

Magyar Tudomány

MAGYARORSZÁG CSATLAKOZOTT
AZ EURÓPAI ŰRÜGYNÖKSÉGHEZ

vendégszerkesztő: Both Előd

Isten mégis szerencsejátékos?

A bizalmi vagyonkezelés

A kínai demográfiai folyamatok

Mégis, kinek az Akadémiája?

2015•9

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA FOLYÓIRATA. ALAPÍTÁS ÉVE: 1840
176. ÉVFOLYAM – 2015/9. SZÁM

Főszerkesztő:

CSÁNYI VILMOS

Felelős szerkesztő:

ELEK LÁSZLÓ

Olvasószerkesztő:

MAJOROS KLÁRA, SELEANU MAGDALÉNA

Szerkesztőbizottság:

BENCZE GYULA, BOZÓ LÁSZLÓ, CSÁSZÁR ÁKOS,
HAMZA GÁBOR, LUDASSY MÁRIA, SOLYMOSSI FRIGYES,
SPÁTH ANDRÁS, SZEGEDY-MASZÁK MIHÁLY, VAMOS TIBOR

A lapot készítették:

GIMES JÚLIA, HALMOS TAMÁS, HOLLÓ VIRÁG, MAKOVECZ BENJAMIN, MATSKÁSI ISTVÁN,
PERECZ LÁSZLÓ, SIPOS JÚLIA, SZABADOS LÁSZLÓ, F. TÓTH TIBOR, ZIMMERMANN JUDIT

Szerkesztőség:

1051 Budapest, Nádor utca 7. • Telefon/fax: 3179-524
matud@helka.iif.hu • www.matud.iif.hu

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Zrt. Hírlap Igazgatóság, Postacím: 1900 Budapest.

Előfizethető az ország bármely postáján, a hírlapot kézbesítőknél.

Megrendelhető: e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu • telefonon: 06-80/444-444

Előfizetési díj egy évre: 11 040 Ft

Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztők

Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban

Nyomdai munkák: Korrekt Nyomdai Kft.

Felelős vezető: Barkó Imre

Megjelent: 11,4 (A/5) ív terjedelemben

HU ISSN 0025 0325

TARTALOM

Magyarország csatlakozott az Európai Űrügynökséghez

Vendégszerkesztő: Both Előd

Tari Fruzsina: Hogyan lehet sikeres a csatlakozás? 1026

Hirn Attila: Tudományos mérések a 67P/Churyumov–Gerasimenko-üstökös felszínén... 1030

Apáthy István – Földvári József: Magyar közreműködéssel végrehajtott
dozimetriai mérések a Nemzetközi Űrállomáson 1037

Balázs László – Barkaszi Irén – Czigler István – Takács Endre:

Agyműködés súlytalanságban: kísérlet a Nemzetközi Űrállomáson 1045

Ábrahám Péter – Kiss Csaba: Az ESA infravörös csillagászati küldetési és a magyar részvétel 1052

Gránásy László – Pusztai Tamás – Podmaniczky Frigyes – Korbuly Bálint:

Anyagtudomány a világűrben: kutatások az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontban... 1058

Földváry Lóránt – Tóth Gyula – Kiss Annamária – Kemény Márton:

GOCE műhold: Eötvös-inga-mérések Föld körüli pályán 1063

Zábori Balázs: Magyar diákok az Európai Űrügynökség rakéta- és ballonprogramjában ... 1070

Horváth Gyula: CubeSatok az Európai Űrügynökség jövőképeben 1075

Solymosi János: Űrtávközlés 1080

Tanulmány

Venetianer Pál: Isten mégis szerencsejátékos? (A véletlen a biológiában) 1087

Sándor István: A bizalmi vagyonkezelés létjogosultsága és funkciói a magyar jogban 1096

Hajnal Béla – R. Fedor Anita: A kínai demográfiai folyamatok néhány sajátossága 1103

Tudós fórum

Csaba László – Szentes Tamás – Zalai Ernő: Mégis, kinek az Akadémiája? 1113

Gábor Dénes-díj 1138

Vélemény, vita

Maksay Gábor: Quo vadis, tudományos megismerés? 1139

Kitekintés (Gimes Júlia)..... 1146

Könyvszemle (Sipos Júlia)

Emberi játszmák – egy bestseller hiánypótló szaklektorálása (*Grünczeisz Kata*) 1149

Magyarország csatlakozott az Európai Űrügynökséghez

HOGYAN LEHET SIKERES A CSATLAKOZÁS?

Tari Fruzsina

a Magyar Űrkutatási Iroda vezetője
Nemzeti Fejlesztési Minisztérium
fruzsina.tari@nfm.gov.hu

Az Európai Űrügynökség bemutatása

Az Európai Űrügynökség (ESA) 1975. május 30-án jött létre az Európai Űrkutatási Szervezet (European Space Research Organization – ESRO) és az Európai Hordozórakéta Fejlesztési Szervezet (*European Launcher Development Organization – ELDO*) összeolvadásából. A kormányközi alapon működő, a világűr felderítésével és felhasználásával foglalkozó szervezet székhelye Párizsban található, több mint 2100 alkalmazottal és 2014-ben négy milliárd eurót meghaladó költségvetéssel végzi tevékenységét. A szervezet tagjainak száma Észtország és Magyarország ide csatlakozásával, az ősz folyamán 22-re emelkedik.

Az ESA szakmai tevékenysége két nagy csoportra osztható: a kötelező (mandatory) és a választható vagy más elnevezéssel önkéntes (optional) programokra.

A **kötelező programokhoz** a hozzájárulás minden tagállam esetén annak gazdasági

teljesítményéhez mérten arányos összeg. Ez a hozzájárulás az ESA költségvetésének mintegy 20%-át teszi ki. Kötelezőek azok a tudományos programok, amelyek alap kutatáshoz kapcsolódnak, esetleg Naprendszerünk és a világegyetem alaposabb megismerését szolgálják. Ezen küldetések közé sorolható az elmúlt időszakban olyan nagy népszerűségnek örvendő Rosetta üstököskutató program is. Emellett a kötelező hozzájárulásból finanszírozza a szervezet saját működését is.

A **választható vagy önkéntes programok** között olyan programokat találunk, amelyekben a részvétel a tudományos programokhoz képest közvetlenebb megtérüléssel jár az abban részt vevő ország számára. Ide sorolható a földmegfigyelés több ága a műholdfejlesztéstől az egyes távérzékelési alkalmazásokig, a hordozórakéta-fejlesztés, az emberes űrrepülés és egyéb mikrogravitációs környezetben végzett kutatások köre. Megtalálhatjuk emellett a távközlést és annak felhasználásával

létrehozott integrált alkalmazásokat, a műholdas helymeghatározást és a mindezekhez megfelelő platform biztosításához a technológia témakört, és üzemeltetési feladatokat is.

Az ESA stratégiai célja az európai űripar versenyképességének fenntartása, megerősítése. Emellett olyan programok életre hívása a feladata, amely egyetlen állam számára túl költséges vagy célszerűtlen volna, közösen fejlesztve azonban méretgazdaságos és jól hasznosítható.

A szervezet rendkívüli lehetőségeket kínál, amelyek a kisebb gazdasági teljesítményű vagy kisebb lakosságszámú országok számára jelentős előnyt jelentenek. Egyrészt az ESA biztosítja a földrajzi visszatérítés elvét. Ez annyit jelent, hogy az ESA részére a tagállam által megfizetett hozzájárulás igen magas arányban a tagállam vállalkozásai számára válik elérhetővé. Természetesen ahhoz, hogy ez a fajta visszatérítés megvalósuljon, szükséges a szervezeten belül egy integrációs program. Ennek legfontosabb elemeként az újonnan csatlakozó ország az ESA-val közösen felállít egy Felzárkóztatási Munkacsoportot, és ennek a csoportnak lesz feladata célirányos pályázatok kiírása kifejezetten a magyar piaci szereplők és kutatóhelyek számára. A Felzárkóztatási Munkacsoport segíthet abban is, hogy az új tagállam a számára legcélszerűbb választható programokban vegyen részt. A megfelelő orientációhoz természetesen hasznos, ha a tagállam rendelkezik saját űrstratégiával is.

Csatlakozásunk és fő célkitűzéseink

Hazánk felismerte, hogy a gazdaság élénkítését olyan befektetéseken keresztül lehet elérni, amely a helyi kis- és középvállalkozások (KKV) számára biztosít lehetőséget a létszám-bővítésre, új munkahelyek megteremtésére és

mindezt úgy teszi, hogy közben a magasan képzett szakembereket itthon tartja, új munkalehetőségeket teremt számukra. Ennek egyik eszköze csatlakozásunk az Európai Űrügynökséghez.

ESA-csatlakozásunk következtében ugyanis jelentős új finanszírozási lehetőségek nyílnak meg az űripar és űrkutatás azon szereplői előtt, amelyek leginkább alkalmasak a bővülésre. A javuló finanszírozási lehetőségek hosszú távon nagyobb és tőkeerősebb magyar ipari szereplők kialakulásához vezethetnek. Ezen KKV-k a nemzetközi szervezet keretein kívüli ipari együttműködések esetében is hatékony és megbízható munkával tudnak szerepet vállalni nemzetközi projektekben.

E felismerés nyomán, 2014 őszén megszületett a döntés Magyarország ESA-csatlakozásáról és 2015. február 24-én a felek aláírták a csatlakozásunkról szóló megállapodást is.² Jelenleg a szerződés ratifikációja zajlik, amely várhatóan 2015 őszének első felében zárul le. A ratifikációs folyamat lezárultával válik Magyarország az Európai Űrügynökség teljes jogú tagjává.

Célok megvalósítása

Az űrszektor nemzetközi szinten is két fő játékossgal rendelkezik. Domináns benne az exportra termelés, és fontos az állami garanciavállalás a nemzetközi együttműködések során.

¹ 1594/2014. (XI. 3.) kormányhatározat Magyarország Kormánya és az Európai Űrügynökség között Magyarország csatlakozásáról az Európai Űrügynökséget létrehozó Alapokmányhoz és az erre vonatkozó szerződési feltételekről szóló Megállapodás kihirdetéséről

² 77/2015. (III. 31.) Korm. rendelet Magyarország Kormánya és az Európai Űrügynökség között Magyarország csatlakozásáról az Európai Űrügynökséget létrehozó Alapokmányhoz és az erre vonatkozó szerződési feltételekről szóló Megállapodás kihirdetéséről

Magyarország esetén sincs ez másképp, hiszen jelenleg szinte kizárólagosan exportra termel a magyar űripár, másrészt Magyarország elfogadta azon ENSZ-egyezményeket, amelyek alapján minden államnak joga és lehetősége van a világűr békés célú felhasználására szabályozott keretek között.³

Fenti sajátosságok figyelembevétele indokolja azt, hogy az űripár és űrkutatás saját, állami érdekképviselettel és adott esetben szabályozó mechanizmusokkal rendelkezzen. Az állami szerepvállalás három fő terület mentén határozható meg, és ezek együttesen szükségesek a sikeres ESA-csatlakozás megvalósulásához. Ezekre akár három egymással összefüggő pillérként is tekinthetünk:

Szükséges **első pillérként** a szektor hazai koordinálása, az űrtevékenységben részt vevők beazonosítása, megismerése és termelékenységük serkentése, növekedésük támogatása. Ezekhez kapcsolódóan fel kell tárnai a lehetséges hazai programokat, ami alternatív technológiáfejlesztéssel a nemzeti költségvetés kiadásainak csökkentéséhez vezet.

A **második pillér** a meglévő nemzetközi kapcsolataink élénkítése és új kapcsolatok kiépítése akár egyes ESA-tagállamokkal közvetlenül, akár más országokkal. Az űrszektorban dominánsan van jelen ugyanis, hogy az egyes bilaterális és multilaterális államközi, kormányközi vagy szervezetek közötti kapcsolatok az alapjai az űrtevékenységben részt vevő vállalkozások, szervezetek együttműködésének. Tehát ezen kapcsolatok ápolásán keresz-

tül vállalkozásaink nagyobb gazdasági növekedést érhetnek el.

A **harmadik**, rövid és középtávon is leg hangsúlyosabb **pillér** az ESA-tagságunkból eredő lehetőségek kihasználása megfelelő koordinációval. Hatékony érdekképviselet esetén az ESA földrajzi visszatérítés elvén a hazai hozzájárulás arányos mértékben visszapályázhatóvá válik a hazai KKV-szektor számára. Tekintettel arra, hogy az ESA-tagságunk tartalmilag annyit jelent, hogy huszonegy iparilag fejlett országgal kötünk konkrét programokra csúcstechnológiai együttműködési megállapodásokat, ez folyamatos jelenlétet, érdekérvényesítést igényel.

A felsorolt három fő pillér oly módon függ össze egymással, hogy az első két pillér alopozza meg a harmadik pillér sikerességét. A jól működő harmadik pillér pedig az első kettőben is jelentős gazdaságélénkítő hatással bír, hiszen az ESA-keretek között létrehozott eredmények szigorú szabványok betartását követelik meg, a KKV-szektor részvétele ezekben a programokban pedig kiváló referenciát jelent bármely külföldi vagy belföldi üzleti partner számára.

A fenti három pillér mellett szükséges egy másik elem is a sikeres ESA-csatlakozás érdekében. Ez a másik elem a programok megfelelő szintű finanszírozása. Az előttünk csatlakozó tagállamok tapasztalatai alapján minél jobban megközelíti a kötelező hozzájárulás mértékét az önkéntes hozzájárulás, annál nagyobb eséllyel válik sikeressé a csatlakozás maga.

Ennek oka az, hogy a választható programok megtérülése magasabb a kötelező programokénál. Az ESA által is rendszeresen hivatkozott OECD-elemzések (OECD, 2011) szerint a befektetett összeg (hozzájárulás) a nemzetgazdaság szintjén 4,5–6,2-szeres szor-

zóval térül meg tízéves időtartam alatt. Ez a megtérülés magában foglalja a közvetlen megtérülésen túl az egyéb iparágakban megjelenő közvetett hatást és az értéklánc további

elemeit, azaz az iparág fejlesztései hatására megjelenő úralkalmazások eredményét is. Az idézett megtérülés azonban csak a választható programok esetén igazolható.

Kulcsszavak: *Európai Űrügynökség, ESA, magyar űrstratégia, ESA-csatlakozás, ESA kötelező programok, ESA önkéntes programok*

HIVATKOZÁS

OECD (2011): *The Space Economy at a Glance 2011*.
OECD Publishing • DOI: 10.1787/9789264111790-
en • <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/>

[download/9211051e.pdf?expires=1438075398&id=id&accname=guest&checksum=B79483D7479ACD1C75FC6E2B075222A3](http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/9211051e.pdf?expires=1438075398&id=id&accname=guest&checksum=B79483D7479ACD1C75FC6E2B075222A3)



³ 1967. évi 41. törvényerejű rendelet a *Szerződés az államok tevékenységét szabályozó elvekről a világűr kutatása és felhasználása terén, beleértve a Holdat és más égitesteket* című, Moszkvában, Londonban és Washingtonban 1967. január 27-én aláírt szerződés kihirdetéséről – az Alapegyezmény, amelyen a négy további egyezmény is alapul.

TUDOMÁNYOS MÉRÉSEK A 67P/CHURYUMOV–GERASIMENKO- ÜSTÖKÖS FELSZÍNÉN

Hirn Attila

Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont
hirn.attila@energia.mta.hu

Az üstökösök kutatásának célja

Az üstökösök nem csupán vízből, valamint szilárd anyagból, szerves és szervetlen illékony gázokból álló és a Nap közelében – kómájuknak köszönhetően – látványos égi jelenségként mutatkozó apró égitestek, hanem egy óriási kirakójáték darabjai. Az üstökösök főként a Naprendszer távoli tartományában, az Oort-felhőben tartózkodnak, de külső perturbáció hatására egyikük-másikuk pályája jelentősen módosulhat, és elnyúlt pályájukon a Naprendszer belsejébe kerülhetnek. Anyaguk a korai Naprendszer anyagát őrzi, így tanulmányozásukkal bolygónk és az egész Naprendszer kialakulására is következtethetünk. Vizsgálatainkkal olyan kérdésekre keressük a választ, mint hogy mikor és hogyan kerülhetett a földi óceánok hatalmas vízmennyisége a Földre, valamint hogy az élet kialakulásához szükséges szerves molekulák származhattak-e az üstökösökről. Az üstökösök vizsgálata egészen a 80-as évekig csak távcsövekkel volt lehetséges; ekkor kezdődtek meg az űrszondák vizsgálatok az üstökösök melletti elrepülésekkel. Az első mintavételre – egyelőre a kóma anyagából – a 2000-es évek közepén került sor, amikor a Stardust űrszonda áthaladt a

Wild-2 üstökös kómáján. 2014-ben aztán a Rosetta-küldetéssel Európa és az egész emberiség újabb fontos mérföldköhöz érkezett az üstökösök tanulmányozásának területén.

A Rosetta-küldetés

Az Európai Űrügynökség Rosetta nevű űrszondáját 2004. március 2-án bocsátották fel azzal a céllal, hogy aktivizálódásának kezdetétől – a Naptól több mint 3 csillagászati egység távolságtól – az égitest napközeli pontjáiig legalább egy éven át helyben tanulmányozza a 67P/Churyumov–Gerasimenko-üstököt. Az űrszonda emellett egy közel 100 kg tömegű leszálló egységet (Philae) is magával vitt, hogy annak műszereivel közvetlenül az üstökös felszínén végezzenek tudományos méréseket (Glassmeier et al., 2007).

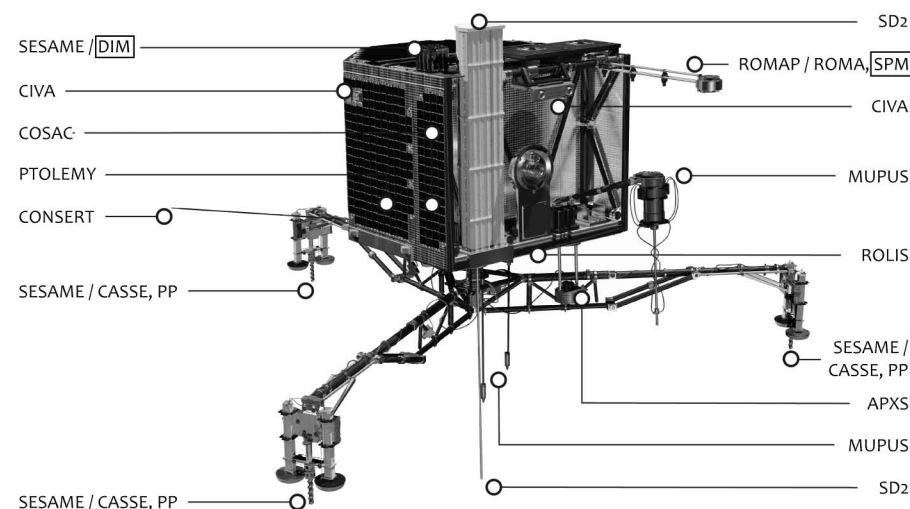
Ahhoz, hogy tíz évvel később az űrszonda sikeresen elérje célját, gravitációs hintamanőverek sorozatára volt szükség. Háromszor (2005-ben, 2007-ben, valamint 2009-ben) a Föld és egyszer (2007 februárjában) a Mars mellett elhaladva szerzett akkora lendületet, amellyel lehetővé vált az üstökös megközelítése, majd az égitest körüli pályára állás. Útja során a Rosetta űrszonda elhaladt a Lutetia és a Steins kisbolygók mellett, ahol értékes

tudományos vizsgálatokat is végzett. A hosszú út során az űrszonda irányítói rendszeresen tartottak tesztkampányokat, amikor a fedélzeti szolgálati berendezések, valamint a tudományos műszerek működését ellenőrizték. 2011 júniusára az űrszonda olyan távol került a Naptól, hogy napelemtáblái – egyéb energiaforrások hiányában – nem lettek volna képesek az üzemeltetéshez szükséges energiát biztosítani. Ezért előre tervezett módon az űrszondát hosszú időre kikapcsolták; ezt mély hibernációnak nevezték el. A mély hibernációs szakasz 2014 januárjában ért véget, amikor a Rosetta – előre beprogramozott parancsra – sikeresen életre kelt. Pár hónappal később a Philae műszereinek mély hibernáció utáni működőképességét is ellenőrizték. 2014. augusztus 6-án végül a Rosetta elérte célját, az átlagosan mindössze 4 km átmérőjű 67P/Churyumov–Gerasimenko-üstököt. A pályára állást, valamint a feltérképezést követően kijelölték a leszállás tervezett helyszínét.

2014. november 12-én reggel 8:35-kor (minden időpont GMT-ben), az üstökös felszíne felett 20,5 km-es magasságban a leszálló egység levált az anyaszondáról. A Philae 15:34:04-kor érte el az üstökös felszínét, de sem a talajhoz nyomást biztosító gázfúvóka, sem az ott-tartást biztosító horgonyok kilövőszerkezete nem lépett működésbe. A leszálló egység ezért „visszapattant” (ami az igen kis gravitáció miatt igen lassú mozgást jelent), és többszöri talajérintés után 17:31:17-kor érte el végső pozícióját – a tervezett leszálló- (és első talajérintési) helytől több, mint egy km távolságban, valószínűleg egy hasadékbán (Biele et al., 2015).

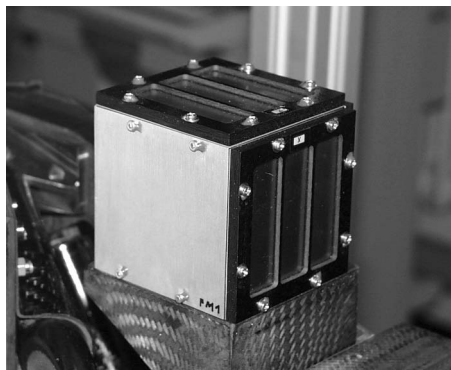
A Philae műszerei

A leszálló egység műszerei által végzett tudományos vizsgálatok célja az üstökös összetételének és felépítésének helyben történő vizsgálata volt, különös tekintettel az üstökös felszíni és felszín alatti anyagának elemi,



1. kép • A Rosetta űrszonda Philae elnevezésű leszállóegysége és annak tudományos műszerei. A magyar részvétellel készült műszerek nevét kerettel kiemeltük. (ESA/ATG medialis)

molekuláris, ásványtani és izotóp-összetételére. A Philae-n összesen tíz tudományos műszert, illetve műszeregységet helyeztek el; ezek tömege hozzávetőleg 21 kg. Helyzetüket a leszállóegységen az 1. kép mutatja. A műszerek között szerepel egy hat kamerából álló, panoráma- és mikroszkopikus képek készítésére is alkalmas képfelvő rendszer (CIVA), amelyvel a kutatók az infravörös és a látható hullámhosszú tartományban tudtak felvételeket készíteni, valamint a ROLIS-rendszer, amelyvel az első felszínközeli felvételek készültek a leszállóhelyről. Az SD2 fúró, mintavevő és elosztó segítségével az üstökös felszínét alkotó anyag közvetlen vizsgálatára is lehetőség nyílt. A műszer a begyűjtött mintákat analízis céljából a spektrométerekhez (COSAC, PTOLEMY), valamint mikroszkópos vizsgálatokhoz (CIVA) továbbította. Az APXS-műszer a Mars Pathfinder-en már használt alfa-proton-röntgen spektrométer egy továbbfejlesztett változata, mellyel a leszállóegység alatti felület vegyi elemzésére nyílt lehetőség. A MUPUS többcélú tudományos műszer az üstökös felszín sűrűségének, hőtani és mechanikai sajátosságainak vizsgálatára szolgált. A MUPUS legfontosabb része a 40 cm hosszú kihajtható rúd végén helyet foglaló kalapáló és mérőberendezés. Az üstökös mag rádióhullám-terjedési kísérletben (CONSERT) rádiotomográfus módszerrel vizsgálták az üstökös belső szerkezetét. Ez az egyetlen olyan kísérlet a Rosetta-küldetés tudományos programjában, amelynek műszereit részben az anyaszondára, részben pedig a leszállóegységre telepítették. A ROMAP (ROsetta MAGnetometer and Plasma monitor) műszeregységet két kísérletet, a MAG-ot és az SPM-et integrálja. Feladata, hogy adatokat szolgáltatson az üstökös mag mágneses tulajdonságairól, az üstökös/napszél kölcsönhatásról és az üstökös



2. kép • A Philae tetejére szerelt DIM-pordetektor (forrás: MTA EK, MPS)

aktivitásáról a naptól való távolság függvényében. A SESAME nevű felszíni elektromos, hang- és akusztikus monitorozó kísérlet három műszert foglal magában: a CASSE akusztikus kísérletet, melynek segítségével az üstökös legfelső rétegének jellemzői vizsgálhatók, a PP-permittivitásmérőt és a DIM-pordetektort. A DIM- (2. kép) és az SPM-detektorok (3. kép) fejlesztésében, megépítésében és a mérési adatok kiértékelésében az MTA Energiatudományi Kutatóközpont mérnökei és kutatói vettek, illetve vesznek részt.

A magyar részvétel kapcsán fontos megemlíteni, hogy a Philae hibatoleráns központi vezérlő és adatgyűjtő számítógépét az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont és az SGF Kft. mérnökei fejlesztették, míg a leszállóegység tápellátó rendszere a BME Szelessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék Űrkutató Csoportjának jelentős közreműködésével készült.

A leszállóegység tudományos programja

A Philae működését három alapvető szakaszra osztották:

Az első, ún. SDL- (Separation, Descent, Landing) fázisban történt meg az anyaszondáról való leválás, az üstökös magjához repü-



3. kép • A ROMAP kombinált mérőfeje (forrás: Technische Universität Braunschweig)

lés és a felszínre szállás. Ennek időtartama kb. 7 óra volt. A repülés kezdetén nyitották ki a Philae lábait, a CONSERT antennáját és a ROMAP detektorának tartórúdját. A leszállás alatt folyamatosan üzemelt a ROMAP magnetométere, mellyel párhuzamosan összehasonlító méréseket végeztek az anyaszonda magnetométerével, valamint a CONSERT; szakaszosan működött a CIVA ROLIS és a SESAME DIM pordetektora.

A leszállás utáni második, ún. FSS- (First Science Sequence) fázisban került sor az első felszíni tudományos mérésekre, melyek során – szakaszosan – valamennyi tudományos műszert bekapcsolták. Az SDL- és FSS-fázisokban a Philae fedélzeti tápellátását az addig „érintetlen” lítium-elemek (*Primary Battery*) biztosították; az FSS végső szakaszában a Philae napelemei által tölthető akkumulátorok (*Secondary Battery*) „besegítését” is tervbe vették.

A harmadik, ún. LTS- (*Long Term Science*) fázist több hónapra tervezték, melynek során – a Philae hőmérsékletének és az akkumulátorok töltöttségi állapotának figyelembe vételével – az egyes műszerek szakaszosan mérnek.

Mérési eredmények az üstökös felszínéről

A ROLIS leszállás közben készült felvételein, valamint a CIVA által készített panorámafelvételen a vártnál sokkal durvább és változatosabb üstökös felszín rajzolódik ki. A porral és törmelékkel borított felszínen a kövek, sziklaszerű képződmények mérete több nagyságrenden belül változik (4. ábra). Ezen kívül a 67P/Churyumov–Gerasimenko számos egyéb meglepetéssel is szolgált a kutatók számára; az alábbiakban az érdekesebb tudományos eredményekből szemezgetünk.

Mágneses tér mérések • Az elméletek szerint az üstökösök és a Naprendszer nagyobb égitestjei anyagának összeállása során a véletlen szerű ütközések és a szemcsék összetapadása, valamint a gravitációs kölcsönhatás mellett a mágneses erőnek is szerepe lehetett. Mivel a mágneses dipólustól származó térerősség a távolság harmadik hatványával csökken, ahhoz, hogy egy ilyen kisméretű égitest esetleges globális mágneses terét ki lehessen mutatni, közeli elrepülésekre, illetve felszíni mérésekre van szükség. A Rosetta űrszonda keringőegységén elhelyezett Rosetta Plasma Consortium fluxgate magnetométer (RPC-MAG) és a Philae fedélzetén levő ROMAP magnetométer segítségével a mágneses indukcióra vonatkozó párhuzamos mérésekre nyílt lehetőség. A ROMAP magnetométerét a leszállóegység műszerei közül elsőként, már a leválás előtt két órával bekapcsolták. A mágneses mérések szempontjából szerencsés módon a Philae – az üstökös magra történő leszállása közben – a felszínt több ponton is érintette. Az eredmények alapján az azonos időben végzett mágneses mérések között nincs számottevő különbség, és az üstökös mag globális mágneses tere nem mutatható ki. Amennyiben a 67P/Churyumov–Gerasimenko tulajdonságai a

többi üstökösre is jellemzőek, akkor ezen égitestek kialakulásakor a méternél nagyobb építőelemekre valószínűleg nem voltak hatással a mágneses erők. A tudományos eredmények mellett az RPC-MAG és a ROMAP magnetométer adatainak összevetéséből a kutatók pontosan rekonstruálni tudták a Philae orientációját és forgási paramétereit; a kinyúló rúdon lévő detektor rezdüléseiből másodperc pontossággal meg tudták határozni az egyes talajérintések időpontját (Auster et al., 2015).

Az üstökös felszínének mechanikai tulajdonságai • További meglepő eredményekre jutott a leszállóegység MUPUS nevű műszercsomagja is. Ugyan a végül ki nem eresztett rögzítőszigonyokban található érzékelőkkel nem lehetett méréseket végezni, a Philae testén elhelyezett, a hőmérséklet mérését végző műszer végig, már az ereszkedés és mindhárom talajt érés során működött. A leszállás helyén, még ki nem nyitott állapotban 120 K-t mértek, ami fél óra alatt közel 10 fokot süllyedt. A nappalok és éjszakák váltakozása során a hőmérséklet 90 K és 130 K között változott. Miután a berendezés belemélyedett a felszín anyagába –, a közvetlenül a felszín alatt levő üstökösanyag vizsgálatának céljából – kalapáló mozgásba kezdett. Az eredményekből a kutatók arra következtettek, hogy a felszínt borító porózus réteg alatt a tömör jéghez hasonló keménységű anyag található. A berendezéssel ugyanis annak legnagyobb teljesítménye mellett sem sikerült néhány milliméternél mélyebbre ütni. Figyelembe véve, hogy az üstökös átlagsűrűsége csupán 0,4 g/cm³, a jégnek a mélyebb rétegekben többé-kevésbé porózusnak kellene lennie (Spohn et al., 2015).

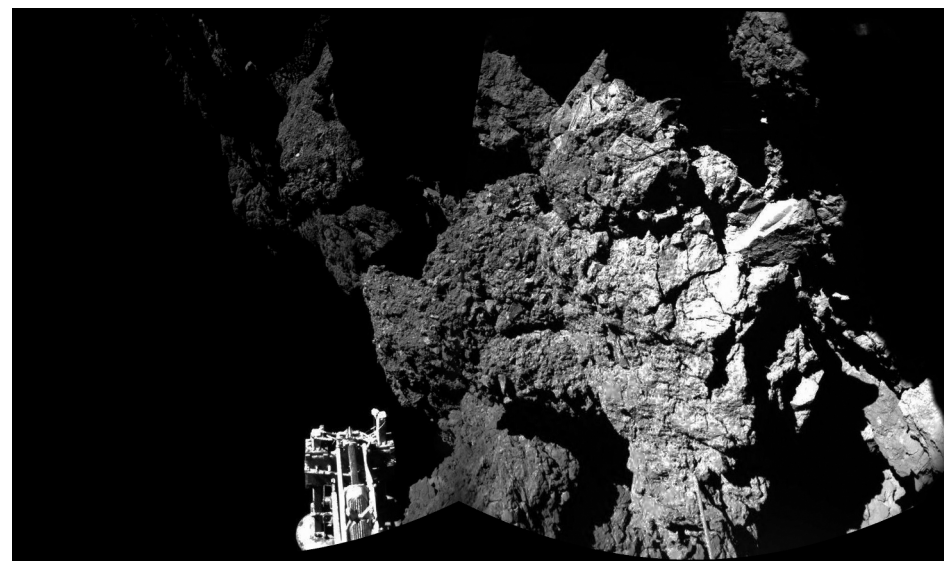
A CASSE-műszer eredményei a fentiekkel összhangban arra utalnak, hogy az üstökös mag felszínét finom porból álló néhány

centiméteres réteg fedi, ami alatt egy kemény, jeges réteg húzódik. A CASSE többek között az első felszínt érés által kiváltott, közel 2 másodpercen át tartó hangfrekvenciás mechanikai rezgéseket rögzítette, és a kutatók ebből következtettek a felszín alatti anyag mechanikai tulajdonságaira (Gibney, 2014).

Az üstökös összetétele • Az SD2 fúró, mintavevő és -elosztó rendszert csak a mérési program végén kapcsolták be, kockáztatva, hogy a rögzítetlen leszállóegység pozíciója, illetve orientációja a mechanikai műveletek hatására esetleg megváltozik. Az SD2 a fúrófejét a terveknek megfelelően leeresztette 46,9 cm-rel a Philae balkonja alá, majd visszahúzták a kiinduló pozícióba. A fejlesztők szerint a mintaátadó művelet is lezajlott és a kemencék is rendben működtek, ám sem a COSAC-, sem a PTOLEMY-műszernek nem sikerült mintára utaló jelet kapnia. A kutatók gyanítják, hogy a fúrófej ahelyett, hogy az alatta levő kemény felszínbe behatolt volna, rögzítés hiányában csak a leszállóegységet emelte meg egy kissé. Mivel a mintavételhez a CIVA-MV/MI-től fényképfelvétel nem állt rendelkezésre, így egyelőre nem lehet teljes bizonyossággal eldönteni, hogy megtörtént-e a mintavétel, vagy csak a mintából nem keletkezett elegendő mennyiségű gáz a kemencében. Mindezek ellenére a COSAC-műszerrel az első talajt érintést követő „szaglászás” során az üstökös magból eltávozó gázban sikerült szerves anyagok nyomára bukkanni. A PTOLEMY-kísérlet szakemberei is arról számoltak be, hogy víz és szerves molekulák nyomait sikerült kimutatniuk (Gibney, 2014).

Mérések a DIM-pordetektorral és az SPM-töltött részecske-detektorral

A DIM-pordetektorral a leválás előtt egy órával és a leválást követően még összesen három



4. kép • A CIVA-P kamerarendszer által készített első panorámafelvétel egy üstökös felszínéről. (ESA/Rosetta/Philae/CIVA) (URL)

alkalommal – az üstökös magjától különböző távolságokban – végeztek méréseket. A DIM egyik szenzora ekkor, az üstökös felszíne felett 2,4 km magasságban detektált egy minden bizonnyal üstökös eredetű részecskét. A kapott jel alapján nagy valószínűséggel egy 1–2 mm átmérőjű, a Philae-hez viszonyítva 0,1–0,7 m/s sebességgel haladó, laza szerkezetű részecskéről van szó. A mérési geometria alapján a kutatók arra következtettek, hogy a részecske valószínűleg kötött pályán keringett az üstökös körül. Az első talajérintés után a plazmamérések is elkezdődtek, melyek azután több mint hat órán át folytak. A végső talaj tértést követően az SPM irányérzékeny plazmadetektorával – még a hasadékba esés előtt – sikerült megmérni a napszél pillanatnyi irányát és így a Philae felszíni pozícióját. A mérés azt is megmutatta, hogy a hasadékba „esés” az igen kis gravitáció miatt legalább negyed óra hosszat tartott. Ezt követően öt alkalommal, közel egy-egy órára a DIM-mű-

szert is bekapcsolták. Úgy a DIM, mint az SPM mérési adatai arra engednek következtetni, hogy a Philae végső leszállóhelyén az üstökös aktivitása a leszállás idején még meglehetősen kicsi volt (Krüger et al., 2015).

Kitekintés

Az eredetileg tervezett hosszú távú tudományos mérésekre a Philae nem megfelelő pozíciója miatt hosszú ideig nem került sor. A Nap a leszállóegységet – az üstökös 12,4 órás tengely körüli körbefordulása alatt – mindössze másfél óra hosszan és meglehetősen kis szögben világította csak meg, így annak hőmérséklete sokáig igen alacsony volt (ami az akkumulátorok töltését lehetetlenné tette), és a napelemtáblák megvilágítása sem volt megfelelő mértékű. A Rosetta-programban dolgozó mérnökök és kutatók ugyanakkor reménykedtek benne, hogy az üstökőspálya napközeli pontjának közelében a körülmények kedvező irányban változnak, a Philae

hibernált állapotából „felébred”, rádióanálízis után az anyaszondánál bejelentkezik és a mérések a felszínen újra megkezdődhetnek.

A 2015 első harmadában megkezdett, kapcsolathívásra irányuló kampányok június 13-án eredménnyel jártak, az anyaszonda rádiókapcsolatot teremtett a leszállóegységgel. Annak műszaki állapota a paraméterek alapján igen jónak tűnik, de a rádióösszeköttetések időtartama nagyon rövid, minőségük nem kielégítő, így ha történt is az elmúlt időszakban üstökösfelszíni mérés, azok eredményét eddig nem sikerült a Rosettára, majd a Földre továbbítani. A rossz rádiókapcsolatnak több oka is lehet: a Philae gázkitöréstől megváltozott helyzete, az antennáját beborító porréteg vagy az anyaszonda üstökös

való nagyobb távolsága. A stabil összeköttetésre irányuló próbálkozások tovább folynak.

Az anyaszonda távmérő érzékelői viszont folytatják sok hónaposra tervezett mérési programjukat. Az egységet a növekvő üstökösaktivitás és annak hatásai miatt ugyan a tervezettnél nagyobb sugarú pályára kellett állítani, de így is lehetőség nyílik a Naprendszer ősi anyaga tulajdonságainak és az üstökösök kialakulásának jobb megértésére.

A DIM- és SPM-műszerekhez való hazai hozzájárulás a PRODEX- és PECS-szerződések keretében valósult meg.

Kulcsszavak: üstökös, Rosetta, leszállás, in-situ vizsgálatok

IRODALOM

- Auster, Hans-Ulrich – Apathy, I. – Berghofer, G. – Fornacon, K. H. – Remizov, A. – Carr, C. – Güttler, C. – Haerendel, G. – Heinisch, P. – Hercik, D. – Hilchenbach, M. – Kühr, E. – Magnes, W. – Motschmann, U. – Richter, I. – Russell, C. T. – Przyklenk, A. – Schwingenschuh, K. – Sierks, H. – Glassmeier, K. H. (2015): The Nonmagnetic Nucleus of Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. *Science*. DOI:10.1126/science.1251022
- Biele, Jens – Ulamec, S. – Maibaum, M. – Roll, R. – Witte, L. – Jurado, E. et al. (2015): The Landing(s) of Philae and Inferences on Comet Surface Mechanical Properties. *Science*. 349, 6247, DOI: 10.1126/science.1251022 • <http://www.sciencemag.org/content/349/6247/1251022.full>
- Gibney, Elizabeth (2014): Philae's 64 Hours of Comet Science Yield Rich Data. *Nature*. 515, 7527, 311–315. DOI:10.1038/515319a • <http://www.nature.com/news/philae-s-64-hours-of-comet-science-yield-rich-data-1.16374>
- Glassmeier, Karl-Heinz – Boenhardt, H. – Koschny, D. – Kühr, E. – Richter, I. (2007): The Rosetta Mission: Flying towards the Origin of the Solar System. *Space Science Reviews*. 128, 1–4, 1–21. DOI: 10.1007/s11214-006-9140-8 • <http://link.springer.com/article/10.1007%2F11214-006-9140-8#page-1>
- Krüger, Harald – Seidensticker, K. J. – Fischer, H.-H. – Albin, T. – Apathy, I. – Arnold, W. – Flandes, A. – Hirn, A. – Kobayashi, M. – Loose, A. – Peter, A. – Podolak, M. (2015): Dust Impact Monitor (SESAME-DIM) Measurements at Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. *Astronomy & Astrophysics*. (in print)
- Spohn, Tilman – Knollenberg, J. – Ball, A. J. – Banaskiewicz, M. et al. (2015): Thermal and Mechanical Properties of the Near-surface Layers of 67P/Churyumov-Gerasimenko from in situ Measurements at Abydos with the MUPUS Instrument Package. *Science*. 349, 6247, DOI: 10.1126/science.1251022
- URL: http://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2014/11/comet_panoramic_lander_orientation/15051366-1-eng-GB/Comet_panoramic_lander_orientation.jpg

MAGYAR KÖZREMŰKÖDÉSSSEL VÉGREHAJTOTT DOZIMETRIAI MÉRÉSEK A NEMZETKÖZI ŰRÁLLOMÁSON

Apáthy István Pálfalvi József

villamosmérnök fizikus
apathy.istvan@energia.mta.hu palfalvi.jozsef@energia.mta.hu
Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont

Az űrdozimetria célja és jelentősége

A földfelszínen bennünket folyamatosan érő természetes ionizáló sugárzás (háttérsugárzás) részben földi, részben égi eredetű. Az égi eredetű összetevő az ún. kozmikus sugárzás, ami egyrészt a csillagközi térből (galaktikus kozmikus sugárzás), másrészt a Napból (szoláris kozmikus sugárzás) származik.

A sugárvédelemben az ionizáló sugárzás mennyiségét a dózissal jellemzik. A fizikai vagy más néven *elnyelt* dózis a sugárzás energiájának az a hányada, melyet az anyag egységnyi tömege elnyel. A sugárzás egészségkárosító hatásánál figyelembe kell venni az egységnyi úthosszon leadott energia nagyságát (ezt nevezik lineáris energiaátadási tényezőnek – LET), valamint az egyes szervek sugárérzékenységét is; az eredmény az effektív dóziségyenérték.

A földfelszínen kettős „védőpajzs” alatt élünk. A Föld mágneses tere a kozmikus sugárzás töltött részecskéit eltéríti, mintegy befogja, létrehozva a Föld körüli sugárzási övezeteket; ezek az alacsony Föld körüli

pályán (LEO) keringő űrhajókat, űrállomásokat is védik. A védőpajzs másik eleme a légkör, amely a maradék kozmikus sugárzás nagy részét is elnyeli. A légkör védő hatása űrhajók, űrállomások esetében teljesen hiányzik, ezen felül a kozmikus sugárzás felső légkörrel, illetve az űrhajó szerkezeti elemeivel való kölcsönhatása másodlagos sugárzást (például fékezési röntgen-, neutronsugárzást) hoz létre, így azok fedélzetén a dózisterhelés a földinek ötven–százszorosa is lehet. Az űrállomások belső terében a sugárzási kép igen bonyolult, időben és térben nagyon változó. Napkitörések idején a sugárzási szint jelentősen megnőhet, és az asztronauták űrséta alatt is fokozott sugárterhelésnek vannak kitéve.

Az igen nagy költséggel kiképzett űrhajósok aktív pályafutásának mindinkább csak dózisterhelésük korlátja szab határt. Ezért alapvető fontosságú az űrállomások különböző pontjain történő folyamatos dózismérés (dózistérképezés), illetve az űrhajósok dózisterhelésének állandó nyomon követése (személyi dozimetria).

Részvétel az Interkozmosz együttműködésben

A magyar űrkutatás első évtizedeinek a szocialista országok Interkozmosz együttműködése adott keretet, a magyar fejlesztésű űrműszerek szovjet hordozóeszközökön repültek. A magyar űrtevékenységet kezdetben az Űrkutatási Kormánybizottság, később az MTA Interkozmosz Tanácsa koordinálta. Az űrdozimetriai programok hazai gazdája az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetének (KFKI) Sugárvédelmi Osztálya lett.

A Sugárvédelmi Osztályon már a 60-as években megkezdtek egy nagyon korszerű, ún. termolumineszcens dózismérésen (TLD) alapuló rendszer fejlesztését. A TLD-k passzív szilárdtestdetektorok, tápellátást nem igényelnek. Szervetlen egykristályok, melyekben ionizáló sugárzás hatására a töltéshordozók egy része magasabb energiaállapotba kerül. Ha a TL-anyagot felhevítjük, akkor a töltéshordozók fénykibocsátás kíséretében visszatérnek eredeti állapotukba. A kibocsátott fénymennyiség széles tartományban arányos az „összegyűjtött” dózissal. A dózis kiolvasása általában laboratóriumban, bonyolult és nagyméretű berendezéssel történik. A Sugárvédelmi Osztályon megszületett modern, sorozatban gyártott kiolvasó berendezést a moszkvai Orvosbiológiai Problémák Intézete (IMBP) rendszeresen használta a szovjet űrhajósok dózisának mérésére. Ez az intézet azóta folyamatosan, az ESA-együttműködésekben is a magyar kutatók állandó partnere.

Az űrutazások időtartamának növekedésével a TL-módszer korlátai egyre nyilvánvalóbbá váltak. A kiolvasók mérete és tömege miatt a dózismérőket csak az űrrepülés végén, a Földön tudták kiolvasni, rendszeres dózis-kiolvasásra a fedélzeten nem volt mód. A 70-es évek végén, az első magyar űrrepülés

kísérleti programjának keretében, a KFKI-ban elkészült egy világviszonylatban egyedülálló, űrben is használható új TL dózismérő rendszer, mely a *Pille* nevet kapta. A BME Alkalmazott Kémiai Tanszékén kifejlesztett TL-kristályokat üvegfalú vákuumbúrákba, fűtőlemezkére ragasztották (ezeket később a Tungsram Rt. sorozatban gyártotta), a búrákat pedig a könnyű kezelhetőség érdekében ún. kulcsokba építették. Méréskor a kulcsot mindössze a kisméretű, kislevegyszerű kiolvasó berendezés nyílásába kell helyezni és elfordítani; a mérés automatikusan megtörténik, annak végén a dózisértéket a kiolvasó kijelzőről le lehet olvasni. Farkas Bertalan a Szaljut-6 fedélzetén sikeresen felavatta a Pillét; ekkor nyílt először lehetőség űrhajósok személyi dózisának tetszés szerinti időpontban történő fedélzeti meghatározására (1. kép). A *Pille* a magyar űrhajós visszatérése után is az űrben maradt, a műszert – és annak továbbfejlesztett példányait – rendszeresen használták a Szaljut-7 és a Mir űrállomáson is. 1984-ben Sally Ride, a NASA első női űrhajósa a *Pille* egy módosított változatával a *Challenger* amerikai űrrepülőgépen végzett igen sikeres méréssorozatot.



1. kép • Farkas Bertalan a *Pillével* mér a Szaljut-6 űrállomás fedélzetén

Paradigmaváltás a 90-es években

A 90-es évek elején Magyarországon és a környező országokban alapvető politikai, társadalmi és gazdasági változások történtek; a szocialista tábor megszűnésével az Interkozmosz együttműködés is véget ért. A magyar űrkutatás koordinálását az Interkozmosz Tanácstól a Magyar Űrkutatási Szervezet (MŰT, ÚTT) végrehajtó szerve, a Magyar Űrkutatási Iroda (MŰI) vette át. A nemzetközi együttműködés sokkal szélesebb körben, kétoldalú és sokoldalú megállapodások keretében folyt tovább. 1991-ben Magyarország – a kelet-közép-európai országok közül elsőként – űrkutatási együttműködési megállapodást írt alá az ESA-val, majd a következő években más országok, köztük Oroszország űrügynökségével. Hazánk csatlakozott az ESA-nak a kis országok űrtevékenységét támogató PRODEX programjához, majd 2003-ban az ESA Európai Együttműködő Állam (ECS) Megállapodáshoz, mely a teljes jogú ESA-tagság „előszobája” volt. Magyarország 2015-ben végül az ESA teljes jogú tagjává válik. A hazai űrkutatási programok finanszírozása a 90-es évek eleje óta pályázati rendszer alapján történik.

A 90-es évek elején, az OMFB (*Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság*) támogatásával – az MTA KFKI Atomenergia Kutatóintézet (AEKI), az MTA Energiatudományi Kutatóközpont jogelődje Űrdozimetriai Laboratóriumában, a BL-Electronics Kft. közreműködésével – megkezdődött egy új generációs, mikroprocesszoros vezérlésű *Pille* fejlesztése. A mérésvezérlés, jelfeldolgozás és adattárolás alapvetően megváltozott. A dózismérő kulcsba épített memóriachip segítségével a dózismérő automatikusan azonosítható, és a kiolvasó a kiértékelésnél figyelembe veszi az adott dózismérő egyedi tulajdonsá-

gait; ezáltal a mérési pontosság jelentősen megnőtt. A *Pille* összes belső paramétere – a kífűtési hőmérséklet profiljától a fotoelektron-sokszorozó nagyfeszültségéig – külső számítógépről beállítható. A kiolvasó egy benne hagyott dózismérőt meghatározott időközönként automatikusan ki tud olvasni. A mérési eredményeket – a dózismérő azonosítójával és a kiolvasás időbélyegével együtt – szabványos, kihúzható és cserélhető memóriakártyán tárolja, azok személyi számítógéppel egyszerűen feldolgozhatók. A kiolvasó kezelését és beállítását menürendszer segíti.

Az új *Pille* prototípusa 1994-re készült el. Ez idő tájt látogatott a MŰI-be együttműködési lehetőségeket keresve dr. Heinz Oser, az ESA űrelettani kutatásainak koordinátora. Megtetszett neki a *Pille*, és támogatta, hogy az ESA-nak 1995-ben az EUROMIR'95 expedíció keretében a Mir űrállomásra felküldendő űrhajósa azt használja. A *Pille* operátora az ESA német űrhajósa, Thomas Reiter lett, aki hét hónapon keresztül azzal számos mérést végzett, sőt űrsétára is kivitte. Feltérképezte a Mir-en belüli dózisviszonyokat, automatikus óránkénti kiolvasással megmérte a Föld körüli kozmikus sugárzási tér helyfüggését; ilyen jellegű mérést TL-dózismérővel még nem végeztek.

Az EUROMIR'95 kísérlettel szinte egy időben az Űrdozimetriai Csoport elnyerte a NASA amerikai űrhajósa által a Mir űrállomáson végrehajtandó, új űrbiológiai kísérletekre meghirdetett pályázatát, célként többek között megjelölve az űrséta járulékos dózisának meghatározását egy módosított *Pille* segítségével. Az új amerikai űrruhák készítésénél a *Pille* dózismérők elhelyezésére külön zsebeket alakítottak ki. Ezzel a Pillével két amerikai űrhajós 1997-ben fél éven át végzett méréseket az űrállomáson belül és az űrséták során.

Magyar dózismérő eszközök a Nemzetközi Űrállomáson

Pille az ISS-en • A Mir űrállomást időközben felváltotta a közel húsz nemzet közreműködésével épült Nemzetközi Űrállomás (ISS – International Space Station). A NASA, az ESA, valamint az Orosz Űrkutatási Ügynökség (RKA) is nagyfokú érdeklődését fejezte ki egy termolumineszcens dózismérésen alapuló operatív sugárvédelmi ellenőrző rendszer iránt az ISS fedélzetére, amely a *Pille* berendezésen alapul. A nemzetközi együttműködési szerződések aláírása nyomán – Magyarországnak az űrállomáshoz való hozzájárulásaként – az Űrdozimetriai Csoport a BL-Electronics Kft. közreműködésével, hazai pályázati forrásból kifejlesztette és elkészítette a *Pille* ISS-re adaptált változatát. Megváltozott a kiolvasó ún. kezelői felülete, így használata sokkal egyszerűbbé vált. A mérési adatok, melyeket addig a visszatérő űrhajósok memóriakártyán hoztak a Földre, részben automatikusan, távadatközléssel is lejuttathatók az űrállomáról (2. kép).

A *Pillének* az ISS amerikai szegmensére készített példányát – amellyel alapvetően a biológiai kísérleti objektumok által elszennvedett dózist szándékoztak mérni – 2001 márciusában vitte fel egy űrsikló az űrállomásra. A NASA az ISS biológiai laborjának kiépítését és működtetését a költségvetés kurtítása miatt hamarosan leállította, de az ESA a *Pillét* kölcsönvette, és azzal a DOSMAP nemzetközi kísérletében egy NASA-űrhajós négy és fél hónapon keresztül több, mint 1700 sikeres fedélzeti mérést hajtott végre (3. kép). A nemzetközi együttműködésben, különböző típusú dózismérőkkel végrehajtott kampány feladata részben azok mérési adatainak összehasonlítása, részben az ISS amerikai szeg-



2. kép • Az ISS-re készített *Pille* kiolvasó egy dózismérő kulccsal

mensén (Destiny) belüli dózisviszonyok feltérképezése volt. (Az ESA Columbus modulja ekkor még nem volt készen.) A NASA kutatói a – csak fizikai dózis mérésére alkalmas – *Pille* detektorokat a dózisegyenérték meghatározását (csak utólagos, földi kiértékelés után) lehetővé tevő nyomdetektorokkal egészítették ki.

Az ISS orosz szegmensére (Zvezda) a *Pille* kissé módosított változatát egy Progressz teherűrhajóval 2003 augusztusában szállították fel. Ez a kiolvasó készülék egy interfészen keresztül közvetlenül kapcsolódhat az űrállomás orosz adatgyűjtő rendszerhez. A *Pille* a



3. kép • Jim Voss NASA-űrhajós a *Pillével* mér az ISS Destiny moduljában



4. kép • A *Pille* dózismérő számára kialakított zseb az Orlan űrruhán

Zvezdán az ún. dozimetriai szolgálati rendszer része, az űrhajósok egészségvédelmének eszköze. Az űrállomás különböző pontjaira kihelyezett dózismérőket havi rendszerességgel olvassák ki; űrséták alatt minden esetben mérik a járulékos dózist, és egy, a kiolvasóban lévő dózismérővel 90 percenként (ennyi az ISS keringési ideje) végeznek automatikus, nagyfelbontású méréseket. Rendkívüli eseményekkor, mint például extrém nagy napkitörések idején az űrhajósok dózisterhelését napi kétszeri kiolvasással követik nyomon.

Az „orosz” *Pille* immár tizenkét éve mér folyamatosan, számos expedíció űrhajósi által üzemeltetve, azokat kiszolgálva. Ez idő alatt több mint negyvenhét ezer sikeres mérést végzett; *Pille* dózismérőket valamennyi nemzet űrsétát végző asztronautái minden űrsétára visznek magukkal (4. kép). A *Pillét* az ISS mindegyik moduljában, a hozzá kapcsolódó emberes és teherűrhajókban használták dózistérképezésre, részese nemzetközi, többek között az ESA részvételével folyó fedélzeti

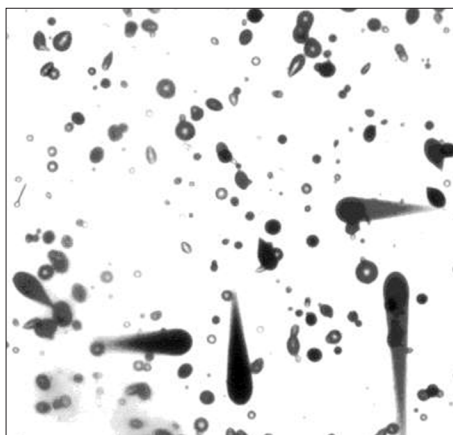


5. kép • Charles Simonyi az ISS-en mér a *Pillével*

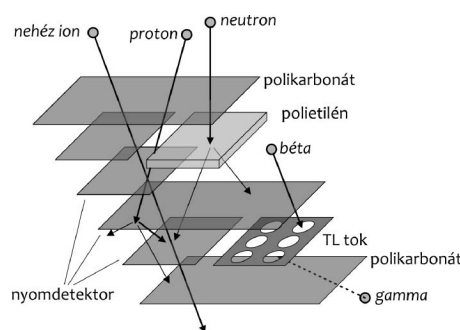
dózismérő programoknak. Igen értékes, egyedi méréseket végzett vele mindkét űrepülés során Charles Simonyi magyar származású űrturista (5. kép).

Nyomdetektoros mérések

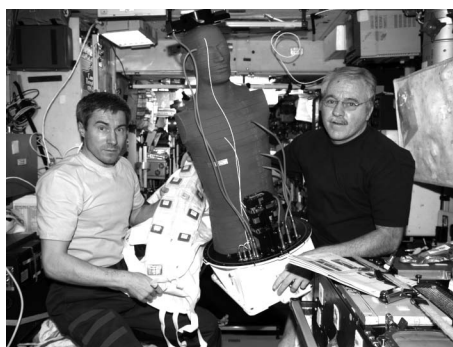
A TLD-k hátránya, hogy elsősorban csak a gamma- és protonszugárzásra érzékenyek; a nagy energialeadású ($>10 \text{ keV}/\mu\text{m}$) részecskéket és a neutronokat nem detektálják, és nem adnak információt a sugárzási komponensek LET-értékéről sem, így az effektív dózis kiszámítására nem alkalmasak. A $>10 \text{ keV}/\mu\text{m}$ LET-értékű ionizáló sugárzás detektálására és LET-értékük mérésére jellemzően egy másik típusú szilárdtestdetektort, az ún. nyomdetektort használnak. A polikristályos műanyag lapkákban az elektromosan töltött részecskék ionizáció révén rombolt zónákat hoznak létre, melyek magukon viselik a részecskék tulajdonságait. Ezeket a kb. 10 nm átmérőjű, de néha cm hosszúságú rombolt zónákat megfelelő kémiai eljárással el lehet



6. kép • Az ISS-en korábban exponált nyomdetektor egy kis felületdarabkájáról 400-szoros nagyítás mellett készített felvétel



1. ábra • Kombinált passzív detektorcsomag felépítése



7. kép • A Matroszka emberszerű fantom szerelése az ISS fedélzetén (DLR)

távolítani és olyan méretre felnagyítani, hogy optikai mikroszkóppal is megfigyelhetők (6. kép). A KFKI AEKI Űrdozimetriai Csoportjában a 90-es évek végén kifejlesztettek egy kombinált passzív detektorcsomagot (*stack*), mely mindkét fajta szilárdtestdetektort tartalmazza (1. ábra). Összecsomagolt állapotban a stack $4,5 \times 6 \text{ cm}^2$ területű, 5 mm vastag és 18 g tömegű. Ez az összetétel és a speciális kiértékelő technika lehetővé teszi a kozmikus sugárzás szinte minden komponensének vizsgálatát, mérését. Hátránya viszont, hogy a mérési eredmények kiértékelése csak a Földön, bonyolult laboratóriumi munkával végezhető el.

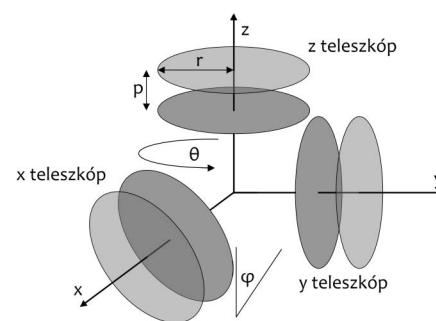
Az első űrhajósok 2000. október 31-én léptek az akkor még csak két orosz és egy amerikai egységből álló Nemzetközi Űrállomás fedélzetére. Ők telepítették a KFKI AEKI első passzív detektorrendszerét a *Zvezda* modul hat pontjában, 2001 februárjában. Ahogy az űrállomás bővült, úgy jelentek meg az egyes modulokban a KFKI AEKI (2012-től MTA EK) újabb és újabb detektoregységei. Az elmúlt 15 évben ilyen detektorokat harminc különféle összeállításban küldtek fel az ISS-re nemzetközi programok keretében, melyeket általában orosz szervezésben, de nemzetközi, köztük ESA-részvétellel valósítottak meg:

- Brados, SPD (dózistérképezés és munkahelyi dozimetria az ISS orosz szegmensében, 2001–2008, 2010–);
- Matroszka (kozmosz sugárzás dóziseloszlásának vizsgálata emberszerű fantom belsejében az ISS-en kívül, ill. annak különböző szegmenseiben, 2004–2011) (7. kép);
- DOSIS (dozimetria az ISS Columbus moduljában, majd adatfeldolgozás, melynek végső célja egy, az ISS egészét felölelő, mindenki által felhasználható dozimetriai adatbázis létrehozása, 2009–);

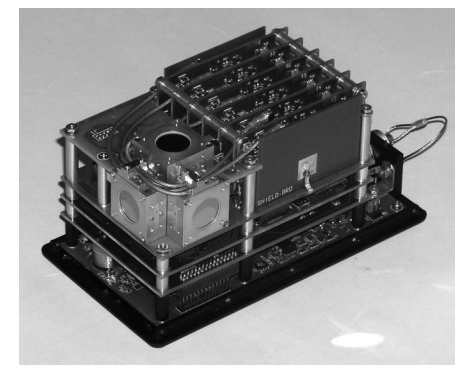
- Foton, Bion (visszatérő műholdakban a biológiai kísérletekhez sugárdozimetriai mérési adatok szolgáltatása, 2005–);
- BioTrack, Phoenix (biológiai vizsgálatok passzív doziméterek támogatásával az ISS Pirs moduljában, 2010–2015);
- Orosz kozmonauták dózisterhelésének vizsgálata az IMBP-val közösen kialakított személyi dózismérővel, mely TLD- és SSNTD-detektorokat tartalmaz;
- Háromtengelyű félvezető detektoros teleszkóp – TRITEL

Az elmúlt évtizedben egy olyan – a kozmikus sugárzás LET-eloszlásának időbeli és térbeli meghatározására alkalmas – háromtengelyű részecske-teleszkóp (TRITEL) fejlesztése történt az MTA EK Űrdozimetriai Kutatócsoportjában a BL-Electronics Kft.-vel együttműködve, mellyel mind az elnyelt dózis, mind a kozmikus sugárzás biológiai károsító hatására jellemző dózisegyenérték akár 10 perces időfelbontásban becsülhető. A részecske-teleszkóp felépítése a 2. ábrán látható.

A korábban a világűrben alkalmazott félvezető detektoros teleszkópokhoz képest a detektoregységből (8. kép), az ahhoz kapcsolódó, miniszámítógépre épülő központi egységből és egy passzív dózismérő csomagból



2. ábra • A TRITEL háromtengelyű teleszkóp geometriai felépítése



8. kép • A TRITEL detektor egységének belseje

álló TRITEL rendszer nagy előnye, hogy a három, egymásra merőleges tengelyű detektorpárjának köszönhetően a tér bármely irányából érkező részecskékre közel egyforma érzékenységű. A három irányban történő mérésekkel továbbá – bizonyos mértékig – a kozmikus sugárzási tér anizotrópiájának a vizsgálatára is lehetőség nyílik. A TRITEL-kísérlet első ízben 2012 második felében jutott fel az ISS fedélzetére, ahol 2013 májusáig végeztek vele méréseket az ESA Columbus moduljában. Hasonló összeállítás működött az ISS Zvezda moduljában 2013. április és július között (9. kép).



9. kép • A TRITEL RS detektora és központi egysége az ISS Zvezda moduljában

Kulcsszavak: kozmikus sugárzás, sugárdózis, dózismérés, űrdozimetria, ISS

IRODALOM

Apáthy István – Deme S. – Fehér I. – Akatov, Yu. A. – Reitz, G. – Arkhangelsky, V. V. (2002): Dose Measurements in Space by the Hungarian Pille TLD System. *Radiation Measurements*. 35, 381–391. DOI: 10.1016/S1350-4487(02)00071-9

Apáthy István – Akatov, Yu. A. – Arkhangelsky, V. V. – Bodnár L. – Deme S. – Fehér I. – Kaleri, A. – Padalka, I. – Pázmándi, T. – Reitz, G. – Sharipov, S. (2007): TL Dose Measurements on Board the Russian Degment of the ISS by the “Pille” System during Expedition-8, -9 and -10. *Acta Astronautica*. 60, 322–328. DOI: 10.1016/j.actaastro.2006.09.037

• <http://tinyurl.com/omxng93>

Fehér István – Deme S. – Szabó B. – Vágvölgyi J. – Szabó P. P. – Csöke A. – Ránky M. – Akatov, Yu. A. (1981): A New Thermoluminescent Dosimeter System for Space Research. *Advances in Space Research*. 1, 61–66. DOI: 10.1016/0273-1177(81)90244-1

Pálfalvi József – Szabó J. – Eördögh I. (2010): Detection of High Energy Neutrons, Protons and He Particles by Solid State Nuclear Track Detectors. *Radiation Measurements*. 45, 10, 1568–1573. DOI: 10.1016/j.radmeas.2010.06.053

Pázmándi Tamás – Deme S. – Láng E. (2006): Space Dosimetry with the Application of a 3D Silicon Detector Telescope: Response Function and Inverse Algorithm. *Radiation Protection Dosimetry*. 120, 401–404. DOI: 10.1093/rpd/nci539



AGYMŰKÖDÉS SÚLYTALANSÁGBAN: KÍSÉRLET A NEMZETKÖZI ŰRÁLLOMÁSON

Balázs László Barkaszi Irén

PhD, tudományos főmunkatárs, tudományos segédmunkatárs,
MTA TTK Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet
balazs.laszlo@ttk.mta.hu barkaszi.iren@ttk.mta.hu

Czigler István Takács Endre

DSc, tudományos tanácsadó, tudományos segédmunkatárs,
MTA TTK Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet
czigler.istvan@ttk.mta.hu takacs.endre@ttk.mta.hu

Milyen hatással lehetnek az asztronauták agyműködésére az űrutazás körülményei? Vajon képesek-e ugyanarra a szellemi teljesítményre, amire a Földön? A kérdés már csak azért is választ érdemel, mert az űrhajósoknak egész küldetésük során bonyolult és napról napra változó feladatokkal kell megbirkóznuk. Reakcióik gyorsaságán és azon, hogy váratlan helyzetekre is megoldást találjanak, nem csak a rájuk bízott kísérletek sorsa múlik, előfordulhat, hogy saját maguk és társaik biztonsága, akár élete a tét.

Azt, hogy az űrhajósok hogyan oldják meg mindennapos feladataikat, repülésirányítók hada figyel, de ahhoz, hogy pontos és ellenőrizhető információhoz jussunk, kísérletekre van szükség. A reakciókészséget és agyműködést vizsgáló kísérletek szinte egyidősek az űrhajózással, de alapkérdésekre nem kapunk egyértelmű választ. Az adatok gyakran ellentmondóak, ráadásul a legtöbb adat rövid időtartamú, 10–14 napos küldetésekből származik, így az adaptáció korai szakaszának problémáiról informál ugyan, de nem tudjuk meg, hogy hosszabb távon létrejöhet-e tökéletesebb alkalmazkodás (Kanas – Manzey, 2008).

Az űrutazás alkalmával végzett pszichológiai és idegtudományi kísérletek lehetősége korlátozott. A rendelkezésre álló anyagi- és időkeretben elsőbbséget élveznek azok a biológiai problémák, amik köztudottan egészségkárosodáshoz vezethetnek, mint a csontritkulás, izomsorvadás vagy a keringési változások mechanizmusa és a megelőző módszerek tesztelése. Alternatívaként felmerül a különböző földi – analóg helyzetekben végzett – kísérletezés (részletesebben lásd: Balázs et al., 2014).

Az űrutazás egyes hatásait létrehozni képes analóg helyzetek mellett felmerül a nagy magasságokban bekövetkező oxigénhiánnyal való párhuzam is, annak ellenére, hogy az űrállomás légköre azonos a földivel. Korábban, a Magyar Űrkutatási Iroda támogatásával,

Az űrutazás egyes hatásait létrehozni képes analóg helyzetek mellett felmerül a nagy magasságokban bekövetkező oxigénhiánnyal való párhuzam is, annak ellenére, hogy az űrállomás légköre azonos a földivel. Korábban, a Magyar Űrkutatási Iroda támogatásával,

kutatócsoportunk is számos kísérletet folytatótt oxigénhiányban. Kutatásainak egyik fontos eredménye, hogy több kísérletben is reprodukáltuk az agyi elektromos aktivitás egy jellegzetes változását. Ez a változás a feladat szempontjából irreleváns, oda nem tartozó „újdonságinger” megjelenése által kiváltott agyi elektromos válasz (eseményhez kötött potenciál – EKP) csökkenése (Balázs et al., 2000).

Más kutatásokban igazolták, hogy ennek a sajátos válasznak a keletkezésében kulcsszerpet játszanak az agy elülső részén található területek (prefrontális kéreg és elülső cinguláris kéreg). Ugyanezek a területek felelősek számos ún. kontrollfunkcióért, mint például a figyelem irányítása, párhuzamos feladatok közötti megosztás vagy a hibák detektálása. Egy másik kontrollfunkció a feladattal kapcsolatos konfliktushelyzetek kezelése, például amikor egy leírt szó esetében a betűk színét kell megneveznünk, de a válaszadást megnehezíti, hogy maga a leírt szó egy másik szín neve. Egy kísérletben sikerült is igazolnunk, hogy a Stroop-hatásként ismert reakciólassulás valóban megnő oxigénhiányban (Balázs et al., 2005). Ezek az eredmények jól illeszkednek más kutatócsoportok adatainak sorába, amelyek azt bizonyítják, hogy olyan szuboptimális helyzetekben, mint például a fáradtság vagy kialvatlanság is ugyanezek a funkciók romlanak.

Az űrhajósok köztudottan rosszul alszanak, és folytonos figyelmet, mentális erőfeszítést igénylő munkát végeznek szigorú rendszerint. A súlytalansághoz való alkalmazkodás kényszere további terhet ró az agyműködésre. A gravitációs inger megszűntével át kell hangolni számos, az észlelésben és mozgásszervezésben szerepet játszó idegi kapcsolatot. Gondoljunk például arra, hogy egy tárgy megragadáshoz és mozdításhoz szükséges

izomerő a végtagok és a tárgy súlyától és tömegétől függ. Az ehhez szükséges bonyolult agyi komputáció tudatunktól függetlenül, automatikusan zajlik, csak akkor veszünk róla tudomást, ha nem működik tökéletesen, mint például az űrutazás korai szakaszában, amikor az asztronauták gyakran túl nagy mozgásokat végeznek, kezük túllendül az elérni kívánt tárgyon. A visszatérés után újra kezdődik az ügyetlenkedés, amíg a súlytalansághoz szokott agy ismét megtanulja, hogy a végtagoknak és tárgyaknak súlyuk is van (erről lásd Chris Hadfield űrhajós magyarul is megjelent önéletrajzi könyvét: Hadfield, 2014).

A NeuroSpat-kísérlet

Úgy gondoltuk tehát, hogy a megfeszített munka és az adaptáció által okozott agyi terhelés és az alvászavarok együttesen a fent említett prefrontális rendszerek csökkent működéséhez vezethetnek, legalábbis az űrutazás korai szakaszában.

2006-ban váratlanul megnyílt a lehetőség, hogy ezt a feltételezést közvetlenül a Nemzetközi Űrállomáson (ISS) dolgozó űrhajósokon teszteljük, a lehetőséget egy, az EU által finanszírozott ESA-program, a SURE teremtette meg. A program keretében olyan kutatók is pályázhattak az ISS-en végzendő kísérletekre, akik egyébként erre nem lettek volna jogosultak, mert nem ESA-tagországban dolgoznak.

A *Prefrontális funkciók és téri tájékozódás* (PreSpat) című kísérlettervben a hipoxiás vizsgálataink során a prefrontális funkciók indikátoraként már jól vizsgázott újdonságingeret olyan feladatokba kombináltuk, amelyek a téri tájékozódás alapjait tesztelték. Az irányok észlelésében az agy három fontos információforrásra támaszkodik. Először is a látványra támaszkodunk. Megszoktuk, hogy

a környezetben látható objektumok (falak, fák, víztükör) kijelölik a függőleges és vízszintes irányokat. A Földön a belső fülben található egyensúlyszerv és testünk súlya következtében a bőr és az ízületek receptorait érő ingerek is megmondják, merre van a felfelé és lefelé. Súlytalanságban azonban megszűnik ezeknek a receptoroknak a kulcsingere, így azt feltételeztük, hogy a földi körülményekhez képest a vizuális irányjelzők szerepe felértékelődik, vagyis ha egy irányészlelési feladatot ilyen irányjelzők hiányában kell megoldanunk, akkor a teljesítmény rosszabb lesz, mint amikor valamilyen viszonyítási keret is rendelkezésre áll.

A PreSpat koncepciója tetszett a bírálónak és így az ESA elfogadta megvalósításra azzal, hogy azt egy másik, korábbi pályázaton nyertes idegtudományi kísérlettel közös protokollban kell végrehajtani. A „társbérő” Guy Cheron belga agykutató csoportjának a Neurocog-2 nevű kísérlete volt. A névből is sejthető, hogy ők egy korábbi kísérletre építettek. Az időkorlátok miatt mindkét tervből faragni kellett. Olyan feladatot is kreáltunk, amibe mindkét tervezetből került valamilyen hipotézis. A közös protokoll, a NeuroSpat, véglegesítésén majd két évig dolgoztunk együtt. Sokat segített, hogy a másik teamnek már volt tapasztalata arról, hogyan lehet megoldani az ISS és az ESA által megszabott követelményrendszerben.

Módszerek

Hosszas előkészületek után végül 2009-ben megtörténtek az első éles mérések. 2009 és 2013 között öt asztronauta vett részt a vizsgálatban. Kísérletünkben elektroencefalográffal (EEG) vizsgáltuk az űrhajósok agyi aktivitását, és a viselkedési adatokat (reakcióidő, hibázás) is rögzítettük két feladatban.

Az űrhajósok a felkészítést követően összesen kilenc alkalommal hajtották végre a feladatot. A kísérletet három alkalommal ismételték meg a Földön a repülést megelőzően, két alkalommal a Nemzetközi Űrállomáson a hat hónapos űrutazás alatt, és négy alkalommal újra a Földön, a visszatérés után. (Fontos volt, hogy jól begyakorolják a feladatot a repülés előtt, a tanulási hatást is minimalizálni akartuk, így szükséges volt a repülés előtti három mérés.) A mérések időzítését nagy alaposággal alakítottuk ki. Az indulás utáni 6–12. napokban volt az első mérés az űrben, a következő pedig a 45–60. napokon. A Földet érés után volt két korai mérés, majd két hét múlva két későbbi mérés. A korai méréseknél még nem adaptálódtak a személyek az új helyzethez, míg a késői mérésekről azt feltételeztük, hogy már sikeresen lezajlott az alkalmazkodás.

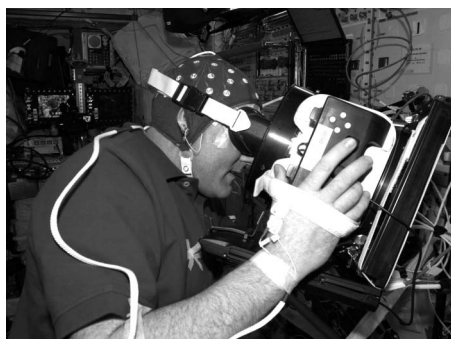
A kutatócsoportunk tagjai személyesen vettek részt a földi adatgyűjtésben. Az űrbéli méréseket, amelyeket a Columbus laboratórium Európai Fiziológia Moduljának (European Physiology Module-EPM) 128 csatornás EEG-készüléke tett lehetővé (MEEMM – Multi-Electrode Electroencephalogram Mapping Module), pedig a toulouse-i irányítóközpontból követhettük nyomon. Az űrhajósok időbeosztása eléggé szoros, így 120 percnél többet nagyon ritkán tudtak a kísérletünkre fordítani a Földön. Ebből 75 perc volt a feladat végrehajtása, a többi időt az elektródasapka felhelyezésére, illetve a feladat végén a leszerelésére fordítottuk.

Az űrállomáson a kísérlet ettől kicsit több idő ráfordítását igényelte a személyektől, ami annak is köszönhető volt, hogy míg a Földön egy minimum háromtagú csapat vezette a kísérletet, és készítette elő a megfelelő feltételeket a kísérlethez, addig az űrben mindent

a vizsgálati személyünk és egyik társa végzett. A társ feladata volt felhelyezni és megfelelő működésre bírni az elektródasapkát és a sapkán kívüli elektródákat. Az űrhajósok a Földön tanulták meg ezt a folyamatot. Bár nagyon kevés időt kaptak ennek elsajátítására, gond nélkül oldották meg a feladatot az űrállomáson. Néha technikai okok miatt előfordult csúszás a Földön és az űrben is, ilyenkor az űrhajósok készségesen vállalták az napi feladataik csúszását, illetve a szabadidejüket is rááldozták.

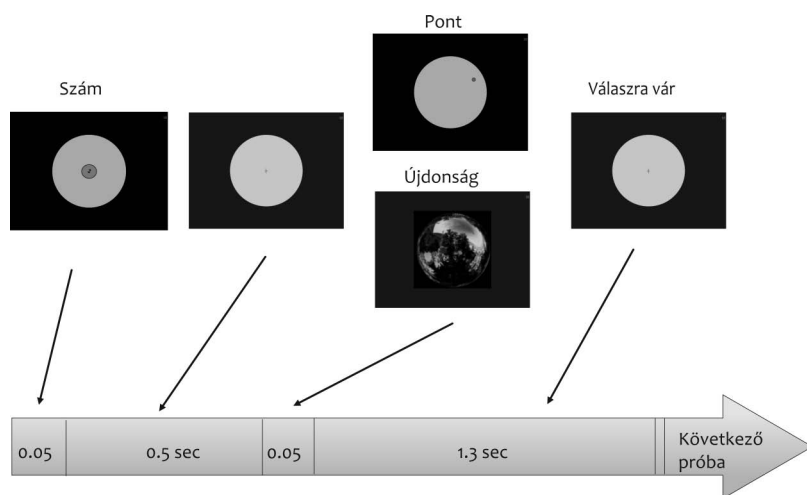
Kísérleteinkben egy laptop monitorján mutattuk be a feladatot, amelyre egy alagútszerű szerkezet volt szerelve, aminek az volt a célja, hogy kizárja a külső ingereket, amelyek referenciaként szolgálnak ahhoz, hogy mi a vízszintes és mi a függőleges. Ilyen külső inger lehet a Földön a falak helyzete, a monitor széle vagy az asztal körvonala (1. kép).

Az első feladatban két vonal követte egymást, és a személyeknek el kellett dönteniük, hogy a két vonal párhuzamos-e vagy sem. Voltak olyan nem párhuzamos vonal-párok, amelyek között csak kicsi különbség



1. kép • NeuroSpat-kísérlet a Nemzetközi Űrállomáson. A laptop monitorjára a külső ingereket kizáró alagút van szerelve.

volt, így ezekről viszonylag nehéz volt döntést hozni, míg voltak könnyen eldönthető, nagyon különböző vonalpárok is. A másik feladatban a személyek először egy számot láttak 1-től 12-ig. Ezt követte egy pont, amiről azt kellett eldönteniük, hogy a pont a képzeletbeli óra számlapján a számmal megegyező időt mutatja-e. A feladat során az alagútszerű szerkezet oldalára szerelt gamepad segítségével, gombnyomással kellett jelezniük a döntést az űrhajósoknak (1. ábra).



1. ábra • Az „órás” kísérlet vázlata

Az órás feladatban kétféle helyzet fordult elő: volt, amikor egy négyzet alakú keret jelent meg a látott képernyőterület szélén és volt, amikor nem jelent meg a keret. Ennek a keretnek az volt a szerepe, hogy kijelölje a vízszintes és függőleges irányt, amiről azt feltételeztük, hogy különösen nagy szerepe lehet az űrben, ahol a gravitáció által biztosított érzékletek a test helyzetéről hiányoznak.

Mindkét feladatban előfordultak olyan képek, amelyek váratlanok voltak és nem kellett rájuk válaszolni, ezek az ún. újdonság-ingerek. Mint már említettük, ezekről az ingerekről tudjuk, hogy kiváltják az ún. P3a-eseményhez kötött potenciált, ami érzékenyen reagál stresszorokra (például: hipoxia, alvásmegvonás, mentális fáradtság).

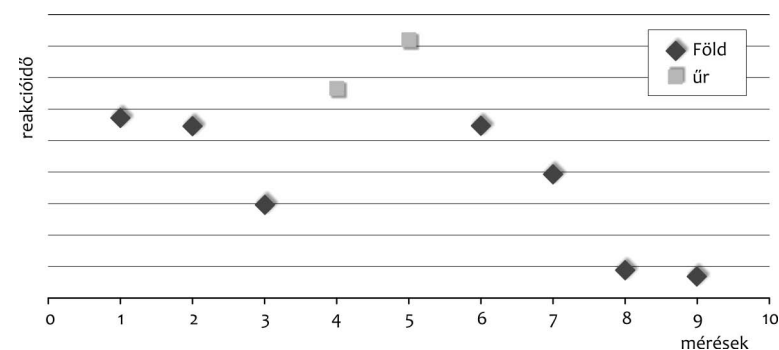
Eredmények

Az eredményeket két nagy csoportra lehet bontani. Az egyik csoport a feladatok során mért reakcióidők és válaszadási mintázatok, a másik csoport az eseményhez kötött agyi potenciálok (EKP-k).

A reakcióidők változása a kilenc mérési ponton két markáns hatást mutat (2. ábra). Az első hatás a gyakorlás hatása: összességében

az utolsó mérés során gyorsabbak voltak az emberek, mint a legelsőben. Ez egy teljesen általánosan megfigyelhető eredmény a kognitív pszichológiában, a legegyszerűbb feladatok kivételével minden reakcióidő-feladatban gyorsabbak leszünk a gyakorlás hatására. A gyakorlási hatás legtöbb esetben egy hatványfüggvénnyel modellezhető a legjobban: a változás (vagyis a reakcióidő-csökkenés) eleinte gyors, majd egyre jobban lassul. Ebben az esetben is ezt láthatjuk. Az indulás előtti három és a teljes readaptációt reprezentáló utolsó két pont jól illeszkedik egy ilyen ellaposodó függvényre.

Ennél az effektusnál azonban bennünket sokkal jobban érdekel, hogy az űrutazás milyen hatással volt a reakcióidőkre. Itt azt láthatjuk, hogy az űrbeli mérések során a reakcióidő markánsan megnövekedett. A könnyebb, ún. „vonalas” feladatban a reakcióidő-növekedés némileg kisebb volt, mint a nehezebb „órás” feladatban. A reakcióidők megnövekedésével hasonló ívet mutatott a pontosság változása is. Míg az űrrepülés előtti időszakban űrhajósaink szinte hibák nélkül végezték el a feladatokat, addig az űrben jelentősen megnőtt a hibák száma. A Földre



2. ábra • A reakcióidő változása a kísérlet során. Az 1–2–3. és a 6–7–8–9. mérés a Földön zajlott, míg a 4. és 5. a Nemzetközi Űrállomáson.

való megérkezés utáni két mérés során a teljesítményük még nem érte el a korábbi szintet, de már jobb volt, mint az űrben. Az utolsó két mérésnél pedig már újra kiváló teljesítményt mutattak, gyors és pontos válaszokat adva.

Ahogy a kísérletek leírásánál írtuk, az „órás” feladatot minden alkalommal kétféleképpen végezték el az űrhajósok. Egyszer a feladatot megkönnyítő négyzetes kerettel, egyszer anélkül. Az a feltételezésünk, hogy az űrben jobban támaszkodnak az űrhajósok erre a keretre, mint a Földön, részlegesen nyert bizonyítást. Tendenciaszinten megfigyelhető volt, hogy az űrben lassabban válaszoltak és több hibát vétettek a keret nélküli helyzetben, mint a keretes kondícióban, de a különbségek nem voltak szignifikánsak.

Az agyi kiváltott potenciálok nagy vonalakban feloszthatóak ún. szenzoros és kognitív komponensekre. A szenzoros komponensek az inger vizuális (vagy akusztikus, vagy szomatoszenzoros) feldolgozását jelzik, míg a kognitív komponensek az inger kategorizációját és a döntéshozatalt. Az újdonságinger által kiváltott P3a komponens is ilyen kognitív jellegű komponens, amely jól jelzi, ahogy a figyelmünk a kiváltó ingerre tér át. Emellett még a figyelemhez kötődnek azok a késői komponensek, amelyek az ingerekkel kapcsolatos döntések (például párhuzamos volt vagy nem) során jelennek meg.

A szenzoros komponensek nem változtak az űrben, de a figyelemhez köthető kiváltott potenciálok nagyon pontosan követték a teljesítmény változását. Ezek esetében is általános csökkenés volt megfigyelhető, amit a habituációnak tudhatunk be. Emellett a súlytalansági fázisban további jelentős, hirtelen csökkenés látható, majd a Földre való visszatérés után fokozatosan visszatér ezeknek a hullá-

moknak a korábban tapasztalt mérete. Ez legpregnansabban az újdonságingerre adott válaszban és az elülső agyterületek felett jelentkezett, ami arra utalhat, hogy a prefrontális funkciók kevésbé hatékonyan működnek.

Összességében tehát azt mondhatjuk, hogy a viselkedéses teljesítmény (reakcióidő és pontosság) és a figyelemhez köthető agyhullámok markáns romlást mutattak az űrben. Ez a romlás minden vizsgált területen hasonló mértékű volt, nem csak egy-egy részterület esetében volt megfigyelhető.

Megbeszélés

A NeuroSpat-kísérlet célja a klasszikus, alapkutatásban már bevált agyi kiváltott potenciál paradigmák felhasználása volt az űrhajósok agyműködésének vizsgálatára.

A NeuroSpat volt az első és mindeztidáig egyetlen kísérlet, amelyik az űrállomás EEG-felvételre alkalmas eszközt, a MEEMM-et használta. A MEEMM jól vizsgázott, ahogy a földi irányítószemélyzet és a kísérletért felelős adminisztratív-szervezési csoport is kiállóan teljesített. Az adatok minősége kifejezetten jó volt. A helyzet ironiája az, hogy végső soron az űrben sokkal jobb minőségű EEG-adatokat lehetett regisztrálni, köszönhetően annak, hogy ott egyenáramú rendszer van (ellenben a Földön a váltóáramú hálózati feszültség szinte mindig ráül a humán EEG bizonyos frekvenciatartományára). Az űrben az elektródák és a fej közötti elektromos kapcsolatot biztosító elektrolit nem folyik el – ez a súlytalanság előnye. A kísérleti személyek nyak és törzsizomzata ellazult állapotban van súlytalanságban, ezért az izomműködés okozta bioelektromos zaj sem zavarja az EEG-felvételt. Az egyetlen probléma a Nemzetközi Űrállomáson való kísérletezéssel, hogy egy „kicsit” drága.

Eredményeink egyértelműen bizonyították, hogy az űrhajósok komoly teljesítményromlást mutatnak bizonyos feladatokban. Az eddig végzett kognitív pszichológiai kísérletek és mérések az űrben nem jeleztek ilyen jelentős problémákat. Ennek több oka is lehet. Egyrészt viszonylag kevés ilyen irányú kutatás zajlott, ezek is főként olyan paradigmákat vizsgáltak, ahol nem volt ilyen szintű idői nyomás a kísérletben, ezért nagyobb tere volt a kompenzatorikus stratégiáknak, amelyek révén az űrhajósok jól végezték el a feladatokat, de adott esetben jelentősen lassabban és/vagy nagyobb erőfeszítést téve.

Nagy kérdés ezen eredmények kapcsán, hogy vajon más feladatokban is láttunk volna teljesítményromlást, vagy ez specifikus a téri-vizuális munkamemóriát igénybe vevő feladatokra? A válasz az űrhajózás biztonsága szempontjából is lényeges: kell-e számítani nagyobb kockázatokra, csökkent teljesítményre kiélezettebb szituációkban, vagy ezek

a problémák olyan specifikus feladatokra korlátozódnak, ahol valamilyen irányésszel kapcsolatos döntést kell hozni?

Sajnos az ilyen jellegű kérdésekre nem lehet gyorsan választ kapni, mert a Nemzetközi Űrállomáson nem lehet minden héten kísérletezni. A kísérletezésre való jogot nyílt pályázat során lehet elnyerni, ahol hatalmas a verseny, és nagyon korlátozottak a nyerési esélyek. Ezért a fenti kérdést, ha nem is tudjuk most megválaszolni, de lehet, hogy a jövőben felhalmozódó új kísérleti eredmények segítenek majd bennünket a tisztánlátásban. Mindenesetre saját eredményeink alapján kijelenthetjük, hogy az űrutazás agyra és viselkedésre gyakorolt hatása sokkal nagyobb és kedvezőtlenebb lehet, mint korábban gondoltuk.

Kulcsszavak: *űrkutatás, súlytalanság, pszichológia, kognitív idegtudomány, EEG, extrém körülmények*

HIVATKOZÁSOK

- Balázs László – Czigler I. – Grósz A. – Karmos Gy. – Szabó S. – Tötka Zs. (2000): Frontális diszfunkcióra utaló eseményhez kötött agyi potenciál változások magassági hipoxiában. *Magyar Pszichológiai Szemle*. 55, 4, 501–516. DOI: 10.1556/MPSzle.55.2000.4.9
- Balázs László – Barkaszi I. – Ehmann B. – Takács E. (2014): Ember a világűrben. *Természet Világa*. 145, II., 53–56.

- Balázs László – Czigler I. – Grósz A. – Emri M. – Mikecz P. – Szakáll Sz., Jr. – Tron L. (2005): Environmental Challenge Impairs Prefrontal Brain Functions. *Journal of Gravitational Physiology*. 12, 1, 31–32.
- Hadfield, Chris (2014): *Egy űrhajós tanácsai földlakóknak – Mit tanultam az űrrepüléseim alatt a találatkonyságról, az eltökéltségről és arról, hogy mindig bármire készen kell állni*. Gabo, Budapest
- Kanas, Nick – Manzey, Dietrich (2008): *Space Psychology and Psychiatry*. Springer, Netherlands

AZ ESA INFRAVÖRÖS CSILLAGÁSZATI KÜLDETÉSEI ÉS A MAGYAR RÉSZVÉTEL

Ábrahám Péter Kiss Csaba

az MTA doktora, tud. tanácsadó,
MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet
abraham.peter@csfk.mta.hu

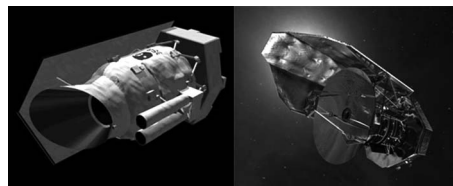
PhD, tudományos főmunkatárs,
kiss.csaba@csfk.mta.hu

Az emberi szem vak a fény legtöbb fajtájára: nem látjuk sem az infravörös, sem az ultraibolya, csak a szivárvány színeit alkotó „látható” fényt. Mivel az optikai sugárzás csak egy szeletét mutatja meg a világ egészének, a modern csillagászatban egyre nagyobb szerephez jutnak az infravörös (1...300 μm) és szubmilliméteres (300 μm ...1 mm) hullámhosszakon végzett megfigyelések. Ezekben a hullámhossztartományokban a világ a megszokotthoz képest egészen más képet mutat, hiszen az égbolt képét a 2000 °C-nál hidegebb kozmikus testek hősugárzása uralja. A bolygók és exobolygók, a csillagközi ködök, a galaxisok hideg poranyaga, a korai Univerzum első generációs csillagainak hősugárzása és a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás mind-mind ebben a színeképtartományban figyelhető meg. További előny, hogy az infravörös és szubmilliméteres sugárzás kevésbé szóródik vagy nyelődik el a csillagközi por-szemcséken, így segítségükkel keresztülláthatunk a Tejútrendszeren, vagy bepillantathatunk olyan sűrű, porba ágyazott objektumok belsőjébe is, amelyek a klasszikus optikai csillagászat távcsövei elől örökké rejtve maradnak.

Az infravörös sugárzás legnagyobb részét egyáltalán nem lehet megfigyelni a földfelszínről, a légkör átlátszatlansága miatt. Az

infravörös űrcsillagászat alapjait 1983-ban az amerikai–holland–brit IRAS műhold ((Infrared Astronomical Satellite)) vetette meg az égbolt 96%-ának feltérképezésével, és mintegy 250 000 infravörös forrás detektálásával. A magyar csillagászat gyorsan reagált az új lehetőségekre, és már 1987-ben az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézetében az IRAS égfelmérésének vizsgálata vezetett egy kiterjedt szupernóva-maradvány felfedezéséhez.

Az IRAS sikere rávilágított arra, mennyire fontos szerepük van az infravörös űreszközöknek a Világegyetem megismerésében. Ezért indította az Európai Űrügynökség (ESA) az *Infrared Space Observatory (ISO)* programot (1. kép, bal). Az ISO az IRAS-nál



1. kép • Az Európai Űrügynökség két nagy infravörös űrobszervatóriuma. Balra: Infrared Space Observatory (1995–1998), jobbra a *Herschel Space Observatory* (2009–2013). Mindkét programban jelentős a magyar hozzájárulás.

sokkal jobb detektorai – amelyek például a 12 mikrométeres hullámhosszon érzékenyebbek és százszor jobb térbeli felbontásúak voltak – sokkal részletgazdagabb képet rajzoltak az infravörös égről. Az űrtávcső egy kriosztátból (a műszereket és a tükröt alacsony hőmérsékleten tartó berendezés), az optikai rendszerből, négy tudományos műszerből, és a kiszolgálóegységből állt. A hideg Univerzum vizsgálatához alacsony hőmérsékleten, az abszolút nulla fok, -273 °C közelében működő berendezésekre van szükség, különben a műszerek saját hőmérsékletéből származó (termikus) zaja lehetetlenné tenné a méréseket. Az indítás előtt az ISO kriosztátját 2286 liter szuperfolyékony héliummal töltötték fel, ami az ISO-t a Világegyetem egyik leghidegebb objektumává tette a működés alatt. A távcső 60 cm átmérőjű főtükrével összegyűjtött fényt egy kamerába, fotométerbe, vagy a két infravörös spektrográf valamelyikébe lehetett bevezetni az elvégzendő vizsgálat típusától függően. Az ISO-t 1995. november 17-én bocsátották fel egy Ariane 44P rakétával az ESA kourou-i indítóállomásáról (Francia Guayana). Élettartama 28 hónap volt, és mielőtt 1998. május 16-án lekapcsolták, a műhold pályáját úgy módosították, hogy az elégjen a légkörben, nem szennyezve kozmikus környezetünket.

Az ISO új kutatási területeket nyitott a csillagászatban, az üstökösökről a kozmológiáig. Legfontosabb eredményei közé tartozott a kristályos szilikátok azonosítása fiatal és öreg csillagok légkörében és a Hale–Bopp-üstökösön is, megmutatva a kapcsolatot a bolygóközi és a csillagkörüli por között. Kimutatta, hogy a víz mindenütt jelen van az Univerzumban, a Marstól a Titánon, az óriásbolygók légkörén, és üstökösökön keresztül a hideg csillagközi anyagig, születő csillagok környezetéig

és az Arp 220 összeolvadó aktív galaxispárig. Több különleges csillagközi molekulát, így jégfázisban lévő szén-monoxidot, benzolt és metilgököket, hidrogén-fluoridot sikerült elsőként azonosítani, és nagy jelentőségű volt a deutérium-hidrogén arány meghatározása a Naprendszer óriásbolygóinak légkörében. Az ISO jelentősen megnövelte azon rendszerek számát, ahol törmelékgorongokat (a bolygókeletkezés folyamatának maradványát) sikerült azonosítani, ezzel elindítva a csillagászat ezen területének a mai napig tartó virágzását. Először sikerült megfigyelni port egy galaxishalmaz tagjai között, és az ISO volt az első űreszköz, amellyel a kozmikus infravörös háttér (a nagyon távoli galaxisok összeolvadó fényét) számottevő részben forrásaira sikerült bontani. Bár ezen a területen a későbbi, nagyobb tükrőrátmérőjű távcsövek jelentős fejlődést hoztak, a kozmikus infravörös háttér abszolút értékének, az összes távoli galaxis integrált fényességének legpontosabb meghatározása mind a mai napig az ISO kamerájának mérésein alapul.

Magyar csillagászok komoly részt vállaltak az ISO-programban. Nemcsak a műhold aktív időszakában az ISOPHOT-fotopolariméter németországi kalibrátorcsoportjának tagjaiként, hanem az azt követő archiváló időszakban, amikor – immár az MTA Csillagászati Kutatóintézetében (CSKI) és az ELTE Csillagászati Tanszékén – 2000-től kezdve folytak az ISOPHOT-műszerhez kapcsolódó utókalibrációs munkálatok. Itt készült el az ISOPHOT-C100 és -C200 kamerák abszolút felületi fényesség kalibrációja, valamint a felületi fényesség kiértékelésére optimalizált, utolsó adatkiértékelő programváltozat (PIA 11.3). Az abszolút felületi fényesség kalibráció magában foglalta többek között az ISO belső kalibrációs forrásainak teljes újrapalibrálás

sát, a pontforrás leképezési függvények pontosítását és az égbolt kóborfényének figyelembevételét. Az MTA CSKI infravörös űrcsillagászati csoportja egy ESA-val kötött szerződés keretében ún. magas szinten feldolgozott adattermékeket (highly processed data products – HPDP) szállított az ISO-archívum számára. Ugyancsak itt készült el az állatövi fény első megbízható spektrális felmérése, valamint a maga nemében első, fiatal csillagok közép-infravörös színeképeit tartalmazó színeképatlasz is, az ISOPHOT színeképelemző berendezésének mérései alapján. Az ISO-projekt befejeződésének idejére a magyar kutatócsoport ismert szereplőjévé vált az európai infravörös űrcsillagászatnak, és az addig felgyűlt jelentős műszertechnikai és tudományos tapasztalat alapján sikeresen használta a japán építésű Akari-t, az amerikai Spitzer-t, és az ESA következő nagy infravörös űrtávcsővét, a Herschelt az ISO mérései alapján megnyílt új kutatási irányok kiaknázására.

A 2009-ben felbocsátott Herschel űrtávcső (1. kép, jobb) nemcsak egy következő lépés, hanem óriási ugrás volt az infravörös technológiában, áthidalva a korábbi infravörös űrtávcsövek és a földi rádiótávcsövek közötti szakadékot. Három műszerével (PACS, SPIRE és HIFI) lefedte a teljes távoli-infravörös és szubmilliméteres hullámhossztartományt. Így a Herschellel olyan égitesteket is láthattunk, amelyeket korábban egyetlen más távcsővel sem a Tejútrendszerben és azon túl. A valaha a világűrbe küldött legnagyobb, 3,6 m-es távcsőtükrevel pedig addig elérhetetlen térbeli felbontást tett lehetővé ezeken a hullámhosszakon. A korábbi űrtávcsövekkel ellentétben a Herschelt a Föld–Nap-rendszer gravitációsán stabil, ún. L_2 (második Lagrange-) pontjába küldték, másfél millió kilométernyire a Földtől. Ez a hely sokkal kiegyen-

lítettebb viszonyokat jelentett a műszerek számára, mint a korábbi földközi pályák az űrtávcső 3,5 éves működése alatt.

A Herschel számtalan tudományos eredménye közül kiemelendő, hogy a HIFI-műszerrel a földihez hasonló vizet találtak a 103P/Hartley 2 üstökösön, megerősítve azt az elméletet, hogy a földi víz üstökösökből származik, és vizet találtak a Naprendszer egyetlen, a kisbolygóövben található törpebolygóján, a Cereszen, ami arra utal, hogy a Ceresz a kisbolygóöv többi égitestjénél jobban hasonlít az üstökösökre. A Herschel volt az első berendezés, amellyel azonosítani lehetett azt a filamentáris (szálas) szerkezetet, amelyet valószínűleg szuperszonikus turbulencia hoz létre a csillagközi molekulafelhők belsejében. Ezek a filamentek a csillagkeletkezés „melegágyai”, ezekben csoportosulnak a protocsillagok és presztelláris felhőmagok (1. ábra). A Tejútrendszer síkja közelében végzett felmérések minden eddiginél teljesebb képet adnak a galaxisunkban folyó csillagkeletkezésről. Az Univerzum kissé távolabbi vidékein, egy közeli óriás elliptikus galaxisban a Herschel hideg



1. ábra • A Ró Ophiuchi csillagkeletkezési terület legmélyebb távoli-infravörös felvétele, amely az MTA űrcsillagászati csoport kérésére készült. A szimbólumok az azonosítható pontforrásokat, nagyrészt keletkezőben lévő fiatal csillagokat jelölnek.

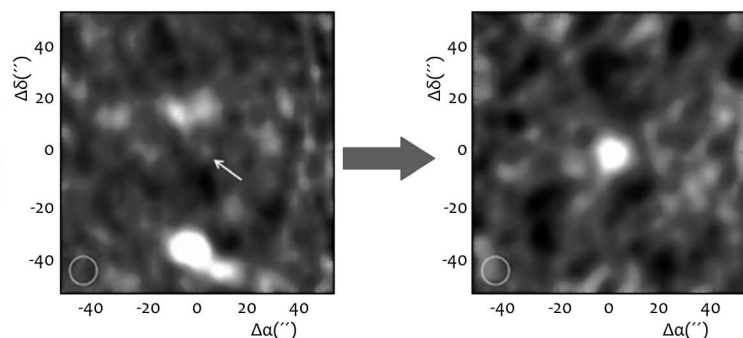
gázt fedezett fel, azaz a közkeletű képpel ellentétben ezek a galaxisok sem mentesek teljesen a csillagközi anyagtól. A Herschel azt is megmutatta, hogy már $z=6,34$ -es vöröseltolódásnál is nagyon aktív csillagkeletkezés folyik egy távoli galaxisban. A Herschel nagy kozmológiai felméréseivel minden eddiginél nagyobb mértékben sikerült forrásaira bontani a kozmikus infravörös háttérrel, ráadásul a Herschel fotométer műszerei által lefedett széles tartománynak köszönhetően a különböző hullámhosszakon a különböző vöröseltolódásokhoz, így az Univerzum különböző életkorához tartozó galaxisokat láthatunk.

Az MTA Csillagászati Kutatóintézete a Herschel űrtávcső előkészítő fázisában főleg a PACS-kamera fejlesztésében vállalt szerepet, majd folyamatosan részt vett a kamera üzemeltetésében a Herschel aktív élettartama alatt is. A program teljes időtartama alatt összegyűjtött adatok segítségével jelentős mértékben sikerült javítani a PACS fotométer kamerájának kalibrációját és új, hatékony adatkiértékelő módszereket fejleszteni ki. Ezzel a módszerrel sikerült elérni a Herschel legjobb fotometriai pontosságát egy a Hale-Bopp-üstökösrel foglalkozó vizsgálatban.

Az infravörös hullámhosszakon nagyon jelentős az égi háttér, és az abban található halvány források hatása a mérésekre. Ez a konfúziós zajnak nevezett jelenség megakadályozhatja a nagyon halvány források megfigyelését. Az ESA Herschel Tudományos Központja az MTA CSKI-ben működő csoportot kérte fel a Herschel konfúziós zaj modellje és az ehhez kapcsolódó méréstervező modul kifejlesztésére és rendszerbe integrálásának koordinálására. A konfúziós zaj modell- és méréstervező modulja sikerrel vizsgázott és működött a Herschel-program teljes aktív élettartama alatt.

A Herschel űrtávcső egyik legnagyobb tudományos kulcsprogramja a *TNOs are Cool!* felmérés, amelynek célja a Naprendszer Neptunuszon túli vidékének feltérképezése, az itt található objektumok megfigyelése és fizikai tulajdonságaik meghatározása. Az MTA CSFK-ban működő csoport koordinálja az első mérésektől kezdve a kulcsprogram adatainak feldolgozását és a kiértékelt adatokhoz történő hozzáférést. A kulcsprogram számos olyan tudományos eredményt hozott, amelyek elérésére a Herschel űrtávcső előtti időkben nem volt lehetőség, például a Naprendszer külső törmelékcorongjában, a Kuiper-övben a kis égitestek pontos mérete-eloszlásának meghatározására, ami a naprendszerfejlődési modellek sarokköve. Első alkalommal tudjuk meghatározni a külső Naprendszer égitestjei felszínének termális tulajdonságait, hőtehetetlenségét és kráterezettségét – ezek a felszínek jelentősen különböznek attól, amit óriásbolygók holdrendszereiben vagy éppen a Plútó–Charon-rendszerben látunk. A Herschel űrtávcső segítségével több törpebolygón (Eris, Haumea, Makemake) is kriovulkanikus aktivitás nyomait lehetett megfigyelni. Ilyen aktivitást eddig csak óriásbolygók holdjain (Triton, Enceladus) figyeltek meg a közelben járó űrszondák (2. ábra).

A Naprendszeréhez hasonló, bár annál jelentősen nagyobb tömegű poros törmelékcorongokat mára sok csillag körül ismerünk, és ebben a Herschelnek meghatározó szerepe volt. A nagy távcsőtükör olyan térbeli felbontást tett lehetővé, amellyel a törmelékcorongok mérete meghatározhatóvá, illetve a legközelebbiek esetében a corongok szerkezete tanulmányozhatóvá vált (3. ábra). Az MTA infravörös kutatócsoportja több fontos tanulmányt publikált ezzel a témával kapcsolatban, amelyekben azt kutattuk, hogy a corongok



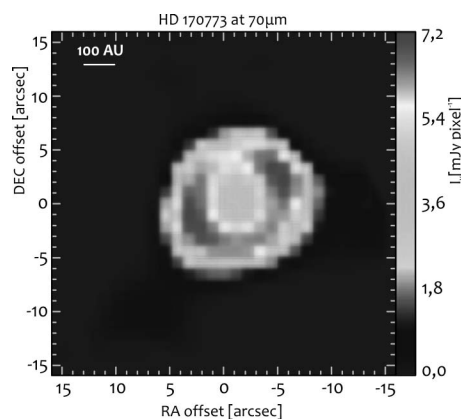
2. ábra • Az általunk kidolgozott Herschel adatkiértékelő eljárás nagyon hatékonynak bizonyult. A „nyers” kép közepén az Eris törpebolygó látható a PACS-kamera 160 μm -es felvételén (balra). Az Eris a halvány folt, amelyre a fehér nyíl mutat, ezen a képen egyértelműen a fényes háttérforrások a dominánsak. Az eljárás után az Eris marad az egyetlen domináns forrás (jobbra).

mérete megmagyarázható-e pusztán a kifelé haladó bolygó(csíra)keletkezés klasszikus modelljével, vagy bizonyítékot lehet találni a rendszerben létező, de még fel nem fedezett óriásbolygók gravitációs hatására? Több rendszerben az utóbbi forgatókönyvet valószínűsítettük; ezek a csillagok a közeljövő bolygókeresési kutatásainak elsődleges célpontjai lesznek.

Az MTA CSFK Csillagászati Intézetében működő infravörös csoport vezetésével valószínűleg meg a Herschel egyik legnagyobb misszió utáni programja, a PACS pontforrás-katalógus is, ami az összes PACS fotometriai méréseiben megfigyelhető égi források összegyűjtését és katalógusba rendezését tűzte ki célul, és ami a Herschel űrtávcső-program egyik legjelentősebb öröksége lesz. A SPIRE-mérésekből egy hasonló katalógus készül, amelynek megalkotásában a csoport szintén vezető szerepet játszik.

Az ESA a Herschel űrtávcsővel együtt, ugyanazon hordozórakétán bocsátotta fel a Planck űrtávcsövet, amelynek legfontosabb célja az ősrobbanás maradványa, a mikrohullámú háttérsugárzás tulajdonságainak minél

pontosabb meghatározása volt. A kozmológiai vizsgálatok mellett a Planck és a Herschel űrtávcsövek párhuzamos mérései fontos eredményeket hoztak a csillagkeletkezés legkorábbi fázisainak, a hideg felhőmagok vizsgálatában. Ebben a munkában meghatározó szerepet vállaltak az Eötvös Loránd Tudományegyetem Csillagászati Tanszékének kutatói.



3. ábra • A HD170773 jelű csillag törmelékgyűrűje a Herschel űrtávcső felvételén. Az eredeti képet kontraszterősítő algoritmusokkal javítottuk, hogy a korong belső szerkezete láthatóbbá váljon. (A képek forrása: ESA)

Az infravörös csillagászat jelentősége a csillagászatban belül egyre nő. A most, illetve a közeljövőben munkába álló nagy földi távcsövek mindegyike rendelkezik már a közeli-közép infravörösben működő berendezésekkel. Az ESA jelenleg is együttműködik a NASA-val a Hubble-űrtávcső utódjának tekintett James Webb-űrtávcső megépítésében. Ennek műszereit már szintén az infravörös hullámhosszokra optimalizálták, részben azzal a céllal, hogy a világűr távoli zugába is elláthasson, ahol már az ottani égitestek által az optikai tartományban kibocsátott fényt is az infravörösben látjuk a vörösetolódás következtében. Az ESA ugyancsak fontos szerepet játszik a Herschel utódjának tekintett, japán vezetéssel épülő SPICA infravörös űrtávcső programjában, a SPICA műszereinek többségét is Európában fejlesztik és építik. Az IRAS-szal kezdődő és a 2013-ban véget ért Herschel-programban kiteljesedő infravörös űrcsillagászat új kutatási területeket nyitott, az itt felmerülő nyitott kérdések megválaszolása további ilyen űreszközök feladata lesz – ebben pedig mindeddig az európai csillagá-

szat és az ESA játszott a vezető szerepet a világ tudományában.

Az MTA Csillagászati Intézetében közel harminc éve elindított infravörös űrcsillagászati kutatási irány akkoriban egy bátor, a jövő fejlődését felismerő döntés volt. Mára ez a terület a magyar csillagászat sikeres és produktív ágává vált, komoly nemzetközi elismertséggel. Az infravörös területen szerzett tapasztalat egyenesen vezetett a szomszédos szubmilliméteres hullámhossztartomány csúcsműszere, az ALMA-távcsőrendszer egy Lendület projekt keretében történő használatához, valamint a külső Naprendszer további, az infravörös eszközökön túlnyúló tanulmányozásához. Mindez mutatja, hogy az ESA-val való kapcsolat az elmúlt évtizedekben komoly előremutató tényező volt a magyar csillagászatban, és reményeink szerint ez még inkább így lesz a teljes jogú ESA-csatlakozásunk után.

Kulcszavak: *Európai Űrgyűjtemény, infravörös csillagászat, infravörös műszertechnika, csillagkeletkezés, csillagkörüli korongok, a Naprendszer hideg égitestjei*



ANYAGTUDOMÁNY A VILÁGŰRBEN: KUTATÁSOK AZ MTA WIGNER FIZIKAI KUTATÓKÖZPONTBAN

Gránásy László

az MTA doktora,
MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont
granasy.laszlo@wigner.mta.hu

Pusztai Tamás

az MTA doktora,
MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont

Podmaniczky Frigyes

PhD-hallgató,
MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont

Korbuly Bálint

PhD-hallgató,
MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont

Bevezető

A technikai civilizációnk gerincét a speciális, célorientált tulajdonságokkal rendelkező anyagok jelentik. Gondoljunk arra, hogy 1945-ben a repülőgép-gázturbinák élettartama csak néhány óra volt, ma pedig több ezer óra, amit a közben kifejlesztett hőálló ötvözetek alkalmazása tesz lehetővé. Az új anyagok kifejlesztése és ipari bevezetése hagyományosan hosszadalmas folyamat, akár egy évtized is eltelik, mire felfedezése-kifejlesztése után megjelenik a piacon egy új anyag. Ennek oka, hogy az ipari hasznosulásig számos lépés megtétele szükséges: ez egy komplex folyamat, ami magában foglalja az alapkutatási, anyagtervezési, optimalizálási háttér megteremtését, a kísérleti ellenőrzést, a gyártástechnológia kidolgozását, a meghibásodási tesztek, és a gazdaságossági számítások hosszú és költséges sorozatát. Az ehhez szükséges infrastruktúra kiépítésére, fenntartására és működtetésére a legnagyobb ipari cégek is

csak korlátozottan képesek, így az már kormányzati feladat. Ennek felismerése arra ösztönözte az amerikai kormányzatot, hogy stratégiát dolgozzon ki az új anyagok felfedezésének és alkalmazásba vételének felgyorsítására, melynek főbb elemeit az amerikai kongresszus által 2011-ben jóváhagyott *Materials Genom Initiative* program foglalja össze (URL1). Ennek keretében felvázolják, hogy milyen módon hozható létre az az infrastruktúra, mely biztosítja, hogy a megfelelő kísérleti eszközök, adatbázisok, prediktív modellek, és kiképzett kutatószemélyzet hosszú távon rendelkezésre álljon a különleges tulajdonságokkal rendelkező anyagok kifejlesztésére és azok ipari hasznosításának megkönnyítésére. Ezen program célja, hogy biztosítsa/növelje az Egyesült Államok versenyelőnyét a világ többi gazdaságával szemben. A program megfogalmazásából világosan látszik az a felismerés, hogy az alapkutatás, amely gondoskodik az új lehetőségek felismeréséről és a tudományos anyagtervezés eszközeinek

létrehozásáról (prediktív matematikai modellek és numerikus implementációik, adatbázisok), alapvető szerepet játszik ebben a struktúrában. Az Európai Unió erre adott választ a közelmúltban induló Metallurgy Europe EUREKA program fogalmazza meg (URL2), amely azonosította azokat a területeket, melyeknél hasonló szervezett tevékenységre van szükség, és lépéseket tesz arra, hogy európai skálán koordinálja azokat.

A tudományos anyagtervezés szükségképpen széles méret- és időskálákat ölel fel, melyek az atomi méretektől (10^{-10} m) az ipari méretektől ($1 - 100$ m), illetve a 10^{-15} másodperctől az órák vagy akár hónapos, éves időtartamokig terjednek. Ennek megfelelően, az anyag tulajdonságainak leírására szolgáló modellek hasonlóan széles skálája szükséges, ami a fázisdiagramok kvantummechanikai számolásától a hibaszerkezet mérnöki skálán történő leírásig terjed. A számítástechnika rohamos fejlődésével a fenti láncolat egyre több eleme válik kezelhetővé, mindennapi szinten elérhetővé; ebben a szuperszámítógépek, illetve a lokális CPU- (Central Processing Unit) és GPU- (Graphics Processing Unit) klaszterek elterjedése döntő szerepet játszik. Ugyanakkor sok esetben még alapkutatásra, például a megfelelő matematikai leírás kidolgozására is szükség van, mint például a polikristályos anyagok mikroszerkezeti leírása esetén. Mint ismeretes, a technikai ötvözetek jelentős része polikristályos, azaz nagyszámú kristályszemcséből épül fel, melyek szerkezet-, összetétel-, méret- és alakeloszlása, együttesen „mikroszerkezete” határozza meg az adott anyag tulajdonságait. A mikroszerkezet a megszilárdulás és az azt követő hőkezelések során jön létre, melynél a folyamat leírására alkalmas matematikai modellek kidolgozása jelenleg is kutatás tárgyát képezi. Az ilyen

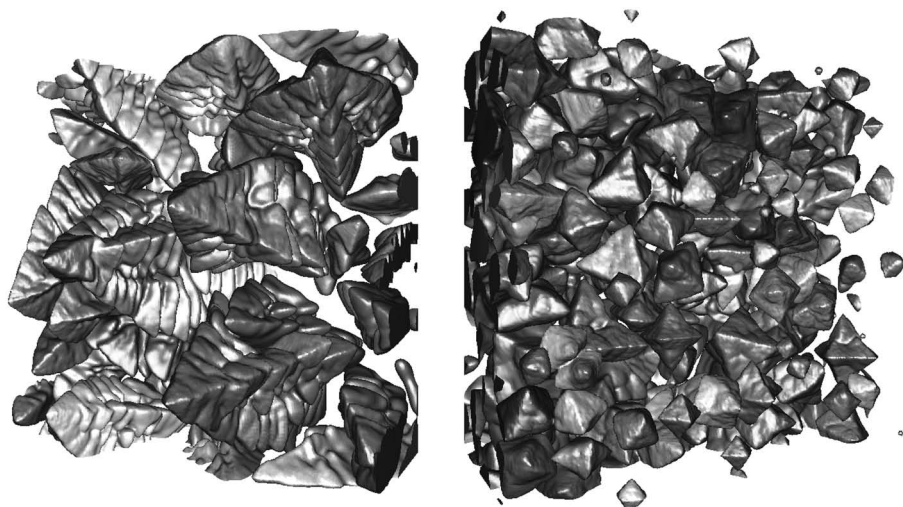
típusú matematikai modellek kifejlesztése kiemelt szerepet játszik a Materials Genome és Metallurgy Europe programokban. A matematikai modellek kísérleti ellenőrzése, validációja ugyancsak alapvető fontosságú, melynél a kísérleti módszerek széles körére támaszkodhatunk, melyek között számos olyan van, amelyet csak nemzeti szinten vagy nemzetközi összefogásban lehet fenntartani, működtetni. Ezek közé tartoznak a részecskegyorsítók, szinkrotronok, nukleáris kutatóreaktorok, röntgenlézerek, de a tartós súlytalanságban (űrben) végzett mikrogravitációs kísérletek is.

Anyagtudomány az űrben

A mikrogravitációban végzett kísérletek unikális lehetőséget nyújtanak olyan anyagtudományi problémák megoldásában, amelyek máshogy nehezen vagy egyáltalán nem tisztázhatók. A mikrogravitációs környezet előnyei: (i) nem szükséges konténer; (ii) a fajsúlykülönbségen alapuló konvektív áramlások nagyságrendekkel kisebbek; (iii) tiszta környezet. Az anyagok konténermentes (lebegtetéses) olvasztása/megszilárdítása a technológiai gyakorlatban megszokottnál jóval nagyobb túlűtés (olvadásponttól való távolság) megvalósítását teszi lehetővé, ami az egyensúlyi fázisdiagramban nem jelenlevő ún. metastabil fázisok relatív mennyiségének kontrollálására használható, lehetővé téve például a metastabil fázisokból felépülő ún. *in situ* nanokompozitok tulajdonságainak optimalizálását. A mikrogravitációs környezet másik alapvető jellemzője, hogy a fajsúlykülönbség miatti áramlások nagyságrenddel kisebbek, ami a megszilárdulás során fellépő fizikai folyamatok kísérleti szétválasztását teszi lehetővé, s így a kísérletek értelmezése lényegesen egyszerűbb. Ezek az előnyök motiválják az ESA kiterjedt anyagkutatói aktivitását a Mic-

rogravity Application Promotion Program (MAP) keretében, illetve az ESA által koordinált és az EU-val társfinanszírozott EU FP7-projektekben, melyek a repülőgépipar, űripár, autópár, energetikai- és műszeripar részére fejlesztenek új, a korábbiaknál jobb anyagokat, amelyek versenyképesebbé tehetik az európai ipart az amerikai, japán és kínai versenytársakkal szemben. Bár az űrkísérletek meglehetősen drágák, sok esetben indokolt az alkalmazásuk a várható haszon fényében. Az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontjában (Wigner FK) működő Számítógépes Anyagtudományi Csoport több mint egy évtizede vesz részt ilyen jellegű kutatásokban, melyeknél a mikroszerkezet kialakulásának matematikai modellezésével (1. kép) támogatják/támogatják az űrkísérletek értelmezését. Így többek közt hozzájárultak a magasabb üzemi

hőmérsékleten működő gázturbinalapátok létrehozásához, valamint a javított tulajdonságú lágy- és keménymágneses anyagok, az ólommentes önkönő csapágyanyagok, az in situ nanokompozitok, és a speciális optikai tulajdonsággal rendelkező szubmikronos mintázatú, ún. eutektikus metaanyagok ki-fejlesztéséhez. A polikristályos megszilárdulás leírására létrehozott térelméleti modellek nemzetközi szintű elismertséget hoztak a kutatócsoportnak, ami a rangos folyóiratokban megjelent magasan hivatkozott cikkekben (Gránásy et al., 2003, 2004a, 2004b, 2005, 2014, Emmerich et al., 2012), az eredmények folyóiratcímlapokon való megjelenésében (kilenc címlap), és a nagyszámú meghívott előadásban (~70) tükröződik. A Wigner FK kutatói ezen tevékenységüket Magyarország Európai Űrügynökséghez való csatlakozása



1. kép • A megszilárdulás során kialakuló mikroszerkezet időfejlődése alumínium-titán ötvözetben a Wigner FK Számítógépes Anyagtudományi Csoport kvantitatív fázismező elméleti szimulációja szerint. A pillanatfelvételek a korai (balra), illetve kései (jobbra) állapotokat mutatják. Az előbbi esetben az oszlopos (ún. dendrites) növekedés dominál, míg az utóbbiban a szennyező részecskék által indukált kristálycsíra-képződés a meghatározó folyamat. A szimulációból készült animáció megnézhető az Európai Űrügynökség honlapján (Gránásy et al., 2003).

után nemzetközi együttműködésben tervezik folytatni a jelenlegi, illetve jövőbeli MAP-konzorciumok tagjaiként, ami kívánatosá teszi Magyarország részvételét az ELIPS (European Programme for Life and Physical Sciences in Space) emberes űrkutatási programban.

Míg az említett űr-anyagtudományi kutatások elsősorban európai kooperációban hasznosultak/hasznosulnak, a közelmúlttól kezdődően erőfeszítések történnek a felgyűlt tapasztalatok hazai hasznosítására is. 2014-ben a Wigner FK Számítógépes Anyagtudományi Csoportja és az Aluinvent Zrt. informális együttműködést kezdett az alumíniumalapú habok vizsgálatára és fejlesztésére. Ezek a fémhabok forradalmi újdonságot jelentenek az alkalmazások szempontjából. Tipikus sűrűségük kevesebb, mint harmada a tömbi alumíniuménak (úszik a vízben). Ennek ellenére keresztmetszeti teherbírásuk alig harmadával kisebb a tömbi anyagénál. Széles körű elterjedésük áttörést jelenthetne az anyag- és energiatakarékosság területén, de határozott érdeklődés mutatkozik a hadiipar, a repülőipar, autópár, építőipar stb. részéről is. A formális együttműködés kereteinek kiépítése folyamatban van: a fémhabok-témakör részét képezi a Metallurgy Europe EUREKA Programnak, ahol a fémhabokkal kapcsolatos aktivitást az Aluinvent Zrt. alelnöke (Dr.

Babcsán Norbert) koordinálja, míg a folyamatmodellező erőfeszítések egyik koordinátora a Wigner FK Számítógépes Anyagtudományi Csoportjának vezetője (Prof. Gránásy László).

A várakozások szerint az űrkísérletek kritikus fontosságú információt szolgáltathatnak a habképződés folyamatának megértéséhez: A fémhabok a megszilárdulás és a hab falaiban történő komplex áramlási jelenségek közti versengés során jönnek létre, mely versenyfutás eredménye határozza meg a megszilárdult fémhab tulajdonságait. A mikrogravitációs kísérletekben szétszatelhatók lennének a felületi feszültségből származó kapilláris hatások a gravitációs effektusoktól, elősegítve így a folyamatok jobb megértését, és a tudományos anyagtervezés megalapozását ezen a területen. Ez a kutatás versenyelőnyhöz juttathatná a magyar alumíniumipar ezen új, dinamikus fejlődő, innovatív ágát. Így kívánatos, hogy a fémhabok vizsgálata mikrogravitációs környezetben téma az Európai Űrügynökséghez való csatlakozás során formálódó magyar űrkutatási program szerves része legyen.

Kulcsszavak: űrkutatás, Európai Űrügynökség, űrbeli anyagtudomány, számítógépes anyagtudomány, mikrogravitáció, új anyagok, nanokompozitok, metaanyagok, ólommentes csapágyanyagok, fémhabok

IRODALOM

- Emmerich, Heike – Löwen, H. – Wittkowski, R. et al. (2012): Phase-field-crystal Models for Condensed Matter Dynamics on Atomic Length and Diffusive Time Scales: An Overview. *Advances in Physics*. 61, 665–743. DOI: 10.1080/00018732.2012.737555 <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00018732.2012.737555#abstract>
- Gránásy László – Pusztai T. – Warren, J. A. – Douglas, J. F. et al. (2003): Growth of 'Dizzy Dendrites' in a Random Field of Foreign Particles. *Nature Materials*. 2, 92–96. DOI: 10.1038/nmat815

- Gránásy László – Pusztai T. – Warren, J. A. (2004a): Modelling Polycrystalline Solidification Using Phase Field Theory. *Journal of Physics: Condensed Matter*. 16, R1205–1235. DOI: 10.1088/0953-8984/16/41/R01
- Gránásy László – Pusztai T. – Börzsönyi T. et al. (2004b): A General Mechanism of Polycrystalline Growth. *Nature Materials*. 3, 645–650. DOI: 10.1038/nmat1190
- Gránásy László – Pusztai T. – Tegze G. et al. (2005): On the Growth and Form of Spherulites. *Physical Review E* 72, 011605. DOI: 10.1103/PhysRevE.72.011605 • <http://arxiv.org/ftp/cond-mat/papers/0412/0412630.pdf>

Gránásy László – Podmaniczky F. – Tóth Gy. I. et al. (2014): Heterogeneous Nucleation of/on Nanoparticles: A Density Functional Study Using the Phase-field Crystal Model. *Chemical Society Review*. 43, 2159–2173. DOI: 10.1039/c3cs60225g

Gránásy László – Tóth Gyula I. (2014): Crystallization: Colloidal Suspense. *Nature Physics*. 10, 12–13. DOI:10.1038/nphys2849

URL: *Materials Genome Initiative for Global Competitiveness*. National Science and Technology Council, USA, 2011. Az Obama-adminisztráció évi mintegy 100 millió USD összeget allokált a programra. • <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/>

microsites/ostp/materials_genome_initiative-final.pdf

URL2: Európai Tudományos Alapítvány Anyagtudományi és Mérnöki Expert 3 Munkacsoport (ESF-MatSEEC) Metallurgy Europe – *A Renaissance Program for 2012–2022* című tanulmánya • <http://www.esf.org/publications.html> An ESF-MatSEEC Science Position Paper (05.07.2012). A kiadvány 7. ábráján látható szimuláció a Wigner FK Számítógépes Anyagtudományi Csoportjából származik. A hozzá tartozó animáció az ESA honlapján tekinthető meg • http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2012/07/Kaleidoscopic_nanocomposite_metal



GOCE MŰHOLD: EÖTVÖS-INGA MÉRÉSEK FÖLD KÖRÜLI PÁLYÁN

Földváry Lóránt

egyetemi docens, Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar Geoinformatikai Intézet
foldvary.lorant@amk.uni-obuda.hu

Kiss Annamária

doktorandusz,
BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék
kiss.annamaria@epito.bme.hu

Tóth Gyula

egyetemi docens,
BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék
toth.gyula@epito.bme.hu

Kemény Márton

doktorandusz,
BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék
kemeny.marton@epito.bme.hu

A GOCE műhold mintegy négy és fél éves küldetése legalább egy évtizedre meghatározó eredményeket szolgáltatott, ennél hosszabb távra is meghatározva a nehézségi erőter feltérképezését irányzó űrtevékenységet. A szakmai jelentőségén túlmenően újszerű volt az is, ahogy a média felkarolta: soha geodéziai műhold ennyi figyelmet nem kapott az internetes médiában. Míg a szakmai vonatkozásaival eleinte csak a természettudományos ismeretterjesztő oldalak foglalkoztak, addig a küldetés végét jelentő légkörbe érkezését már a vezető *online* újságok is hírként értékelték. De mit is adott a GOCE? Miért fontos a földtudományok számára? És miért töltheti el különös büszkeséggel a magyarokat? Az alábbi cikkünkben röviden áttekintjük.

As ESA Living Planet programja

A GOCE műhold az Európai Űrügynökség (ESA) Living Planet elnevezésű programja keretében került megvalósításra (ESA, 1998).

A program eredeti célkitűzését tekintve a Föld átfogóbb megismerését tűzte ki céljául, amellyel kapcsolatos feladatköröket az alábbi négy témacsoportban foglalták össze: 1. a Föld belseje, 2. éghajlat, 3. geoszféra és bioszféra, 4. antropogén hatások az atmoszférában és óceáni környezetben. E négy témacsoport a földtudományok valamennyi feladatát tartalmazza. A program célja az ESA ezek összehangolását, az egyes szakterületek eredményei alapján integrált földmodell kialakítását tűzte ki célul.

A program célkitűzéseit első fázisban hét műholdas küldetés megvalósításával tervezik elérni (lásd az 1. táblázat első hét műholdja). Az észszerű hozzáállást mutatja, hogy az első évek tapasztalatai alapján felismert nehézségeknek, valamint a körülmények megváltozásának megfelelően a program céljait újradefiniálták; az eredeti program kiegészítésére került sor 2006-ban (ESA, 2006). Ez a program már nagy hangsúlyt fektet a napjainkra

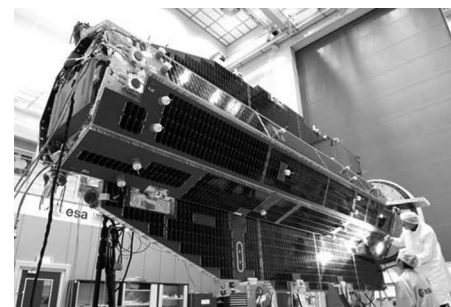
kulcskérdéssé vált globális éghajlatváltozás követésére, lehetőség szerinti előrejelzésére. Jelenleg a Living Planet Program az 1. táblázatban található műholdakat jelenti, de a lista nem végleges, a program folyamatos fejlesztés alatt áll. Így szó van továbbá a Sentinel műholdrendszer, a harmadik generációs Meteosat és a három MetOp műhold megvalósításáról is, azonban ezek az elképzelések még tervezési fázisban vannak.

A nehézségi erőter meghatározását célzó műholdak

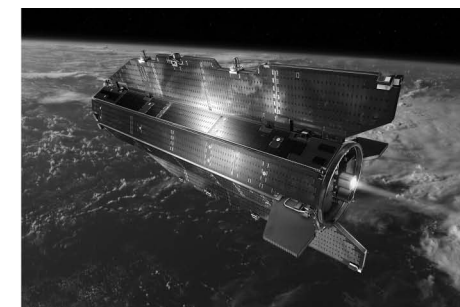
A múlt században a nehézségi erőter műholdas meghatározása műholdpályák alapján, azoknak egy-egy földi követőállomás feletti áthaladása során mért pályadatai alapján történt. A követő állomásokról nem látható helyeken a műhold pályadatait valamely nehézségi erőter modell alapján határozták meg. Valamely földi követőállomás fölé érkezve a műhold valódi pályája eltérést mutatott a modell alapján számolt elméleti pályától – ez az eltérés gyakorlatilag a nehézségi erőter valódi és a modellezett értékei közötti

eltérés következménye, és mint olyan, a valódi nehézségi erőter meghatározására vonatkozó hasznos információ, ami egy pontosabb nehézségi erőter modell alapját jelenti.

A módszer két jelentős hiányossága, hogy egyrészt csak kisszámú mérési adatot eredményez, másrészt pedig, hogy szakaszosan, csak egyes pályaszakaszokra vonatkozóan biztosít mérési eredményt. A két hiányosság feloldható a GPS-rendszer használatával. A Föld nehézségi erőterének meghatározásához a részletes felbontás érdekében érdemes alacsony, pár száz km magasságú műholdpályát használni. Mivel ezek jóval a GPS-műholdak 20 200 km-es pályamagassága alatt vannak, a fedélzeten elhelyezett GPS-vevőkkel a pálya folyamatosan mérhető, nagy pontossággal követhető. Az alacsony pályán mozgó műhold mérései azonban számos okból zajjal terheltek. Ezek hatásai a műhold, illetve a műholdak tömegközéppontjában elhelyezett gyorsulásmérőkkel megfelelő pontossággal kiszűrhetők. Ezen az elven valósították meg 2000–2010 között a CHAMP műholdat. Ezt követte 2002-től a GRACE műholdpár. A



1. ábra • a GOCE műhold (a szerelőcsarnokban és egy fantáziarajzon)

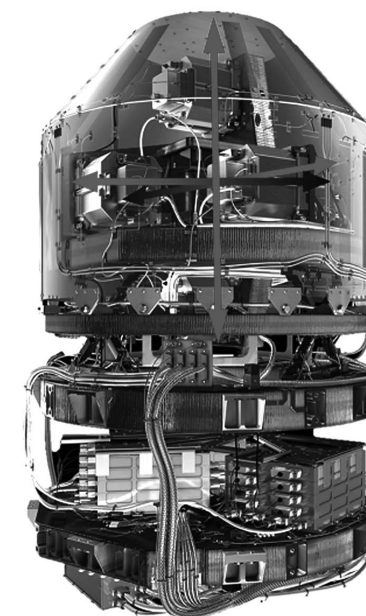


GRACE műholdak egyforma pályán keringenek, és a pályájuk pontos meghatározásán kívül folyamatosan mérik a köztük lévő távolság változását. Ezen előzmények továbbfejlesztésének tekinthető a 2009 márciusa és 2013 novembere között működő GOCE műhold.

A GOCE minden eddigi geodéziai műholdnál alacsonyabb pályán keringett, eleinte 270–280 km magasan, amelyet idővel fokozatosan csökkentettek 220–230 km-re. Ezzel a pályamagassággal a nehézségi erőter formáinak 100 km-nél valamivel jobb felbontású észlelésére volt lehetőség. A rendkívül csekély pályamagasság csak ügyes technikai fejlesztések révén volt megoldható, ugyanis ennyire alacsony pálya mellett a műholdat annyi nem kívánt erőhatás éri (főleg a légköri molekulákkal való ütközések következtében), amely a műhold energiaszintjének folyamatos csökkenését eredményezi. Emiatt szinte folyamatos pályamódosításra volt szükség, amelyet ionhajtóművel oldottak meg. Hogy az ionhajtómű rendszeres ki- és bekapcsolása okozta mechanikus hatás ne érje a műholdat, valójában folyamatosan működtették, csak az intenzitását változtatták finoman.

Míg a CHAMP és a GRACE esetén a légkör okozta fékeződés és egyéb nem kívánt erőhatások meghatározására a műhold tömegközéppontjában egy gyorsulásmérőt

helyeztek el, a GOCE-nál három pár (tehát hat) gyorsulásmérőt helyeztek el a tömegközéppont körül, a tömegközépponttól azonos (25 cm) távolságra, három merőleges térbeli irány mentén (2. ábra). Ezen mérések átlagai alapján meghatározható volt a műhold tömegközéppontjában a légkör (és egyéb disszipatív erők) hatása.



2. ábra • A GOCE-gradiométer. A műszer karjainak irányát nyilakkal jelöltük.

	műhold	megvalósítási időszak	meghatározandó tulajdonság, folyamat
1	GOCE	2009. 03. 07 – 2013. II. II.	a nehézségi erőter
2	SMOS	2009. II. 02.-től	talajnedvesség és az óceán sótartalma
3	CryoSat	2010. II. 02.-től	a jégtakaró időbeli változásai
4	Swarm	2013. II. 22.-től	földmágnesesség
5	ADM/Aeolus	várhatóan 2015-től	globális szélprofil
6	EarthCARE	várhatóan 2015-től	felhők és aeroszol
7	Biomass	megvalósításra elfogadva	erdők, szerepük a szén körforgásában
8	FLEX	értékelés alatt	klorofill fluoreszcencia, szárazföldi vegetáció
9	CarbonSat	értékelés alatt	a légkör szén-dioxid- és metántartalma

1. táblázat • A Living Planet Program műholdjai

A GOCE-gradiométer elsődleges funkciója azonban nem az átlagból számolt gyorsulás, hanem az egyes irányok mentén a nehézségi gyorsulásvektorok különbségének meghatározása volt. Két pontban mérhető nehézségi gyorsulásvektor különbsége egy térbeli vektort eredményez, három összetevővel. A tér három iránya mentén különbségeket mérve tengelyenként három, összesen kilenc összetevőt kapjuk meg a nehézségi gyorsulás térbeli megváltozásának. Ezeket az összetevőket összegzi az ún. Eötvös-tenzor:

$$E = \begin{pmatrix} \frac{\partial g_x}{\partial x} & \frac{\partial g_x}{\partial y} & \frac{\partial g_x}{\partial z} \\ \frac{\partial g_y}{\partial x} & \frac{\partial g_y}{\partial y} & \frac{\partial g_y}{\partial z} \\ \frac{\partial g_z}{\partial x} & \frac{\partial g_z}{\partial y} & \frac{\partial g_z}{\partial z} \end{pmatrix}$$

Az elnevezés nem véletlen: a nehézségi gyorsulás térbeli megváltozását (gradienseit) mérő műszerek közül az első Eötvös Loránd torziós ingája volt. Eötvös neve annyira összefonódott a nehézségi erő gradiensevel, hogy annak (a nem SI-mértékegység szerinti) mértékegységét is róla nevezték el. 1 eötvös, mértékegységként jelölve: 1 E = 10⁻⁹ 1/s². Amikor az Eötvös-ingák fénykora a graviméterek széles körű elterjedésével az 50-es évekre leűnt, a nehézségi gyorsulás gradiense mint mérési mennyiség elvesztette gyakorlati jelentőségét. A GOCE gradiométere volt az első igazán korszerű műszer, amely ismét felelevenítette a köztudat számára az eötvöst mint mértékegységet, és Eötvöst mint a gravitációs gradiometria atyját.

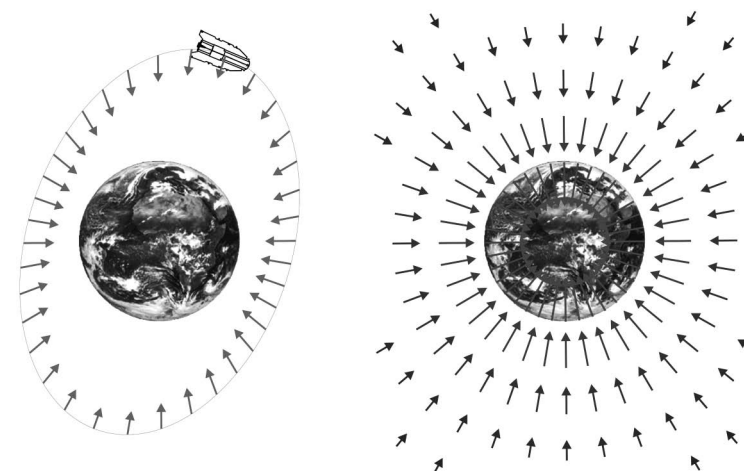
A GOCE-mérések alapján meghatározott nehézségi erőter-modell

A GOCE műhold pályán töltött idejéből összesen 38 hónap telt a gradiensek mérésével

(az egyéb időszakok főként kalibrációkkal teltek). A GOCE mérései alapján nehézségi erőter modelleket határoztak meg. Míg a mérések egy közel kör alakú pályára korlátozódnak (felmérve gyakorlatilag egy gömb felszínét), addig a meghatározandó nehézségi erőter modellnek helyesen kell leírnia a nehézségi erő értékét a Föld külső terében, különösen a Föld felszínén. A mintavételezés helye tehát (3. ábra bal oldali képe) eredendően eltér a megismerni kívánt helytől (3. ábra jobb oldali képe), komoly elvi nehézségeket támasztva a mérések feldolgozása szempontjából. Mégis, egy műholdnál jobb megoldást a nehézségi erőter globális feltérképezésére nem lehet elképzelni, ez ugyanis legalább a teljes lefedettséget biztosítja.

Mivel a feldolgozás nem egyértelmű feladat, az ESA a hivatalos modellek meghatározásához számos feldolgozóközpontot és különféle feldolgozási eljárásokat nevezett meg. A GOCE HPF- (High Processing Facility) konzorcium három különböző alapelven nyert megoldást kínál: a DIR-modellek a hagyományos kiegyenlítéssel nyert (ún. *direct method*) eredményeit takarják. Az SPW-modellek a mért pályamenti adatokat a tér, míg a TIM-modellek ugyanezeket az idő függvényében fejezik ki és dolgozzák fel (ezek az ún. *space-wise* és *time-wise* módszerek). Az egyes modellek a feldolgozó algoritmus finomításával újabb és újabb eredményekre vezettek. A jelenlegi legfrissebb megoldás a Ro5 (ami a Release 05 rövidítése), 2014-ből.

Hogy melyik a legjobb, nem lehet eldönteni, mivel nincs független összehasonlítási alap, amelyhez képest a legjobb kiválasztható lenne (hiszen a GOCE szolgáltatja az eddigi tudásunk szerinti legjobb nehézségi erőter-modellt). Ugyan elvi megfontolások és kisebb területekre vonatkozó elemzések alapján va-



3. ábra • A GOCE-mérések helye (bal ábra) és a meghatározandó nehézségi erőter (jobb ábra) kiterjedése eredendően eltér.

lamennyi megoldás mellett (és ellen) fel lehet sorakoztatni *pro* és *kontra* érveket, meggyőzően egyik modell sem bizonyult erősebbnek a többinél. Azonban a leginkább feltevésmentes a DIR-modell, így a későbbiekben bemutató hazai alkalmazáshoz mi is ezt választottuk.

Hazai vonatkozású GOCE-kutatások, továbbá az eredmények hazai hasznosítása

Egy műhold adatainak megfelelő feldolgozása hatalmas feladat; különböző feldolgozási stratégiákkal számottevően eltérő eredményt lehet kapni. Ennek oka egyrészt az, hogy maga az eljárás is közvetett (hiszen a műhold pályamagasságában mért adatok alapján akarunk földfelszíni jellemzőkre következtetni), másrészt a méréseket terhelő hibák, ugyanis ezek kiszűrése, minimalizálásuk módja nem magától értendő, számos esetben önkényesen felvett paraméterekkel történik. Például a GOCE mozgási sebességéből és pályájából, valamint a méréseinek gyakoriságából következik, hogy a hasznosítható nyers

mérési adatok egy bizonyos frekvenciasávra korlátozódnak. A feldolgozás szempontjából viszont önkényes lépésnek tekinthető a sávkorlátos nyers mérésekből a megfelelő mérési sáv szélességre vonatkozó információ kinyerése, amelyre Polgár Zsuzsanna és munkatársai (2013) egy hatékony szűrőt fejlesztettek. A mérések sávkorlátos jellegének a mintavételezésre gyakorolt hatását Földváry Lóránt (2015) vizsgálta.

Mivel a mérési adatok a mérés helyére, valahány száz km-rel a Föld felszíne feletti pontra vonatkoznak, a pálya menti információt valahogy le kell vetíteni a Föld felszínére. Ez korántsem egyértelmű feladat, feltevésmentesen nem is oldható meg, minden esetben szükséges egy korábbi ismeretek alapján levezetett nehézségi erőter modell felhasználása. Az információ Föld felszínére vonatkoztatásának elvi problémáit Tóth Gyula és munkatársai (2004, 2007), valamint Tóth Gyula és Földváry Lóránt (2005) elemezte.

Jelentős eltérésekre vezethet a feldolgozó algoritmus megválasztása. Hazai kutatók a

GOCE-mérések feldolgozására kidolgozták az ún. félanalitikus módszert (Asbóth, 2014; Földváry et al., 2014). A módszer alapja az, hogy a valódihoz hasonló, de geometriailag szabályos műholdpálya esetén a nehézségi erőter számítása visszavezethető egy egyszerű Fourier-transzformációra. Ehhez előbb a valódi pályán mért adatokat megfelelő korrekciókkal a szabályos pályára redukáljuk, majd a Fourier-transzformációval nyert (közelítő) megoldást „visszaforgatjuk” a feldolgozásba, és egy iteratív eljárással az eredmény pontosítható.

A Föld nehézségi erőterének ismerete a gyakorlat számára azért érdekes, mert ennek szintfelületei vízszintesek, amelynek pontos ismerete sok mérnöki alkalmazás alapja. Míg műholdas adatok alapján ennek egy párszor tíz kilométeres felbontású, de az egész Földre kiterjedő részét nyerjük, a mérnöki alkalmazások számára lokálisan jóval finomabb felbontás szükséges. Ehhez földfelszíni mérésekkel juthatunk, amelyek viszont érzéketlenek a nagyobb kiterjedésű, nagyobb hullámhossz-

szú változásokra. Országos léptékű meghatározáshoz érdemes e két adattípust kombinálni. Benedek Judit és Papp Gábor még a GOCE pályára állítása előtt szimulációs tanulmányában kimutatta, hogy a GOCE-mérések alapján érdemi információkat nyerhetünk Magyarország egyes régióira vonatkozóan (Benedek – Papp, 2007, 2009). A GOCE-mérések és földfelszíni nehézségi erőterre vonatkozó mérések alapján magyarországi célokat leginkább kiszolgáló modellt Tóth Gyula és Földváry Lóránt (2015) készített. Ennek hasznosítása már kimondottan magyarországi igényeket szolgálhat ki, amely így az alap kutatások egy ígéretes gyakorlati hasznosulásának tekinthető. A 4. ábra a kombinált modelltől nyert nehézségi erőter-modellt mutatja.

Összefoglalásképpen elmondható, hogy ahogy Eötvös Loránd korszakalkotó találmánya, az Eötvös-inga a maga idejében forradalmasította a nyersanyagkutatást, valamint a súlyos és tehetetlen tömeg egyenlőségének rendkívül pontos kísérleti igazolását adta, úgy

napjainkban a GOCE műhold rendkívül pontos mérései hasonlóan fontos szerepet játszanak a földtudományokban, hozzásegít-

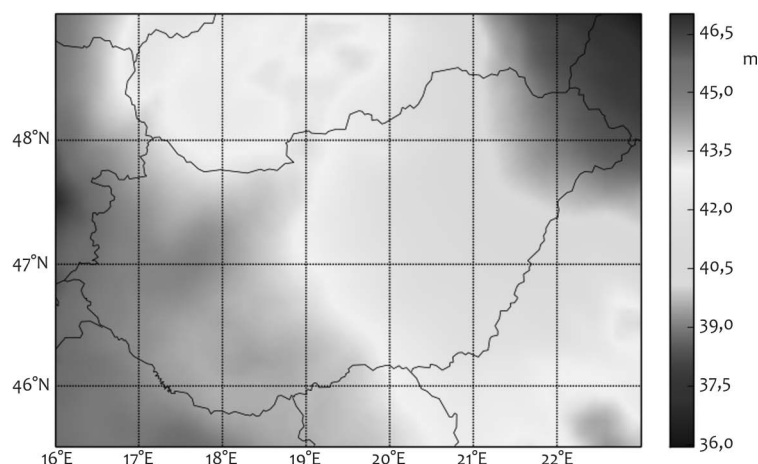
ve a kutatókat a Földünk felszínén, belsejében és légkörében zajló folyamatok egyre jobb megismeréséhez.

Kulcsszavak: *GOCE, gradiometria, földi nehézségi erőter, Living Planet*

IRODALOM

- Asbóth Péter (2014): *GOCE Gravity Field Using the SA Approach*. In: *Proceedings in Global Virtual Conference. The 2nd International Global Virtual Conference*. 7–11 April 2014, Slovak Republic, ISBN 978-80-554-0866-8, ISSN 1339-2778, 504–509
- Benedek Judit – Papp Gábor (2007): Az Eötvös-tenzor elemeinek szimulációja a GOCE műhold pályamagasságában. *Geomatikai Közlemények*. 10, 187–200.
- Benedek Judit – Papp Gábor (2009): Geophysical Inversion of On Board Satellite Gradiometer Data: A Feasibility Study in the ALPACA Region, Central Europe. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*. 44, 2, 179–190. • <http://link.springer.com/article/10.1556/2FAGeod.44.2009.2.4#page-1>
- ESA (1998): *The Science and Research Elements of ESA's Living Planet Programme*, ESA SP-1227. ESA Publication Division, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands • http://esamultimedia.esa.int/docs/SP_1227.pdf
- ESA (1999): *Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Mission*, ESA SP-1233(1), Report for Mission Selection of the Four Candidate Earth Explorer Missions. ESA Publications Division, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands • http://earth.esa.int/goceo/Documents/goce_sp1233_1.pdf
- ESA (2006): *The Changing Earth – New Scientific Challenges for ESA's Living Planet Programme*, ESA SP-1304. ESA Publications Division, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands • <http://www.esa.int/esapub/sp/sp1304/sp1304.pdf>
- Földváry Lóránt (2015): Desmoothing of Averaged Periodical Signals for Geodetic Applications. *Geophysical Journal International*. 201, 3, 1235–1250. DOI: 10.1093/gji/ggv092
- Földváry Lóránt – Kemény M. – Asbóth P. (2014): *Semi-analytical Approach for Adjusting GOCE SGG*

- Observations*. 9th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas – AIS2014, Székesfehérvár 12 November 2014, 31–36.
- Polgár Zsuzsanna – Sujbert, L. – Földváry L. – Asbóth P. – Ádám J. (2013): Filter Design for GOCE Gravity Gradients. *Geocarto International*. 28, 1, 28–36. DOI: 10.1080/10106049.2012.687401
- Tóth Gyula – Földváry Lóránt (2005): Effect of Geopotential Model Errors on the Projection of GOCE Gradiometer Observables, In: Jekeli, Christopher – Bastos, L. – Fernandes, J. (eds.): *Gravity, Geoid and Space Missions* Vol. 129. International Association of Geodesy Symposia. Springer, Berlin–Heidelberg–New York, 72–76. DOI: 10.1007/3-540-26932-0_13 • http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-26932-0_13#page-1
- Tóth Gyula – Földváry Lóránt (2015): Updated Hungarian Gravity Field Solution Based on Fifth Generation GOCE Gravity Field Models, SP-728. In: *Proceedings of the 5th International GOCE User Workshop*. ESA Publications Division, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands
- Tóth Gyula – Földváry L. – Tziavos, I. N. (2007): Practical Aspects of Upward / Downward Continuation of Gravity Gradients, SP-627. In: *Proceedings of the 3rd International GOCE User Workshop*. ESA Publications Division, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, 115–120. • <http://www.esa.int/esapub/conference/toc/tocSP627.pdf>
- Tóth Gyula – Földváry L. – Tziavos, I. N. – Ádám J. (2004): Upward/Downward Continuation of Gravity Gradients for Precise Geoid Determination, SP-569. In: *Proceedings of the 2nd International GOCE User Workshop*. ESA Publications Division, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, 249–254. • <http://www.esa.int/esapub/conference/toc/tocSP569.pdf>



4. ábra • A GOCE DIR Ro5-modell és földfelszíni mérések együttes felhasználásával Magyarország területére optimalizált geoid unduláció modell (Tóth – Földváry, 2015).

MAGYAR DIÁKOK AZ EURÓPAI ŰRÜGYNÖKSÉG RAKÉTA- ÉS BALLONPROGRAMJÁBAN

Zábori Balázs

fizikus, MTA Energiatudományi Kutatóközpont
Sugárvédelmi Laboratórium Űrdozimetriai Kutatócsoport
zabori.balazs@energia.mta.hu

Oktatás az űrkutatásban

Az elmúlt évszázadban az emberiség a technológiai fejlődésnek köszönhetően meghódította bolygónk utolsó érintetlen vidékeit is, miközben mindennapi életünk alapvetően átalakult egy új, technikai civilizáció születésének köszönhetően. A felfedezésre váró határok kitágultak, és immáron a jövőbe tekintünk, ami a világűr meghódítása! Az űrkutatás azonban egészen idegen világba kalauzol el bennünket, ahol a hétköznapi élet megszokott megoldások, módszerek és technológia nem elegendő. Az ehhez szükséges tudás elsajátítása különleges oktatási programokat igényel, amelyek a legtöbb európai egyetemen nem érhetők el, hiszen egy-egy űrkutatási gyakorlati kurzus vagy éppen laboratórium felszerelése nagyon költséges vállalkozás. Ennek eredményeképpen hiány mutatkozik a területen képzett szakemberekből, miközben az űrkutatás egyre komolyabb szerephez jut az innovációban és az iparban is. Ezt a hiányt igyekszik az Európai Űrügynökség a saját oktatási programjaival kitölteni, melyek során a valós időben zajló űrkutatási programokba vonja be a tagállamok egyetemeinek

legtehetségesebb hallgatóit, hogy fokozatosan és testközelből ismerkedhessenek meg az űrkutatás tudományával. Ezáltal pedig kinevelik a jövő űrkutató mérnök és tudós generációját, akik majd folytatják azt a munkát, amelyet történelmi léptékben mérve éppen csak elkezdünk.

Az Európai Űrügynökség számos oktatási programot hirdet meg minden évben az általános iskolás korosztálytól kezdve az egyetemistákig, doktorandusz hallgatókig. A legfiatalabb generációk számára ezek a programok inkább csak az érdeklődés felkeltésére irányulnak, az igazi űrkutatásban való részvétel az egyetemisták előtt nyílik meg. A programokban való részvétel minden esetben többlépcsős pályázattal indul, amelyet egy szakértőkből álló bizottság bírál el, és a legtöbb esetben hallgatókból álló csapatok jelentkezését várják el egy közös kísérlet, tudományos cél megvalósítása érdekében. Ennek keretében meg kell tanulniuk a legfontosabbat: mérnöki csapatban közösen kell tudjanak együttműködni és dolgozni, hiszen szükség van fizikusra, mérnökre, informatikusra, sőt még projektmenedzserre is egy sikeres projekt lebonyolításához. A kiválasztott csapatoknak pedig



1. kép • Az ESEO diákműhold fantáziaképe
(Forrás: ALMA Space/ESA)

pontosan úgy kell végezni a munkájukat, úgy kell mindent dokumentálniuk, úgy kell a követelményeknek megfelelniük, ahogyan az egy hivatalos űrkutatási programban is zajlik, így tanulhatják meg a legjobban, miként zajlik az űrkutatás tevékenysége a valóságban.

Az Európai Űrügynökség oktatási programjainak rövid áttekintése

Érdemes röviden megemlíteni, milyen űrkutatási célú oktatási programokra van lehetőségük a magyar egyetemistáknak a jövőben pályázni. A kísérletépítési programoknak számos változata érhető el, amelyek esetében egy releváns kísérleti elképzeléssel kell előállni, amely tudományos szempontból is megállja a helyét, és a diákoknak kell megvalósítaniuk. Ilyen lehetőség a „Drop your thesis!”, ahol a németországi Brémában található közel 120 méter magas ejtőtoronyból ejtenek le egy kapszulában kísérleteket, a zuhanás során pedig mikrogravitációs kísérletek elvég-

zésére van lehetőség. Ehhez nagyon hasonló program a „Fly your thesis!”, ahol egy különlegesen, erre a célra átalakított A300 ZERO-G repülőgéppel van lehetőség parabolapályán repüléseket végezni. Ez annyit jelent, hogy a repülőgép meredeken felfelé, majd lefelé repül egy parabolát követve, mely során aránylag hosszabb időre szintén közel mikrogravitációs környezet alakul ki. Mindezek ellentéte a „Spin your thesis!” program, ahol a Hollandiában található európai technológiai és tesztközpontban végezhetőek nagy gravitációs kísérletek egy hatalmas centrifugaberendezés segítségével, amely a földi gravitáció sokszorosát képes előállítani. Külön említést érdemel az egyetlen műholdépítési diákprogram, az ESEO (*European Student Earth Orbiter*). Ebben az esetben a műhold egyes alrendszerének az építésébe folytathatnak bele a diákok, az egész programot pedig egy olasz űripari cég, az ALMA Space fogja össze és koordinálja. A magyar részvétel igencsak jelentős, hiszen a műhold tudományos műszerei és energiaellátó rendszerének fejlesztésében is részt vesznek a magyar fiatalok. Jelenleg éppen elkezdődött a műhold első, tesztelési célokra szánt verziójának építése a jóváhagyott, végleges tervek alapján. Várhatóan 2016 során kerül felbocsátásra mintegy 500–600 km-es pályamagasságba. A tervezett működési ideje minimálisan fél év lesz, ami azonban további két évvel kiterjeszthető (1. kép).

Magyar részvétel a REXUS/BEXUS rakéta- és ballonkísérletekben

A legsikeresebb és legnépszerűbb kísérletépítési program a REXUS/BEXUS, amely rövidítés angolul rakéta- és ballonkísérleteket jelent egyetemista diákok számára, s keretében BEXUS sztratoszférikus kutatóballonok és REXUS ballisztikus geofizikai rakéták fe-



2. kép • BEXUS ballon felbocsátása
(Forrás: ESA)

délzetére lehetséges kísérleteket adaptálni. A program svéd-német együttműködésben valósul meg, az Európai Űrügynökség támogatásával. A BEXUS ballonok mintegy 30 km-es magasságig emelkednek, ahol 4–8 órát töltenek el. Ebbe a magasságba a legkorszerűbb repülőgépek sem képesek eljutni (az utasszállító repülőgépek utazási magassága mintegy 10 km), így a régió kutatása szinte csak ballonok segítségével történhet. A REXUS rakéták tulajdonképpen továbbfejlesztett Orion rakétatechnológiát alkalmaznak, mely hajtómű közel 95 kg hasznos terhet képes megközelítőleg 90 km magasságba juttatni. Egy ilyen repülés teljes időtartama nagyjából öt perc. A felbocsátásokra minden évben az Észak-Svédországban található ESRANGE-űrbázison kerül sor, amely a sarkkörön túl fekszik, és Európa legaktívabban működő, ilyen jellegű felbocsátásokra képes űrbázisa (2. kép).

Hazánk részvétele a REXUS/BEXUS-felbocsátásokban kiemelkedő, nem csupán a pusztán számát tekintve (az összes részt vevő

diák 6%-a magyar [Callens, 2013]), hanem az eredmények tekintetében is. Habár csupán idén leszünk az Európai Űrügynökség hivatalos tagállama, mégis együttműködési megállapodás keretében 2011 óta töretlenül van hazai résztvevő a programban. Elsőként a CoCoRAD csapat nyerte el a részvétel jogát a Műegyetemről az MTA Energiatudományi Kutatóközpont (MTA EK) és a Magyar Űrkutatási Iroda (MÚI) támogatásával (Zábori, 2012). A kísérlet célja a kozmikus sugárzás monitorozása volt a magasság függvényében, amelyhez az MTA EK-ban kifejlesztett TRITEL szilíciumdetektoros mérőrendszert (Pázmándi, 2006) és a szintén itt készült *Pille* termolumineszcens kristályon alapuló, passzív mérőrendszert használták fel (Fehér, 1981). A *Pille* jelenleg is a Nemzetközi Űrállomás kiszolgálórendszerének része, feladata az űrhajósok kozmikus sugárzásból származó dózisának vizsgálata, ellenőrzése. A kísérlet nagy sikerrel zárult, az eredményekre támaszkodva a TRITEL a rákövetkező évben felkérülhetett a Nemzetközi Űrállomásra, ahol azóta számos alkalommal mérést végezhetett. A technológiát kicsit továbbfejlesztve, további műszerekkel kibővítve (például a semleges töltésű neutronok mérésére alkalmas nyomdetektorokkal) a kísérlet TECHDOSE néven a rákövetkező évben ismét bejutott a programba, és újra repülhetett egy BEXUS-ballon fedélzetén (Zábori, 2013a). A mért kozmikus sugárzási adatok tudományos szempontból kiemelkedően izgalmasnak bizonyultak (Zábori, 2013b), mivel a sugárzási tér számos, ebben a magasságban jellemző, eddig kevésbé vizsgált tulajdonságára mutattak rá. Az eredmények publikálása jelenleg folyamatban van. 2012-ben a BioDos csapat is elnyerte hazánkban a részvétel jogát a Műegyetemi Űrkutató Csoport és a Semmelweis Egyetem támogatá-

sával. Kísérletükben az ibolyántúli sugárzás biológiai mintákra gyakorolt hatásait vizsgálták folyamatosan, a repülés teljes időtartama alatt (Grósz, 2013). Az eredményeik között azonban találtak ellentmondásokat is, amelyek a mérési módszer esetleges hibáira utaltak, így átgondolva és változtatva az eredeti elképzelésen 2013-ban ismét lehetőséget kaptak a repülésre, immár *Daemon* néven. A változtatásoknak köszönhetően lényegesen részletesebb eredményeket kaptak, azonban a mérési koncepciót illetően számos kérdőjel a második repülés után is megmaradt. 2013-ban első magyar résztvevőként a Gekko csapat jutott be a Műegyetemről a REXUS-rakéta-programba a Műegyetemi Űrkutató Csoport gondozásában. A kísérlet célja a rakéta repülése során mérhető ionok mobilitásának vizsgálata volt. Sajnos a felbocsátás pillanatában elveszett a kísérlettel a kommunikációs kapcsolat, ami a mechanikai tervezésben elkövetett hiba által okozott rövidzárlat miatt következett be, így a kísérlet a repülés során nem működött (Várad, 2013). A CoCoRAD és TECHDOSE első magyar BEXUS-kísérletek sikerén felbuzdulva egy újabb műegyetemi magyar diákcsoport szerveződött REM-RED néven ismét az MTA EK tudományos és technológiai támogatásában (3. kép). A kísérleti elképzelés a kozmikus sugárzási tér további vizsgálatára irányult egészen a REXUS rakéták maximális, 90 km-es pályamagasságáig, ezáltal mintegy kiegészítve az első magyar BEXUS-repülések során nyert adatsorokat. A REM-RED-kísérlet 2015 tavaszán repülhetett, és a programban egyedülállóként teljesen hibátlanul működött, minden technológiai paramétere az előre várt tartományban volt, és az összes adat veszteség nélkül beérkezett. Az eredményről az ESA szakértői is elismerően nyilatkoztak (4. kép). Az adatok



3. kép • A REXUS-17 rakéta fedélzetén a REM-RED-kísérlettel (Forrás: ESA)



4. kép • REXUS rakéta felbocsátása
(Forrás: ESA)



5. kép • Földünk megközelítőleg 25 km magasságból a BEXUS-14 fedélzetéről
(Forrás: TECHDOSE)

értelmezése és összehasonlítása a BEXUS-eredményekkel jelenleg is folyik, azt azonban már most sikerült megállapítani, hogy első alkalommal szolgáltatott információt a sugárzási tér eddig részleteiben nem tanulmányozott irányfüggéséről. Az eredmények különlegességét fokozza, hogy a repülésre az elmúlt tíz év legerősebb geomágneses vihára idején került sor, amely számos napkitörés követ-

kezményeként alakult ki, és ezáltal elsőként szolgáltatott adatokat a sugárzási térről mágneses vihar idején ebben a magasságban. Ennek köszönhetően a kísérlet jelentős mértékben hozzájárul az űridőjárás mindennapi életünkre gyakorolt hatásainak jobb megértéséhez. Az eredmények részletes publikálására egy nívós nemzetközi geofizikai folyóiratban kerül majd sor a nyár folyamán (5. kép).

A szerző köszönetét fejezi ki mindazok munkájáért, akik nélkül a cikk nem valósulhatott volna meg. Elsősorban azon hallgatónak, akik a felsorolt projektekben a csapatok tagjaként munkájukkal hozzájárultak a sikerekhez, és mindazon támogató intézményeknek és egyetemeknek, melyek folyamatos segítséget, tudományos és technikai háttérrel biztosítottak. Külön köszönet illeti a Magyar

Űrkutatási Irodát, amelynek a támogatása nélkül a hazai diákok elképzelései nem valósulhattak volna meg. Továbbá a szerző külön köszönetét fejezi ki az Európai Űrügynökség szakértőinek és az Oktatási Iroda mindazon munkatársainak, akik a munkájukkal, tanácsaikkal folyamatosan segítik a hazai diákok részvételét, és a jelen cikk megszületéséhez is számos anyaggal járultak hozzá.

Kulcsszavak: REXUS/BEXUS-program, Európai Űrügynökség, rakéta- és ballonkísérletek, magyar egyetemista diákok

IRODALOM

- Callens, Natacha et al. (2013): *REXUS/BEXUS Rocket and Balloon Experiments for University Students*. ESA Special Publication, SP-721, 561–568.
- Fehér István et al. (1981): A New Thermoluminescent Dosimeter System for Space Research. *Advanced Space Research*. 1, 61–66. DOI:10.1016/0273-1177(81)90244-1
- Grósz Veronika (2013): *BioDos – Egyetemi hallgatók asztrobiológiai kísérlete sztratoszférikus ballon platformon*. ISSN 1788-7771, 31–35.
- Pázmándi Tamás et al. (2006): Space Dosimetry with the Application of a 3D Silicon Detector Telescope: Response Function and Inverse Algorithm. *Radiation Protection Dosimetry*. 120, 401–404. DOI: 10.1093/tpd/nci539

- Váradai Zsolt et al. (2013): *Rocket-borne experiment for the measurement of the variation in electric conductivity with altitude (Gekko experiment – REXUS14)*, ESA Special Publication, SP-721, 519–525.
- Zábori Balázs (2012): *CoCoRAD kísérlet az Európai Űrügynökség BEXUS programjában*. (Űrtan Évkönyv 2010–2011) 41–51. • http://www.mant.hu/kiadvanyok/urtan_evkonyv_20102011.pdf
- Zábori Balázs (2013a): *Ballon technológiai platform fejlesztése a kozmikus sugárzás monitorozására az Európai Űrügynökség BEXUS programja keretében*. (Űrtan Évkönyv 2012) 24–30. • http://www.mant.hu/kiadvanyok/urtan_evkonyv_2012.pdf
- Zábori Balázs et al. (2013b): *CoCoRAD an TECHDOSE Cosmic Radiation Experiments on Board BEXUS Stratospheric Research Balloons*, ESA Special Publication, SP-721, 315–319.

CUBESATOK AZ EURÓPAI ŰRÜGYNÖKSÉG JÖVŐKÉPÉBEN

Horváth Gyula

egyetemi adjunktus, BME Elektronikus Eszközök Tanszéke
üzveztető, C3S Kft.

Mit takar a CubeSat megnevezés?

Egy mondattal: egy vagy néhány liternyi műholdat. Persze ez az egy mondat újabb kérdéseket vet fel, például, hogy miért is ez a kis méret? A válasz az űripari mérnökképzésben keresendő: a mérnökké válás folyamatának fontos eleme, hogy a hallgatók már az egyetemi/főiskolai képzés keretei között megtanuljanak rendszerben, projektben gondolkodni. A California Polytechnic State University kidolgozott egy pikoszatellit szabványt, amelyet CubeSatnak nevezett el. A szabvány lényege, hogy méret- és tömegkorlátok közé szorítja a fejlesztendő űreszközt. A szabvány alapegységként (1U azaz 1 Unit) egy 10×10×10 cm méretű kockát maximum 1,33 kg tömeggel definiál (1. táblázat).

A megfontolás célja az volt, hogy költség-hatékony keretet adjon, amely egy egyetem

vagy kutatóintézet, a későbbiekben akár kisebb űripari cég számára is felvállalható.

Hogy juttathatunk az űrbe CubeSatot?

A szabványosított kisműhold koncepció egyik kiemelkedő előnye, hogy manapság már könnyen illeszthetőek a piacon lévő rakétákhoz. Ehhez szükség van a műholdat a rakétával összekötő kapcsolatra, egy speciális adapterre. A szabvány kiterjed a CubeSatot pályára állító adapterre is, ami így szabványos interfészt biztosít a rakéta és a műhold között. Ilyen adapter a Poly-Picosatellite Orbital Deployer (P-POD – 1. kép), az eXperimental Push Out Deployer (X-POD). A legtöbb adapter egyszerre három darab 1U méretű CubeSatot képes pályára állítani (vagy egy darab 3U méretűt), de az újabb generációjú POD-ok már a 12U befogadására is képesek. Fontos megjegyezni, hogy napjainkban igen komoly alternatíva a Nemzetközi Űrállomásról (ISS) startolni, ahol egy nagy befogadó képességű siló (SSOD) áll rendelkezésre, de ennek a lehetőségnek komoly hátránya a maximális műholdpályán tölthető idő, mivel az állomás pályamagassága miatt ez maximum néhány hónap. Természetesen a hordozórakéták széles palettája alkalmas már CubeSatok felbocsátására. Hogy néhányat említsek a teljesség igénye nélkül: az európai

név	méret	tömeg
1U Cube	10×10×10 cm	1,33 kg
2U Cube	10×10×20 cm	2,66 kg
3U Cube	10×10×30 cm	4 kg
6U Cube	10×20×30 cm	8 kg
12U Cube	20×20×20 cm	16 kg

1. táblázat • A ma ismert CubeSat-méretek

Vega (amellyel a Masat-1 is utazott), az orosz Dnyep, az amerikai Falcon vagy az indiai Polar Satellite Launch Vehicle (PSLV).

CubeSatok a nagyvilágban

Úralkalmazásokat a mindennapokban aktívan használó országokban – ez az EU számos országára igaz – a műholdfejlesztés mindennapos feladat. Ezek a fejlesztési projektek elsősorban azon cégek (Alcatel, Airbus, Boeing, Lockheed Martin, Orbital Sciences stb.), klaszterek, konzorciumok köré csoportosulnak, amelyek ütképes mérnöki gárdával rendelkeznek ezen a szakterületen. Mivel egy átlagos EU-polgár egy teljesen átlagos napján közel ötven műholdat használ – esetleg a tudtán kívül – biztosak lehetünk abban, hogy ezeknek a cégeknek és a műholdas iparágnak meghatározó szerepe van a jelenünkben és lesz a jövőnkben. Rendkívül fontos nagy hangsúlyt fektetni a fenntarthatóság érdekében ezekhez a projektekhez az utánpótlás kinevelésére. Természetesen nehéz valós tapasztalatokat szerezni hallgatók, kezdő mérnökök számára egy küldetés során. A költségeket és felelőségeket figyelembe véve ez érthető is, de erre szerencsére megoldást kínál a CubeSat-kategóriába eső kisműhol-

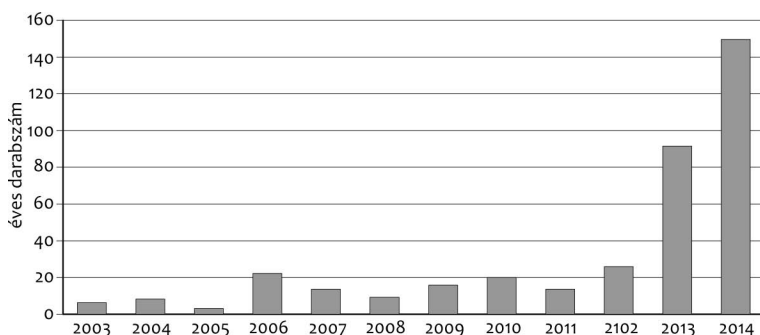


1. ábra • CubeSat a P-POD-ban
(Fotó: Czifra Dávid)

dak köre. Ezek a küldetések kezdetben az oktatást szolgálták, de idejekorán felfedezték a bennük rejlő további lehetőségeket is. Egyre több küldetés szolt technológiai demonstrációról, kifejezetten tudományos kísérletről. Mindez ahhoz vezetett, hogy az ilyen léptékű műholdak startja ugrásszerűen nőtt az elmúlt években (1. ábra).

A pikoműholdak szerepe az európai űrtevékenységben

Ez az ugrásszerű térhódítás az, ami talán a legjobban sarkallta az Európai Űrügynökséget (ESA), hogy kivegye a részét ezen tevékenységekből. Először oktatási programokon keresztül kapcsolódtak be a CubeSatok világába – kiváló példa erre a Vega hordozóraké-



1. ábra • A 20 kg alatti kisműhold startjai az elmúlt években
(Forrás: TUB Small Satellite Database)

ta első startja hét ilyen műhoddal a fedélzeten (2. kép), köztük a Masat-1-gyel, Magyarország első műholdjával. További példa az ESA oktatási osztályának a *Fly your Satellite!* (azaz Repesd a műholdadat!) programja, amely 2013 júniusában hat különböző, arra érdemes CubeSat-program kiválasztásával és felkarolásával kezdődött. Az egyes programokat négy fő fázisra osztották: építés, tesztelés, felbocsátási kampány és a műhold pályán történő üzemeltetése. Meglehetősen triviálisnak tűnik a felosztás, de nagy segítség lehet az ilyen – esetleg kezdő – műholdépítő csapatoknak, ha támogatást kapnak arra vonatkozóan, hogy mind a négy fázist megfelelő súllyal kezeljék, ugyanis sok küldetés kudarcát a hiányos környezeti tesztek eredményezték. Továbbá szép számmal előfordul az a helyzet is, hogy akár egy jól működő műholdat is magára hagynak a pályán, idő vagy pénz hiányában nem fordítanak energiát az üzemeltetésre és a hasznos adatok letöltésére. Ezért fontos, hogy a tanulási folyamat része legyen a teljes műholdéletút, nem csak az építés.

Végezetül, mostanra több, nem kifejezetten oktatási célú program beindítása is megtörtént. Külön csoportot hoztak létre az ESA berkein belül, amely összefogja az európai CubeSat-fejlesztéseket, és az európai kisműholdas űrstratégia megalkotása mellett (melynek *workshopjára* minket is meghívtak, ami nagy megtiszteltetés volt a számunkra) komplett küldetések életre hívása is a feladataik közé tartozik. Ezen küldetések napjainkra már kevésbé oktatási, inkább kutatási és fejlesztési projektekké nőttek ki magukat.

Persze feltehetjük a kérdést, hogy mi motiválja a más projekteken akár több tonnás műholdakat is megépítő és üzemeltető Európai Űrügynökséget arra, hogy néhány kilós műholdakkal foglalkozzon, az oktatáson

túlmenően? A válasz egyszerű: míg a nagyműholdak tervezési ciklusa nyolc-tizenkét évben mérhető, addig egy CubeSat küldetés kettő-öt év alatt is végigvihető, így rendkívül gyorsan adatik meg a lehetőség technológiai demonstrációk újabb és újabb generációinak *in situ*, az űrben történő tesztelésére; felgyorsítva ezzel ennek az egyébként új technológiákat lassan befogadó szegmensnek a technológiai fejlődését. Olyan ígéretes technológiák kipróbálására ad teret ebben az ágazatban, mint a drasztikus miniatürizálhatóság egyik példája, a *System-on-a-Chip* vagy új deorbitációs technológiák kipróbálása (az újítások hatással lehetnek az egyik legaktuálisabb probléma, az űrszemét megoldására is), vagy például az itthon is nagy érdeklődésnek helyet adó multipont földmegfigyelési küldetések. Ez utóbbira a nagy számban, egy időben több helyen elvégzett mérések miatt a CubeSatok egyedülálló módon alkalmasak, és a mérések nem kizárólag a Föld felszínére, de annak közvetlen környezetére is kiterjedhetnek (ionoszféra, termoszféra, magnetoszféra stb.).

Az ESA által támogatott tevékenységek köre a nanoműholdak terén két fő részre oszlik: egyrészt komplex küldetések (SIMBA, QARMAN, GOMX-3, Picasso) megvalósításán, másrészt a következő generációs Cube-



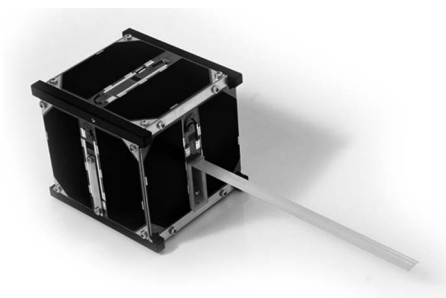
2. kép • A VEGA hordozórakéta, orrkúpjában a Masat-1-gyel (Fotó: ESA – S. Corvaja, 2012)

Satok egyes kulcstechnológiáinak kifejlesztésén dolgoznak együtt több nemzetből – köztük magyarok közül – kikerülő csapatokkal. Mi ez utóbbi együttműködés keretében fejlesztünk telemetria és telekommand adóvevőt és fedélzeti számítógépet műholdfedélzetre, valamint a jövő kisműholdjainak vázát adó 3/6U méretű műholdszerkezetet.

Hazai CubeSat-aktivitások, előzmények

Természetesen hosszú út vezetett az ESA-együttműködéshez, kellett az előzmény is. A 2007-ben megkezdett fejlesztés végeredményeként 2012. február 13-án az Európai Űrügynökség Vega hordozórakétájának segítségével sikeresen pályára állt és megszólalt a Masat-1 műhold (3. kép).

A fő célkitűzés az oktatás volt: neveljük ki a következő műholdépítő generációt! Persze a legfontosabb az volt a számunkra, hogy működjön és helytálljon, de nem szabad elfelejtetni azt a referenciát sem, amit ez a küldetés jelentett, nemcsak a csapat, hanem a hazai űrközösség számára is, hiszen ez egyben a közösség sikere is volt. Ennek bizonyítéka az űrben eltöltött 1061 nap, mely alatt a rádióamatőr sávban kommunikáló Masat-1 folyamatosan küldte az adatsomagokat, amelyek – a fotók mellett – több száz telemetria csatornán folyamatosan mért fizikai mennyiségek értékét és külön parancsokkal lekérdezhető módon további száz különböző belső változót tartalmaztak. A műhold a fedélzetén található kamerával a pályán töltött időszak alatt Földünkről több mint kétszáz felvételt készített. A redundáns alrendszerek – ami ebben a mérettartományban unikális volt – lehetővé tették, hogy a deorbitálódásig kiválóan működjön az eszköz (a pályán töltött 2. évforduló környékén a fedélzeti számítógép átkapcsolt a tartalék párjára, ezzel kiküszöbölve egy

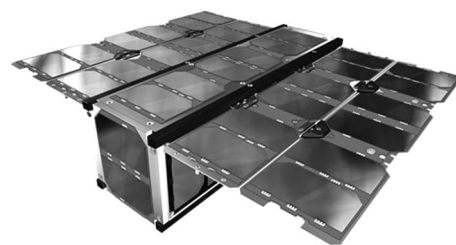


3. kép • A Masat-1 repülő példánya
(Fotó: Czifra Dávid)

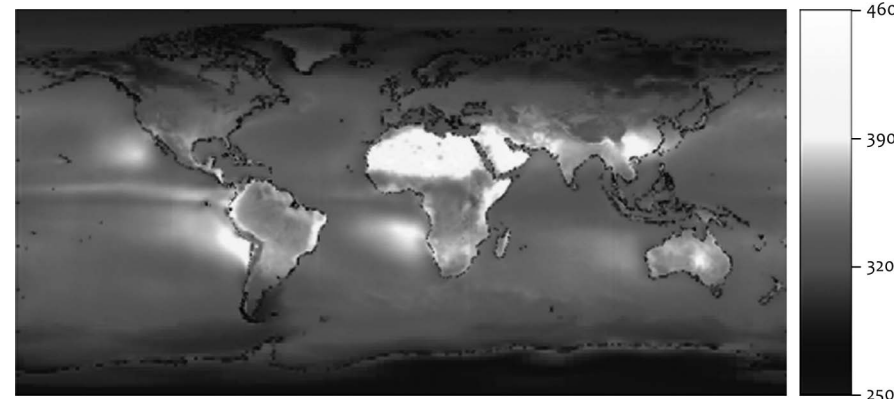
napkitörésből fakadó hibajelenséget). Mindezek predesztinálták a folytatást, meg is kezdődött nem sokkal a start után a Masat-2 előkészítése, de sajnos a program támogatottsága nem tette lehetővé a megfelelő ütemű fejlesztést. A közeljövőben az ESA teljes jogú tagjává válás természetesen pótolhatja a kimaradt lendületet majd.

Jövőkép

Már az első műholdunknál is több generációban gondolkodtunk, hiszen egy jó alappal, egy jó műholdplatformmal a hazai kutatószféra a könnyedén űrbe juttatható kísérletekkel, az űrparban is jártas – vagy éppen jártasságot szerezni vágyó – cégek pedig a technológiai kísérletek, valamint a szolgáltatási potenciált is rejtő küldetések révén bevonhatóak, és ezáltal összetettebb küldetések is megvalósítha-



4. kép • 3U CubeSat platform (Fotó: C3S Kft.)



5. kép • A Nap által besugárzott hőteljesítmény hatásainak vizsgálata, szimuláció, SIMBA műhold (Fotó: ESA)

tóvá válnak a következő években. A céljaink eléréséhez fontos megtalálnunk ezen a területen is az oktatás, a kutatás és az ipari fejlesztés szinergiáját. Ennek megvalósításához a Műegyetem inkubációja, és a tény, hogy saját és más hazai új űrpari cégek, valamint kutatóintézetek is megkezdtek az együttműködést ezen a területen, nagymértékben hozzájárulhat. Például – a korábban említett – az Európai Űrügynökséggel együttműködésben megkezdett 3/6U CubeSat platform (4. kép) technológiák fejlesztése is ebbe az irányba mutat. A cél olyan hazai kisműholdas platform megvalósítása, mely az univerzalitását és a CubeSat szabvány általi költséghatékonyságot kihasználva lehetővé tenné hazai kutatóintézetek

kísérleteinek, valamint magyar űrpari cégek technológiai fejlesztéseinek hatékony világűrbe jutását és az ott történő üzemeltetését. Ezen alapokon pedig hazai összefogásban egy olyan, akár multipont megfigyelést is biztosítani tudó kisműholdas flotta életre hívása a cél, mely a 2020-as ciklus végére már akár fel is juthat az űrbe, és az ott gyűjtött adatok nemcsak kutatási projektekhez, de akár szolgáltatásokhoz is alapul szolgálhatnak.

Kulcsszavak: *CubeSat, műhold, űrfelvétel, technológia, flotta*

HIVATKOZÁSOK

www.esa.int • cubesat.bme.hu • www.c3s.hu

ŰRTÁVKÖZLÉS

Solymosi János

űrtechnológiai igazgató,
BHE Bonn Hungary Kft.
www.bhe-mw.eu

A távközlés, az információk továbbítása egyik helyről a másikra, alapvető szerepet játszott és játszik ma is az emberi civilizáció fejlődésében. Az első, ember alkotta mesterséges égitest pályára állításával az emberi civilizáció kiterjesztette létezésének határait a Föld közvetlen környezetébe. Mai mércével mérve az első műhold nagyon egyszerű, mondhatni primitív szerkezet volt. Igazából egyetlen feladata volt csupán, „bip-bip” jelek formájában információt küldeni a földi megfigyelőknek arról, hogy sikeresen pályára állt és működik. Mind a mai napig, a legmodernebb, adott esetben több százmillió euró értékű műholdaknak vagy bolygóközi szondáknak is a legfontosabb részegységei a kommunikációt biztosító berendezések. Amennyiben a kommunikáció nem működik, a legfejlettebb műhold is csak egy darab vas, amely céltalanul bolyong a világűrben.

Cégünk, a BHE Bonn Hungary Kft. rádiófrekvenciás és mikrohullámú technológiával, ezen belül is távközléssel foglalkozik. Ez igen széles paletta, magában foglalja a mobil távközlést, a földi mikrohullámú adatátvitelt, de a repülőgépekkel és természetesen a műholdakkal és űrszondákkal történő kommunikációt is. Furcsa módon a radartechnika is kommunikáció, hiszen a radarok alkalmazásának elsődleges célja, hogy információt szerezünk bizonyos objektumok méretéről,

távolságáról, sebességéről, irányáról és egyéb fontos tulajdonságáról. A cég fennállásának huszonnégy éve alatt magas szintre fejlesztette azokat a kulcstechnológiákat, amelyek a modern kommunikáció alapját képezik. Ennek eredményeként cégünk termékei és szolgáltatásai közel harminc országban ismertek.

A műholdas kommunikációban használatos alkatrészekkel, részegységekkel és berendezésekkel közel húsz évvel ezelőtt, az indiai űrkutatási ügynökség (ISRO) földi követőhálózatában jelentünk meg. A földi követőállomások szinte összes mikrohullámú részegységét kifejlesztettük és sok év óta gyártjuk. Ezek a legmagasabb minőségi szintet képviselik, a világ több ügynökségénél is használatban vannak.

Az Európai Űrügynökséghez (ESA) való csatlakozás igénye már nagyon régi vágya a hazai űrszakmának. A döntés nagyon sokáig váratott magára. Üzleti megfontolásokból az űrtávközlési képességeink és termékeink kifejlesztését nem tehattük függővé az ESA-csatlakozástól. Leginkább azért, mert érzeltük a piaci igényeket, és láttuk, hogy megfelelő szívós munkával komoly esélyünk lehet elfogadtatni magunkat a világ talán legmagasabb igényeket támasztó távközlési piacán.

A kitartó munka meghozta eredményét, és ma már elmondhatjuk, hogy az űrtávközlési célra kifejlesztett speciális berendezéseink

több ország mélyűri űrtávközlési hálózatában (DSN) is megtalálhatók. Ennek egyik legjobb példája az ISRO Mars-programja. A Mars körül keringő indiai űrszonda 400 millió kilométer távolságból érkező igen gyenge jeleit az S- és Ku-sávú ún. 3 csatornás fáziskohereus vevőberendezésünkkel vesszük a 32 méter átmérőjű földi követőállomások. Ez a távolság tízezerszer nagyobb, mint a Föld egyenlítőnél mért kerülete!

Tulajdonképpen ezek a berendezések és technológiák már jóval az ESA-csatlakozásunk előtt kifejlesztésre kerültek, és jelen vannak az űripari „szabadpiacon”. Ezáltal Magyarország komoly technológiai hozománnyal léphet be az űrügynökségbe. Erre jó példaként szolgálnak azok az ESA DSN-állomásaira szállított kommunikációs modulok, melyek az új fejlesztésű szélessávú digitális vevőberendezések fontos részegységei.

Az űrtávközlés számos más területén is komoly sikereket értünk el. A műholdakkal való kommunikáció kétirányú. Nem elég csak a műhold szenzorai által lesugárzott adatokat venni és kiértékelni, a műholdaknak különféle utasításokat, parancsokat is kell adni, hogy úgy működjenek, ahogy az üzemeltetők szeretnék. Erre a feladatra szolgálnak az ún. *telekommand* rendszerek. Ezek olyan digitális mikrohullámú adóberendezések, amelyekkel kódolt üzeneteket lehet felküldeni a műholdra. A műhold fedélzeti parancsvevő rendszerre veszi, értelmezi és végrehajtja a kapott utasításokat. A BHE többfajta műholdvezérlő adót fejlesztett ki az évek során. Erre láthatunk példát az alábbi képeken. A legtöbb ilyen berendezést a DLR-nek, a német űrügynökségnek adtuk el. Többségük a DLR oberpfaffenhofeni állomásán van használatban.

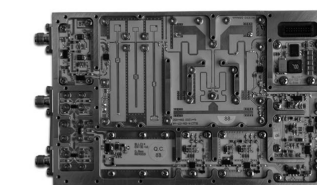
Vannak alkalmazások, ahol többfajta űrtávközlési feladatot kell egy berendezéssel



1. kép • Ku-sávú 3 csatornás fáziskohereus vevő



2. kép • 32 m-es bolygóközi kommunikációs követőantenna



3. kép • Az ESA mélyűri földi állomásai számára kifejlesztett kommunikációs modulok



4. kép • Műholdas digitális adó



5. kép • Redundáns 2×100W-os
mikrohullámú erősítő

megoldani. Ilyen feladat az, amikor egyetlen berendezéssel kell venni a műhold által sugárzott telemetria jeleket, ami általában az ún. „S” sávban történik. A nagy adatsebességű átvitelt kívánó távérzékelő szenzorok, például optikai kamerák vagy az apertúraszintézis elvén működő térképező radarok által produkált nagy mennyiségű adatot itt már nem lehet lesugározni. A nagyobb sáv szélesség igénye miatt ez a feladat csak az ún. „X” sávban vagy magasabb sávokban valósítható meg. Több cég gyárt olyan berendezést, amelyekkel ez a két feladat egyidejűleg megoldható. Mi ennél tovább mentünk. A kétsávú vevőberendezésbe beleintegráltunk még egy harmadik sávot is, az ún. „L” sávot. Ezen a frekvenciasávon lehet venni a nagyfelbontású meteorológiai műholdak által sugárzott (HRPT) képeket. A műszaki megoldás egyedi, mivel az a különlegessége, hogy mindhárom antennaelem ugyanabba a pontba fókuszálja a különböző sávokon vett jeleket. Ez azzal az előnnyel jár, hogy sávváltásnál nem kell újrapozicionálni az antennaelemeket. Jelenleg ez a piacon található egyetlen ilyen berendezés. Több éve hibátlanul működik az ELTE északi tömbjének tetején található műholdas vevőállomáson.

A műholdas távközlésben a legfejlettebb technológiát jelenleg az ún. fázisvezérelt antennatechnológia jelenti. Ez egy olyan

megoldás, amelyben az antenna sugárzási karakterisztikájának beállítása és az antennanyaláb mozgatása elektronikus vezérléssel, szoftveres úton történik, és nem igényli az antenna fizikai mozgatását. A BHE ezen a területen is az élvonalban van. 2014. július 19-én űrséta keretében szerelték fel és helyezték üzembe a Nemzetközi Űrállomás (ISS) Zvezda moduljának külső felületére azt a fázisvezérelt mikrohullámú kommunikációs berendezést, amelynek a legfontosabb részeit cégünk tervezte és gyártotta. A működő berendezés messze meghaladta az eredetileg vele szemben támasztott elvárásokat. Ennek eredményeként megrendelést kaptunk egy hasonló funkcióval rendelkező, de műszaki paramétereiben még fejlettebb berendezés kifejlesztésére és gyártására.

Nagy sikerként könyvelhetjük el a négy évvel ezelőtti pályára állított VesselSat-1 és VesselSat-2 amerikai üzemeltetésű műholdak fedélzetén hibátlanul működő digitális modulátorunkat is. Ezeken a holdakon próbáltuk ki először űrbéli körülmények között a szoftverrádiós (SDR) technológiánkat, melynek lényege, hogy a különleges, torzítástűrő modulációt és kódolást matematikai algoritmusok használatával, szoftveresen állítjuk elő.



6. kép • Háromsávú műholdvevő

Ezáltal a berendezés tetszőlegesen átkonfigurálható, azaz bármely működési paramétere megváltoztatható. Az alkalmazott megoldások megfelelőségét a több mint hét éves folyamatos űrbéli működés igazolta, ami jó referenciaként szolgált az ESA-munkáinkban is.

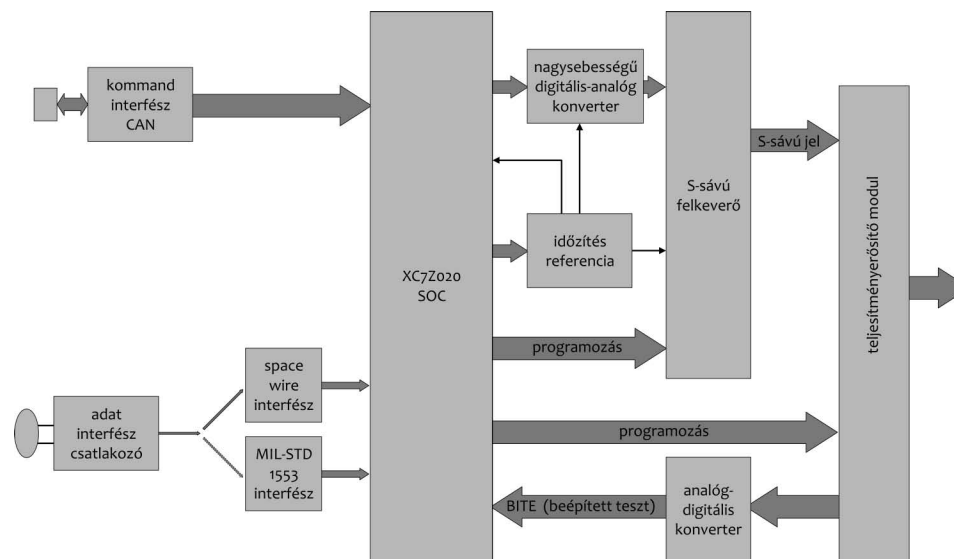
Nagyon fontosnak tartjuk, hogy aktívan részt vegyünk az ESA űrtávközlési programjaiban. A korábban kifejlesztett és az űrben sikeresen kipróbált technológiánkra alapozva szerződést kötöttünk egy korszerű műholdfedélzeti telemetriaadó kifejlesztésére, amelyet az ESA tudományos és kommunikációs célú, kisméretű műholdjain fognak majd használni. Alapvető előírás volt az ESA összes vonatkozó szabványának való megfelelés. A fejlesztés már az utolsó fázisában, a repülő példány (FM) áramköri tesztelésénél tart. Röviden bemutatjuk a berendezést.

A telemetriaadó (TM) rendkívül tiszta modulációs spektrumot állít elő, és alkalmas különböző modulációk és hozzájuk tartozó hibajavító kódolások előállítására. A kívánt

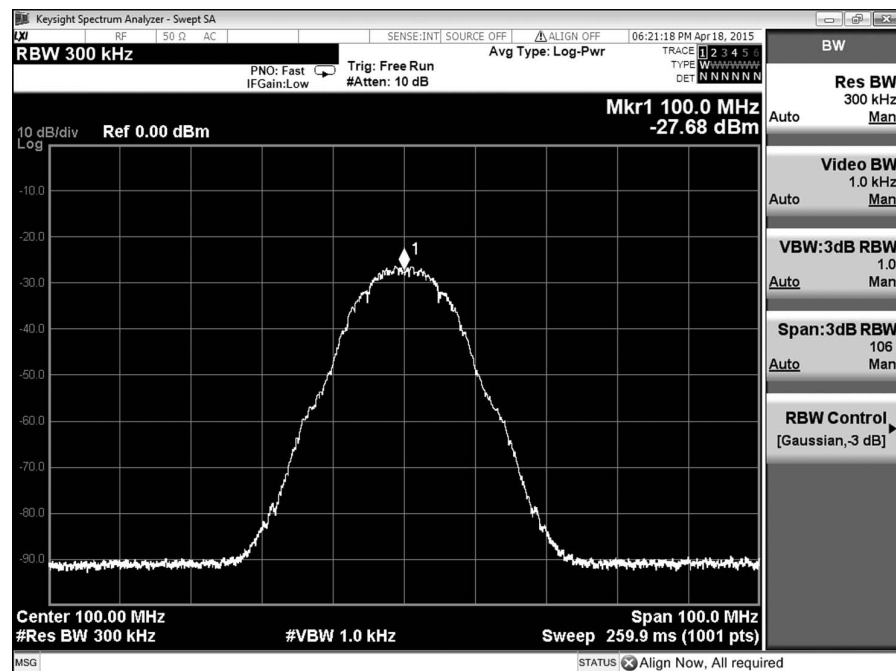
teljesítményt speciális beállítású gallium-nitrid (GaN) mikrohullámú FET-eszközök biztosítják. Az általunk használt kapcsolás nagy előnye, hogy a hatásfoka a szokásos 35–40% helyett elérheti a 80%-ot is. A telemetriaadó-rendszer diagramja a 1. ábrán látható.

A TM-adó a fedélzeti számítógéphez az ESA ECSS-E-ST-50-15C szabványában meghatározott módon, MIL-STD-1553 interfészen keresztül csatlakozik. Az összes digitális funkció egyetlen FPGA-chipben lett implementálva. Ebben egy Cortex processzor és egy programozható logika található. Az eszköznek két fontos feladata van: az ESA ECSS-E-ST-50-01C szabvány szerinti kódolás, randomizáció és szinkronizáció. A fedélzeti számítógép (OBC) konfigurálja az eszközt, amely tetszőleges kombinációban támogatja a Reed Solomon, randomizer, konvolúciós és turbo kódoló algoritmusokat.

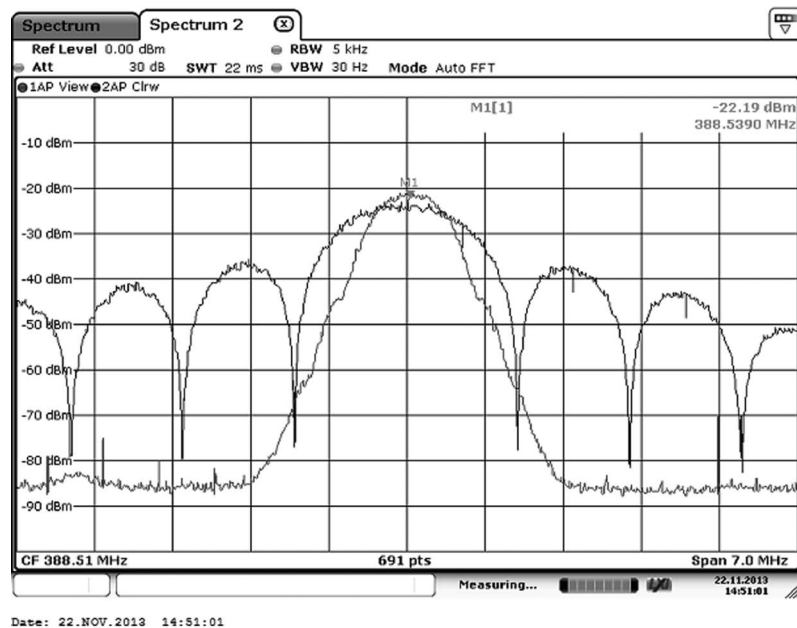
A modulációs szekció a BHE egyedi megoldása. Az alkalmazott egyedi algoritmusok miatt nincsen szükség a szűrő paramétereinek



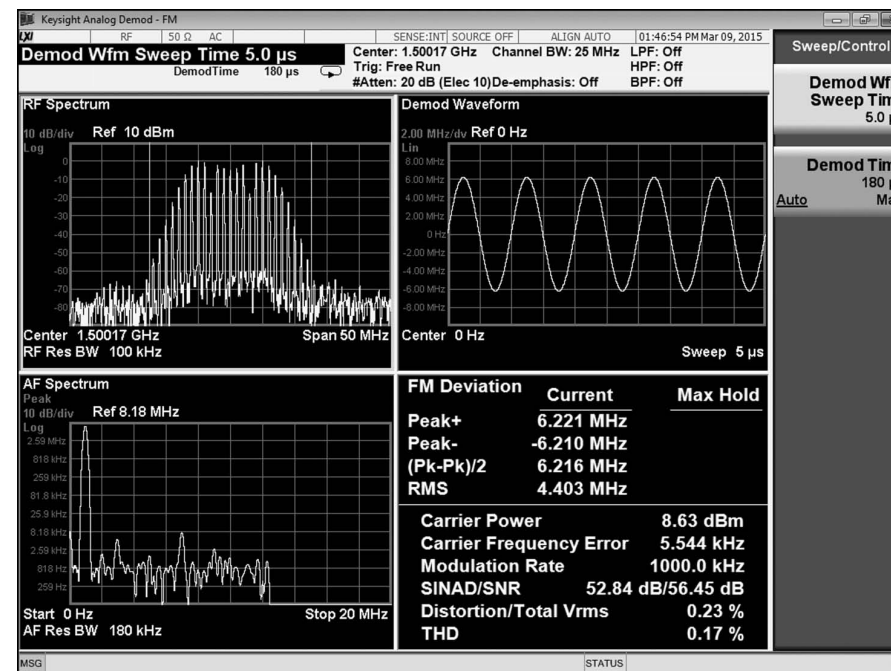
1. ábra • A TM-adó rendszer architektúrája



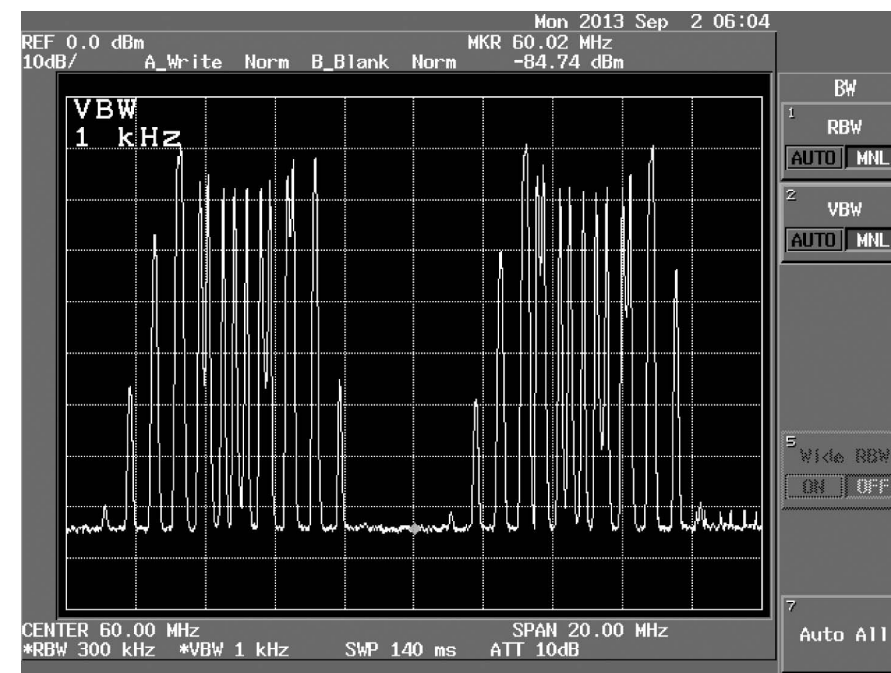
2. ábra • BHE 20 Mbps SOQPSK spektrum pulzus



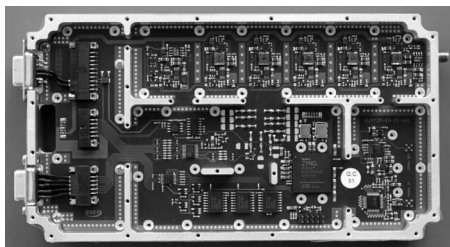
3. ábra • A hagyományos és a BHE-módszer spektrumképek összehasonlítása



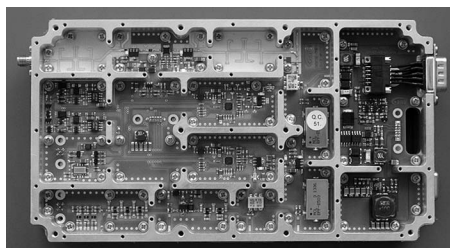
4. ábra • Szűrt FM-modulációs spektrum



5. ábra • Kétvívös, külön-külön modulált, szűrt FM-spektrum



7. kép • Az SDR-kártya



8. kép • A frekvenciakonverter kártya

intenzív újraszámolására, és ennek eredményeként megvalósítható egy tetszőleges szűrőfunkció. PCM/FM-, GMSK-, BPSK-, QPSK-, OQPSK-, SOQPSK-, 8PSK- és 16PSK-modulációkkal teszteltük az eredeti berendezést a 9600 kbps és 20 Mbps közötti adatsebességtartományban.

Az alkalmazott módszer előnyeinek érzékeltesére az előző oldalpáron bemutatunk néhány modulációs spektrumképet. Látható, hogy az általunk előállított modulált jelek lényegesen kisebb helyet foglalnak el az adási frekvenciatartományban. Ez nagyon nagy előny, és sokkal jobb minőségű kommuni-

REFERENCIÁK

Telemetry Standards, IRIG Standard 106-11 (Part 1), Appendix A, June 2011
ECSS-E-ST-50-01C, Space engineering, Space data



9. kép • A megszerelt mérnöki kvalifikációs (EQM) példány

kációt tesz lehetővé, mivel a műholdas csatorna annál kisebb zajú, minél kisebb sávot foglal el. Ez a vételi érzékenység jelentős javulását eredményezi.

Ebben a fedélzeti telemetriaadóban integrált módon megtalálhatók a jelenleg legkorszerűbbnek tekinthető technológiák. Mind architektúrájában, mind pedig az alkalmazott áramköri megoldások tekintetében nagyon korszerű és minden bizonnyal még évekig az is marad. A BHE Kft. ezzel a berendezéssel is erősíteni kívánja a hazai űripar nemzetközi elfogadottságát.

Kulcsszavak: *műholdas kommunikáció, űrtáv-
közlés, telemetria, ESA, Nemzetközi Űrállomás,
szoftverrádió, apertúra szintézis, fázisvezérelt
antenna, űrtechnológia, moduláció,*

links – Telemetry synchronization and channel
coding, 31 July 2008
ECSS-E-50-12A, Space engineering, SpaceWire - Links,
nodes, routers and networks. 24 January 2003

Tanulmány

ISTEN MÉGIS SZERENCSEJÁTÉKOS? (A VÉLETLEN A BIOLÓGIÁBAN)

Venetianer Pál

az MTA rendes tagja
venetpal@brc.hu

*„Az élővilágban a véletlen az egyetlen forrása
minden újításnak, minden teremtettségnek...
a modern biológiának ez a központi fogalma
immár nem a lehetséges hipotézisek egyike...
ez az egyetlen, amely összeegyeztethető
az ismert és megvizsgált tényekkel...”*

Jacques Monod:

A véletlen és a szükségszerűség

Talán felismeri a kedves olvasó, hogy e kissé provokatív cím egy elhíresült, állítólag Albert Einsteintól származó mondásra utal, amely egy évtizedekkel ezelőtti színházi siker, Gyurkovics Tibor drámájának alapjául is szolgált („Isten nem szerencsejátékos”). A gazdag angol nyelvű Einstein-irodalomban a mondatot úgy idézik, hogy: *God doesn't play dice* (Isten nem kockázik). Mint ismeretes, Einstein soha nem tudta elfogadni a kvantummechanikának azt a következtetését, hogy a mikrovilágban nem feltétlenül érvényes az oksági elv, és bizonyos területen a véletlen az úr. Noha korunk fizikája nem támasztja alá Einstein véleményét, és még senkinek sem sikerült a kvantummechanika által posztulált indeter-

minizmust megcáfolni, az továbbra is vitatott kérdés, hogy a makrovilágban hol és milyen mértékben van szerepe a véletlennek, illetve az indeterminizmusnak. A biológiában azonban minden bizonnyal létezik a jelenségeknek egy olyan köre (és ez a kör az utóbbi évtizedekben bővülni látszik), ahol a véletlen az úr.

Ebben a cikkben arra teszek kísérletet, hogy a biológiának e területeiről (vagy legalábbis egy részükről) adjak vázlatos áttekintést, elsősorban néhány újabb kísérleti eredmény tükrében.

Bevezetésképpen tisztázandó, hogy amit a mindennapi életben véletlennek nevezünk, azt a legtöbb esetben filozófiai vagy tudományelméleti szempontból nem nevezhetjük annak, mert többnyire az esemény maga szigorúan meghatározott (determinált) csak éppen nem ismerjük a determináló okokat. Szokás ezt ismeretelméleti (episztemológiai) értelemben véletlennek nevezni, szemben a valódi (ontológiai) értelemben vett véletlenel. Ilyen episztemológiai véletlen a kockavetés, a kártyalapeloszlás, a lottó nyerőszámok véletlenje, vagy az, hogy az utcán összefutunk

egy régen látott ismerőssel. Az episztemológiai véletlen léte semmiben sem mond ellent a teljes filozófiai determinizmusnak. E determinizmusnak egyik legkövetkezetesebb híve és megfogalmazója Pierre-Simon Laplace volt, aki a 19. század elején azt állította, hogy: „A világegyetem jelen állapotában múltjának következménye, és jövőjének oka. Egy olyan elme, aki egy adott pillanatban valamennyi természeti erőt és minden természeti objektum helyzetét ismerné, és ha ez az elme elég hatalmas volna, hogy mindezeket az adatokat elemezni is tudná, a világegyetem legnagyobb testeitől a legkisebb atomokig, akkor ennek az elmének semmi sem volna bizonytalan, a jövő ugyanúgy mint a múlt, a szeme előtt volna a jelenben.”

Ennek az elképzelhetetlenül hatalmas elmének a neve azóta *Laplace-démon*. Ezt a világnézetet, amely semmi szerepet nem tulajdonít az ontológiai véletlennek, nevezték ifjúkorunk marxista-leninista szemináriumain mechanikus materializmusnak, és ma már egyértelműen kimondható, hogy hamis.

Az ontológiai értelemben vett, azaz valódi véletlennek jelenlegi ismereteink szerint három szinten vagy három módon van szerepe világunkban. Ezek:

- a kvantummechanikai indeterminizmus,
- a sztochasztikus folyamatok,
- a determinisztikus káosz.

A három szint közül az első, a kvantummechanikai indeterminizmus az, amelynek létét Einstein soha nem tudta elfogadni.

Az, hogy ennek a jelenségnek van-e valami szerepe a biológiában, az élővilágban, ma még vitatott, a kérdésnek jelentős irodalma van, de itt – éppen vitatott volta miatt – nem kívánok foglalkozni vele.

A véletlen harmadik formája, amelyet determinisztikus káosznak neveznek, volta-

képpen az episztemológiai és az ontológiai véletlen közötti átmeneti formának tekinthető. Ezzel kapcsolatban szokás olykor „erős kauzalitásról” beszélni, ez azt jelenti, hogy egy adott oknak, annak minden előfordulása esetén ugyanaz az okozata. „Gyenge kauzalitás” ezzel szemben azt jelenti, hogy egy adott ok és okozata között ugyan egyértelmű összefüggés van, ám ez nem megismételhető, azaz ugyanaz az ok máskor más okozatot is előidézhet. Ez a gyenge kauzalitás áll fenn a determinisztikus káosz esetében. Igen komplex rendszerek esetében ugyanis a kiindulási feltételeknek végtelenül kis megváltozása is rendkívül nagy, előre nem számítható eltéréseket okozhat a következményekben. Ezt fejezi ki a „pillangóeffektus” metaforája. A „pillangóeffektus” azt jelenti, hogy elképzelhető, hogy egy braziliai pillangó szárnycsapása hurrikánt fog előidézni Texasban, de ha ugyanez a pillangó néhány pillanattal később végzi el ugyanezt a szárnycsapást, akkor már a Csendes-óceánon okoz tájfúvot. A következőkben ezzel a jelenséggel sem fogok foglalkozni.

Cikkem tárgyát kizárólag a sztochasztikus folyamatok képezik. A sztochasztikus véletlen szerepének tárgyalását kezdetül egy sematikus leegyszerűsítő, de lényegében igaz megállapítással. Szemben a fizika és a kémia törvényeivel, amelyek az emberi dimenzióban (tehát az elemi részecskék világától eltekintve) szigorúan determinisztikusak, az élő természetben, a biológiában a jelenségek igen jelentős csoportjában a véletlen uralkodik. Természetesen, amennyiben ez a tétel igaz, annak nem az az oka, hogy az élővilágban nem érvényesek a fizikai, kémiai törvényszerűségek és az sem (noha a huszadik század több nagy tudósa, például Niels Bohr vagy Max Delbrück ezt feltételezték), hogy létez-

nek csak az élővilágra érvényes speciális természettörvények. Az ok sokkal egyszerűbb. Pusztán arról van szó, hogy az élettelen természetben (ismét: eltekintve az elemi részecskék mikrovilágától) gyakorlatilag szinte minden jelenség atomok, molekulák óriási halmaza tulajdonságainak, viselkedésének, mozgásának eredője. Ezzel szemben az élő természetben számos nagy horderejű, döntő megváltozás oka lehet egyetlen, illetve igen kisszámú molekula megváltozása, viselkedése, ahol már nem érvényesül a nagy számok törvénye, és így a véletlen az úr. Az élő természet, a biológia világát csak felületesen ismerők számára ez a tény egyáltalán nem tekinthető magától értetődő evidenciának, ezért a következőkben megkísérlem konkrét példák illusztrálni, hol és hogyan hat a véletlen.

Noha a következőkben elsősorban újabb, az elmúlt néhány évben született kísérleti eredményekre támaszkodva fogom a véletlen szerepét hangsúlyozni, az a felismerés, hogy a biológiában a véletlen jelentős szerepet játszik, egyáltalán nem új. A Nobel-díjas francia molekuláris biológus, Jacques Monod 1971-ben megjelent nagy hatású könyvének címe az volt, hogy *A véletlen és a szükségszerűség (Le Hasard et la Nécessité)*, és mottójául egy Démokritosz-idézetet választott, amely így szól: „A világegyetem minden létezője a véletlen és a szükségszerűség gyümölcse”.

(Monod nagyságát és az idézet tartalmi igazságát nem kisebbíti az a tény, hogy utólagos szorgos filológiai kutatás nem volt képes megtalálni ezt a mondatot Démokritosznál. Monod feltehetően rosszul emlékezett arra, hogy hol olvasta azt).

Az evolúció modern elméletének megalapozói, Ronald Fisher és Sewall Wright is a véletlen és a szükségszerűség összjátékaként tekintettek az evolúcióra, noha eltérő súly-

pontokkal, Wright inkább a véletlent, Fisher inkább a szükségszerűt hangsúlyozta, de természetesen ő sem tagadta a véletlen szerepét. Ezen a ponton meg kell jegyezni, hogy ez a véletlen sokszor csak episztemológiai értelemben tekinthető annak. Hiszen, ha például egy természeti katasztrófa kettévág egy állatpopulációt, és ennek következtében a különböző környezetbe kerülő két csoport eltérő fejlődésnek indul, ez nem tekinthető ontológiai értelemben véletlennek. Ugyancsak nem ontológiai véletlen az a híres példa, amit Lucifer fejt ki az *Ember tragédiája* 15. színében („...S ki lastromozza majd a számokat”) az egérről és a feregéről.

Az ontológiai, azaz valódi véletlen legfontosabb érvényesülési területe az a tény, hogy az öröklési anyag, a DNS lényegében egyedi molekulának tekinthető. Olyan molekulának, amely ki van téve megíósolhatatlan, véletlenszerű megváltozásoknak, amelyeknek viszont abszolút determinált lényeges következményei lehetnek az adott élőlényre nézve.

A sztochasztikus folyamatok egyik példájául szolgálhat az élettelen természetben a víz disszociációja. Az, hogy egy adott vízmolekula egy adott pillanatban disszociálva van-e vagy sem, tökéletesen véletlenszerű. Ám mivel gyakorlatilag minden létező folyamatban vízmolekulák óriási tömege vesz részt, szigorúan érvényes törvényszerűség, hogy átlagosan minden tízmilliomodik vízmolekula disszociál elektromosan töltött hidrogén és hidroxilionokra, míg a többiek semleges molekuláris formában léteznek. Hasonló kémiai egyensúly áll fenn a DNS-t alkotó egyes alapegységek (a DNS-ábécé „betűi”) a purin- és pirimidinbázisokat tartalmazó nukleotidok két lehetséges szerkezete között. E molekulák túlnyomó többsége úgynevezett *axo* formában létezik, és ebben a formában képes a

DNS-molekulára jellemző kettősláncú szerkezetet stabilan fenntartani. Mintegy százmilliomod részük azonban „enol” formában létezhet, és így nem képes stabil párt képezni a molekulában. Mivel pedig a magasabbrendű élőlények DNS-ében több milliárd nukleotid van, biztosra vehető, hogy ezek közül bármelyik időpillanatban jó néhányan léteznek ilyen *enol* formában. Ha pedig ez éppen a DNS-lánc megkettőződése idején fordul elő, akkor ott hibás új lánc keletkezhet. Ilyen hiba a megkettőződés során persze máskor is előfordulhat, hiszen a másolást végző enzim tevékenysége során (mint minden kémiai-biológiai reakció során) óhatatlanul előfordulhatnak hibák – teljesen véletlenszerűen, azaz előre nem meghatározható, nem determinált pontokon. E hibák gyakorisága ugyan igen kicsi (optimális esetben millió nukleotidonként egy), de az egész DNS-re vonatkoztatva ez is több ezer hibát jelent, és az élőlény tulajdonságainak megszabásában és átöröklésében egyáltalán nem mindegy, hogy e hibák a DNS-lánc mely pontján alakulnak ki. Megjegyzendő, hogy e hibák nagyobb részét különböző korrekciós mechanizmusok kijavítják, ezért a ténylegesen megmaradó változások, azaz a mutációk száma jóval kisebb, de azért ez a szám is jelentős. A mutációs ráta pontos értéke ugyan vitatott kérdés, de többkevesebb pontossággal azt mondhatjuk, hogy az embernél generációnként és nukleotidonként kb. 10^{-8} . Más szavakkal: minden emberi újszülött mintegy 40–70 *de novo* (azaz egyik szülő genomjában sem előforduló) megváltozást, új mutációt hordoz.

A néhány éve elhunyt kiváló evolúcióbiológus (és nagyhatalmú tudomány népszerűsítő, akinek több könyve magyarul is megjelent), Stephen Jay Gould több művében a véletlen döntő szerepe mellett foglalt állást. Felvetett

egy érdekes gondolat kísérletet is. Ha az evolúciót mint egy magnetofon- vagy videoszalagot vissza lehetne tekerni és újra lejátszani, akkor – szerinte – az újrajátszás biztosan nem ismételné meg az eredetit, egészen más eredményre vezetne, mivel számos lépés valójában véletlen, esetleges események eredője, és így teljesen megjósolhatatlan, még változatlan külső feltételek esetén is.

Természetesen ilyen kísérletet nem tudunk megvalósítani, az evolúció szalagja nem tekerhető vissza. A modern kísérleti biológia azonban lehetővé teszi, hogy laboratóriumi körülmények között modellezze ezt az evolúciós gondolat kísérletet. Azaz: nem visszatér a már lezajlott evolúció szalagját, hanem azonos kiindulópontból és szigorúan azonos környezeti feltételek mellett indít el több párhuzamos evolúciós folyamatot, majd megkérdezi, hogy ezek eredménye azonos lesz-e, mint a szigorú determinizmus hívei vélik, vagy különböző, mint a véletlen szerepének hangsúlyozói (például Gould) gondolják. Ilyen kísérletet végzett Richard Lenski és munkacsoportja a Michigani Állami Egyetemen (Blount et al., 2008).

Lenskiék 1988-ban kezdték el nagyszabású evolúciós kísérletüket a molekuláris biológusok kedvenc kísérleti objektumával, az *Escherichia coli* nevű emberi bélbaktériummal.

A – rendkívül szellemes – kísérlet részletes ismertetése túlmenne a cikk keretein, így csak a kiindulópontot és az eredményt ismertetném. Lenskiék egyetlen (genetikailag homogénnek tekinthető) baktériumtelepből hoztak létre tizenkét különböző tenyészetet, amelyeket tökéletesen azonos körülmények között növesztettek folyamatosan, úgy, hogy naponta 1:100 arányban hígították (friss táptalajba helyezték) valamennyi tenyészetet. Ez azt jelentette, hogy húsz év alatt 44 000

generációváltás történt, ami már az evolúció hosszú távú időskáláján is tekintélyes szám (az emberi evolúció léptékére átszámítva ez a 44 000 generáció körülbelül egymillió évnek felelne meg). Ezenközben minden ötszázadik generációnál lefagyasztottak egy-egy mintát a tenyészetekből, hogy a kísérleti evolúció egyes állomásairól az elemzésre rendelkezésre álljanak a megfelelő „őskövületek”. A kísérletben a táptalaj összetétele érvényesítette a „szelekciós nyomást” azzal, hogy a baktérium növekedése szempontjából igen előnyössé válhatott egy olyan molekula felhasználása, amelyet az eredetileg nem tudott használni. A nagy kísérlet számos érdekes tanulsággal szolgált az evolúció kutatói számára, ezek közül egyetlen részeredményt szeretnék kiemelni.

A tizenkét párhuzamosan tenyésztett – és azonos kiindulópontú – kultúra közül egyben, mintegy 31 500 nemzedék után, megjelent egy új, adaptív tulajdonság, az új molekula felhasználásának képessége. Természetesen már az is érdekes, hogy ez az új tulajdonság mindössze egyetlen kultúrában jelent meg, noha minden külső körülmény teljesen azonos volt valamennyi tenyészetre nézve. Még érdekesebbé válik azonban, ha egy kicsit utánaszámolunk a dolognak. Az *Escherichia coli* genomja (teljes DNS-készlete) $4,7 \times 10^6$ nukleotid, és ennek bármely tetszőleges pontjára vonatkoztatva a mutációs ráta 10^{-10} /generáció nagyságrendű. Abból a tényből, hogy az új tulajdonság csak 31 500 generáció után és csak egyetlen kultúrában jelent meg, ismerve a kultúrák egyedszámát, meg lehet becsülni a kérdéses megváltozás előfordulási valószínűségének maximális értékét. Ez 10^{-13} nagyságrendűnek adódott, vagyis legalább ezerszer kisebbnek, mint a bármely nukleotidra eső átlagos mutációs ráta. Ez a diszcrepan-

cia elvileg kétféleképpen magyarázható. Az egyik lehetőség, hogy az új molekula felhasználásának képessége nem egy egyszerű „átlagos” pontmutáció eredménye, hanem valamilyen rendkívül ritka genetikai eseménynek köszönhető (például egy kromoszómarész megfordulásának, „inverziójának”). A másik lehetőség: hogy az új tulajdonság megjelenése nem egyetlen mutációnak köszönhető, azt meg kellett előznie több másik mutációnak, amelyek önmagukban egyáltalán nem vezettek az új molekula hasznosításához, esetleg közvetlen közük sem volt ehhez a folyamat-hoz, csak valamilyen módon előkészítették annak megjelenését.

Nos, hála a kísérletek gondos tervezésének, vagyis annak, hogy az evolúciós folyamat egyes szakaszairól megőrizték a „fossziliákat”, azaz a lefagyasztott mintákat, lehetővé vált a két lehetséges magyarázat közötti választás, az egyik feltevés helyességének egyértelmű igazolása.

Ha ugyanis bármelyik kiinduló kultúrából, illetve a 15 000. generáció elérése előtti bármelyik időszakos mintából indítottak új tenyészetet (a visszatekert evolúciós szalag újrajátszása!), nem jelent meg az új tulajdonság, még akkor sem, ha a továbbtenyésztés során létrejött új egyedek száma jelentősen meghaladta a 10^{13} -at. Ezzel szemben az egyetlen tenyészetből, amelyben 31 500 generáció után észlelték az új tulajdonságot, a 20 000. generáció után vett részminták nagy részében (ott sem mindegyikben!), a továbbtenyésztés során már 10^{10} egyedszámmal észlelték ennek megjelenését. Ezek a kísérletek tehát megválaszolták a kérdést: az új tulajdonság megjelenése nem egyetlen, igen ritka mutációnak tulajdonítható, hanem egy többlépcsős (becslésük szerint valószínűleg háromlépcsős) eseménysor eredménye.

Mi tehát a tanulság? Az igen nagy szelekciós nyomás ellenére sem törvényszerűen bizonyos (bár lehetséges) az adaptív új tulajdonság megjelenése, hiszen az a tizenkét azonos kultúra közül csak egyben jelent meg. Minden bizonnyal két véletlenszerű eseménynek (a szerzők szóhasználata szerint „kontingenciáról”, azaz esetlegességről van szó) kellett előfordulnia az egyik tenyészet „evolúciójá” során, amelyek lehetővé tették az új, adaptív mutáció megjelenését csak ebben az egy kultúrában.

A másik példám a mutációk okozta véletlen szerepéről, korunk egyik legjelentősebb rákkutatójának, Bert Vogelsteinnek nemrégiben megjelent közleményében olvasható (Tomasetti – Vogelstein, 2015). Azt már régen tudjuk, hogy a rák kialakulása minden esetben mutáció(k)nak, többnyire a testi sejtekben keletkező, úgynevezett szomatikus mutáció(k)nak tulajdonítható. Noha ezek keletkezése szintén véletlenszerű, eddig általában úgy vélték, hogy többnyire visszavezethetők valamilyen külső tényezőre (sugárzás, kémiai ágensek, a táplálék egyes összetevői stb.). Az említett cikk ezzel szemben azt állítja, hogy a rákoknak csak mintegy harmadáért felelősek az öröklött mutációk, és a külső behatások következményeként megjelenő mutációk együttesen. Kétharmadukért a normális sejtosztódás során elkerülhetetlenül bekövetkező, tisztán véletlenszerű mutációk a felelősek. Nem tartozik tárgyunkhoz, de érdemes megemlíteni, hogy Vogelsteinék sokan támadták a cikk megjelenése után, nem szakmai, hanem etikai indokkal. A kritikusok úgy vélték, hogy a rákellenes küzdelem céljait veszélyezteti, ha a külső hatások (amelyek elkerülhetők) helyett az elkerülhetetlen, véletlenszerű végzetet hangsúlyozzák. A szerzők azzal védekeztek, hogy a külső hatások szere-

pének hangsúlyozása büntudatot kelt a betegekben, hiszen helyesebb életmóddal elkerülhetnék volna a rákot, ezzel szemben az ő magyarázatuk a véletlenszerűségről megnyugtatóbb.

Egy másik igen érdekes – és tág – területe a véletlen érvényesülésének az úgynevezett „ugráló génnek”, vagy tudományos nevükön „transzpozonok” birodalma. A nagy Nobel-díjas biológus, Barbara McClintock fedezte fel – eredetileg a kukoricában – egyes genetikai elemek helyváltoztató képességét, de ő sem gondolta soha, hogy ezek az elemek milyen nagy helyet foglalnak el minden élőlény genetikai állományában. A helyváltoztatásnak alapvetően kétféle módja létezik, ezeket minden computerhasználó elvben ismeri: *cut and paste* vagy *copy and paste*. Az első azt jelenti, hogy az illető elem kivágódik (pontosabban: az elem által kódolt és termelt enzim kivágja a helyéről), majd valahova máshova beépül a genomba. A második mechanizmus úgy működik, hogy az illető szakaszról egy DNS-másolat készül, és ez a másolat épül be valamely más helyen, illetve – ez a gyakoribb – először RNS-másolat készül, majd az erről készült DNS-másolat épül be egy másik helyre. Mindegyik folyamat kulcslépései, azaz a kivágódási vagy másolási folyamat elindulása, illetve a beépülés helye: véletlenszerűek. Azaz, valamivel pontosabban fogalmazva: jelentős korlátok érvényesülnek abban, hogy milyen típusú sejtekben, milyen életszakaszban, milyen elemek képesek „ugrálni”, és a beépülésnek is vannak preferált, illetve diszpreferált helyei, de az ezek között a korlátok között történő folyamatokat teljesen a véletlen uralja. Mi lehet az „ugrálás” következménye? Egysejtűek esetében – ha van következmény – az a mutációk bizonyos típusának tekinthető. Egy gén inaktíválódhat,

ha beleugrott egy ilyen elem. Az sincs kizárva, hogy egy addig néma gén aktiválódik, vagy egy gén aktivitása fokozódik, a mellékerült ugráló elem hatására. Ha két hasonló elem kerül egymás közelébe, akkor azok elősegíthetik a rekombinációt, azaz a genom átrendeződését. Ezek a folyamatok az evolúcióban játszhatnak szerepet, ahogyan ezt a mutációkkal kapcsolatban már tárgyaltuk. Természetesen ugyanezek a lehetőségek fennállnak soksejtűek esetén is, itt azonban létezhet más jellegű hatás is. Tudvalevően a magasabbrendű élőlények genetikai állományában nagy helyet foglal el az igen nagy számú „ugráló” elem (embernél például több mint 40%), ezeknek döntő többsége azonban már elvesztette aktivitását, helyváltoztatósi képességét. Például az úgynevezett L1 retrotranszpozonból (retrotranszpozonok az RNS-intermediéren keresztül copy-paste mechanizmussal helyváltoztató genetikai elemek) több mint félmillió példány található az emberi DNS-ben, ezek nagy része azonban mintegy evolúciós őskövületnek tekinthető, biológiai aktivitását elvesztette, és közülük mindössze mintegy száz rendelkezhet még az „ugrálás” képességével. Gyakorlatilag azonban ezek sem aktívak, mert egy biokémiai mechanizmus, a DNS metilálása meggátolja az „ugrálást”. Az ivarsejtek érésekor bekövetkező számcsökkenő osztódás (meiózis) során ez a metilálás időlegesen eltűnik, ezért korábban azt feltételezték, hogy az egyedfejlődésnek kizárólag ebben a szakaszában történhet meg ezeknek az elemeknek a helyváltoztatása. Ennek hatása – ugyanúgy mint az egysejtűeknél – mutáció létrejötte. Becslések szerint az embernél a mutációknak mintegy 15%-áért felelősek az ilyen ugráló génnek. Az utóbbi években azonban kiderült, hogy transzpozíció nemcsak a meiózis során történhet. Egy érzékeny új

módszerrel (egyes L1 retrotranszpozonokba génszészeti úton bevitték a zölden fluoreszkáló GFP-fehérjét kódoló gént) sikerült kimutatni, hogy patkány idegrendszeri összejtjeinek kultúrájában a differenciálódó neurális sejtek közül sok megzöldül, azaz megtörtént az L1 transzpozonok „ugrálása”. Később sikerült ugyanezt kimutatni emberi sejtkultúrákban, és igazolni, hogy ez a jelenség minden bizonnyal előfordul a normális emberi egyedfejlődés során, mivel a felnőtt ember agysejtjeiben több példányban fordul elő az L1 retrotranszpozon mint az ivarsejtekben (Muotri – Gage, 2006; Muotri et al., 2007).

Mi következik ebből? Az, hogy az idegrendszer kialakulása, a neurális differenciáció során egyes sejtek genetikailag a többiekől különbözővé válhatnak (vagyis úgynevezett szomatikus mutáció történik bennük). Ma még nem tudjuk felmérni, hogy e mutációknak milyen következményei lehetnek. Az azonban nyugodtan feltételezhető, hogy ilyen – abszolút véletlenszerű – mutációk felelősek azért, hogy egyetétjű, azaz genetikailag azonos ikrek személyiségében, idegrendszerük reakciómódjában jelentős különbségek lehetnek. Ugyanez vonatkozik azokra az évtizedek óta beltenyésztett egértörzsekre, amelyeknek egyedei genetikailag szinte azonosak, de „személyiségükben” (például tanulási képesség, szorongásos viselkedés stb.) mégis jelentősen különbözhetnek. Feltételezhető, hogy ezek a különbségek a tárgyalt, egyedfejlődés során véletlenül létrejött, „ugráló” génnek által előidézett mutációk következtében alakultak ki.

Végezetül arra szeretnék kitérni, hogy az élőlényekben nem a DNS az egyetlen molekula, amelyre nézve a sztochasztikus véletlen az úr. Egyes gének kifejeződése – mivel a kifejeződést szabályozó molekulák száma kicsi – véletlenszerű (sztochasztikus) ingado-

zást mutat. Az is lehetséges, hogy sejtosztódáskor a kisszámú szabályozó molekula úgy oszlik el, hogy az egyik leánysejtbe nem jut egy sem, ezért a két leszármazási vonal sorsa különbözőképpen alakul. Az alapvető molekuláris biológiai folyamatok (DNS-replikáció, transzkripció, transláció) időbeli lefolyása nem egyenletes, így az, hogy egy adott külső hatás melyik pillanatban éri el a sejtet, szintén jelentősen különböző eredményhez vezethet. E jelenségeket gyűjtőnéven az információelméletből vett kifejezéssel „zajnak” nevezik. Ilyen zajhatás befolyásolhatja – véletlenszerűen – egyes mutációk hatásának érvényesülését is, és ez magyarázhatja azonos mutációk különböző „penetranciáját”, érvényesülését. A dolog megértéséhez tudnunk kell, hogy az élővilág nagy részében működik egy olyan védekező mechanizmus, amelynek lényege, hogy különböző stresszhatásokra (ezek közül a legjobban tanulmányozott a hőmérséklet emelkedése által okozott stressz, az ún. „hő-sokk”) chaperon-fehérjék (magyarul találóan: „dajkafehérjék”) termelését indítja el. Ezeknek a dajkafehérjéknek az az elsődleges szerepük, hogy más fehérjéknek a hő hatására kiváltott rossz, hibás feltekeredését, illetve aggregációját (több molekula összekapcsolódása és oldatból való kicsapódása) megakadályozzák. Ugyan ez a mechanizmus képes arra is, hogy egyes káros mutációk hatását kivédje, mert ezek a mutációk ugyancsak fehérjék hibás feltekeredése, illetve aggregációja révén károsítanak a sejtek normális életműködését. Nos, kimutatható, hogy kis mennyiségben, stresszhatás nélkül is termelődnek dajkafehérjék, és éppen a kisintenzitású génkifejeződés miatt igen jelentős különbségek mutatkoznak egyes sejtek között, illetve különböző időpontokban a tekintetben, hogy mennyi az éppen

jelen lévő dajkafehérje-molekulák száma. Ez a „zaj”, illetve sztochasztikus, véletlenszerű ingadozás okozza, hogy különbözőképpen érvényesül egyes káros mutációk hatása. Az egyedfejlődés során egyes kulcsfontosságú szakaszokban ez a véletlenszerű ingadozás eldöntheti, hogy a káros mutáció hatása érvényesül-e vagy sem. A dajkafehérjéknek ezt a szerepét a modern biológiában óriási szerepet játszó modellszervezet, a *Caenorhabditis elegans* nevű kis feregénél igazolták kísérletesen, de igen valószínű, hogy a példa általánosságban is igaz (Casanueva et al., 2012).

Korunk molekuláris biológiájában már az egyedi sejtek szintjén is mérhető a különböző makromolekulák pontos mennyisége, így pontos képet alkothatunk arról, hogy e sztochasztikus zaj eredményeként genetikailag azonos, azonos körülmények között fenn tartott sejtek kultúrájában milyen jelentős különbségek mutatkoznak az egyes gének által kódolt messenger-RNS-ek és fehérjék mennyiségében (Raj – van Oudenaarden, 2008; Taniguchi et al., 2010). A „zaj” egyik jeles kutatója, Sunney Xie szerint „Egyetlen molekula sztochaszticitása a sejt számára egy életre szóló döntés kizárólagos meghatározója lehet” (Pearson, 2008). Egy másik jelentős „zaj-kutató”, Peter Swain pedig így ír: „Az élet sejt szinten sztochasztikus folyamat. Diffúzió, génkifejeződés, jelátvitel, a sejtciklus, és az extracelluláris környezet, mind sztochasztikus folyamatok, amelyek olyan módon ingadoznak és változnak az időben, hogy eredményüket nehéz vagy lehetetlen prediktálni.” (Perkins – Swain, 2009)

Kulcsszavak: *episztemológiai vagy ontológiai véletlen, sztochasztikus véletlen, mutáció, evolúció, ugráló gének, sztochasztikus zaj*

IRODALOM

- Blount, Zachary D. – Borland, C. Z. – Lenski, R. E. (2008): Historical Contingency and the Evolution of a Key Innovation in an Experimental Population of *Escherichia coli*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 105, 7899–7906. doi: 10.1073/pnas.080315 • <http://www.pnas.org/content/105/23/7899.full.pdf>
- Casanueva, M. Olivia – Burga, A. – Lehner, B. (2012): Fitness Trade-offs and Environmentally Induced Mutation Buffering in Isogenic *C. elegans*. *Science*. 335, 82–85. DOI: 10.1126/science.1213491
- Muotri, Alysson R. – Gage, Fred H. (2006): Generation of Neuronal Variability and Complexity. *Nature*. 441, 1087–1093. doi:10.1038/nature04959
- Muotri, Alysson R. et al. (2007): The Necessary Junk: New Functions for Transposable Elements. *Human Molecular Genetics*. 16, R159–R167. doi:10.1093/hmg/ddm19 • <http://hmg.oxfordjournals.org/content/16/R2/R159.full.pdf>
- Pearson, Helen (2008): Cell Biology: The Cellular Hula Baloo. *Nature*. 453, 150–153. doi:10.1038/453150a • <http://www.nature.com/news/2008/080507/full/453150a.html>
- Perkins, Theodore J. – Swain, Peter S. (2009): Strategies for Cellular Decision-making. *Molecular Systems Biology*. 5, 326–340. DOI 10.1038/msb.2009.83 • <http://msb.embopress.org/content/5/1/326.long>
- Raj, Arjun – van Oudenaarden, Alexander (2008): Nature, Nurture, Or Chance: Stochastic Gene Expression and Its Consequences. *Cell*. 135, 216–226. DOI: 10.1016/j.cell.2008.09.050 • http://ac.els-cdn.com/S0092867408012439/1-s2.0-S0092867408012439-main.pdf?_tid=2aa46f3a-3c55-11e5-8fa4-00000aabb0f6b&acdnat=1438877399_2a47bf53b7a757f2c583a783d85bd6ae
- Taniguchi, Yuichi et al. (2010): Quantifying *E. coli* Proteome and Transcriptome with Single-molecule Sensitivity in Single Cells. *Science*. 329, 533–537. DOI: 10.1126/science.1188308 • <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2922915/>
- Tomasetti, Cristian – Vogelstein, Bert (2015): Variation in Cancer Risk among Tissues Can Be Explained by the Number of Stem Cell Divisions. *Science*. 347, 78–81. DOI: 10.1126/science.1260825



A BIZALMI VAGYONKEZELÉS LÉTJOGOSULTSÁGA ÉS FUNKCIÓI A MAGYAR JOGBAN

Sándor István

PhD, Dr. habil., egyetemi docens,
Eötvös Loránd Tudományegyetem Állam- és Jogtudományi Kar
Római Jogi és Összehasonlító Jogtörténeti Tanszék
sander.istvan@ajk.elte.hu

Az új Ptk. hatálybalépésével egy új jogintézmény került bevezetésre Magyarországon, a bizalmi vagyonkezelés. A szabályozás szükségességét indokolta, hogy a gyakorlatban különböző, más vagyonának kezelésére irányuló jogi megoldások ugyan léteztek, azonban ezek csak részben voltak alkalmasak a gazdasági igények kielégítésére. A tanulmányban azt kívánom röviden bemutatni, hogy honnan eredeztethető ez a jogintézmény, milyen formában került bevezetése a magyar jogba, és milyen szerepet tölthet be a magyar gazdaságban.

Az angolszász trust és a civiljogi jogrendszerek

A jogtörténetben az antik jogoktól ismert annak a gazdasági szükségletnek különböző jogi konstrukciókban való szabályozása, amikor egyes személyek valamilyen okból nem tudták vagy nem akarták a vagyonuk kezelését személyesen végezni. Erre az élethelyzetre két jogintézmény adott megfelelő megoldást, a gazdasági társaság és a szerződéskötés. A gazdasági társaság esetében egy elkülönült jogi személy kezelésébe kerül a vagyon, amelyre nézve a korábbi tulajdonosnak a társaságbeli

részesedése áttételesen ad rendelkezési jogot. Ehhez képest a szerződéskötés esetében alapvetően a kezelt vagyon tulajdonjogi helyzete válik kérdésessé. Amennyiben a megbízó tulajdonában marad a kezelésre szánt vagyon, akkor a vagyonkezelő rendelkezési joga nem teljesedik ki, abban az esetben pedig, amikor a tulajdonjog átruházásra kerül a vagyonkezelőre, úgy a vagyon rendeltetésszerű felhasználásakor a megbízó számára csak a vagyonkezelővel szemben áll fenn jogérvényesítési lehetőség.

Az angolszász jogban a *common law* és a kancelláriai bírósági rendszer kettősége alapján alakult ki erre a problémára megfelelő megoldás, kezdetben *use*, később *trust* elnevezéssel. A trust olyan jogintézmény, amelynél egy vagyonra nézve két személy tulajdonjogi, de legalábbis a tulajdonjoghoz közelálló jogosultsága egyidejűleg áll fenn.¹ A vagyon-

¹ Az angol jogban is vitatott, hogy az európai kontinentális magánjogi dogmatikában tulajdonjognak nevezett jognak megfeleltethető-e a kedvezményezett joga. Egyes álláspontok szerint igen, ezért is nevezik *equity-n* alapuló tulajdonjognak (*equitable ownership, title*). Más vélemények szerint viszont a kedvezményezett-

rendelő (*settlor*) tulajdonjogot ruház a vagyonkezeléssel megbízott személyre (*trustee*, vagyonkezelő), aki harmadik személyek irányában teljes jogkörű tulajdonosnak minősül.² A vagyonrendelés során a vagyonrendelő megjelöl egy vagy több személyt, akiknek a javára a vagyonkezelő a vagyont hasznosítani, kiadni köteles (*beneficiary*, kedvezményezett). A kedvezményezettek, akik körébe akár a vagyonrendelő saját maga is beletartozhat, erősebb jogosítványokkal rendelkeznek, mint egy egyszerű, harmadik személy javára szóló szerződés esetén. A kedvezményezettek követelhetik a vagyonkezelőtől a részükre járó vagyon kiadását annak esedékességekor, továbbá a kezelt vagyonból ingyenesen vagy rosszhiszeműen szerző harmadik személyekkel szemben a tulajdonost megillető visszakövetelési joggal élhetnek.³

A kontinentális európai jogrendszerek jogászai számára a trust megértése során a problémát leginkább az jelenti, hogy a tulajdont a római jogi dogmatikai alapokon *egységesként* kezelik. Ebből kiindulva egy dologon egyszerre csak egy tulajdonjog állhat fenn, és ez az egy tulajdonjog osztható meg több személy között (például a közös tulajdon esetében), vagy ezen létesíthető más személy részére a tulajdonjognál szűkebb jogosultságo-

nek csak kötelmi jogai lehetnek, azonban ezek a jogok harmadik személyekkel szemben is megilletik őket. Az elméleti vita azonban nem befolyásolja azt a tényt, hogy a kedvezményezett jogai a jogviszonyban félként részt nem vevő harmadik személyekkel szemben is érvényesíthetők. Lásd ehhez David J. Hayton és szerzőtársai (2007⁷, 2.); Lionel Smith (2009, 342.); Paul Matthews (2002, 216.; 2013, 317.)

² A tanulmányban csak a felek szándéka alapján létrehozott trustra térek ki, az egyéb eseteket (például *constructive trust, resulting trust, implied trust* stb.) terjedelmi okokból nem érintem.

³ A trust szabályainak részletes elemzését lásd Sándor István (2014, 103–178.)

kat biztosító, ún. korlátozott dologi jog (például zálogjog, szolgáalom, haszonélvezet stb.). A trust jogintézményének a kontinentális európai jogi dogmatikában való elhelyezését az a körülmény is megnehezíti, hogy a dologi jogok *numerus clausus*a miatt csak törvényi rendelkezés alapján van lehetőség arra, hogy jogcímet teremtsenek mind a vagyonkezelő, mind pedig a kedvezményezett számára abszolút (*in rem*) védelem igénybevitelére a kezelt vagyonnal kapcsolatban. További problémát jelent az is, hogy az angolszász jogban a kezelt vagyont a vagyonkezelő vagyonától elkülönített vagyonnak tekintik, amire nézve a vagyonkezelő hitelezői nem támaszthatnak igényt, valamint a vagyonkezelő halála esetén azt nem az ő örökösei szerzik meg. A római jogi hagyományokon nyugvó jogrendszerek esetében az ilyen típusú alvagyon ugyan nem elképzelhetetlen, de alkalmazása legalábbis kivételes.

A trust röviden ismertetett főbb szabályainak változtatás nélküli átvétele a civiljogi jogrendszerekben az előzők okok miatt a jogrendszer jelentős átalakítását igényelné. Ugyanakkor a trust mintájára, annak funkcióit biztosító jogi konstrukciókra számos példát találunk. Vannak olyan jogalkotói megoldások, ahol a vagyonrendelő nem feltétlenül ruház át tulajdonjogot a vagyonkezelőre, csak szerződéses alapokon enged bizonyos tulajdonosi jogosítványok gyakorlására lehetőséget (például Oroszország, Kínai Népköztársaság, Izrael stb.). Más esetekben a vagyonkezelő tulajdonjogot szerez és a vagyonrendelő csak szerződéses alapon és csak a vagyonkezelővel szemben támaszthat igényeket a vagyon nem rendeltetésszerű kezelése esetén. Tipikusan ilyen a német jogterületen a gyakorlatban kialakított *Treuhand* konstrukciója (Németország, Ausztria, Svájc

stb.). Konstrukcióját tekintve különleges a Québec tartományban kialakított szabályozás, amelyben a kezelt vagyont alany nélküli tulajdonjogként definiálják, vagyis sem a vagyonrendelő, sem a vagyonkezelő, sem pedig a kedvezményezett nem tekintendő tulajdonosnak. A Cseh Köztársaságban szintén ezt a modellt vették át az új, 2014-ben hatályba lépett polgári törvénykönyvben. Litvániában a vagyonkezelői jogot idegen dologbeli jogként szabályozzák, ami alapján a vagyonkezelő a tulajdonos szinte valamennyi jogkörét gyakorolhatja. Szintén érdekes megoldást eredményezett az olasz joggyakorlat, ahol a trustok elismeréséről szóló hágai nemzetközi magánjogi egyezmény⁴ ratifikálásával Olaszországban, olasz jogalanyok, olasz vagyontárgy vonatkozásában létesíthetnek trustot külföldi, akár például angol jog alapján.

Számos más részletszabályt nem érintve elsősorban az alábbi meghatározó jelentőségű feltételek támaszthatók a vagyonkezelésre irányuló jogi konstrukciókkal szemben annak érdekében, hogy a trust funkcióit betölthessék:

- a vagyonkezelőnek fiduciárius pozícióban kell lennie, vagyis a vagyont ugyan tulajdonosként, azonban más javára, a saját érdekeit háttérbe helyezve kell kezelni;
- a vagyonkezelő saját vagyonát és az általa kezelt vagyont szigorúan el kell különíteni egymástól;
- a kedvezményezett, bár a vagyonrendelés tekintetében harmadik személynek minősül, mégis felléphessen a vagyonkezelővel szemben a vagyon kiadása iránt;
- a kedvezményezett számára legyen jogi eszköz harmadik személyekkel szemben

fellépni a kezelt vagyon jogellenes elidegenítése esetére;

- a vagyonkezelő részére tiszttséget kell létrehozni, vagyis a jogviszony akkor se szűnjön meg, ha a vagyonkezelő személye bármilyen okból változik (Waal, 2006, 757.).

Amennyiben a kialakításra kerülő jogi konstrukció ezeknek a feltételeknek megfelel, akkor alkalmas lehet a trust funkciójának betöltésére, de természetesen ezekhez képest a kevésbé hangsúlyos szabályoknak is jelentőségük lehet.

A magyar szabályozás és a trust

Magyarországon a jogalkotó azt a megoldást választotta, hogy a bizalmi vagyonkezelést szerződéses alapokra helyezte, ahol a vagyonkezelő tulajdonjogot szerez a kezelt vagyonon, azonban azt a kedvezményezett javára köteles kezelni. A vagyonkezelési jogviszony létrehozható szerződéssel, végrendelettel vagy akár egyoldalú jognyilatkozattal is. A Ptk. szabályai alapján megvalósul a vagyonelkülönítés, vagyis a kezelt vagyon a vagyonkezelő saját vagyonától és az általa kezelt egyéb vagyonoktól elkülönült vagyont képez, amelyet a vagyonkezelő köteles külön nyilvántartani. A kezelt vagyonra a vagyonkezelő házastársa, élettársa, továbbá személyes hitelezői és a vagyonkezelő által kezelt más vagyonok hitelezői nem támaszthatnak igényt, továbbá a kezelt vagyon nem része a vagyonkezelő hágyatékának sem. Amennyiben több vagyonkezelő került kinevezésre, és valamelyikük elhalálozik vagy jogutód nélkül megszűnik, úgy a kieső vagyonkezelő tulajdonjogára nézve a többi vagyonkezelőnek növekedő joga van.

Fontos szempont a jogviszonyban szereplő személyek és azok hitelezőinek helyzete a kezelt vagyon vonatkozásában. Főszabályként a vagyonrendelő hitelezői nem támaszthat-

nak igényt a kezelt vagyonra, kivéve, ha a vagyonrendelő egyúttal kedvezményezett is. Ez alól kivételt képez, ha a vagyonrendelés joggal való visszaélést valósít meg, vagy ha a vagyonrendelővel szembeni végrehajtási eljárásban nem várható megtérülés a vagyonrendelő fennmaradó vagyonából. A kedvezményezett hitelezői csak akkor jogosultak követelést támasztani a kezelt vagyonra, ha a kedvezményezett joga esedékessé válik.

Külön szabály született arra az esetre, ha harmadik személyek ingyenesen vagy rosszhiszeműen szereznek a kezelt vagyonból, ilyenkor a vagyonrendelőt és a kedvezményezettet is megilleti a visszakövetelés joga. Ez a tulajdonjog esetén fennálló vindikációs joghoz jelentős mértékben hasonló visszakövetelési jog azt a szerepet tölti be, amit az angol jogban a *tracing* lehetősége, vagyis a kedvezményezett harmadik személyekkel szemben is igényérvényesítést biztosít a kedvezményezett és a vagyonrendelő számára.

A sarkalatos kérdéseket a polgári törvénykönyv tehát megfelelő módon szabályozza annak érdekében, hogy a bizalmi vagyonkezelési szerződés az angolszász trust funkcióit betölthesse a magyar jogban. Amennyiben a részletszabályokat is megvizsgáljuk, úgy azt láthatjuk, hogy a „magyar trust” számos vonatkozásban eltér az angolszász jogintézménytől. Ilyen főbb eltérések a következők:

- az angolszász trust egy univerzális intézmény, nem szerződésnek minősül, és nem csak a felek akaratából jöhet létre;
- az angol jogban a trust létesítését nem kötik formai előírásokhoz, a magyar bizalmi vagyonkezelési jogviszony viszont csak írásban létesíthető;
- a trust esetében a jogviszonyt a vagyonrendelő csak akkor szüntetheti meg egyoldalúan, ha ezt előre kikötötte, míg

a magyar jogban, egyes értelmezések szerint, a megbízási szerződés háttérszabályai alapján a vagyonrendelő számára biztosított a bármikori indokolás nélküli felmondás joga;

- a trust vonatkozásában jelentősen hosszabb időtartam megengedett, mint a magyar jogban bevezetett ötven év;
- a trust nemcsak a kedvezményezett érdekében, hanem meghatározott célra is létrehozható, míg a bizalmi vagyonkezelés a kedvezményezett személyéhez kötött;
- a trustot nem kötik nyilvántartásba vételhez, és a vagyonkezelővel szemben nem támasztanak szakmai feltételeket. Ehhez képest a magyar jogban külön törvényben az üzletszerű bizalmi vagyonkezelési tevékenység folytatásához szigorú személyi, tárgyi és vagyoni feltételek kerültek előírásra, és csak a Magyar Nemzeti Bank engedélyével végezhető ilyen tevékenység.⁵ A nem üzletszerű bizalmi vagyonkezelés esetén a vagyonkezelővel szemben nem támasztanak feltételeket, azonban a szerződést nyilvántartásba kell vetetni a Magyar Nemzeti Bankkal, ennek elmaradása ugyanis adó- és illetékfizetési szempontból jelentős hátrányokat okoz.

Számos további, részletszabályban jelentkező eltérést is fel lehetne sorolni, de összességében már ezekből a példákban is kitűnik, hogy a „magyar trust” nem teljes mértékben azonos az angolszász mintával. Ezek az eltérések azt is magukban hordozzák, hogy a bizalmi vagyonkezelés magyar modellje csak szűkebb körben alkalmazható, mint az angol-

⁴ *Convention on the Law Applicable to Trusts and On Their Recognition* (1985).

⁵ A bizalmi vagyonkezelőkről és tevékenységük szabályairól szóló 2014. évi XV. törvény. Lásd ehhez B. Szabó Gábor és szerzőtársai (2014, 162–175.) és Miczán Péter (2014, 2–4.) munkáit.

szász testvérintézmény. Mindemellett azonban a magyar szabályozás is jelentősen elősegíti azt, hogy a trust által megvalósítható igényeket megfelelő módon kezelje, annak lényeges funkcióit betöltse.

A bizalmi vagyonkezelés lehetséges alkalmazási területei

A bizalmi vagyonkezelés tipikus alkalmazási területe a családi vagyontervezés. A végintézkedési szabályok alapján az örökösök csak arról a vagyonról rendelkezhet, amely még életében megvan, a későbbiekre nézve az örökös vagyonfelhasználását, a vagyon további sorsát már érdemben nem befolyásolhatja. Szűk körben az utóöröklési, utóhagyományrendelési szabályok alkalmazásával az örökösöknek lehet erre ráhatása, azonban csak a végrendelkezési képességgel nem bíró jogutódok vonatkozásában. A bizalmi vagyonkezelés ehhez képest a vagyonkezelő közbeiktatásával alkalmas arra, hogy a családi vagyon közép és hosszú távú sorsa is tervezhető és alakítható legyen. A kedvezményezettek részére akár szimultán, akár szukcesszív módon is rendelkezhet juttatások a vagyonból, valamint ez történhet járadék formájában, akár csak a vagyon hasznáiból vagy akár az állagot érintően is. A magyar szabályozás is lehetővé teszi a vagyon rendelkezését csak a kedvezményezettek körének megjelölésével, és a vagyonrendelő akár a vagyonkezelő döntésére bízhatja, hogy melyik kedvezményezettnek mikor és milyen mértékben juttat a kezelt vagyonból (lásd *discretionary trust*). A kombinációs lehetőségek száma szinte végtelennek tűnik, a konkrét vagyonrendeléssel elérni kívánt célt csak a kötelező részre vonatkozó szabályok befolyásolhatják.

A bizalmi vagyonkezelés alkalmazása kifejezetten indokolt lehet a családba tartozó

gyermekek tékozlásának megakadályozása. Az angolszász gyakorlatban alkalmazott ún. *spendthrift trust* analógiájára lehetőség van a már nagykorú, de még élettapasztalatokkal nem rendelkező személyek védelmének kialakítására azzal, hogy a vagyonrendelő akár csak részben enged rendelkezést a vagyon felett, vagy azt kizárólagosan a vagyonkezelő ellenőrzése alá helyezi, jellemzően az utódok nagykorúvá válását követő hét-nyolc évig. Ebben az időszakban a vagyonkiadás a gyermek létfenntartásához, karrierjének megkezdéséhez szükséges mértékben megengedett (például egyetemi tanulmányok költségeinek finanszírozása stb.) vagy feltételhez kötötten (például egyetemi diploma megszerzése, házasságkötés, gyermekvállalás stb.) történhet (B. Szabó et al., 2014, 63.).

Hasonlóan alkalmazható ez a konstrukció a mentális zavar miatt gondnokság alá helyezett családtagok vagyoni érdekeinek védelmére is. A magyar jogban a bizalmi vagyonkezelés sem kiskorú, sem pedig cselekvőképességében korlátozott személy esetében nem váltja fel a gyámság vagy gondnokság intézményét. Ugyanakkor arra lehetőség van, hogy a két intézmény párhuzamosan érvényesülhessen. A gyámság vagy gondnokság alatt álló személy részére rendelt vagyont a vagyonkezelő kezelheti, és a bizalmi vagyonkezelési szerződésben rögzített feltételek mellett adja ki annak meghatározott időszakonkénti hozamát a kedvezményezett javára. Természetesen a kedvezményezett ilyen esetben sem rendelkezhet a részére juttatott vagyon felett, azt a gondnok használhatja fel, azonban csak a vagyonkezelő által teljesített juttatások alapján. Ugyanakkor a bizalmi vagyonkezelési szerződés jórészt rugalmas szabályai alapján a vagyonrendelő megfelelő szabályrendszert állíthat fel a kezelt vagyon vonatkozásában,

amely alapján a kedvezményezett részére akár természetbeni juttatások is kiköthetők, például az otthonának fenntartási költségeit fedezi, a kezelt vagyonból történik egyes kiadások megfizetése (például étkezés, oktatás, gyógyítás stb.). Ebből eredően a bizalmi vagyonkezelési konstrukcióval valójában a vagyonrendelő elvonhatja a gyám vagy a gondnok egyes jogosítványait, hiszen a kezelt vagyon nem képezi a kedvezményezett vagyonát, arra nézve a gyámnak vagy gondnoknak semmilyen kezelési joga nem áll fenn. A gyám vagy gondnok csak akkor léphet fel a vagyonkezelővel szemben, ha a vagyonkezelő nem a bizalmi vagyonkezelési szerződésben foglaltaknak megfelelően használja fel a kezelt vagyont. A két intézmény egymás melletti alkalmazása ennek megfelelően kölcsönös kontrollt eredményezhet a gyám, gondnok és a vagyonkezelő vonatkozásában.

Az előzők mellett jellemzőek a különleges élethelyzetek, amelyek során a hagyományos végrendelkezés nem nyújt hatékony segítséget. Ilyenek tipikusan a vagyon jogi sorsának meghatározása válás miatt szétszakt családok vagy házasságon kívül született gyermekek esetében. Szintén megfelelő lehetőséget biztosít vagyonkezelő igénybevétele a különböző joghatóság alá tartozó családtagok között a vagyon ésszerű felhasználása érdekében. A bizalmi vagyonkezelési jogviszony lehetővé teszi, hogy ilyen esetekben a vagyonrendelő rugalmas megoldásokat találjon, és a családtagok mindegyike részére a neki leginkább megfelelő vagyonelemeket vagy esetleg folyamatosan visszatérő szolgáltatásokat biztosítsa a kezelt vagyonból. Például egy saját vállalkozást kezdő kedvezményezett részére inkább egyszeri nagyobb pénzeszeget, míg a tanulmányait folytató gyermek számára időszakonként visszatérő járadékot,

az idős rokonnak pedig ingatlan használatát, és a tartásához, gondozásához szükséges kiadásokat fedezi.

Tipikus esetkör a családfő tulajdonában álló vállalkozás esete, amelynek irányítása szakértelmet igényel, továbbá, ha annak az örökösök közötti megosztása a vállalkozás továbbvitelét megakadályozza. Az érintett személyek érdeke az, hogy a tulajdonosi jogok gyakorlása során olyan döntéseket hozzanak, amelyek a vállalkozás további folytatását és annak eredményességét segítik elő. Ezt a célt több örökös eltérő személyes érdekei és szakmai, üzleti jártassága hátrányosan befolyásolhatja, ezért indokolt, hogy a vállalkozás tekintetében a tulajdonosi döntési jogokat olyan vagyonkezelőhöz telepítse a vagyonrendelő, aki a kedvezményezettek mindegyikének érdekeit képviselni tudja. Ilyen megoldással elérhető, hogy a vállalkozás a továbbiakban is folytassa tevékenységét, eredményesen működjön, és a profitból a kedvezményezettek is folyamatosan részesülhessenek.

A bizalmi vagyonkezelési konstrukció az üzleti életben is számos előnnyel jár a vagyonelkülönítési szabályok folytán. Egy-egy meghatározott üzleti tranzakciót költséghatékony módon (külön gazdasági társaság alapítása nélkül) és mégis korlátozott felelősség mellett lehet megvalósítani. A vagyonrendelő például a beruházásához szükséges tőkét adja vagyonkezelésbe, ami ettől kezdve a saját vagyonától elkülönül, így a felelőssége a kezelt vagyonnal történő üzleti tranzakciók során csak erre korlátozódik.

Hosszasan lehetne sorolni a vagyonkezelési konstrukció felhasználásának lehetséges körét a magyar jogi szabályozás alapján, megfelelő jogi kereteket biztosíthat különböző pénzügyi műveletekhez, szindikált hitelezéshez, vállalati reorganizációhoz, jótékonyági

célok eléréséhez stb. A bizalmi vagyonkezelési szerződés olyan rugalmasan alakítható jogi konstrukcióra ad lehetőséget, amely alapján csak az emberi képzelet és az adójogi szabályok szabnak határt az alkalmazását tekintve (Menyhei, 2011, 551.).

Záró észrevételek

A bizalmi vagyonkezelés bevezetésével a magyar magánjog olyan intézménnyel gazdagodott, amely számos, korábban jelentős nehézségeket okozó helyzet kezelésére alkalmas.

Alkalmazási területe kiterjedhet a gazdasági élet számos területére, és lehetővé teszi a személyek vagyontervezését is. Az új Ptk. által bevezetett bizalmi vagyonkezelés jelentős mértékben alkalmas arra, hogy az angolszász trust funkcióit betöltse a magyar gazdaságban és a mindennapi életünk részét képezze.

Kulcszavak: *trust, bizalmi vagyonkezelés, új Ptk., common law, vagyonrendelő, vagyonkezelő, kedvezményezett, Treuhand, fiduciárius, discretionary trust*

IRODALOM

- B. Szabó Gábor – Illés I. – Kolozs B. – Menyhei Á. – Sándor I. (2014): *A bizalmi vagyonkezelés*. HVG-ORAC, Budapest
- Hayton, David J. – Matthews, P. – Mitchell, C. (2007⁷): *Underhill and Hayton: Law of Trusts and Trustees*. LexisNexis, Butterworths–London
- Illés István (2011): Mire jó a bizalmi vagyonkezelés? *Jogtudományi Közöny*. 11.
- Matthews, Paul (2002): From Obligation to Property, and Back Again? The Future of the Non-Charitable Purpose Trust. In: Hayton, David (ed.): *Extending the Boundaries of Trusts and Similar Ring-Fenced Funds*. Kluwer Law International, The Hague–London–New York
- Matthews, Paul (2013): The Compatibility of the Trust

with the Civil Law Notion of Property. In: Lionel Smith (ed.): *The Worlds of the Trust*. Cambridge University Press, New York

Menyhei Ákos (2014): Vagyontervezés és a bizalmi vagyonkezelés. *Ügyvédek Lapja*. 1–2, 30–32.

Miczán Péter (2014): A bizalmi vagyonkezelés magyar vagyoni jogi és hatósági szabályozása. *Számviteli tanácsadó*. 5.

Sándor István (2014): *A bizalmi vagyonkezelés és a trust. Jogtörténeti és összehasonlító jogi elemzés*. HVG-ORAC, Budapest

Smith, Lionel (2009): Trust and Patrimony. *Estates, Trusts and Pension Journal*. 28.

Waal, Marius J. de (2006): Trust Law. In: Jan M. Smits (ed.): *Elgar Encyclopedia of Comparative Law*. Edward Elgar, Cheltenham–Northampton



A KÍNAI DEMOGRÁFIAI FOLYAMATOK NÉHÁNY SAJÁTOSSÁGA

Hajnal Béla R. Fedor Anita

CSc, habilitált főiskolai tanár
Debreceni Egyetem Egészségügyi Kar, Nyíregyháza
hajnal.bela@foh.unideb.hu

PhD, adjunktus, intézetigazgató
Debreceni Egyetem Egészségügyi Kar, Nyíregyháza
fedor.anita@foh.unideb.hu

Az éhínségtől „a világ új műhelyéig”

Kína történelme rendkívül gazdag, a civilizáció egyik bölcsője, amit sok más mellett az is bizonyít, hogy Kínában hajtották végre az első népszámlálást, időszámításunk előtt 2238-ban (Vukovich, 1996). Ez alkalommal nemcsak a népesség számbavételét végezték el, de adatokat gyűjtöttek a föld minőségéről, a termékek mennyiségéről és a mezőgazdasági művelés fokáról is. Időszámításunk kezdetén mintegy hetvenmillió lakosságával Kína volt a világ legnépesebb országa, már akkor minden negyedik ember kínai volt.

Kínát a múlt század első évtizedéig az „éhség földjének” nevezték. Észak-Kínát gyakran sújtotta rendkívüli szárazság, de az áradás is súlyos probléma volt, akárcsak Közép-Kínában. Az 1876 és 1879 közötti aszály a becslések szerint 9–13 millió ember halálát okozta, ami a legsúlyosabb éhínség volt az újkori történelemben az 1959–1961. évit megelőzően (Jordán, 2000).

Az 1959–1961 közötti éhínség áldozatainak száma 16 és 43 millió fő között szóródik (legvalószínűbb a harmincmillió körüli veszteség), míg a hivatalos adatokból mintegy 15 millió fős hiány olvasható ki. Az 1953-as

népszámlálást követő években az ország népessége igen erőteljesen, évente 12–18 millió fővel növekedett. Ezzel szemben a kritikus években növekedés helyett jelentős csökkenés következett be.

Egy kínai gazdaságtörténeti mű szerint a természeti csapások 1959-ben és 1960-ban csak körülbelül egyharmadát idézték elő a gabonatermés csökkenésének, a kétharmadát tehát más tényezőknek kell tulajdonítani. Kína akkori elnöke, Liu Sao-csi szerint is az éhínséget hetven százalékban az emberek okozták és csak harminc százalékban a természeti katasztrófa (Riskin, 1998).

A „Nagy Ugrás” (1958–1960) és a „Kulturális Forradalom” (1966–1977) időszaka a kínai történelem legsötétebb lapjai közé tartozik.

A nyitás politikája (1978) óta Kína olyan gazdasági növekedést produkált, amelyhez nincs mérhető az emberiség modern kori történetében. Az elmúlt években sorra előzte meg a bruttó hazai terméket (GDP) tekintve Olaszországot (2005), Franciaországot (2006), az Egyesült Királyságot (2007), Németországot (2008) és Japánt (2009). A Goldman Sachs amerikai gazdaságkutató intézet egyik vezető közgazdászának számításai szerint 2027-re Kína GDP-je eléri az Egyesült Álla-

év (év végén)	összesen	ebből	
		városi	falusi
		millió fő	
1953	588,0	78,3	509,7
1954	602,0	82,5	520,2
1955	614,7	82,9	531,8
1956	628,3	91,9	536,4
1957	646,4	99,5	547,0
1958	659,9	107,2	552,7
1959	672,1	123,7	548,4
1960	662,1	130,7	531,4
1961	658,6	127,1	531,5
1962	673,0	116,6	556,4
1963	691,7	116,5	575,2

1. táblázat • A népesség számának alakulása Kínában (Forrás: Jordán, 2000)

Megjegyzés. A városi népesség 1961–1963. évi visszaesése nem az éhínség következménye, hanem több tízmillió ember falura küldése volt.

mokét (az egy főre jutó GDP-ben azonban az USA előnye még hosszú ideig tartható). Az Európai Unió előnye is sokáig fennmarad, mivel gazdasági teljesítménye éppen az Egyesült Államok és Kína együttes termelésével egyenlő (Hajnal, 2010).

Ebben nagy szerepe van annak, hogy a kínai munkaerőköltségek rendkívül alacsonyak. E hatalmas ország először 2002-re vonatkozóan közölt statisztikai adatokat a munkaerőköltségekről, ami akkor mindössze három százaléka volt az Egyesült Államok munkaerőköltségének, egynegyede Brazília és Mexikó értékeinek és kevesebb mint egytizede Hongkong, Dél-Korea, Szingapúr és Tajvan munkával kapcsolatos kiadásainak.

A vezető exportcentrumok egyikében a Jangce-deltában, Sanghaj feldolgozóipari alkalmazottainak éves átlagkeresete a legmaga-

sabb. Csöcsiang, Csiangszu és Kanton tartományokban mind a keresetek, mind a munkaerőköltségek kisebbek, mint Sanghajban, de jelentősen magasabbak, mint a nemzeti átlag (Banister, 2005).

A kínai alacsony keresetek és munkaerőköltségek versenyképessé teszik a feldolgozóipar termékeit a nemzetközi piacon. Számos multinacionális cég Kínába telepítette át üzemait, hogy javítsa versenyképességét, különösen ami a munkaigényes iparágakat illeti.

A munkaerőköltség növekedése a versenyképesség ellen hat. Sanghaj és Kanton például egyre több feldolgozóipari cég számára drágává válik. Kiszámították, ha egy cég Kantonból kiköltözik, költségeinek harmadát, a munkabérnek felét megtakaríthatja. A kérdés egyre inkább az, ha ilyen töretlenül növekednek a kínai munkaerőköltségek, ér-

demes-e az üzemet Kínába telepíteni, vagy helyette Indiába, Pakisztánba, vagy Vietnámba, ahol különösen a textiliparban alacsonyabbak a költségek. Kína a nemzetközi versenyképesség számára még hosszú ideig kedvező lehetőségeket kínál, de a munkaerőköltség növekedése évről évre erodálja az ország feldolgozóipari árelőnyét.

E hatalmas országban milliós számra vannak egyetemet végzett fiatalok, akik igen jó műszaki és technikai képzésben részesültek. Nemcsak szorgalmasak, hanem jól is motiváltak, akik mindent elkövetnek, hogy munkájukat elismerjék. Már a középiskolában nagy terheléshez szoktatják őket, a diákolimpiák matematikai, fizikai, kémiai versenyein szinte lehetetlen leszorítani őket a dobogóról. A világűr meghódítása, a felhőkarcolók építése, a pekingi olimpia példaszerű megrendezése és sok más mellett például egyik műszaki csoda a Tibet fővárosába (5000 méter tengerszint feletti magasságban) megépített vasút. Azt elképzelni is nehéz, hogy milyenek lehettek az építés körülményei, ha ez szakaszon az utasok oxigénpalackkal utaznak. Igen sok termék előállításában Kína világszűz. A *National Geographic* folyóirat szerint (2008/5) a műfegyverek 85, a játékok 80, a cipők 72, az esernyők 70 százalékát, a mikrohullámú sütők, DVD-lejátszók kétharmadát, a fényképezőgépek és fénymásolók felét Kínában gyártják. A sor hosszan folytatható, de az is sokat mond, hogy a Wal-Mart áruházak áruinak kilenc százaléka kínai. Ezt az országot ma már megilleti az új megnevezés: „Kína a világ új műhelye”.

A népszámlálások főbb eredményei

A Kínai Népköztársaság megalapítása (1949. október 1.) óta hat népszámlálást hajtottak végre. Az első 1953-ban, nem sokkal az ala-

pítás után, a másodikat 1964-ben, az 1959 és 1961 közötti társadalmi-gazdasági válságot követően. E népszámlálások adatait titkosították és csak az 1990-es években hozták nyilvánosságra. Az 1953-as összeírás szerint a népesség száma (Tajvan nélkül) 583 millió fő volt. Az 1964. évi census 695 millió főt számlált Kínában. A harmadik népszámlálást 1982-ben tartották az ENSZ segítségével, amely röviddel követte az 1978. évi gazdasági reform és a „nyitott ajtók” politikájának bevezetését. Ekkor a népesség száma már meghaladta az egymilliárd (1008 millió) főt. A negyediket 1990-ben hajtották végre, amely census nyolc év alatt 126 milliós népességnövekedést regisztrált (1134 millió fő). Az 1990. évi kínai népszámlálás középpontjába a demográfiai szempontokat állították, de sok adatot gyűjtöttek az oktatásról, a foglalkoztatásról, a migráció okairól, a születésekről és a halálazásokról, ami nélkülözhetetlen a kínai népességtrendek figyelemmel kíséréséhez. Az ötödik (2000. évi) népszámlálás hivatalos eredményét 1266 millió főben határozták meg, de az alulszámlálás ténye miatt, melynek mértéke 1,8% volt, csak 1245 millió főt írtak össze (Hajnal, 2011). E népszámlálásnál használták fel először a térinformatika által nyújtott lehetőségeket. A digitalizált térinformatikai rendszer integrálja a térinformatikai információkat a népszámlálási adatokkal. A térinformációkat a területről készített fényképekkel is kiegészítették (Shen et al., 1999).

A hatodik népszámlálást 2010. november 1-i eszmei időponttal bonyolították le. Ez a census a népességnövekedés jelentős lassulását rögzítette. Kína népessége 1340 millió fő volt, ami 74 millióval haladta meg a tíz évvel korábbit. A család-háztartások átlagos nagysága a 2000. évi 3,44 személyről 3,10-re csökkent. E változás a termékenység további mér-

séklésével és a népesség migrációjának fokozódásával van összefüggésben. Kína – szakítva a gyors népességnövekedéssel – 1979-ben bevezette az „egy gyermek politikát”, noha az 1950-es évek teljes termékenységi arányszáma (7,0) ekkora már 2,7-re csökkent, ami 2010-re csaknem megfelelőddött (1,4). A cél a termékenység további mérséklése, hogy 2050-re elérjék a népességszám stabilizálódását.

Az európai arányokkal ellentétben Kínában a férfiak vannak többen, arányuk 51,3%. A száz nőre jutó férfiak száma a tíz évvel korábbihoz (106,7) képest csökkent, jelenleg 105,2. A népesség-összetétel egy évtized alatt jelentősen változott, különösen a 15 évnél fiatalabbak aránya mérséklődött drasztikusan, most 16,6%, ami 2000-ben még 22,9% volt. A hatvanévesek és idősebbek aránya 13,3%, 2,9 százalékponttal több, mint az előző népszámlálásnál. E változások a társadalmi-gazdasági fejlődés gyors ütemének, az életszínvonal jelentős fejlődésének, az alacsony termékenységnak, az öregedésnek, az egészségügyi és a szociális ellátás javulásának köszönhetők.

Tíz év alatt gyökeresen megváltozott az iskolai végzettség szerinti összetétel. A százezer főre jutó felsőfokú végzettségűek száma két és félszeresére nőtt (3611-ről 8930 főre). A felsőfokú végzettségűek számának óriási növekedése sokat segít abban, hogy Kína a világ legfejlettebb országai közé küzdje fel magát. A jövőbeli gazdasági fejlődés a feldolgozóipar mellett a szolgáltatást és a csúcstechnológiát felhasználó ágakat teszi a növekedés motorjává. A kínai tudományos képzés is látványosan szélesedik, már több PhD-fokozatot ítélnék oda évenként, mint az Amerikai Egyesült Államokban. Felső középiskolai végzettsége¹

százezerből 14 032 főnek volt, ami tíz évvel korábban 11 146 főt tett ki. Az alsó középiskolai bizonyítvánnyal rendelkezők számának növekedési üteme kisebb volt (százezerből 33 961 főről 38 788 főre emelkedett), és csökkent a csupán általános iskolai végzettséget elérőké (százezerből 35 701-ről 26 779-re). Az analfabéták aránya is jelentősen mérséklődött, 2010-ben rátájuk 4,1% volt, tíz évvel korábban még 2,6 százalékponttal több. Az analfabéták legnagyobb része az öregek korcsoportjához tartozik.

Egymillió-húszezer főnek nem a szárazföldi Kína az állandó lakhelye, de mivel több mint három hónapja ott laktak (vagy azt tervezték, hogy még legalább három hónapig maradnak), a népszámlálás szereplőivé váltak. Az összeírás szerint 235 ezer főnek állandó lakása Hongkongban van, 21 ezernek Makaón, 170 ezernek pedig Tajvanon, míg a külföldiek közül 121 ezer jött Dél-Koreából, 71 ezer az Amerikai Egyesült Államokból, 66 ezer Japánból, 40 ezer Mianmarból, 36 ezer Vietnamból, 20 ezer fő Kanadából, 15–15 ezer Franciaországból és Indiából, 14 ezer Németországból és 13 ezer Ausztráliából. A maradék 182 ezer fő a fel nem sorolt országokra jut. A Kínai Nemzeti Statisztikai Hivatal közzétette (National Bureau of Statistics of China, 2011) Kína teljes népességének számát. (Ismert, hogy Tajvan függetlenségét Kína nem ismeri el, saját részének tekinti.) E szerint népessége 31 millióval több (1371 millió), mert Hongkong 7,1 millió fővel, Makaó 550 ezer fővel, míg Tajvan 23,2 millió fővel növeli a szárazföldi Kínában összeírtak számát.

A népszámlálásnál nagy gondot fordítottak a minőségbiztosításra, az összeírás minden mozzanatában és részletében, mivel különösen az 1978 előtti kínai statisztikákat jelentős hibák terhelték (Chow, 2006). Legalább há-

rom területen kellett jelentős tudatformáló munkát végezni. Meg kellett győzni a családtervezési hiba miatt pénzbüntetésre ítélteteket arról, hogy korábbi büntetésüket itt nem regisztrálják, az illegális migránsokat, hogy nem küldik vissza őket falujukba, és mindenkit arról, hogy a népszámlálásnak nincs köze a helyi adózáshoz (Nailin, 2010).

A migráció korszaka

Az elmúlt hat évtized alatt a Kínai Népköztársaságban számos, figyelemre méltó demográfiai változás következett be. Az 1950-es, az 1960-as és az 1970-es években a születéskor várható átlagos élettartam jelentősen emelkedett, a termékenység pedig meredeken csökkent. A 80-as évek második felétől terjedő időszak a nagy migráció periódusaként jellemezhető. Ma minden nagyobb kínai nagyvárosban jelen vannak a migránsok, akik között sokféle foglalkozású személyt találunk. A vándorlók megváltoztatják a városi Kína arculatát.

Az 1950-es évek végétől a Kínai Népköztársaságban létrehozták az úgynevezett háztartás-nyilvántartási rendszert, hogy korlátozzák a lakosság mozgásszabadságát (Liang, 2001). A rendszer szabályozza, hogy ki hol élhet, és hol veheti igénybe a közösségi szolgáltatásokat. Az a személy, aki el akar vándorolni, a helyi hatóságtól engedélyt kell szerezzen. Ilyen körülmények miatt nehéz az engedély nélküli migráns számára a városi élet. A városi háztartás-nyilvántartási státusz megszerzése létérdek, hogy igénybe vehessék a közösségi szolgáltatásokat és támogatásokat (lakás, orvosi ellátás, élelmiszer-beszerzés).

A 90-es évek közepe óta könnyítettek a kínai háztartás-nyilvántartási rendszeren. Ekkor a mezőgazdasági termelés hatékonyságának eredményeként a mezőgazdaság létszám-

feleslegét 130 millió főre becsülték, ami 2000-re 200 milliós munkaerőbázisra duzzadt. A kínai döntéshozók és tudósok – tanulva számos gyorsan fejlődő ország városi problémáiból – azt tanácsolják: „hagyd el a földed, de ne hagyd el falusi otthonod”. Ez a politika támogatja a munkahelyteremtést, a vállalkozások létrejöttét a falvakban és a kisvárosokban, így elkerülhető a még nagyobb migráció.

Az előrejelzések szerint a faluról elvándorlók növekvő számban fogják választani a nagyvárosokat, különösen azokat, melyek a tengerparti tartományokban fekszenek. Ezért ezen évtizedeket nem túlzás a migráció korszakának nevezni (Liang, 2001).

A migráció ilyen ütemű növekedése váratlan a Kínai Népköztársaság hatvanéves történetében. A jelenség a XXI. század egyik legkiemelkedőbb eseménye a világ legnépesebb országában. A migráció nagyban segíti az agrártársadalom modern ipari társadalommá történő átalakulását. Emberek (főleg a parasztok) millióinak ad lehetőséget a társadalmi mobilitásra. A migránsok keresetük egy részét falun maradt családtagjaiknak utalják haza, amivel jelentősen hozzájárulnak a kínai falu átalakulásához, modernizálásához és a mezőgazdaság fejlesztéséhez. A parasztok migrációja csökkenti a falu és a város közötti egyenlőtlenségeket. A háztartás-nyilvántartási rendszer szűrőként hat a még nagyobb migráció megakadályozására. Mindezek miatt még nem érkezett el az idő a háztartás-nyilvántartási rendszer megszüntetésére.

A migráció megváltoztatta a tartományok közötti népességarányokat. Ennek legnagyobb nyertese Kanton tartomány. E terület nevezhető a kínai gazdasági átalakulás zászlóhajójának, mivel az ország négy különleges gazdasági övezetéből három (közülük is talán

¹ Kínában a középfokú oktatás ma hatéves (hároméves alsó és hároméves felső középiskolai oktatással)

a leghíresebb, a Hongkonggal szomszédos Sencsen) itt található. Jelentős népességnövekedést produkált még Sanghaj és környéke, valamint a Peking tanácshoz tartozó terület. A szintén tenger menti Csöcsiang tartomány is az átlagosnál jóval nagyobb népességnövekedést ért el. A legnagyobb vesztesek: Szecsuán és Hupej tartományok, mindkettő távol fekszik a tengertől.

A *New York Times* (2011. április 28.) egy-mondatos összefoglalója a 2010. évi előzetes eredmények megismerése után: a kínaiak mint a világ legnépesebb országának lakói a faluról városba költözések eredményeként urbanizáltabb körülmények között élnek, képzetesebbé és idősebbé váltak, a népességnövekedés üteme fele a megelőző évtizedének. A világ leginkább a migránsok háromszázmillióhoz közelítő óriási tömeget tartja a legmeglepőbb eredménynek. Az ő munkájuk is fontos eleme annak a hatalmas fejlődésnek, gazdasági növekedésnek, amit Kína 1978 óta minden évben megszakítás nélkül produkál.

Termékenység, halandóság

Kína legnagyobb demográfiai problémája az „egy gyermek politika” egyik következménye, jelentősen megbomlott ugyanis az újszülöttek között a fiú-lány egyensúly. Mivel a lánymagzatok sokkal gyakrabban válnak abortuszok áldozatává, ma száz lány újszülötthez 118 fiú jut. Ennek komoly következményei a párválasztás időszakában lesznek, illetve már ma is vannak, mivel az említett politika három és fél évtizede tartó történetének egyik „eredménye”, hogy kínai fiatal emberek tízmilliói nem találják párjukat – mert nincsenek. Észak-Koreából néhány tízezer fiatal nő érkezéséről folynak tárgyalások, de ez csepp a tengerben.

2000 decemberében a kínai kormány elfogadta a *Kína népességfejlődése a XXI. század-*

ban című dokumentumot, melyben lehetővé teszik a népesedéspolitikai módszerek finomítását, de az „egy gyermek politikát” nem adják fel. Annak ellenére sem, hogy a népességszám növekedése érdekében az akcióprogramjai hangsúlyozzák, hogy az egyének reprodukciós jogai fölötté állnak az adott ország népesedési céljainak, és a nők szabadon határozhatják meg gyermekeik számát és születési idejét. Kínában viszont nem engedik meg a nőknek, hogy elhagyják a fogamzásgátlók szedését, és természetesen nem dönthetnek gyermekeik számáról és a szülés(ek) időzítéséről sem. Az „egy gyermek politika” megvalósításában a durva módszerektől (sterilizálás, abortusz-kényszer stb.) ugyan eljutottak a humanizált megoldási lehetőségekig, de a fejlett világ nem kis aggodalommal figyeli a kínai népesedéspolitika eredményeit és az ezzel járó gondokat. Sok időnek kell még eltelnie ahhoz, hogy a világ legellentmondásosabb családtervezési gyakorlata a fejlett országokét kövesse (Kaufman et al., 2006).

2013 végétől minden házaspár, amelyben a férj vagy a feleség egyke, két gyermeket is vállalhat. 2014 végéig több mint egymillió házaspár nyújtotta be kérelmét a második gyermek vállalására. Az elmúlt 35 év egyike központi népesedéspolitikájának egyik következménye, hogy megindult a kínai társadalom gyors ütemű előregedése, amelynek egyik mutatója (a 65 éven felüliek aránya) becslések szerint 2050-re a teljes népesség egyharmadát is túl fogja szárnyalni (Woo, 2002).

2010-ben mintegy 261 millió főt másutt írtak össze, mint ahol a háztartás-nyilvántartásban szerepelt. Negyvenmillió fő településen belül változtatta meg lakhelyét, de 221 millió ember gyakorlatilag elköltözött a településéről. E nagyléptékű migráció a mezőgazdasági foglalkoztatottak más nemzetgazdasági

ágban való elhelyezkedésével és a gyors gazdasági fejlődéssel magyarázható.

Kína elzárt jellegének megszűnését az is bizonyítja, hogy az epidemiológiai jelenségek is elérték területét. Hivatalos becslések szerint Kínában a HIV/AIDS-fertőzöttek száma 2005-ben mintegy 650 ezer fő volt (Yang–Xia, 2006). A járvány a veszélyeztetett csoportokból kiindulva egyre inkább országos méretűvé válik. Az új fertőzöttek között a nők aránya a világ más országaihoz hasonlóan folyamatosan emelkedik. Napjainkban a HIV-fertőzöttek számát a különböző becslések Kínában 0,8–1,5 millió főre teszik (URL1).

A megfigyelések szerint a nők HIV-veszélyeztetettségét növeli a migráció, illetve az erre visszavezethető szexuális magatartásváltozás. A faluról városba kerülő nők sokszor megélhetésük biztosítása érdekében alkalmi szexuális kapcsolatokat létesítenek, egy részüknek pedig ez válik megélhetése forrásává. A Kínában megváltozott piaci viszonyok hatnak a foglalkoztatottságra is, a nők számára hátrányos helyzetet teremtenek a férfakkal szemben, azaz növekszik anyagi függőségük és a szexualitásukkal való visszaélés, így a HIV-fertőzöttség is. A női migránsok helyzetét az is súlyosbítja, hogy a munkaerőpiacon csak alacsony státusú állásokban tudnak elhelyezkedni, többnyire a szolgáltatásokban és a szórakoztatóiparban, amely stigmatizálja és marginalizálja őket.

A halandósági viszonyok javulása a második világháború óta világméretű, ennek köszönhető, hogy a kevésbé fejlett országok 1945 és 1949 között született évjáratái a megelőző öt évihez (1940–1944) képest jóval tovább élnek. Még ettől is nagyobb javulást lehet mérni az 1950–1954 között születettek körében a megelőző öt éves (1945–1949) korcsoporthoz viszonyítva. A feltűnő javulás a

40-es évek végi és az 50-es évek eleji csecsemőhalandóság ellen elért eredményeknek köszönhető. Szerepe volt még az antibiotikumok elterjedésének, az egészséges ivóvízhez való jutás tömegessé válásának és a védőoltások által megszerzett védettségnek.

Kína és India a kevésbé fejlett országok népességének 45 százalékát adja. Kína már 1970 és 1979 között a „*later, longer, fewer*” népesedéspolitikát követte, amely korban későbbi gyermekvállalást, két gyermek születése között hosszabb időtartamot és kevesebb gyermek megszületését preferálta. Indiában a születésszám 1990 és 1995 között érte el a maximumát, azóta magas szinten stabilizálódott (Preston – Stokes 2012).

Az urbanizáció története

Az urbanizáció története Kínában négy szakaszra osztható. Az első szakasz (1951–1960) a falvakból a városba irányuló széles körű migráció periódusa volt. Ez egybeesik az első ötéves tervvel (1952–1957) és a „Nagy Ugrással”, amely 1958-ban kezdődött. A parasztok munkájára nagy szükség volt a városokban. Ennek eredményeként a népesség húsz százaléka 1960-ban már városokban élt. Ebben az időszakban a falusiak milliói kerültek – ráadásul igen könnyen – városi környezetbe.

A második periódusban (1961–1965) a városi népesség aránya meredeken zuhant. Az ország mezőgazdasága képtelen volt ellátni élelmiszerrel a megnövekedett létszámú városi lakosságot (1960-ban 130 millió főt). A városi népesség számát 24 millió fővel csökkentették, többnyire úgy, hogy hazaküldték a falvakból elvándoroltakat.

A harmadik periódus, a „Kulturális Forradalom” (1966–1977) idején az urbanizációs szint kissé csökkent, mivel pártkádereket, értelmiségieket és fiatalokat küldtek vidékre.

A városi népesség aránya ebben az időszakban 17 százalék körül mozgott.

A negyedik szakasz (1978-tól lényegében napjainkig tart) a felgyorsult falusi-városi migráció és a növekvő urbanizáció periódusa. Miközben jelentősen nőtt a mezőgazdaság termelékenységé, egyre kisebb szükség volt a korábbi nagyszámú falusi munkaerőre.

Kínában az 1978 óta tartó gyors gazdasági növekedés együtt járt egy soha nem tapasztalt ütemű urbanizációval, amely a történelem leggyorsabb és legnagyobb ilyen jellegű változása. A legutóbbi népszámláláson 666 millió fő városlakónak számított. A városi népesség aránya az 1978. évi 17,9 százalékról 2010-re 49,7 százalékra nőtt, ami 493 millióval több városlakót jelent. Összehasonlításképpen: az Egyesült Államok népessége 2010 decemberében 311 millió főt tett ki.

A falusi területeken élők millióinak migrációja óriási munkaerő-piaci kínálatot hozott létre, ami a legfontosabb tényezők egyike a „Made in China” termékek világpiaci versenyképességében. Az új városlakók keresetükkel gyorsuló és egyre bővülő igényt támasztanak az életfeltételek javítása iránt, beleértve a lakásokat és élelmiszereket, a ruházatot, az egészségügyet, az autókat, sőt a luxustermékeket is.

A városi népesség számának és az urbanizáció szintjének meghatározása Kínában a bonyolult kérdések közé tartozik. Ennek egyik oka, hogy a városi népesség definíciója folyamatosan változott, ami nemcsak a külföldi kutatóknál okoz zavart, hanem a kínai szakértők körében is.

Kínában a városi népességhez tartozók két csoportját különböztetik meg. Az elsőhöz azok tartoznak, akiknek városi igazolványuk van, a másodikba pedig azok akik az urbanizált területek állandó lakói. A városi igazolvánnyal rendelkezők száma az elmúlt években

meredeken emelkedett, ezért a népszámlálási adatok jobban visszatükrözik a valóságot, mint az igazolvánnyal rendelkezők nyilvántartásából származó népességadatok. A tervgazdaság idején (1949–1978) a régiók egymás közti és a falu–város közötti migráció korlátozott volt, ezért abban az időben a városi igazolványok rendszere megfelelt a kor követelményeinek.

1953-ban az első népszámlálásnál nem volt hivatalos definíció a városi területek és a városi népesség meghatározására. Mindenütt saját belátásuk szerint csoportosították az adatokat. Az első census 13,3 százalékban határozta meg az urbanizált népesség arányát. 1964-ben, a második népszámlálás idején a városi igazolvánnyal rendelkezőket tekintették azonosnak a városi népességgel (14,1%). 1982-ben, a harmadik népszámlálás idején eltekintettek az emberek igazolványtípusától. Az urbanizált területeken élők aránya 20,6 százalékra nőtt.

1990-ben a prefektúra-szintű városok körzeteinek minden lakóját a városi népességhez sorolták, de a körzetek nélküliekben csak az utcai irodához (*street office*) tartozó lakosokat (26,4%). 2000-ben bevezették a népsűrűségi mutatót. Ha egy körzet népsűrűsége meghaladta az 1500 fő/km²-t akkor a kérdéses területet urbanizált térséggé minősítették, függetlenül attól, hogy az ott lakóknak volt-e városi igazolványuk vagy sem (36,2%). A 2010. évi népszámlálásnál törölték a városfogalomból a népsűrűségi kritériumot. A beépítettség szintje lett meghatározó. Ha egy terület beépítettségét urbanizálttá nyilvánították, akkor az ott élők mindegyikét a városi népességhez (49,7%) sorolták (Qin – Zhang, 2014).

Kínában 2000 és 2010 között a városi népesség száma 210 millióval, a városi népesség aránya pedig 13,5 százalékponttal emelkedett, az előző évtizedben ugyanez az érték 9,7 szá-

év	népesség (millió fő)	urbanizációs szint (%)	évenkénti népességváltozás (millió fő)		
			összes	városi	falusi
1952	574,82	12,5	—	—	—
1960	662,07	19,7	10,90	7,38	3,51
1970	829,92	17,4	16,78	1,35	15,43
1978	962,59	17,9	16,58	3,52	13,05
1980	987,05	19,4	12,23	9,47	2,75
1985	1058,51	23,7	14,29	11,90	2,38
1990	1143,33	26,4	16,96	10,20	6,76
1995	1211,21	29,0	13,57	9,95	3,61
2000	1267,42	36,2	11,24	21,46	-10,22
2005	1307,56	43,0	8,02	20,61	-12,58
2006	1314,48	43,9	6,92	14,94	-8,02
2007	1321,29	44,9	6,81	16,73	-9,92
2008	1328,02	45,7	6,73	17,70	-10,97
2009	1334,74	46,6	6,72	15,19	-8,47
2010	1339,72	49,7	4,98	43,72	-38,74
1952–1978	—	—	14,91	3,87	11,03
1979–1995	—	—	14,62	10,54	4,07
1662–2005	—	—	9,63	21,03	-11,40
2006–2010	—	—	6,43	21,66	-15,22

2. táblázat • Kína népességének, urbanizációs szintjének és évenkénti népességváltozásának alakulása (1952–2010) Forrás: Qin – Zhang, (2014)

zalékpont volt. A XXI. század előző évtizedében az urbanizációs folyamat felgyorsulása a legmerészebb becsléseket is túlszárnyalta. Ennek legnagyobb forrása a falusi térségekből érkező migrációja, a második a városi népesség természetes szaporodása, a harmadik a megváltozott összeírási módszer. Egy kutatás szerint ha a születési és a halálozási arány nem változott volna meg, a természetes szaporodás 22 millió főt tett volna ki, ami alig több mint tíz százaléka a városi népesség növekedésének. A migrációban részt vevők számát 137 millió

főre becsülték, ami kb. kétharmadát teszi ki az összesnek. Így kb. 24 százalékra tehető a megváltozott összeírási módszer miatti növekedés. A migránsok száma még nagyobb lett volna, ha mindenki megkapná városi igazolványát, mellyel a közszolgáltatások és a juttatások szélesebb köréhez tudnának hozzájutni.

Összegzés

Kína száz év alatt eljutott „az éhezés földjétől” „a világ új műhelyéig”. Az elmúlt három és fél évtizedben olyan gazdasági, társadalmi és

demográfiai folyamatok zajlottak le az országban, amelyre nincs példa az emberiség történetében. Az évi népességnövekedés mértékét ötmillió fő alá szorították le, amit az „egy gyermek politika” megvalósításával értek el.

A világ legnagyobb népvándorlása zajlik napjainkban; egy évtized alatt 221 millió ember költözött el településéről. A migráció korszakának nevezett évtizedek az urbanizá-

ció soha nem tapasztalt fejlődésével jártak, de a kínaiaknak még mindig csak a fele városos. A háztartás-nyilvántartási rendszer fenn tartása nélkül a migráció mértéke megállíthatatlan lenne.

Kulcsszavak: „egy gyermek politika”, migráció, urbanizáció, népszámlálás, háztartás-nyilvántartási rendszer

IRODALOM

- Banister, Judith (2005): Manufacturing Earnings and Compensation in China. *Monthly Labor Review*. 8, 22–40. • <http://www.bls.gov/opub/mlr/2005/08/art3full.pdf>
- Chow, Gregory (2006): Are Chinese Official Statistics Reliable? *CESifo Economic Studies*. 2, 396–414. DOI: 10.1093/cesifo/ifo03
- Hajnal Béla (2010): Adatok és tények – Kína a világ új műhelye. *Élet és Tudomány*. 3, 89.
- Hajnal Béla (2011): A kínai társadalom néhány új jelensége a népszámlálási adatok tükrében. *Térületi Statisztika*. 5, 506–510. • <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/terstat/2011/05/hajnal.pdf>
- Jordán Gyula (2000): A nagy éhínség 1959–1961. *Statisztikai Szemle*. 1, 33–46. • http://www.ksh.hu/statisztika_archive/2000/2000_01/2000_01_001.pdf
- Kaufman, Joan – Zhang, E. – Xie, Z. (2006): Quality of Care in China: Scaling up a Pilot Project into a National Reform Program. *Studies in Family Planning*. 37, 17–28. DOI: 10.1111/j.1728-4465.2006.00080.x
- Liang, Zai (2001): The Age of Migration in China. *Population and Development Review*. 3, 499–524. DOI: 10.1111/j.1728-4457.2001.00499.x
- Nailin, Feng (2010): Analysis on Quality of China's Population Census Data: Thoughts for 2010. *National Bureau of Statistics of China*. • <http://www.stat.go.jp/english/info/meetings/eastasia/pdf/tchpp.pdf>
- National Bureau of Statistics of China (2011): *China Releases First 2010 Census Results*. • <http://www.prb.org/Publications/Articles/2011/china-census-results.aspx>
- National Geographic (2008): *China's Journey*. 5, • <http://ngm.nationalgeographic.com/2008/05/table-of-contents>

- New York Times (2011): New Census Finds China's Population Growth Has Slowed. 28 April. • http://www.nytimes.com/2011/04/29/world/asia/29census.html?_r=0
- Preston, Samuel H. – Stokes, Andrew (2012): Sources of Population Aging in More and Less Developed Countries. *Population and Development Review*. 38, 2, 221–236. DOI: 10.1111/j.1728-4457.2012.00490.x
- Qin, Bo – Zhang, Yu (2014): Note on Urbanization in China: Urban Definitions and Census Data. *China Economics Review*. 30, 495–502. DOI: 10.1016/j.chieco.2014.07.008
- Riskin, Carl (1998): Seven Questions about the Chinese Famine of 1959–61. *China Economic Review*. 2, 111–124.
- Shen, Jianfa – Chu, D. – Zhang, Q. – Zhang, W. (1999): Developing a Census Data System in China. *International Statistical Review*. 2, 173–186. DOI: 10.1111/j.1751-5823.1999.tb00425.x
- Vukovich György (1996): A demográfia forrásai. In: Klinger András (szerk.): *Demográfia*. KSH, Budapest
- Woo, Jean – Kwok, T. – Sze, F. K. H. – Yuan, H. J. (2002): Ageing in China: Health and Social Consequences and Responses. *International Journal of Epidemiology*. 31, 4, 772–775. DOI: 10.1093/ije/31.4.772 • <http://ije.oxfordjournals.org/content/31/4/772.full>
- Yang, Xiushi – Xia, Guomei (2006): Gender, Migration, Risky Sex, and HIV Infection in China. *Studies in Family Planning*. 4, 241–250.
- URL: *AIDS in China* • <http://www.medwiser.org/hiv-aids/around-the-world/aids-in-china>

Tudós fórum

MÉGIS, KINEK AZ AKADÉMIÁJA?

Csaba László

az MTA rendes tagja
csabal@ceu.hu

Szentes Tamás

az MTA rendes tagja

Zalai Ernő

az MTA rendes tagja

Kivonat

Írásunk célja felhívni a figyelmet arra, hogy Akadémiánk működésében egy idő óta visszaszorulóban van a köztestületi, és egyre erősödik a hivatali jelleg, ami egyrészt a szabályzatokban található joghézagoknak és értelmezési zavaroknak, illetve következtetéseknek tudható be, másrészt összefügg a képvisleti demokrácia korlátozott érvényesítésével a gyakorlatban, ami a vezetők és vezetőket közös felelőssége. Mindez a tudományos és a célirányosság gyengüléséhez vezet.

Bevezetés

Lényeges változás az MTA szervezeti felépítésében és működésében a rendszerváltás után következett be. A rendszerváltáskor, illetve azt követően minden bizonnyal három olyan cél játszott szerepet az Akadémia sorsát illetően, mely célok között olykor ellentmondások is mutatkoztak. Nevezetesen:

- (a) megmenteni az Akadémiát és annak tagjait a megalapozatlan politikai támadásokkal szemben,

- (b) átalakítani, megreformálni ezt az intézményt, úgy, hogy egyrészt eltűnjének belőle a szovjet típusú rendszer hatásának nyomai, másrészt kibővüljön annak bázisa, valamint

- (c) demokratizálni a testület működését, irányítását és döntéshozatalát.

Már Kosáry Domokos elnöksége idején nagy horderejű szervezeti-intézményi változásra került sor a döntéshozatal demokratizálása és az Akadémia bázisának kiszélesítése céljából. Létrejött a doktori fokozattal bíró, de nem akadémikus tagokat is felölelő köztestület és az akadémikusokon kívül az utóbbiak köréből választott „doktorképviselők” is kiterjedő közgyűlés. Ez mind a saját múltjához képest, mind pedig más akadémiákkal összehasonlítva is egy rendkívüli és kiemelkedő vonást kölcsönzött, legalábbis formai, illetve elvi szempontból a mi Akadémiánknak. Az újjászervezett Akadémia az által fogja át (létrehozóinak eredeti szándékának megfelelően) a magyar tudományos élet egészét, hogy köztestülete az akadémikusok viszonylag szűk és létszámban korlátozott csoportját intéz-

ményesen összekapcsolja a tudományok többi művelőjének sokaságával, ezáltal az Akadémiát a hazai tudományos kutatók közös társaságává, érdekképviselői szervezetévé, a közgyűlést pedig a tudomány művelőinek „képviselőházává” téve. A „köztestületi Akadémia” ideája és elve Akadémiánkat tehát nem a tudósok kis csoportjának afféle elegáns, exkluzív „klubjaként” értelmezi, hanem a magyar tudomány művelésében részt vevők tömegét átfogó nemzeti intézményként.

Az elmúlt húsz esztendőben többször is felvetődött az *akadémiai törvény* és az *Alapszabály felülvizsgálatának* ügye. A megvalósítás azonban – jobbára politikai megfontolásokból, nem utolsósorban az Akadémiát ért igaztalan támadások miatt – rendre *halasztást* szenvedett, és csak 2007-ben került napirendre. Az akkor megindult munkálatok végül is 2009-ben hoztak eredményt. Az Országgyűlés elfogadta az MTA-törvény módosítását, az Akadémia közgyűlése pedig a módosított Alapszabály és az Ügyrend egységes szerkezetbe foglalt szövegét. Sajnálatos módon azonban néhány, a közösség számára lényeges kérdés figyelmen kívül vagy legalábbis homályban maradt.

Bár egyes szabályok megfelelő módosítására, illetve pontosítására vagy kiegészítésére és új szabályok meghatározására is sor került, vagyis a szabályozásban a megmaradt fogyatékok ellenére jelentős előrehaladás történt, némely fontos szabály érvényesülése hiányos maradt. Ugyanakkor – nemcsak a közösség passzivitásának köszönhetően, hanem főként külső hatások, nem utolsósorban igazgatási és költségvetési változtatásokat sürgető beavatkozások nyomán – egy olyan tendencia is felerősödött, amely az intézmény működtetésében és a döntéshozatalban egyre inkább tekintélyelvű és bürokratikus vonásokat tölt el.

Az elmúlt években nemcsak az Akadémia valamennyi tagjának az a joga csorbult, hogy már a döntéshozatal előkészítésének szakaszában is véleményt formálhasson, hanem olykor a tagság egyértelmű állásfoglalásával ellentétes döntések is születtek. Ez a tendencia azzal a veszéllyel jár, hogy az Akadémia irányítása – mondhatni – egyfajta államigazgatási apparátuséhoz hasonulhat (főnökök és beosztottak viszonyával), ami aligha igazodik egy a tudomány művelőinek széles táborát átfogó, annak érdekképviselői szervezeteként is működő „tudós társaság” természetéhez.

Az Akadémia működésében egyszersmind felerősödtek a bürokratikus és formális elemek. Fontosabb lett a jelenléti arány, mint az érdemi vita; a szabályozásban nagyobb szerepük lett az elnöki, elnökségi határozatoknak, mint a törvény és alapszabály szellemének; a teljesítmények értékelésében előtérbe került a mennyiségi szemlélet; a jogok és esélyek meghatározásában pedig az önkényesen meghatározott létszámkeret és a diszkriminatív korlátár érvényesül. A teljesítmények értékelését elősegíteni hivatott központi adatbázis, az alább még elemzendő Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT) egyelőre nemcsak a számok bővölését táplálja, hanem a minősítési eljárásban járatlan, és arra nem is hivatott adminisztrátorok fennhatóságát is a tudomány művelőivel szemben. Az utóbbi jelenség nem kis részben annak is a következménye, hogy a tudományos bizottságok és osztályok nem vettek részt az MTMT-vel szemben támasztott követelmények formálásában.

Ki mindenki lehet köztestületi tag – a szabályok pontatlansága folytán?

Az Akadémia bázisának kiterjesztése céljából az akadémikusok „tudós társasága” tehát ki-

egészült *nem akadémikus köztestületi tagokkal*, akik elvileg mindaddig, amíg folytatják tudományos tevékenységüket, jogosultak a köztestületi tagságra. Az Akadémia közgyűlésének pedig tagjai lettek a „doktor képviselők” is. Ez utóbbiak elnevezése még utalt arra, hogy akadémiai doktori fokozattal, illetve címmel rendelkezők köréből történt megválasztásuk, vagyis az Akadémia doktorainak táborához tartoznak. Az új szabályzat a közgyűlési választott képviselők elnevezéséből elhagyta a doktor jelzőt, és egyértelműen lehetővé tette a *csak PhD-fokozattal* rendelkezők, vagyis *Akadémiánktól függetlenül, annak ellenőrzése nélkül* *szerezhető fokozattal bírók számára* is a köztestületi tagságot, sőt közgyűlési képviselővé választhatóságot. Ez kellően és pontosan meghatározott feltételek mellett nem is kifogásolható, hiszen a PhD is tudományos fokozatnak számít.

Az egyetemi doktorképzés azonban mindinkább az egyre hiányosabb elméleti tudást adó egyetemi tanulmányok kiegészítő folytatásává vált, amelyre zömében friss diplomások jelentkeznek, illetve amelyben olyanok is részt vesznek, akik a PhD-cím elnyerése után nem is kívánnak tudományos pályára menni, egyetemi oktatóként, illetve kutatóintézeti munkatárként dolgozni, vagy előbb-utóbb távoznak az ilyen munkahelyekről.

A köztestületi tagok és közgyűlési képviselők esetében tehát nem követelmény az Akadémia által elismert tudományos eredmény (fokozat, illetve cím). Ezért a köztestületi tagság és a közgyűlési képviselőség lehetőségének kiterjesztése minden PhD-fokozattal bíró személyre indokolatlan és ellentétes a főfoglalkozásban tudományos tevékenységet végzők közösségének, a „tudós társaságnak” koncepciójával.

A köztestületbe való felvételnek vannak ugyan követelményei, azok azonban igen tágan

értelmezhetők. Az akadémiai törvény, az 1994. évi XL., az MTA-törv. 7. §-ának (1) bekezdése csak azt mondja ki, hogy a „Magyarországon szerzett vagy honosított tudományos fokozattal rendelkező személyek közül azok válnak a köztestület nem akadémikus tagjává, akik tudományos tevékenységükkel a magyar tudomány feladatainak megoldásában részt vesznek...” Az Ügyrend 11§ (1) és (2) bekezdése ehhez csak azt fűzte hozzá, hogy a köztestületbe felvételre jelentkezőnek a Köztestületi Publikációs Adattárban (KPA-ban) – az MTMT jogelődjében – rögzítenie kell publikációs listáját, az illetékes tudományos bizottságnak pedig meg kell állapítania, hogy a jelentkező megfelel-e a törvény említett paragrafusában jelzett követelménynek. Például: van-e egyáltalán olyan közleménye, amit az MTMT befogadott, pontosabban, ami a tudományos bizottság folyóiratlistáján szerepel?

A gyakorlatban a jelentkezők felvétele sokszor meglehetősen automatikus.¹ Egy köztestületi tagságra jelentkező esetében többnyire elegendő, ha az illetékes tudományos bizottság egy-két tagja úgy nyilatkozik, hogy ismervén az illető munkásságát, javasolja a felvételt, míg a bizottság többi tagja anélkül, hogy érdemben megvizsgálná az illető tudományos teljesítményét, megszavazza a javaslatot.

A köztestületi tagok egy része nem is egyetemi oktató vagy kutatóintézeti dolgozó. Akadnak közöttük minisztériumi, illetve közigazgatási vagy közszolgálati és banktisztviselők, sőt nagyvállalati vezetők és magánvállalkozók is. Akad ugyan arra is példa – egykori

¹ A IX. Osztály Közgazdaságtudományi Bizottsága 2015 januárjában ezt – hosszú vita után – elvi élel mondta ki. A KTB üléséről szóló tájékoztatók elérhetők a IX. Osztály honlapján, és azokat többnyire a Közgazdasági Szemle is közli.

elnökünk, Lónyay Menyhért óta –, hogy egyesek közpolitikai, illetve üzleti karrierjük után vagy mellett is jelentős tudományos tevékenységet végeznek, ez azonban inkább csak kivétel. Ezért is szükséges a köztestületi tagság körének rendszeres felülvizsgálata. Ugyanakkor nagyon is indokolt lenne az Akadémia kutatóintézeteinek tudományos munkakörben foglalkoztatott főállású alkalmazottait erőteljesen ösztönözni a köztestületbe való jelentkezésre, és azt esetleg az alkalmazás feltételeként előírni.

Nyilvánvaló tehát, hogy a köztestületi tagok jegyzékének nemcsak sürgős korrekciójára, hanem nyilvántartásuk módjának korszerűsítésére, valamint a köztestületbe való felvétel szigorú feltételeinek meghatározására, pontosítására és az előírandó követelmények következetes számonkérésére is szükség van. E feladatok végrehajtását nagyrészt a tudományos bizottságokra, illetve azok doktori bizottságaira és a tudományos osztályokra kellene bízni, mégpedig úgy, hogy ezek a vizsgálatok kellő figyelmet kapjanak, alaposak és érdemiek legyenek.

Megjegyzendő, hogy szabálysértések és félreértések is tapasztalhatók a „köztestületi tagság” fogalmának használatával kapcsolatban. Az Alapszabály (Asz.) 18.§ (2) bekezdése egyértelműen leszögezi, hogy a köztestületi tagság „tudományos címként nem használható”. A gyakorlatban azonban igen sok nem akadémikus köztestületi tag mégis úgy tünteti fel azt szakmai életrajzában, mintha az lenne.

Érvényesül-e az MTA-n a képviseleti demokrácia?

A képviseleti elv, illetve képviseleti demokrácia természetes követelménye, hogy egy adott közösség által megválasztott személy köteles mindenkor az illető közösség véleményét és érdekeit képviselni. Következésképpen az

Akadémia megválasztott tisztségviselői éppúgy, mint a közgyűlési képviselők és a tudományos osztályok által megbízott, illetve delegált bizottsági tagok, valamint a tudományos bizottságokat és kutatóintézeteket osztályüléseken képviselő állandó meghívottak kötelesek a képviseleti demokrácia szabályait betartani, vagyis az őket megválasztó közösség érdekeit védeni és többségi véleményét, állásfoglalását képviselni, annak megfelelően eljárni, illetve szavazni. Ezért, amikor csak lehetőségük van arra, az általuk képviselt közösséget előre tájékoztatniuk kell a napirendre kerülő kérdésekről, hogy megismerjék annak álláspontját, többségi véleményét, majd pedig utólag be is kell számolniuk arról, hogy miként képviselték választóikat, illetve megbízóikat. Személyes véleményüket persze nem kell elhallgatniuk, de nem keverhetik azt össze az általuk képviselt közösségével. Nem is dönthetnek ez utóbbi álláspontjával ellentétesen, hacsak az nem ütközik valamely hatályos szabályba. Amikor a nyilvánosság előtt saját magánvéleményüket fejezik ki szóban vagy írásban, minden esetben kötelesek egyértelművé tenni, hogy azt nem hivatalos, vagyis nem tisztségviselői, illetve képviselői minőségükben, hanem személyi minőségben teszik.

Noha a fenti elvek, illetve követelmények általános érvényűek minden demokratikus képviseleti rendszer esetében, gyakorlati érvényesülésük csaknem mindenütt, még a legfejlettebbnek tartott demokráciákban is – finoman szólva – csak fogyatékos. Ezek érvényesítéséhez természetesen elengedhetetlen az is, hogy az illető közösség kellően jártas és aktív legyen a közügyekben, és megfelelő képviselőket válasszon meg, sőt folyamatosan be is számoltassa őket. Akadémiánk – mint a hazai szellemi élet fellegvára és a legmag-

sabban kvalifikált értelmiségiek válogatott közössége – hazánkban belül példamutató kellene hogy legyen a képviseleti demokrácia következetes érvényesítésében. Ezt sajnos még aligha mondhatjuk el.

Még maga az Alapszabály is meglehetősen pontatlanul írja elő a képviseleti elvvel kapcsolatos szabályokat.² Némiképp az érdemi vitáknak, eszmecsereknak is gátat szab az, hogy a Közgyűlés kompetenciájának, illetve jogkörének esetenként következtelen a meghatározása az Alapszabály, sőt az akadémiai törvény vonatkozó paragrafusában is.³

A képviseleti demokrácia írott vagy íratlan szabályai Akadémiánkon belül sérelmet szenvednek, amikor például elnöki vagy elnökségi döntések születnek az egész köztestületet érintő kérdésekben előzetes közgyűlési vita

nélkül,⁴ vagy elnöki kinevezésekre kerül sor az érintett közösség határozott állásfoglalása ellenében,⁵ vagy amikor osztályelnökök döntenek az illető tudományos osztály egész kollektívája vagy akárcsak annak egy része számára fontos ügyekben annak előzetes megkérdezése nélkül. Vezetői értekezleteken az osztályelnökök (tiszteltet a kivételeknek) nem ritkán inkább a kormányfő által kinevezett miniszterekhez hasonlóan vagy magánszemélyként viselkednek, nem pedig úgy, mint az őket megválasztó tudományos osztály képviselői, amelynek előzetesen megismert többségi álláspontja szerint kötelesek véleményét nyilvánítani és szavazni. Ugyanez a tudományos bizottságok osztályüléseken részt vevő elnökeiről is elmondható.

Az is zavarokat okoz a köztestületi demokrácia érvényesülésében, hogy egyrészt, az akadémiai köztestület összetétele, és így többnyire a közgyűléseken, valamint az osztályüléseken részt vevő is, de jure akár lényegesen is elérhet a tudomány tényleges művelői, illetve azok valódi képviselői testületének összetételétől. Másrészt, és különösen még az, hogy az akadémiai közgyűlés és a tudományos osztályok tagsága is két, merőben eltérő változatként egyfelől (a) az alanyi jogon, illetve az akadémikus tudományos fokozat elnyerése révén szerzett jog alapján érvényes állandó tagságot, másfelől (b) a választás révén kapott, vagyis képviseleti jog szerinti ideiglenes tagságot jelent. Az előbbi, miként minden tudományos fokozat, az élet végéig érvényes, míg az utóbbi csak egy-egy választási ciklus végéig.

A „nem akadémikus közgyűlési képviselők” a közgyűléseken és a tudományos osz-

² Így például az Elnökre, vagyis a legmagasabb rangú választott tisztségviselőre vonatkozóan az Asz. 1. § (3) bekezdésében ez olvasható: „... az Akadémia véleményét – amennyiben szükséges és lehetséges, a megfelelő testületek véleménye alapján – az elnök jogosult képviselni.” Ez a megfogalmazás nem pontosítja sem azt, hogy ki és minek alapján minősítheti „szükségesnek” vagy „szükségtelennak” a megfelelő testületek véleményét, sem azt, hogy melyek adott esetben a „megfelelő testületek”.

Az MTAtu. 14.§ (1) bekezdése szerint: „Az Akadémia tevékenységét – a Közgyűlés döntéseinek és határozatainak megfelelően – az Alapszabályban meghatározott módon az elnök irányítja. Az elnök képviseli az Akadémiát.” Ez a képviseletre vonatkozó utóbbi megállapítás ugyan külön mondatban szerepel, értelemszerűen arra is vonatkozna az előző mondatban általunk dőlt betűvel kiemelt mondatrész.

³ Míg az MTAtu. 9.§ (2) bekezdése szerint „a Közgyűlés a köztestület legfőbb döntéshozó testülete”, a törvény szóban forgó részének a), b), e) és f) pontjai – éppúgy, mint az Asz. 27.§ (1) bekezdésének a), b), e), f) és o) pontjai – a Közgyűlés hatáskörét csupán elvek, szabályok, előterjesztések elfogadására vagy jóváhagyására korlátozza. Ezek érdemi megvitatásáról és esetleges elutasításáról szó sem esik.

⁴ Példa erre a kommunikációs szabályzat.

⁵ Példa erre egyes intézeti vezetők kinevezése az elmúlt években.

tályok ülésein, legjobb szándékukkal is ellenében, többnyire csak *magánszemélyekként*, nem valódi képviselőkként szerepelnek, ami annak is betudható, hogy *a valódi képviselői feltételei nemigen biztosítottak*. Nem tájékoztatják ugyanis választóikat sem a közgyűlési dokumentumokról, sem a Közgyűlésen vagy osztályüléseken napirendre kerülő ügyekről és a hozott határozatokról, még kevésbé kérnek tőlük javaslatokat. Többnyire már csak azért sem, mert ők maguk sincsenek időben tájékoztatva.

Miért oly ritkák a döntések előtti érdemi eszmecserék, viták?

A képviselői elv gyakorlati érvényesülésének is, de általában *a döntéseket megelőző érdemi eszmecserék, viták* rendszeressé válásának is kétségtől további, nem kis akadályát képezi *a Közgyűlésen és az osztályüléseken részt vevők igen nagy száma*.

A Közgyűléseken egy idő óta főként a nagy létszám miatt (amely többnyire helyszűkét is okoz) érdemi eszmecserékre és vitákra már nemigen kerül sor – eltérően a csak akadémikusokat felölölő közgyűlések múltbeli gyakorlatától. Minthogy a Közgyűlésnek az akadémikusválasztás kivételével a nem akadémikus közgyűlési képviselők is a tagjai, ezért megoldásként vagy (a) annak *többféle változatát* kellene (a napirendre kerülő témakörök szerint) megkülönböztetni és *alkalmazni*, vagy pedig (b) a Közgyűlésnek (ha nem is minden esetben, de legalább a választási ciklusok végén, illetve kezdetén) *több szekcióban* (például a három nagy tudományterület szerint szervezett szekciókban) való megtartása lenne indokolt.

A résztvevők nagy száma és heterogén jellege az *osztályüléseken* is súlyos korlátja az érdemi eszmecserének és a jó döntéseknek

még inkább. Nem beszélve arról, hogy résztvevői között számosan időpazarlasként élik meg az érdemi eszmecserét is! A megoldás javasolható módja adva van, amennyiben az Alapszabály szerint *lehetőség van az osztályülések különféle változatainak a szóban forgó problémát enyhítő alkalmazására*. Következésképpen a napirendre kerülő ügyek jellegétől és az érintettek, illetve kompetensek körétől függően kellene megválasztani egy-egy osztályülés formáját, amely az *Alapszabály 38.§-ának (7) és (8) bekezdése* szerint jelenleg is már kellő rugalmassággal határozható meg. A tudományos osztályok elnökei nemigen élnek a szóban forgó lehetőséggel, mivel azt sajnos osztályuk tagsága se nagyon igényli.

Kellően szabályozott-e a tudományos bizottságoknak az illetékes tudományos osztályhoz fűződő viszonya?

Az MTA-tv. 3.§ (1) n) pontja szerint *a tudományos osztályok (nem pedig a tudományos bizottságok!) „a tudományos szakmai autonómia alapegységei”, és – amint már említettük – az Asz. 39.§ (4) e) pontja kimondja, hogy a tudományos osztályok kizárólagos hatáskörébe tartozik „tudományos bizottság” (munkabizottság) létesítése és megszüntetése is. Következésképpen a tudományos bizottságok nem önálló entitások, hanem az egyes tudományos osztályok csak korlátozott autonómiával bíró részei és alárendeltjei. Ezt fejezi ki az Asz. 3.§ módosított (2) bekezdése is, amely megállapítja, hogy a tudományos bizottságok „a tudományt érintő országos jelentőségű kérdésekben és a társadalmi élet átfogó problémáiban [...] az érintett tudományos osztály felhatalmazása alapján” foglalkozhatnak csak nyilvánosan állást, illetve nyilváníthatnak véleményt.*

Sajnálatos módon sem az Asz. 39.§ (4) g) pontja, sőt az Ügyrend 27.§ (13) bekezdése

sem részletezi *a tudományos osztályok feladatait és hatáskörét saját tudományos bizottságaik irányában, sem pedig megfordítva*. Ezért – véleményünk szerint – szükség lenne legalábbis *irányelvekként előírni bizonyos általános kötelezettségeket* (még ha azoknak egyes osztályok, illetve bizottságok részben már eleget tesznek). Konkrétan:

- minden tudományos osztály és annak minden bizottsága között a kölcsönös és rendszeres információáramlás kötelezettségét;
- a tudományos osztályok ülésein – kivéve az akadémikusok zárt üléseit – minden egyes tudományos bizottság *valódi és hatékony képviseletének biztosítását*;
- a tudományos bizottságok vezetői, illetve képviselői számára *lehetőség teremtését* arra, hogy az osztály érdeklődésére számító rendezvényeikről, bizottsági üléseik határozatairól, javaslatairól, valamint *tagjaiknak új publikációiról, eredményeiről rendszeresen beszámolhassanak*;
- *a tudományos bizottságok kötelezettségét, hogy a hároméves választási ciklus mind-egyik évében munkaprogramot készítsenek* (beleértve rendezvényeik tervét), és azt továbbítsák a Titkárságon át az osztály tagjai számára;
- *a tudományos osztályok kötelezettségét, hogy a hároméves választási ciklus folyamán egy-egy osztályülésen külön-külön hallgassák meg minden egyes tudományos bizottságuk szóbeli beszámolóját* (munkájukról, az abban jeleskedőkről, eredményeikről és problémáikról), a tudományos bizottságok tagságán belül (és lehetőleg vezetői között) az illető osztály akadémikusai kellő részvételének biztosítását, adott esetben akár tiszteletbeli elnöki pozícióval formalizálva a viszonyt.

Indokolt-e a bizottságok taglétszámát korlátozni?

*A tudományos bizottságok eredeti szerepe és legfőbb funkciója az volt, hogy – a köztestületi Akadémia elvének megfelelően – lehetőleg minél szélesebb körből bevonják az adott diszciplína, illetve aldiszciplína vagy interdiszciplináris tudományterület hazai képviselőit az illetékes tudományos osztály és azon keresztül az Akadémia tevékenységébe, „a magyar tudomány feladatainak megoldásába”. Ez a hagyományos funkció időközben kibővült, és a bizottságok többféle típusa jelent meg. Vannak elnevezésükben tudományos bizottságok, és ezek között vannak osztályokon belül *doktori ügyekben illetékes és nem illetékes* „tudományos bizottságok”, vagy csak *simán* „bizottságok”, *osztályokon belüli* „állandó bizottságok”, *osztályközi* állandó vagy tudományos bizottságok, esetenként pedig *doktori bizottságok*. 2009 őszén – erőteljes elnöki nyomásra – indokoltan (mint például a doktori eljárás esetében) és indokolatlanul (mint például egyes multidiszciplináris osztályok esetében) több osztályban összevonták a tudományos bizottságokat. Mindezt anélkül, hogy az átrendezést megelőzte volna a bizottságok jellegének és szerepének alaposabb felülvizsgálata. Az pedig *semmiképpen sem helyeselhető*, hogy és ahogyan *a bizottságok létszámát* – egységesen, illetve egy tömegben és meglehetősen esetleges, alkalmi módon – *korlátozták*, ami több esetben ellentétben áll a köztestületi Akadémia elvével.*

A létszám meghatározásának és a csak egyetlen bizottságban érvényes szavazati jognak főként a doktori ügyek esetében, illetve egyes tudományos bizottságoktól megkülönböztetett doktori bizottságokban van létjogosultsága. Ezen kívül még akkor, amikor a bi-

zottság kompetenciájába tartozó ügyben testületi állásfoglalásra és szavazásra van szükség.

A tudományos bizottságok összlétszámának és a nem akadémikusok csupán egyetlen bizottságba való felvételének és közreműködésének a korlátozása furcsa módon tehát éppen azokat a közösségeket teszi *egy szűk kör „klubjává”*, amelyek a vonatkozó hazai tudományos diszciplína művelőinek minél szélesebb körét hivatottak az Akadémia tevékenységébe bevonni.

Következésképpen nem a tudományos bizottságok taglétszámát, hanem *csupán* (az Asz 39§. (4) bekezdése e) pontjának megfelelően) *a szavazati jogú tagok létszámát*, illetve arányát *indokolt meghatározni, korlátozni*, de azt is csak *bizonyos esetekre vonatkoztatva*, a doktori eljárson kívüli más ügyeknek (pl. a vezetőségválasztás) a megjelölése mellett.

Amennyiben viszont egyes bizottságok tagsága a korlátozás nélkül túl nagyra növekedne, úgy maximális létszámuk meghatározása helyett *az albizottságok, illetve munkabizottságok szervezésének lehetőségét kellene felhasználni a bizottsági struktúra kellő nyitottságának fenntartása érdekében* az adott szakterület minél több művelőjének, lehetőleg valamennyi köztestületi tagjának bevonására. Bár ez jó néhány tudományos bizottság esetében már többé-kevésbé meg is valósult, sajnos még nem vált általános gyakorlattá, és féltő, hogy az albizottságok, illetve munkabizottságok még inkább elszakadhatnak az illetékes tudományos osztálytól.

Annak szabályozására, hogy egy köztestületi tag *hány tudományos bizottságnak lehet a tagja, kétségkívül* szükség volt. Ha nem is egyes bizottságok tagságának túl nagyra növekedését megakadályozandó, de főként azért, ne-hogy ugyanazok a személyek egyszerre több bizottságban is döntő befolyást szerezhesse-

nek. A vonatkozó korlátozás tehát valóban indokolt volt, de az nem minden esetre vonatkozóan helyeselhető. A nem akadémikus köztestületi tagoknak csupán egyetlen tudományos bizottságra korlátozott tagsága, illetve szavazati joga, és az akadémikusoknak is csak egy tudományos bizottságban élvezhető szavazati joga ugyanis meglehetősen gátolja az interdiszciplináris és osztályközi együttműködést, és igen súlyos helyzetbe hozza az eleve multi-, illetve interdiszciplináris és osztályközi tudományos bizottságokat, mivel legtöbbször inkább saját eredeti diszciplinájuk bizottságát választják. Ezért *az illetékes tudományos osztály(ok) által multi-, illetve interdiszciplinárisnak minősített, valamint az osztályközi tudományos bizottságok esetében engedélyezni kellene* a nem akadémikus köztestületi tagok számára legalább egy ilyenben *a második tagságot*, akadémikusoknak pedig *a szavazati joggal való részvételt*.

Mennyiben sérül a tudományos osztályok jogköre?

A jogok, kötelezettségek és kompetenciák meghatározása nemcsak a tudományos osztályok és azok bizottságai vonatkozásában hagy sok kívánnivalót, hanem meglehetősen *pontatlanul szabályozott*, sőt *egyre inkább korlátozott is a tudományos osztályok hatásköre és felelőssége az akadémiai kutatóintézetek és a támogatott egyetemi kutatócsoportok irányában*.

A vonatkozó szabályok között ellentmondás, illetve következetlenség mutatkozik:

Az *MTA-tv. 10.§ (5)* bekezdése ugyan előírja azt, hogy „a tudományos osztály értékeli a tudományterületéhez tartozó akadémiai kutatóhelyek szakmai beszámolóit”, az *Asz. 39.§. (1) b)* bekezdése szerint viszont az osztály csak „közreműködik az akadémiai kutatóintézetek munkájának értékelésében.”

Sőt a *39.§ (1) g)* pont arról szól, hogy az osztály csupán „az Akadémia elnökének vagy az Akadémiai Kutatóhelyek Tanácsának felkérésére” foglal állást és nyilvánít véleményt az akadémiai kutatóintézetek és támogatott kutatócsoportok tevékenységéről. Az illetékes tudományos osztályok, illetve bizottságaik – ha érdemben valóban meg is tárgyalják – az *Asz. 39.§ (4) g)* bekezdése szerint „a hozzájuk tartozó akadémiai kutatóintézetek és támogatott kutatócsoportok” munkájáról szóló beszámolókat, e szabály szerint csupán „véleményüket nyilváníthatják ki”. A kutatóintézetek és támogatott kutatócsoportok feleltes intézménye az Akadémiai Kutatóhelyek Tanácsa (AKT), amelyben ott vannak az osztályok delegáltjai, ez azonban még nem biztosítja az osztályok felelős „gazda szerepét” az akadémiai intézetek és támogatott kutatócsoportok vonatkozásában, azok kutatási terve és eredményei, illetve az igazgatói pályázatok érdemi értékelését sem.

A tudományos osztályok ugyancsak nem vizsgálják meg érdemben a kutatóintézetek igazgatói posztjára beadott pályázatokat, sőt, arra nem is kötelezettek, hiszen az *Asz. 39.§ (1) b)* pontja, amely szerint a tudományos osztály csupán „közreműködik... az intézetek igazgatóinak kiválasztásában”, többféleképpen is értelmezhető. Sőt, a 2014. április 1-től hatályos módosítás szerint a tudományos osztály „a kutatóközpontok és önálló kutatóintézetek igazgatóinak” már csak a „kiválasztásához szükséges véleményezési eljárásban” működik közre.

A tudományos osztályoknak nincs vétójoguk az általuk felügyelt kutatóintézetek igazgatóinak kinevezésében. Még kevésbé rendezett az osztályoknak az Akadémia által „támogatott egyetemi kutatócsoportokkal” való kapcsolata. Még ha részt vesznek is a

kompetenciájukhoz tartozó pályázatok értékelésében és felelős szelektálásában, a kutatócsoportok tényleges teljesítményének, eredményeinek menetközben történő, illetve időközönkénti értékelését nem is várják el tőlük.

Mindezek fényében indokolt lenne nemcsak pontosítani a szabályokat és összhangot teremteni közöttük, de egyszersmind helyreállítani és tiszteltetben tartani a tudományos osztályok jogkörét és kompetenciáját az akadémiai kutatóintézetek és támogatott egyetemi kutatócsoportok vonatkozásában is – tekintettel arra, hogy a tudományos osztályok, amelyek az *MTA-tv. 3.§ (1) n)* pontja szerint „a tudományos szakmai autonómia alapegységei”, tudományos bizottságaik hálózatával átfogják a hazai kutatógárdát, a tudományok egyetemi és kutatóintézeti művelőit.

Nem kevésbé pontatlanul szabályozott az *Akadémia Könyv- és Folyóirat-kiadó Bizottságának* és már inkább csak névleges *a tudományos osztályok jogköre az Akadémia folyóiratai és az Akadémiai Kiadó irányában* (különösen amióta az MTA legutóbbi elnöke külön szerződést kötött az Akadémia nevét és emblémáját viselő kiadóval). A megoldás persze csak igen alapos felülvizsgálat alapján képzelhető el, amely kiterjedne az Akadémiai Kiadó privatizációjának feltételeire, a holland céggel való eredeti szerződésre és az említett külön szerződésre is. Alighanem felvetődne egy új, az MTA érdekeit és hivatását jobban szolgáló szerződés megkötésének szükségessége is, amely jobban figyelembe venné azt a „piaci” értéket is, amely az Akadémia nevének és emblémájának használata jelent a kiadónak.

A tagválasztási kvóták, az arányosság és a minőség

A levelező tagok megválasztása során az egyik, közismerten legtöbb gondot és konfliktust

okozó probléma az, hogy miközben a tagságra ajánlottak *egyéni, diszciplinától független érdemeit*, tudományos teljesítményét, habitusát, hazai és nemzetközi elismertségét, valamint akadémiai aktivitását kell értékelni, ugyanakkor lehetőleg *a diszciplinák közötti*, az azokat „képviselő” akadémikusok számában kifejeződő *arányossági elvet is indokolt érvényesíteni*.

Nyilvánvaló, hogy az *egyéni tudományos érdem* kell, hogy meghatározó legyen. Még az egyes tudományterületek, diszciplinák, illetve osztályok közötti arányok javítása és új, felfejlődő tudományos szakterületek akadémikus képviselőinek biztosítása sem lehet olyan cél, amelynek alá kellene rendelni az Akadémia alapvető és eredetileg megszabott célját, hogy ti. a tudomány legjelesebb hazai művelőinek legyen a „tudós társasága”, vagyis hogy a kiválóság legyen a tagválasztás elsődleges és döntő kritériuma!

Mínthogy azonban a különböző területeken elért tudományos eredmények „kiválósági foka” nemigen mérhető össze, ezért a szakterületek akadémikus képviselőinek arányossága is fontos kritérium. Ez azonban – néhány más akadémia gyakorlatától eltérően – nálunk nem mindig mérlegelési szempont, az eseti döntések hatására pedig a humán- és társadalomtudományok képviselői aránya az Akadémián belül hosszabb ideje és tendenciaszerűen csökken.

Az Asz. 41§ (5) bekezdése szerint: „Az Akadémia rendes és levelező tagjainak választásakor a betölthető helyeket – a tudományágak fejlődését nyomon követve, arányos képviselőitük elvét érvényesítve – az Elnökség osztja el a tudományos osztályok között”. Az életkori sajátosságok mellőzése, a hatvanéves jelölési korhatár merev értelmezése kimondottan károsnak bizonyult a lassan beérő

társadalom- és bölcsész kutatók számára, és e területek képviselőinek szűzsugorodására vezetett. Emellett előfordult, hogy az elhalálozott tagok „visszapótlásáról” sem gondoskodott az Elnökség, mert ragaszkodott a kvóták osztályok közti „arányos” elosztásához. (Így például a IX. Osztály elhunyt öt tagja helyett legutóbb csak két vagy három tagot választott.)

Korábban a vonatkozó *kvóták elosztását* az Elnökség az előtt végezte el, hogy a tudományos osztályokon a levelező tagságra ajánlott doktorokról a szavazás megtörtént, és az előterjeszthető jelöltek listája összeállt volna. A későbbi rendelkezés szerint, amelyet a határidők rövidegével indokoltak, a betölthető helyek elosztására csak az osztályszavazások lebonyolítását és a jelöltlisták előterjesztését követően kerül sor, vagyis amikor az Elnökség tagjai már ismerik a jelöltek névsorát. Ez legalábbis lehetőséget ad arra, hogy az Elnökség – esetleg néhány tagjának egyes jelöltek iránti rokonszenve vagy ellenszenve következtében – a betölthető helyeket olykor ne a törvény által előírt elv alapján ossza el az egyes osztályok között, hanem szubjektív és más tudományon kívüli szempontokat is követve. Ennek kiküszöbölése különös figyelmet kíván.

A betölthető helyeknek, vagyis *a kvóták-nak a tudományos osztályok közötti egyenlő elosztása* sem jelentene ideális megoldást, hiszen a kialakult osztályok közötti arányokat konzerválva egyenlőtlenek közötti egyenlőséget sugallna.⁶ A három tudományterülethez tartozó osztályok száma ugyanis nem azonos. A tizenegy tudományos osztály közül a hu-

mán és társadalomtudományi területhez tartozó osztályok száma csupán három, míg a másik két tudományterület mindegyikéhez négy tartozik. Ennek a problémának a megoldására (sőt túlzott ellensúlyozására) javasolta elnöksége idején *Glatz Ferenc* akadémikus a II. és a IX. Osztály kettéosztását, ami elfogadhatatlannak bizonyult. Ennél sokkalta egyszerűbb megoldást javasolt néhány évvel ezelőtt *Török Ádám* akadémikus, aki a kvótáknak nem a tudományos osztályok közötti, hanem *a három nagy tudományterület közötti egyenlő elosztását* kezdeményezte. Megjegyzendő, hogy még az ilyen egyenlő arányú elosztás sem igazán optimális, és nem is mindig indokolt. Más arányok bevezetéséhez viszont előbb tisztázni kellene azok meghatározásának kritériumait, ami nem egyszerű feladat.

Az akadémikus létszámkeret tudományterületek szerinti elosztása egyáltalán nem precedens nélküli eljárás. A Bajor Tudományos Akadémiának például két osztálya (Klasse) van, természettudományi-matematikai (Mathematisch-naturwissenschaftliche), valamint humán- és társadalomtudományi (Philosophisch-historische). A két osztálynak külön-külön meghatározott kerete van a hetven év alatti tagokra vonatkozóan. A választásra az ún. Plenum jogosult, melynek tagjai csak rendes tagok lehetnek. Nem kell feltétlenül minden évben kitölteni a kereteket, a szabad helyek későbbi évekre átvihetők.⁷

Ezt és már az ajánlások terén is fennálló esélyegyenlőtlenség problémáját⁸ figyelembe

véve megfontolandónak tartjuk a *levelező tagságra történő ajánlások rendszerén belül a pályázat lehetőségének bevezetését*. Elsősorban abból a célból, hogy az ajánlásra esélye legyen azoknak is, akik csupán azért nem eléggé ismertek a tudományos osztály akadémikus tagjai előtt, mert olyan (különösen új vagy interdiszciplináris) szakterületek művelői, amelyeknek nincs még megfelelő akadémikus képviselője. A levelező tagságra érdemsítő adatokkal ellátott pályázatot, amely csupán az ajánlásra vonatkozna, a tudományos osztály által kijelölt három akadémikus értékelné, akiknek egybehangzó támogató javaslata lenne a feltétele annak, hogy az osztály azt egy annak alapján megfogalmazott ajánlásként elfogadja.

Ezzel együtt javasoljuk a *levelező tagságra történő ajánlások meglévő rendszerét* is módosítani úgy, hogy *valamennyi*, az akadémikus tagok által kezdeményezett *ajánlást* is előzetesen a tudományos osztály által kijelölt három akadémikus értékelné és csak egybehangzó javaslatuk esetében válhatna egy ajánlás az osztály által elfogadottá. Ez – véleményünk szerint – ellensúlyozhatná az akadémikus ajánlásoknál olykor óhatatlanul szerepet játszó szubjektív szempontokat, a munkatársi, beosztotti, illetve tanítványi körből történő kiválasztást. E javaslat bevezetése az Alapszabályt, illetve az Ügyrendet illetően természetesen még részletes kidolgozást igényelne.

Milyen visszás következményei vannak az akadémikus létszám merev értelmezésének és a diszkriminatív korhatárnak?

Bizonyos értelemben szerep- és kompetenciatévesztések kapcsolódnak *az akadémikusok maximális számának meghatározásához és a vonatkozó korhatárhoz*, illetve *annak félrevezető értelmezéséhez*.

⁶ A bölcsészeti és a társadalomtudományok margóira szorítása egyfajta nemzetközi folyamat, bár számos tudománypolitikai szervezet – így az *Academia Europaea* és a *Science Europe* is – főlemelte már szavát e torzulás ellen. Egyelőre nem sok sikerrel.

⁷ A különböző országok akadémiainak összehasonlító elemzését adta Hamza Gábor (2007) írása.

⁸ Aligha tagadható, hogy lényegesen nagyobb esélye van három akadémikus ajánlására annak, aki azok vagy legalább némelyikük szakterületén (pláne munkahelyén) tevékenykedik, és így közelebbről is ismert.

Aligha vitatható, hogy létszámhatárra, a *numerus clausus* meghatározására az akadémikus tagok esetében valóban *szükség volt*, amiatt, hogy az azt megelőző évtizedekben az akadémikusok testületének, az ún. „tudós társaságnak” számbeli felduzzadása már e tudományos rang leértékelődésének növekvő veszélyét idézte elő. *A vonatkozó határvonalak* megvonása azonban meglehetősen önkényesen, a hazai tudomány fejlődésének objektív körülményeitől, művelői tényleges számától és eredményeitől elvonatkoztató módon történt. Annak következtében pedig, hogy együtt jár a *hetvenéves korhatár nem kevésbé önkényes*, a várható élettartam növekedését is figyelmen kívül hagyó, és nem annyira korkezdvezményt, mint inkább (bár nem a törvényből, hanem csak a kialakult gyakorlatból adódóan) *kordiszkriminációt jelentő* megvonásával, erősen visszás helyzeteket, esetenként ésszerűtlen látszatzmegoldásokat teremtett.

Megjegyezzük, hogy a legutóbbi három tagválasztáskor (kevés kivétellel) a még inkább önkényesen bevezetett hatvanéves korhatár érvényesítésére is sor került, amiről bizonytalan jogalapú szóbeli információk alapján szerezhettek tudomást az ajánlók, az ajánlottak és a választásban részt vevők. A korhatár nyilvánvalóan előnyös a „gyors érelésű” diszciplínák (például némely természet-tudományi és orvosi diszciplína), hátrányos viszont a „hosszú érelést igénylő” diszciplínák (különösen a bölcsészeti- és a társadalomtudomány) művelői számára. Ez utóbbiak esetében amúgy is nagyobb szerepe van az időnek annak elbírálásában, hogy mennyire értékálló egy megállapítás, mint annak, hogy

megjelenésekor éppen hányan tartották azt idézésre alkalmasnak.⁹ Továbbá, a korhatárok megállapításánál figyelmen kívül maradtak az eltérő nagyságú korcsoportokban megmutatókozó demográfiai hullámzások is.

Az akadémiai törvény ugyan csak azt mondja ki (*MTAtv. 6.§ (3) bek.*), hogy „a 70 évesnél fiatalabb hazai akadémikusok száma nem haladhatja meg a 200 főt, a hazai akadémikusok teljes száma pedig a 365 főt”, ez a gyakorlatban nemcsak a létszámhatár túllépésének tilalmaként értelmeződött, hanem mindinkább úgy, mint a minden egyes választási ciklusban *ki is használandó keretszám* – függetlenül attól, hogy ténylegesen hányan vannak az akadémiai tagságra valóban érdemes jelöltek.

Az *akadémikusi tagságra jelölésnek bármi-féle korhatárhoz kötése* az Alkotmány szempontjából is aggályos, amennyiben diszkriminatív módon *egy voltaképpen tudományos fokozat* (mégpedig a legmagasabb), *illetve az elismerés megszerzésének lehetőségétől fosztja meg* a tudományos pályán dolgozó és az előírt minőségi feltételeknek megfelelő *magyar állampolgárokat*. Ez esetben ugyanis nem a munkaviszonnyal és a nyugdíj jogosultsággal, sem pedig vezető állások betöltésével kapcsolatos korhatárról van szó, hanem a tudományos minősítés révén elérhető magasabb szint elérésének megakadályozásáról, ami ellentétben áll a tudományos életpálya modelljének sokat hangoztatott koncepciójával.

Egyébként a korhatár gyakorlati érvényesítése demográfiai szempontból hosszabb távon kedvezőtlen hatású, hiszen – a várható élettartam általános növekedése miatt is –

egy-két évtizedre drasztikusan csökkenti majd a levelező tagság betölthető helyeinek számát. Ma már rövid távon viszont, vagyis az elkövetkező években – az akadémiai doktorok már meglehetősen magas átlagos életkora folytán – erősen leszűkíti a jelölhetők körét. Mindez ciklusonként erőteljesen eltérő esélyeket biztosít – azonos teljesítmény mellett is – a bekerülésre. Külön gondot jelent, hogy minőségi megfontolásból még sosem hagytak kihasználatlanul helyet egyetlen tudományos osztályban sem, mert nem volt lehetőség annak továbbvitelére.

A korhatár és a kvóta együttes alkalmazása a levelező tagok választása során igen nagy eltéréseket idéz elő az esélyekben választási ciklusonként. *A kor szerinti diszkrimináció visszaszár következményeként* egyfelől előfordulhat, hogy bár az esedékes tagválasztás idején történetesen nincs is annyi, levelező tagságra a tudományos teljesítmények gondos vizsgálata alapján valóban érdemes akadémiai doktor, mint ahány megválasztható lenne, mégis sor kerül a maximált létszámkeret kitöltésére. Másfelől viszont, és még gyakrabban, megeshet, hogy jóval több a tagságra érdemesnek ítélt jelöltek száma, mint az adott választási évi keretszám. Míg az előbbi eset *az akadémikus közösség „minőségének” romlásához vezet*, az utóbbi a tudományos osztályok által megszavazott, ám a hetvenéves korhatárhoz közel álló és az akkori kvótába be nem férő *jelöltek végleges elvesztését* jelenti az akadémikusok közössége számára, minthogy három évvel később már nem is lehetnek esélyesek (ha egyáltalán lesz ajánlójuk). Voltaképpen vagy főként ezek számára és kompenzálására, mintegy „vigasztalóként” került alkalmazásra az ún. *Eötvös József-koszorú*. Az *Eötvös József-koszorú* adományozása azonban az ő esetükben látszatzmegoldás csupán,

sőt (a temetéssel asszociálható elnevezés miatt) inkább a pályafutás végét, mint sem annak a levelező tagsághoz közeli, netán azzal egyenértékű magaslátát jelzi.

A *megoldásra* több, egymást kiegészítő vagy követő módzat kínálkozik a vonatkozó törvény módosítása nélkül is:

- (a) *Pontosítani* kellene és megfelelően, vagyis nem az idősebb jelölteket sújtó kordiszkriminációként értelmezni az akadémiai törvény maximális létszámmal kapcsolatos korhatárra vonatkozó kitételét.
- (b) A levelező tagságra ajánlások esetében az alkalmasság, illetve érdemesség megítélését a *korhatártól függetlenül*, csak az illető tudományos teljesítménye, hazai, illetve nemzetközi elismertsége és akadémiai tevékenysége alapján kellene elvégezni.
- (c) Az „*Eötvös József-koszorú*” helyett, illetve attól függetlenül *kompenzálni kellene* azokat a jelölteket, akik ugyan többször is elnyerték az illetékes tudományos osztály többségi támogatását, de az osztály számára biztosított *kvótába nem fértek bele*, és akiket az osztály már nem jelöl újra, noha akadémikusi tagságra érdemesek.

Ez a mód lehetne (az Akadémia érdekében is) például „*az MTA tiszteletbeli levelező tagja*” (vagy valamely más) címnek a megadására, amelynek birtokosai az „Akadémia tiszteletbeli tagjaihoz” hasonlóan nem élveznék ugyan a levelező és rendes tagoknak járó akadémikusi tiszteletdíjat és az akadémikusválasztáskor, illetve az akadémikusok zárt ülésén is érvényes szavazati jogot, de a közgyűléseknek és osztályüléseknek állandó tagjai lennének – a választott közgyűlési képviselőkével azonos jogokkal. Megválasztásukat illetően az eljárás az ajánlástól kezdve a közgyűlési szavazásig a levelező tagságra jelöltekével lenne azonos, és bizonyos létszámkorlát meghatározására ese-

⁹ Csak az érdekesség kedvéért említjük meg a nemrégiben, százket évesen elhunyt Ronald Coase példáját, aki csak fél évszázaddal az után, hogy a vállalatelmélettel kapcsolatos úttörő cikke megjelent, 1987-ben

kapta meg a Nobel-díjat. Másik példánk a mikroökonomia elismert szakértője, Leonid Hurwicz, aki kilencvenévesen, vagyis mintegy 50%-os „túlkorossága” idején kapott közgazdasági Nobel-díjat 2007-ben.

tükben is szükség lenne (E javaslat részletei és a vonatkozó szabályok még megvitatásuk előtt kidolgozásra várnak.)

Kinek mit szabad, és mit nem – az MTA kommunikációs szabályzata szerint?

A szóban forgó szabályozás sokkal nagyobb horderejű, az egész akadémiai testületet érintő kérdés, semhogy elnöki határozattal rendezni lehetne (még ha azt az elnökség jóváhagyja is).

Az MTA Elnökének 22/2014. (IV.15) számú határozata a Magyar Tudományos Akadémia Kommunikációs szabályzatáról” számos pontatlanságot és kifogásolnivalót tartalmaz.

(a) Ennek az elnöki határozatnak a „személyi hatálya” annak ellenére is csupán az Akadémia tagjaira és alkalmazottaira („foglalkoztatásra irányuló jogviszonyban állókra”) szorítkozik, hogy a köztestület, illetve a Közgyűlés nem akadémikus tagokat is felölel, és az akadémiai doktoroknak is vannak köztestületi feladatai és tiszteletdíjra vonatkozó jogai.

(b) A határozat „tárgyi hatálya” viszont a „köztestülettel (és a Titkársággal) összefüggő ... hír értékű információk nyilvánosságához közvetítésének” rendjére, valamint „az akadémiai és titkársági” kommunikáció belső rendjére terjed ki. Az előbbi mint „külső kommunikáció” rendjében a határozat szerint „hír értékű információ minden... a közfeladat-ellátással összefüggő és az Akadémia küldetését hangsúlyozó adat, esemény, történet, tény, körülmény.” A „külső” és „belső” kommunikáció rendjének megkülönböztetése nemcsak értelmezési problémákat vet fel, amennyiben a belső kommunikációban szereplő dokumentumok a „külső” nyilvánosság elé kerülhetnek (miért is ne?), és

például a *Magyar Tudomány* című folyóirat, sőt az *Akadémiai Értesítő* vagy épp az MTA hivatalos honlapja (*mta.hu*) is nyilvánosságnak örvend, hanem jogi vonatkozásúakat is. Sőt, ez a megkülönböztetés még akár a pártállami idők rossz emlékéü információs rendszerét is felidézi, amelyben a kedvezőtlen adatokat, véleményeket, bírálatokat nem volt szabad nyilvánosságra hozni, és amelyben a „belső” kommunikációban szereplő vélemények még a közvetlenül érintettek számára sem voltak megismerhetők.

(c) Az elnöki határozat szerint a „külső” kommunikációban „nem jelenhet meg olyan információ, amely az Akadémia [...] jó hírnevét vagy az akadémiai érdekeket sérti vagy veszélyezteti”, és az Akadémia tagjai [...] nem adhatnak tájékoztatást olyan tényekről, információkról, amelyek [...] az állam, az Akadémia vagy annak [...] bármely munkatársa számára ...hátrányos”. Ez két lényeges kérdést is felvet:

- *Ki jogosult elbírálni* azt, hogy mi sérti vagy veszélyezteti az Akadémia jó hírnevét és érdekeit? (Vajon egy önkényes vezetői döntés bírálata vagy maga az ilyen döntés?)
- Hol húzhatók meg a személyiségi és az intézményi jogok közötti határok, vagyis *mennyiben korlátozhatók* az Akadémia tagjainak *személyiségi jogai* a véleménynyilvánításban?

Véleményünk szerint az Akadémia tagjainak természetes joguk, hogy – ha szükséges – akár a nyilvánossághoz, a médiához is fordulhassanak épp az Akadémia védelmében, ha az Akadémia vezetése önkényesen jár el, illetve a vonatkozó ügyben kompetens tudományos testület (tudományos osztály, intézeti kutatógárda) állásfoglalásával merőben ellentétes

döntést hoz. Ugyanakkor elvárható, hogy – ha módjuk van rá – előbb az akadémiai közösség nyilvánossága előtt tiltakozzanak az önkényes döntések ellen.

(d) A *kommunikáció „belső” rendszerében* a „vertikális” információáramlás elvileg *kétirányú, de korántsem egyenértékű*. Egyik irányban, nevezetesen felfelé, a hierarchia csúcsai irányában a vezetők döntéshozatalt hivatott szolgálni, míg lefelé, a vezetőket megválasztó közösségek, illetve azok tagjai irányában a vezetők által hozott döntésekről, határozatokról és előírt feladatokról való pusztán tájékoztatást. Feltűnően hiányzik a tagság és annak testületei, a tudományos osztályok és bizottságaiak előzetes, vagyis a vezetői döntéseket, határozatokat megelőző tájékoztatására szolgáló és azok megvitatására lehetőség adó információáramlás.

(e) Nem esik szó arról sem, hogy ha a vezetés valamely szintjén olyan döntés, állásfoglalás, vélemény vagy javaslat születik, amely közvetlenül érinti valamely tudományos osztály, annak valamelyik tudományos bizottsága vagy tagja kompetenciáját, illetve érdekét, akkor *az érintettnek természetes joga arról időben értesülni*, arra reagálni és – ha kell – magasabb fórumhoz vagy végső soron akár a nyilvánossághoz is fordulni.

(f) Nincs meghatározva az sem, hogy *konkrétan mire terjed ki az Elnök kommunikációs jogköre*, illetve milyen esetekben nem nyilatkozhat az Akadémia nevében a Közgyűlés vonatkozó állásfoglalása nélkül, és mikor kell világosan megkülönböztetnie személyes véleményét, személyi minőségben tett állásfoglalását az elnöki tisztségében, vagyis választott vezetői minőségében tettektől.

Mi az oka a mennyiségi szemlélet és a bürokratikus elemek eluralkodásának a minősítési eljárásban?

A szellemi tőkével és különösen a korlátozott pénzforrásokkal való ésszerű gazdálkodás természetes igénye, valamint a tudománnyal és felső szintű oktatással foglalkozók előmenetelét meghatározó minősítése mindinkább megköveteli a tudományos teljesítmények *számszerű mérését és összehasonlítását*, vagyis nélkülözhetetlenné teszi a scientometriát (tudományometriát). A *pályázati rendszer* elterjedése még inkább növeli ennek szerepét és jelentőségét, hiszen a szponzorok (legyenek azok akár állami, illetve más közintézmények vagy vállalatok, alapítványok, magánszemélyek) nagyon is tudni kívánják, egyrészt azt, hogy kikre, mennyire sikeres, már korábban jelentős eredményeket elért kutatókra bízhatják a tudományos célra fordított pénzösszeget, másrészt, hogy annak felhasználása nyomán milyen új eredmények várhatók.

Mindez óhatatlanul előtérbe állítja – a minőségi kritériumok és a csak később mutatkozó eredmények rovására – a korábbi és a mielőbb várható teljesítmények „mérését”, számokban kifejezését. Minthogy pedig a tudomány területén is felerősödött a *nemzetközi verseny*, és fontossá vált a *versenyképesség* javítása, ez is a minél gyorsabban megmutatózó és publikálható eredmények jelentőségét növeli. Nem csoda tehát, hogy a *mennyiségi szemlélet és a rövid időtáv előnyben részesítése* kedvezőtlen tendenciákat erősít fel a minősítési eljárásban:

A tudományos kutatók minősítésében, a teljesítmények értékelésében immár túlzott hangsúlyt kap a tudományos közlemények *konkrét számokban* kifejezhető és így látszólag objektíve is „összemérhető” nagysága – füg-

getlenül a különböző tudományterületek, diszciplínák és témakörök sajátosságaitól, és jobbra eltekintve a publikációk műfajától, tartalmától és minőségétől is, vagyis minőségük értékelésének rovására.

A *publish or perish* szemlélet és a tudományos verseny nyomásának hatására a tudományos közlemények „rangsorában” első helyre kerülnek a *folyóiratcikkek és más, időszaki, illetve elektronikus kiadványokban gyorsan publikálható írásként*.¹⁰ Nemcsak általában a hosszabb átfutású publikációk rovására, hanem különösen a lektorált szakkönyvek és nagyobb terjedelmű, több generáció tudását gyarapító *opus magnumok*, az adott tudományág elért eredményeit kritikailag feldolgozó és saját kutatási eredményekkel kiegészítő egyetemi tankönyvek ellenében. Megjegyzendő, hogy a bölcsész- és társadalomtudományokban egy-egy munka hatása jobbra csak évtizedekben mérhető, sőt, *értéküket az idő rostálja meg igazán*. Ezenkívül az utóbbi tudományokban sokszor harmadrendűnek tekintett, vagy kis példányszámú lapokban jelennek meg jelentős új tudományos eredmények.¹¹

A *tudományos eredmények hatását gyakran csak a hivatkozások, illetve a független idézők száma, vagyis csak az adott tudományágon*

belüli hatás *alapján ítélik meg*, és az ún. *hatás-tényezővel* az egyébként kizárólag csak a folyóiratok rangsorolására szolgáló, ott sem kizárólagos eszközként és nagyon is korlátozott érvénnyel alkalmazható impaktfaktor nagyságával mérik, illetve azzal azonosítják. Ráadásul, az idézetek, hivatkozások felmérését többnyire csak a rangosnak ítélt folyóiratokban megjelentekre korlátozzák. Ez annál is különösebb, mert 2015-ben a komoly kiadók gondozta kötetek idézeteire mind a Scopus, mind a Thompson Reuters külön adatbázist hozott létre, amely saját közlésük szerint húszmillió rételt tartalmaz.¹²

Túlzottan megnőtt az USA-ban létrehozott *nemzetközi adatbázisok szerepe és jelentősége*. Ezek egyfelől igen nagy szolgálatot tesznek, és óriási lehetőségeket biztosítanak a kutatók és a kutatási eredményeket értékelők számára a tudományos publikációkra vonatkozó információáramlás terén. Másfelől viszont adataiknak a korlátozott megfigyelési körbe tartozó forrásai és műfajilag is leszűkített jellege folytán óhatatlanul is nagy aránytalanságokat mutatnak a tudományos eredmények és hatásuk mind nyelvi, mind földrajzi, mind pedig műfaji megoszlását és társadalmi szerepét tekintve. Különösen igaz ez, ha az adatbázist egy – a tudományos piacon erőteljesen és közvetlenül érdekelt – üzleti vállalkozás (a Thompson Reuters) hozza létre és tölti föl.

Prioritást élveznek az *angol nyelven megjelenő közlemények* – minden más, nemzeti nyelven megjelenő publikációval szemben, még ha az adott nyelvet (mint például a kínait) többen értik is, mint az angolt, és ha az adott publikáció közvetlenül az illető ország sajtósági problémáira vonatkozik is.

¹² Az Edward Elgar kiadó 2015. évi katalógusaiban külön kiemeli, hogy kötetek már szerepelnek az adatbázisban, hisz többszörösen lektorált művekről van szó.

Mindezek a változások, illetve tendenciák nemcsak *eltérő módon és mértékben érintik az egyes diszciplínák művelőit*, sőt azokon belül is a különböző témakörrel foglalkozókat, hanem meglehetősen *módosítják a tudomány művelőinek munka- és időbeosztását* is, valamint a tudományos kutatásokra fordított források felhasználási arányait is. Ebben a pályázati rendszer elterjedése is nagy szerepet játszik.

Általában *hátrányt szenvednek* nemcsak az elméleti alap kutatásokat végzők, hanem a helyi, illetve nemzeti irányultságú kutatásokkal, az adott társadalom problémáival foglalkozó (többnyire a társadalomtudományokhoz tartozó) kutatók, továbbá a tudományos elméletek történetével és kritikájával, illetve az intenzív és hosszán tartó kutatómunkát igénylő témákkal foglalkozók is – mindegyik diszciplína esetében.

A doktorjelöltek és a köztestületi tagok számára előírt az a kötelezettség, hogy publikációikat és a hivatkozásokat megjelentessék a Magyar Tudományos Művek Tárában. Az MTMT szabályainak és követett módszertanának egyes elemei viszont sajnálatos módon még a fenti kedvezőtlen tendenciákat tükrözik és erősítik fel. Ezeknek a hatása már csak emiatt is így vagy úgy óhatatlanul megjelenik *Akadémiánk minősítési gyakorlatában* is annak ellenére, hogy a *Doktori Szabályzat* nagy súlyt fektet a minőségi szempontok érvényesítésére, valamint az egyes diszciplínák sajátosságainak figyelembevételére, és a Doktori Tanács is hangsúlyozza, hogy *kellő egyensúlyt kell biztosítani a mennyiségi és a minőségi követelmények, illetve az általánosítható és a diszciplínárisan sajátos szempontok között*.

Míthogy a mennyiségi szemlélettel kapcsolatos gondolatainkat és az MTMT-re vonatkozó kritikái észrevételeinket (Csaba et al.,

2014) korábban közreadtuk, helyütt csak néhány további észrevétellel kívánjuk kiegészíteni mondandókat. Úgy látjuk, hogy az MTMT megújítása megindult ugyan, de sem ütemében, sem jellegében még nem elégséges. Ezzel kapcsolatban örömmel konstatáljuk, hogy több osztályhoz eljutott a scientometria egyoldalú és szakszerűtlen fölhasználása elleni *San Franciscói Nyilatkozat* (DORA),¹³ amely az általunk fölvetettekkel egybevágó bírálatokat fogalmaz meg az élet- és a természettudományok terén. Külön is üdvözljük, hogy több akadémiai osztályon hivatalosan is kezdeményezték is a csatlakozást a nyilatkozathoz, illetve *támogatják az abban foglaltak átvezetését a hazai gyakorlatba*. Figyelemre méltó, hogy az idézett fölhívást 2012 decemberében egy a scientometriában inkább kedvező, mintsem hátrányos helyzetű diszciplína (a sejtbiológia) művelői indították útjára, és hogy természettudósok és természettudományi lapszerkesztők sora csatlakozott ahhoz.

Miért szorul revízióra a scientometriai mutatók használata és az MTMT gyakorlata?

Az MTMT – legalábbis jelenlegi struktúrájával, nagyrészt importált terminológiájával, halmozott adataival, műfaji kavalkádjával, bonyolult technikai finomságaival és túlcenralizált adminisztrációs gyakorlatával, valamint nem kis részben a kontroll hiánya miatt, amelyben jelentősen közrejátszik az osztályok passzivitása is – óhatatlanul is táptalaja a bürokratikus elemek, adminisztratív szerepek eluralkodásának, a mennyiségi szemlélet túlzott érvényesülésének, a számok bővítésének, sőt az azokkal való „bűvészkedésnek” is a minősítési eljárásban. Egyszersmind a kü-

¹³ *San Francisco Declaration on Research Assessment. Putting Science into the Assessment of Research* (URL1)

lönböző tudományterületek, diszciplínák és kutatási témakörök sajátosságainak figyelmen kívül hagyására késztet mind a tipikusnak tekinthető publikációs műfajok és fórumok, mind pedig a tudományos eredmények hatása tekintetében, és hozzájárul az adminisztrációs munkáknak és költségeknek a tudományos tevékenységre fordított idő és költségek rovására történő növekedéséhez, valamint az adminisztrátorok uralmának kialakulásához a tudomány művelőivel szemben (akik passzívításuk folytán maguk is hibásak ebben).

Természetesen nem magukkal a számokkal van a baj, hanem

- a számok eklektikus, magyarázat nélküli megjelentetésével, és
- ellenőrizhetetlenségükkel,
- a kitöltés során bekerülő csúsztatásokba való beletörődéssel,
- az ellenőrzés „kiszervezésével” a részben érdekelt, szakmailag nem kellően felkészült intézményekhez,
- a felhasználók között eluralkodott szemlélettel, akik az érdemi vizsgálat helyett a számítógépre és a számokra bízák az „értékelést”.

A *menyiségi szemléletnek* a tudományos teljesítmények értékelésében való túlzott és félrevezető szerepét az MTMT mindaddig erősíti, amíg a szükséges korrekciók és fejlesztések nem teszik lehetővé és kötelezővé

- mind a közleményeknek, mind pedig a hivatkozásoknak pontosabb és következetesebb műfaji megkülönböztetését,

- a duplumok és egyéb halmozódások kiszűrését,
- a többszerzős művek esetében a szerzőnkénti arányok meghatározását,
- a sok szerzőt és hivatkozást feltüntető cikkek esetében az adatok „normálását” (hogy azok ne értékelődjenek aránytalanul fel).¹⁴

A különféle halmozódásokat tartalmazó publikációs *listák* egymással *egybevetetetlen adatsorokat* eredményeznek még egy adott tudományterületen belül is. Ez pedig mindekeletől abból fakad, hogy az MTMT-ben – a könyvtári katalógusokhoz hasonlóan¹⁵ – még a változatlan formában és tartalommal, ugyanazon fórumon, illetve kiadásban és ugyanazon a nyelven újra megjelent publikációk is új közleményként szerepelnek, a többszerzős művek pedig sokszor minden egyes szerző nevének *külön tételként* is, vagyis nem csak a saját részüket jelző tétel formájában. Sőt, ha többszerzős könyvben több fejezetet írt egy szerző, akkor ezek külön tételként kerülnek be az MTMT-be. (Ha a szerző vagy a szerkesztő egy fejezetből kettőt csinál, máris eggyel több lett a vonatkozó publikációs tételek száma.)

Az MTMT jelenlegi szabályai szerint, illetve adminisztrációs gyakorlatában a *társ- és többszerzős, illetve a „sokszerzős közleményekre”* (így a gyakran csak néhány oldalas folyóiratcikkekre) vonatkozó hivatkozások, illetve idézettség száma *osztatlanul*, mindegyik szerzőnél teljes értékben jelenik meg. Ez különösen zavarja a doktori címre pályázók

minden művön rajta kell, hogy legyen, de hogy ezt – a számok bővületében – önálló közleményként lehessen kiemelni az MTMT-ből, az nyilván az adatbázis újító funkciókeveredés jele. Más a könyvtári nyilvántartás, és más a tudományos művek lajstroma, főképpen, ha minőségbiztosítási céllal működteik!

teljesítményének értékelését, hisz nyilvánvalóan ellenkezik az MTA doktori szabályzatával, amelynek 3.§ (5) bekezdésében az áll, hogy a doktori eljárás kérelmezője „köteles egyértelműen elkülöníteni saját eredményeit másokétól”. Erre a sokszerzős közlemények elterjedése egyre kevésbé ad módot, pedig egy kollektíva egészét aligha lehet személyre szóló címmel – mint az MTA doktora, levelező vagy rendes tagja – díjazni.

Miközben a tudományos teljesítmény értékelésének minőségét javítja, hogy számokra lehet támaszkodni, ugyanez sokat ront is. A magyar tudományos közélet résztvevői többségükben ellenőrzés nélkül elfogadják például az MTMT-táblázatokban közölt számokat annak ellenére, hogy nincs megfelelő módjuk vagy idejük a számok mögött megbújó tételek ellenőrzésére. Nemcsak egyes szerzők, hanem a teljesítményüket értékelők, illetve az iránt érdeklődők is *hajlamosak a publikációs listák tételeinek mennyisége, valamint a „független idézők” száma* (sőt még akár az impaktfaktor feltüntetett nagysága) *alapján* végezni el az értékelést és a mások teljesítményével való összehasonlítást. Ez annál veszélyesebb, hisz világszerte gombamódra szaporodnak azok a folyóiratok, ahol a közlés feltétele néhány száz dollár befizetése, miközben a lap ISSN-nel és elvileg szerkesztő bizottsággal és lektori rendszerrel is bír. Helyeslendő ugyanakkor, hogy az MTMT igyekszik bevonni az osztályokat az értékelés alapját képező folyóiratlisták kialakításába, *minél előbb kiszűrni a ragadozó (predator) folyóiratokat a listákból*.

A *tudományos eredmények hatásának* pusztán a hivatkozások, illetve az idézettség – halmozottságtól és csúsztatásoktól nem mentes – MTMT-ben feltüntetett számával való mérése (ami természetesen nem az MTMT

hibája, még ha óhatatlanul erre ösztönöz is!) figyelmen kívül hagyja a tudomány elsőrendű szerepét. Ezek ugyanis csak azt jelzik (ráadásul azt is pontatlanul), hogy milyen a szerző közleményeinek hatása az adott tudományágzat belső fejlődésére, vagyis mekkora a *tudományon belüli, szakirodalmi* hatása. *Mintha maga a tudomány, annak művelése öncélú lenne*, nem pedig a társadalom szolgálat! (Egy hasonlattal élve: vajon mit szólnánk ahhoz, ha egy színházban a színészek mindig csak egymás számára játszanák el szerepüket, és tennének megjegyzéseket egymás játékára, míg a közönség eleve ki lenne zárva az előadás élvezetéből és értékeléséből?) A tudományos eredmények szélesebb és realisabb értelemben vett hatása nem utolsósorban, sőt legfőképpen a társadalom és annak következő generációi *tudásának* számokkal nehezen mérhető *gyarapodásában* fejeződik ki, valamint és nem kevésbé fontos módon a *társadalmi gyakorlat és magatartás fejlesztésében*, így például a társadalomtudományok esetében a jogalkotás, törvényhozás, gyakorlati gazdaság- és szociálpolitika stb. alakításában.

A mennyiségi szemlélettel együtt jár a módszertani egységesítésre, a publikációs teljesítmények és az idézettség tekintetében univerzálisnak feltüntetett mércék alkalmazására irányuló törekvés. Ez a fajta „objektivitás” figyelmen kívül hagyja az egyes tudományterületek, illetve diszciplínák jellegében, funkciójában, minőségi követelményeiben, publikációs lehetőségeiben és társadalmi hatásában mutatkozó különbségeket, vagyis módszertanilag téves! Az MTMT általános, nem kellően ellenőrzött tételeket összesítő táblázatai például, amelyekben ráadásul kétes értékű scientometriai indexek is megjelennek, alkalmasak a figyelmetlen olvasók félrevezé-

¹⁴ Megjegyezzük, hogy ez a legutóbbi évtizedig magától értetődő követelmény volt a könyvtártudományban!

¹⁵ Így aztán előfordulhat – nem kitalált eset – hogy valaki az MTMT-re hivatkozva fordításait is saját közleményként jelöli meg (nem a bölcsészeti és társadalomtudományok terén). Igaz, hogy a fordító neve

tésére. Egyesek – például sokkarú egyetemek vezetői, kutatási pénzeket osztó bürokraták, újságírók és a tudományban kevésbé járatos megfigyelők vagy kezdő kutatók – úgy vélhetik, hogy az abban megjelenő darabszámok és indexek alapján össze lehet vetni egyes, akár eltérő területen is kutatók tudományos teljesítményét. Ezt valamelyest enyhíteni látszik, hogy a tudományos osztályok, sőt bizottságok kérésére, az MTMT összeállítás és megjelentetési saját (osztály- vagy bizottság-specifikus) táblázatait is. Ám az utóbbiak csak az adott osztály, illetve bizottság szakemberei számára nyújtanak az általánosnál használhatóbb információt. Más terület szakembereit inkább félrevezethetik, különösen hátrányosan érintik az olyan osztályokat, illetve bizottságokat, amelyek az általánosnál jobban megszűrik a táblázatokban figyelembe vett tételeket, például kiszűrik a könyvek közé sorolt, de igazából nem oda való tételeket (műhelytanulmányokat, kutatási jelentéseket), a tudományos minősítés szempontjából jelentéktelen vagy kétes értékű közleményeket és idézeteket.

Az MTMT működésének nem lehet célja a tudományos teljesítmények értékelése! Az MTMT csak az értékeléshez szükséges alapadatokat adhatja meg, adminisztrátorai pedig ellenőrizték az eddigieknél pontosabban a publikációs listák bibliográfiai adatait. A listák legyenek minél rugalmasabban, különböző szempontok alapján átrendezhető és csoportosíthatók az olvasó által. Az MTMT-t természetesen nem lehet minden sajátos igényhez igazítani, alakítani, ezért az egyes tudományos osztályokat arra kell serkenteni, hogy speciális segédprogramokat fejlesszenek ki, amelyek alkalmasak az MTMT-ből átvett alapadatok sajátos szempontjaik szerinti továbbírtására és átrendezésére. Ilyen törekvések már megvalósultak két osztály esetében,

jelentősen erősítve a habitusvizsgálat megbízhatóságát és hatékonyságát.

Az MTMT jelenleg *nemcsak a tudományos műveket tartja nyilván, hanem* elnevezésével ellentétben *a nem tudományos publikációkat is*.¹⁶ Ez nem elfogadható, és ellentétben van magával a tár megnevezésével. Ha az MTMT valóban csak a tudományos művek tára lenne, úgy az egyes közleményeknek három ismérv szerinti megkülönböztetésében a harmadik ismérv, vagyis a „jelleg” szerinti megkülönböztetés nagyrészt fölöslegessé is válna.

A tudományos közlemények három ismérv (típus, besorolás, jelleg) szerinti minősítése egyrészt logikailag is ellentmondásosnak látszik, hiszen azokat az első és a harmadik ismérv szerint *is besorolják*. Másrészt, a pontatlan fogalomhasználat miatt *félre is érthető*, amennyiben az első, „típusnak” nevezett ismérv a *megjelenés formájára* (mint amilyen az önálló könyv, a többszerzős tanulmánykötet és a konferenciakötet stb.), *illetve fórumára* vonatkozik (mint amilyen a folyóirat), de előbbihez tartozna a brosúra, illetve a füzet, az utóbbihoz pedig minden más időszaki kiadvány is.

Az ún. típusok között a *'könyv' fogalmának értelmezése ellentétes* nemcsak a köznyelvben elterjedt értelmezéssel, hanem az akadémiai értelmező szótárban olvasható megha-

¹⁶ Jelenlegi szabályai szerint még a kiállítási katalógusok, folyóiratokban megjelent beszámolók, szerkesztőséghez vagy más szerzőkhöz írt levelek, hozzászólások, napilapokban megjelent cikkek, recenziók és interjúk, alkalmi megemlékezések stb. is bekerülhetnek a „tudományos” művek adattárába, holott a hitelesítésnek épp ezeket kellene elsőként kiszűrnie. Hasonló a helyzet a némely tudományok kimutatásait mesterségesen felfújó konferencia-posztterekkel, absztraktokkal, recenziókkal, hetilapcikkkel, esszékkel és visszaemlékezésekkel, a jelenleg szép számmal szerepeltetett nem publikált konferencia-előadásokkal, valamint kutatási beszámolókkal is...

tározással is, amely azt „írott műnek több fejezetből álló nagyobb egysége”-ként definiálja. A „folyóiratcikk” értelmezése is ellentétes az akadémiai értelmező szótár szerinti meghatározással, ha az MTMT-ben ebbe a kategóriába tartoznak a *napilapokban és a közéleti sajtóban* megjelent cikkek is. A „folyóiratban, periodikumban megjelent” közlemény típusának értelmezése pedig – az Országos Széchenyi Könyvtár fogalmi meghatározásával ellentétben – a rendszeresen megjelenő időszaki kiadványok közül *kizárja a nem meghatározott időközönként, de rendszeresen megjelenő kiadványokat* (mint a kutatóintézeti, tanszéki, illetve egyetemi, vagy éppen nemzetközi szervezetek által publikált időszaki tudományos közlemények, műhelytanulmányok).¹⁷

Az MTMT-ben az ún. „független idézőkre”, vagyis a *hivatkozásokra, illetve idézetekre vonatkozó adatok elkerülhetetlenül szórványosak, véletlenszerűek és hiányosak*. Ez részben a szerzők hanyagságából fakad, akik – különösen az idősebbek – nem fordítanak figyelmet és időt arra, hogy összegyűjtsék az elektronikus adattárakban nem fellelhető idézeteket, illetve hivatkozásokat, de részben adminisztratív akadályokból is. Általában „*idézhető*” közleményeknek ugyanis csak a folyóiratokban megjelent esszék, szakcikk, ismertetések és konferenciaközlemények, kommentárok minősülnek. Az MTMT adminisztrátorai nem is tekintik „hitelesíthetőnek” a szerzők tudományos könyveire vonatkozó, saját maguk által összegyűjtött hivatkozásokat (különösen a könyvekben találhatóakat, ami pusz-

tán könyvtartudományi szempontból is melléfogás, a tartalmi megítélést pedig a bölcsész- és társadalomtudományokban súlyosan torzíja). Ennek felismerése vezette mind a Scopus, mind a Thompson-Reuters adatbázis készítőit arra, hogy – mint korábban jeleztük – megpróbálják megoldani a *tudományos könyvekben megjelenő idézetek nyilván-tartását és integrálását* (természetesen késéssel és töredékesen, vagyis az általunk jelzett alaphiányosságokat inkább csak enyhítve).

A szerzők által megadott, elektronikus adattárakban nem fellelhető adatok „*hitelesítését*” az MTMT és egyes intézmények adminisztrátorai végezhetik csak el, mégpedig vagy a közvetlen megsejmlés vagy az „eredeti forrással” való egybevetés alapján. A szerző joggal érezheti úgy, hogy saját bejegyzésének, illetve adatközlésének hitelességét kétségbe vonják. A hitelesítéshez tehát az illető szerzőnek be kell mutatnia minden egyes publikációját az illetékes MTMT-adminisztrátornak, vagy ez utóbbi ellenőrzi azok „létezését” a felhasznált, többnyire külföldi adatbázisokban mint hiteles adattárban. Minthogy pedig az ilyen adatbázisokhoz való „szabad hozzáférhetőség” a gyakorlatban ma már sokszor azt jelenti, hogy a szerzőnek vagy munkaadójának jelentős nagyságú pénzbeli „hozzájárulást” kell fizetnie, azok, akik erre nem képesek vagy hajlandók, nem is lehetnek „hiteles” művelői legalábbis az MTMT által képviselt magyar tudománynak.

Valójában az MTMT adminisztrátorainak nincs elegendő megbízható forrásuk,¹⁸

kusan. Az meg már nem ritka kivétel, ha egyik-másik amerikai könyvkiadó egyáltalán nem küld szerzői példányt. Gyakori, hogy a külföldi folyóiratok (a nyílt hozzáférés nagyobb dicsőségére) csak több száz euró fejében küldenek a szerzőnek a cikkét közlő számból példányt és további összegért különlenyomatot.

¹⁷ Az elhatárolás formai és tartalmi szempontjaiban mérvadó eligazítást adhat Havasréti (2006) már idézett kötete.

¹⁸ Véletlenszerű, hogy egy-egy mű megvan-e az MTA könyvtárában, hogy az adott folyóiratra előfizetnek-e, vagy hogy utóbbi egyáltalán hozzáférhető-e elektroni-

sem elegendő szakismeretük arra, hogy a szerzői közléseket a mű jellegére vonatkozóan „fölbírálják” – ráadásul úgy, hogy a szerzőknek lehetőségük sincs a föllebbezésre. Ilyen viták esetekben legalább az illetékes tudományos bizottsághoz kellene fordulniuk, akik a szerző által benyújtott tárgyi bizonyíték alapján a vitát eldöntenék.

Mindezek (és egyéb) fogyatékoságok, anomáliák, illetve következetlenségek túlnyomórészt annak az óhatatlan következményei, hogy az MTMT jelenlegi szerkezetében és működtetésében

- (a) keverednek a könyvtárak (illetve az adatbázisok) katalógusrendszere és a tudományos minősítési eljárás szempontjai, kritériumai, fogalmai és az értékeléshez alapul vett adatforrásai, valamint
- (b) a magyar tudományos művek nyilván tartásának és a tudomány aktív művelői jegyzékbe foglalásának követelményei, továbbá
- (c) nem megfelelően rendezett a szerzők és az MTMT könyvtárosi adminisztrátorai, az MTMT és a tudományos osztályok és bizottságok között a jogok és felelőségek megoszlása, ami jelentős részben az utóbbiak mulasztása.

A magyar tudományos művek *országos és egyéges nyilvántartására kétségtelenül szükség van*. A fentiek tükrében azonban nyilvánvaló, hogy az MTMT egész rendszere nemcsak „fejlesztésekre”, hanem *alapos revízióra*, a felsorolt és egyéb fogyatékoságainak kiküszöbölésére, illetve áthidalására is szorul. Mindezek fényében figyelmet érdemel és melegen üdvözlendő *Makara Gábor* (2015) az *MTMT Felügyelő Testülete elnökének* állásfoglalása. Ebben – egyebek között – „idejémtúlt elemnek” nevezte például „az *impaktfaktor* összeadását és az összegzés alapján történő értéke-

lést”. Azt is kijelentette a *menyiségi szemlélet ellenében*, hogy „több közepes publikációnál értékesebb egy kiemelkedő” (nyilván alapos és megbízható szakmai értékelés alapján ilyennek minősített), és komoly problémának nevezte azt, hogy „sok helyen a szakmai előmenetel a közlemények számától függ”, nem pedig azok minőségétől. Utalt arra is, hogy „az egyes tudományágak publikációs sajátosságai rendkívül eltérnek egymástól” és hogy egyik nagy feladat az adatbázisnak „a múltban elért eredményekkel” való kibővítése.

Mindezekből logikusan következik az MTMT egyes meglévő szabályainak, struktúrája némely elemének és adminisztrációjának is a revíziója. Ugyanakkor azonban több mint meglepő Makara Gábor fentebbi nyilatkozatának ama megjegyzése, hogy az MTMT-ben „a 43 ezer kutató-szerző nevéhez köthető, napról napra bővülő publikációk száma 1,4 millió, a hivatkozó közleményeké pedig 4,4 millió körülire tehető”, hiszen ezek az adatok meglehetősen *félrevezető, sőt tartalmilag egyáltalán nem is értelmezhető mennyiségeket* jeleznek. Így e sommás kijelentés aligha megalapozott!¹⁹

Az említett adatok – amelyek a 2015. évi közgyűlésen elhangzott elnöki beszámolóban is fölbukkantak – ugyanis *egyfelől hiányosak*, másfelől *töredékesek*, *messze nem teljes körű számbavételre épülnek*. Nemcsak azért, mert egyik-másik akadémikus publikációs listái

¹⁹ Mint közismert, a tudományterületek teljesítménye nem is vethető, nem is adható ily módon össze! Például a *Science* ötéves impaktfaktora 31, a még rangosabb *Nature* hatástényezője 36, míg a közgazdaságtudomány vezető folyóirata, a Harvardon szerkesztett *Quarterly Journal of Economics* nem éri el a 6-os értéket. Vagyis a közgazdászok egyhathatannyira lennének okosak, mint az orvosok vagy a fizikusok. Még hozzá globális egybevetésben.

nem tartalmazzák számos korábbi művet, hanem amiatt is, hogy az idézettségi, illetve hivatkozási adatok „térben és időben” egyaránt korlátozottak, mondhatni szórványosak. Márpedig *az olyan számadatok, amelyeknek nincsenek meghatározva „térbeli és időbeli” határai, eleve semmitmondóak, értékelésre és összehasonlításra használhatatlanok, sőt félrevezetőek!* Példaképp említjük, hogy a német és az orosz kiadók egyáltalán nem törekednek az efféle adatbázisokba való bekerülésre, és e két – természettudományos és műszaki szempontból ma is jelentős – ország folyóiratai sem igen szerepelnek azokban vagy más olyan adatbázisokban, amilyeneket az MTMT adminisztrációja figyelembe venne.

Az MTMT struktúrájának megtervezői és számítástechnikai megalkotói – miközben jó néhány fölösleges adat számára biztosítottak helyet, illetve „mezőt” (amilyen például az „összegzett impaktfaktor”) – elmulasztottak helyet biztosítani az adatokat felvivők arra vonatkozó közlése számára, hogy a publikációs lista mennyiben tekinthető teljesnek, és hogy a „független idézőkre” vonatkozó adatok mennyiben szórványos, korlátozott forrásokra és korlátozott időre vonatkozó adatok.

Ez utóbbival kapcsolatban indokolt megjegyezni, hogy nemcsak az „összegzett impaktfaktor” felhasználása elfogadhatatlan a tudományos eredmények értékelésében, hanem általában az impaktfaktoré is (legalábbis azon túl, hogy a hivatkozásnak egy rangos folyóiratban való megjelenését jelzi). Sőt *az „idézettségre”, vagyis a „független idézők” számára vonatkozó adatok* felhasználásával is csínján kell bánni, különösen a magyar tudományos művek összességére vonatkozóan. *Az adatok forrása, „térbeli” köre* ugyanis *erősen korlátozott*. A publikációs listák nagy részében csupán a Web of Science és a Scopus adatbá-

zisokban szereplő folyóiratok idézettségi adatai szerepelnek, míg a másutt megjelentek, részben a szerzők hibája miatt, nem. Ráadásul az előbbieket *időbelileg* is korlátozottak, egyrészt mert eleve kimaradtak az adatbázisok létrejötte előtt megjelent hivatkozások, másrészt mert változott az adatbázisok megfigyelési köre.

Azzal a nyilatkozatban ugyancsak elhangzott megjegyzéssel ugyan maradéktalanul egyet lehet érteni, hogy „mind nagyobb jelentősége lesz egy sokak által hivatkozott közleménynek”, de persze csak akkor, ha e megállapítás nem szorítkozik kizárólagosan csak egy szűkebb megfigyelési körbe tartozó folyóiratokban megjelent hivatkozásokra!²⁰ Vajon nincs-e nagyobb értéke és hatása egy bármennyire is rangos folyóiratban közzétett és más folyóiratokban hivatkozott cikkhez képest például egy olyan, valamely szerző vagy szerzői kollektíva által elért, illetve összefoglalt új tudományos eredményeket tartalmazó könyvnek, amelynek újabb és másutt is, különösen külföldön is megjelenő kiadásait generációk használják kézikönyvként, és amelyekre többnyire szintén könyvekben hivatkoznak?!

A nyilatkozat során felsorolt számadatokban *másfelől* viszont, és ez súlyosabban esik latba, *a halmozódások tömege* rejlik, mint ezt fentebb részletesen taglaltuk, (hiszen minden többszerzős közlemény és azokra kapott összes hivatkozás valamennyi társszerzőnél is nyil-

²⁰ Ekkor még nem szóltunk arról – a témával foglalkozó szakirodalomban bőven tárgyalt – kérdéstről, hogy a szakmai klikkek kialakulása és a téves teljesítménymérés egymást erősítheti, például a körbehivatkozási gyakorlat révén felfújta idézetekkel, ami a szerzőszámával korrigálva is torz végeredményre vezet. Az agrár-gazdasági kutatások példáján alaposan szemlélteti e jelenséget Popp József és szerzőtársai (2015) cikke.

vántartásba kerül). Erre egyébként Makara Gábor is utalt („A fizikusok közleményeinél például találkozhatunk sok száz vagy akár ezerfős szerzői kollektívával is”). Egy dolog a nyilvántartás, és egy másik az értékelés.

E megjegyzésekkel legkevésbé sem szeretnénk a scientometria szükségességét vagy a magyar tudományos művek egységes nyilvántartásának fontosságát, sőt még azok összesített száma közlésének és a rájuk eső hivatkozások gyűjtésének is a hasznosságát kétségbe vonni. Az említett nyilatkozatban nem utolsósorban azt hiányoljuk, hogy egyáltalán nem esik szó arról, hogy a tudományos eredmények hatása nem csak és nem is elsősorban az idézettségben fejeződik ki. Nincs szó továbbá az adatok MTMT-be való bevitelének gondjáról, nehézségéről, pont arról, ami-ben az MTMT-nek jobbnak kellene lennie.

Ez utóbbira Akadémiánk tavaly megválasztott új elnöke, *Lovász László* (2014, 475.) is utalt elnökelölti programjában, amelyben úgy fogalmazott, hogy „az MTMT-t [...] *mindenképpen felhasználóbaráttá kell tenni*.” Jelenleg ugyanis az adatok bevitelére igen körülményes és időt rabló.

Ezzel kapcsolatban még jó néhány kérdés is feltehető.

- Mibe kerül az Akadémia és annak intézetei, valamint a felsőoktatási intézmények számára is, tehát az ország számára az MTMT jelenlegi formájában való működtetése?
- Milyen az MTMT jelenlegi rendszerének a költségekhez viszonyított hatékonysága, valamint relatív költség-hatékonysága? Mennyivel olcsóbb, illetve hatékonyabb, mint valamilyen más, egyszerűbb, csak a valóban tudományos művekre korlátozott, szerkezetileg és terminológiá-

jában a minősítési eljárás szempontjaihoz igazodó kimutatás?

Utóbbit a szerzők számára egységesen előírt számítógépes program paraméterei szerint elkészítendő publikációs és hivatkozási listákra kellene építeni. Ennek alapja – mint az adóbevallásnál – teljes, akár büntetőjogi felelősségük²¹ tudatában általuk bevitt hiteles adatok nyilvántartása lehetne.

Ezek a kérdések persze nem könnyen válaszolhatók meg. Az MTMT számítógépes programja talán azért is oly komplikált, nehezen elsajátítható, és nem eléggé „felhasználóbarát”, mert egyszerre *túl sok feladatot* lát el. Minden bizonnyal lényegesen egyszerűbb lehetne tenni, olyanná, amely a minősítési eljárás igényeihez is jobban igazodik, az adatok „időbeli” és „térbeli” korlátait is jelzi, és kellően felhasználóbarát.

Összegzés

Írásunkban igyekeztünk rámutatni az Akadémia működésében megjelenő bürokratizmus különféle kinövésére, különösen azokra, amelyek gátolják a hatékony köztestületi munkát, és zavarják a teljesítmények értékelését. Lelkiismeretünknek néhány konkrét, idő- és költség-takarékos megoldásra vonatkozó javaslatot is megfogalmaztunk. Reméljük, hogy a jobbitó szándék vitára serkent, utóbb pedig a tudós közösség döntései révén a helyzet javulását hozza majd minden érintett számára.

²¹ A felelős adatfelvitel érdekében például be lehetne vezetni, hogy a habitusvizsgálat során az a doktori címre pályázó, aki saját előnyére téves adatot közöl publikációs, illetve hivatkozási listájában, enyhébb esetben pályázatának egyszeri visszaadását, ismétlődő vagy súlyosabb esetben elutasítást szenvedjen.

Kulcsszavak: *akadémiai törvény, alapszabály, ügyrend, köztestület, képviselői demokrácia, tu-*

dományos osztályok és bizottságaik kompetenciája, tagválasztás, minősítési eljárás és az MTMT

IRODALOM

- Csaba László – Szentes Tamás – Zalai Ernő (2014): Tudomány-e a tudománymetria? *Magyar Tudomány*, 175, 4, 442–466. • <http://www.matud.iif.hu/2014/04/12.htm>
- Hamza Gábor (2007): Áttekintés a külföldi nemzeti (tudományos) akadémiák strukturájáról, különös tekintettel a természettudományok és a társadalomtudományok arányára. *Magyar Tudomány*, 167, 9, 1189–1198. • <http://www.matud.iif.hu/07sze/17.html>
- Havasréti József (2006): *Tudományos írásmű*. Bölcsész Konzorcium, Pécsi Tudományegyetem • <http://gepeskonyv.btk.elte.hu/adatok/Altalanos%20bolcsesz/32Havasr%E9ti/Tudom%Einyos%20%EDr%Eism%FB%20I.pdf>
- Lovász László (2014): Az MTA és a magyar tudomány. *Magyar Tudomány*, 175, 4, 474–480. • <http://www.matud.iif.hu/2014/04/14.htm>

- Makara Gábor (2015): „Több közepes publikációnál értékeesebb egy kiemelkedő” [Az MTA Publikációs Elnöki Bizottsága elnökének összegzője] 2015. február 6. • http://mta.hu/mta_hirei/tobb-kozepes-publikacional-ertekeesebb-egy-kiemelkedo-135774
- Popp József – Balogh P. – Kovács S. – Jámor A. (2015): Hálózatosodás az agrárgazdaságtanban. Szerzői és hivatkozási kapcsolatok a Kelet-Közép-Európáról szóló szakirodalomban. *Közgazdasági Szemle*, 62, 5, 525–543. • http://www.researchgate.net/publication/276284229_Halozatosodas_az_agragazdasagtanban_Szerzoi_es_hivatkozas_i_kapcsolatok_a_Kelet-Kozep-Europarol_szolo_szakirodalomban
- Szűjártó Zsolt (1991): *Budapesti könyvszemle / Buksz / Janus* (Pécs) 8, 1991. 2, 109–116.
- URL: *San Francisco Declaration on Research Assessment. Putting Science into the Assessment of Research* • www.ascb.org/dora-old/files/SFDeclarationFINAL.pdf



GÁBOR DÉNES-DÍJ 2015

A korábbi évekhez hasonlóan ez évben is meghirdetésre kerül a Gábor Dénes-díj, amely ma a civil szféra egyik legnevesebb műszaki alkotói elismerése Magyarországon. A díjjal nemcsak a hazai műszaki és természettudományi felsőoktatás képviselőit, a jelentősebb ágazatok, illetve iparágak (távközlés/információs technológiák, gépípar/járműipar, számítástechnika, biotechnológia/gyógyszeripar, mezőgazdaság/környezetvédelem stb.) kutató-fejlesztő szakembereit kívánjuk elismerni és további alkotómunkára ösztönözni, hanem a határainkon túl élő magyar nemzetiségű, magyarul tudó szakembereket is. Olyan, jelenleg is tevékeny, az innovációt aktívan művelő (kutató, fejlesztő, feltaláló, műszaki-gazdasági vezető) jelöltek várunk, akik a műszaki szakterületen jelentős, a gyakorlatban az elmúlt öt évben bevezetett, konkrét tudományos és/vagy műszaki-szellemi alkotást hoztak létre; kiemelkedő tudományos, kutatás-fejlesztési tevékenységet folytatnak; megvalósult tudományos, kutatás-fejlesztési, innovatív tevékenységükkel hozzájárultak a környezeti értékek megőrzéséhez, a fenntartható fejlődéshez; illetve személyes közreműködésükkel megalapozták és fenntartották intézményük innovációs készségét és képességét.

A kritériumokat tartalmazó részletes pályázati felhívás és a háttéranyagok a <http://www.novofer.hu/alapitvany/tartalom/menu/80> weboldalon érhetők el.

A pályázatok leadási határideje: 2015. október 10.

Az idei Gábor Dénes-díjakat 2015 decemberében, ünnepélyes keretek között, több kategóriában adják át.

Vélemény, vita

QUO VADIS, TUDOMÁNYOS MEGISMERÉS?

Maksay Gábor

a biológiai tudomány doktora, kutató professor emeritus
MTA Természettudományi Kutatóközpont
maksay.gabor@ttk.mta.hu

Néhány éve a *Magyar Tudományban* és vitarovatában több elemzés is megjelent a tudomány jellegéről és hatáiról, feltűnőzetben, filozófiai szempontból (pl. Kampis, 2012). Az ismeretelmélet (episztemológia) a filozófiai megismerés feltételeit, folyamatát és határait vizsgálja. Vajon alulnézetből hogy látszik a (természet)tudományos megismerés folyamata?

A természetfilozófus és evolúciobiológus, Ernst Mayr *This is Biology* című könyvében három alapvető kérdés köré csoportosította a megismerést a biológia területén: *mi, hogyan és miért?* Ezeket az alapkérdéseket – megfelelő kontextusba helyezve – fel lehet tenni a tudomány más területein is. A *mi* kérdése a vizsgált objektum, jelenség szerkezetére irányul, és hogy miből mi jön létre. Ez a kérdés az objektum stabilitását feltételezi. A *hogyan* kérdése pedig egy folyamat, változás, mozgás, reakció mechanizmusára irányul. Ez a kérdés átvezet a folyamat dinamikájára, hajtóerejére és céljára, hogy *miért* működik, mi a funkciója és rendeltetése. A három alapkérdés alkalmasnak mutatkozott a biológiai megismerés jellegének és mélységének jellemzésére is. Alig

néhány évvel Charles Darwin jubileuma után nem meglepő, hogy Ernst Mayr szerint Darwin evolúciós elmélete emelte a biológiát a *miért*-tudományok szintjére (Mayr, 1997).

*A tér, idő és komplexitás összefüggése
a három alapkérdéssel*

A természettudományos ismeretszerzésnek vannak a természetben általánosságban alig feltérképezett határai is: az objektumoknak térben, a folyamatoknak pedig időbeli, tehát sebességkorlátai. Vegyük először figyelembe az objektumok (*mi*) térbeli mérethatárait. Egyfelől a „láthatatlanul” kicsi, másfelől az óriási, távoli vagy megközelíthetetlen objektumok szerkezetét csak közvetetten lehet feltárni, ami például a magfizika, illetve a csillagászat számára jelent korlátozást. Másrészt, a *hogyan* folyamatok tudományos vizsgálatát sebességük mindkét oldalról behatárolja. Ugyanis alig(ha) lehet követni villámgyors vagy rendkívül lassú folyamatokat. Például számos magfizikai és biofizikai folyamat igen gyors. A másik véglet, hogy a csillagászati események évmillióig tarthatnak, sok geo-

lógiai és evolúciós folyamat pedig régen befejeződött. Az igazán feltárható folyamatok úgymond emberléptékűek, közepes sebesség- és időtartományba sorolhatók. A természettudományos megismerésnek és magának a vizsgált objektumnak vagy folyamatnak egyaránt vannak térben és időben határai. A kutató a környezet hatásaitól elszigetelten igyekszik tanulmányozni vizsgálati rendszerét. Csakhogy, ahogy áttérünk az alapvető fizikai folyamatokról a kémiai, biológiai és egyre összetettebb rendszerek vizsgálatára, mindinkább túlsúlyba kerülnek a környezettel való kölcsönhatások. A természet determinisztikus törvényszerűségei által meghatározott folyamatokat sztochasztikus (valószínűsítő) folyamatok váltják fel, amelyeket váratlan kölcsönhatások akár el is fedhetnek. Tehát a vizsgálati rendszer, diszciplína komplexitása nehezíti a *hogyan* és *miért* alapkérdések megválaszolását. Összegezve: a természettudományos megismerés a komplexitás, tér és idő korlátait feszegetve közelít céljához.

Mielőtt az egyes tudományágak megismerhetőségét elemeznénk, le kell szögezni, hogy az anyag szerkezete és a természet folyamatai egységükben engedelmeskednek a természet törvényszerűségeinek (Berényi, 2011). Mégis, a tudományos megismerés antropomorf jellege, történelmileg kialakult rendszere és didaktikai szempontok eredményeképpen tudományágakat különböztetünk meg. Az előző századokban elkülönült diszciplínák azonban egyre inkább összefonódnak, mindazonáltal átfedő határterületeik önállóságra törekednek.

A természet- és élettudományok feltérképezése

Vajon a *mi*, *hogyan* és *miért*; ez a három egyszerűsítő, mégis eredményes és általánosítható alapkérdés alkalmas-e a természettudomá-

nyos megismerés mélységének jellemzésére és a diszciplínák összehasonlítására? Például *mi* a kémia tárgya? Atomok közti kémiai kötések; kémiai elemek és vegyületek, reakciópartnerek és termékeik szerkezete és tulajdonságai stb. A *hogyan* vizsgálja magát a változást: a kémiai folyamatok, átalakulások, kölcsönhatások, reakciók mechanizmusát. A kémiai folyamatok hajtóerejére pedig (*miért*) a termodinamika törvényei adnak magyarázatot: a szabadenergia csökkenésének igénye, ami entalpia és entrópia változásokra bontható. Tehát a kémiai folyamatok hajtóereje a fizikai kémia hídtudományában gyökerezik.

Eddig elsősorban alaptudományos (felfedező és értelmező) megismerésről volt szó. A társadalom igényei alapján azonban alkalmazott (például műszaki) tudományok születnek, és bővül a *mi* tárgyköre. A *miért* pedig bonyolultabbá válik, tehát a komplexitás nő. Ugyanis e folyamatok hajtóerejéhez nem csupán immanens törvényszerűségek, hanem társadalmi igények is hozzájárulnak. Legyen példa ismét a kémia. A természet kémiai folyamatait tekintve a kémia alaptudomány. De alkalmazott tudomány is, mert ma már túlsúlyban vannak a különböző célokra előállított (mesterséges) szerves és szervetlen vegyületek (*mi*) és reakcióik (*hogyan*). Ha az alkalmazás célja gyógyszerek előállítása, a *miért* hajtóerőhöz hozzájárul egyrészt az ember igénye egészsége helyreállítására, másrészt, valljuk be, a gyógyszeripar ettől független, immanens profitérdekeltsége is.

Vizsgáljuk meg a megismerés jellegét más tudományágakban is. Az alábbi elemzés áttekinthetősége céljából feltüntettem a természet- és élettudományok néhány területét egy koordináta-rendszerben. A kétdimenziós ábrázolás előnyei miatt párhuzamosan szerepelnek a méret- és időtartományok a vízszintes

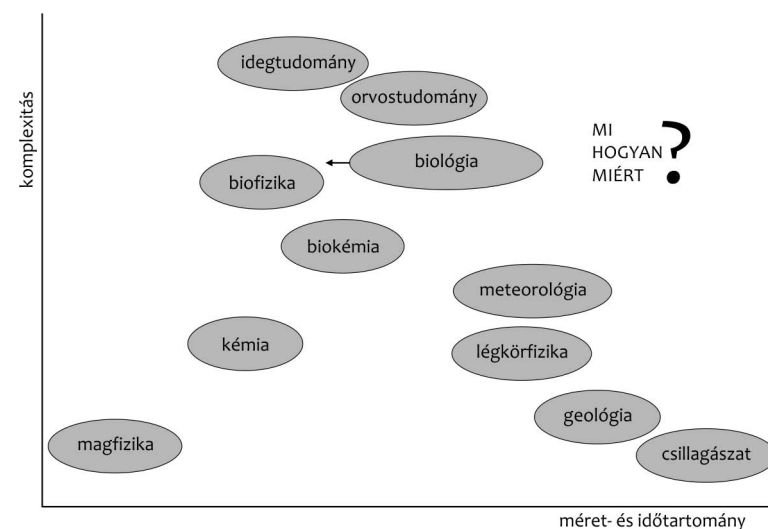
tengelyen. Tehát egyrészt az a mérettartomány, amely az egyes diszciplínák fő vizsgálati objektumait tartalmazza. Másrészt az az időintervallum, amelyen belül egy diszciplína meghatározó folyamatai végbemennek. A méret- és időtartományok az origótávolság függvényében nőnek. A függőleges tengely egyrészt a diszciplína magában való, immanens komplexitását jellemzi, másrészt a diszciplínák megismerésének komplexitását is: gazdagságát és mélységét. A megismerés komplexitásának dimenziókra bontása erőltetett lenne a három kérdés alapján. Ezért az ordinátán összevontan jelenik meg, párhuzamosan az immanens komplexitással. Az ábrán ugyan a tudományterületek elhelyezése és elliptikus kiterjedésük meglehetősen önkényes, de ez nem befolyásolja az elemzés lényegét.

A magfizika az ábra bal szélére került, hiszen az atommagot alkotó részecskék igen kicsinyek, és sok kölcsönhatásuk gyors, rövid idő alatt lezajlik. A részecskék léte – a Higgs-bozon kivételével – alighanem ismert. Sok

gyors folyamat *hogyan* kérdése azonban válszra vár.

A csillagászat óriási objektumai és hosszantartó folyamatai miatt az ábra túlsó (jobb) szélére tehető. A megismerés rendkívüli módszertani nehézségei következtében az univerzum összetétele (sötét anyag és sötét energia) és keletkezéstörténete (ősrobbanás) hipotetikus. A *miért* kérdésére pedig hiányoznak a teleológiai válaszok alternatívái.

A geológia tárgya a kutatás számára megközelíthetőbb, és mérettartománya kisebb, mint a csillagászaté. A Föld összetétele jobban ismert, és bár sok folyamat nagyon lassú, mégis könnyebben rekonstruálható múltbeli, köztes- és végtermékei (ásványok) alapján. A vulkánkitörés és földrengés gyors folyamatainak magmatikus, illetve kéreglemez-tektonikai okai ismertek, tehát fizikai hajtóereje is. De például az élővilágot is felforgató geológiai folyamatok eseményei csak valószínűsíthetők sztochasztikus modellezéssel a Föld belsejére vonatkozó adatok ismerete nélkül.



1. ábra

Összességében a geológia a csillagásztól balra és feljebb helyezhető el az ábrán.

A légkörfizika tárgya az atmoszféra, amely a megismerés számára még elérhetőbb, mint a geoszféra, és mérettartománya még kisebb. A légkör gyors folyamatai az emberléptékű sebességtartományhoz tartoznak, eseményei valószínűsíthetők, de kaotikusak. A statisztikus fizika és termodinamika törvényszerűségei érvényesek rájuk. Legfontosabb hajtóerői: a gravitáció, a napsugárzás hőhatása és a Föld forgása, amelyek a naprendszerben, tehát a csillagászatban gyökereznek. A légkörfizika a geológiától balra és feljebb van az ábrán.

A meteorológiához tartoznak a légkör tudomány más ágai is, és más diszciplínák is fokozzák komplexitását. A légkört ugyanis geológiai folyamatok hozták létre, és összetétele a bioszférával kölcsönhatásban változik. Az ősi cianobaktériumok, majd a növények a légkör szén-dioxidját megkötötték és oxigént termelnek, ami az aerob élet előfeltételét biztosította. Korunkban sajnos az emberiség is hozzájárul a klímaváltozáshoz a légszennyezés, az ózonpajzs megbontása és az üvegházhatás előidézésével. A meteorológusok modellezik a rövid időjárási és hosszú klímaváltozási folyamatokat, és a társadalmi igények kielégítésére egyre pontosabb előrejelzéseket szolgáltatnak. Összegezve, a meteorológia komplexitása nagyobb, mert az atmoszféra folyamatai kölcsönhatásban állnak a környező, természeti és társadalmi folyamatokkal. Ezért az ábrán a légkörfizika fölé helyezhető.

A biológia emberléptékű objektumainak faj- és szerkezetgazdagsága ismert, de a természet mikrovilágának nagy része felfedezésre vár. A folyamatok sebessége szintén változatos. Az élővilág evolúciójának hajtóerőjét Darwin a természetes szelekcióra vezette vissza, azóta elméletét az élő anyag szerkezetének genetikai

vizsgálata alátámasztotta. A biológia tárgyahoz tartoznak az egyre kisebb szerkezeti egységek is: szervek, sejtek, sejtoranellumok stb. A biomakromolekulák: nukleinsavak és fehérjék, már inkább a biokémiahoz sorolhatók. Szerkezetük feltáráshoz fizikai műszerekre és biofizikai módszerekre lett szükség, a mikroszkópiától a röntgenkristallográfiáig. Az élő szervezetek belső és külső (környezeti) kölcsönhatásainak feltárása (*hogyan*) különböző szinteken történik (etológia, szövettan, sejttan, élettan). Számos molekuláris élettani folyamat a másodperc tört része alatt zajlik le. Megismerésükhöz szintén biofizikai módszerek szükségesek. A fehérjék dinamikáját, funkcionális alakváltozásait például magmágneses rezonancia (NMR) spektroszkópiával lehet feltárni. A biomakromolekulák villámgyors állapotváltozásainak pillanatfelvételeiből rekonstruálható működésük folyamata. Számítógépes (molekuladinamikai) szimulációval pedig a mikroszekundumnál rövidebb ($<10^{-6}$ s) átalakulások atomi szinten is modellezhetők. Napjainkban derül ki, hogy a biofizikai módszerekkel feltárt gyors élettani folyamatok hajtóereje (*miért*) gyenge, reverzibilis, fizikai-kémiai kölcsönhatások hálózatának átrendeződésében rejlik. Vagyis a biológiai mikrovilág részletes megismerése a kémia és fizika irányába tolódik el. Jól illusztrálja ezt, hogy a kémiai Nobel-díjakat egyre gyakrabban interdiszciplináris, biológiai megismeréssel kapcsolatos felfedezésekért adják: 2000 óta már tízszor! Bár élettani Nobel-díj is van, e tíz kémiai Nobel-díjból négyszer élettani szerkezetek és működésük feltárást honorálták.

Összegezve, az élettan és biokémia gyors és egyszerűbb folyamatai meglehetősen önállóságot élveznek, és fizikai-kémiai alapokra vezethetők vissza. A biológiai evolúció folyamatai viszont lassúak és összetettek. Elválaszt

hatatlanok a természeti környezet hatásaitól: a litoszféra (föld), hidroszféra, atmoszféra és a bioszféra kölcsönhatásaitól. A biológiai evolúció hajtóereje, a természetes szelekció, a bioszférában kialakult élet komplexitásában jelenik meg az ábrán. A bal oldali nyíl pedig a biológiai megismerésnek a mikrovilág irányába való terjeszkedésére utal.

A biológia alaptudományos megismerésének köszönhető számos alkalmazott tudomány: például a biotechnológia és orvostudományok létrejötte. A szerteágazó orvostudományoknak társadalmi igény kielégítése a céljuk: az ember számára kóros élettani folyamatok megismerése és az egészség helyreállítása. Hajtóerejük többrétű, és komplexitásuk nagyobb. Ezért az ábrán az orvostudományok a biológia fölé kerültek.

A biológiából kivált idegtudományt érdemes kiemelni nagyfokú komplexitása miatt. A neuroanatómia és neuro(bio)kémia vizsgálja az idegrendszer szerkezetét és vegyületeit. Az idegsejthálózatok villámgyors kommunikációját az idegélettan (neurofiziológia) biofizikai módszerekkel képes feltárni. Az idegtudományhoz tartoznak azok az érzelmi, kognitív és viselkedési folyamatok is, amelyeken a pszichológia alapul. Kórelétti folyamatokra orvostudományi ágazat épül. E komplex mechanizmusok megismerésére a társadalmi igény nagy, de belső hajtóerői alig ismertek.

A tudományos megismerés elmélyülésével és komplexitása feltárással együtt minden diszciplína értelemszerűen felfelé halad a mellékelt ábrán. A természet- és élettudományok piramisszerű elhelyezkedése azt tükrözi, hogy az emberléptékű objektumok és folyamatok megismerése lehetséges leginkább, az ábra középső, függőleges sávjában. Másrészt

az ember elsősorban magát és a vele kölcsönható környezetet igyekszik megismerni. Ezek következménye a megismerés nagyobb komplexitása a középső sávban.

Visszatekintve a természet- és élettudományok elemzésére, a gyors folyamatok autonómiáját növeli kis mérettartományban, hogy a kevés komponensnek alig van esélye zavaró környezeti kölcsönhatásokra kis térben és rövid idő alatt. Nemcsak a kémia, hanem a biokémia, biofizika és biológia mikrovilágának gyors molekuláris folyamatai is visszavezethetőnek tűnnek fizikai-kémiai kölcsönhatásokra és termodinamikai hajtóerőkre. Ezzel szemben a geoszféra és atmoszféra robusztus és lassú folyamatainak hajtóerői egy nagyobb mérettartományú környező rendszerből, a Naprendszerből erednek. Általánosítva, a sokkomponensű, nagyméretű rendszerek hosszabb idő alatt egyre inkább környezetük hatásai alá kerülnek.

Az ábra középső függőleges sávjában, a mikro- és makrovilág közé helyezhetők el az élettudományok és tárgyak, az élővilág. Nagy komplexitás esetén önszerveződő rendszerek jöhetnek létre, amelyeket homeosztázis stabilizál. Ezek a rendszerek részleges autonómiára tehetnek szert; közvetlen környezetükkel való interakció és kommunikáció révén pedig specializálódnak és hálózatokba rendeződnek (sejtek és szervek). Az idegrendszer összehangoló, integráló hatása alatt önálló élőlényekké szerveződnek, amelyek képesek magukat reprodukálni (fajfenntartás), valamint a külső környezettel együttműködni és alkalmazkodni (etológia). Összegezve, a komplex önszerveződés az élővilág evolúciójához vezet.

Paratudományok

A tudomány történetét szemlélve tanulságos a megismerés néhány útvesztőjét (Beck, 2004)

elemezni. Elfogadott nézet, hogy az alkímiát a modern kémia akkor váltotta fel, amikor Antoine Lavoisier megcáfolta az égés *flogiszon* elméletét. Az égés folyamán észlelt anyagcsökkenést az alkímisták *flogiszonok* távozásával magyarázták. Lavoisier viszont igazolta az ellenkező folyamatot: hogy az éghető anyag a levegő oxigénjével vegyül. Vagyis helyesen értelmezte, hogy *mi* és *hogyan* keletkezett. Mindazonáltal számos eredmény elvitathatatlan a kísérletező alkímistáktól. De kudarcra voltak ítélve, amikor az alkalmazott kutatás célja aranycsinálás, tehát fémek átváltoztatása volt, mert a magfizika területére tévedtek. Úgyszintén irreális cél volt a bölcsek köve, a halhatatlanságot biztosító elixír és az élet mesterséges létrehozása, mert mindegyikkel alkalmazott tudományuk határait kívánták áthágni.

A csillagászat (asztronómia) szemben az asztrológia paratudomány, amely megalapozatlan *miért* kérdésekre próbál válaszolni. Amikor az égitestek megfigyeléséből az emberek jellemére és sorsára következtet, a pszichológia és futurologia területére téved. Vagyis lelki alkatunk hajtóerejét távoli világokból eredezteti.

A homeopátiából a terápiás hatóanyag hiányzik, az örökmozgóban pedig a mechanikai hajtóerő hibádzik. Vagyis: a tudományos megismerés kudarcra van ítélve, ha 1) alapkérdéseit helytelenül értelmezi; 2) a komplexitást alulbecsüli; 3) alkalmazási céljai illetékességi területén kívül esnek és határsértők.

Bölcsészettudományok

Próbát teszek a bölcsészettudományok néhány ágának felszínes elemzésére is, hogy rámutathassak eltérő jellegükre. Míg a természet- és élettudományok területén a megismerés nagy részben empirikus és induktív, a bölcsészettu-

dományok ismeretszerzése gyakrabban ellentétes irányból kényszerül kiindulni; hipotetikus, *a priori* és deduktív. Ezek a tudományágak ugyanis nehezen kezelhetők, sokkomponensű rendszerek, amelyek komplexitása nagyobb. Egyébként az ábrán nem is tüntethetők fel, minthogy jellemzően elvont fogalmakkal foglalkoznak, amelyekre a mérettartomány értelmezhetetlen.

A történettudomány az emberiség történetének eseményeit és a társadalmak szerkezetét feltárva (*mi*), a társadalmak keletkezéstörténetét és működés módját vizsgálja. Ezeket a folyamatokat a természeti környezet kölcsönhatásai is nagymértékben befolyásolják (Marosán, 2006). A társadalmi hajtóerőknek nagyon sok összetevőjük van, amelyek fő komponense és eredője nehezen határozható meg. A történelmi materializmus a hajtóerőt a termelési módok fejlődésében és az osztályharcban vélte megtalálni. A létfenntartásért és az anyagi erőforrásokért való küzdelem a biológiában gyökerezik, a hatalomvágy pedig a pszichológiában. A közösségek együttműködése és önfenntartó törekvése viszont, akárcsak a vallás és ideológia, társadalomlélektani forrásokból merít.

Az eddigiek, a paratudományos kitérő kivételével, ténytudományokra vonatkoztak. A filozófia, akárcsak a matematikai megismerés, elméleti jellegű és logikán alapul. A filozófia esztétika ága az ókor óta a szépség természetével foglalkozik. Központi kérdéseinek célja, hogy egy művészeti alkotás milyen érzéseket vált ki és *miért* szép. Az esztétika tárgya és alapfogalmai világosak, viszont pszichológiai folyamatai – a szép érzése, katarzis, ízlés, értékrend, humor stb. – meglehetősen tisztázatlanok. Deduktív ismeretszerzésével az esztétika elsősorban *miért* tudománynak tetszik, amelynél a folyamatok (*hogyan*) psi-

chológiai mechanizmusa feltárás alatt áll. Tehát a *hogyan* előtt a *miért* kérdésre adott válaszai elég megalapozatlanok. Félő, hogy néhány ilyen sommás, túlegyszerűsítő értékelés ellenérzéseket vált ki az érintett tudományterületek kutatóinak egy részében, de nem tudtam ellenállni a késztetésnek egy ilyen összehasonlító elemzésre. Egyébként ezeket az alapkérdéseket nemcsak a biológiában, hanem informatikai rendszerek filozófiai megismerésére is feltették (Müller – Urbach, 2013).

Ennek az ismeretelmélkedésnek egyik, szerényebb célja, hogy egy természettudományos kutató, körülnézve saját látókörében, megpróbálja elhelyezni kutatási területét a

társtudományok közös térképén; valamint három egyszerűsítő, és a tudományterületek összehasonlítására alkalmasnak tűnő kérdés alapján elemezze jellegüket, határaikat és perspektívájukat. A másik, ambiciózusabb cél, hogy ezt az elemzési módozatot megossza a tudományos közösséggel; hogy aki érdemesnek találja, más nézőpontból véleményt nyilvánítson róla. Hiszen végül is valahogy így válik teljessé a kérdések kérdése, hogy merre tart a tudományos megismerés.

Kulcsszavak: *ismeretelmélet, tudományos megismerés alapkérdései és hajtóereje, komplexitás, méret- és időtartomány, paratudomány.*

IRODALOM

- Beck Mihály (2004): *Parajelenségek és paratudományok*. Vince, Budapest
 Berényi Dénes (2011): Határok nélküli tudomány. *Magyar Tudomány*. 3, 340–346. • <http://www.matud.iif.hu/2011/03/13.htm>
 Kampis György (2012): Mi a tudomány? És mi nem az? *Magyar Tudomány*. 10, 1268–1269. • <http://www.matud.iif.hu/2012/10/11.htm>

- Marosán György (2006): *Hogyan készül a történelem?* Money-Plan, Budapest
 Mayr, Ernst (1997): *This is Biology: The Science of the Living World*. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA, USA
 Müller, Benjamin – Urbach, Nils (2013): *The Why, What, and How of Theories in IS Research*. In: Thirty Fourth International Conference on Information Systems, Milan 2013 • <http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1071&context=icis2013>



Kitekintés

A ZENE CSÖKKENTI A MŰTÉTEKKEL KAPCSOLATOS SZORONGÁSOKAT ÉS A FÁJDALMAT

Brit kutatók (Queen Mary University of London) szerint a műtétekre kórházba menő pácienseknek érdemes lenne valamilyen zenélő eszközt és zenelistát magukkal vinniük a kórházba.

A *The Lancet* című neves orvosi folyóirat internetes felületén megjelent cikkben hétezer beteget érintő, hetven klinikai vizsgálat meta-analízisének eredményeit közölték. A tanulmány következtetése, hogy a műtétek alatti és/vagy utáni időszakban a megnyugtató zene hallgatása csökkenti a szorongást és a fájdalmat. A zenehallgatóknak a műtét után kevesebb fájdalomcsillapítóra van szükségük, mint társaiknak. A muzsika jótékony hatása teljes alátámasztásban is kimutatható. Ugyanakkor a gyógyulás nem lesz gyorsabb, a kórházban töltött időt a „zeneterápia” nem csökkenti.

A Catherine Meads által vezetett csoport ősszel saját kísérletekkel folytatja a munkát egy másik londoni kórházban (Royal London Hospital), ahol kb. negyven császármetszésen vagy méheltávolításon áteső asszonynak lesz meg a lehetősége arra, hogy párnába beépített kis hangszórók segítségével rendszeresen hallgassa a saját maga által kiválasztott számokat.

A műtétek, bármekkora beavatkozásról legyen is szó, stresszt jelentenek a szervezet

számára. A muzsika olcsó, hatékony és non-invazív módja az ártalmak csökkentésének, mondják a kutatók.

Hole, Jenny – Hirsch, Martin – Ball, Elizabeth – Meads, Catherine: Music As an Aid for Postoperative Recovery in Adults: A Systematic Review and Meta-analysis, *The Lancet*. Published online 12 August 2015. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60169-6

FÉNNYEL ÉS NANORÉSZECSEKKEL A PETEFÉSZEKRAK ELLEN

A petefészekrák kezelésére dolgoztak ki génterápiával kombinált fotodinamikus eljárást az Oregon State University kutatói. Állatkísérleteikben a technika olyan sikeresnek bizonyult, hogy az egerekből eltűntek a tumorsejtek, és nem is újult ki a daganat.

A nők tízezreit érintő petefészekrák gyakran végzetes, mert sokszor csak akkor jelentkeznek a tünetek, amikor már a hasüregben is áttétek vannak. A műtétet követő kemoterápiával és sugárkezeléssel gyakran nem lehet maradéktalanul elpusztítani a különböző helyeken megbúvó ráksejteket.

A kutatók szerint az új eljárás biztonságos lesz, toxikus hatással valószínűleg nem kell számolni. Olena Taratula és munkatársai olyan nanorészecskéket alkottak, amelyek egyrészt fényérzékeny ftalocianin nevű vegyületet tartalmaznak. Közeli infravörös fény hatására ez az anyag a ráksejtekből oxigén

szabadgyököket szabadít fel, amelyek elpusztítják őket. A daganatos sejteknek azonban van egy erőteljesen túlműködő enzimjük, az ún. DJ-1 fehérje, amely segíti életben maradásukat, illetve növeli áttétet adó képességüket. A nanostruktúrák olyan mikro-RNS részecskéket is tartalmaznak, amelyek ezeket az enzimeket felismerik és gátolják működésüket. Az új eljárás alkalmazása úgy képzelhető el, hogy a betegeknek beadják a nanogyógyszert, majd az egyébként is szükséges műtét során infravörös fénnel besugározzák a hasüregt, így a megbúvó ráksejteket elpusztítják.

Korábbi eredményeik szerint egy másik fényérzékeny anyaggal, a naftalocianinnal, ami a ftalocianin egyik származéka, az is elérhető, hogy a fénnel történő besugárzás után a ráksejtek fluoreszkáljanak, azaz a sebész számára láthatóvá tehető a parányi áttétek is. A kutatók feltételezése szerint a két módszer együttes alkalmazása is elképzelhető. Eljárásuk, mely állatkísérleteikben eredményesnek bizonyult, kiegészítő terápiaként új utakat nyithat a petefészekrák elleni küzdelemben – mondja a kutatásokat vezető Olena Taratula.

Schumann, Canan – Taratula, Olena – Khalimonchuk, Oleh et al.: ROS-Induced Nanotherapeutic Approach for Ovarian Cancer Treatment Based on the Combinatorial Effect of Photodynamic Therapy and DJ-1 Gene Suppression. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*. Published online 31 July 2015. DOI:10.1016/j.nano.2015.07.005

A HALOLAJ VÉD A SKIZOFRÉNIÁTÓL?

A skizofrénia kamaszkorban és fiatal felnőttkorban jelentkező betegség, amely évekkel kitörése előtt már produkálhat tüneteket, például

paranoid gondolatokat. A University of Melbourne kutatói hét évvel ezelőtt 81 olyan fiatalot vizsgáltak, akiknek ilyen korai tünetei voltak. Életkoruk 13 és 25 év közé esett. A kettő csoportot, randomizált kísérlet során a résztvevők kb. fele három hónapon át omega-3 zsírsavakat tartalmazó halolajkészítményt kapott, míg a másik csoport placebo-t. Egy év elteltével a kutatók azt találták, hogy a rövid kezelés jelentősen csökkentette a pszichózis megjelenésének esélyét.

Most, hét évvel később 71 résztvevővel újra felvették a kapcsolatot. A kezelt csoport tagjainál 10%-ban jelent meg a betegség, míg a placebo-soknál ez az arány 40% volt. Az eredmény sokkolta a kutatókat, de hangsúlyozzák, hogy a vizsgálatot sokkal nagyobb létszámú csoportokon is meg kell ismételni.

A kísérlet megkezdésekor már voltak adatok arról, hogy az omega-3 zsírsavak csökkentik az agyban lévő gyulladást, és védik a neuronokat a pusztulástól. Az is ismert volt, hogy a skizofréniában szenvedő betegek vérésejtjeiben kevés omega-3 zsírsav van, így egyesek arra a következtetésre jutottak, hogy a skizofréniának idegsejtjeiben is hiány van. Azok a kutatások azonban, amelyek során ilyen betegeket halolajkészítményekkel próbáltak kezelni, ellentmondásos eredményeket produkáltak. A vizsgálatok felében találtak terápiás hatást, a másik felében nem.

Patrick McGorry és munkatársai ezért döntöttek hét évvel ezelőtt úgy, hogy megvizsgálják, hogy vajon az omega-3 zsírsavaknak lehet-e szerepük a skizofrénia megelőzésében.

Amminger, G. Paul – Schäfer, Miriam R. – Schölgerhofer, Monika et al.: Longer-term Outcome in the Prevention of Psychotic Disorders by the Vienna Omega-3 Study. *Nature Communications*, 6, Article number: 7934 DOI:10.1038/ncomms8934

FÁJDALOMCSILLAPÍTÓ-GYÁR
AZ ÉLESZTŐBEN

A Stanford kutatói tízévi munkával genetikailag módosított élesztőt konstruáltak, amely cukorból ópiát típusú fájdalomcsillapító termelésére képes. Ehhez az élesztőbe huszonhárom olyan gént kellett beépíteni, vagy módosítani, amelyek a hidrokodon nevű fájdalomcsillapító szintézisének egy-egy lépését biztosítják. Az élesztő módosításához növényi, bakteriális, illetve patkányból származó örökítőanyag-darabkákat is felhasználtak.

A hidrokodon a morfinhoz hasonló opioid, melyet mostanáig az ópiummákból kivont és megtisztított hatóanyag kémiai átalakításával állítottak elő. Az eljárás egyelőre nem túl hatékony: egy adag fájdalomcsillapító termeltetésére 16 darab, 65 literes tartálynyi módosított élesztőre van szükség.

A hidrokodon a második gyógyszer, amelyet sikerült élesztővel előállítani. Az első ilyen az artemizinin nevű maláriás szer volt, amelyet korábban az egynyári üröm (*Artemisia annua*) cserjéből vontak ki, de mostanra az élesztőben történő bioszintézis jóval olcsóbbá tette a termelést, ami a harmadik világ betegei számára is hozzáférhetővé teszi a gyógyszert.

Galanie, Stephanie – Thodey, Kate – Trenchard, Isis J.: Complete Biosynthesis of Opioids in Yeast. Published online August 13 2015. *Science*. DOI: 10.1126/science.aac9373

A FIATAL AGYAK
EGYFORMÁN MŰKÖDNEK

Az életkorral az emberi agy működése sok tekintetben megváltozik. Ezt most egy összetett, mindennapnak tekinthető inger által kiváltott agyi aktivitásváltozás nyomán követésével demonstrálták a University of Cambridge agykutatói.

18 és 88 év közötti kísérleti alanyoknak egy nyolcpercesre megvágott Hitchcock-filmrészletet vetítettek, miközben agyukat funkcionális mágneses rezonancia képalkotó berendezéssel figyelték. A fiatal résztvevők agyi aktivitása lényegében hasonló képet mutatott, egy-egy jelenetnél ugyanazok az agyterületek „világítottak”, azaz váltak aktívvá. Az idősebb csoport tagjai között ez a hasonlóság eltűnt, a látottakra mindenki másképp reagált. A legjelentősebb eltérések a figyelem összpontosításáért felelős területeken mutatkoztak.

Az eredmények azt mutatják, hogy a figyelem összpontosításának képessége a korrallal csökken. Ennek mértéke egyénenként eltérő lehet, így az idősebbek ugyanazokat a hétköznapi élet során előforduló ingereket egészen eltérő módon értékelhetik, illetve élhetik meg.

Campbell, Karen L. – Shafto, Meredith A. – Wright, Paul et al.: Idiosyncratic Responding During Movie-watching Predicted by Age Differences in Attentional Control. *Neurobiology of Aging*. 6 Aug 2015. DOI: 10.1016/j.neurobiolaging.2015.07.028 • [http://www.neurobiologyofaging.org/article/S0197-4580\(15\)00394-2/pdf](http://www.neurobiologyofaging.org/article/S0197-4580(15)00394-2/pdf)

Gimes Júlia

Könyvszemle

Emberi játszmák – egy bestseller
hiánypótló szaklektorálása

Az emberi kommunikációval és pszichológiával kapcsolatos könyvek megjelentetését évtizedek óta támogató Háttér Kiadó azzal az elhatározással nyúlt vissza minden idők egyik legnépszerűbb pszichológiai kiadványához, az *Emberi játszmákhoz* (*Games People Play*, *The Psychology of Human Relationships*), hogy huszonkilenc évvel az első magyar fordítás megjelenése után szakmailag korszerűsítse a mű nyelvezetét. Eric Berne könyve már megjelenését követően óriási hatást gyakorolt a világra, és lefektette egy új irányzat, a tranzakcióanalízis (TA) alapjait. A szaklektorálást, a tranzakcionális elmúlt évtizedek során kialakult fogalomkészletét figyelembe véve, Juhász Erzsébet pszichoterapeuta-szakpszichológus és F. Várkonyi Zsuzsa pszichológus végezte. De miért volt szükség arra, hogy közel ötven évvel 2 az *Emberi játszmák* megjelenése után a szöveget átnézzék és újra kiadják?

Berne ötvenéves volt, amikor megírta a *Tranzakcionális elemzés a pszichoterápiában* (1961) című könyvét, és kicsivel több, amikor az öt világhíressé tevő *Emberi játszmákat* (1964). A sorozat harmadik részét – amely a témában írt könyveire kiváltott reakciók feldolgozását is magába foglalja –, a *Sorskönyvet* (1972) hatvanéves korában fejezte be. Főművét húsz nyelvre fordították le, Európába 1968-ban ért el, míg magyarul 1984-ben jelent meg először Hankiss Ágnes fordításában, dr.

Buda Béla pszichiáter szakmai lektorálása mellett. Berne kollégáinak, tanítványainak és betegeinek szánta könyvét, azzal a céllal, hogy rámutasson, az egyoldalú kommunikáció hosszú távon nem hatékony, helyette együttműködésen alapuló terápiás kapcsolatra van szükség, amely TA-s terápiában a tevékenység és a felelősség egyenlő arányú megosztását jelenti. „Gyógyítani, mindig csak gyógyítani” – idézi a szerzőt Ian Stewart Eric Berne-ről szóló könyvében (Stewart: *Eric Berne*, 1992). Stewart szerint a gyógyítás volt Berne legfőbb célja, és az, hogy megértesse a szakmával; a pszichoterápiának kétoldalú, kooperatív folyamatnak kell lennie. Minden bizonnyal ez az új, tudósokra kevésbé jellemző magatartás emelte be az interdiszciplináris kánonba művének elméletét, amely nemcsak a pszichoterápiát és a fejlődéslelektant, de a kommunikáció elméletét és a szociálpszichológia tanait is komplexebb kontextusba helyezte.

Járó Katalin – aki pszichológusként a TA szakértője, valamint több TA-irodalmat összefogó gyűjteményes kötet szerkesztője – mindezt úgy fogalmazta meg a *Játszmák nélkül* című kötetben, hogy „Berne az emberi játszmákról szóló tanítással fókuszba emelte az intrapszichikus folyamatok mellé az emberek között zajló kommunikációs történések, a tranzakciók mélyreható és strukturális elemzését”. Járó rámutat továbbá, hogy a játszmák olyan kommunikációs zavarok, amelyek képesek végzetesen megmérgezni az emberi kapcsolatokat.

Annak idején az író is meglepte a hatalmas érdeklődés, hiszen a könyv a laikusok körében is bestsellerré vált. Ezen tények visszaigazolták Berne azon törekvését, miszerint egy lélekgyógyásznak képesnek kell lennie arra, hogy a mindennapok nyelvén értesse meg magát pácienseivel. Feltehetően Berne ezen ambíciója indukálta a könyv nyelvezetének és stílusának rendkívüli szokatlan-ságát, és ezzel egyben indokot adott arra, hogy a szerző céltáblája legyen az ortodox beállítottságú szakembereknek. Ami azonban irányukból hátránynak, az olvasók szemszögéből előnynek bizonyult. A szöveg olvashatósága, a lelki problémák izgalmas, közérthető és átékelhető nyelven való leírása, továbbá az, hogy Berne az új fogalmakat a természetes nyelv segítségével alkotta meg, sokat jelentett a széles értelemben vett közönségnek, és kivívta elismerését. Bár ezt maga Berne már nem érte meg, iskolája begyűrűzött Európába is, és az 1964-ben nemzetközi szervezetté vált (ITAA) mozgalom nyomán 1976-ban létrejött az Európai Tranzakcióanalitikus Egyesület (EATA), amely jelentős terapeuta-képzést generált Európa-szerte. Magyarországon viszonylag későn – de annál nagyobb sikerrel –, 1990-ben indult el az első képzés, és alig egy évre rá, 1991-ben jött létre a Magyar Tranzakcióanalitikus Egyesület (HATA).

A szerzőpáros hiánypótló feladatot vitt véghez az idehaza is számos kiadást megélt, rendkívül népszerű könyv szaklektorálásával. Hangsúlyozni kell azonban, hogy az első fordítónak, Hankiss Ágnesnek és Buda Bélának sem volt könnyű feladatuk. Vegyük észre, hogy 1984-ben még nem léteztek átgondolt, a szaknyelvi kánonban meghonosodott magyar TA-kifejezések, ráadásul akkoriban még az angol fogalmak sem nyerték el végső formájukat. A konzekvens fogalmi rendszer

megalkotásán azóta is dolgoznak a tranzakcióanalizmus követői és fejlesztői, ám egyes kifejezések használata ma is vitatott, illetve meghatározásuk, szóhasználatuk nem egészen pontos és egységes. Juhász és Várkonyi problémaérzékenységet és éleslátást dicséri, ahogyan a terminológiai kommentárokat beszúrták a textusba, ezen túl pedig szerkesztői jegyzettel láttak el számos fogalmat, amelyek átalakulása ezt szükségessé tette. „Az emberi kapcsolatokból érkező ingert Berne *stroke*-nak nevezi” – írják, ám míg korábban *símozgatásnak*, addig az új kiadásban *érintésnek* fordították, mivel a TA mai tudása szerint nemcsak a kellemes, hanem a fájdalmas, akár brutális kapcsolati ingerek is *stroke*-ok.

Aki értékelte a könyv korábbi kiadásait, számos új felismerésre tehet szert olvasás közben, amellet, hogy meglepéssel konstatálja majd; a mű semmit nem változott szerkezetében. Az *Emberi játszmák* tág értelemben a társas érintkezést vizsgálja és kategorizálja, úgy, hogy ezek megértését a gyermekkor, tehát az első öt-hat év tapasztalataiból eredő döntések és/vagy hatások meghatározta életsorskönyvekben keresi, és ide törekszik visszavezetni az egyéneket. A három nagyobb egységre tagolt írásban az első rész a játszmák elemzéséhez és világos megértéséhez szükséges elméletet összegzi; majd a második részben az egyes játszmákról, azok szabályairól és lefolyásáról olvashatunk élethű szituációk szemléltetésében; míg a harmadik rész Berne korszakalkotó új elméletét, azaz a játszmák jelentőségét és a játszmamentesség lehetséges útjait mutatja be.

Kevés olyan alkotásról tudunk, amely ennyire eleven maradt évtizedeken át, és ekkora hatást fejtett ki maga körül. Eric Berne életművének legnagyobb ereje abban áll, hogy alaptételei és elmélete dinamikusan

tudott fejlődni, sőt ez a folyamat a mai napig tart. Az elmúlt két évtizedben sorra jelentek meg a magyar szakemberek TA-témában jegyzett könyvei, a Háttér Kiadó honlapjáról pedig egy kibővített *TA fogalmi szótár* is leölthető, amely a tranzakcióanalízis szakkifejezéseit gyűjti össze a *Játszmák nélkül* sorozat

tranzakcióanalitikus témájú köteteinek kiegészítéseként. (Eric Berne: *Emberi játszmák*. Nyolcadik, javított kiadás. Budapest. Háttér Kiadó, 2013)

Grünczeisz Kata

PhD-hallgató, BME, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar Tudományfilozófia és Tudománytörténet Doktori Iskola



CONTENTS

*Hungary Has Joined the European Space Agency**Guest Editor: Előd Both*

Fruzsina Tari: How to Make Our Membership in the European Space Agency a Success?	1026
Atila Hirn: Scientific Measurements on the Surface of Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko	1030
István Apáthy – József Földvári: Dosimetric Measurements on the ISS with Hungarian Contribution	1037
László Balázs – Irén Barkaszi – István Czigler – Endre Takács: The Brain in Weightlessness: Experiment on the International Space Station	1045
Péter Ábrahám – Csaba Kiss: Hungarian Participation in ESA Infrared Astronomical Space Missions	1052
László Gránásy – Tamás Pusztai – Frigyes Podmaniczky – Bálint Korbuly: Materials Science in Space: Research in the Wigner Research Centre for Physics of the Hungarian Academy of Sciences	1058
Lóránt Földvály – Gyula Tóth – Annamária Kiss – Márton Kemény: GOCE Satellite: An Earth Orbiter Torsion Balance	1063
Balázs Zábóri: Hungarian University Students in the REXUS/BEXUS Rocket and Balloon Programme of the European Space Agency	1070
Gyula Horváth: CubeSats in the Vision of the European Space Agency	1075
János Solymosi: Space Communications	1080

Study

Pál Venetianer: Does God Play Dice? (The Role of Chance in Biology)	1087
István Sándor: Reason for Existence and Functions of the Fiduciary Asset Management in Hungarian Law	1096
Béla Hajnal – Anita R. Fedor: Some Characteristics of Chinese Demography	1103

Academy Affairs

László Csaba – Tamás Szentes – Ernő Zalai: Whose Academy Is It Anyway?	1113
Dénes Gábor Award	1138

Discussion

Gábor Maksay: Quo Vadis, Scientific Recognition?	1139
--	------

<i>Outlook (Júlia Gimes)</i>	1146
------------------------------	------

<i>Book Review (Júlia Sipos)</i>	1149
----------------------------------	------

Ajánlás a szerzőknek

1. A Magyar Tudomány elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elősegíteni, ezért főleg olyan dolgozatokat közöl, amelyek a tudomány egészét érintik, vagy érthetően mutatják be az egyes tudományterületeket. Lapunk nem szakfolyóirat, ezért a szerzőktől közérthető, egy-egy tudományterület szaknyelvét mellőző cikkeket várunk.

2. A terjedelem ne haladja meg a 30 000 leütést (szóközökkel együtt), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat is tartalmaz, kérjük, arányosan csökkentse a szöveg mennyiségét. Beszámolók, recenziók terjedelme ne haladja meg a 7–8000 leütést. A kéziratot.doc vagy .rtf formátumban, e-mailen vagy CD-n kérjük a szerkesztőségbe beküldeni.

3. Másodközlésre csak indokolt esetben, előzetes egyeztetés után fogadunk el dolgozatokat.

4. Kérünk a cikkhez 4–6 magyar kulcsszót és az írás angol címét, valamint a szerző nevét, tudományos fokozatát, munkahelye pontos nevét, s ha közölni kívánja, e-mail címét. Külön kérjük azt a levelezési és e-mail címet, telefonszámot, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

5. Kérjük, hogy a cikkben mindig jelöljék az idézetek forrásait.

6. Idegen nyelvű idézetek esetében kérjük azok lábjegyzetben vagy zárójelben való fordítását is.

7. Kérjük, az irodalomjegyzékben adják meg az idézett cikkek DOI (Digital Object Identifier) kódját, s ha a cikkhez, könyvhöz ismernek szabad, ingyenes elérést, akkor azt is.

8. A szövegben emlegetett, hivatkozott személyek vagy intézmények teljes nevét kérjük kiírni azok első előfordulásakor.

9. Kérjük, az idegen nyelvű ábrák szövegét fordítsák le, vagy mellékeljenek egy szólistát.

10. Ha a szerző nem saját illusztrációit használja, akkor fel kell tüntetni azok forrását. A szerző dolga, hogy kiderítse a copyright tulajdonosát, és amennyiben nem szabad felhasználású, engedélyt szerezzen a közléshez.

11. Szövegközi kiemelésként *dőlt*, vagy *félkövér* formázást alkalmazunk; ritkítást, VERZÁLT,

KISKAPITÁLIST és *aláhúzást* nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kérjük megadni.

12. Az ábrák érkezhetnek papíron, lemezen vagy e-mail útján, bármilyen vektoros vagy pixeles formátumban; utóbbi esetben jól olvasható, finom felbontásban és min. 10×10 cm-s tényleges méretben. Kérjük, hogy ne a Word-dokumentumba ágyazottan, hanem külön küldjék őket. Készítésüknél vegyék figyelembe, hogy lapunk **nem** színes, és a tükörméret 125 mm. A szövegben tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

13. A hivatkozásokat mindig a közlemény végén közöljük, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve) pl. (Balogh, 1957). Ha azonos szerző(k)től ugyanazon évben több tanulmányra hivatkoznak, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Kérjük: csak olyan és annyi hivatkozást írjanak, amilyen és amennyi elősegíti a megértést. Számuk ne haladja meg a 10–15-öt.

14. Az irodalomjegyzéket ábécé-sorrendben kérjük. A tételek formája a következő legyen:

• Folyóiratcikkek: Feuer, Michael J. – Towne, L. – Shavel, R. J. et al. (2002): Scientific Culture. *The Educational Researcher*. 31, 8, 4–14.

• Könyvek: Rokkan, Stein – Urwin, D. W. – Smith, J. (eds.) (1982): *The Politics Identity*. Sage, London

• Tanulmánygyűjtemények: Halász Gábor – Kovács Katalin (2002): Az OECD tevékenysége az oktatás területén. In: Bábosik István – Kárpáthi Andrea (szerk.): *Összehasonlító pedagógia*. Books in Print, Budapest

15. Ha internetes írásra hivatkozik a szerző, ennek formája a szövegben (URL1), (URL2) stb., az irodalomjegyzékben URL1: Magyar Nemzeti Bibliográfia <http://mn.b.hu/>

16. A Magyar Tudomány kefelevonatokat nem küld, de elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát.

$$\frac{h}{3} \times \frac{h^2}{2} \cdot \gamma = \frac{m v^2}{2} w, \text{ melyből}$$

végre a' gát v vastagsága:

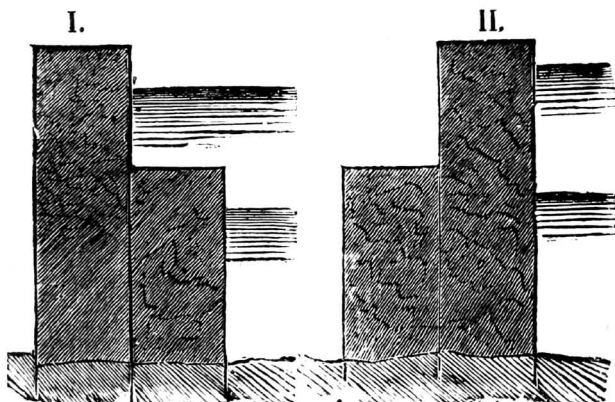
$$v^2 = \frac{h^3}{m w} \frac{\gamma}{3} \text{ vagyis}$$

$$v = \sqrt{\frac{1}{3} \frac{h^3}{m. w} \gamma}$$

Ezen egyenletből kitetszik, hogy midőn $m = h$, akkor a' gát' vastagsága aránylagosan növekedik a' víz' magasságával; és hogy általában véve, a' zárgát' ledöntésére működő erő, a' víz' magasságának köbszámával van arányban.

Miután végre egy köbláb víz' súlya $= 56.4 = \gamma$; az anyagé, mellyel a' zárgátak kitömetnek $= 90 = w$; az (5) alatti egyenlet még következőképen is írható:

$$v = \sqrt[1/3]{\frac{h^3}{m} \frac{56.4}{90}} = \sqrt[1/3]{0.21 \frac{h^3}{m}}$$



Hasonló úton tá-
lálthatnak meg
az egyensúly-
egyenletek, ha a'
zárgátak az I. és
II. alatti ábrák
szerint vannak
alkotva.

Hibák. A' 358. lapon, a' 13. sorban olv. prelio; a' 29. sorban olv. Reynerio, és: liberaliter; a' 41. sorb. olv. quemdam. A' 359. lapon a' 8. és 33. sorb. olv. successorés; a' 11. sorb. habemus után tégy vesszőt; alulról a' 3. sorb. olv. Dominicae.