hozzánk jönni, professzorok nálunk oktatni. Mindennek egyik eredménye lehet, hogy a doktorandusz hallgatók más európai egyetemekkel közösen jegyzett diplomát kapnak. A tervek szerint ott, ahol több ország doktori iskolája ad ki egy közös diplomát, az már az Európai Unió által elismert *európai doktori diploma* lehet.

A doktori iskolák *minõségét* a szakmák, a tudományágak maguk fogják biztosítani, s cserébe a doktori iskolák biztosítják majd a szakmák, tudományágak minõségét. A MAB ebben fokozatosan egyre kisebb szerepet fog kapni. Elkerülhetetlen lesz ugyanakkor a doktori iskolák állandósuló nemzetközi megmérettetése.

A minõséget fogja biztosítani a *kiválósági helyek* (iskolák, programok) kialakuló rendszere. Ennek követelményrendszerét, pályázati eljárását a doktori iskolákkal együtt kell kidolgozni. A magyar kiválósági helyek azután bátran vehetnek részt az európai kiválósági helyek pályázatain.

A doktori iskolák *az egyetem* büszkeségei, az egyetemi azonosságtudat központi elemei lesznek, és értékükhöz anyagi következmények is kötõdnek majd. Az egyetemek többet fognak áldozni a doktori iskolákra, onnan nem eszközöket fognak elvonni, hanem újakat fognak oda koncentrálni. Ha szükséges, külsõ források bevonásával is megteremtik a doktori iskolák oktatóinak anyagi elismeréséhez szükséges kereteket

és alapokat. Tiszteletben tartják a doktori iskolák autonómiáját, ugyanakkor számon kérik az eszközökkel és személyekkel való optimális gazdálkodást. Felügyelik az eljárások jogszerûségét, anélkül, hogy azok alkalmazásába beleszólnának. Az egyetemi doktori tanácsok a szabályozás eszközeivel gyakorolják a szakmai felügyeletet. Ugyanakkor figyelemmel kísérik az esetleges minõségi hullámzásokat, a negatív tendenciákra, ha szükséges, idõben felhívják a figyelmet. Az egyetemi doktori tanácsok gyûjtik és elemzik, és szükség esetén továbbítják az Országos Doktori és Habilitációs Tanácshoz a doktori iskolák napi mûködésével kapcsolatos tapasztalatokat, javaslatokat.

A doktori iskolák a tudománypolitikai irányítás számára *stratégiai fontosságú helyekké* válnak. Itt képezik a tudományos utánpótlást, és a kutatóintézetek mellett, azokkal szorosan együttmûködve itt folynak a jövõt meghatározó kutatások is. A doktori iskolák hálójának segítsége nélkülözhetetlen a nemzetközi, így az európai kutatási térségbe való bekapcsolódáshoz. Az ország elõtt álló nemzeti távlati feladatok megvalósítása lehetetlen a doktori iskolák aktív közremûködése nélkül. Ezért a tudománypolitikának jelentõs erõforrásokat kell a doktori iskolákhoz rendelnie. A tudományos pályázatok elbírálásában, a támogatások elosztásában a doktori iskoláknak maguknak is fontos szerepet kell játszaniuk. Ez csak akkor lehetséges, ha a magyar doktori iskoláknak kellõ érdekérvényesítõ képességük van. Ehhez pedig meg kell teremteni a megfelelõ eszközöket.

2004-ben Magyarország csatlakozik az Európai Unióhoz. A csatlakozó hozományunk legértékesebb része az a szürkeállomány, amely a kimûvelt magyar emberfõkben jelen van. A tudásalapú társadalom megteremtése lehetetlen a tudósok teljesítményére alapozott új és megújulni képes tudás nélkül. A tudás megújulásának és megújításának egyik kiemelkedõ színhelye a doktori iskola. Ugyanakkor az Európai Unió teljesítményünk alapján fog minket a központi támogatások nagyobbik felében részesíteni. Az európai támogatásoknak egy része éppen a doktori képzésben való részvételt, a közös európai doktori képzést és a közös diplomákat fogja sajátos eszközeivel támogatni. A támogatást azonban szigorú minõségi feltételekhez fogja kötni. S ezek teljesítése révén fognak a magyar doktori iskolák az európai oktatási és kutatási térség aktív részévé válni.

Ez az út nem automatikus. Szükség van minden szereplõ közös munkájára és együttmûködésére.

TÍZÉVES A MAGYAR AKKREDITÁCIÓS BIZOTTSÁG

Michelberger Pál
az MTA rendes tagja, a MAB elnöke
Magyar Akkreditációs Bizottság – titkarsag@mab.hu

1. Bevezetés

Tíz éve alakult meg a Magyar Akkreditációs Bizottság jogelõdje. Az eltelt tíz év során a testület az egész magyar felsõoktatást, programokat, intézményeket áttekintette és hitelesítette. Feladatai, összetétele eközben folytonosan változtak, de a tevékenysége során összegyûlt tapasztalatokat továbbadta az új testületi tagoknak, akik saját munkájuk javítására hasznosították.

A MAB tevékenységében egyetemi és fõiskolai oktatók, akadémiai kutatók és felhasználók, ipari és gazdasági szakemberek is részt vettek. Több mint száz tudományosan minõsített – sõt, ha a MAB szakbizottságait, ad hoc bizottságait és szakértõit is számba vesszük, akkor közel ezer – oktató, kutató véleménye érvényesült a MAB állásfoglalásaiban.

Ennek ellenére kevés olyan köztestület van az országban, amelyrõl annyi téves vélekedés alakult volna ki, mint a MAB-ról. Pedig a szervezet létrehozását az egyetemi és fõiskolai oktatók, pontosabban a Rektori és Fõigazgatói Konferenciák kezdeményezték (és a kezdeményezõk között szép számmal jelen voltak a Magyar Tudományos Akadémia tagjai is). Ezt a kezdeményezést kodifikálták az Oktatási Minisztérium vezetõinek egyetértésével a felsõoktatási törvényben. A MAB kezdeti munkájában rektorok és fõigazgatók is részt vettek, véleményük a MAB szervezeti és mûködési szabályaiban is tükrözõdik. Idõközben azonban az akkreditálás módszere, követelményrendszere – nem utolsósorban a saját és nemzetközi tapasztalatok hatására – változott, és ezt a változást az egyetemi, fõiskolai vezetõk már kívülállóként ítélik meg.

Ez a visszatekintés nem történeti beszámoló, hanem szubjektív, egyéni véleményt és tapasztalatokat tükröz. A MAB története kiolvasható a MAB éves jelentéseibõl, állásfoglalásaiból. A dolgozat szubjektív hangvételét remélhetõleg menti a szerzõ elkötelezettsége a magyar felsõoktatás ügye iránt, megalapozottságát pedig több mint ötvenéves oktatói tapasztalata és több mint negyvenöt éves ipari gyakorlata támasztja alá. Ennek ellenére a cikk mondanivalója nem megfellebbezhetetlen ítélet, hanem termékeny vitaindító kíván lenni, hiszen bármilyen hosszú tapasztalatra tekinthet vissza a szerzõ, szakterületét tekintve (a közlekedés- és jármûipar – bár az egyik legjelentõsebb iparág – a fejlett gazdaságok teljesítményének legfeljebb 15-20 %-át adja) korlátozott.

2. A felsõoktatás az ezredfordulón

A Rektori és Fõigazgatói Konferenciák a rendszerváltás idején fõ feladatuknak az intézményi autonómia helyreállítását, ennek keretében a doktori képzés egyetemi jogának visszaszerzését, a romló gazdasági helyzetben az egyetemi, fõiskolai képzés elért minõségének megõrzését, sõt javítását tekintették. A felsõoktatás ezredfordulós hely-

zetét részleteiben nem elemezzük. Számos szerzõ e folyóirat hasábjain is kitûnõ cikkekben fejtette ki véleményét a részletekrõl, sõt jelenleg is éles vita folyik az oktatás továbbfejlesztésérõl.

Az átfogó elemzés helyett mindössze két alapvetõ gondot emelek ki, melyek azonban szinte a világ minden országában megoldandó feladatként fogalmazódnak meg:

- a felsõoktatás tömegessé válása
- a felsõoktatás nem kielégítõ finanszírozása.

2.1. A felsõoktatás tömegessé válása

A jelenség a 20. század második felének utolsó negyedében az informatika használatának elterjedésével kezdõdött el. (Szokás az 1968-as nyugati diáklázadásokhoz is kötni, de a tömegesedés véleményem szerint elsõsorban gazdasági kérdés.) A 21. században a „tudás társadalmát" és a hozzá tartozó igen bonyolult gazdaságot csak a felsõfokú képzettségûek arányának jelentõs növelésével lehet fenntartani (ahogy a 20. század ipari társadalma is megkövetelte az írás-olvasás általánossá tételét).

A felsõoktatás tömegessé válása azonban egy sereg új gondot is okozott:

- a felsõoktatásba kerülõk létszáma kétszer-háromszor nagyobb az intézmények tényleges férõhelyénél (kollégium, könyvtári ellátottság, laboratóriumi férõhely, stb.);
- a közoktatásban már korábban bekövetkezett tömegesedés (és pedagógusi kontraszelekció) rontotta a felsõoktatásba kerülõk elõképzettségét;
- az egyes korosztályok 40-50 %-os részvétele a felsõoktatásban (korábban 10-15 %) csökkenti a bekerülõ hallgatók átlagszínvonalát a „kvázi elitképzéshez" képest;
- a hallgatóság szakmai, hivatási motiváltsága sajnos nagymértékben csökken, a hallgatók egy része „csak" diplomát akar szerezni, mindegy, hogy milyen tudományágban vagy szakon;
- a vezetõ oktatók és hallgatók személyes kapcsolata – a hallgató-oktató arány változása miatt – nagymértékben lazul, így a képzési folyamatban (szándékosan nem nevelési folyamatról beszélek) sem alakulhat ki szakmai, hivatási motiváltság;
- az oktatók és hallgatók személyes kapcsolata részben a modern oktatási formák túlhangsúlyozása illetve válogatás nélküli alkalmazása miatt (székhelyen kívüli képzés, programozott oktatás, távoktatás, stb.) sem, vagy csak korlátozottan tud kialakulni, holott ez – különösen a közvetlen emberi kapcsolatokat igénylõ hivatásokban (orvos, ügyvéd, pedagógus, stb.) nélkülözhetetlen.

2.2. A finanszírozás gondjai

A felsõoktatás alulfinanszírozottsága az oktatók fizetésének rendezésével nem számolható fel, bár legtöbben ezt tekintik a fõ kérdésnek. Sokkal súlyosabb probléma a hallgatói férõhelyek számának elégtelensége, az oktatás tárgyi feltételeinek, infrastruktúrájának gyors elavulása és a felsõoktatás színvonalas mûveléséhez nélkülözhetetlen kutatás alulfinanszírozottsága.

Úgy tûnik, hogy e bõvülõ felsõoktatás teljes állami finanszírozása még a leggazdagabb államokban sem oldható meg csupán az adókból. A finanszírozásban az államon kívül a gazdasági élet fõbb szereplõinek (beleértve az oktatási intézmények vállalkozásait is), a helyi önkormányzatoknak és a képzésben részt vevõ hallgatóknak és családjuknak is részt kell vállalniuk. A finanszírozás megosztásának módját, arányait alapos felmérésre építve (más nemzetek tapasztalatait is felhasználva) kell kidolgozni, és 10-12 éves átmeneti idõ alatt lehet bevezetni. A finanszírozási gondok a magyar felsõoktatás tekintetében még súlyosabbak, mint a nyugat-európai helyzet:

- alacsony a nemzeti jövedelem;
- a felsõoktatás átalakulása késõbb kezdõdött el;

• az agyelszívás a jövõben fokozódni fog;

• a magyar képzési nyelv korlátozott vonzóképessége külföldi (fizetõ) hallgatókra (az utóbbit egyre több magyar egyetem idegen nyelvû képzéssel pótolja).

2.3. A tömegesség és a finanszírozási gondok következményei

• A végzett hallgatók szakmai, hivatási átlagszínvonala csökken;

• az elitképzésre vállalkozó hallgatókat is visszahúzza az alacsony átlag;

• az oktatói óraterhelés növekedik (egyes vezetõ oktatók már heti 12-18 kontaktórát is tartanak, részben idegen nyelven);

• a nagy oktatási terhelés mellett önképzésre, kutatásra és fejlesztésre igen kevés idõ marad;

• a motiválatlan, nagy hallgatói létszámok tanítása új pedagógiai, módszertani kutatásokat igényel, ami egyébként kívánatos, de tovább csökkenti a szûkebb szakmai, diszciplináris kutatásra fordítható idõt;

• a felsõoktatásban részt vevõ fiatalabb oktatók külföldre távozása miatt elöregedik az oktatógárda, ez elõbb-utóbb diszciplináris lemaradáshoz is vezet;

• az idõszakosan visszaesett, majd átalakuló magyar gazdaság még nem veszi igénybe az egyetemek, fõiskolák kutatási és fejlesztési lehetõségeit;

• a multinacionális cégek (kevés kivételtõl eltekintve, például Ericsson, Nokia, Knorr-Bremse, stb.) nem is ismerik a magyar szellemi lehetõségeket, a helyi vezetés önállósága igen korlátozott;

• a felsõoktatásban dolgozó kutatók, fejlesztõk még nem ismerik a multinacionális cégek fejlesztési filozófiáját.

3. A MAB létrehozása és szerepe

Az elõzõekben felsorolt gondokkal találta szemben magát a Rektori és Fõigazgatói Konferencia a rendszerváltás idején, és ezek a gondok jelenleg is. A tömegoktatásra és a belõle szükségszerûen következõ finanszírozási gondokra az egész világ keresi a megoldást. Amerikában az elitképzés és tömegképzés intézményes szétválasztása tûnik járható útnak (magas tandíjú elit egyetemek és állami tömegegyetemek), Európában ezzel szemben az ún. „Bologna-folyamat" kínál legalább részben megoldást. A kreditrendszer és a többlépcsõs, egymásra épülõ lineáris képzés bevezetése lehetõvé teszi a gyengébb elõképzettségû, illetve motiváltságú hallgatóknak az átlagosnál lassúbb elõrehaladását, illetve a közbensõ végzettséget adó kilépést, esetleg pályamódosítást. Úgy tûnik, hogy ez a kompatibilis és versenyképes európai felsõoktatási térség létrehozása érdekében számunkra is megkerülhetetlen.

E folyamatban európaszerte fontos szerep hárul a felsõoktatás színvonalának megtartása és javítása érdekében a minõségtanúsító és tanácsadó akkreditációs szervezetekre. A Rektori és Fõigazgatói Konferenciák által javasolt – de az Oktatási Minisztériumtól és a felsõoktatási intézményektõl is független – autonóm szervezet, idõszakonként cserélõdõ szakértõivel biztosíthatja a hitelesítés objektivitását. Ez érvényesül az ENQA (Európai Minõségbiztosító Hálózat a felsõoktatásban) jelenlegi tagfelvételi elõírásaiban is (nem utolsósorban a korábbi magyar tapasztalatok alapján).

Az 1992-ben megalakuló Ideiglenes, majd Országos Akkreditációs Bizottság kezdettõl fogva autonóm testületként mûködött, mûködési feltételeit a Parlament által megszavazott – egyébként igen szûkös – költségvetés tette lehetõvé. Az akkreditációs tevékenységgel az oktatási miniszterek kezdettõl fogva mindannyian egyetértettek, és intézkedéseikben támaszkodtak a MAB állásfoglalásaira, véleményére. Kevésbé mondható el ez a minisztériumi apparátusról, mely nehezen viselte el egy autonóm testület sajátos, demokratikus módszereit, idõigényét.

A felsõoktatási konferenciák természetesen nemcsak a MAB létrehozását szorgalmazták, hanem számos rektor és fõigazgató maga is részt vállalt a MAB kezdeti munkájában, mûködési rendjének kialakításában. Ugyancsak kezdettõl fogva a tudományosan minõsítettek és akadémikusok széles köre – sokszor anyagi ellenszolgáltatás nélkül – vállalkozott akkreditációs tevékenységre.

A MAB segítségükkel – háromévenként változó összetételben – sikeresen elvégezte a teljes magyar felsõoktatás hitelesítését, kidolgozta a program-, illetve intézményi akkreditáció minimumkövetelményeit, a MAB mûködésének etikai alapelveit. Ez utóbbi az ország kis mérete miatt igen bonyolult összeférhetetlenségi kérdéseket vetett fel.

Az elmúlt tíz év során a MAB értékes tapasztalatokat gyûjtött. E tapasztalatok, valamint a CRE (Európai Rektori Konferencia) által 2000-ben elvégzett átvilágítás megállapításai alapján a MAB képes volt saját tevékenységét megreformálni. E hatalmas munka fáradhatatlan szervezõje és irányítója a kezdetektõl fogva Róna-Tas András akadémikus volt. Az utolsó három évben, mint a MAB tanácskozó joggal rendelkezõ tiszteletbeli elnöke, a MAB doktori iskolákkal foglalkozó bizottságát vezette, és sikerrel képviselte a magyar felsõoktatás és a MAB érdekeit az akkreditációval és a felsõoktatás minõségjavításával foglalkozó nemzetközi fórumokon (ENQA, INQAAHE, stb.).

3.1. A MAB törvényben elõírt fõbb feladatai

Tájékoztatásul kivonatosan idézzük a felsõoktatási törvény MAB-ra vonatkozó rendelkezéseit:

***81**. § (1) A MAB*

a) jóváhagyja a doktori iskolák mûködését, és dönt arról, hogy az egyetem melyik tudományterületen, azon belül mely tudományágban folytathat doktori képzést, ítélhet oda doktori fokozatot;

b) állást foglal olyan kérdésekben, amelyek e törvény végrehajtása során az oktatás minõségét érintik.

(2) A MAB az oktatási miniszter, az FTT vagy felsõoktatási intézmény felkérésére véleményt nyilvánít

a) felsõoktatási intézmény létesítésérõl illetõleg elismerésérõl;

b) kar létesítésérõl illetõleg elismerésérõl;

c) a képesítési követelményekrõl;

d) alapképzésben a szakindítási engedély megadásáról;

e) az egyetem doktori illetõleg habilitációs szabályzatáról;

f) arról, hogy a felsõoktatási intézményekben mely tudományágban illetõleg mûvészeti területen vannak meg a feltételek a szakirányú továbbképzés illetõleg a felsõfokú szakképzés indításához és folytatásához;

g) a kreditrendszer alkalmazásának szabályozásáról;

h) külföldi felsõoktatási intézmény magyarországi mûködésének engedélyezésérõl;

i) az oklevelek honosításáról illetõleg egyenértékûsítésérõl szóló nemzetközi egyezmények tervezetérõl;

j) az egyetemi, illetve a fõiskolai tanárok kinevezésérõl a 17. § (4) bekezdése illetve a 18. § (2) bekezdése alapján.

(3) A MAB a felsõoktatási intézmény felkérésére közremûködik a doktori vizsgabizottságok és a habilitációs bizottságok külsõ tagjainak kijelölésében.

(4) A MAB rendszeresen, de legalább nyolcévenként hitelesíti (akkreditálja) az egyes felsõoktatási intézményekben a képzés és a tudományos tevékenység minõségét. Az alapképzési és a szakirányú továbbképzési szakok, továbbá a felsõfokú szakképzések, valamint a doktori iskolák mûködése alapján véleményt nyilvánít arról, hogy az egyetemen mely tudományterületen, mûvészeti területen, fõiskolán mely

tudományágban, mûvészeti területen van meg az alapképzés, a szakirányú továbbképzés, a felsõfokú szakképzés, továbbá egyetemen a doktori képzés feltétele. Az oktatási miniszter felkérésére soron kívül folytatja le az említett körbe tartozó és felkérésben megjelölt vizsgálatot, és adja meg értékelését. Ha a MAB azt állapítja meg, hogy a képzés színvonala miatt a felsõoktatási intézmény vagy annak bizonyos szakjai, programjai nem felelnek meg a képzési célnak, dönt a doktori iskola mûködésének felfüggesztésérõl, illetve javaslatot tesz

a) az adott szakon (szakokon) a záróvizsgáztatási és oklevélkiadási jog gyakorlásának meghatározott idõre történõ felfüggesztésére vagy visszavonására, illetve nem állami intézmények esetében az állami elismerés visszavonására,

b) a felsõoktatási intézmény megszüntetésére vagy az állami elismerés visszavonására;

c) a szükséges intézkedések végrehajtásának meghatározott idõn belüli ellenõrzésére.

(5) A MAB az akkreditációs értékeléshez bekérheti az intézmény képzési és tudományos tevékenységére vonatkozó adatokat. Megvizsgálja az 59. § (3) bekezdésében foglaltak szerinti jelentést az intézmény mûködésének és tevékenységének szempontjából, és felhasználja azt az intézmény következõ akkreditációs értékelése folyamán.

4. Akkreditációs tapasztalatok

A tapasztalatok elsõsorban a magyar felsõoktatás versenyképessége érdekében fontosak, de a MAB hatékonyságának javításához is hozzájárulnak.

4.1. Felsõoktatásra vonatkozó fõbb tapasztalatok

• A magyar felsõoktatás egésze még õrzi korábban kialakult jó színvonalát;

• a felsõoktatási intézmények önértékelése, minõségbiztosítási tevékenysége még kiforratlan;

• a finanszírozási nehézségek és a kialakult szabályozók az intézményeket olyan vállalkozásokra ösztönzik, melyek csökkentik a képzés színvonalát (egymástól alig különbözõ szakok elburjánzása, székhelyen kívüli képzések indokolatlan bevezetése a térítéses hallgatói létszám növelése érdekében);

• esetenként megelégedés a MAB által elõírt minimumkövetelmények teljesítésével;

• a személyi követelmények (tudományosan minõsített oktatók aránya) formális teljesítése (néhány kurrens szak esetében második, ill. harmadik oktatói állás vállalása);

4.2. A MAB belsõ tapasztalatairól

• A felsõoktatási intézményvezetõk részvétele a MAB munkájában gyakran összeférhetetlenségre vezethet, zavarva a testület hatékonyságát;

• a MAB kezdeti tevékenységében fõleg az „akadémiai" (elitképzés) szemlélet érvényesült, hiányoztak a felhasználók szempontjait érvényesítõ gazdasági, ipari, agrár, stb. szakemberek a MAB bizottságaiból;

• a MAB hitelesítõ tevékenységét a követelményrendszerében elõírt feltételek ellenõrzésére alapozta. E követelmények a képzés bemeneti oldalát (minõsített oktatók száma, aránya, az intézmények infrastruktúrája (laboratórium, felszerelés, könyvtár, tanterem, kollégium, stb.), a képzési programok megfeleltetése a képesítési követelményeknek, stb.) írták elõ.

Nem vizsgálta a MAB a képzés folyamatát és képzés kimeneti oldalát (elhelyezkedés, felhasználók véleménye a végzett hallgatókról, stb.);

• a felsõoktatás minõségének megõrzését és jövõbeni javítását leginkább a doktori képzés színvonala befolyásolja, ezért a MAB

tevékenységében a doktori iskolák gondos akkreditálása és segítése a legfontosabb feladat.

5. A MAB stratégiája

Az összegyûlt tapasztalatok hasznosításából adódik a MAB új feladatainak a zöme, melyet a stratégiai terv foglal össze. Ennek fõbb elemei:

5.1. A bemenet mellett a képzési folyamat és kimenet vizsgálata

Az akkreditációs eljárásokban a MAB a jövõben nagyobb figyelmet kíván szentelni az oktatók és a felvett hallgatók, valamint a rendelkezésre álló infrastruktúra minõségének értékelése (bemenet minõsége) mellett az oktatási folyamat, illetve az oktatási kimenet minõségi vizsgálatának. Ezek érdekében – megfelelõ módszerek és konkrét mutatók kidolgozásával – vizsgálni fogja:

- az adott intézménybe mindenkor felvett hallgatók minõségét (pl. az oktatók véleménye az elsõ évet lezáró hallgatókról),
- az intézmények innovációs képességét, a curriculumok megújítását, naprakészen tartását,
- az intézmények oktatóinak oktatói és – ahol ez indokolt – kutatói teljesítményét, a hallgatói elégedettséget,
- a követelményrendszert (vizsgakérdések, diplomamunkák), a vizsgák tapasztalatainak visszacsatolását az oktatási folyamatba,
- a képzés során az intézmény által hozzáadott értéket,
- a végzett hallgatók tudását, készségeit, kompetenciáját, elhelyezkedését és
- a minõségbiztosítási terv elkészítését és betartását.

A kimeneti vizsgálatokhoz a MAB – elõször kísérleti jelleggel – javasolni fogja az intézményeknek, hogy kezdjék meg a végzett hallgatók, valamint azok munkaadóinak („felhasználók") kérdõíves vagy más módszerrel végzett megkérdezését. Mindez idõvel az intézményeknél kiépítendõ belsõ minõségbiztosítási rendszerek szerves részévé válhat.

5.2. A felhasználók szerepének növelése

A jelenlegi Magyar Akkreditációs Bizottságban a felhasználói szféra lényegesen nagyobb arányban szerepel, mint a korábbiban. A felhasználói szféra azonban már nem korlátozódik csak a tudományos szférára, tehát a kutatóintézetek területére, ezen belül is elsõsorban a Magyar Tudományos Akadémiára, hanem megjelentek benne a kamarák, a gyáriparosok és különbözõ egyéb felhasználók képviselõi is. A felhasználók teljes körét ugyan nem sikerült lefedni, hiszen egy harminctagú testületben nem lehet minden szakmát, minden réteget, minden foglalkozási ágat minden területen képviselni, de a választott és küldött Magyar Akkreditációs Bizottság tagjai széles látókörûek és a saját szûk területükön túlmenõen is képesek a társadalom, az egész ország érdekeit képviselni.

5.3. Értékelés mellett tanácsadás, segítés

A Magyar Akkreditációs Bizottság tevékenységének célja az intézményi akkreditáció elsõ körének lezárása után meg kell hogy változzék. Az értékelés eleddig engedélyezést vagy annak megtagadását, esetenként meghatározott feltételek melletti ideiglenes engedélyezést célzott meg. Ennek a típusú értékelésnek megvolt a maga történeti küldetése, a helyzet azonban mára megváltozott, és ennek az értékelés céljában is meg kell mutatkoznia. Ma pedig az látszik megfelelõ célnak, hogy a Magyar Akkreditációs Bizottság abban segítse a mûködõ intézményeket, hogy miképpen mozdíthatnák elõ a minõség javítását. Így az akkreditáció feladata mindenképpen ki kell hogy egészüljön a tanácsadás motívumával.

Ezzel összefüggésben a második akkreditációs hullámban az intézmények minõségbiztosítási rendszerének áttekintése különösen fontos. Európában pillanatnyilag ez áll a minõségértékelés középpontjában, továbbá az Oktatási Minisztérium és a többi érintett is ezt várja el a Magyar Akkreditációs Bizottságtól. Hozzá kell azonban tennem, hogy a minõséget nem az Akkreditációs Bizottság, hanem az intézmények biztosítják. Az Akkreditációs Bizottság csak segítséget nyújt ahhoz, hogy a minõségbiztosítási rendszerek megfelelõ szervezettel és intézkedési elképzelésekkel valóban mûködjenek és biztosítsák a fokozatos minõségjavulást és használhatóságot az egyes felsõoktatási intézményekben.

5.4. Szelektivitás

Ahogy az értékelés átalakul lépésrõl lépésre tanácsadássá, úgy az akkreditáció tárgya is megváltozik. Az intézményi akkreditáció eleddig az intézmény minden szakját és minden képzési formáját egyforma intenzitással vizsgálta. Mostantól azonban sokkal nagyobb figyelmet fordít a Magyar Akkreditációs Bizottság az intézmény menedzsmentjének áttekintésére és annak vizsgálatára, hogy a menedzsment mennyire hatékonyan fejti ki tevékenységét. Emellett pedig nem vizsgál majd azonos intenzitással minden szakot, hanem valamilyen szempontok alapján kiválaszt néhány szakot, és immár csak ezeket veszi górcsõ alá.

5.5. Az értékelési skála egyszerûsítése

A MAB tevékenységének irányultsága a jövõben is kettõs lesz: akkreditáció és minõségértékelés. MAB tehát küszöbszinteket állapít meg, s ehhez viszonyítja az intézményeket és programokat („igen", „feltételes igen", „nem" állásfoglalás, a küszöbszintet éppen csak elérõ programok és intézmények esetében mérlegelési lehetõséggel), a küszöbszint felett pedig szövegesen értékel. Az értékelések során tanácsokat fogalmaz meg az adott intézmény/program jövõbeli mûködésének javítására nézve. Az ellenõrzõ-számonkérõ (OM felé véleményezõ) tevékenység mellett tehát a minõségjavítást célzó, segítõ (intézmények felé tanácsadó) funkciót is gyakorolja. A jövõben azonban a hangsúly a számonkérés felõl eltolódik a minõségjavítás (értékelés, tanácsadás) irányába.

5.6. Vertikális és horizontális vizsgálatok

Korábban a MAB az intézményeket és programokat önmagukban vizsgálta. A látogató bizottságok összetétele intézményenként változott, így különbözõ intézményeknél mûködõ azonos szakok közvetlen összehasonlítására, következésképpen közvetlen tapasztalatátadásra sem kerülhetett sor. Ezt a továbbiakban vertikálisnak nevezett vizsgálatot a jövõben horizontális vizsgálatokkal is szeretnénk kiegészíteni, elsõsorban a nagy szakokra kiterjesztve. E kísérleti vizsgálatot ez évben készítettük elõ, eredményességét csak 2004-ben lehet megítélni.

5.7. Nyilvánosság

A MAB tevékenységének és annak eredményeinek az eddiginél nagyobb nyilvánosságot kell kapniuk. Ennek érdekében a MAB:

a.) rendszeresen közzétesz majd a magyar felsõoktatás minõségére vonatkozó beszámolókat, elemzéseket;

b.) kiemeli az egyes intézmények, szakok vizsgálata során tapasztalt követendõ mintákat, a „jó gyakorlatot";

c.) rendszeres eszmecseréket, összejöveteleket szervez tevékenységének érintettjeivel;

d.) naprakészen tartja honlapját.

A MAB kommunikációs stratégiájának célja egyfelõl a MAB küldetésének eljuttatása a különbözõ célcsoportokhoz, tudatosítása a szélesebb értelemben vett köz-

véleményben, másfelõl a MAB imázsának javítása.

5.8. Nemzetközi feladatok:

A hazai akkreditációs tevékenység az éppen átalakulását élõ európai felsõoktatás és a Bologna-folyamat miatt csak úgy fejleszthetõ és módosítható, ha az európai eseményekrõl és trendekrõl elsõ kézbõl származó ismeretekkel rendelkezünk.

Róna-Tas András munkájának eredményeképpen megalakult a közép-kelet-európai Minõségbiztosítási Ügynökségek Hálózata (CEE Network), majd a MAB-ot felvették a minõségbiztosító szervezetek európai hálózatába, az ENQA-ba is. A CEE az azonos geopolitikai régióhoz tartozó, ezért hasonló feladatokkal küzdõ minõségbiztosítási ügynökségek megismerését segíti elõ, valamint távolabbi célként egymás elismerését tûzte ki célul.

Nagy szerep hárul azokra a munkatársakra is, akik idegen országokban tanulmányozzák az ottani akkreditációs testületek munkáját. Elsõsorban a kis országokban szerzett, tehát a dán, belga, holland tapasztalatokat próbáljuk munkánk során hasznosítani. Természetesen az angol, francia, német rendszereket is ismerni kell, de nem biztos, hogy ezek közvetlenül átültethetõek a magyar viszonyok közé.

5.9. A MAB eredeti céljától eltérõ feladat

A felsorolt és szerteágazó tevékenységeken kívül a felsõoktatási törvény értelmében a MAB-nak véleményt kell nyilvánítania az egyetemi és fõiskolai tanári pályázókról is: mennyiben felelnek meg a törvényben elõírt hazai és nemzetközi tudományos elismertségnek, szakmai illetve tudományos tevékenységük színvonala, publikációik mennyisége és minõsége kielégíti-e az egyetemi tanároktól, fõiskolai tanároktól elvárható színvonalat.

Be kell vallanunk, hogy ez a feladat – bár a törvény elõírja – idegen a MAB alapfeladataitól. Az egyes szakokhoz tartozó minimumkövetelmények részletezése még beilleszthetõ a MAB feladatai közé, de az egyének vizsgálatát az intézmények tudományos testületeinek illetékességébe kellene adni. Természetesen érzékeljük az intézmények belsõ korlátait, a belterjesség veszélyeit, de úgy véljük, hogy néhány átmeneti év után az oktatási intézményeink képesek lesznek objektív, tudományos vélemény kialakítására. Nagyon sokat segítene, ha az intézményfenntartók idõszakonként világosan megszabnák az adott intézmény tanárainak számát. A limitált keret a legjobbak kiválasztására ösztönöz.

6. Összegzés helyett

A fentiekben áttekintettük a felsõoktatás néhány fõbb gondját és a MAB ezen gondok egy részének megoldását célzó eddigi tevékenységét, valamint a továbbfejlesztés lehetõségeit. A MAB nem öncélú testület, a plénum tagjai – akár a felsõoktatásból, akár a felhasználóktól delegálták õket – mindig a magyar felsõoktatás színvonalának megõrzése és emelése érdekében tevékenykednek. Azért, hogy a magyar felsõoktatás a nemzetközi porondon erõsítse piacképességét, és elõsegítse a magyar gazdasági, kulturális és tudományos élet méltó európai elhelyezkedését.

E cél eléréséhez megkerülhetetlen a felsõoktatás reformja, strukturális, financiális átalakítása, a felsõoktatás 21. századi céljának, módszereinek újrafogalmazása. Az átalakításokat az európai államokkal egyeztetve, de a magyar felsõoktatás maradandó értékeit megõrizve kell végrehajtani. Az egyeztetés nem jelenthet uniformizálást, hanem elsõsorban illeszkedést, kompatibilitást. Minden európai ország felsõoktatásának vannak sajátos helyi értékei, és ezek megtartása jelentheti a globális oktatási versenyben egyes

területeken az elõnyöket a teljesen egységesített, arc nélküli módszerekkel szemben.

Külön gondot jelent – de elkerülhetetlen – a felsõoktatás hatékonysága szempontjából a kis nyelveken való oktatás fenntartása. A tudomány egyetlen nyelvû mûvelése óhatatlanul a középkor társadalmi megosztottságát vetíti elõre, és a nem anyanyelvû tudósokat is másodrendû szerepre kárhoztatja. Az interdiszciplináris kutatásokat néhány angol anyanyelvû államra (a távolabbi jövõben Kínára?) korlátozza, hiszen saját tudományterületén a tudós elboldogul a tudomány közvetítõ nyelvével, de az interdiszciplináris területeken több tudományág nyelvét kell már ismernie. Úgy vélem, hogy a biodiverzitás szükségessége mellett ideje lenne felismerni a nyelvi diverzitás fontosságát is. Az angol (vagy száz év múlva a kínai) a középkori latin helyett nem a tudomány nyelve, hanem a tudomány közvetítõ nyelve, melynek ismerete, használata természetes kell legyen, de új, eredeti gondolatok továbbra is a különbözõ logikájú anyanyelveken születnek.

Kulcsszavak: *akkreditáció, felsõoktatás, minõségbiztosítás, minõséghitelesítés*

A FELSÕOKTATÁS MINÕSÉGÉRTÉKELÉSE: NEMZETKÖZI KITEKINTÉS

Szántó R. Tibor
a szociológiai tudomány kandidátusa, fõtitkár,
Magyar Akkreditációs Bizottság Titkársága – szanto@mab.hu

Történeti-földrajzi háttér

A felsõoktatás intézményközi és -feletti, nemzeti szintû minõségbiztosítása és minõségértékelése ma már évszázados múltra tekint vissza. Az 1900-as évek elején az Egyesült Államokban alakultak meg az elsõ akkreditációs szervezetek, melyek a szaporodó intézmények, a bõvülõ felsõoktatás mennyiségi kihívásaira bizonyos garantált minõségi szint fenntartásában találták meg a megfelelõ választ. A minõség biztosítására a többnyire tagsági elvû, „klubszerû" szervezetek ún. *minimum sztenderdeket*, elfogadási, akkreditációs (hitelesítési) alapkövetelményeket határoztak meg. A harmincas években a (ma is mûködõ) *North Central Association* újabb szemponttípusként az adott intézmény *céljait* is felvette az értékelési-viszonyítási tényezõk sorába. Ennek révén pedig hamarosan elterjedt a ma is széles körben alkalmazott, *önértékelésen alapuló* külsõ minõségvizsgálati módszer. (Young et al., 1983)

A világ többi táján néhány évtizeddel késõbb jöttek létre a felsõoktatási minõségértékelõ szervezetek. Japánban 1947-ben alakult meg az egyetemi akkreditációs szövetség *(Japan University Accreditation Association),* az amerikai szervezetekhez hasonlóan az egyetemek önszervezõdéseként. Közép- és Dél-Amerikában Mexikó volt az elsõ (Comisión Nacional de Evaluación de la Educación Superior, 1989), Argentinában 1995-ben, Chilében 1999-ben alakult meg hasonló szervezet. Ázsiában Hong-Kong járt az élen (*Hong Kong Council for Academic Accreditation*, 1990), Indiában és Új-Zélandon 1994-ben *(National Assessment and Accreditation Council,* illetve *New Zealand Universities Academic Audit Unit),* Ausztráliában 2000-ben *(Australian Universities Quality Agency)* jöttek létre a nemzeti szintû minõségértékelõ szervezetek. Afrikában és a Közel-Keleten a 90-es évek vége felé jelentek meg a nemzeti ügynökségek (Dél-Afrika, Nigéria, Mauritius, Omán, stb.).

Európa néhány országában a nemzeti szintû egyetemi szervezetek kezdtek foglalkozni a kérdéssel, s vettek fel funkcióik közé minõségbiztosítással kapcsolatos tevékenységeket is. Így például Belgium *(Flemish Interuniversity Council* – VLIR, alapítva 1976), Hollandia *(Association of Universities in the Netherlands* – VSNU 1985 és *Netherlands Association of Universities of Professional Education* HBO-raad 1990), utóbbiban a két szervezet minõségértékelõ tevékenységét az *Inspectorate of Higher Education* (alapítva 1984-ben) felügyelte, „validálta". (Idõközben kormányzati kezdeményezésre létrejött a holland Nemzeti Akkreditációs Szervezet, melynek feladata mind az egyetemek, mind a fõiskolák minõségértékelése és akkreditációja.)

Az elsõ európai, független, nemzeti szintû felsõoktatási minõségértékelõ szervezet a CNÉ *(Comité National d'Évaluation),* melyet 1984-ben hoztak létre. 1989

júliusától teljes autonómiát élvez: éves jelentéseit közvetlenül a köztársasági elnöknek (!) továbbítja, nem tartozik a felsõoktatásért felelõs miniszter felügyelete alá. Nagy-Britanniában a *Higher Education Quality Council* (HEQC, 1992) végezte ezt a munkát, melyet ma utódszervezete, a QAA (*Quality Assurance Agency for Higher Education*, 1997) folytat. Említésre érdemes még Dánia, ahol az 1992-ben alakított EVA, elõbb *Evalueringscenteret*, majd *Evalueringsinstitut (Danish Evaluation Institute)* néven 2000-tõl már nemcsak a felsõoktatás, de a dán oktatás teljes vertikumának minõségértékelését végzi.

Közép- és Kelet-Európa országaiban nemzeti akkreditációs szervezetek alakultak a 90-es években, elsõként Csehországban és Szlovákiában (1990), majd Magyarországon (1992–1993, *Ideiglenes Országos Akkreditációs Bizottság*).

Ma már tehát a világ számos országában léteznek felsõoktatási minõségértékelõ szervezetek, Albániától a Bahamákon és Mongólián át Vietnamig.[1]

Szervezet- és tevékenységtípusok

A felsõoktatás minõségbiztosításával, minõségértékelésével foglalkozó szupraintézményi szervezetek között vannak olyanok, mint azt fent esetenként láttuk, melyeket maguk az *érintett intézmények, illetve azok szervezetei* (például rektorkonferenciák) mûködtetnek, míg másokat az egyes *nemzeti kormányok vagy kormányzati szervek* hoztak létre. Kis számban vannak továbbá üzleti alapon mûködõ, *profitorientált magánszervezetek* is, ezek nemzetközi elfogadottsága azonban nem számottevõ. Bárki legyen is azonban a létrehozó, a fenntartó, igen fontos az értékelést végzõ szervezet függetlensége mind a felsõoktatási intézményektõl, mind az adott nemzeti kormányzattól vagy egyéb érdekelti csoporttól.

Ami e szervezetek tevékenységét illeti, itt többféle tipológia is lehetséges. Az ENQA, a minõségbiztosító ügynökségek európai hálózata által nemrégiben közzétett kutatási jelentés négy fõ típust különböztet meg: értékelés, akkreditáció, audit és benchmarking (viszonyító értékelés) (ENQA 2003).

Az *értékelés* során az értékelendõ tárgy minõségére vonatkozó megállapításokat tesznek. Az értékelés (viszonyítás) alapjául szolgálhatnak az intézmény (program) célkitûzései, továbbá bizonyos teljesítménymutatók vagy a nemzeti, nemzetközi tapasztalatok alapján általánosítható „jó gyakorlat". Az értékelés sok esetben tanácsadó-auditáló jellegû, azaz jobbára a mûködés általános mechanizmusait vizsgálja (intézményi vezetés, belsõ minõségbiztosítási rendszer, hallgatói tanácsadás és szolgáltatások, stb.)

Az *akkreditáció* szintén értékelésen alapul, ám itt rendszerint elõre definiált és közzétett minõségi követelményekhez történik a viszonyítás, s az eljárás eredményeként az értékelõ megállapítások mellett a követelményeknek, „sztenderdeknek" való megfelelésre vonatkozó *igen* vagy *nem* állásfoglalás is születik. Az akkreditációt ezért olykor küszöbszint értékelésnek is nevezik.

Az *audit* szûkebb értelmezésben az intézmény (szak) belsõ minõségbiztosítását vizsgálja, annak erõsségeit és gyengéit tárja fel. Meg kell itt jegyeznem azonban, hogy szélesebb értelmezésben (és sok minõségértékelõ szervezet gyakorlatában) az audit és az áttekintõ *(review)* jellegû értékelés szorosan összetartozik.

Végül a *benchmarking* viszonyító, összehasonlító vizsgálatot jelent, melyben az értékelõ megállapítások a vizsgálandó intézmény (szak, tárgy, téma) hazai vagy külföldi

[1] További információk érhetõk el az egyes szervezetekrõl a MAB honlapján (www.mab.hu, a Külföld menüpontban), valamint az INQAAHE (www.inqaahe.nl) portálján (*member database*). A Közép- és Kelet Európai országok szervezeteirõl a www.ceenetwork.hu oldal, valamint Campbell – Rozsnyai (2002) tudósítanak részletesen.

megfelelõjét, illetve megfelelõit tekintve, ahhoz, azokhoz viszonyítva születnek.

A fenti értékelõ tevékenységek általában nemcsak intézményi, hanem tudományági vagy program- (szak), sõt, akár tantárgy vagy téma- (például hallgatói tanácsadás) szinten is végezhetõek.

Hálózatok, nemzetek feletti szervezõdések

A nemzeti szintû szervezetek általánossá válásával természetes módon jelentkezett az egymásról tudás, az egymástól tanulás, az együttmûködés igénye. A legnagyobb, az egész világra kiterjedõ szervezet e területen az INQAAHE *(International Network of Quality Assurance Agencies in Higher Education),* mely 1991-ben jött létre, s mára már közel kétszáz tagot számlál öt földrészrõl, a világ hatvankét országából. Tagjai között nemcsak minõségértékelõ szervezetek, hanem – kisebb számban – felsõoktatási intézmények és egyéb szervezetek is vannak. A kétévente (páratlan évek) tartott világkonferenciák és közgyûlések között 2000 óta, a Magyar Akkreditációs Bizottság kezdeményezésére és elsõ rendezõjeként, minden páros évben kisebb létszámú munkaértekezletet is tart. (www.inqaahe.nl)

Európában egy 1994-95-ös nemzetközi projekt tapasztalatai és az Európa Tanács 1998-as javaslata alapján 2000 tavaszán alakult meg az ENQA *(European Network for Quality Assurance in Higher Education).* Kezdetben csak az EU-tagállamok minõségértékelõ szervezetei (és felsõoktatási kormányzati képviselõi) lehettek a tagjai, de hamarosan a társult országok számára is megnyitották. A 2002. májusi közgyûlésen a Magyar Akkreditációs Bizottságot is felvették a tagok sorába. Fontos különbség, hogy az INQAAHE-vel szemben az ENQA-nak csak olyan ügynökség lehet a tagja, mely megfelel a tagsági követelményeknek. Ezek az adott ügynökség nemzetközi szintû „komolyságát", megbízhatóságát garantálják. (www.enqa.net)

A CEE Network *(Central and Eastern European Network of Quality Assurance Agencies in Higher Education)* 2000 novemberében Budapesten, szintén a MAB kezdeményezésére ült össze elõször, ekkor még az INQAAHE alszervezeteként. A 2001-es krakkói konferencia döntött az önállósulásról, 2002-ben, Bécsben pedig egy-egy osztrák és bajor ügynökséggel bõvült a jelenleg tizennyolc tagú szervezet, melynek titkársága a MAB égisze alatt mûködik. (www.ceenetwork.hu)

A skandináv országok minõségértékelõ szervezeteit a *Nordic Network* fogja össze. Hagyományaik, földrajzi-nyelvi kötõdésük és kapcsolataik bázisán számottevõ nemzetközi érdeklõdést keltett a közelmúltban a tevékenységüket bemutató (ENQA 2001), valamint az ügynökségek kölcsönös elismerésére vonatkozó projektjük. (ENQA 2002) Utóbbiban a már említett dán és a finn nemzeti minõségértékelõ szervezet (FINHEEC) módszereinek, mûködésének összevetésére került sor. Ennek alapján az öt ország (Izland is) szakértõi a kölcsönös elismerés lehetséges nemzetközi módszertanának kialakításához tettek javaslatokat. (www.kka.fi/nordicquality/index.lasso)

A felsõoktatási intézmények nemzetközi szervezõdései közül témánk szempontjából kiemelendõ az EUA *(European University Association),* amely 2001 áprilisában két korábbi szervezet egyesülésével jött létre. Egyik elõdszervezete, a CRE (Egyetemek Európai Szövetsége) azonban már 1995-tõl végzett tanácsadó-auditáló jellegû értékeléseket a jelentkezõ intézmények számára, önköltséges jellegû térítés ellenében. Magyarországról a *József Attila Tudományegyetem* (Szeged) és a *Kossuth Lajos Tudományegyetem* (Debrecen) vettek részt a programban, mely még ma is mûködik. Az EUA kétévente tartott konventjeivel továbbá „nézetformáló" is, az európai felsõoktatási intézmények eszmecseréjének fontos fóruma. (www.unige.ch/eua)

Az egyik legfrissebb európai fejlemény a hálózatosodás terén, hogy az egyik éppen csak megalakult nemzeti ügynökség, a holland *National Accreditation Organisation* (2002) kezdeményezésére 2003 júniusában összehívták a szintén meglehetõsen „fiatal" nyugat-európai akkreditációs szervezeteket, s bejelentették a *Consortium of European Accreditation Agencies* nevû szervezet megalakítását. Aggasztó, és az európai szellemmel ellentétesnek tekinthetõ az a tény, hogy a jóval régebbi, nagyobb tapasztalattal rendelkezõ közép- és kelet-európai akkreditációs szervezetek véleményét nem kérdezték, s nem hívták meg õket sem az ülésre, sem a hálózatba. Ennek fényében az „európai" jelzõ pontosítást igényelne.

S végül mindenképpen meg kell még említeni az Egyesült Államok különbözõ akkreditációs szervezeteit magába foglaló ernyõszervezetet (CHEA – *Council for Higher Education Accreditation*). A CHEA több mint 3 ezer tagszervezete között persze többségében vannak a felsõoktatási intézmények, „csak" mintegy hatvan akkreditációs szervezetet számlál tagjai sorában. Éves konferenciái és különbözõ munkaértekezletei, valamint kiadványai és honlapja révén azonban igen fontos szerepet játszik a felsõoktatás minõségbiztosításában. Mi több, az amerikai akkreditációs szervezetek elismerését is végzi, azaz csak olyan ügynökséget vesz fel tagjai sorába, mely bizonyos rögzített feltételeknek megfelel. (www.chea.org) A fenti szervezõdések mellett természetesen több további, nemzetek feletti hálózat is mûködik, Közép- és Dél-Amerikában, Ausztrál-Ázsiában, Európában, s interkontinentálisan is.

A nemzetközi minõségértékelési hálózatok egy sajátos fajtája a *szûkebb szakmai alapú* szervezõdés. Ezek a szervezetek mintegy klubszerûen mûködnek, s tevékenységük – esetenként egyebek mellett – egy-egy tudományág vagy képzési programtípus (például MBA-képzések) minõségértékelésére irányul. Az egyik legismertebb ilyen együttmûködés a *Washington Accord* egyezmény keretében 1989-ben jött létre, s az aláíró országok mûszaki felsõoktatásának kölcsönös akkreditációs elismerésére irányul. (www.washingtonaccord.org) Több hasonló, jobbára intézményi szinten együttmûködõ szervezet alakult az üzleti tudományok területén (például AACSB – *Association to Advance Collegiate Schools of Business*, EQUIS – *European Quality Improvement System,* FIBAA – *Foundation for International Business Administration Accreditation*), illetve mûszaki-természettudományos területen (ECIU – *European Consortium of Innovative Universities*).

Globális trendek

A felsõoktatás minõségbiztosításával, minõségértékelésével kapcsolatos legfontosabb trendek a következõk.

1. A felsõoktatásban világszerte tapasztalható a nemzeti határok átlépése, viszonylagossá válása, az *oktatás exportálása-importálása*. *Új oktatási formák* hódítanak egyre nagyobb tért (távoktatás, *online* képzés), *új*, sok esetben kérdéses minõségû, *oktatási szolgáltatók* és *akkreditálók* („*diploma mills*" és „*accreditation mills*") jelennek meg, melyek többsége profitorientált. A nemzeti és nemzetek feletti minõségértékelõ szervezeteknek megnyugtató választ kell találniuk erre a kihívásra. A munka folyamatban van, elsõ eredményei már megszülettek.[2]

2. A fentiek miatt megnõtt a jelentõsége a felsõoktatási programok, intézmények

[2] Lásd például nemzeti szinten a MAB távoktatási képzésekre vonatkozó követelményrendszerét (www.mab.hu, a *Szabályok* menüpontban található követelményrendszer), vagy nemzetközi szinten a CHEA által kidolgozott alapelveket (CHEA, 2001), az ENQA tagfelvételi követelményeit (ENQA, 2002b), valamint az INQAAHE 2003. áprilisi közgyûlése által elsõ változatban elfogadott ajánlást a külsõ minõségértékelõ szervezetek jó mûködésének alapelveire vonatkozóan (INQAAHE, 2003).

megbízhatóságára, minõségére vonatkozó megalapozott ismereteknek. Az érintettek széles köre a hallgatóktól a nemzeti kormányokig biztos minõségi garanciákat vár el. (Fogyasztóvédelem, elszámoltathatóság, értéket a [magán- és köz-] pénzért.)

3. A felsõoktatás minõségbiztosítása, *minõségértékelése alapvetõen nemzeti felelõsség*. Minden országgal szemben nemzetközileg elvárt követelmény, hogy a szektor szereplõi felelõsségük tudatában legyenek, s a felsõoktatási intézményektõl a minõségértékelõ szervezeteken át a kormányokig minden tõlük telhetõt megtegyenek a minõségközpontú mûködésért és mûködtetésért, a minõség folyamatos javításáért.

4. A felsõoktatás *minõségértékelése* – a fenti trendekkel összhangban – *nemzetközi dimenziót* kapott. A nemzeti szabályozásokon túl szükség van a nemzetközi információ- és tapasztalatcserére, a nemzeti szervezetek nemzetközi együttmûködésére, közös projektek és munkaértekezletek révén egyeztetett alapelvek és álláspontok kialakítására, közös módszertani fejlesztésekre. E tevékenységek természetes és hatékony kerete – amint azt fentebb láttuk – a *regionális és globális hálózatok* kialakulása.

5. A *felsõoktatás minõségértékelése mára szakmává vált*. (Woodhouse, 2003) Az Amerikában évszázados, Európában több mint egy évtizedre visszatekintõ múlt során kialakult egy viszonylag jelentõs elméleti és módszertani ismerethalmaz és gyakorlat-együttes, melynek elsajátítása és biztos tudásakezelése nélkülözhetetlen e szakma megalapozott mûveléséhez. A nemzeti és nemzetközi rendszerleírások, kutatási és projektbeszámolók mellett rendszeresen jelennek meg ún. trendjelentések és különbözõ gyûjteményes kötetek. A szakmának több nemzetközi hírújságja, referált folyóirata is van.[3] Az egyes nemzeti ügynökségek szakszerû mûködésének, hitelességének és nemzetközi elfogadottságának kulcsfontosságú eleme, hogy testületi tagjai, szakértõi és/vagy fõállású alkalmazottai e tudás, szakmai kompetencia birtokában vannak-e vagy sem.

[3] A MAB könyvtárának katalógusa elérhetõ honlapunkon a *Könyvtár* menüpontban.

Európai fejlemények

1. A legfontosabb európai fejlemény természetesen a *Bologna-Prága-Berlin folyamat*, mely persze nemcsak a többciklusú képzés bevezetésérõl szól, hanem minõségbiztosítási, minõségértékelési vonatkozása is jelentõs. E cikk írásakor még nem ismert a miniszterek által 2003 szeptemberében Berlinben aláírandó nyilatkozat végleges szövege. A tervezetek azonban azt mutatják, hogy az Európai Felsõoktatási Térség egyik meghatározó eleme lesz a hiteles, megbízható, s egymással módszertanilag egyre inkább harmonizálódó nemzeti minõségértékelések rendszere.

2. Noha voltak, s talán még vannak is erre irányuló kezdeményezések Európában (és globális méretekben is), jelenleg úgy tûnik, hogy egyetlen omnipotens, központosított, *összeurópai* (világ) minõségértékelési szervezet felállítása *a közeljövõben nem valószínû*. A nemzeti felelõsség és hatáskör, s a különbözõ társas-kulturális kontextusok (diverzitás) figyelembe vétele és megtartása mellett kívánatosak a kölcsönösen elfogadott alapelveken nyugvó mûködés és a módszertani harmonizáció.

3. Kétségkívül megfigyelhetõ Európában az utóbbi években egy *akkreditációs trend*. A kilencvenes években a nyugat-európai szervezetek túlnyomó többsége tanácsadó-auditáló jellegû értékeléseket végzett. A határozottabb eredményeket, elszámoltathatóságot és egységesebb követelményeket (minõségi szintet) igénylõ érintettek (hallgatók, jó minõségû intézmények, kormányzati szervek) nyomására azonban Nyugat-Európa egyre több országában hoz-

nak létre akkreditációs szervezeteket.[4] Az ENQA friss kutatási jelentése szerint a vizsgálatban részt vevõ (kelet- és nyugat-európai) minõségértékelõ szervezetek fele végez már akkreditációs tevékenységet (is). (ENQA, 2003, 7.) Érdekes ugyanakkor, hogy – mintha csak a fent írt harmonizáció jegyében történne mindez – a kelet-európai klasszikus akkreditációs rendszerek kezdik felvenni, erõsíteni a tanácsadó és összehasonlító jellegû értékelõ tevékenységet.[5]

4. Ami az európai szervezetek tevékenységét, a vizsgálatok fókuszát illeti, egyrészt a hangsúly az intézményi auditálás felõl a *programok, szakok értékelése* (akkreditációja) felé tolódik, másrészt az értékelések során a bemeneti tényezõk és az oktatási-tanulási folyamat mellett elõtérbe kerülnek a vizsgált szakon tanuló, illetve azt végzett hallgatók által elsajátított *kompetenciák* (ismeretek, képességek, értékvilág).

5. Végül feltétlenül meg kell említeni, hogy a felsõoktatási minõségbiztosítás, minõségértékelés fejlesztésének, harmonizációjának útját az *Európai Unió* is egyengeti. Említettem, hogy az ENQA létrejöttében az Európa Tanács ajánlása is szerepet játszott. Az EU adminisztráció magas rangú tisztségviselõi részt vesznek az ilyen tárgyú rendezvényeken, konferenciákon, javaslataikkal segítik a munkát. Az Európai Bizottság, továbbá az ENQA mûködésének, valamint nemzetközi részvételû projekteknek a finanszírozásában is részt vállal.

[4] Az elmúlt egy-két évben hozták létre újonnan vagy átalakítással például Hollandia, Norvégia, Olaszország, Spanyolország, Svédország nemzeti akkreditációs szervezeteit, de a német és az osztrák szervezetek is néhány évesek csupán.

[5] A MAB esetében például jól mutatja mindezt a 2002 februárjában elfogadott *Stratégiai terv* (honlapunkon a *Szabályok* menüpontban, illetve lásd *Michelberger Pál* írását e lapszámban a 1308 oldalon), valamint a pszichológia és a történelem szakok vonatkozásában tervezett párhuzamos, összehasonlító értékelések elindítása. (Szántó, 2003)

Projektek

Ez a kis áttekintés nem volna teljes, ha nem mutatnánk be, ha csak futólag is, néhány fontosabb ide kapcsolódó nemzetközi projektet. A sorban az általánosabb tárgyúaktól haladunk a kifejezetten minõségértékelési fókuszúak felé. (Természetesen az elõbbi projektek is minõségértékelési vonzataik miatt szerepelnek a felsorolásban.)

1. Elsõ fázisában 1999-2001 között zajlott az *EuPsyt projekt*, melyben az ún. Európai Pszichológus Diploma követelményrendszerét kísérelték meg kidolgozni a diplomához vezetõ tanulmányok tananyagának egységesítésére vonatkozó ajánlás összeállításával. (www.europsych.org/EuroPsyT)

2. A *Joint Quality Inititive* holland kezdeményezésre indított projekt, melynek elsõ fázisa már befejezõdött (2001-02). A projektben részt vevõ szakértõk az Európai Felsõoktatási Térség kialakításának célrendszerét szem elõtt tartva a *bachelor* és a *master* szintû diplomákkal szemben támasztható általános kimeneti elvárásokat fogalmazták meg. (www.jointquality.org)

3. Hasonlóképpen második fázisába lépett a *Tuning projekt*, melynek elsõ fázisában (2001-02) több mint száz európai felsõoktatási intézményi szervezeti egység (tanszék), s több ezer szakértõ és hallgató vett részt – kérdõíves megkeresést is alkalmaztak –, s nyolc tudományágban vizsgálták meg a képzés harmonizációjának („összehangolásának") lehetõségeit. Javaslatot tettek – egyebek mellett – a hallgatók által elsajátítandó alap- és tudományág-specifikus kompetenciákra. (www.relint.deusto.es/TUNINGProject/index.htm)

4. Az EUA a fentebb már említett intézményértékelési tevékenysége mellett egy másik futó projektjében *(Quality Culture)* az Európai Bizottság támogatásával a felsõoktatási intézményi mûködés hat fõ területének önértékelésen alapuló javítási lehetõsé-

geit kísérli meg feltárni, ötven felsõoktatási intézmény részvételével.

5. Említettem, hogy az *INQAAHE* 2003 áprilisi dublini közgyûlésén a tagszervezetek képviselõi elfogadtak egy elsõ szövegtervezetet a felsõoktatási minõségértékelõ ügynökségek *jó mûködésének alapelveire* vonatkozóan. (INQAAHE, 2003) Az ülésen elhangzott észrevételek alapján a közgyûlés egy munkacsoport felállítását határozta el, mely a szövegen – a tagszervezetek szakértõinek bevonásával – tovább dolgozik.

6. A 2003 tavaszán Sitgesben (Spanyolország) tartott szakértõi értekezlet nyomán az *ENQA* vezetõ testülete arról határozott, hogy tagszervezetei részére ugyancsak ki kell dolgozni a *mûködés jó gyakorlatának* kölcsönösen elfogadott alapelemeit, különös tekintettel az ügynökségek belsõ minõségbiztosítására. A tervezetet kidolgozó munkacsoportba a Magyar Akkreditációs Bizottság szakértõjét is meghívták.

7. Ez év õszére várható a szintén az ENQA égisze alatt futó TEEP – *Transnational European Evaluation Project* zárójelentésének közzététele. A projekt három diszciplína, az állatorvos-tudomány, a fizika és a történelem területén tanulmányozza a program(szak)szintû minõségértékelés nemzetközi módszertana kidolgozásának lehetõségeit. Ez a vizsgálat is a képzés kimeneti oldalára, valamint a belsõ minõségbiztosítás vizsgálatára koncentrál. A projektben Magyarországról a *Szent István Egyetem* Állatorvostudományi Kara vesz részt. (www.enqa.net, a *Publications* menüpontban)

A MAB nemzetközi jelenléte

E cikk eddigi tárgyszerû hangneméhez látszólag talán nem illik, mégis, szerénytelenség nélkül (valóban tárgyszerûen) megállapítható, hogy a Magyar Akkreditációs Bizottság nemzetközileg az ilyen célra fordítható költségvetési forrásainak súlyos korlátozottsága ellenére „jelen van". Amint az eddigiekbõl is kiderült, a nemzetközi hálózatok munkájában aktívan, gyakran kezdeményezõként veszünk részt. Az ENQA vezetõ testületében a közép- és kelet-európai régiót *Róna-Tas András*, a MAB tiszteletbeli elnöke képviseli. A testület és a titkárság egyes tagjai rendszeresen – lehetõségeink és a meghívások függvényében – elõadásokkal szerepelnek konferenciákon, részt vesznek szakértõi munkaértekezleteken, egyéb szakértõi munkában, véleményezésben, külföldi intézmények, programok értékelésében (például az EUA intézményértékelési programja keretében).

A MAB megalakulása, 1993 óta 9-11 szakértõbõl álló *Nemzetközi Tanácsadó Testületet* mûködtet, melynek éves ülései, s az azon megfogalmazott ajánlások együttesei folyamatos segítséget (és minõségi kontrollt) jelentenek számunkra.

A MAB a nemzeti minõségértékelõ szervezetek sorában az elsõk között kezdeményezte – többek között éppen a fenti Tanácsadó Testület javaslatára – saját mûködésének külsõ nemzetközi szakértõi értékelését. A rendkívül alapos és részletes vizsgálat jelentõs nemzetközi érdeklõdést keltett. (Szántó, 2000)

Nemzetközileg egyre inkább elvárt, hogy az egyes nemzeti szintû intézményilletve programértékelésekben külföldi szakértõk is részt vegyenek. Különösen így van ez a kis országok esetében. (Az észt Felsõoktatási Akkreditációs Központ például kizárólag külföldi szakértõket kér fel az értékelésekre!) E téren, erõfeszítéseink ellenére, sajnos nem tudunk olyan jó eredményeket felmutatni, mint az kívánatos volna. Nem tudunk kellõ számú külföldi szakértõt felkérni. Talán nem kell mondani, hogy nem a szándék hiányzik.

Összefoglaló megállapítások

1. Egy-egy felsõoktatási intézmény és programjainak belsõ minõségbiztosítása és a minõségbiztosítási intézkedések (rendszer)

szisztematikus belsõ értékelése az adott intézmény feladata és felelõssége.

2. Mind nemzeti (fogyasztóvédelem, értéket a pénzért), mind nemzetközi szempontok (képzések és diplomák nemzetközi elfogadottsága) miatt kívánatos azonban, hogy az intézmények és programok minõsége és minõségbiztosítási rendszerei e tevékenységre szakosodott, külsõ szervezet(ek) által is rendszeres felülvizsgálatra, értékelésre kerüljenek.[6]

3. A külsõ értékelõ szervezetekkel szemben tevékenységük hitelessége és elfogadottsága szempontjából a legfontosabb nemzetközi elvárások a következõk:

• függetlenség mind a felsõoktatási intézményektõl, mind a kormányzattól;

• az értékelések pártatlansága és objektivitása (külföldi szakértõk bevonása);

• átlátható és hatékony mûködés;

• saját belsõ minõségbiztosítás;

• tárgyszintû (diszciplináris) és minõségértékelési szakmai professzionalizmus.

[6] A hallgatói önkormányzatok európai szövetsége az EUA *Quality Culture* projektje kapcsán szögezi le: „A minõségi kultúrát külsõ testületnek kell értékelnie, hogy a felsõoktatási intézmények ne használhassák azt pusztán a külsõ minõségbiztosítási rendszer szigorának elkerülésére." (ESIB, 2002, 66.)

Kulcsszavak: *akkreditáció, felsõoktatás, minõségbiztosítás, minõségértékelés, nemzetközi szervezetek*

IRODALOM

Campbell, Carolyn – Rozsnyai, Christina (2002): *Quality Assurance and the Development of Course Programmes*. UNESCO – CEPES, Bucharest

CHEA (2001): *Principles for US Accreditors Working Internationally: Accreditation of non-US Institutions and Programs*. www.chea.org/pdf/internatl_principles_01.pdf

ENQA (2001): *Quality Assurance in the Nordic Higher Education - Accreditation-like Practices*. European Network for Quality Assurance in Higher Education, Helsinki

ENQA (2002a): *A Method for Mutual Recognition*. European Network for Quality Assurance in Higher Education, Helsinki

ENQA (2002b): *Regulation of the European Network for Quality Assurance in Higher Education*. www.enqa.net/texts/regula.lasso

ENQA (2003): *Quality Procedures in European Higher Education*. Helsinki: European Network for Quality Assurance in Higher Education

ESIB (2002): *European Student Handbook on Quality Assurance*. The National Unions of Students in Europe, Brussels

INQAAHE (2003), „Principles of good practice for an EQA agency". www.inqaahe.nl/public/docs/Principles.doc

Szántó R. Tibor (szerk.) (2000): *The External Evaluation of the Hungarian Accreditation Committee*. Hungarian Accreditation Committee, Budapest (www.mab.hu/english/doc/extevalh.doc)

Szántó Tibor (2003): Azonos alapképzési szakok párhuzamos akkreditációja és értékelése. in Magyar Felsõoktatás. 4-5-6. 53-54.

Részletesebben: Szanto R. Tibor: Programme Accreditation in Hungary: Lessons from the Past, Plans for the Future. In Quality in Higher Education. megjelenés alatt

Woodhouse, David (2003): *The Quality of Quality Assurance Agencies*. www.inqaahe.nl/public/docs/ThequalityofEQAs.doc

Young, Kenneth E. et al. (1983): *Understanding Accreditation*. Jossey-Bass, San Francisco – Washington – London

A világ tudománya magyar diplomaták szemével

A KÖZVÉLEMÉNY A TUDOMÁNYPOLITIKA FORMÁLÁSÁBAN

– BRIT TAPASZTALATOK –

Szalai-Szûcs Ildikó

tudományos és technológiai attasé, London – ISzalai-Szucs@huemblon.org.uk

A társadalmi igények, elvárások képviselete a tudománypolitika alakításában az Egyesült Királyságban szakmapolitikai prioritás. A következõ írás rövid áttekintése a címben megjelölt terület elmúlt tízévi fejlõdésének: a tudomány közérthetõségének igényétõl a közvéleménynek a tudománypolitika formálásába való bevonásáig. Nem kíván teljes áttekintést adni a terület minden intézményi szereplõjérõl, illetve a kérdésben született dokumentumról, sokkal inkább egy szemléletmód megjelenését és fejlõdését hivatott szemléltetni, melynek során három intézmény tevékenységét követi figyelemmel, ezek a Royal Society, vagyis a brit Tudományos Akadémia, a tudósokat és a tudománypolitika képviselõit tömörítõ Royal Institution, és a hagyományosan a legszélesebb közvélemény informálására létrejött The British Association for the Advancement of Sciences.

Az Egyesült Királyságban jelenleg meghatározó az a szemlélet, amely a szakmapolitikák alakításában figyelembe kívánja venni a társadalom különbözõ csoportjainak igényeit, véleményét. A brit kormányzati politikában ez – a terület sajátosságainak megfelelõen – a szolgáltató jelleg hangsúlyozásától (lásd: oktatás, ipar-kereskedelem) a társadalmi véleményeknek a szakmapolitikába, részben kormányzati, részben nem-kormányzati szereplõk révén szervezetten történõ beépítéséig, különbözõ formákban jelentkezik.

A társadalmi igények fokozott és intézményesen elõsegített képviselete a tudománypolitika formálásában is erõteljesen érvényesül. A közvélemény szerepének fontosságát már az *1993*-ban kiadott kormányzati tudománypolitikai stratégiai dokumentum rögzítette. Az innovációt mint a gazdasági növekedés elõfeltételét megjelölõ *Realizing Our Potential: A Strategy for Science, Engineering and Technology* (1) címû kormányzati dokumentum a tudomány és technológia közvélemény számára való hozzáférhetõségét, érthetõvé tételét tudománypolitikai prioritásként határozta meg. Azzal együtt, hogy a közvélemény és a tudomány kapcsolatát támogató gondolkodásnak az Egyesült Királyságban igen nagy hagyományai vannak, a dokumentum alapvetõ változást hozott e

tekintetben azáltal, hogy a korábban fõként a társadalomtudományok által képviselt kérdéskört hivatalosan a *tudománypolitika részévé* tette. Az említett stratégiai dokmentum megjelenése óta a ma leginkább „Tudomány a társadalomban" elnevezéssel jelölt problematika kezelése jelentõs fejlõdésen ment keresztül, amennyiben a tudomány közérthetõvé tételére irányuló tevékenységbõl mára a *közvéleményt a tudománypolitika formálásába intézményesen* bevonni kívánó magatartás vált. Jelenleg a tudománypolitikáért felelõs államigazgatási szervek, illetve független testületek tevékenységének szerves részét jelentik a társadalmi vélemények, érdekek beépítését célzó programok.

Az Egyesült Királyságban a tudománypolitika alakítása csakúgy, mint más szakmapolitikáké, számos kormányzati és nemkormányzati szereplõ együttmûködésében valósul meg. A „Tudomány a társadalomban" elnevezéssel jelölt célterület fejlõdésének vázlatos ismertetése során számos, szintén jelentõs, de kisebb intézmény, valamint a kormányzati tevékenység elismerése mellett három független tudománypolitikai intézmény: a *Royal Society*, a *British Association for the Advancement of Sciences (BA)*, a *Royal Institution,* illetve az egészen a közelmúltig létezõ *COPUS* tevékenységére térünk ki részletesebben.

A tudomány széles közvélemény számára való „hozzáférhetõsége" mint elvárás, nem új keletû az Egyesült Királyságban. A tudomány és a laikus társadalom közti távolság felszámolására jött létre a *Royal Institution* 1799-ben, illetve a *The British Association for the Advancement of Sciences* 1831-ben. E hagyományt teremtõ intézmények párhuzamos tevékenysége mellett n*em-kormányzati intézményes összefogásról* a kérdés XX. századi történetében 1985-tõl beszélhetünk. Ebben az évben jelentette meg ugyanis *a Royal Society The Public Understanding of Science* (2) címû tanulmányát, melynek ajánlásai alapján a három nagy múltú intézmény, vagyis a *Royal Society*, a *Royal Institution* és a *BA* létrehozta közös programját. Az annak keretében megalapított *COPUS* bizottság (Committee on the Public Understanding of Science) célja a tudományos eredmények közvélemény számára történõ hatékony interpretálása, a tudomány képviselõi és laikus társadalom közti kapcsolat közvetlenebbé tétele volt.

A *tudomány és társadalom* témakörben jelentõs változást hozott a brit kormány 1993-ban készült tudománypolitikai stratégiai dokumentuma. A megelõzõ húsz év tudomány- és technológiapolitikáját elsõként áttekintõ dokumentum a tudomány szerepének társadalmon belüli tudatosítását tudománypolitikai prioritásként jelölte meg. A dokumentum hatására tudományos és tudománypolitikában érintett kormányzati és nem-kormányzati szervezetek stratégiájában egyaránt megjelent ez a prioritás, így például a hét Kutatási Tanács, a tudománypolitikáért felelõs kormányzati hivatal – az *Office of Science and Technology* és a közfinanszírozású kutatóintézetek tevékenységében. Ekkor a kérdéskört elsõsorban a *public understanding of science'* elnevezéssel illették, ami a tudományos élet és a *laikus* társadalom közti kommunikáció javítását jelentette. Az ilyen jellegû programok egyrészt a laikus társadalom felé irányultak a tudomány és annak társadalmi-gazdasági hasznosulása közötti összefüggések ismertetésével, a közvélemény tudomány iránti érdeklõdésének felkeltésével, másrészt a kutatókat célozták meg tevékenységük kommunikálásának szorgalmazásával és támogatásával, a közvélemény fontos szerepének a kutatói társadalomban való tudatosításával.

A *COPUS* mûködtetése mellett, az azt létrehozó és abban részt vevõ intézmények folytatták saját kommunikációs tevékenységüket. Ezek az intézmények hagyomá-

nyos szerepüknek megfelelõen különbözõ megközelítésbõl foglalkoztak a kérdéssel, s ez az intézményi profil mára még észrevehetõbben elkülönült. A tudomány és társadalom eltérõ megközelítésének kialakulását, de a tudomány „társadalmasítása" mellett leginkább a közvélemény bevonásának elõtérbe kerülését is felgyorsította az Egyesült Királyságban lezajlott BSE (kergemarhakór) krízis, majd a génmódosított élelmiszerekrõl megjelenõ ellentmondásos hírek és tanulmányok. A társadalom bizalomvesztésének hatására a tudomány és a tudománypolitika képviselõiben egyre inkább érvényesült az a gondolkodás, amely a tudományos kérdésekrõl hozott döntésekbe szükségesnek tartotta a közvélemény bevonását. Ennek nyomán mind kormányzati, mind nem-kormányzati szervezetek részérõl olyan projekteket indítottak, amelyek fórumok, viták keretében a különbözõ társadalmi csoportok véleményének a szakmapolitikába való beépítését célozzák.

A Lordok Háza 2000-ben publikált jelentésének (3) hatására, amely a tudomány eredményeinek általános elismertsége mellett megállapította bizonyos tudományos kérdések vonatkozásában a társadalom jelentõs bizalomvesztését, a *Royal Society* létrehozta saját *Tudomány a társadalomban* elnevezésû programját. A 2000-ben megkezdett ötéves program már az új gondolkodásmódot tükrözi, vagyis a tudomány elfogadottságának növelése mellett a társadalmi vélemények szakmai körökhöz való eljuttatását is célozza. A program legfõbb elemét azok a rendszeres, az ország különbözõ pontjain szervezett beszélgetések jelentik, amelyek aktuális kérdések megvitatását teszik lehetõvé kutatók, helyi politikusok, médiaszemélyiségek, az egészségügy és más érdekelt területek szakértõivel. A program másik eleme az országgyûlési képviselõk és tudósok munkájának kölcsönös megismertetését célzó projekt, amely a gyakorlatban azt jelenti, hogy képviselõk valamely laboratóriumban töltenek néhány napot, illetve a kutatók az országgyûlésben tesznek látogatást. A program fontos része egy országos szintû fórum sorozat, amelynek keretében kutatók, a tudománypolitika képviselõi, laikusok és különbözõ érdekelt társadalmi csoportok között strukturált eszmecserét, vitát szerveznek egynapos programok formájában. Végül a *Tudomány a társadalomban* program negyedik vetülete egy tanácsadó szolgáltatás, amelynek részeként a *Royal Society* aktuális témákban elemzéseket, tanulmányokat készít egyrészt a tudománypolitika, másrészt a közvélemény számára fontos, napirenden levõ kérdésekrõl, mint például a génmódosított élelmiszerek.

A *Royal Society*, amely kb. 1300 hazai és külföldi tudóst fog át, tagságán keresztül igen alkalmas arra, hogy különbözõ tudományterületek egy adott kérdésben való állásfoglalását képviselje, illetve azt a tudománypolitika kormányzati formálói felé közvetítse. Emellett a laikus társadalom számára rendezett programjai lehetõvé teszik a közvélemény és a szakma közti párbeszéd eredményének beépítését a kormányzati döntéselõkészítésbe.

A *Royal Instituiton* tevékenységében ugyan jelen vannak a közvéleménynek szánt programok, ezek azonban inkább tájékoztató jellegûek, a társadalom és döntéshozók közti közvetítõ szerep itt kevésbé érvényesül. A *Royal Institution* a tudomány és a tudománypolitika kiemelkedõ képviselõit tömörítõ testületként inkább magas szintû fórumot biztosít aktuális kérdések megvitatására, és rendszeres kapcsolatot teremt tudósok és a tudománypolitika képviselõi között.

A *BA* hagyományainak megfelelõen inkább a tudomány népszerûsítésével foglalkozik, programjai a legszélesebb közvélemény elérését célozzák. Tevékenységének kiemelkedõ megjelenítõje az évente megrendezésre kerülõ *Nemzeti Tudományos*

Hét, amelyben a *BA* társszervezõként vesz részt. Az egy hétig tartó rendezvénysorozatra bármilyen intézmény bármilyen témában jelölhet elõadást, vagyis a rendezvény a legváltozatosabb témákban a legszélesebb közvéleményt próbálja elérni. A *BA* külön programokkal jelentkezik fiatalok, gyerekek számára, továbbá társasági eseményekhez kapcsolódó tudománynépszerûsítõ programokat szervez.

Amint látható tehát, a *COPUS*-t alapító három intézmény a „tudomány és társadalom" problematika más és más vonatkozásait célozza meg, hagyományos szerepüknek megfelelõen. Az elmúlt évek során, az intézmények saját programjainak erõsödésével párhuzamosan, a *COPUS* vesztett jelentõségébõl. Az egyes intézmények fokozódó aktivitása mellett a *COPUS* szerepének csökkenését az is okozta, hogy a szervezet nem tudta magáévá tenni azt a szemléletmódot, amely a társadalom igényeit mint valóságos alakító tényezõt veszi figyelembe. Végül a *COPUS*-t alapítók arra a megállapításra jutottak, hogy a szervezet által alkalmazott, a felülrõl való irányítást elõnyben részesítõ megközelítés már idejétmúlt, s ezért 2002 decemberében megszüntették – ez a lépés a szemléletváltás intézményes deklarációjának is tekinthetõ.

A tudomány és társadalom kérdéskörben a kormányzati és a nem-kormányzati szervezetek által folytatott tevékenységet jól szemlélteti egy aktuális és sok vitát kiváltó kérdés kezelése, mégpedig a *génmódosított (GM) növényekkel* kapcsolatos brit álláspont kialakítása. A GM-vita ugyanis alkalmas arra, hogy a megközelítésen túl szemléltesse az egyes intézmények együttmûködését is adott kérdésben. A brit kormány 2002 májusában társadalmi párbeszédet kezdeményezett a génmódosított növények és élelmiszerek témájáról, azzal a céllal, hogy a párbeszéd eredményeit beépítse a szakmapolitikai döntésekbe. A kormányzat által összefogott párbeszéd három részbõl áll: *a)* egy független szakértõk által szervezett vitasorozatból, amely a legszélesebb közvélemény tájékoztatására és a vélemények feldolgozására hivatott; *b)* a Miniszterelnöki Hivatalon belül mûködõ Stratégiai Hivatal projektjébõl, amely az érintettek bevonásával a kérdés gazdasági vonatkozásait dolgozza fel; illetve *c)* a problémakomplexum tudományos vonatkozásainak összegzésébõl, amelyet a kormány tudományos fõtanácsadójának irányításával készítenek el.

Bár a GM-vita kormányzati kezdeményezés, abban különbözõ mértékben részt vesznek független tudománypolitikai intézmények is. A *Royal Society* mindenekelõtt a tudományos fõtanácsadó által vezetett tudományos rész rendezvényeinek társszervezését vállalja, emellett publikálja a kormányzati projekt megvalósítása során készült egyes tanulmányokat. Ezen kívül saját *Tudomány a társadalomban* projektjén belül is foglalkozik a kérdéssel, így például a közelmúltban tanulmányt jelentetett meg a génmódosított növények élelmiszer-célú felhasználásának egészségügyi vonatkozásairól (4), illetve rendszeresen vitákat, beszélgetéseket szervez a témában. A *BA* részvétele a nemzeti dialógusban formálisabb az elõzõ intézményénél, amennyiben rendszeresen és hivatalosan szerepel rendezvények társszervezõjeként. Ezenkívül saját kezdeményezésként számos, a széles közvéleménynek szánt elõadást, beszélgetést rendez. A *Royal Institution* programjában természetesen szintén szerepel a génmódosított növények és élelmiszerek témaköre, azonban formális kapcsolata nincs a kormányzati programmal.

*

Az Egyesült Királyságban a szakmapolitikák alakítása a kormányzati és nem-kormányzati szervezetek legtöbb esetben nem formálisan rögzített, hanem hagyományosan kialakult együttmûködése útján történik. Ez érvé-

nyes a tudománypolitikára is, amelynek területén a jelenlegi brit kormányzat igen aktív és kezdeményezõ szerepet játszik a független tudományos intézmények, testületek mellett. E kooperációnak jó példája a tudománypolitikai prioritásként a kilencvenes évek elején megjelölt *tudomány és társadalom kapcsolatának javítása*, ami ma már a hagyományos ismeretterjesztés mellett a társadalmi vélemények, érdekek rögzítését és figyelembevételét jelenti a tudománypolitika egyes kérdéseinek formálásában. Az *alulról építkezés* egyre inkább érvényesülõ szemléletmódjának alkalmazásában a nagy múltú intézmények, mint a Royal Society, a BA és a Royal Institution, nélkülözhetetlen szerepet töltenek be.

Kulcsszavak: *tudomány közérthetõsége, tudománypolitikai prioritás, társadalom bizalomvesztése, társadalmi szervezetek, szakmapolitikák alakítása, társadalmi igények képviselete, döntési folyamat*

Internetes címek:
Royal Society: http://www.royalsoc. ac.uk/
Royal Institution of Great Britain: http://www.ri.ac.uk/
British Association for the Advancement of Sciences: http://www.britassoc. org.uk

IRODALOM

1 *Government White Paper. Realizing Our Potential: A Strategy for Science, Engineering and Technology.* HMSO, 1993
2 *The Public Understanding of Science.* Royal Society, 1985
3 House of Lords, Science and Technology Committee: *Third Report*: *Science and Society.* 23 February 2000
4 Royal Society: *Genetically modified plants for food use and human health* –an update, February 2002

AZ ELEKTRONIKUS KORMÁNYZÁS SZAKÉRTÕI TÁMOGATÁSA AZ USA-BAN

Takács István
tudományos és technológiai attasé, Washington

Az Egyesült Államokban 2002 decemberében született meg az „*e-Government*" bevezetésérõl szóló törvény. Ennek minél hatékonyabb és minél szélesebb körû alkalmazását kívánja elõmozdítani az a szakértõi tanulmány, amelyet egy különleges civil szervezet – a Council for Excellence in Government (CEG) – készített az e-kormányzással összefüggõ nemzetközi tapasztalatokról.

Az 1983-ban létesült, magyarra csak nehézkesen fordítható nevû intézmény (Tanács a Kormányzati Kiválóságért?) sajátosan amerikai, pártoktól független, nagy befolyású nonprofit szervezet, amelynek célja az, hogy szakértõi (háttér-) munkával segítse a kormányzati munka hatékony, magas színvonalú megvalósulását. Innovációbarát „környezetet" próbálnak teremteni a kormányzás számára, konkrét állami akciókhoz, kezdeményezésekhez társulva. A CEG tagjai jelentõs kormányzati tapasztalattal rendelkezõ vezetõ szakemberek a gazdaság, az oktatás és a közélet egyéb területeirõl.

Az elektronikus kormányzásról szóló törvény alkalmazása során számos kihívással kell szembenézni. 2002-ben végzett felmérések *(Hart-Teeter)* kimutatták, hogy az ország közvéleménye jelentõs várakozással tekint az elektronikus kormányzás bevezetése, majd tökéletesítése elé, elsõsorban a közegészségügy, a közbiztonság és a közlekedés területén. Úgy tûnik, az amerikai átlagpolgár hajlandó elfogadni még a személyiségi jogok bizonyos korlátozását is, ha ezért cserébe a kormány a polgárok sokoldalú biztonságát magasabb szinten garantálja. Általános vélemény szerint az *e-Government* program a kormányszervek idõnként akadozó együttmûködésére, koordinációjára is kedvezõ hatást fog gyakorolni.

Tanulságos, hogy a CEG szakértõi tanulmánya kidolgozásakor, széleskörû nemzetközi tapasztalatok felmérésére is támaszkodva, tíz olyan kritikus elemet, tématerületet azonosított, ahol az elektronikus kormányzás bevezetésétõl jelentõs „hozadékot" lehet várni. Ezek mindegyikénél megjelöltek olyan országokat, ahonnét az amerikai szakértõk jó megoldásokat vehetnek át, illetve pozitív tapasztalatok hasznosítására van mód. A tíz kritikus terület a következõ:

1. *Új kormányzati struktúra kialakítása a szolgáltatások megszervezéséhez.*
2. *A jelenlegi kormányzati folyamatok, döntési mechanizmusok és az információáramlás feltérképezése az integráció elõkészítéséhez.*
3. *A hagyományos és az elektronikus szolgáltatási rendszerek párhuzamos fenntartása a legszélesebb hozzáférhetõség érdekében.*
4. *Az e-government bevezetéséhez szükséges beruházások költség/haszon elemzése.*
5. *A „digitális vízválasztó" – a társadalom elektronikus hozzáférés szerinti megosztottságának csökkentése.*
6. *Az üzleti szféra és a fogyasztói társada-*

lom elvárásainak összhangba hozása a kormányzati szándékokkal.

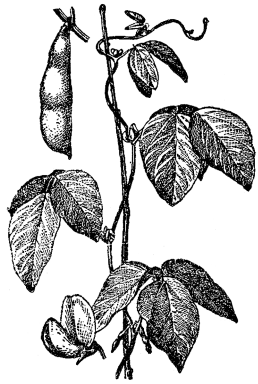
7. *Szabványosított eljárások, szoftverek legjobb megoldásainak átvétele és bevezetése, különös tekintettel az elektronikus hitelesítésre és a digitális aláírásra.*
8. *A biztonsági szempontok és a személyi adatok védelmének összhangba hozása; a közbizalom megõrzése a kormányzattal való* online *kapcsolatokban.*
9. *A tudásgazdaság megvalósítását célzó képzési programok a közszférában dolgozók részére.*
10. *A kormányzat és a magánvállalatok kölcsönösen elõnyös együttmûködésének útjai; kormányzati feladatok elvégeztetése magáncégekkel; a kormányzati ellenõrzés racionalizálása.*

A CEG által a tárgyban készített tanulmányt 2003-ban az ENSZ munkaszerveinek is bemutatták.

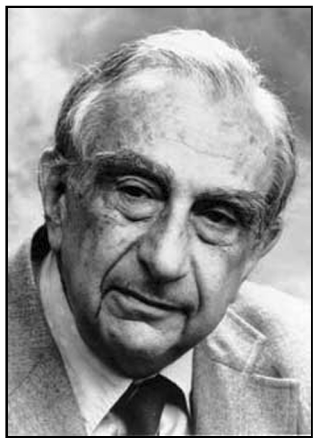
Internetes címek:

Council for Excellence in Government: *http://www.excelgov.org/*

The New E-Government Equation: Ease, Engagement, Privacy & Protection conducted by Hart-Teeter on behalf of the Council for Excellence in Government and Accenture: *http://www.excelgov.org/usermedia/images/uploads/PDFs/egovpoll 2003.pdf*



Megemlékezés



TELLER EDE
1908 – 2003

Teller Ede professzor 96. életévében, ez év. szeptember 9-én, Stanfordban elhunyt. Személyében a 20. század zseniális természettudósát veszítettük el. Elsõsorban fizikus volt, de gondolatai, eredményei hatottak és alkalmazást nyertek a természettudományok más területein is.

Teller Ede 1908. január 15-én született Budapesten, itt járt elemi iskolába és gimnáziumba. Édesapja (Teller Miksa) ügyvéd volt, aki fiának is jól jövedelmezõ pályát szeretett volna választani; vegyészmérnöknek szánta és 1925 szeptemberében beíratta a Budapesti Mûszaki Egyetemre. Teller Ede egy félévig hallgatott itt elõadásokat. A második félévet már a Karlsruhei Egyetemen végezte, ahol kémia, matematika és kvantummechanika elõadásokat hallgatott. Az utóbbit Herman Mark professzor adta elõ, és valószínû, ez volt az elsõ hatás, ami a fizika felé irányította az ifjú Teller figyelmét.

Az 1928-as tavaszi szemeszterre már a Müncheni Egyetemre iratkozott be, ahol Arnold Sommerfeld elõadásait is hallgatta. Ebben az évben tanulmányait megakasztotta egy müncheni baleset, amelyben elvesztette jobb lábát. A kórházi ápolás után Budapesten vakációzott, majd nem Münchenbe tért vissza, hanem a Lipcsei Egyetemre ment. Itt volt professzor Werner Heisenberg is, aki bevonta kutatómunkájába a magyar hallgatót. A hidrogénatom és ionizált hidrogénmolekulával kapcsolatos vizsgálatok eredményei képezték PhD téziseit, amelyeket 1930-ban védett meg. Lipcse után Göttingen következett, ahol James Franck munkatársa lett (1931-33). E periódus eredménye volt a Pöschl-Teller-féle egydimenziós potenciálfüggvény kidolgozása és levezetése (Pöschl-Teller, 1933), amely a hajlítási mozgások leírására szolgál.

1934-ben a Rockefeller Alapítvány támogatásával látogatott meg néhány intézetet és neves kutatót: Niels Bohrt Koppenhágában és Enrico Fermit Rómában. Niels Bohr intézetében ismerte meg az orosz származású George Gamowot, és a vele folytatott beszélgetések hatására kezdett foglalkozni a magfizikával. Amikor Gamow a George Washington Egyetemen professzor lett, 1935-ben Tellernek is szerzett itt állást. 1936-ban megjelent egy közös dolgozatuk (Gamow–Teller, 1936), amelyben leírták a bétabomlás szelekciós szabályát, ezt azóta Gamow-Teller szabálynak hívják. 1938-ban közös dolgozatot publikáltak a termonukleáris reakciók elméletérõl (Gamow – Teller, 1938). Teller egy visszaemlékezésében írta, hogy ebben az idõben értették meg a Nap energiaforrását: a proton-proton fúziót és a pozitív béta-bomlás együttes megvalósulását. Ennek a magreakciónak a valószínûsége nagyon kicsi (a proton-proton ciklus átlagos ideje 10^9-10^{10} év), mégis a napban lévõ protonmennyiséget figyelembe véve, elég ah-

hoz, hogy a Nap mûködését fenntartsa (még mintegy további $5 \cdot 10^9$ évig).

Ezekben az években Teller professzornak volt elég energiája, hogy a magfizikához nem kapcsolódó, más tudományterületekre is kiránduljon és ott is maradandót alkosson. 1937-ben jelent meg dolgozata Hermann Arthur Jahn társaságában az elektronszerkezet és a molekulák geometriájának kapcsolatáról (Jahn-Teller, 1937). Ebben a dolgozatban kimutatták, hogy a degenerált elektronállapot torzul valamely normál koordináta mentén, és a rendszer energiaminimumának biztosításához a geometriának is torzulnia kell. Ezt a hatást azóta Jahn-Teller effektusnak nevezik. Az utóbbi idõben a mágneses adattárolásra használt kolosszális mágneses ellenállást (KME) mutató anyagokban a KME jelenség mechanizmusának értelmezésére is felhasználják a Jahn-Teller effektust.

Egy teljesen másfajta jelenség, a nempórusos szilárd felületen lejátszódó több rétegû adszorpció is felkeltette Teller professzor érdeklõdését. Ezzel a témával foglalkozik a Stephen Brunauer, Paul Hugh Emmett és Teller (BET) által publikált, 1938-ban megjelent dolgozat (Brunauer et al., 1938). Azóta a nempórusos szilárd anyagok felületét BET felületnek hívják, és az ilyen anyagok fajlagos felületét a BET egyenlet és a BET készülék segítségével határozzák meg. Ez az eredmény a szájhagyomány szerint[1] úgy jött létre, hogy Brunauer (aki szintén magyar származású volt) egy hétvégén találkozott Tellerrel, és beszélt honfitársának témájáról, a gázok adszorpciójáról. Teller másnap átadta Brunauernak a jelenség matematikai leírását.

A rendszeresen megrendezésre kerülõ Washingtoni Elméleti Fizikai Konferenciát (*Washington Conference on Theoretical Physics*) Gamow és Teller szervezte 1939 januárjában. Itt számolt be Niels Bohr arról, hogy Otto Hahn és Fritz Strassman felfedezték a maghasadást. Ennek jelentõségét az Amerikában élõ fizikusok azonnal felismerték, és ezután felgyorsultak az események.

Az akkor harmincegy éves Teller is ott volt a Long Island-i üdülõhelyen 1939. augusztus 2-án, ahol Albert Einstein és Szilárd Leó megírták az ismeretes levelet Roosevelt elnöknek, amelyben javasolták a Manhattan Terv létrehozását.

Teller professzor 1942-1946 között a Manhattan Project keretében tevékenykedett. Az atombomba etikai kérdéséről késõbb könyvet is írt *The Legacy of Hiroshima* címmel (Teller – Brown, 1962).

Már a *Manhattan Project* idején felvetette a termonukleáris (hidrogén) bomba kifejlesztésének lehetõségét, és folyamatosan szorgalmazta ennek megvalósítását. 1949 és 1952 között õ volt a Los Alamos Tudományos Laboratórium társigazgatója, ahol az elsõ hidrogénbomba elkészült. Teller tevékenysége lényegesen hozzájárult ahhoz, hogy a Szovjetunió nem vált a termonukleáris bomba egyedüli birtokosává. A Reagan elnök idején elkezdett csillagháborús stratégia egyik kidolgozója, támogatója és propagálója szintén Teller Ede volt (Teller, 1987). Igen valószínû, hogy ez a program kényszeríttette bele a Szovjetuniót egy olyan hidegháborús fegyverkezési versenybe, amelybe belerokkant. A hidrogénbomba kifejlesztésében és a csillagháborús stratégia kidolgozásában játszott kezdeményezõ szerepe révén *Teller professzor hatással volt a 20. század történelmére*.

1952-tõl idejét megosztotta a Radiation Laboratory, Livermore, a Lawrence Livermore National Laboratory intézetek és az University of California, Berkeley között. 1975-tõl a Stanfordi Egyetemen felállított Hoover Institution on War, Revolution and Peace-ben dolgozott haláláig.

Teller Ede egész életében kötõdött a magyar kultúrához, a magyar nyelvhez, és figye-

[1] Ezt a történetet Dr. Pászli Istvántól hallottam, akinek Nagy Lajos György professzor mondta el. Neki Shay Géza professzor továbbította a sztorit, aki ismerte Brunauert, az eredeti hírforrást.

lemmel kísérte a Magyarországon folyó eseményeket. Pontosan és precízen (angol szavak használata nélkül) beszélt magyarul, és kívülrõl tudott sok magyar verset. Kedvenc költõje Ady volt.

Az 1989-90-es kelet-európai rendszerváltozás után azonnal bekapcsolódott a magyar tudományos és társadalmi életbe. Ezután gyakran jött Magyarországra (volt olyan év, hogy kétszer is megtette a Stanford–Budapest utat) mindaddig, amíg egészsége engedte. Számos elõadást tartott egyetemeken, az Akadémián és Magyarországon rendezett konferenciákon. Mindig gondolatébresztõ, nagy élmény volt õt hallgatni. Így az 1991 augusztusában, Szombathelyen rendezett nemzetközi pozitronannihilációs konferencián elõadást is tartott, a *Proceedings* elõszavát is õ írta, és a diszkussziókban is igen intenzíven részt vett. (Akkor nyolcvanhárom éves volt.) Az említett elõszó utolsó két sora lefordítva így szólt:

„A Szombathelyen rendezett, inspiráló konferencia, ha kis mértékben is, de hozzájárult hitünk megerõsítéséhez, hogy a tudományos megismerés folyamata végtelen."

A Kluwer gondozásában ez évben fog megjelenni az ötkötetes *Handbook of Nuclear Chemistry.* Januárban kértük Teller professzort, hogy írjon néhány bevezetõ gondolatot a sorozathoz. Az elõszó márciusban megérkezett, elsõ két mondata így szól:

„Az új gondolatokat nehéz befogadni; a bizalmatlanság és ellenállás gyakran gátolja az új tudomány és technológia feltárását és felhasználását. Elég, ha csak Galilei, Newton és Einstein mûvére és veszõdségeire gondolunk, s azonnal látjuk, mekkora akadályokat kellett leküzdeniük."

Teller Ede életmûve hatalmas. Számos tudománnyal és annak népszerûsítésével foglalkozó dolgozatot írt, és mintegy ötven könyvet publikált. (Többnyire társszerzõkkel.)

Mintegy harminc egyetemnek és tíz akadémiának volt tiszteletbeli doktora, illetve tagja. A Magyar Tudományos Akadémia 1990-ben választotta tiszteleti tagjává, és az Eötvös Loránd Tudományegyetem díszdoktorává avatta 1991-ben.

Eredményeit hatvan díj és kitüntetés ismerte el. Elnöki kitüntetést kapott John Kennedy elnöktõl (1962), két alkalommal Ronald Reagan elnöktõl (1982 és 1989) és 2003 júliusában Geroge W. Bush elnök tüntette ki az Elnöki Szabadság Éremmel (Presidential Freedom Award).

A Magyar Köztársaság Elnökétõl 1990-ben A Magyar Köztársaság Rubinokkal Ékesített Zászlórendje és 1994-ben A Magyar Köztársasági Érdemrend középkeresztje a csillaggal kitüntetést kapta. Õ volt az elsõ, aki 2001-ben megkapta az újra életre hívott Magyar Corvin-láncot a Magyar Köztársaság Miniszterelnökétõl.

Teller Edét gyászolja a világ természettudományos társadalma.

Vértes Attila

IRODALOM

Brunauer, Stephen – Emmett, Paul Hugh – Teller, Edward (1938): Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. Journal of the American Chemical Society. 309.

Gamow, George – Teller, Edward (1936): Selection Rules for the Beta-Disintegration. Physical Review. **49**, 895.

Gamow, George – Teller, Edward (1938): The Rate of Selective Thermonuclear Reactions. Physical Review. **53**, 608.

Jahn, Hermann Arthur – Teller, Edward (1937): Stability of Polyatomic Molecules in Degenerate Electronic States I – Orbital Degeneracy. Proceedings of the Royal Society of London Series A. **161**, 220.

Pöschl, G. – Teller, Edward (1933): Bemerkungen zur Quantenmechanik des anharmonischen Oszillators. Z. Physik. **83**, 143.

Teller, Edward – Brown, Allen (1962): *The Legacy of Hiroshima*. Garden City, New York

Teller, Edward (1987): *Better A Shield Than A Sword*. Free Press/Macmillan, New York

Kitekintés

A SÖTÉT ENERGIA LÉTEZIK

1998-ban szupernóvafelvételek elemzésébõl következtették ki, hogy a Világegyetem – a korábban gondolttal éppen ellentétesen – egyre gyorsuló ütemben tágul. A tágulás üteme csak úgy fokozódhat, ha valamilyen hatás a gravitáció ellen dolgozik, ez az ismeretlen valami kapta a „sötét energia" (dark energy) nevet, a sötét szó itt az ismeretlenségre utal. Nemrég újabb bizonyítékot találtak az antigravitációs hatás létezésére. Az általános relativitáselmélet szerint a nagy tömegek gödröcskét keltenek a téridõ szerkezetében. Ha ebbe egy foton beesik, akkor beesése közben energiát nyer, kifelé jõve pedig ugyanannyit veszít, ha a gödröcske szimmetrikus. A sötét energia viszont eltorzítja a gödröcskét, a foton energianyereséggel jön ki a gödröcskébõl. A foton több idõt tölt a laposabb gödröcskében, emiatt is nõ az energiája. Nem kell mást tenni, mint összehasonlítani a gravitációs gödröt megjárt fotonok és az ilyen akadállyal nem találkozott fotonok jellemzõit. A WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) mûhold minden korábbinál pontosabban és részletesebben térképezte fel a Világegyetem mikrohullámú háttérsugárzásnak irányeloszlását. Ezt az eloszlást hasonlították össze a SDSS (Sloan Digital Sky Survey) térképeivel, amelyek a galaxisok eloszlását mutatják. Az összehasonlító elemzés szerint a mikrohullámú háttérsugárzás melegebb a galaxisokhoz közeli irányokból, ezek a fotonok tehát beleestek a torzult gravitációs kútba, vagyis a sötét energia létezik. Az SSDS-adatgyûjtés 2006-ban zárul, addigra a mai adatmennyiség a két és félszeresére nõ. Megbízhatóbb összehasonlításra, finomabb elemzésre lesz lehetõség. Talán választ kaphatunk arra is, vajon a sötét energia erõssége változik-e az idõben.

Seife, Charles: Dark Energy Passes Another Test. Science. 301, 25 July 2003. 449.
http://www.sdss.org/
http://map.gsfc.nasa.gov/

J. L.

ÚJ ELEMI RÉSZECSKÉK

Új, korábban nem ismert részecskeféleségeket fedeztek fel több laboratóriumban, az új részecskék négy, illetve öt darab kvarkból állnak. Az erõs kölcsönhatásban részt vevõ részecskék valamennyien hatféle kvarkból és azok antikvark párjából épülnek fel. A mezonok egy kvark-antikvark párból, a barionok (köztük az atommagot alkotó proton és a neutron) három kvarkból állnak. Mindeddig tehát csak két, illetve három kvarkból álló részecskéket figyeltek meg. Az erõs kölcsönhatás elmélete, a kvantum-színdinamika azonban nem zárja ki háromnál több kvarkból álló részecskék létezését sem.

Japánban (Oszaka), az amerikai Newport Newsban, a Jefferson Nemzeti Laboratóriumban és Moszkvában, az ITEP Intézetben végzett ütközési kísérletekben a céltárgy atommagban a gerjesztés után átcsoportosultak a kvarkok, és a bomlástermékek között megjelent a „pentakavark", egy öt kvarkból álló részecske, amely a $\Theta+$ nevet kapta. A három kísérletben más-más céltárgy atommagot és eltérõ gerjesztési megoldást alkalmaztak,

ezért biztató és megnyugtató az egybehangzó eredmény. Az sem zárható ki azonban, hogy az új részecske nem egyetlen részecske, hanem egy kétkvarkos mezon és egy háromkvarkos barion kapcsolódott össze valamilyen molekulaszerû képzõdménnyé. Egyértelmû választ az új részecskén végzett elektronszórási kísérletekkel lehetne nyerni, ez jelenleg még kivihetetlen.

Kaliforniában a SLAC (Stanford Linear Accelerator Center) kutatóközpontban újfajta, egy nehéz bájos kvarkból és egy könnyebb ritka antikvarkból álló mezont hoztak létre. (A *bájos* és a *ritka* név egyszerûen a kvarkféleségek megkülönböztetésre szolgál, nem jelent valós tulajdonságot.) Az új részecske létezése nem meglepetés, de tulajdonságai (például a vártnál kisebb tömege) alaposan eltérnek a modellszámítások alapján várttól. Lehetséges, hogy nem kétrészecskés mezon, hanem két-két mezon összekapcsolódásával létrejött négyrészecskés, molekulaszerû képzõdményre bukkantak. Az adatgyûjtés folytatódik.

Seife, Charles.: Evidence for ¢Pentaquark¢ Particle Sets Theorists Re-Joyce-ing.[1] Science. **301,** 11 July 2003, 155.;
Close, Frank: Strange Days. Nature. **424,** 24 July 2003. 376–77.
http://www.slac.stanford.edu/

J. L.

GYÉMÁNT FÉLVEZETÕ

A gyémánt kiváló félvezetõ anyag, sok tekintetben jobb, mint a ma széles körben használt szilícium. Az áramkörök 400 °C feletti hõmérsékleten is mûködõképesek maradnak, és a szilíciumnál jóval nagyobb teljesítményt viselnek el. A gyakorlati alkalmazásokhoz nagyfelületû egykristály gyémántlapkákra lenne szükség. A gyémántszeleteket epitaxiális növesztéssel hozzák létre. (Epitaxiális növesztés: a növesztett réteg a hordozó kristályszerkezetének pontos leképezése.) Gyémántréteg természetesen növeszthetõ gyémántra, de így csak kis felületû szeleteket lehet elõállítani. Sokféle kristályos anyag kipróbálása után az irídiumra való növesztés tûnt a legjobb megoldásnak. Egykristályos irídiumréteget azonban nem sikerült önmagában növeszteni, ehhez is hordozó kell. Magnézium-oxid és stroncium-titán-trioxid hordozóra jól növeszthetõ irídium, de kellõen nagy felület ezekkel sem érhetõ el. Az epitaxiális növesztés befejeztével az anyagok eltérõ hõtágulása miatt is gondok jelentkeznek. Más anyagot kellett keresni, újabban a zafír látszik a legígéretesebbnek. A zafír kémiailag és mechanikailag stabil, kristályai jó minõségûek és kellõen nagy méretûek. A nagy felületû gyémánt félvezetõ lapka készítése tehát két lépésben zajlik: elõször zafír felszínére párolnak irídiumot, majd az irídium egykristály felületére gyémántot. A lapkakészítés technológiájának megoldásával párhuzamosan gyémántáramkörök kifejlesztésén is dolgoznak.

Lásd errõl még: Gyémánttranzisztor. (Kitekintés – J. L.). Magyar Tudomány. 2003. 2, 275.
Lee, S. T. – Lifshitz, Yeshayahu: The Road to Diamond Wafers. Nature. **424,** 31 July 2003. 500-501.

J. L.

AMERIKAI FIZIKUSOK A TERVEZETT RAKÉTAVÉDELMI RENDSZERRÕL

Az Amerikai Fizikai Társulat (APS) tanulmánya szerint a tervezett rakétavédelmi rendszer megvalósíthatatlan. Az APS 1987-ben Reagan elnök csillagháborús tervét elemezte, és kimutatta, hogy az ûrbe telepített nagy-

[1] Szellemes szójáték, a névadó, Murray Gell-Mann a kvark (quark) szót James Joyce *Finnegans Wake* címû mûvébõl vette.

energiájú lézer- és részecskenyalábokkal tervezett rakétavédelem mûszakilag kivihetetlen. Az USA jelenlegi nemzeti rakétavédelmi terve szerint az ellenséges ballisztikus rakétákat repülésük korai szakaszában, még a felszálló ágban fogják megsemmisíteni. Egyes szakértõk szerint a rakétákat egyszerûbb lehet felszálló, mint a célra tartó, leszálló fázisukban megsemmisíteni, de az APS elemzése szerint ez egyértelmûen lehetetlen. „A belátható jövõben az országot még az elsõ generációs, szilárd hajtóanyagú interkontinentális ballisztikus rakétáktól (ICBM) sem lehet a felszálló ágban megvédeni." A folyadék hajtóanyagú ICBM-k hajtómûve kb. négy percig, a szilárd hajtóanyagosoké kb. három percig mûködik. Ebbe a néhány percbe kellene beleférnie az ellenséges rakétaindítás észlelésének, az ellenintézkedés megtételének, a felszálló rakéta elpusztításának. Az elemzés szerint egy Iránból indított rakétát csak egy a fellövési helyhez közeli országból indított ellenrakétával lehetne megsemmisíteni, de szilárd hajtóanyagos rakéta ellen még így is kevés lenne az idõ. Észak-Koreából induló rakétát csak az országhoz közel állomásozó, állandóan riadókészültségben levõ hajóról lehetne kivédeni.

A szakértõ fizikusok a rakéták levegõbõl (repülõgéprõl) történõ lézeres lelövését is lehetetlennek tartják. Folyékony hajtóanyagos rakétákat maximum hatszáz kilométer, szilárd hajtóanyagosakat maximum háromszáz kilométer távolságból lehetne lézerrel megsemmisíteni. A szilárd hajtóanyagos rakéták masszívabbak, jobban ellenállnak a hõhatásnak, ideális körülmények között sem lehetne lézerrel megsemmisíteni õket. Tovább bonyolítja a helyzetet, hogy a hajtómûvek üzemelésének néhány perce alatt a rakéta pályája megjósolhatatlan, ami alaposan megnehezíti a rakéta nyomon követését és megcélzását. Hírszerzési becslések szerint Irán vagy Észak-Korea egy-két évtizeden belül fejleszthet ki szilárd hajtóanyagú rakétákat, addig pedig a mai védelmi technika is elavul. A rakétavédelem tervezett költségeit (2004-ben 9,1 milliárd USD) a tanulmány nem is minõsíti.

Seife, Charles: Report Says Early Strikes Can¢t Shoot Down Missiles. Science. **301,** 18 July 2003. 287.
A jelentés: Report of the APS Study Group on Boost-Phase Intercept Systems for National Missile Defense - July 15, 2003. www.aps.org/public_affairs/popa/reports/nmd03.html

J. L.

ARKHIMÉDÉSZ ÉS A SZUPERGYORS TENGERALATTJÁRÓ

Mi történik Arkhimédész törvényével (minden vízbe mártott test…), ha egy nagyon gyorsan mozgó testre alkalmazzuk? Tegyük fel, hogy egy nyugalomban levõ tengeralattjáró sûrûsége pontosan megegyezik a vízével, a tengeralattjáró tehát lebeg. Ha a hajó a fénysebességhez közeli sebességgel mozog, akkor a relativitáselmélet szerint megnõ a tömege és csökken a hossza. Kisebb helyen nagyobb tömeg, a sûrûség megnõtt, tehát a test lesüllyed. A hajón levõ kapitány, nevezzük Nemónak, viszont úgy érzi, hogy a tengeralattjárója áll, miközben a víz közel fénysebességgel rohan el mellette. Megnõ az egyes vízmolekulák tömege, kisebb helyre szorulnak össze, vagyis a víz sûrûsége megnõ, a hajó tehát úszik. Paradoxonhoz jutottunk, a hajó nem süllyedhet és úszhat egyidejûleg. George Matsas fizikust (São Paulo Állami Egyetem, Brazília) hallgatója kereste meg a paradoxonnal, kiderült, hogy a problémát nem oldották még meg. Matsas az általános relativitáselmélet egyenleteibe illesztette be a mozgó tengeralattjárót. Az eredmény egyértelmû: a hajó lesüllyed. A felhajtóerõ ugyanis a gravitáció függvénye, a gyorsan mozgó testre a Föld nagyobb gravi-

tációs erõt fejt ki, mint az állóra. A víz sûrûségének bármilyen növekedését a nagyobb gravitációs erõ kompenzálja. Az álló megfigyelõ a hajó megnövekedett sûrûségének, a mozgó hajón tartózkodó Nemo kapitány pedig a megnövekedett gravitációnak tulajdonítja a süllyedést. Az Arkhimédész-törvény nagy sebességû és gravitációjú esetekre való kiterjesztése felhasználható lesz a neutroncsillagok és fekete lyukak körül befelé áramló gáz viselkedésének elemzésére is.

Seife, Charles: Souped-Up Archimedes Equation Torpedoes Submarine Paradox. Science. **301**, 8 August 2003. 747.

J. L.

ÕSSEJTBÕL TÜDÕSEJTEK

Elsõ ízben sikerült elérni, hogy felnõtt csontvelõbõl származó vérképzõ õssejtek tüdõsejtekké alakulva segítsék a beteg tüdõ gyógyulását. A vizsgálatokat az amerikai *University of Vermont* orvosai végezték Benjamin T. Suratt vezetésével. Tudományos cikkük egy interneten is elérhetõ amerikai szakmai folyóiratban jelent meg, augusztus elején.

Férfiakból származó õssejteket nõkbe ültettek be, így a tüdõben létrejött új sejtekrõl egyértelmûen meg lehetett állapítani, hogy valóban az õssejtekbõl származnak-e. Eredményeik azt mutatják, hogy csontvelõi õssejtek képesek a tüdõben a bajt „felismerni" és meg is próbálják orvosolni, megpróbálják a beteg sejteket pótolni. A kutatók szerint remény van arra, hogy elõbb-utóbb számos tüdõbetegség gyógyításában lehet alkalmazni ezeket. Példaként a súlyos örökletes betegséget, a cisztikus fibrózist említik.

Suratt, Benjamin T. et al.: Human Pulmonary Chimerism after Hematopoietic Stem Cell Transplantation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine.* Vol 168. Issue 3, 1 August 2003, 318-322.

G. J.

ÚJ ELMÉLET A SKIZOFRÉNIÁRÓL

Nem az idegsejtek biokémiai egyensúlyának megbomlása, hanem kóros sejtek okozzák a skizofréniát és a bipoláris betegségnek is nevezett mániás depressziót. Brit kutatók számoltak be új elméletükrõl az egyik neves orvosi folyóiratban. A cambridge-i Babraham Intézetben Sabine Bahn vezetésével olyan elhunytak agyának genetikai elemzésével végeztek vizsgálatokat, akik életük során mániás depresszióban, skizofréniában vagy mindkettõben szenvedtek. 22 ezer gén elemzésével megállapították, hogy a betegek agyszövetében elégtelenül mûködik több olyan gén, amely az idegrostok szigetelõanyagának, a myelin hüvelynek kialakításában vesz részt. A kutatók feltételezik, hogy a szigetelés hibáinak következményeként az idegsejtek kommunikációjában zavarok lépnek fel, és ezek okozzák a tüneteket. Ha az elmélet igaz, egészen új típusú pszichiátriai gyógyszerekre van szükség: a mostaniak ugyanis bizonyos idegingerület-átvivõ anyagok mennyiségének növelésén keresztül érik el a betegek állapotának javulását, alkalmazásuk tehát enyhít a tüneteken, de nem szünteti meg a betegségek okait. A *The Lancet* cikkérõl a *Nature* internetes folyóirata, a *Nature Science Update* is beszámolt szeptember 5-én.

Tkachev, Dmitri et al.: Oligodendrocyte Dysfunction in Schizophrenia and Bipolar Disorder. The Lancet. Vol. 362, No. 9386, 6 September 2003**,** 798–805.
Pearson, Helen: Genes Point to Schizophrenia Cells. http://www.nature.com/nsu/030901/030901-11.html

G. J.

TÜDÕRÁK ÉS GÉNEK

Vajon mi az oka annak, hogy habár a tüdõrákban szenvedõ emberek kilencven százaléka dohányos, csak minden tízedik cigarettázó kapja meg a nagyon súlyos betegséget?

Erre a kérdésre próbáltak válaszolni az izraeli Weizmann Intézet *(www.weizmann.ac.il)* kutatói, akik találtak is egy olyan genetikai rizikófaktort, amely jelentõsen növeli a tüdõrák kialakulásának esélyét.

A kutatók, Zvi Livneh professzor és dr. Tamar Paz-Elizur vezetésével évek óta azt tanulmányozzák, hogy a sejtekben mûködõ, az örökítõanyag hibáit kijavító mechanizmus milyen szerepet játszhat a rák kialakulásában. Szervezetünkben ugyanis a DNS-t naponta érik sérülések, és ha ezeknek a reparációja elmarad, daganatos sejtek keletkezhetnek. Livneh és munkatársai ennek a rendszernek egyik tagját, az OGG1 nevû javító enzimet vizsgálták, amely kihasítja a DNS-bõl azokat a darabokat, amelyeket egyes, a dohányfüstben is megtalálható szabad gyökök károsítottak. Kidolgoztak egy olyan tesztet, amelynek segítségével vérbõl mérhetõ, hogy valakinek a szervezetében milyen aktív az OGG1. Megállapították, hogy míg az átlagnépesség négy százalékában fordul elõ, hogy ennek az enzimnek az aktivitása alacsony, addig a tüdõrákos betegek negyven százalékáról mondható ez el. A kutatók szerint ez azt jelenti, hogy azok az emberek, akikben az OGG1 nem dolgozik kielégítõen, ötször–tízszer fogékonyabbak a rákos betegségekre. Mivel a dohányzás tovább növeli a kockázatot, azt állítják: egy dohányos, akiben ez az enzim nem elég aktív, százhúszszor nagyobb eséllyel kap tüdõrákot, mint egy olyan ember, akinek OGG1 szintje átlagos, és nem cigarettázik. Azt állítják: az általuk kidolgozott vértesztet érdemes lenne elvégezni minden dohányosnál, hogy tisztában legyen vele, ha fokozott veszélynek van kitéve. Ugyanakkor hangsúlyozzák, hogy természetesen a pozitív vérteszt, azaz az alacsony enzimaktivitás nem jelenti azt, hogy valakinek biztosan tüdõrákja lesz, és a negatív sem biztosíték arra, hogy az illetõ védett a betegséggel szemben. Nem beszélve arról, hogy a cigarettázás más daganatok, illetve a szív- és érrendszeri kórképek kialakulásának esélyét is növeli, és hogy ezek milyen kapcsolatban vannak ezzel az OGG1 enzimmel, azt még nem tudni. Az izraeli kutatók cikke az Amerikai Nemzeti Rákintézet lapjában, a Journal of the National Cancer Institute szeptemberi számában jelen meg.

Paz-Elizur, Tamar: DNA Repair Activity for Oxidative Damage and Risk of Lung Cancer. Journal of the National Cancer Institute. Vol. 95, No. 17, 3 Sept. 2003, 1312-1319.

G. J.

Jéki László – Gimes Júlia

Könyvszemle

Két könyv a pécsi tudományos mûhelybõl

Két könyv, két téma, két tudományág, látszólag semmi közük egymáshoz. Mégis legalább két ponton találkoznak: a franciák és az arabok története a kora középkorban s napjainkban keresztezi egymást; a szerzõk pályája pedig a Pécsi Tudományegyetemen fut össze. S a recenzens akár így is kezdhette volna: két könyv a pécsi tudományos mûhelybõl.

Hahner Péter munkáját a Mûszaki Könyvkiadó jelentette meg. S hogy miért a Mûszaki? (A szépírók munkáit gondozó kiadók pedig lézertechnikáról, az épületek szerkezetérõl, s ehhez hasonlókról adnak ki könyveket?) Akármi legyen is a válasz, a Mûszaki jól tette, hogy elkezdett egy országtörténeti sorozatot, melynek legújabb darabja a Franciaország históriájáról szóló munka. Azt pedig csak dicsérni lehet, hogy a könyvek megírását magyar szerzõkre bízta. Az országtörténet persze nem ismeretlen a magyar historiográfiában. Franciaország történetérõl a hatvanas évek végén Zsigmond László (*Franciaország 1789-1968*. Budapest, Kossuth Kiadó, 1969) már írt, s csak sajnálni lehet, hogy Hahner Péter errõl semmit sem jelzett bibliográfiájában. Ezen és más elõzmények (a Maecenas országtörténeti sorozata külföldi szerzõkkel) ellenére a Mûszaki vállalkozása újdonság, mert az adott országot a kezdetektõl napjainkig mutatja be. Franciaország esetében Julius Caesar és a sokkoló 2002-es elnökválasztás a két határpont. A szerzõ erre 320 oldalt kapott, s ebbe a fejezetek végi kronológiának s a függeléknek is bele kellett férnie. (Apropó függelék! Az *idegen nevek kiejtése* részben található Vincennes helyes kiejtése *venszenn*, s nem *venszann*.)

A több mint kétezer esztendõ történetének megírása igazi kihívás történésznek, kiadónak. Az utóbbi választhatta volna azt a megoldást, hogy az egyes fejezeteket az adott kor specialistájára bízza. Szerencsére nem ezt tette, hanem egyetlen szerzõt bízott meg a feladattal. S ez akkor is jó megoldás, ha tudjuk, hogy Hahner Péter a kora középkorban nem olyan otthonos, mint a 18. században vagy a francia forradalom történetében. Az egyszerzõs változatnak az az elõnye, hogy az olvasó egységes, kiegyensúlyozott képet kap Franciaországról. S ennek Hahner Péter valóban a specialistája. Nem csupán azért, mert jó tollú író, hanem azért is, mert jó történész, aki nem vész el a részletekben, aki tudja, mibõl mennyi kell ahhoz, hogy egy-egy periódust úgy rajzoljon meg, hogy politika, gazdaság, társadalom, sõt még a kultúra is beleférjen. Ez persze tömörségre kényszeríti a szerzõt, s közben elõfordulhat, hogy egy-egy megállapítás félreértésre ad lehetõséget. *„Franciaország … szerzõdéseket kötött a trianoni szerzõdés haszonélvezõivel, Jugoszláviával, Romániával és Csehszlovákiával. (Ezt nevezték kisantantnak).”* – olvasható a könyvben. Kétségkívül az említett három ország alkotta a kisantantnak, eredetileg *Apró-Antant*-nak nevezett tömörülést, de nem a Franciaországgal kötött szerzõdések hozták létre. Sõt, s ez nem igazán ismert, Franciaország ellenére, ellene alakult meg 1920-ban, hogy ellensúlyozza azt a Maurice Paléologue nevéhez kapcsolódó politikát, amely Budapestet akarta Párizs dunai politikájának központjává tenni. E politika elleni tiltakozás volt a kisantant mag-

vát jelentõ csehszlovák-jugoszláv egyezmény 1920-ban, amelyben a trianoni béke által létrehozott Közép-Európa fenntartására szövetkeztek. Románia csak 1921 áprilisában köt szerzõdést a két országgal, s ekkorra már a francia külpolitika is a kialakult középeurópai status quo elvét és gyakorlatát képviselte, a kisantant pedig valóban Párizs keleti politikájának egyik pillére lett. Az elõbbi eset persze semmit sem von le a könyv pozitívumaiból, amelyekhez még azt is hozzátehetjük: a kétezer éves francia történelem megrajzolása közben megismerjük a szerzõ saját véleményét is. Az persze nem biztos, hogy az olvasó majd mindennel egyetért. Az a szubjektivitás azonban, amit Hahner Péter megenged magának, csak jót tesz tudománynak, ismeretterjesztésnek egyaránt.

Tudomány és ismeretterjesztés a két kulcsszó Kéri Katalin munkájában is. Helyzete azonban kedvezõbb, mint Hahner Péteré, mivel nem csupán ecsetvonásokra kapott lehetõséget, hanem arra, hogy alaposabban körbejárja a középkori muszlim mûvelõdéstörténetet, s ezen belül a nevelés világát. A szerzõ az Iskolakultúra-könyvek 16. kötetében azt az iszlám civilizációt igyekszik bemutatni, amely jelentõs hatással volt az európai tudományos gondolkodás alakulására. Idõben ez a 7. századtól a 14-15. század fordulójáig terjedõ szellemi kalandozásra ad lehetõséget. S ebbe Mohamed, az iszlám középkori története, az iszlám tanításai éppúgy belefférnek, mint az oktatás, a mûvelõdés különbözõ területei. Kéri Katalin nem csupán a szakirodalom (angol, francia, spanyol és magyar nyelvû munkák, az interneten található feldolgozások) eredményei alapján készítette el összefoglalóját, hanem felhasználta a rendelkezésére álló publikált arab forrásokat is az elõbb jelzett nyelveken. Azt sem árt megjegyezni, hogy a szerzõ az arab nyelvet is ismeri. Ennek köszönhetõ az arab nevek, kifejezések gondos és pontos használata, s az, hogy a nyelv segítségével nemcsak érti, de érzi is az általa bemutatott világot, az európaitól eltérõ mentalitást, és ezt az olvasónak is közvetíteni tudja. Amit a szerzõ nevelésügy cím alatt bemutat, valójában egy szûkebb, német értelmezésû civilizációtörténet, amely az emberi élet szellemi oldalát foglalja magában. S ha valaki nem ismeri ezt a világot, meglepõdhet, hogy a 9. században már könyvesboltok voltak, s Bagdadban megépült a Bölcsesség Háza nevû tudományos központ, a világ elsõ nyilvános könyvtárával. Az oktatásban nagy szerepet kapott a memorizálás, mert az iszlám világában fontos értéket képviselõ tudás egyik pillérének tartották, s ezen a téren fantasztikusak a teljesítmények: egy ember akár 20 ezer, vagy ennél több sorból álló költeményt is képes volt megtanulni. Ez azért volt fontos, mert csak bizonyos ismeretanyag után képes a diák arra, hogy kérdezzen. S ha ezt nem tette, szégyenletes dolognak tartották. Mintha a számítógépes korszak elõzményeit látnánk, hiszen a mai kor meghatározó eszközét is csak akkor tudjuk kihasználni, ha elõtte rengeteg információt tápláltunk bele. Az iszlám fõleg azzal gyakorolt hatást az európai gondolkodásra, hogy átmentette az ókori értékeket, megismertetett a keleti civilizációkkal, miközben a saját értékeit is közvetítette. A mongol hódítás következményeként azonban a 13. században Khorasszántól Bagdadig több évszázad anyagi és szellemi értéke ment tönkre. Paul Valéryt igazolja ezzel a történelem, miszerint a civilizációk halandóak. Vagy, végigolvasva a könyvet, inkább Fernand Braudelnek adunk igazat, aki szerint a civilizációk túlélik a megrázkódtatásokat, mert elemeik vándorolnak, átmentõdnek, s beépülve más civilizációkba, megtermékenyítik azokat? (*Kéri Katalin: Nevelésügy a középkori iszlámban. Iskolakultúra, Pécs, 2002. 211 p. – Hahner Péter: Franciaország története. Mûszaki Könyvkiadó, Budapest, 2002. 320 p.)*

Majoros István
egyetemi docens, ELTE

A G-35-ösök útja

Honvári János: A gépállomások története

Egy 1815-ben, Keszthelyen rendezett mezõgazdasági bemutatóról írták: „…a különbféle ánglus és német találmányú szerszámokkal, melyek itt számosan találtatnak, … inkább csak próba gyanánt élünk, mert inkább csak mérésre, mint haszonra valók a mi hazánkban." A furcsa, maradi nézet nem könnyen szorult vissza Magyarországon. Mezõgazdaságunk gépesítése – számos helyi kezdeményezés ellenére – kezdetleges volt, és olyan is maradt egészen a 20. század közepéig, utolsó harmadáig. A kemény, nehéz emberi munka mellett az agrártermelés, az áruszállítás az igáslovakra, a jármozott szarvasmarhákra támaszkodott. Az 1938. évi összeíráskor is számba vettek még 1370 járgányos cséplõt és 5865 „tüzesgépet", a szórványosan elõforduló traktorok, szállítógépek mellett.

Honvári János a világháborús „örökséggel", a megmaradt gépekkel, az új helyzetekkel indítja vizsgálatát. A földosztás utáni állapotokkal. Amihez viszont hozzátartozott – és nem felejthetõ ma sem – viszonylagos elmaradottságunk. Magyarországon a „gépjárómûvek" száma – a korabeli statisztikai szóhasználattal élve – mindösszesen (személy-, teher- és egyéb „gépjárómû") 24 208 volt 1938-ban. A Dunántúl méretû Dániában 154 ezer, Hollandiában 152 ezer gurult. Jellemzõnek tekinthetõ, hogy az egy gépjármûre jutó lélekszám hazánkban 375 volt akkor, amikor Dániában csak 24, Németalföldön 57. (De Nagy-Britanniában már csak 18 lakos jutott egy gépegységre.)

Az önmagát agrárországnak meghatározó Magyarországon mind a mezõgazdasági gépgyártás, mind az agrártermelés gépesítettsége – néhány mûvelet, technológiai szakasz kivételével – még a követõ színvonal gondjaival küszködött. A latifundiumok 1945. évi felosztását követõen a gõzerõre épített nagytechnika már nem érvényesülhetett, a közép- és kisgazdasági gépellátás pedig megoldatlan volt. A háborús frontok elvonulása után a kevés traktorból, gépbõl is alig maradt valami. A mintegy milliót kitevõ ló- és igázott szarvasmarha-állomány száma is jelentõsen megcsappant.

Háborús veszteséget is, százados elmaradást is miként lehetett pótolni? Hogyan kellett-lehetett a parancsoló szükségen úrrá lenni, milyen módon teremtett az ország vonóerõt a mezõgazdaságban? Errõl számol be – éveken át végzett kutatási eredményeit közreadva – a gyõri egyetem gazdaságtörténésze, Honvári János.

A szerzõ az Állami Mezõgazdasági Gépszolgálat megalakulásától, az 1945-1948 közötti években importált nyugati traktorok leállításától kezdve tárgyalja az eseményeket és az azokat – oda-vissza – befolyásoló politikai folyamatokat a vizsgált témakörökben. Munkája a gépállomások átalakulásának – két évtizeddel késõbbi – leírásáról, a gépek eladásának megszervezésérõl szóló fejezettel zárul. „Azt a célt tûztem magam elé, hogy a magyar agrártörténetnek ezt a meglehetõsen elhanyagolt, ugyanakkor fontos kérdését monografikus mélységgel feltárjam" – írja az elõszóban. (Feltárásra vár az állami gazdaságok története is!) A feltáráshoz tekintélyes levéltári munkát, szakirodalmi elemzést végzett (2675 lábjegyzet!). A forráskritika ugyan jobbára az olvasóra marad, nem is könnyû azt ellátni, de az adatgazdagság kétségtelen kompenzál.

A munka – a vállalt feladatnak és címének megfelelõen – a gépállomási szervezet kialakulásának, mûködésének, a társadalmi (politikai) -gazdasági érdekek ütközésének szenteli a fõ figyelmet, de helyet kapnak a különlegességek, a magyar sajátosságok is. Külön fejezetben található például *A minta, a szovjet gépállomások leírása* címû rész, vagy az 1953. évi „új szakasz" gépesítési jogalkotási tárgya-

lása. Szerepel az üzemanyagjegy vagy például a tehénistálló gépesítése is. Korabeli FM-adatok alapján bemutatja, hogy a mezõgazdaság vonóerõ-kapacitása (igázott tehenek nélkül számítva) 1957-ben kisebb volt, mint 1935-ben (261. p.). Tényszerûen, minden pátoszt mellõzve számol be a gépszerelõk, traktorosok képzésének mindennapjairól, tanrendjükrõl, szálláshelyükrõl. Megemlítve azt is, hogy elõbb (vagy párhuzamosan) még az oktatókat is oktatni kellett, a tanfolyamok résztvevõit pedig tanítani a jegyzetelésre, esetenként az írás-olvasásra is. Igen, a járomszög, az ostornyél, majd a kormánykerék között fokozatok találhatók. Még a G-35-ös körmös traktorok használatakor is…

Hasonló adatsorok szólnak a nõi traktorosokról. A szólammá silányított egyenlõség mindössze azt jelentette a valóságban, hogy a traktorosok között 6-6,7 % volt a nõ 1952-ben, majd 1953-ban. (Ténylegesen még kevesebb, mert többen csak a nyilvántartásban – és a sajtóban – szerepeltek reklám-traktorosként, azaz más beosztásban dolgoztak.)

Érdemes kiemelni, hogy a munka szinte észrevétlenül, adataival, következetes csoportosítási módszerével dokumentál több, a korra és a témára vonatkoztatható történeti jellemzõt. Egyre már utaltam azzal, hogy milyen mértékû volt az agrár-mûszaki elmaradottságunk, vagyis honnan kellett indulni, mit lehetett folytatni a magyar mezõgazdaságban. (A különbségek még regionálisan is számottevõek voltak, mind a magántulajdonban lévõ gépek számát, mind azok kezelését illetõen.) Szerencsésen mutatja be a kutatás a szakmai (mûszaki) érdekek, valamint a politikai (ideológiai, esetenként vulgármarxista) felfogás ismétlõdõ ütközését. A „legalább minden járásba gépállomást" politikai követelménye váltakozó eredménnyel gyõzött a jól mûködõ, igényes gépszolgálat mûszaki szemléletével szemben.

Egy harmadik, visszatérõ jellemzõje a leírásnak a mezõgazdasági nagygépek állami monopóliuma (külön fejezetben is tárgyalja), illetve bizonyos eszközök, méretek, tulajdonformák fetisizálása.

Évtizedeken át makacsul tartotta magát az a nézet, hogy a nagygép (a szállítóeszköz, sõt a ló!) magántulajdonban (csoporttulajdonban is, lásd tsz.) társadalmilag veszélyes; nem engedélyezendõ. Még a vizsgált idõszakon túl, a hetvenes években is ragaszkodtak ahhoz – nem mezõgazdasági, hanem közlekedési döntési szinteken –, hogy nagytraktort, tehergépkocsit a mezõgazdasági szövetkezet tagja ne birtokolhasson, jóllehet már a mutatványosnak, a vándorméhésznek stb. jogszabály tette lehetõvé a tehergépkocsi-vásárlást. (A tilalmat csak 1980 tavaszán oldotta fel a KPM.)

Láthatóvá teszi a szerzõ azt is, hogy a vizsgált két évtized politikai-gazdasági vezetõi hogyan foglaltak állást egy-egy kérdésben, vagy éppen miképp uralták a terepet a minisztériumi szovjet tanácsadók, esetleg maga az apparátus. A levéltári források némelykor új megvilágításba helyezik egy-egy fellépését olyan korabeli vezetõknek, mint Erdei Ferenc, Keresztes Mihály, Hont János, Soós Gábor vagy Dimény Imre, Rázsó Imre, Keserû János. Kortársaik számára is jelenthet újat egy-egy levéltári lelet. Indokolt lenne ezért is – s egy új kiadást és a gazdaságtörténetet is gazdagítaná – az egykori munkatársakkal való, talán még lebonyolítható eszmecsere.

Honvári János idézi Gerõ Ernõnek az 1948. júliusi szövetkezeti konferencián elmondott beszédébõl a következõket: „A gépállomás segítségével traktorra ültetjük a magyar dolgozó parasztot, magasabb szakismeretet, technikai kultúrát viszünk a faluba..." (89. p.). A könyv e voluntarista program megvalósításának módjáról, eredményérõl és súlyos áráról ad – immár kellõ távlatból – tételes leírást. A G-35-ösök különleges útjáról. A John Deer gépek, a késõbbi, a versenyzõ magyar agrármodell megjelenése már egy másik történet. Valójában annak a vizsgálata: „hogyan épül be a gép az agrártársadalomba… Az egyik

alapprobléma: a termelés hogyan fokozható és hogyan tehetõ emberibbé a gép segítségével" (Glatz F. 1996-1997. 453. p.)

Honvári könyve hiánypótló és persze hiányokat is hordoz. Nem sokat, pótolhatókat. Megjelenése önmagában utal a mai nagy gondra, „hiányra": a korszerû, komplex gépesítés és géphasználat megoldatlanságára mezõgazdaságunkban. Aminek szintén következménye, ára van. Akár a mai aratásnak.

A Magyar Mezõgazdaság címû hetilapban jelent meg 2003 májusában: „Aratást vállalunk Claas kombájnokkal az egész országban, 10e Ft/ha. Fizetni gabonában is lehet." (Tel. stb.) Egy másik ajánlat: „Aratást vállalok 10 db nagyteljesítményû kombájnnal, valamint szántást… és egyéb szolgáltatást." Ez lenne a megoldás, a gépesítés jövõje? Vándorbrigádok, fél évszázaddal Móricz Zsigmond, John Steinbeck leírásai után? *(Honvári János: A gépállomások története 1947-1964. Távtan Kft., Budapest, 587 old.)*

Romány Pál
az MTA doktora

Albert Hofmann: LSD

A magyar gyógyszeripar történetében jelentõs szerepet játszottak az anyarozs-alkaloidák. A Richter Gedeon Rt.-nél az ergotamin tartarát termelése 1979-re meghaladta a 600 kg-ot. Az anyag jelentõs része exportra ment, itthon *Gynofort* néven került forgalomba. További jelentõs magyar készítmények: a *Redergam* és a *Bromokriptin.* A svájci Sandoz gyógyszergyárral együtt e területen a magyar ipar jelentõs világpiaci tényezõ lett.

Mindezek a készítmények az ún. *lizergsav* származékai, amint a kábítószerként elterjedt *lizergsavdietilamid*, röviden LSD is.

A Sandoz AG gyógyszergyárnál dolgozott a könyv ma kilencvenhét éves szerzõje, Albert Hofmann, aki 1943-ban felfedezte az LSD-t.

„Vannak olyan élmények, amikrõl a legtöbb ember fél beszélni, mert nem illeszkednek a hétköznapi valóságba, és kibújnak az értelem alapján történõ magyarázat alól" – írja a vegyész szerzõ könyve elõszavában. Õ nem fél beszélni. Leírja, hogy a lizergsav számos származékának elõállítása során, többek között a dietilamidra is sor került. Amikor az anyag tisztítását végezte, haza kellett mennie, ugyanis furcsa, könnyû szédüléssel párosuló nyugtalanság szállta meg. Otthon lefeküdt és bódulatszerû állapotba merült, amire rendkívül élénk fantáziálás volt jellemzõ, szakadatlanul fantasztikus, rendkívül plasztikus képek és intenzív, kaleidoszkópszerû forgatag lepte meg, Körülbelül két óra múlva ez az állapot megszûnt.

Nehezen tudta elképzelni, hogyan juthatott a szervezetébe bármennyi is ebbõl az anyagból, hiszen az anyarozsból származó anyagok közismerten mérgezõ volta hozzászoktatta a kínosan tiszta munkához, de talán egy kevés LSD az ujjhegyén keresztül mégis a szervezetébe kerülhetett. Tehát eddig ismeretlen erejû pszichoaktivitással rendelkezõ anyagról lehet szó. Hogy a dolog végére járjon, önkísérletnek vetette alá magát. Most már bemért mennyiséget, összesen alig látható 0,25 mg-ot vett magához. Ezúttal a korábbinál sokkal erõsebb volt a hatás, a látóterében minden hullámzott és torz volt, mintha görbe tükörben látna mindent. A szobában minden forogni látszott, a jól ismert tárgyak groteszk, fenyegetõ alakot öltöttek, minden bútor folyamatosan mozgásban volt, mintha élne. Azonban a külvilág ilyen groteszk jelenségeinél sokkal rosszabbak voltak azok a változások, amiket saját magában, belsõ lényében érzett. Hiábavalónak tûnt akaratának minden megfeszítése, hogy feltartóztassa a külvilág széthullását és énjének felolvadását. Egy démon költözött belé, és átvette a hatalmat a teste, az érzékei és a lelke felett. Átvette felette a hatalmat az anyag, amivel kísérletezni kezdett. Az anyag volt az a démon,

ami gúnyosan gyõzedelmeskedett az akarata felett, iszonyú félelem szállta meg, hogy megbolondult. Másik világba érkezett, ahol más volt a tér és más volt az idõ.

Olyan felfedezõ beszámolóját olvashatjuk a könyvben, akinek leírásai nem mások beszámolóin, hanem saját, mélyen átélt tapasztalatain alapulnak, és ez a tény teszi rendkívül érdekfeszítõvé és mindenki számára melegen ajánlhatóvá a mûvet.

Az LSD kémiai szempontból és pszichikai hatása alapján a mexikói varázsdrogok csoportjába tartozik. Felfedezésének kalandja tizenöt évvel késõbb meglepõ folytatáshoz vezetett, nevezetesen a varázsnövények izgalmas kutatásához, amelyek bemutatásának ez a könyv is jelentõs teret szentel.

Az anyarozs-alkaloidák, a lizergsav-származékok kutatása hazánkban is tovább folyik, többek között a jelen recenzor aktív részvételével. *(Albert Hofmann: LSD. Edge 2000 Kft., Budapest, 2003. 195 p.)*

Szántay Csaba
az MTA rendes tagja

Emigráció és identitás Szerkesztette Kanyó Tamás

Az iskoláit Svájcban végzett Kanyó Tamás huszonegy egykori ötvenhatos magyar disszidenssel folytatott hosszú beszélgetést. A többnyire magyar nyelvû, de olykor schwitzerdütsch szövegeket eleve bizonyos témákra bontotta szét (miért kivándorlás, miért Svájc, mit tudtak korábban az országról, stb.). Ez a szerkesztett anyag teszi ki a kötet nagyobb felét. A végén rövid formában megtalálható az ellenpár: Kanyó Tamás beszélgetett azokkal a svájciakkal, zömmel akkori egyetemi hallgatókkal, akik a menekülteknek többféle segítséget nyújtottak. A kérdést 2001-ben Budapesten kisebb konferencián (manapság *workshopnak* kell mondani) vitatták meg magyar szakértõk, zömmel szociálpszichológusok vagy szociológusok (Pléh Csaba, Ehmann Bea, Gyáni Gábor, Kónya Anikó, László János, hogy a kötet sorrendjéhez tartsuk magunkat). A kötet néhány itt elhangzott elõadás szövegét közli. Az elõadások a mûfaj, vagyis az úgynevezett *oral history* szempontjait érvényesítették a szövegekre, ezért került a kötet a kiadó történeti sorozatába, de a szociálpszichológia, a szövegelemzés, egyéb tudományszakok elméletét is alkalmazták, a laikus számára olykor messzire menõ következtetéseket vonva le a szövegbõl. A kötet persze elsõrendûen az 1956-os forradalom és következményei iránt érdeklõdõk figyelmére tarthat számot, de a módszertani kérdések iránt fogékony olvasónak is számos tanulsággal szolgál. *(Kanyó Tamás szerk. Emigráció és identitás. L'Harmattan–MTA Kisebbségkutató Intézet, Bp., 2002. 189 p.)*

(–r. –l.)

CONTENTS

Study

Eörs Szathmáry: The Origin of Life 1220
Judit Németh: Evolution of the Universe 1248
László Szabados: From Discovery to Accomplishment. Hommage to Doppler and Hubble ... 1256
Dénes Dudits: The Role of Gene and Genome Research in Crop Improvement ... 1263
Iván Berend T.: The Welfare State: Crisis and Solution..... 1273
Gábor Kardos: Legal Nature Of Social Rights: A View 1279
Pál Tamás: New Roles of the State in Hungarian Innovation Policies 1285

Academy Affairs

György Kroó: WSF 1297
András Róna-Tas: The Current Situation and Future of Hungarian Doctoral Schools 1298
Pál Michelberger: The First Ten Years of the Hungarian Accreditation Committee ... 1308
Tibor Szántó R.: Evaluating the Quality of Higher Education: The International Perspective 1317

The Science of the World as Seen by Hungarian Diplomats

Ildikó Szalai-Szûcs: The General Public's Role in Shaping Science Policy – The British Experiences 1325
István Takács: Expert Promotion of E-governing in the USA 1330

Obituary

Edward Teller *(Attila Vértes)* 1332

Outlook (László Jéki – Júlia Gimes)..... 1335

Book Review 1340

Ajánlás a szerzõknek

1. A Magyar Tudomány elsõsorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elõsegíteni, ezért elsõsorban olyan kéziratokat fogad el közlésre, amelyek a tudomány egészét érintõ, vagy az egyes tudományterületek sajátos problémáit érthetõen bemutató témákkal foglalkoznak. Közlünk téma-összefoglaló, magas szintû ismeretterjesztõ, illetve egy-egy tudományterület újabb eredményeit bemutató tanulmányokat; a társadalmi élet tudományokkal kapcsolatos eseményeirõl szóló beszámolókat, tudománypolitikai elemzéseket és szakmai szempontú könyvismertetéseket.

2. A kézirat terjedelme szöveges tanulmányok esetében általában nem haladhatja meg a 30 000 leütést (a szóközökkel együtt, ez kb. 8 oldalnak felel meg a MT füzeteiben), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat, képeket is tartalmaz, a terjedelem 20-30 százalékkal nagyobb lehet. Beszámolók, recenziók esetében a terjedelem ne haladja meg a 7-8 000 leütést. *A teljes kéziratot .rtf formátumban, mágneslemezen és 2 kinyomtatott példányban kell a szerkesztõségbe beküldeni.*

3. A közlemények címének angol nyelvû fordítását külön oldalon kell csatolni a közleményhez. Itt kérjük a magyar nyelvû kulcsszavakat (maximum 10) is. A tanulmány címe után a szerzõ(k) nevét és tudományos fokozatát, a munkahely(ek) pontos megnevezését és – ha közölni kívánja – e-mail-címét kell írni. A külön lapon kérjük azt a *levelezési és e-mail címet*, telefonszámot is, ahol a szerkesztõk a szerzõt általában elérhetik.

4. Szöveg közbeni kiemelésként *dõlt,* (esetleg **félkövér** – bold) betû alkalmazható; ritkítás, VERZÁL betû és aláhúzás nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kell megadni.

5. A rajzok érkezhetnek papíron, lemezen vagy email útján. Kérjük azonban a szerzõket: tartsák szem elõtt, hogy a folyóirat fekete-fehér; a vonalas, oszlopos, stb. grafikonoknál tehát ne használjanak színeket. Általában: a grafikonok, ábrák lehetõség szerint minél egyszerûbbek legyenek, és vegyék figyelembe a megjelenõ oldalak méreteit. A lemezen vagy emailben érkezõ ábrákat és illusztrációkat lehetõleg .tif vagy .bmp formátumban kérjük; értelemszerûen feketefehérben, minimálisan 150 dpi felbontással, és a továbbítás megkönnyítése érdekében a kép nagysága ne haladja meg a végleges (vagy annak szánt) méreteket. A közlemény szövegében tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

6. Az irodalmi hivatkozásokat mindig a közlemény végén, abc sorrendben adjuk meg, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerzõ, megjelenés éve). Ha azonos szerzõ(k)tõl ugyanabban az évben több tanulmányra hivatkozik valaki, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Kérjük, *fordítsanak különös figyelmet a bibliográfiai adatoknak a szövegben,* illetõleg *az irodalomjegyzékben való egyeztetésére!* Miután a Magyar Tudomány nem szakfolyóirat, a közlemények csak a legfontosabb hivatkozásokat (max. 10-15) tartalmazzák.

7. Az irodalomjegyzéket abc sorrendben kérjük. A tételek formája a következõ legyen:

• Folyóiratcikkek esetében:

Alexander, E. O. and Borgia, G. (1976). Group Selection, Altruism and the Levels of Organization of Life. Ann. Rev. Ecol. Syst. **9**, 499-474

• Könyvek esetében:

Benedict, R. (1935). *Patterns of Culture*. Houghton Mifflin, Boston

• Tanulmánygyûjtemények esetén:

von Bertalanffy, L. (1952). Theoretical Models in Biology and Psychology. In: Krech, D., Klein, G. S. (eds) *Theoretical Models and Personality Theory*. 155-170. Duke University Press, Durnham

8. Havi folyóirat lévén a *Magyar Tudomány* kefelevonatot nem küld, de az elfogadás elõtt minden szerzõnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelés során szükséges apró változtatásokat a szerzõ egy adott napon a szerkesztõségben ellenõrizheti.

KIS GYÜLÉS MART. 22. 1847.

(A' természettudományi osztály' részére)

Gebhardt Ferencz idősbik rendes tag' helyettes elnöklete alatt:

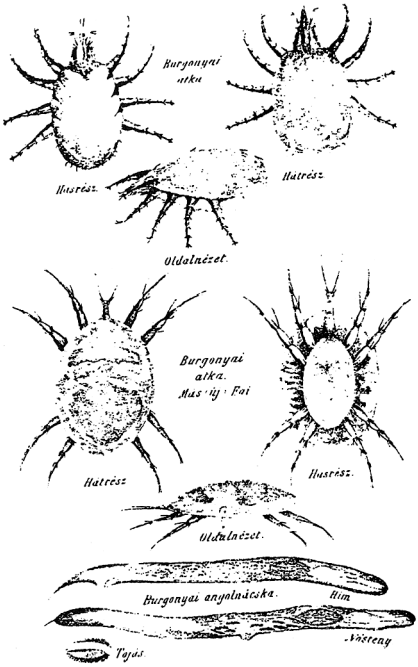
Jelen Bugát, Frivaldszky rr. tt. — Nendtvich, Schoepf ll. tt. — Egyéb osztályokból: Bajza, Balogh, Döbrentei, Fest, Kiss, Luczenbacher, Szilasy, Sztrokay, Zsoldos, rr. tt. — Erdélyi, Henszlmann, Peregriny, Széchy, Tasner, Waltherr ll. tt. — Schedel titoknok, Lukács hely. segédjegyző. — Vendég Frommhold Károly orvos dr.

— A' *titoknok* vendégül bemutatván *Dr. Frommhold Károly* orvoskari tag urat, 's jelentvén, hogy a' fenálló határozatok' engedelménél fogva kész lenne *a' beteg burgonyákban* általa észlelt és lerajzolt ázacsokat megismertetni; a' tisztelt vendég az elnöklő r. tag' felszólitására a' következőkben adta elő tapasztalásait.

„Szándékom volt—u. m. — a' Tek. Társaságnak a' burgonyakór körül tett észrevételeimet bővebben előterjeszteni; de időközben Tognio pesti tanárnak jeles munkája e' tárgyról megjelenvén, szerencsém lesz, mintegy ezt kiegészitőleg, azon ázacsok' megismertetésére szoritkozni, mellyek a' beteg burgonyákban találtatnak, 's egyszersmind ezeknek általam természet után vett másaikat bemutatni.

* * *

Tekintvén az ázacsokat, mellyeket a' természet a'rothadt burgonyákban a' kór' lefolyta alatt teremt: köztők legszámosabban kétség kivül az *angolnácska* (anguillula) fordul elő, mellyről nem tudom: észleltetett-e, leiratott-e már? A' két nem külön egyénekben külön fordul elő, mint azokat természet után, górcső' segedelmével, olly szempillantásban festettem le, midőn a' kis állat legélénkebben mozgott; a' rajzot ime szerencsém van bemutatni.

* * *

Sokkal ritkább a' közönségesen ismert, de Fooke által roszul rajzolt *atka*. Ez épen ollyan, mint itt a' rajz' első sorában látható. E' rajzom is egy, a' górcső alatt elevenen mozgott, állat után készült ugy, hogy annak nem csak háti, de hasi, sőt oldali részét is papirosra tehetém.