

Magyar Tudomány

AZ IDŐ A FÖLDTUDOMÁNYOKBAN

Vendégszerkesztő: Ádám József

Egy adatsor, amely megváltoztatta a világot
Tudománymetriai értékelések és kutatások

2008·II

Főszerkesztő:

CSÁNYI VILMOS

Vezető szerkesztő:

ELEK LÁSZLÓ

Olvasószerkesztő:

MAJOROS KLÁRA

Szerkesztőbizottság:

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

A lapot készítették:

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

Lapterv, tipográfia:

MAKOVECZ BENJAMIN

Szerkesztőség:

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

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

Előfizetési díj egy évre: 8064 Ft

Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztők

Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban

Nyomdai munkák: Akaprint Kft. 26567

Felelős vezető: Freier László

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

HU ISSN 0025 0325

TARTALOM

Idő a földtudományokban

Vendégszerkesztő: Ádám József

Ádám József: Bevezető	1294
Mészáros Ernő: A geológiai idő és a földtudományok fejlődése	1296
Haas János – Árkai Péter – Császár Géza – Vörös Attila: Kőbe zárt idő – geológiai kormeghatározás	1300
Pálfy József: A geológiai időskála kalibrálása korszerű kormeghatározási módszerekkel ...	1314
Brezsnyánszky Károly: Geológiai idő a térképen	1324
Nemecz Ernő: Ásványok felszíni átalakulásának időigénye	1333
Varga Péter: A tengelykörüli forgássebesség és a geodinamikai paraméterek változása a Föld története során	1341
Fejes István – Nagy Sándor: Mindennapi tér-időnk	1350

Tanulmány

Haszpra László: Egy adatsor, amely megváltoztatta a világot	1359
Braun Tibor: Szellem a palackból • tudománymetriai értékelések	1366
Vinkler Péter: Tudománymetriai kutatások Magyarországon	1372

Tudós fórum

Egyed László: Európai kutatási és innovációs központ – budapesti székhellyel	1381
--	------

Megemlékezés

Csörgő Sándor (<i>Totik Vilmos</i>)	1384
Fábián Pál (<i>Keszler Borbála</i>)	1386
Németh G. Béla (<i>Szegedy-Maszák Mihály</i>)	1390
Rédei Károly (<i>Csúcs Sándor</i>)	1394

A jövő tudósai

Előszó (<i>Csermely Péter</i>)	1396
„Édes teher” – szerepválságban vannak-e a kutatók? (<i>Csépe Valéria</i>)	1396

<i>Kitekintés (Jéki László – Gimes Júlia)</i>	1404
---	------

Könyvszemle (Sipos Júlia)

S. Nagy Katalin: Mű – művészet – befogadás (<i>Tibori Tímea</i>)	1408
Erdő Péter: Az élő Egyház joga (<i>Bóka Zsolt</i>)	1410
Csáki György – Farkas Péter (szerk.): A globalizáció és hatásai (<i>Magas István</i>)	1411
Magyar Tudománytár – Kultúra (<i>Berényi Dénes</i>)	1416

Idő a földtudományban

BEVEZETŐ

Ádám József

az MTA rendes tagja, egyetemi tanár,
az MTA X. (Földtudományok) Osztályának elnöke
jadam@sci.fgt.bme.hu

A földtudomány a Föld alakját és méreteit, erőtereit, felépítését és szerkezetét, fejlődéstörténetét, forgási viszonyait és térbeli tájékozását, a bolygó belsejében, felszínén és külső öveiben lejátszódó folyamatokat és ezek kölcsönhatásait vizsgálja, modellezi, és a Földön végbemenő természeti jelenségeket előrejelzi. Célja megérteni a teljes földi rendszer múlt-, jelen- és jövőbeli viselkedését. Ezért meghatározó jellemzője az időbeliség és térbeliség, hiszen a földi folyamatok, jelenségek időben és térben zajlanak le.

Az MTAX. (Földtudományok) Osztálya egyik korábbi közgyűlési előadóülésén (2003. május 7-én) az időnek a földtudomány területén játszott szerepével foglalkozott. A jelen számban az előadó ülésen az egyes földtudományi szakterületek képviselőinek előadásait adjuk közre a Föld Bolygó Nemzetközi Éve alkalmából. Elsőként Mészáros Ernő mutatja be a Föld kora meghatározásának folyamatát és történetét az alkalmazott módszerekkel együtt. Ezután két, a geológiai időmeghatározás elveivel és módszereivel, valamint az eddig elért eredmények ismertetésével foglalkozó tanulmány következik (Haas János, Árkai

Péter, Császár Géza és Vörös Attila, illetve Pálffy József tanulmánya). A geológia (földtan) számos időmeghatározási, időtagolási módszert igyekszik alkalmazni együttesen a földtörténeti események, jelenségek, folyamatok időbeli lefolyásának utólagos kiderítésére. Ezek alapja, hogy a kőzetek és a bennük rejlő ősmaradványok rendkívül sok információt hordoznak a régmúltról. A geológiai kormeghatározás módszereinek továbbfejlesztésével és a geológiai időskála pontosításával hazai és nemzetközi szinten ma is kiemelten foglalkoznak. Brezsnaynszky Károly a földtani térképezés eljárásait és módszereit tárgyalja, továbbá bemutatja, hogy az időt (a földtani kort) hogyan ábrázolják az erre a célra szolgáló tematikus térképeken. Nemezc Ernő tanulmánya az ásványok földfelszínen végbemenő átalakulási (mállási) folyamataival, az ásványok mállási sebességének vizsgálatával foglalkozik. Varga Péter tanulmányában Földünk tengelykörüli forgássebességében és a kapcsolódó geodinamikai paraméterekben a földtörténet során bekövetkezett változásokat vizsgálja. Végül Fejes István és Nagy Sándor tanulmánya napjaink (egyre nagyobb pon-

tosságot igénylő) időmérési feladataival foglalkozik. A szerzők bemutatják a Föld forgásán és Nap körüli keringésén, valamint az atomi energiaszint-átmenet során kibocsátott elektromágneses rezgésen alapuló időegységeket és időrendszereket. Az időmérésben elért nagy pontosság feltételévé vált a napjaink korszerű idő- és helymeghatározását biztosí-

tó globális navigációs műholdrendszerek (például GPS) létrejöttének és folyamatos működésének.

Kulcsszavak: *Föld Bolygó Nemzetközi Éve, földtudomány, geológiai időskála, geológiai kormeghatározás, idő, időmérés, jégkorszak, mállás, ősmaradvány*



A GEOLÓGIAI IDŐ ÉS A FÖLDTUDOMÁNYOK FEJLŐDÉSE¹

Mészáros Ernő

Pannon Egyetem, Föld- és Környezettudományi Tanszék, Veszprém
meszaroserno@invitel.hu

A Biblia és a Föld kora

A Föld, a Világegyetem életkorának, és általában az időnek a megítélése a keleti és a nyugati kultúrában meglehetősen különböző. A keleti ember számára az időt a születés és a halál, majd az újjászületés, a nappalok és éjszakák, az évszakok szabályos ismétlődése jelenti, amely örökkön örökké létezett: A Föld kora végtelen. Ezzel szemben a zsidó-keresztény kultúrkörben a világ teremtett, amelyből akarva-akaratlan következik, hogy bolygónknak története, sőt életkora van.

A keresztény gondolkodásban továbbá a vezérfonalat az Írás, a *Biblia* biztosítja, amelyből megfelelő hozzáállással tulajdonképpen minden kiolvasható. Különösen olyan kérdések, amelyeket a tudomány hosszú ideig támpontok, megfigyelések és kísérletek híján kénytelen volt megválaszolatlanul hagyni. Erre egyik jó példa, hogy amikor Leonardo da Vinci Lombardiában a tengerparttól 200 km-re halköviületeket talált, kézenfekvőnek tűnt annak kimondása, hogy a hal valamikor régen, a vízözön idején került ilyen messzire a tengerektől. Történt mindez annak ellenére, hogy az arab filozófusok (tudósok), már da

¹ Elhangzott a Földtudományok Osztálya közgyűlési osztályülésén 2003. V. 7-én

Vinci előtt több száz évvel közelítették a helyes megoldást. Így Alhazan (arabosan Abu Ali Al-Hassán ibn Al-Heitham) 1000 körül feltételezte, hogy a halak köviületei a tengerek alján a kőzetek kialakulásakor keletkeztek, majd a földmozgások jutatták őket a vizektől távoli szárazföldekre. A nyugati tudományban hasonló feltételezéssel Nicolaus Steno csak a 17. század második felében állt elő.

A Biblia általános elfogadottságából következett, hogy Európában a Föld korát is először a Biblia alapján próbálták megállapítani. Bár a probléma már Luther Márton is foglalkoztatta, John Lightfoot, a Cambridge-i Egyetem alkancellárja 1642-es, a világ teremtéséről szóló könyvében kijelentette, hogy a teremtés i. e. 3929-ben történt. Aztán az ír James Ussher anglikán érsek számításai váltak hosszú ideig a keresztény világban elfogadottá. A számítás szó nem túlzás, hiszen az említett érsek nem kis munkával valóban kiszámolta, hogy a Bibliában szereplő generációk száma mekkora időszakra utal. Az persze már kicsit túlzás volt, hogy hibahatár nélkül a világ teremtésének idejére az 1654-ben megjelent *Annalium pars posterior...* című könyvében pontosan az i. e. 4004. október 23-át megelőző szürkületet adta meg. Ussher adatát a keresztény világban évszázadokig elfogadták,

de a földtudomány fejlődése az általa megadott kort enyhén szólva kétségessé tette.

Ugyanakkor becslésének kultúrtörténeti jelentőségét ma sem tagadjuk, hiszen lehetséges becslést jelent arra vonatkozóan, hogy a Biblia milyen hosszú kor történetét öleli fel.

A geológusok ellenvéleményt nyilvánítanak

A geológus megnevezés természetesen olyan értelemben túlzás, hogy a földtudomány kezdeti művelői nem rendelkeztek a mai értelemben vett képesítéssel. Így eredetileg jogász volt mind James Hutton, mind Sir Charles Lyell, akik a geológia kialakításában nagy szerepet játszottak. Hutton a saját birtokán fedezte fel, hogy a felszíntől lefelé haladva különböző jellegű rétegek találhatók. Helyesen feltételezte (a 18. század végén vagyunk), hogy a különböző korokban keletkezett üledékes kőzetek építik föl. Minél mélyebbre hatolunk, annál régebbi képződményekhez jutunk. Megfigyelte továbbá, hogy a rómaiak által Britanniában épített utak kövein a mállás nyomait sem lehet felfedezni: a kőzetek mállása és keletkezése sokkal hosszabb folyamat lehet, mint néhány ezer év, vélte. Nem vállalkozott a Föld korának megbecslésére. Kimondta azonban, hogy a Föld korának sokkal hosszabbnak kell lennie, mint Ussher becslése. Ezt a nézetet támasztotta alá a francia Buffon grófja (eredeti néven Georges-Louis Leclerc), aki *A természet korszakai* című kötetében megállapítja, hogy a jelenlegi felszínformák a földtörténet során végbement lassú folyamatok eredményei.

Lyell európai utazásai során figyelt fel a földtani formákra. Ezek változatossága érdekességét annyira felkeltette, hogy életét a geológiának szentelte. 1830 és 1833 között megjelent háromkötetes, világosan megírt kiváló műve (*A geológiai elvei*) mérföldkő a földtu-

dományok történetében. Ebben a műben nemcsak kimondta, hogy a Földön a múltban végbement folyamatok a jelenleg megfigyelt jelenségekkel értelmezhetők, hanem figyelembe véve a feltárt köviületeket, leszögezte: nem kizárt, hogy a Föld kora eléri, sőt meghaladja a 100 millió évet. Ez a közlés az egyházban természetesen megbotránkozást keltett, mivel azt is magában foglalta, hogy a Föld képe a múltban egyáltalán nem olyan volt, mint amilyennek most látjuk. Olyan állatok köviületei is felszínre kerültek, amelyek manapság már nem élnek. A 100 millió évet egyébként oceanológiai megfontolások is támogatták. John Joly ugyanis a 19. század végén kiszámította, hogy legalább 90 millió évnél kellett eltelnie ahhoz, hogy a folyók az óceánokba annyi só szállítsanak, mint a jelenlegi mennyiség.

Lyell könyve Charles Darwin érdeklődését annyira felkeltette, hogy nagy jelentőségű utazásai során a *Beagle* fedélzetén gyakran ezt a könyvet forgatta. *A fajok eredete* című közismert könyvében javasolt evolúciós elmélete ugyanis feltételezi, hogy a növény és állatvilág fejlődéséhez nagyon hosszú időre volt szükség. Így úgy tűnt, hogy a 19. század második felében a Föld korát illetően, a pontos szám megadása nélkül, két tudományág, nevezetesen a geológia és a biológia lényegében azonos nézeteket vall. Pontosabban szólva: a Föld kora feltehetően több mint 100 millió év. Az egyezés ellenére a Föld korának kérdéséről a tudományos viták csak ebben az időben lánghozták föl. Közbeszóltak a fizikusok, akik a Föld korának meghatározását termodinamikai elvekre alapozták.

A Föld kora és a termodinamika

A Föld korának első termodinamikai becslését Isaac Newton végezte el. Az 1687-ben

megjelent *Principiá*-jában ugyanis megemlíti, hogy a Föld izzó állapotából mintegy 50 ezer év alatt hűlhetett le. Művének egyéb részei, nevezetesen a mozgást leíró törvények azonban annyira fontossá váltak, hogy a Föld korának megemlítésével később senki sem foglalkozott. Ismereteink szerint a már említett Buffon gróf volt az első, aki a Föld korának megállapítása céljából kísérleteket is végzett. Vörös izzásig hevített vasgömbök hűlésének tanulmányozása útján arra a következtetésre jutott, hogy 36 ezer évnek kellett eltelnie ahhoz, hogy a hűlő Földön az élőlények megjelenhessenek, és további 39 ezer évnek, hogy a jelenlegi hőmérsékletet elérjük. Röviden a Föld kora 75 ezer évvel egyenlő.

Jean Fourier nem végzett kísérleteket. Számításait hővezetési egyenletekre alapozta. Buffonnal szemben helyesen feltételezte, hogy a Föld belseje még nem hűlt ki teljesen. Eredményül 100 millió évet kapott, ami a geológusok becslésének alsó határa volt.

Ezt a véleményt azonban Lord Kelvin (William Thomson), a 19. század nagy brit fizikusa egyáltalán nem osztotta. Abból indult ki, hogy a hőenergia forrása nem kémiai energia (például oxidáció), hanem a gravitációs összehúzódás. Ilyen alapon kiszámította, hogy a Nap energiája is az összehúzódásból származik, következésképpen a Nap átmérője évente kb. 50 métert csökken (sajnos ez a szám abban az időben ellenőrizhetetlen volt). Eszmefuttatásából következett, hogy a Nap kora 24 millió évre tehető, aminél a Föld semmi esetre sem lehet öregebb. Ily módon a fizikusok és a földtudományi szakemberek véleménye között legalább nagyságrendi eltérés volt. A földtudomány hiába produkált egyre több, egyre különösebb kihalt élőlényekre utaló leleteket, a fizika, pontosabban a fizikának tulajdonított egzaktság ereje, és nem

utolsósorban Lord Kelvin tekintélye megfellebbezhetetlen volt.

Nagy-Britanniában, sőt egész Európában ezért nem is akadt senki, aki Lord Kelvinnel nyílt vitába mert volna szállni. Amerikainak kellett lenni ahhoz, hogy valaki felvegye a „nagy ember” által eldobott kesztyűt. Így Thomas C. Chamberlin 1899-ben egyszerűen kijelentette: ha a fizika a Föld korára ilyen rövid időt ad meg, akkor a fizikának nincs igaza. Ezt a sommás megállapítást talán úgy lehetne módosítani, ha a 'fizika' helyébe a 'termodinamika' szót íránk. Hiszen a radioaktivitás felfedezése után a fizika szolgáltatta azt a módszert, amelyet ma abszolút kormeghatározásnak nevezünk. A radioaktivitás továbbá a Föld életében olyan hőforrást is jelent, amelyet felfedezése előtt természetesen nem vehettek figyelembe.

A modern tudomány: radioaktív kormeghatározás

A radioaktív kormeghatározás a kőzetek és általában a Föld korának meghatározásában forradalmi változást hozott. A módszernek számos változata van, de a lényeg minden esetben az, hogy a radioaktív anyagok meghatározott ütemben bomlanak, meghatározott felezési idővel rendelkeznek. Példaként megemlíthetjük az urán izotópjainak (tömegszámuk 238 és 235) bomlását, amelynek során rendre 206, illetve 207 tömegszámú ólom keletkezik. Van azonban az ólomnak egy „közönséges” változata is, amelynek tömegszáma 204-el egyenlő. Ez utóbbi mennyisége az idők során természetesen állandó. A geológiai órát a különböző izotópok arányának összehasonlítása szolgáltatja.

Az első radioaktív kormeghatározást Bertram Boltwood végezte 1907-ben. Különböző kőzetekben végzett mérések eredményei sze-

rint arra a meggyőződésre jutott, hogy a Föld több mint 400 millió éves, de nem kizárt, hogy kora eléri a kétmilliárd évet. A következő igen fontos mérési sorozat elvégzése Alfred O. Nier nevéhez fűződik, aki különböző helyeken gyűjtött, különböző korú kőzetekben végzett ólomizotóp méréseket. Eredményeit a geológia nagy brit alakja, a földtudományokat forradalmasító lemeztektonikai elmélet előfutára, Sir Arthur Holmes értékelte és a 20. század negyvenes éveiben a Föld legvalószínűbb korára kerekén hárommilliárd évet kapott.

Holmes a Föld korának kiderítésében nagy szerepet játszott. 1913-ban, 23 éves korában közzétett könyvében (*A Föld kora*) egy nagyon fontos javaslatot tett. Chamberlin elképzeléséből indult ki, amely szerint a Föld keletkezéskor nem izzó gömb volt, hanem a Nap körül keringő anyagokból állt össze. Ha ez az elképzelés helyes, okoskodott Holmes, akkor a meteoritok jobb lehetőséget nyújtanak a Föld (Naprendszer) korának a meghatározására, mint a sok változáson átesett földi kőzetek. Ezt az elképzelést az amerikai Claire Petterson tette később magáévá. Tehette ezt azért is, mivel a második világháború után olyan tömegspektrométereket fejlesztettek ki, amelyek igen pontos izotópméréseket tettek

lehetővé. Petterson a tömegspektrométeres mérések nagy szakértője volt. Így nem csoda, hogy az ólomszennyeződés különböző közegekben (víz, levegő, talaj) való kimutatásában is úttörő szerepet játszott. Három kő- és két vasmeteoritban végzett mérései alapján 1956-ban megállapította, hogy a Föld kora 4550 millió (+70 millió), azaz kerekén 4,6 milliárd éves. Ez az a kor, amelyet a mai földtudományok elfogadnak, illetve alkalmaznak.

Záró megjegyzések

A Föld korának meghatározása az emberi elme egyik legnagyobb vívmánya. Világosan mutatja, hogy a tudomány hogyan közelít meg egy első pillanatban megfoghatatlan kérdést. Még akkor is, ha az eredmény, amely felé közelít, olyan meglepő érték, mint a 4,6 milliárdos végeredmény. A történet, mint láttuk, abból állt, hogy eljutottunk az emberi értelemmel még belátható 6000 évtől a 100 milliárd éven át a 4,6 milliárd évig. Így nem meglepő, hogy a már megöregedett Arthur Holmes 1962-ben, amikor az Amerikai Geológiai Társaság aranyérmét átvette, beszédében a következőket mondta: „Visszatekintve némi vigaszt nyújt az öregkori gyengeségre, hogy a Föld sokkal gyorsabban, sokkal öregebb lett, mint jómagam”. (Lewis, 2000)

Kulcsszavak: *geológiai időskála, a Föld kora, kormeghatározás*

IRODALOM: Lewis, C. (2000): *The Dating Game*. Cambridge University Press, Cambridge

KŐBE ZÁRT IDŐ – GEOLÓGIAI KORMEGHATÁROZÁS

Haas János Árkai Péter

az földtudomány doktora, kutatócsoport-vezető,
MTA–ELTE Geológiai, Geofizikai
és Űrtudományi Kutatócsoport
haas@ludens.elte.hu

az MTA rendes tagja, kutatóprofesszor,
MTA Geokémiai Kutatóintézet
arkai@geochem.hu

Császár Géza Vörös Attila

az MTA doktora, egyetemi magántanár,
ELTE Regionális Földtani Tanszék
csaszar@mafi.hu

az MTA levelező tagja, kutatócsoport-vezető,
MTA–MTM Paleontológiai Kutatócsoport
voros@nhmus.hu

Bevezetés

A geológia történeti természettudomány. A kőzet, illetve a különféle, egymással genetikai kapcsolatban lévő kőzetekből felépülő kőzettest térbeli (háromdimenziós) objektum. A geológust azonban a kőzetek, kőzettestek kialakulása, keletkezésének folyamatai is érdeklik. Itt lép be a képbe a 4. dimenzió, az idő, amelynek döntő jelentősége van a geológiai jelenségek, folyamatok megértésében. Ez a geológia tudományterületének talán legjellemzőbb sajátossága. A kőzetek rendkívül sok információt hordoznak a régmúltról. Azt mondhatjuk, hogy szinte kizárólag a kőzetekben lelhetők fel a Föld történetének és a Földön kialakult élet fejlődésének tárgyi bizonyítékai.

Mai ismereteink szerint a Föld története mintegy 4,6 milliárd évet fog át. Olyan hatalmas időtartamról van szó, amely emberi mértékkel szinte felfoghatatlan. A régészek

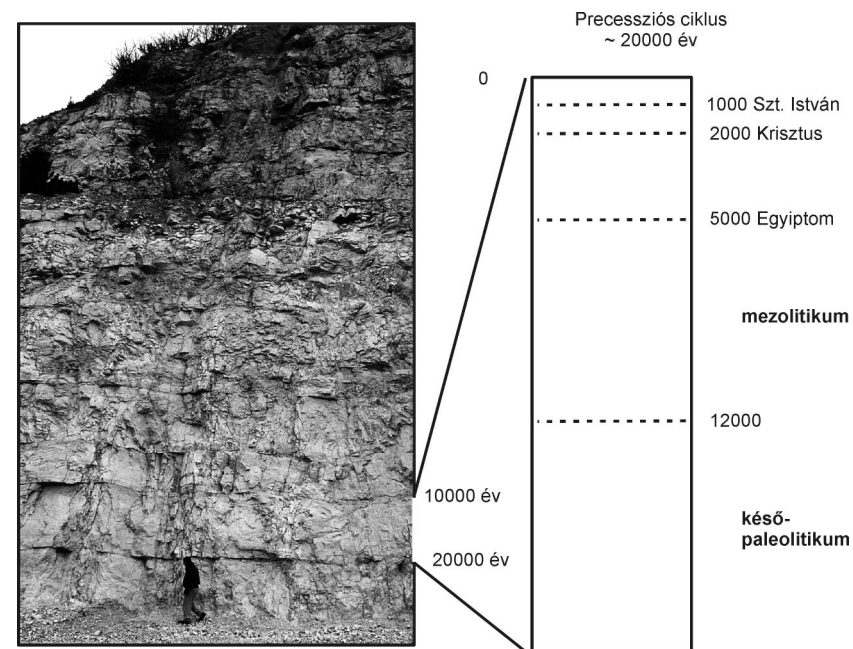
joggal hivatkoznak arra, hogy a mezopotámiai vagy egyiptomi kultúra kezdetei is alig elképzelhető időtávlatra, mintegy ötezer évre nyúlnak vissza. Hogyan lehetne felfoghatóvá tenni akkor a földtörténet millió, tízmillió, százmillió vagy milliárd éves időtávlatait? Az *I. ábrán* a földtörténet középkorának triász időszakában, mintegy 200 millió éve lerakódott mészkő látható. A rétegsorban trópusi klímájú tengerparti síkságon keletkezett és sekélytengerben lerakódott rétegek váltakoznak, ami a tengerszint periodikus változására utal. Mai ismereteink szerint ez a tengerszint-változás a Föld pályaelemeinek periodikus változásaival áll összefüggésben, és a húszézer éves precessziós ciklusnak feleltethető meg. Így tehát egyetlen, kb. két méter vastagságú üledékciklus képződésének időtartamába bőven elfér az emberi civilizáció egész története, hiszen húszézer éve még a jégkorszak utolsó eljegesedési szakasza, a késő paleolitikum tartott. Az első nagy kultúrák kialakul-

lásával az írott történelem mintegy ötezer éve kezdődött, ami egyetlen ciklus felső negyedének, mintegy fél méteres szakaszának felel meg. A magyar államalapítás óta csak 10 cm üledék képződött volna a trópusi tengerben, jóllehet az átlagosnál gyorsabban felhalmozódó üledékes közeletről van szó. A Bakony, a Gerecse vagy a Budai-hegység jelentős részét sok száz ilyen üledékciklus közei építik fel, 2–3 kilométer vastagságban, melyek mintegy húszmillió év alatt keletkeztek. Ha nem változtak volna az üledékképződés feltételei az azóta eltelt mintegy 200 millió évben – ami természetesen abszurd feltételezés – akkor 20–30 kilométeres kőzetoszlop keletkezhetett volna máig. És a triász időszak már a földtörténet viszonylag késői szakasza, azóta „csupán” kétszer százmillió év, nem pedig milliárd évek teltek el.

A geológiai időmeghatározás kezdetei

Nem mindig gondolkodtak ilyen hatalmas időtávlatokban a Föld korát és történetét illetően. Hosszú ideig, egészen a XVII. század közepéig, a felvilágosodás koráig kizárólag a *Biblia* tanai adtak támpontot a kezdeteket illetően. AXVI. században a hírneves ír tudós teológus, James Ussher anglikán érsek a *Biblia* gondos tanulmányozása alapján arra a következtetésre jutott, hogy a teremtés Krisztus születése előtt 4004. október 23-án, szűrküvetkor történt. Mások számításai némileg eltérő eredményre vezettek, de kétségtelen, hogy az Írás szerint a teremtés hat napja mintegy hatezer évvel ezelőttre tehető.

Már az ókori, kolofoni Xenophanes, majd jóval később a XV. század végén a reneszánsz minden tekintetben zseniális polihisztor,



I. ábra • A dachsteini mészkő üledékciklusai egy gerecsei kőfejtőben. Egy ciklus kb. 20 ezer év alatt keletkezett. Ez többszöröse annak, amit az emberiség írott történelme képvisel.

Leonardo da Vinci felismerte, hogy tengeri állatok vázai találhatóak a tengerektől távoli hegységek kőzeteiben, és azokat ősi tengerek nyomaként értékelték. Nicholas Steno 1669-ben a rétegzett kőzeteket tanulmányozva arra a következtetésre jutott, hogy a rétegsorban mélyebben lévő rétegek korábban keletkeztek, mint a felettük találhatóak. Ezzel megalakította a szuperpozíció törvényét, amit ma a rétegtan első alaptörvényének is neveznek.

Georges Buffon, akit a XVIII. század legnagyobb természetbúvárának tartanak, és a francia felvilágosodás kiemelkedő képviselője volt, kétségbevonta azt, hogy a Párizsi-medence sok ezer méter vastag, tengeri állatok vázait nagy tömegben tartalmazó rétegei a bibliai vízözön néhány hónapja alatt rakódhattak volna le. Úgy vélte, hogy a Föld korát egy hasonló méretű vasgolyó lehűléséhez szükséges idő kiszámításával lehet megközelíteni, és ezt az időt 1749-ben kiadott *A Föld elmélete* című művében 74 834 évben határozta meg.

A geológián belül a kőzetek tér és időbeli kapcsolatával a rétegtan (sztratigráfia) tudományága foglalkozik. Az angol William Smith-t tekintik a rétegtan atyjának. Smith csatornaépítő mérnök volt, aki munkája közben, már a XVIII. század végén felismerte, hogy az egymást követő rétegeknek nem csupán sajátos kőzettani jellegei vannak, de ősmaradványaik is eltérőek, és e tulajdonságaik alapján akár nagy távolságban lévő rétegeket is azonosítani lehet. Az egyes rétegek, rétegcsoportok helyzetét térképen is rögzítette.

Buffon tanítványa volt a XIX. század kezdetének két kiemelkedő francia paleontológusa, Jean-Baptiste Lamarck és Georges Cuvier, akik az élővilág történetét illetően merőben különböző nézeteket vallottak. Lamarck munkáiban az élővilágnak a kör-

nyezeti változások miatt lassan, fokozatosan végbement fejlődését hirdette, és úgy gondolta, hogy ez év százmilliók alatt történhetett. 1802-ben megjelent dolgozatában a legősibb tengeri üledékek korát 900 millió évesre becsülte. A Lamarcknál huszonöt évvel fiatalabb Cuvier fixista, azaz a fajok változatlanóságának híve volt. Azt az akkor már jól ismert tény, hogy egymás felett következő rétegcsoportok fosszíliaegyüttese különböző, természeti katasztrófákkal magyarázta. Úgy vélte, hogy e katasztrófák során az élővilág elvándorol egy területről, majd a vész elmúltával máshonnan, más alakok vándorolnak be oda. Követői azt is feltételezték, hogy a katasztrófák utáni újratemetésekkel népesült be ismét a Föld.

A XIX. század első felében – azaz Cuvier munkásságával egyidőben – alapvetően katasztrofista szemlélettel kísérelték meg a földtörténet nagyobb egységekre, időszakokra tagolását. Az 1820–1840 közötti években vezették be a máig érvényben lévő geológiai időszakok jelentős részét (például: szilur, devon, triász, jura stb.). 1841-ben John Phillips vetette fel az ősi állatvilág fejlettségén alapuló tagolást, megalkotva a paleozoikum, mezozoikum, kainozoikum fogalmát. A földtörténet e fő fejezeteinek határainál olyan markáns változás lép fel az ősmaradvány-együttesekben, hogy az már a rétegtan korai művelői számára is feltűnt, és kutatási adatok tömege alapján, ma is úgy véljük, hogy a földtörténet legnagyobb kihalásait, valódi katasztrófáit tükrözik.

A paleontológusok és a rétegtan kutatóinak szemléletében Charles Darwin 1838-ban felismert és 1859-ban közzétett evolúciós tanai hoztak alapvető fordulatot. Maga Darwin az evolúció sebességének becslése alapján arra következtetett, hogy a kainozoikum

kezdeté 300 millió évvel ezelőtt lehetett. Úgy vélte, hogy ennyi idő alatt alakulhattak át az akkori fajok a maiakká. A jelenlegi megbízható ismeretek szerint 65 millió évvel ezelőtt kezdődött a kainozoikum. Darwin tehát a valóságosnál jóval lassúbb evolúciós tempót tételezett fel. Kétségtelen, hogy a radioaktivitáson alapuló kormeghatározás felismerése előtt rendkívül nehéz volt reális becsléseket adni a Föld, illetve az egyes kőzetek korára vonatkozóan. Ennek tudatában nagy elismeréssel kell adóznunk a XIX. századi magyar geológia kiemelkedő tudósának, Szabó Józsefnek, aki 1893-ban üledéktani alapú levelet adott közre a rétegzett kőzetekre vonatkozóan. Idézzük fel gondolatmenetének fontosabb elemeit saját szavaival. „Szerencsére, van a változásoknak egy oly nagy ciklusa, mely gondos kutatásra alkalmas és számbeli kifejezést is szolgáltat; a Föld felületének a koptatása ez, mi igen lassu folyamatnak teszük ugyan, de untalan tart. [...] A kopadék és a lerakódás tömege egymásnak megfelelő; ha tehát megmérjük, hogy valami folyó mennyi anyagot visz a tengerbe, kifejezést kapunk egyrészt arra, hogy azon folyó vízkörnyékéről évenként mennyi kőzetanyag huroztatott el, és hogy azzal a mélyedményben mennyi új réteg képződött: vagyis a víz mit pusztított és mit alkotott. [...] A Föld rétegek kőzetei egészben véve, ott, a hol legjobban ki vannak fejlődve, nem kevesebb mint vagy 100,000 lábra tehetők. Ha ezen rétegek a legsebesebb módon rakódtak le, akkor keletkezésükre 73 millió év kellett; ellenben ha a leglassabb módon, akkor nem kevesebb mint 680 millió év alatt jöttek létre.” Szabó veretes mondatai meglepően reális becslést tárnak az olvasó elé, hiszen a szilárd vázzal rendelkező élőlények maradványait már tartalmazó, legidősebb rétegek kora – azaz a

fanerozoikum kezdete – mai ismereteink szerint 545 millió évre tehető.

A radioaktív izotópos kormeghatározás elvének és módszereinek kidolgozása

Bár a relatív geológiai időskála alapjait és a korbesorolás elsősorban ősmaradványokon alapuló módszereit a XIX. század végére már kidolgozták – ennek jelentősége a földtani kutatás legkülönbözőbb ágaiban mindmáig nem csökkent – a kőzetek, földtörténeti események korának években való megállapítására nem volt megbízható módszer.

Alapvetően új lehetőséget kínált a földtan számára a radioaktivitás felfedezése. A röntgensugárzás, a katódlumineszcencia jelenség felfedezése inspirálta Henri Becquerel francia fizikust a különböző urániumsókkal végzett lumineszcencia kísérleteinek folytatására. Ezek eredményeit 1896-ban a Párizsban, a Francia Tudományos Akadémián ismertetve egy merőben új jelenségről számolt be: kimutatta, hogy az urániumsók és urániumtartalmú ásványok külső energia (például napfény) közlése nélkül is folyamatosan bocsátanak ki láthatatlan sugárzást. Ez a felfedezés messzeható következményekkel járt, a következő évtizedekben az atomfizika és a radiokémia kialakulását és fejlődését indította el. Az úttörők közül elég itt talán – kiemelkedő példaként – Marie Skłodowska Curie és Pierre Curie tevékenységét felidézni.

A Marie Curie által „radioaktivitás”-nak elnevezett jelenség kutatói közül elsőként Ernest Rutherford angol fizikus javasolta 1905-ben, hogy a radioaktív atommagok átalakulási sebességei kőzetek és ásványok korának meghatározására is felhasználhatók lehetnek. Azóta gyakorlatilag minden, természetben előforduló radioizotópot megvizsgáltak, vajon használhatók-e geológiai anya-

gok datálására. Ehhez az izotópok egész sorának felfedezésére, valamint a különböző kémiai elemek izotópjainak elkülönítésére alkalmas, a Joseph J. Thomson által 1914-ben leírt, ún. „pozitív sugár” berendezésre, majd a Cambridge-i Egyetem Cavendish Laboratóriumában 1919-ben Francis W. Aston által megalkotott tömegspektrométerre, illetve ennek állandó fejlesztésére volt szükség. A tömegspektrométer alkalmazása nyomán az 1950-es évektől jelentős számban készültek radioaktív kormeghatározások különböző kőzeteken, különböző módszerekkel.

Magyarországon az ötvenes évek közepétől az MTA debreceni Atommagkutató Intézetében folynak izotópgeokronológiai kutatások: jelenleg Balogh Kadosa és munkatársai elsősorban K-Ar és Ar-Ar módszerrel végeznek világszínvonalú munkát a Kárpát-medence egész területéről származó geológiai mintákon. Az MTA Földtudományi Kutatóközpont Geokémiai Kutatólaboratóriumában Dunkl István az atommaghasadvány nyom (fission track) módszerrel ért el jelentős eredményeket. Pálffy József (külföldi laboratóriumokban) cirkonkristályokon végzett U-Pb izotópgeokronológiai vizsgálataival triász és jura kronosztatigráfiai egységek kalibrálását végezte el, hogy csak egy fontosat emeljünk ki a számos, nemzetközi kooperációban hazai földtani képződményeken végzett izotópos kormeghatározások közül.

A rétegtan mai elveinek kialakulása

A második világháborút követően nem csupán a radioaktív kormeghatározás, de a klasszikus relatív geológiai kormeghatározás és ezzel szoros összhangban a rétegtan elvei és módszerei is jelentős fejlődésen mentek át. Ennek hajtómotorja a Nemzetközi Rétegtani Bizottság (ICS) 1952-ben megalakult

Osztályozási Albizottsága (ISSC) volt, élén Hollis D. Hedberg amerikai professzorral. A rétegtan alapelveit, osztályozási rendszerét és nevezéktanát huszonnégy éves egyeztető munkával sikerült kialakítani, megteremtve a szakemberek konszenzusán alapuló nemzetközi rétegtani tagolás és a geológiai időskála kidolgozásának lehetőségét. Az alapelveket az 1976-ban kiadott *Nemzetközi rétegtani irányelvekben* tették közre. Az új szemlélet lényege a kőzettani sajátosságokon alapuló litosztatigráfiai, az ősmaradványokon alapuló biosztatigráfiai és a különböző módszerekkel meghatározott geológiai időegység alatt keletkezett kőzeteket magukba foglaló kronosztatigráfiai, illetve az utóbbiak időtartamát jelentő geokronológiai egységek bevezetése volt. Fülöp József akadémikus kezdeményezésére a rétegtani irányelvek tömörített, de a lényegét tartalmazó magyar változata a nemzetközi irányelveket megelőzően, már 1975-ben megjelent.

Az 1970-es évektől az időfelosztás és az időazonosítás (krono-korrelációs) számos új módszerét dolgozták ki, és az 1980-as években egyre inkább az alkalmazható módszerek minél teljesebb körét értékelő integrált rétegtani szemlélet vált meghatározóvá. Az ISSC Amos Salvador elnöksége idején, 1994-ben, újabb rétegtani módszerekkel kibővített *Nemzetközi rétegtani irányelveket* adott közre. Jelenleg egy további bővítéseket és korszerűsítéseket tartalmazó kiadvány szerkesztése folyik, jelül annak, hogy a földtörténeti események pontosítását célzó módszertani fejlesztés ma is tart.

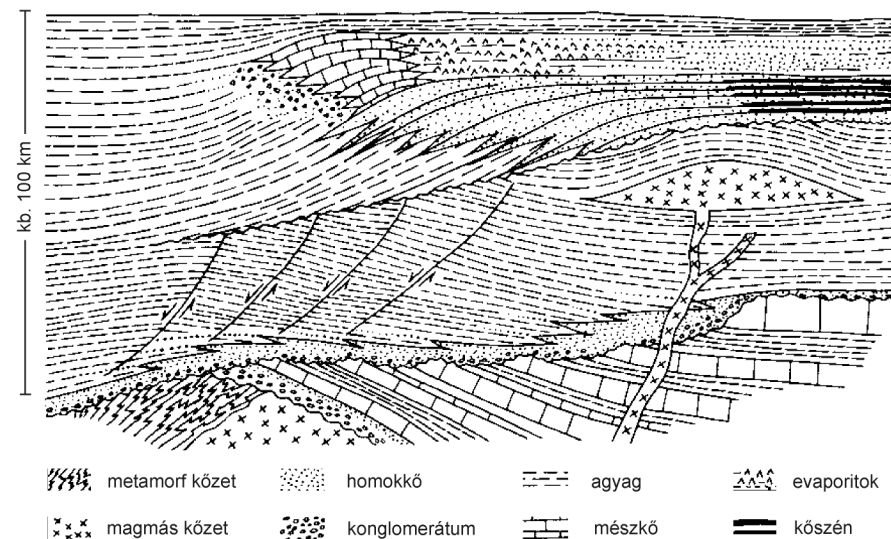
A geológiai időmeghatározás mai szemlélete és módszerei

A földtan ma igen sok módszert igyekszik párhuzamosan alkalmazni a földtörténeti

események, jelenségek, folyamatok időbeli elhelyezésének érdekében. A módszerek megválasztása a vizsgálandó kőzetek sajátosságaitól és az adott probléma, feladat jellegétől egyaránt függhet. Természetesen fontos lehet a kőzetek keletkezési korának években való megadása. Gyakran igen hosszú ideig tartó keletkezési folyamatról van szó, ilyenkor a folyamat időbeli lejátszódása, egyes részfolyamatok sebességének meghatározása a feladat. Számos esetben a kőzettestek keletkezésének egymáshoz viszonyított ideje, az egyidejű (izokron) szintek megállapítása a legfontosabb. Olyan módszereink is vannak, melyek – bár a keletkezés idejének megállapítását nem teszik lehetővé – bizonyos kőzetekben egészen finom, éves, évszakos vagy akár félnapos időtagolásra alkalmasak, megadva például az üledéklerakódás sebességét

vagy a periodikusan ismétlődő környezeti változások ütemét. Tekintsük át néhány fontos módszer elvi alapjait, természetesen a teljesség igénye nélkül!

A *litosztatigráfia* a kőzetfajták és azok jellegei alapján tagolja, sorolja egységekbe a Föld szilárd kérgét (valójában csak a földkéreg felső részét) alkotó kőzeteket. A litosztatigráfiai egységek (formációk) háromdimenziós alakulatok és egyúttal a földkéreg építőelemei. A geológiai térképek, illetve térmodellek e kőzettestek síkbeli, illetve térbeli megjelenítését mutatják be. A litosztatigráfiai egységek egymáshoz viszonyított térbeli helyzete ad információt képződésük sorrendjéről. A már említett Steno-féle szuperpozíciós szabály egyike az ilyen relációs értelmezési lehetőségeknek. További összefüggéseket illusztrál a 2. ábra. Az ábra alsó részén üledék-



2. ábra • A litosztatigráfiai egységek kapcsolata. A rétegsorokban az idősebb egységek általában mélyebben, a fiatalabbak felettük helyezkednek el. Az egyidősek a kőzettani jelleg fokozatos változásával oldalirányban átmennek egymásba, vagy összefogazódnak. A rétegsor lehet folyamatos, vagy eróziós határral megszakított. A rétegsorba nyomuló magmás kőzettest fiatalabb, mint az amelybe benyomult.

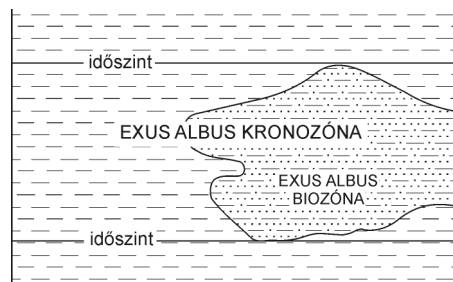
kes rétegsorba nyomult magmás test látható. A magmás test nyilván fiatalabb, mint a befoglaló kőzettest. Az ábra felső részén rétegsorok összefogazódására látunk példát. Az összefogazódó rétegsorok közel egy időben keletkeztek.

A *biosztratigráfia* a rétegeket ősmaradványtartalmuk alapján különíti el és sorolja egységekbe. Bár „hatásköre” tulajdonképpen az üledékes kőzetekre korlátozódik, a biosztratigráfia mégis több, mint pusztán a sztratigráfia egyik ága. A bevezető részben láthattuk, hogy William Smith, Georges Cuvier és a rétegtan más alapító atyái az ősmaradványok felhasználásával tették meg úttörő lépéseiket. Ez nem volt véletlen, hiszen – amint ma már tudjuk – a bioszféra fejlődése folytonos és szakaszos, de mindenképpen egyirányú folyamat, melynek dokumentumai, az ősmaradványok nemcsak rétegonosításra használhatók, hanem a földtörténeti idő meghatározásához közvetlen információkat is hordoznak. A biosztratigráfia legfontosabb kategóriája a *biozóna*, ami *szintjelző ősmaradványok* alapján mutatható ki és párhuzamosítható a Föld különböző pontjain.

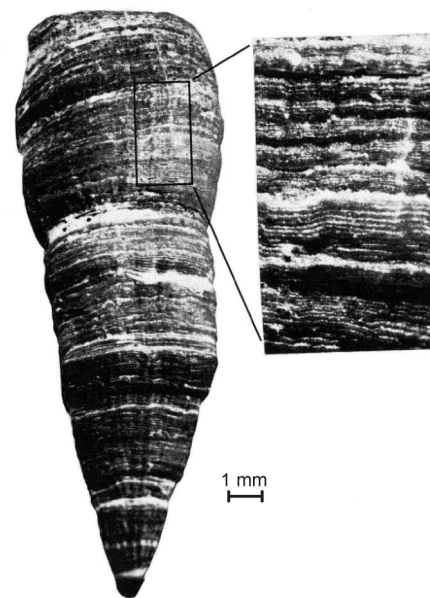
Egy fosszilis faj egyedei akkor használhatók jó szintjelzőként – vagy régiesen: vezérkövületként – ha a faj viszonylag rövid élettartamú, és nagy földrajzi elterjedésű volt, megjelenése és eltűnése a teljes elterjedési területen azonos időpontban történt, valamint, ha maradványai gyakoriak, és sokféle környezetben előfordulhatnak. Ez a számos feltétel rendkívül ritkán teljesül egyszerre. A gyakorlatban meg kell elégednünk azzal, ha a biozóna jellemző ősmaradványának elterjedése egy szűkebb területen belül jól dokumentálható. Az egymással korrelált biozónák mozaikjából épül fel a biosztratigráfia rendszere. Egy-egy biozónának megfelelő rövid

időtartamú (általában kevesebb mint egymillió év) kronosztratigráfiai egység a kronozóna; viszonyukat a 3. ábra mutatja.

Az ősmaradványokon alapuló közvetlen és független földtörténeti időmérést *biokronometriának* nevezzük. Közismert a fatörzsek évgyűrűinek megszámlálására alapított dendrokronometria jelentősége a legutóbbi néhány ezer év történetének datálásában. Meglepő adatokat szolgáltatnak közel 400 millió éves (devon időszak) korallak a földi nap hosszának lassú növekedésére (Géczy, 1979). A 4. ábrán látható korall több centiméteres, tülökalkú kelyhének külsején sűrű növekedési ráncok láthatók, melyek naponkénti növekedési ritmust tükröznek. Láthatók azonban ritkábban jelentkező, gyűrűszerű kiemelkedések is, melyek évenkénti periódusokba rendeződnek. Két vastagabb gyűrű között négyszáz finom növedékvonal olvasható meg, minden példányon, következetesen. Ez azt jelenti, hogy a devon időszakban egy év négyszáz nappól állt. Hasonló megfigyelések szerint a karbon időszi (300 millió éves) korallak számára 390 napig tartott egy év. Mindez arra utal, hogy a Föld tengely körüli forgásának sebessége a földtörté-



3. ábra • A biozóna térbeli kiterjedését egyes meghatározott ősmaradványok konkrét előfordulása határozza meg. A kronozóna az az időtartam, amelyet ezen ősmaradványoknak első és utolsó megjelenése képvisel.



4. ábra • Devon korall. A kép jobb oldalán az egy év alatt keletkezett napi növekedési sávok láthatók.

net során fokozatosan csökkent, elsősorban a dagály–apály jelenség okozta súrlódás miatt. A *magnetosztratigráfia* a kőzetek mágneses ásványaiban rögzült, a Föld egykori mágneses mezejére vonatkozó információk értékelésén alapul. Az 1960-as években a kőzeteken mérhető mágneses irányok meghatározása alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a földtörténet során a mágneses pólusok gyakran felcserélődtek, azaz mágneses térfordulás következett be. A további vizsgálatok azt is kiderítették, hogy a pólusátfordulások geológiai értelemben igen rövid idő alatt mentek végbe. A magnetosztratigráfia segítségével az egész Földre érvényes időintervallumok, illetve határszintek határozhatók meg. Ezek az elmúlt évtizedekben az időkorreláció rendkívül fontos eszközeivé váltak. Különösen a földtörténet fiatalabb

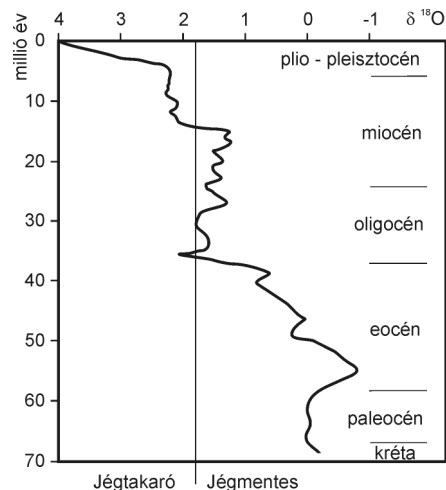
(kainozoós) szakaszaira lehetett igen pontos magnetosztratigráfiai skálát kidolgozni, egyrészt azért, mert ezt az intervallumot gyakori pólusátfordulások jellemzik, másrészt ez esetben a mai óceánok fenekét alkotó, az óceánközépi hátságok mentén feltörő és szétterülő bazalt mágneses irányai és radiometrikus koradatai, valamint a bazaltra települő üledékek biosztratigráfiai és kemosztratigráfiai adatai is rendelkezésre állnak.

A rétegsort regionális üledékhézagokkal tagoló *szekvenciasztratigráfia* az 1970-es években született, elsősorban a mesterségesen keltett földrengéshullámok értékelésén alapuló geofizikai mérések (szeizmikus szelvények) értelmezésének fejlesztése érdekében. Elveinek és módszereinek kidolgozásában az Exxon óriásvállalat Peter Vail által vezetett kutatócsoportjának volt meghatározó szerepe. A szekvenciák létrejöttét relatív vízszintváltozásra vezették vissza, ami az aljzat vertikális (süllyedő – emelkedő) mozgásának és a világtengerek milliós éves nagyságrendű vízszintváltozásának az eredője. A tengerszintváltozási görbe megszerkesztésére, pontosítására és a biosztratigráfiai tagolással való összehasonlítására igen jelentős szellemi és anyagi erőfeszítéseket tettek az elmúlt évtizedekben. A milliós éves nagyságrendű (harmadrendű) tengerszintváltozások oka azonban ma is vitatott, így a szekvenciákon alapuló globális korreláció elvi alapjai sem letisztultak még. A módszer ugyanakkor kiválóan használható a gyakorlatban egyes medencék, régiók rétegsorainak időazonosításánál.

Mai ismereteink alapján is kielégítően magyarázható viszont a 10 ezer–100 ezer éves nagyságrendű üledékciklusok kialakulása, amire a *ciklussztratigráfia* épül. Ciklusos üledékképződésről akkor beszélünk, ha az egymást követő rétegek sorozatában szabálysze-

rú ismétlődés van. Milutin Milanković szerb mérnök, csillagász és matematikus az 1920-as években olyan elméletet dolgozott ki, amely a jégkorszakok kialakulását, az eljegesedési és a felmelegedési szakaszok váltakozását a Föld keringési pályaelemeinek módosulása miatt bekövetkezett besugárzás-változásokra vezette vissza. A 100 és 410 ezer éves periodicitású excentricitással, a ferdeség kismértékű változásának 41 ezer éves periódusával és a 21,7 ezer év átlagos periodicitású precessziójával számolt. Később nem csupán jégkorszaki, hanem különböző korú és különböző környezeti egységekben keletkezett ciklusos rétegsorokról kimutatták, hogy a ciklusok időtartama az említett periodicitásokat mutatja. A pályaelemek periodikus változása (az ún. Milanković-ciklicitás) bonyolult áttételeken keresztül hagy nyomot az üledékes rétegsorokban. A pályaelemek módosulása a besugárzás szeszonalitását befolyásolja, amit az óceáni és a légköri áramlási rendszer módosulása felerősíthet. A klíma kapcsolata az orbitális ciklusokkal tehát nyilvánvaló. Számos bizonyíték van a Milanković-ciklusok frekvenciatartományába eső tengerszint-változásokra is, melyek áttételesen ugyancsak a klímaváltozásokhoz köthetők, hiszen elsősorban a sarki jégsapkák térfogatváltozására vezethetők vissza.

Az utóbbi évtizedben igen gyorsan fejlődő *kemosztratigráfia* az óceánvíz kémiai (elem- és izotóp-) összetételének időbeli változásain alapul. A jelenleg alkalmazott módszerek elsősorban az izotóparányok változására épülnek, és az ősmaradványok vázainak vizsgálatán alapulnak. Az 5. ábra az Atlanti-óceán üledéksorában felhalmozódott egysejtű plankton állatok – Foraminiferák – mészvázában mutatja az oxigénizotóp-arány változását a kainozoikum folyamán (Raymo –



5. ábra • Az Atlanti-óceán üledékéből származó egysejtű állatok (Foraminiferák) mészvázának oxigénizotóp-összetétel változásai a kainozoikum idején (Raymo és Ruddiman, 1992 nyomán)

Ruddiman, 1992). A változások elsősorban a víz hőmérsékletének ingadozását tükrözik, ami globális klímaváltozásokra vezethető vissza. Ez ad lehetőséget arra, hogy pontosabban nem ismert korú rétegsorokat az oxigénizotóp-arányok alapján korreláljunk. Ily módon esetenként a Milanković-ciklicitás is jól kimutatható, ami igen nagy felbontású tagolást jelent.

Radioaktív izotópos kormeghatározás

A radioaktív izotópos kormeghatározás lényege az a felismerés, mely szerint a radioaktív bomlás sebessége egyedül az adott radioaktív atommag stabilitásától függ. A bomlás sebességét külső tényezők (például: a hőmérséklet, nyomás stb.) nem befolyásolják. Emiatt – elsősorban a geológiai alkalmazások korai szakaszában – a radioaktív izotópos kort gyakran „abszolút kornak” nevezték,

amely azonban meglehetősen félrevezető kifejezés. A radioaktív izotópos kor ugyanis azt az időt adja meg, amely a vizsgált ásványnak, kőzetnek szilárd fázisban történő kiválása, ki- vagy átkristályosodása óta eltelt.

A radioaktív izotópos kormeghatározás alapfeltételei a következők:

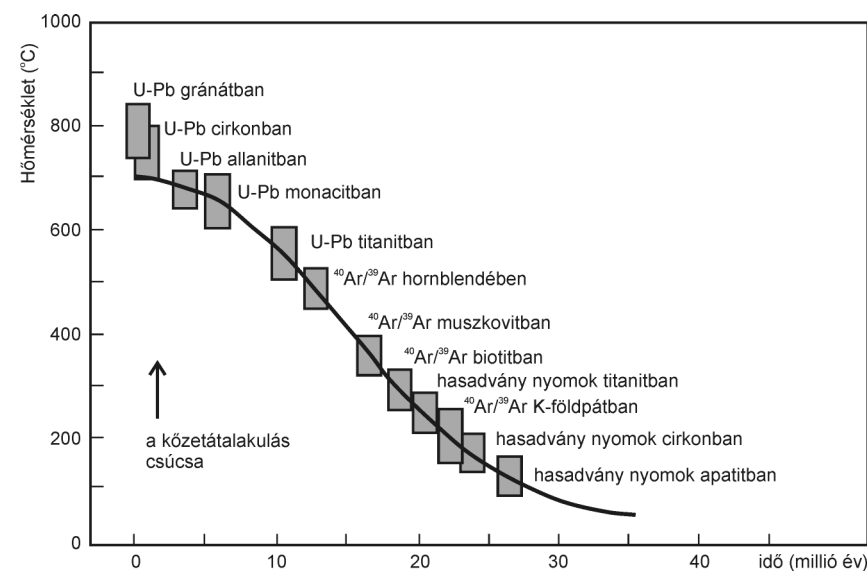
- a vizsgált ásványban a „szülő” (radioaktív, elbomló) izotóp és a bomlás eredményeként keletkezett „leány” izotóp koncentrációiban az ásvány kiválása után végbement változások kizárólag csak a radioaktív bomlás eredményei legyenek (az ásvány kiválásakor csak „szülő” izotóp legyen jelen).
- az adott izotóprendszer szempontjából a vizsgált ásvány vagy kőzet keletkezésétől a jelenig zárt rendszerként viselkedjék.

Nyilvánvaló, hogy ezek a feltételek a természetben zavartalanul szinte soha, vagy csak nagyon ritkán teljesülhetnek. Ezért a radioaktív izotópos kormeghatározás eredményeinek értelmezése rendkívül összetett feladat,

amely a fizikus geokronológus, a földtan különböző szakterületeit művelő petrográfus, mineralógus, sztratigráfus szakemberek együttműködésével lehet csak sikeres.

E tekintetben alapvető jelentőségű a geológiai objektumok vizsgált izotóprendszerre vonatkozó ún. záródási vagy blokkolási hőmérséklet értékeinek meghatározása, amely Marton H. Dodson (1973) nevéhez fűződik. Dodson a záródási hőmérséklet elmélet elegáns matematikai megfogalmazását adta. Egy geológiai anyag (például ásvány) záródási hőmérsékletét a dT/dt lehülési sebesség; a kémiai diffúzió aktivációs energiája és a kristályon belüli diffúziós domének mérete határozza meg.

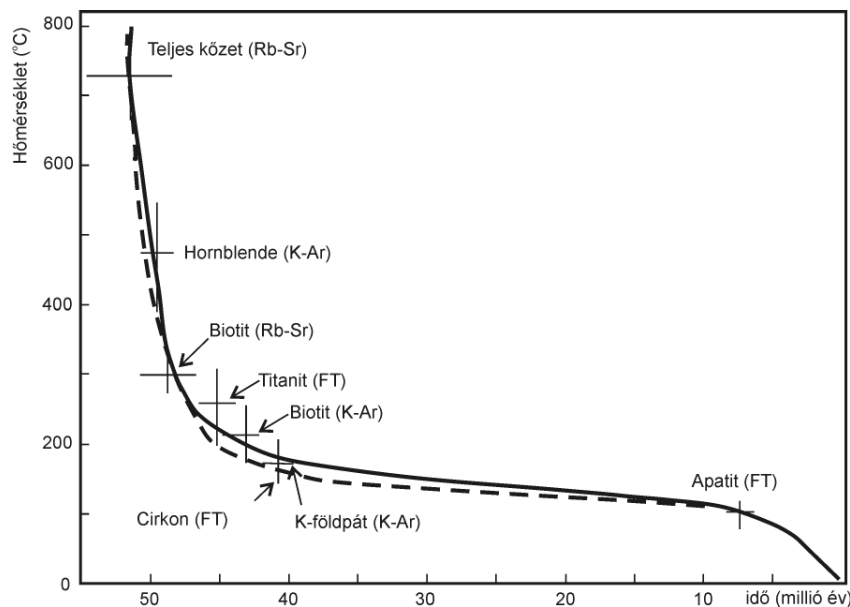
A 6. ábrán a kormeghatározásoknál gyakran alkalmazott izotóprendszerek különböző ásványokban meghatározott záródási hőmérsékletei (pontosabban: hőmérséklet intervallumai) láthatók, viszonylag kis lehülési sebességgel feltételezve.



6. ábra • Metamorf kőzetek ásványainak különböző izotóprendszerekre vonatkoztatott, ún. záródási hőmérsékletei, Frank Spear (1993) nyomán

A fentiek ismeretében tekintsük át röviden, mire is használhatók az izotópgeokronológiai módszerek a kőzetek három nagy csoportjában!

Az *üledékes kőzetek* esetében a radiometrikus kormeghatározás, illetve a mérési eredmények értékelése komoly nehézségekbe ütközik. Az üledékes kőzetek jelentős része ugyanis nem tartalmaz radioaktív kormeghatározásra alkalmas ásványt. Kedvező esetben a kőzetben található egyes – az üledékképződés során keletkező vagy az üledék felhalmozódással egyidejű vulkáni tevékenység során az üledékbe jutó – ásványok kora meghatározhatja az üledékképződés, illetve a kőzetté válás korát (kor-intervallumát). Más ásványok a lehordási (lepusztulási) területet alkotó földtani képződmények korának meghatározására alkalmasak.



7. ábra • Egy gránit pluton lehüléstörténete különböző ásványainak radioaktív izotóprendszerei alapján számított koradatok és az adott rendszerek záródási hőmérsékletei alapján (Spear, 1993 nyomán, egyszerűsítve) • Szaggatott vonal: a pluton geotermikus modellezésével számított lehülési görbéje, FT = „fission track” (atommaghasadvány-nyom) módszer.

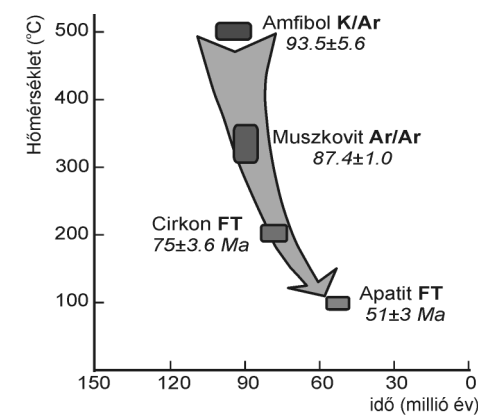
Magmás kőzeteknél az izotópos korok értelmezése a magmatitok képződési körülményeitől, elsősorban a lehülési sebességtől függ. A gyors lehülésű vulkáni kőzeteknél az izotópos korok gyakorlatilag a magmás működés korával egyeznek meg. Lassú lehülésű plutoni (intruzív) kőzeteknél a magmás működés tényleges koránál fiatalabb, ún. lehülési korokat kaphatjuk meg. (Lehülési kor alatt azt az időpontot értjük, amely időpontban a vizsgált kőzet vagy ásványa az adott izotóprendszer szempontjából zárttá vált.) A 7. ábra egy granitoid pluton különböző ásványok/izotóprendszerek segítségével meghatározott lehüléstörténetét mutatja be, a pluton geotermikus modellezésével kapott lehülési görbével együtt (Spear, 1993).

Metamorf kőzetek esetében a különböző záródási hőmérsékletű ásványok/izotóprend-

szerek tanulmányozásával lehetőség nyílik a metamorf események ismétlődésének (poli-metamorfózis) kimutatására és a metamorf összetek lehüléstörténetének rekonstrukciójára is. Ennek illusztrálására a 8. ábrán egy hazai példát mutatunk be. A Vepori nagyszerkezeti egység Észak-Magyarországra átnyúló aljzatában Koroknai Balázs és munkatársai (2001) alpi (kréta) korú, amfibolit fáciesű regionális metamorfózist mutattak ki. Az idő–hőmérséklet diagramról leolvasható, hogy a metamorfizált összetek kiemelkedése során 500 °C-ról mintegy 40 millió év alatt hűlt le kb. 100 °C-ra.

Geokronológia, geológiai időskála

Napjaink földtudománya a fentiekben tárgyalt, valamint számos itt nem említett geológiai időmeghatározási, időtagolási módszert együttesen igyekszik felhasználni a földtörténet, azaz a földtani folyamatok időbeli lefolyásának kiderítésére. Ezt a sokoldalú megközelítést nevezik integrált rétegtannak. A rétegtani vizsgálatok eredményeként a kőzettesteket geológiai koruk szerint kronosztratiográfiai egységekbe sorolják. Ezeknek az egységeknek a határa elvileg egyidejű (izokrón), bár a gyakorlatban, korrelációs módszerekkel az egyidejűséget csak megközelíteni lehet. A kronosztratiográfiai egységek tehát izokrón felületekkel lehatárolt kőzettestek. Ezek időtartamát fejezik ki a geokronológiai egységek, melyek hierarchikus rendszere alkotja a globális geokronológiai skálát, amit geológiai időskálának is neveznek. Említettük, hogy a geológiai időskála alapjait a XIX. század első felében fektették le. Azóta a kutatók folyamatosan dolgoznak a skála tökéletesítésén, az egységek határainak definiálásán és koruk minél pontosabb meghatározásán. Ez nem könnyű feladat, és csak nemzetközi



8. ábra • A Vepori nagyszerkezeti egység déli részén feltárt metamorf összetek alpi lehüléstörténete Koroknai Balázs és munkatársai (2001) nyomán • FT = „fission track” (atommaghasadvány-nyom) módszer.

erőfeszítéssel, megegyezéssel oldható meg. A földtörténet fő fejezeteinek, magasabb rangú egységeinek határát igyekeztek az élővilág jelentős változásainál megvonni. Ezek többsége drasztikus változásokhoz, globális természeti katasztrófákhoz köthető. Ilyen esetben természetes határról beszélhetünk, ennek megkeresése, pontos meghatározása a feladat. Más esetekben azonban – ez a helyzet a részletesebb tagolást adó, rövidebb időtartamot átfogó egységek (emeletek, illetve korszakok) nagy részének esetében – nem történt a Föld egészére kiható lényeges változás, ezért nincs természetes határ, azt valamilyen módon ki kell jelölni. Átgondolt mérlegelés, hosszú egyeztetési folyamat eredményeként jelölik ki a határokat. A globális geológiai skála minden egységének alsó határát egy konkrét helyen, egyetlen pontban jelölik ki. Ezt határ-sztratotípusnak, illetve határpontnak nevezik. A kijelölést a Nemzetközi Rétegtani Bizottságnak kell jóváhagynia. Csak ezután kerülhet sor a határt jelölő „aranyzóg”

beverésére. A határok definiálásának befejezését a Nemzetközi Rétegtani Bizottság – meglehetősen optimizmussal – 2008-ra tervezi. A határok pontos kijelölése előfeltétele annak, hogy években kifejezett korukat viszonylag

pontosan meg tudjuk határozni, de ennek más nehézségei is vannak.

Ma már a kréta időszak középső részéig, hozzávetőlegesen 100 millió évig a geológiai időskála években meghatározott kora vi-

millió év	idő	időszak	kor	korszak	hiba (+) M év
65	Kz	kréta	késő	dániai	2 4 65.0±1
70				maastrichti	
80				campaniai	
				santoni	
				coniaci	
90			turon		
			cenoman		
100			kora	albai	
110				apti	
120				barremi	
130	hauterivi				
140	valangini				
150	jura	késő	tithon		
			kimmeridgei		
160		középső	oxfordi		
			callovi		
			bath		
			bajoci		
180		kora	aaleni		
			toarci		
190			pliensbachi		
200			sinemuri		
210	triász	késő	hettangi		
			rhaeti		
220		középső	nori		
			karni		
230			ladin		
240			anisusi		
	olenyoki				
	indusi				
250	Pz	perm		indusi	248,2±4,8

9. ábra • A mezozoikum geológiai időskálája. Az ábra jobb oldalán lévő görbe a rétegtani egységek években kifejezett korának hibatarományát mutatja.

szonylag pontos, a határok korát legfeljebb néhány 100 ezer éves hiba terheli. Eddig ugyanis támaszkodhatunk a mai óceánok aljzatán végzett mágneses mérések adataira, kiváló magnetosztatigráfiai skálával, biosztatigráfiai rendszerrel és nagyszámú radioaktív koradattal rendelkezünk. A fanerozoikum korábbi szakaszait illetően már sokkal kevesebb a közvetlen adat, és a hibahatár emiatt négy-ötmillió évre nő (Gradstein et al., 1994, 9. ábra). A fanerozoikumnál korábbi, azaz 545 millió év előtti földtörténeti szakaszra nézve még sokkal nagyobb a bizonytalanság, hiszen itt már biosztatigráfiai rendszert sem használhatunk. A geológiai kormeghatározáshoz a litosztatigráfiai egységek kapcsolatai és a radiometrikus adatok adhatnak támpontot. Kétségtelen tehát, hogy a geológiai idő meghatározása, a földtörténeti folyamatok időbeli elhelyezése során, ma még számos megoldatlan kérdéssel kell szembesülnünk, és az években kifejezett koradatok hibahatára is jelentősen szűkíthető.

A geológiai időmeghatározás módszereinek kidolgozása, rendszerének felépítése és

az időskála megalkotása a földtudomány kiemelkedő teljesítménye, amely több mint kétszáz év kutatásainak, kutatók ezreinek eredményeire épül. A skála alapját egymáshoz kapcsolódó, de független elvi alapokon álló ismeretek hálózata képezi. Az ismeretek természetesen állandóan bővülnek, a skála egyes elemei módosulhatnak, a határok kora pontosabbá válik. Azt mondhatjuk tehát, hogy – legalábbis a földtörténet utolsó mintegy félmillió éves szakaszára nézve – már ma is jól használható, tudományosan sokoldalúan megalapozott időskálával rendelkezünk az élettelen természet és az élővilág változásainak időbeli elemzéséhez. Az időmeghatározás módszereinek és magának az időskálának a fejlesztése azonban ma is a földtudomány egyik legfontosabb feladata.

Kulcsszavak: *geológiai időskála, radioaktív izotópos kormeghatározás, litosztatigráfia, biosztatigráfia, kronosztatigráfia, magnetosztatigráfia, ciklussztatigráfia, szekvensciostatigráfia, kemostatigráfia, geológiai-történet*

IRODALOM

- Dodson, Martin H. (1973): Closure Temperature in Cooling Geochronological and Petrological Systems. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. **40**, 259–274.
- Fülöp József – Császár G. – Haas J. – J. Edélnyi E. (1975): *A rétegtani osztályozás, nevezéktan és gyakorlati alkalmazásuk irányelvei*. Magyar Rétegtani Bizottság, Budapest
- Géczy Barnabás (1979): *Az eltűnt élet nyomában*. Gondolat. Budapest
- Gradstein, Felix M. – Agterberg F. P. – Ogg J. G. – Hardenbol J. – van Veen P. – Thierry J. – Huang Z. (1994): A Mesozoic Time Scale. *Journal of Geophysical Research*. **99**, 24051–24074.
- Hedberg, Hollis D. (1976): *International Stratigraphic Guide. A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology, and Procedure*. John Wiley & sons, NY.

- Koroknai Balázs – Horváth P. – Balogh K. – Dunkl I. (2001): Alpine Metamorphic Evolution and Cooling History of the Veporic Basement in Northern Hungary: New Petrological and Geochronological Constraints. *International Journal of Earth Sciences*. **90**, 740–751.
- Raymo, Maureen E. – Ruddiman, William F. (1992): Tectonic Forcing of Late Cenozoic Climate. *Nature*. **359**, 117–122.
- Spear, Frank S. (1993): *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths*. Mineralogical Society of America. Monograph, 799, Washington, D. C.
- Salvador, Amos (1994): *International Stratigraphic Guide*. IUGS – Geological Society of America
- Szabó József (1893): *Előadások a geológia köréből*. Természettudományi Társulat, Budapest

A GEOLÓGIAI IDŐSKÁLA KALIBRÁLÁSA KORSZERŰ KORMEGHATÁROZÁSI MÓDSZEREKKEL

Pálffy József

MTA doktora, tudományos tanácsadó,
MTA–MTM Paleontológiai Kutatócsoport
palfy@nhmus.hu

1. Bevezetés

A geológiai időskálát az időrétegtani (kronosztratigráfiai) egységek hierarchikus rendszerre építi fel. A földtörténeti idő tagolásával egyidős az a törekvés, hogy az egységek időtartamát és határainak korát számszerűen, években is meghatározzuk. A kalibrált időskála mutatja meg az időrétegtani egységek határainak korát millió években kifejezve.

A kronosztratigráfia a biosztratigráfiából fejlődött ki, és mindmáig annak alapjain nyugszik, azaz a kőzetrétegek relatív korát leggyakrabban a bennük megőrződött ősmaradványok segítségével állapítjuk meg. A radioaktivitás felfedezése óta, amely megnyitotta az utat egyes ásványok és kőzetek közvetlen kormeghatározásához, az időskálakalibrálás építőkövei az ismert biosztratigráfiai helyzetű képződményeken mért radioizotópos koradatok.

Nehéz túlbecsülni a kalibrált időskála jelentőségét a történeti földtan számára. Ez alapozza meg a különböző módszerekkel datált, különböző környezetekben keletkezett, eltérő genetikájú képződmények megbízható korrelálását. Az időskála segít megbecsülni

a különböző földtani és biológiai folyamatok sebességét, és feltárni a sokrétű földtörténeti események időbeli összefüggéseit. Olyan, látszólag távol eső szakterületek modellalkotásához ad kiindulópontot, mint például a geodinamika vagy a paleobiológia.

A jelen tanulmányban (1) rámutatok az elmúlt évtizedekben publikált és még ma is alkalmazott időskálák megbízhatóságának problémáira, (2) ismertetem az időskála kalibrálásának korszerű módszereit, (3) saját kutatásaimból egy-egy triász, illetve jura esettanulmányon bemutatom ezek alkalmazását, végül (4) szemléltetem a pontos kalibráció jelentőségét a bioszféra történetében fontos kihalási és talpraállási események kutatásának példáján.

2. Az időskála kalibráció és az integrált sztratigráfia modern módszerei

A fanerozoikum időrétegtani egységeinek definíciója a szintjelző ősmaradványokra alapított biosztratigráfiai, ill. az azokból származtatott biokronológiai egységekre alapul. Napjaink rétegtani gyakorlatában az emeletek alsó határának kijelölése nemzetközi konszenzussal elfogadott határsztratotípusok (GSSP – Global Stratotype Section and Point) útján

történik. A kalibrálás alaplépése az ismert kronosztratigráfiai helyzetű, a vizsgált határhoz közeli, vagy az alatti, ill. feletti emeletbe eső, radioizotópos módszerrel datálható képződmények kormeghatározása. A skála minőségét meghatározza a biokronológia felbontása és megbízhatósága. Ezért érthető a törekvés az adott időszak standard zónabeosztását nyújtó ősmaradványcsoport (pl. a mezozoikumban az ammoniteszek) használatára.

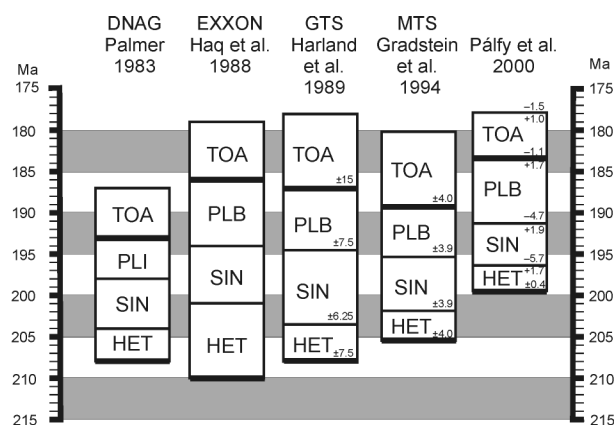
A kalibrált skála finomításában egyéb módszerek is mind fontosabb szerepet játszanak. A Milankovics-ciklicitást mutató üledéksorok segítségével a harmadidőszak egyre idősebb részéig (mára egészen a kréta/paleogén határig) terjesztették ki a folyamatos asztronómiai kalibrálást. Bár a földpálya elemeinek periódusa nem volt állandó a múltban, több mezozoos intervallumban is történt kísérlet „lebegő” skálák kidolgozására, melyekkel a ciklikus üledékeket tartalmazó rétegtani egységek időtartama becsülhető. A mágnesrétegtan és a stroncium-izotópsztratigráfia szerepe az időskála kalibrációban ketős: egyrészt kiegészíthetik a biokronológiai alapú korrelációt, másrészt interpolációra használhatók. A mágnesrétegtan esetében ez utóbbi a középső jurától kezdve alkalmazható, az óceánfenéki mágneses anomáliák szélességének időarányosságát feltételezve állandó sebességű lemezmozgás esetén. A tengeri Sr izotóparány időbeli változását pedig egyes szakaszokon lineárisnak tekintve szintén egy interpolációra alkalmas paraméter áll a rendelkezésünkre, melynek alkalmazása csak az elmúlt években kezdődött meg.

Ezeknél a módszertani újdonságoknál azonban nagyobb horderejű az az időskála finomításának alaplépését érintő hatalmas fejlődés, amely a radioizotópos kormeghatározásban játszódtott le. Hogy ennek jelentő-

ségét belássuk, végezzük el az elmúlt húsz évben készített és legtöbbet használt időskálák rövid kritikai elemzését. Az 1980-as és 90-es években általánosan használt számszerű időskálák (Harland et al., 1982, 1990; Palmer, 1983; Gradstein et al., 1994) pontosságát aláasta néhány hátrányos körülmény: 1.) a kalibráció viszonylag kisszámú izotópos kormeghatározáson alapult, 2.) az izotópos korok jelentős része K-Ar és Rb-Sr kor, amelyek jóval kevésbé pontosak és megbízhatóak, mint a modern U-Pb és $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ koradatok, 3.) a rétegtani határok korának becslésekor az interpolációhoz a biosztratigráfiai egységek egyenlő időtartamának megalapozatlan feltételezését használták. A fenti okok miatt nem meglepő, hogy a különböző időskálák az emelethatárok korára egymástól jelentősen eltérő becsléseket adtak, melyre jó példa a kora jura (1. ábra).

A továbblépés útja jól kirajzolódott az elmúlt évtizedben: célzott vizsgálatok történetek pontosan ismert biosztratigráfijú üledékes szelvényekben előforduló vulkáni tufa közbetelepülések nagy felbontású radioizotópos korolására. A korábban alkalmazott datálási módszereket felváltotta napjaink két legnagyobb pontosságot és megbízhatóságot nyújtó módszere, az U-Pb és az $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ kormeghatározás.

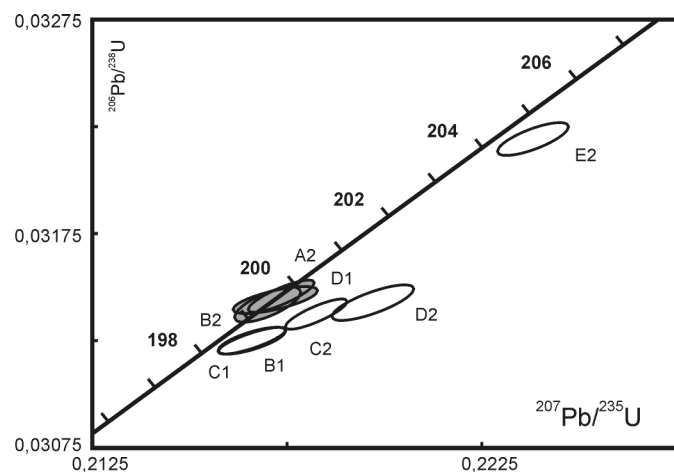
Az U-Pb módszer megbízhatóságának alapja a benne rejlő minőségellenőrzési lehetőség. Az U-tartalmú ásványokban két geokronométer „ketyeg”. Az $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ és az $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$ egymástól független bomlási sorok, melyek bomlási állandói igen pontosan ismertek. A felezési idők a módszert a legkülönbözőbb korú földtani képződmények vizsgálatára is alkalmassá teszik ($t_{1/2}^{238}\text{U} = 4,468 \times 10^9$ év és $t_{1/2}^{235}\text{U} = 0,704 \times 10^9$ év). A pontosságot a precíz tömegspektrometriai



1. ábra • Kora jura időskálák összehasonlítása. Vastag vonal mutatja a kihálási események szempontjából fontos triász/jura és plienschichi/toarci határt. Az emelethatárok melletti kis számok a hibahatárt jelzik. Rövidítések: HET – hettangi; SIN – sinemuri; PLB – plienschichi; TOA – toarci; DNAG – „Decades of North American Geology”; GTS – Geological Time Scale; MTS – Mesozoic Time Scale (Pálffy et al., 2000b nyomán).

analízis biztosítja. A leggyakrabban alkalmazott termális ionizációs tömegspektrometria (TIMS) mellett az U-Pb módszer rohamléptekkel fejlődő változatai a rendkívül nagyfelbontású ion mikroszkop (SHRIMP) és a

lézer ablációs induktív csatolású plazma tömegspektrometria (LA-ICP-MS). E két módszer az időskála kalibrációban egyelőre csak korlátozottan használható, hiszen az ásványszemcsén belüli nagy térbeli felbontás



2. ábra • Konkordia diagram a Kunga-szigeti triász/jura határ közvetlen közeléből származó tufaminta U-Pb kormeghatározási eredményeiről. Az A2, B2, és D1 konkordáns frakciók alapján számított kor $199,6 \pm 0,4$ Ma (Pálffy et al., 2000a nyomán).

az analitikai hibahatár növekedésével jár. Az U-Pb elemzések leggyakoribb célásványa a cirkon. Emellett sikeres kormeghatározásokat végeztek többek között monacit, titanit, és baddeleyit vizsgálatával is. A közönséges magmás járulékos elegyrészként előforduló, rendkívül ellenálló cirkon előnye a magas záródási hőmérséklet ($>800^\circ\text{C}$). A mérési adatok megjelenítése konkordia diagramon történik, melyre példákat az esettanulmányok között látunk (2. ábra).

Az U-Pb módszer versenytársa az időskála pontosítását célzó kutatásokban a hagyományos K-Ar kormeghatározást egyre inkább felváltó $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ módszer. Ennek elvi alapja szintén a $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$ radioaktív bomlás, a vizsgált fázisok is ugyanazok a K-gazdag ásványok (például: szanidin, biotit, hornblende, plagioklász). Mivel a ^{40}K helyett a neutronbesugárzás során keletkező ^{39}Ar -t mérjük, így egyetlen elem izotóparányának meghatározására van csak szükség. A lényegesen megnövelt analitikai pontosság ellensúlyozza azt, hogy a besugárzásos gerjesztés átalakítási hatékonyságát ismert korú standard egyidejű elemzésével kell megállapítanunk. A módszer népszerűsége az időskála kalibrációban nemcsak a nagy pontosságon alapul, hanem a megbízhatóság ellenőrzésének lehetőségén is. Lépcsőzetes hevítést alkalmazva a zárt rendszer feltételének teljesülése ellenőrizhető. Ideális esetben az egyes hevítési lépésekkor az ásványszemcsék felületközelű részeiből a mag felé haladva fokozatosan felszabaduló Ar izotóparányát mérve egyező korok számíthatók, diagramon ábrázolva ún. plató kort kapunk. A plató kor joggal tekinthető a kristályosodás korának, míg a zárt rendszer utólagos megbomlását, radiogén Ar veszteséget vagy külső Ar beépülését a kristályácsba eltérő korok és a platótól eltérő lefutású kordiagram mutatja.

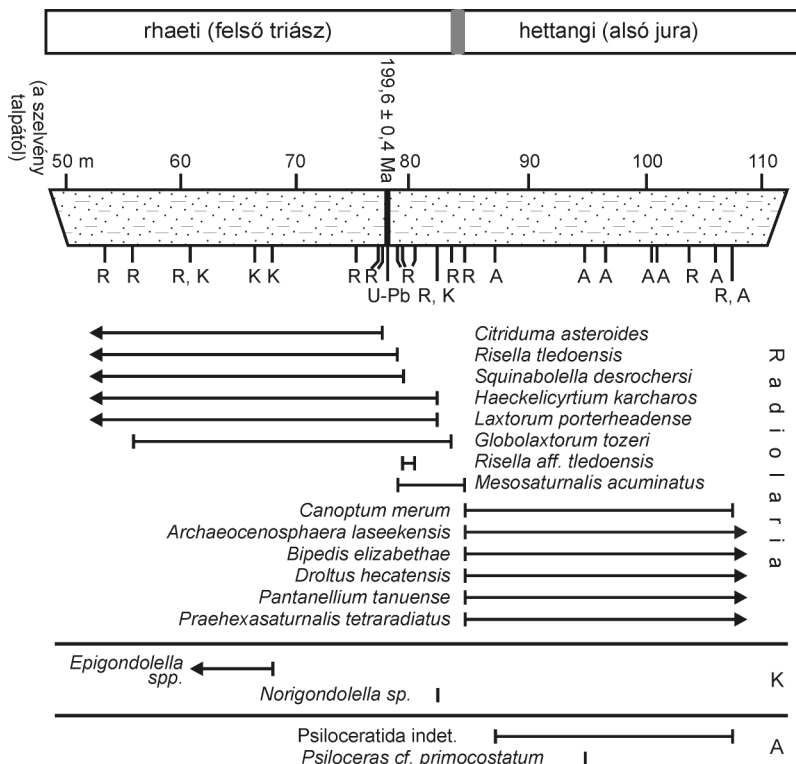
3. Esettannulmány a kanadai jurából

A legutóbbi időig a triász/jura határ korát nagy bizonytalanság terhelte. Pontos ismert rétegtani helyzetű mintákon mért radiometrikus adatok hiányában a határ korát egymástól távoli késő triász, illetve kora jura korok közötti interpoláció segítségével becsülték. A közelmúlt egymást követően publikált, legtöbbet használt időskálái közül az időszakhatár kora Walter Brian Harland és munkatársai szerint 213 Ma (1982), és 208 Ma (1990), Felix Gradstein és munkatársai (1994) szerint pedig 205,4 Ma (1. ábra). Az eltérések és pontatlanságok nehezítették többek közt a triász végi kihálási értelmezését is. A jura időskála pontosabb kalibrálását célzó erőfeszítések eredményeképpen jó néhány pontosan meghatározott biosztratigráfiai helyzetű U-Pb kor vált ismertté a legfelső triász rhaeti, illetve a legalsó jura hettangi emeletből (Pálffy et al., 2000b). Legjelentősebb ezek között az az U-Pb kor a Queen Charlotte-szigetek (Brit-Kolumbia tartomány, Nyugat-Kanada) egy tengeri rétegorából, amely gyakorlatilag az időszakhatár közvetlen korbecslésének tekinthető (Pálffy et al., 2000a).

A Queen Charlotte-szigeteken előforduló Sandilands Formáció vékonyrétegzett agyagpala és aleurolit váltakozásából áll, kora a rhaetitől (késő triász) a plienschichiig (kora jura) terjed. A formáció folyamatos triász-jura átmenetet tartalmaz a Kunga-sziget partjain feltárt szelvényben, mely egyike volt a jura bázisát kijelölő nemzetközi határsztratotípus (GSSP) jelölteknek. A formációban gyakoriak a vulkáni tufa eredetű, vékony közbetelepülések. A Kunga-szigeti szelvényben közvetlenül a triász-jura határ alatt található egy 3,5 cm vastag tufaréteg, melyből radiometrikus kormeghatározás céljára mintát gyűjt-

töttünk. A mintából homogén cirkon populációt sikerült leválasztani, amelyet nyolc többszemcsés frakcióra különítettünk el a U-Pb kormeghatározáshoz. Három frakció átfedésben van és a konkordia görbére illeszkedik, míg a többi különböző mértékű diszkordanciát mutat (2. ábra). Az egyik frakció diszkordanciáját átörökölt idősebb Pb komponens okozza, míg a további négy frakció a konkordia görbe alatt és attól jobbra helyezkedik el, ami alapján arra következtethetünk, hogy egyes szemcséket kismértékű Pb veszteség és átöröklés egyaránt érthetett. A tufa kristályosodásának korát legjobban a három konkordáns frakció ²⁰⁶Pb/²³⁸U korának sú-

lyozott átlagával közelíthetjük meg, ami 199,6 ± 0,4 Ma-nek felel meg. A legújabb átfogó geológiai időskála (Gradstein et al., 2004) is ezt tekintette a triász/jura határ legmegbízhatóbban meghatározott korának. Az elmúlt évek műszer- és módszerfejlesztései azonban lehetővé tették, hogy több kristályszemcse együttes mérése helyett ma már egyetlen cirkonkristály korát is ugyanolyan pontossággal meghatározzuk. Ráadásul a Pb veszteséget kiküszöbölő új, kémiai abrázióknak nevezett eljárást is kidolgozásra került. Ezek együttes alkalmazásával, nemzetközi együttműködő partnerekkel újrajavítva a mintát sikerült igazolni, hogy az előző kormeghatározás



3. ábra • A Kunga-szigeti triász/jura határszelvény biosztratigráfiája és az U-Pb kormeghatározással datált tufaréteg helyzete (Pálfy et al., 2000a nyomán). Rövidítések: R – radiolaria; K – konodonta; A – ammonitesz.

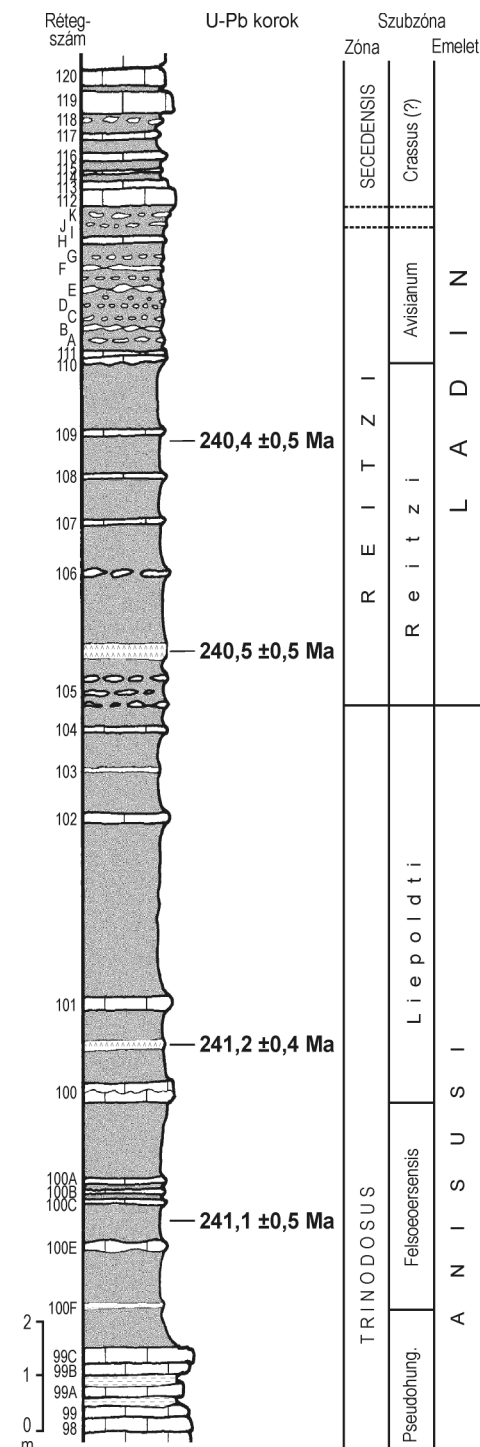
mintegy 1 %-kal fiatalabb eredményt adott a rejtve maradt Pb veszteség hatása miatt. Még publikálatlan adataink szerint a triász/jura határ kora inkább 201 és 202 Ma közé esik.

A Queen Charlotte-szigeteken a triász/jura határ megvonása integrált ammonitesz, konodonta, és radiolaria biosztratigráfia segítségével történt (3. ábra). A tufa Elizabeth Carter vizsgálatai szerint a legfelső triász gazdag és változatos faunát adó *Globolaxtorum tozeri* radiolaria zóna tetejéhez közel helyezkedik el. A zónajelző faj utolsó előfordulása 5 méterrel a tufa fölött található, míg a zóna teljes vastagsága 27 m. Az e fölött következő, 1,5 m-rel feljebb gyűjtött mintából szintén sok radiolaria került elő, ám ezek rendkívül fajszegény és a korábitól gyökeresen különböző összetételű faunaegyüttest képviselnek, amely már a hettangi (legalsó jura) *Canoptum merum* zónába sorolható.

4. Esettanulmány a Balaton-felvidéki középső triászból

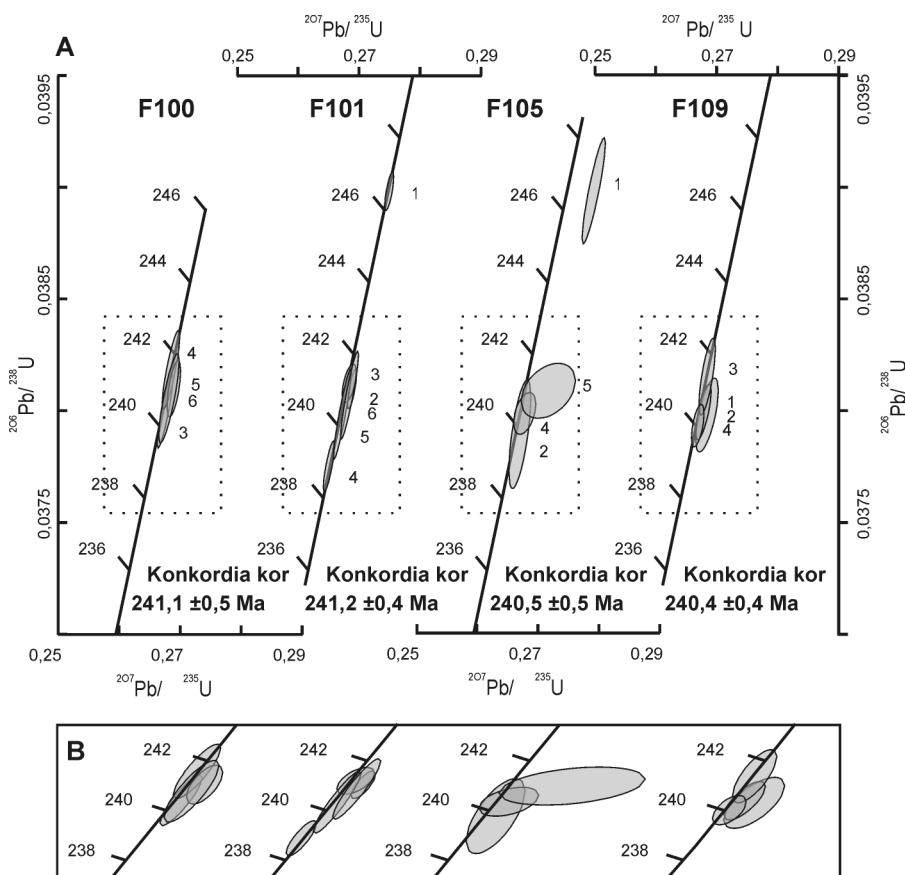
Míg a triász időszak határainak korolásában újabban jelentős előrelépés történt, addig az időszakon belüli emelethatárokat jelentős bizonytalanság terheli. Fontos új eredmények születtek a dél-alpi középső triászból, melyek a korábbi skálák revíziójának szükségességét sugallták (Mundil et al., 1996). Ezeket az eredményeket azonban többen kételkedve fogadták. A Balaton-felvidék középső triász rétegsorában az anisusi/ladin határ körül keletkezett Felsőörsi Formáció tengeri környezetben lerakódott mészkőből és közberétegzett vulkanoklasztitból áll. A mészkőrétegek gazdag ammonitesz faunája régóta is

4. ábra • A felsőörsi Forrás-hegy szelvénye, biosztratigráfiai tagolása, és az U-Pb módszerrel datált tufarétegek kora (Pálfy et al., 2003)

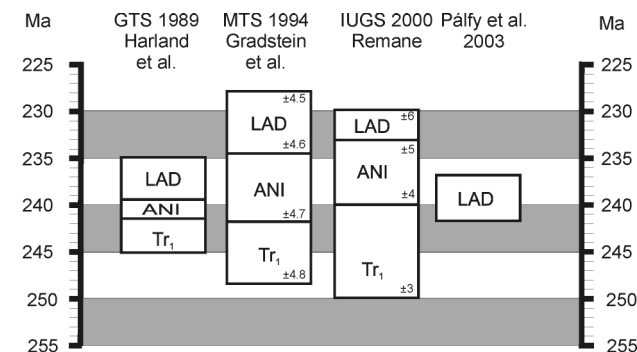


mert, segítségével részletes biosztratigráfiai tagolás és megbízható korreláció érhető el. Első ízben végeztük el egyes tufás rétegek radiometrikus kormeghatározását, ami által sikerült megadni az ammonitesz zónák és szubzónák számszerű korát (Pálffy et al., 2003). A klasszikus felsőorszi szelvényből, amely a ladin emelet bázisának globális határsztrató-típus (GSSP) jelöltje is volt, négy egymást követő, pontosan ismert biosztratigráfiai korú tufaszintet vizsgáltunk (4. ábra). Mintánként 4–6 frakció mérését végeztük el, melyeket 7–28 darab, hasonló morfológiájú kristály

alkotott. Minden minta esetében legalább három frakció adott konkordáns és egymással átfedő eredményt, amelyből nagy pontosságú kort lehetett számítani, bár átöröklés és kismértékű Pb-vesztés jelei is kimutathatók (5. ábra). Az anisusi tetején a Trinodosus Zóna Felsoeoersensis Szubzónájából 241,1 ± 0,5 Ma, a Liepoldti Szubzónából 241,2 ± 0,4 Ma U-Pb kort határoztunk; míg a ladin bázisának értelmezett Reitzi Zóna Reitzi Szubzónájából két tufaréteg kora 240,5 ± 0,5 és 240,4 ± 0,4 Ma. Az új radiometrikus korok hibahatáron belüli egyezést mutatnak a Déli-Alpok jól



5. ábra • A felsőorszi Forrás-hegy tufás rétegeiből származó cirkonok U-Pb konkordia diagramjai (Pálffy et al., 2003 nyomán)



6. ábra • Alsó és középső triász időskálák összehasonlítása a ladin emelet határainak új adatokon alapuló becslésével (Pálffy et al., 2003 nyomán). Rövidítések: Tr₁–alsó triász; ANI – anisusi; LAD – ladin; GTS – Geological Time Scale; MTS – Mesozoic Time Scale; IUGS – International Union of Geological Sciences.

párhuzamosítható képződményeiből a közelmúltban publikált, egykristályos méréseken alapuló adatokkal (Mundil et al. 1996, 2003). Felmerül azonban annak a lehetősége, hogy a többkristályos adatok az egykristályos elemzésekhez képest szisztematikusan némileg (-0,1–1 millió év nagyságrendben) fiatalabb kort adnak. A két adatsor együttes értékelése alapján a ladin emelet kezdete kb. 241,5 Ma, vége kb. 237 Ma (6. ábra). Felismerve az U-Pb módszer továbbfejlesztésének jelentőségét, folyamatban van a Balaton-felvidéki minták újvizsgálata egykristályos, kémiai abrázios előkezeléses eljárással. Az előzetes eredmények itt is igazolják, hogy a többkristályos mérés során rejtve maradt Pb veszteség kiküszöbölése nem elhanyagolhatóan, akár 0,5–1 %-kal idősebb kormeghatározáshoz vezet.

5. Példák a kalibrált időskála alkalmazására

Az időskála pontosítása nem öncélú tudományos erőfeszítés. Segítségével fontos földtörténeti kérdések megválaszolásához juthatunk közelebb. A ladin emelet időtartamának tisztázása perdöntő a Déli-Alpok jól

ciklusos karbonát platformja, a Latemar-platform képződését övező vitában. A fentiekből következően a 4,5 millió év körüli hosszúságú ladin emelet megerősíti azokat az érveket, melyek szerint a Latemar-platform képződésében nem kizárólag Milankovics-ciklusok játszottak szerepet, hanem annál rövidebb periódusidejű, néhány ezer éves ciklusok is (Zühlke et al., 2003). A bioszféra fejlődéstörténetének dinamikáját vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a ladin ammonitesz zónák átlagos időtartama rövid, 750 ezer év körüli. Erre magyarázatul szolgál a perm végi kihalás után mintegy 10 millió évvel, a biológiai talpraállás és az újbóli radiáció során zajlott felgyorsult tempójú evolúció.

A triász/jura határ korának pontos ismerete segít a triász végi kihalás okainak feltérésésénél. Az égitestbecsapódási elmélet hívei sokáig a 214 Ma korú kanadai Manicouagan-kráter létrehozó impaktban vélték felfedezni a kiváltó okot, ami azonban egyértelműen cáfolható a határ ~200 Ma korával. Figyelemreméltó viszont a Közép-Atlanti magmás provincia ma négy kontinensen megőrződött

vulkanitjainak nagyszámú új $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ kor-meghatározása (Marzoli et al., 1999). Ezek átlagos kora $199,0 \pm 2,4$ Ma, mutatva az élővilág triász végi krízisének és a nagy intenzitású, hatalmas kiterjedésű, de viszonylag rövid idő alatt lejátszódott, köpenyfeláramláshoz köthető vulkáni epizód egyidejűségét. Az időbeli korreláció megalapozottá teszi azokat az elméleteket, amelyek a vulkanizmus kiváltotta, drasztikus környezetváltozást teszik felelőssé a kihalási hullám előidézéséért (Pálffy, 2006).

Időbeli felbontásában a radioizotópos kor meghatározás mára megközelítette a biokronológia pontosságát. A fent ismertetett módszerekkel az időskála kalibrálásának hi-telessége olymértékben növelhető, hogy segítséggel egyre finomabb korrelációs problémák megoldása, a különféle földtörténeti folyamatok dinamikáját érintően pedig

egyre árnyaltabb kérdések megválaszolása válik lehetővé.

A bemutatott eredmények kidolgozásában és a gondolatok érlelésében számos biosztrati-gráfus és geokronológus kollégám vett részt. Közülük is különösen hasznos volt Paul Smith, Howard Tipper, Vörös Attila, Elizabeth Carter, Jim Mortensen, Roland Mundil, Randy Parrish és Rich Friedman segítségével. Hálás vagyok az MTA Földtudományok Osztálya vezetésének a megtisztelő felkérésért, hogy a dolgozat alapjául szolgáló előadást megtart-hattam. Kutatásaimat az OTKA (To29965, To42802 és K72633) és az MTA Bolyai Ku-tatási Ösztöndíja támogatta.

Kulcsszavak: *időskála, geokronológia, radiomet-rikus kor meghatározás, triász, jura*

IRODALOM

- Gradstein, Felix M. – Agterberg, F. P. – Ogg, J. G. – Hardenbol, J. – van Veen, P. – Thierry, J. – Huang, Z. (1994): A Mesozoic Time Scale. *Journal of Geophysical Research*, B, **99**, 24051–24074.
- Gradstein, Felix M. – Ogg, J. G. – Smith, A. G. 2004. *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Haq, Bilal U. – Hardenbol, J. – Vail, P. R. (1988): *Mesozoic and Cenozoic Chronostratigraphy and Cycles of Sea Level Change*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication. 71–108.
- Harland, Walter Brian – Armstrong, R. L. – Cox, A. V. – Craig, L. E. – Smith, A. G. – Smith, D. G. (1990): *A Geologic Time Scale 1989*. Cambridge University Press, Cambridge
- Harland, Walter Brian – Cox, A. V. – Llewellyn, P. G. – Pickton, C. A. G. – Smith, A. G. – Walters, R. 1982. *A Geologic Time Scale*. Cambridge University Press, Cambridge
- Marzoli, Andrea – Renne, P. R. – Piccirillo, E. M. – Ernesto, M. – Bellieni, G. – De Min, A. (1999): Extensive 200-million-year-old Continental Flood Basalts of the Central Atlantic Magmatic Province. *Science*. **284**, 616–618.

- Palmer, Allison R. (1983): The Decade of the North American Geology 1983 Geologic Time Scale. *Geology*. **11**, 503–504.
- Remane, Jürgen (ed.) 2000. *International Stratigraphic Chart*. International Union of Geological Sciences, Paris

- Zühlke, Rainer – Bechstädt, T. – Mundil, R. (2003) Sub-Milankovitch and Milankovitch Forcing on a Model Mesozoic Carbonate Platform – the Latemar (Middle Triassic, Italy). *Terra Nova*. **15**, 69–80.



- Mundil, Roland – Brack, P. – Meier, M. – Rieber, H. – Oberli, F. (1996): High Resolution U–Pb Dating of Middle Triassic Volcaniclastics: Time-scale Calibration and Verification of Tuning Parameters for Carbonate Sedimentation. *Earth and Planetary Science Letters*. **141**, 137–151.
- Mundil, Roland – Zühlke, R. – Bechstädt, T. – Peterhänsel, A. – Egenhoff, S. O. – Oberli, F. – Meier, M. – Brack, P. – Rieber, H. (2003): Cyclicities in Triassic Platform Carbonates: Synchronizing Radio-Isotopic and Orbital Clocks. *Terra Nova*. **15**, 81–87.
- Pálffy József (2006): *A triász végi és a kora jura tömeges kihalás*. Ált. Földt. Sz. Könyvtára 1. Hantken, Bp.
- Pálffy József – Mortensen, J. K. – Carter, E. S. – Smith, P. L. – Friedman, R. M. – Tipper, H. W. (2000a): Timing the End-Triassic Mass Extinction: First on Land, Then in the Sea? *Geology*. **28**, 39–42.
- Pálffy József – Smith, P. L. – Mortensen, J. K. (2000b): A U–Pb and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Time Scale for the Jurassic. *Canadian Journal of Earth Sciences*. **37**, 923–944.
- Pálffy József – Parrish, R. R. – David, K. – Vörös A. (2003): Mid-Triassic Integrated U–Pb Geochronology and Ammonoid Biochronology from the Balaton Highland (Hungary). *Journal of the Geological Society, London*. **160**, 271–284.

GEOLÓGIAI IDŐ A TÉRKÉPEN

Breznysnyánszky Károly

PhD, Magyar Állami Földtani Intézet
breznysnyanszky@mafi.hu

Bevezetés

A földtani információ természeténél fogva térbeli információ, mivel alapvetően a földkéreg felépítésére, a jelenségek térbeli helyzetére, időbeli sorrendjére vonatkozik. Hagymányos megjelenítési eszköze a földtani térkép, melynek információtartalma megbízhatóan tükrözi az adott tudományág mindenkori fejlettségét. Egy ország területére vonatkozó földtani információk előállítása, kezelése, karbantartása, közzététele – annak nemzeti, gazdasági és közművelődési vonatkozásai miatt – alapvetően állami feladat. Hazánkban e feladat ellátására a Magyar Állami Földtani Intézet hivatott. Alapítása (1869) óta az egyedüli intézmény, amely rendszeres földtani felvételeket végez, területi és országos összesítő térképeket tesz közzé.

A földtani kutatás az alap és értelmezett adatok folyamatosan épülő bázisára, azok összegzésére támaszkodik. Ebben az adatfeldolgozási folyamatban kiemelt szerepe van a földtani térképnek mint a tér- és időadatokat (4-D) integrált, hatékony adathordozójának.

Egy területre vonatkozó földtani információ-együttes előállítása, vagyis a terület földtani megismerése, kutatása több fázisra osztható. A folyamat terepen történő adatgyűjtéssel kezdődik, adatösszegzéssel és értelmezéssel folytatódik, amit adatbázisok létrehozása, az

adatok megjelenítése követ és az információ közreadása zár le. Az egész folyamat nagyon munkaigényes, és rendkívül képzett munkakerőgárdát igényel. Ezért egy ország területét teljes egészében vagy részlegesen lefedő, olyan megfelelő részletességű földtani információ előállítása, amely minden várható felhasználási terület igényeit kielégíti, költséges, tehát megvalósítása hosszú távú országos stratégiai cél kell legyen. A stratégiának a tudományág fejlődését és a társadalmi igényeket követve ki kell terjednie a földtani információ karbantartására, időnkénti szükségessé megújítására.

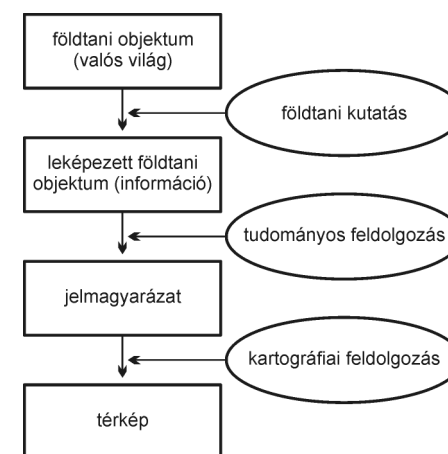
A földtani térkép fogalma

Mindannyian ismerjük és használjuk a tájékozódásunkat segítő autó-, város- és turista-térképeket, -atlaszokat, amelyek a Föld felszínének formáit és a rajta található emberi alkotások helyzetét mutatják be. Ezekről az általánosságban topográfiai térképeknek nevezett változatoktól eltérően a földtani térképek színek, vonalak és jelek kombinációjával a tájat alkotó földtani képződmények, közetek összetételének, szerkezetének felszíni és felszín alatti eloszlásának bemutatására szolgálnak. A földtani térképek további sajátága, hogy a közetek keletkezésének korát is feltűnő színek és szimbólumok segítségével, így bepillantást engednek a földtörténet folyamataiba, a negyedik dimenzióba, az időbe.

Kartográfiai értelemben földtani térképnek nevezzük a földtani képződmények minőségének, elterjedésének (2-D), egymáshoz való viszonyának, valamint a földtani jelenségeknek és szerkezeteknek térbeli (3-D) – azok korát (4-D) és a térképezés idejét is tükröző – mérethelyes, grafikus ábrázolását.

A földtani térképek a tematikus térképek csoportjába tartoznak. Céltérképek, mert egy-egy terület földtani megismerésének eszközei, ugyanakkor hivatástérképek is, mert a területre vonatkozó minden további szakirányú kutatás alapját képezik. A térképek megfigyelésen alapuló szakmai információit szakemberek, geológusok gyűjtik össze. A megfigyelt és értelmezett információ térképi alapra kerül, melynek részletessége, topográfiai pontossága, megbízhatósága az egész információ-együttes értékét is megszabja. A földtani tartalmat az ábrázolás méretarányának vagy tematikájának megfelelően a szükséges általánosítást (generalizálást) elvégezve, megfelelő jelrendszerrel ábrázoljuk.

Megszerkesztettük annak a folyamatnak a modelljét (1. ábra), amelynek segítségével



1. ábra • A földtani térkép készítés folyamatának modellje

a valós világ térbeli földtani objektumaiból kiindulva, a földtani kutatás eszközeit (térképezés) igénybe véve, eljutunk a földtani objektumok leképezett ismeretanyagához. Az ezt követő tudományos feldolgozás lényege az információ osztályozása, összefüggésrendszerének feltárása és szimbolizálása (jelmagyarázat). A kartográfiai feldolgozás a jelmagyarázatba sűrített információ-együttest visszahelyezi a tér síkba vetített dimenziójába, és megfelelő ábrázolási móddal, egyezményes jeleivel előállítja a tér- és időadatokat hordozó földtani térképet. A modell általános érvényű, független a térkép megjelenítését biztosító adathordozótól.

A földtani térkép tudományos információtartalma

A földtani térkép az ábrázolt képződményekre és jelenségekre vonatkozó információkat tartalmaz, ezeket jellegük szerint csoportosítjuk:

Fizikai jellegek: a földtani térképek információkat nyújtanak minden ábrázolt földtani képződményről és szerkezetéről, beleértve a közetek ásványos összetételét, a közetek szilárdságát, fajlagos sűrűségét, a kőzettestek vastagságát, állapotát és átalakulásait, valamint a törések, vetők és gyűrődések irányítottaságát. Ezek a jellegek lényegesek, mert meghatározzák az egyes földtani képződmények és szerkezetek tulajdonságait, elterjedését, segítenek a térképezési egységek elkülönítésében, lehatárolásában (2-D tematikus tartalom).

Háromdimenziós geometria: a Föld felszínét alkotó földtani képződmények és szerkezetek geometriáját leíró információk alapján, a földtani térkép segítségével értelmezhető a földtani objektumok térbeli helyzete. Ez a kőzettestek és a földtani szerkezetek laterális és vertikális eloszlását, egymáshoz viszonyított helyzetét, az egyes megfigyelési, mérési helyek

között irányítottágban, településben (dőlés-csapás, törések, gyűrődések) észlelhető változásokat jelenti (3-D tematikus tartalom).

Viszonylagos kor: a földtani térképek információkat nyújtanak azon a földtani képződmények és események idejéről és egymásutánjáról, amelyeket az adott térképen ábrázoltunk, és amelyek az ábrázolt szerkezeteket alkotják. A földtani események egymáshoz viszonyított korának meghatározása mind a Föld fejlődéstörténetének rekonstrukciója, mind pedig számos alap- és alkalmazott kutatás végzése szempontjából rendkívül lényeges (4-D tematikus tartalom).

A földtani térkép tematikus tartalma

A földtani térképeken a térben elhelyezkedő geológiai objektumok síkba, a térképlap síkjába vetített kétdimenziós (2-D) képe jelenik meg. A kétdimenziós ábrázolás alapvető elemei a *terület* (felület), a *vonal* (vonalszakasz) és a *pont*. Mindegyik ábrázolási elemhez meghatározott földtani tartalom rendelhető.

A földtani térképezés gyakorlatában feladatunk az azonos fizikai tulajdonságokkal, kőzettani összetétellel, deformációs stílussal és *korral* jellemezhető egységek elkülönítése (kategorizálás) és lehatárolása. Ezek a térképezhető egységek lehetnek üledékes kőzetek, vulkáni lávatestek, intruzív kőzettestek vagy metamorf kőzetegyüttesek.

Nagy méretarányú, főleg alkalmazott felhasználási célú térképek esetén kőzettestek elkülönítésére is van példa, de az általános földtani térképezés térképezési alapegysége a *formáció*. A formáció mint litosztatográfiai egység olyan rétegtani kategória, amelyet valamely uralkodó kőzettani jelleg vagy jelleg együttese határoz meg. Világszerte elfogadott kategória, amelybe a földkérget alkotó kőzettesteket hiánytalanul be lehet és kell

sorolni. Hazánkban a Magyar Rétegtani Bizottság örökös rögzített irányelvek alapján, a rétegtani osztályozás gyakorlata felett (Fülöp et al., 1985). A formációk kijelölésének alapvető szempontja a térképezhetőség és a szelvényeken, rétegoszlopokon való ábrázolhatóság. A formáción belül önálló litosztatográfiai jellegei alapján elkülöníthető alacsonyabb rendű egységek a *tagozat* és a *réteg*. Két vagy több egymással érintkező formáció bizonyos kőzettani jellegek alapján *formációcsoportot* alkothat. Használatos még az eltérő kőzettípusok együtteséből álló, bonyolult felépítésű és tektonikájú litosztatográfiai egység, a *komplexum*.

A formációk elkülönítése a térképezés során gyakran nehézségekbe ütközik, a kőzetazonosság, a fokozatos átmenet vagy a terepen fel nem ismerhető, részletes vizsgálatot igénylő tulajdonságok miatt. A térképezési egységek elkülönítésének ugyancsak fontos kritériuma a térképi méretarány. Gyakori eset, hogy valamely lényeges, de kis kiterjedésű képződmény esetén dönteniünk kell annak méreten felüli ábrázolásáról vagy elhagyásáról (Klinghammer, 1970).

A térképezési egység, a térbeli objektum síkba vetített képe, *térképi megjelenése* alapvetően három dologtól függ: a földtani objektum *alakjától*, annak térbeli helyzetétől és a felszín *topográfijától*. Minél bonyolultabb a felszín domborzata, annál bonyolultabb az adott földtani test síkba vetített képe:

alak+helyzet+topográfia=térképi megjelenés

A földtani térképezés során a térképezési egységek, kőzettestek, formációk elkülönítése (kategorizálás) mellett a másik alapvető feladat kiterjedésük megállapítása, lehatárolása. Az egyes *képződményeket határoló vonalak* amellett, hogy rendkívül fontos információkat

hordoznak a képződmények egymáshoz való viszonyáról, a kétdimenziós (2-D) ábrázolás vonalas elemeinek egyik csoportját alkotják.

A litosztatográfiai egységek határai a kőzettani/litológiai változásoknál húzódnak. Leggyakoribbak az éles litológiai érintkezések, de gyakran találkozunk kőzettanilag folyamatos átmenetekkel is, ezek esetén, a körülmények sokoldalú megfontolása alapján jelölhető ki a határ. Ebben az esetben a határokat úgy kell meghúzni, hogy minél egyértelműbben jelezzék a kőzettani kifejlődés változását.

A határmegvonást a laterális nyomozhatóság, a geomorfológiai megjelenés, az ősmaradvány-tartalom stb. befolyásolhatja. Az egység addig terjed, ameddig az a meghatározó bélyegekkel megszabott kőzettani homogenitás követelményeit kielégíti.

A földtani képződmények, kőzettestek egymáshoz való viszonya térképi vetületben, vonalként jelenik meg. A fekvő és a fedő párhuzamos rétegződése esetén megegyező vagy *konkordáns*, ellenkező esetben eltérő, vagy *diszkordáns* településű. Az előző esetben az egymásra következő rétegek települése, csapása, dőlésiránya és dőlésszöge azonos, az utóbbiban eltérő. A földtani egységek konkordáns vagy diszkordáns településének geokronológiai jelentősége van, mivel konkordáns település esetén időben megszakítás nélküli, folyamatos üledékképződési eseményeket tételezünk föl, míg diszkordancia esetén a rétegek leülepedése között kisebb-nagyobb üledékképződési hiány és időbeli hézag mutatható ki. Megjegyzendő azonban, hogy gyakran konkordáns település esetén is lehet számottevő rétegtani hézag, erre találunk példát a Dunántúli-középhegység hézagos jura rétegsorában.

Mind a földtani egységek, mind határaik folytonosságát szerkezeti elemek szakíthatják meg. A törések, a különböző típusú vetők és

az egyéb szerkezeti elemek, mint a feltolódás, rátolódás, áttolódás, takaró stb. síkba vetített képe a térképezési egység, a formáció határoló eleme is lehet. A szerkezeti elemeket létrehozó tektonikai folyamatok önálló, de a földtani egységek keletkezésével, történetével kölcsönhatásban levő kronológiai eseménysort képviselnek.

Relatív korviszonyok

A földtani térképeken alkalmazott ábrázolási módok segítséget nyújtanak a képződmények korának megállapításához, a tematikus tartalom komplex értelmezéséhez. Ugyanakkor az egyes képződmények síkba vetített, körülhatárolt feltételek relatív korviszonyai ugyancsak térbeli (3-D) helyzetükre való utalást hordoznak. Ezek a viszonyok a térképet kísérő földtani szelvényeken és rétegoszlopokban mutathatók be legszemléletesebben.

A földtani térkép értelmezése azonban megköveteli néhány alapvető geológiai időkorrelációs viszony ismeretét. Ezek az axiómaszerű meghatározások a következők:

- Zavartalan rétegsorban az alul fekvő réteg idősebb, mint a felette lévő.
- A diszkordancia felület fiatalabb, mint az alatta lévő képződmények és szerkezetek, és idősebb, mint a felette fekvő képződmények.
- A magmás intruzív test fiatalabb, mint az azt bezáró kőzetek.
- A só diapírt alkotó kőzet idősebb, mint az azt bezáró képződmény, de az intruzió kora fiatalabb a bezáró képződménynél.
- A gyűrődés fiatalabb, mint a meggyűrt kőzet.
- A törés keletkezési kora fiatalabb azoknál a kőzeteknél, amelyeket átmetsz.
- A metamorfózis kora fiatalabb, mint az általa átalakított kőzetek.

A földtani idő egységei

A földtani térképek legszembetűnőbb, csaknem kizárólagos sajátossága, hogy a földtani elemek térbeli elterjedésén, geometriáján túlmenően azok időbeliségét, földtörténeti vonatkozásait is bemutatja. A földtan háromdimenziós világában az idő jelenti a negyedik dimenziót (4-D), a földtörténeti eseményeket, melyek időbeli sorrendjének megállapítása a geológiai kutatás egyik legalapvetőbb feladata. Az idő mint geológiai tényező szerepének felismerése James Hutton, Charles Lyell és William Smith nevéhez fűződik, akiket a XVIII. század végi és XIX. század eleji tevékenységük alapján a korszerű földtan megteremtőinek tekintünk (Brezsnyánszky, 1993).

A földtörténet tanulmányozásának alapja a rétegtan, mely mai értelemben a Föld kergét felépítő kőzettestek tudománya, és azok megjelenési módjával, települési helyével, tagolásával, kronológiai (időrendi) egymásra következésével, osztályozásával és számos egyéb tulajdonságával foglalkozik. A kőzetek minden osztálya, az üledékes, a magmás és a metamorf is beletartozik a rétegtan és a rétegtani osztályozás tárgykörébe.

A fentiekből az idő dimenzió jelentőségét – és mint jelen elemzésünk szempontjából a legfontosabbat – a földtani képződmények kronológiai tagolását emeljük ki. A kőzettesteket a kronosztratigráfiai osztályozás sorolja a kor és időkapcsolatok alapján egységekbe. Ezek a földtani idő egységei. A földtörténet tapasztalati alapú geológiai időegységekre való tagolása megkönnyíti a kőzettestek, litosztratigráfiai egységek (formációk) időkorrelációját, időmeghatározását, valamint alapul szolgál a földtörténeti események rögzítéséhez.

A földtörténeti térképeken a standard globális kronosztratigráfiai skálát használjuk,

mely a földtörténet során keletkezett valamennyi kőzettest korbesorolására alkalmas. Ilyen skála kezdetleges formában már régóta létezik, de javítása és az alacsonyabb rangú egységekre való kiterjesztése jelenleg is folyó nemzetközi erőfeszítések tárgya. A Nemzetközi Rétegtani Bizottság (International Commission on Stratigraphy) időről időre megújítja a standard globális kronosztratigráfiai skálát (Gradstein et al., 2004):

A kronosztratigráfiai egységek elterjedése elvben világméretű. A gyakorlatban azonban csupán a magasabb rangú elnevezett egységeket alkalmazzák világszerte, mivel a határstratotípustól való növekvő távolsággal a határmegvonás egyre nehezebb. A kronosztratigráfiai egységek ideális izokron határainak lehető legpontosabb kijelölése érdekében számos módszert alkalmaznak, mint például a rétegek közvetlen vagy közvetett nyomon követését, a litológiai és őslénytani adatokat, a radiometrikus méréseket, a mágneses pólusváltásokat, a paleomágneses méréseket, az őszeghajlati és ősföldrajzi változásokat, a litoszféra lemezmozgásokat, a hegységképződési periódusokat, a diszkordanciákat stb.

A földtani térképeken a kronosztratigráfiai skála egységeinek ábrázolhatósága a méretarány függvénye. Nagyobb méretarányú térképek részletesebb, a kisebb méretarányú levezetett térképek csak nagyobb kronosztratigráfiai egységek ábrázolását teszik lehetővé. Utóbbi esetben gyakori a litosztratigráfiai egységek összevonása, kronosztratigráfiai keretbe foglalása és ilyen módon történő ábrázolása.

Az idő ábrázolása a földtani térképen

A földtani térkép legszembetűnőbb sajátossága a *mozaik jelleg*, ahol jól definiált, egymástól lehatárolt területek érintkeznek egymással, és ahol mind a területek elválasztása, mind pe-

dig azok megkülönböztetése, kategorizálása speciális szimbólumegyüttes segítségével történik.

A kategorizálás legalapvetőbb kritériuma a különféle kőzetek minősítése, elkülönítése, lehatárolása összetételük és koruk szerint. Minden további tematikus térképváltozat (például: tektonikai, fácies és ősföldrajzi, hidrogeológiai, mérnökgeológiai, környezetgeológiai, hasznosítható nyersanyag térkép stb.) ezen adatok alapján szerkeszthető meg.

A földtani térképek használhatósága, közérthetősége és világos olvashatósága nagymértékben függ az ábrázolás módjától, az alkalmazott grafikai megoldásoktól, a jelölések és színek használatától, a nyomdai kivitelről. A földtani, elsősorban a komplex földtani térképek sokoldalú szakmai mondanivalóját csak az ábrázolástechnikai megoldások körültekintő alkalmazásával lehet közérthetővé tenni. A legmegfelelőbb módsze-

rek kiválasztásával kell törekednünk az ábrázolás tökéletességére és teljességére, ugyanakkor pedig egyszerűségére is.

A tematikus térképek készítésével, a grafikai megjelenítés eszközeivel, az ábrázolási módszerek rendszerezésével bőséges szakirodalom foglalkozik (Klinghammer – Papp-Váry, 1991).

Hét alapvető ábrázolási módszert különböztünk el: jel módszer, felületi módszer, izovonal módszer, mozgásvonal módszer, pont módszer, diagram módszer, kartogram módszer. A földtani térképeken az egyes módszereknek más és más jelentőségük van, gyakoriak a kombinált alkalmazások.

A földtani térképeken az egyes képződmények elterjedését síkba vetítve ábrázoljuk (2-D információ), így a *felületi módszer* vált a legfontosabb ábrázolástechnikai megoldássá. A képződmények elterjedésén kívül ezzel a módszerrel fejezzük ki azok korát, kőzettani

Időtéma és idő	Rendszer és időszak	Radiometrikus kor (millió évben)	
		Az egységek időtartama	Az egységek kezdetének ideje
Kainozoikum	Neogén	23,0	23,0
	Paleogén	42,5	65,5
	Mezozoikum	Kréta	80,0
	Jura ^{54,1}	199,6	
	Triász	51,4	251,0
Paleozoikum	Perm	48,0	299,0
	Karbon	60,2	359,2
	Devon	56,8	416,0
	Szilur	27,2	443,7
	Ordóvícium	44,6	488,3
	Kambrium	53,7	542,0
Archeozoikum (prekambrium)	3000+	3600+	

1. táblázat

minőségét, azonosítjuk rétegtani vagy litosztratigráfiai hovatartozását.

A felületi elemek kartografálását *körülhatárolással, felületi színezéssel, vonalkázással, tematikus jelek alkalmazásával, megírással, számozással* végezhetjük el. A felsorolt módszereket külön-külön is alkalmazhatjuk, de általánosabb a kombinált használat. Egyedül a vonalkázás és a tematikus jelek zárják ki egymást, a többi módszer bármilyen kombinációban alkalmazható. A földtani térképeken alkalmazott komplex ábrázolásmód esetén a körülhatárolt folton felüli színezéssel jelöljük a képződmények korát, tematikus jelekkel a kőzetminőségét, a megírással pedig pontosabbá tesszük a jelölések információit.

A felületi színezés a földtani térképek legősibb ábrázolási módja; már a legelső földtani térképeken is különféle színekkel jelölték az eltérő kőzeteket, képződményeket. Az egyes színek használatában kezdetben semmiféle rendszer nem volt, a tudományág fejlődése azonban a térképi ábrázolásmód reformját, bizonyos mértékű szabványosítását is magával hozta. A felületi színezés módszerét alkalmazzuk a földtani térképek legszembe-tűnőbb sajátosságának, a képződmények *kor szerinti megkülönböztetésének* jelölésére. Ez az ábrázolási mód az idődimenziót (4-D) hordozó tematikus tartalom megjelenítésének legfontosabb módszere. A felületi színezést alkalmazzuk még a kőzettani összetétel és a különféle genetikájú képződmények elkülönítésére is.

Az 1881-ben, Bolognában megtartott II. Nemzetközi Geológiai Kongresszuson a magyar küldöttség előterjesztése alapján dolgozták ki a földtani térképek egységes szín- és jelkulcsát, mely elfogadást nyert, és máig alapját képezi a nemzetközi gyakorlatnak. Az előterjesztés alapelve szerint a szín a földtani

kort jelzi. Ezen belül minél idősebb egy képződmény, annál sötétebb színnel kell jelölni. Az egyes időszakok képződményei – akkori elnevezés szerint „systema” – más-más színt kaptak. Az idősebb-sötétebb elv érvényesült az egyes időszakok további felosztásában is, például a jurán belül a liász sötétkék, a dogger világoskék, a malm halványkék. A földtani korok alapszínei:

Neogén	sárga
Paleogén	narancssárga
Kréta	zöld
Jura	kék
Triász	lila
Perm	sárgásbarna
Karbon	szürke
Devon	barna
Szilur	világos szürkészöld
Ordovicium	olajzöld
Kambrium	sötét kékeszöld
Proterozoikum	lilás rózsaszín
Archaikum	rózsaszín

Természetesen ezektől az alapszínektől bizonyos mértékben el lehet térni, amennyiben a terület képződményeinek korban hasonló volta miatt nincs elegendő színárnyalat a képződmények változatosságának megfelelő mértékű kifejezésére. A színek szabványszerű alkalmazása a földtani térképek olvashatóságát és értelmezését segíti.

A földtani térképen az egyes képződmények (formációk) azonosítását a földtani indexek segítségével végezzük. A földtani indexek betűk és számok kombinációjából kialakított képletek, melyek rendkívüli mértékben absztrahált formában egyesítik magukban a képződményre vonatkozó rétegtani, kőzettani, őslénytani és faciológiai ismereteinket. Tehát összefoglalóan fejezik ki mindazt, ami egyéb jelölésekkel (felületi színezés, tematikus jelek, vonalkázás) külön-külön nem érünk el

(2-D és 4-D tartalom). Magában mégsem alkalmazunk indexet, hanem csak kiegészítjük, és teljessé tesszük vele a térképi ábrázolást.

Az indexeket általában a latin ábécé nagy- és kisbetűiből, a görög ábécé kisbetűiből és arab számokból állítjuk össze. Az index segítségével a nemzetközi rétegtani felosztásnak megfelelően a képződmények korát, vagy pedig a képződmény valamely helyi rétegtani egységhez (rétegsorhoz, összlethez stb.) való tartozását, a képződmények genetikájának, fáciesének jellemzését (tengeri, szárazföldi, széntartalmú stb.) közetösszetételét, és szűkség esetén az elkülönített komplexumok ásványtani összetételében megfigyelhető sajátosságokat jelöljük.

Az index középső része, az ún. főindex, a földtani kort (kronosztratigráfiai egységbe sorolást) mutatja. Az ezt pontosító adatok az index jobb alsó sarkába, míg a képződményről adott egyéb információk a további három sarokba kerülnek az alábbiak szerint:

formáció	kőzettani összetétel
FÖLDTANI KOR	
formációtagolás vagy genetika, fácies	földtani kor tagolása

Példaként álljon itt a felső-perm korú Bodai Aleurolit Formáció földtani indexe:

IRODALOM

- Breznysnyánszky Károly (1993): A természeti jelenségeket tárgyaló tematikus térképek. A földtani térképezés. In: Joó István – Raam Frigyes (főszerk.): *A magyar földmérés és térképészet története*. 4. kötet. Geodéziai és Kartográfiai Egyesület, Budapest, 50–56.
- Breznysnyánszky Károly – Turczai Gábor (1998): Litográfált térképektől a térinformatikáig. (Geological Maps – from Lithography to GIS.). Földtani Közöny. 128, 1, 145–156.
- Fülöp József – Császár G. – Haas J. J. – Edelényi E.

boP₂ al

E rövid, korántsem teljes áttekintésből és példából is kitűnik, hogy egy képződmény (formáció) teljes földtani indexe meglehetősen bonyolult, és méretei miatt gyakorlati szempontból kényelmetlen a használata. Éppen ezért az indexek rövidítése megengedhető. A rövidítés esetén is a földtani korra vonatkozó utalás megőrzése az elsődleges cél (Gyalog, 1996).

Összefoglalás

A geológia tárgya a valós világ földtani objektumainak megismerése, összefüggéseinek vizsgálata és valósághű ábrázolása. Ez az a momentum, ahol a geológia és a kartográfia tudománya összefonódik, mivel az utóbbi biztosítja azokat az eszközöket és módszereket, amivel az információk leghatékonyabb átvitelét meg lehet oldani. Ez a kapcsolat a digitális adathordozón készülő térképek esetén sem nélkülözhető, mert akár az analóg formában, akár a virtuálisan megjelenő képek eleget kell tennie az alapvető kartográfiai követelményeknek.

Kulcsszavak: *földtani térkép, tematikus kartográfia, litosztratigráfia, formáció, kronosztratigráfia, kartográfiai ábrázolási módszerek*

(1985): *A rétegtani osztályozás, nevezéktan és gyakorlati alkalmazásuk irányelvei*. Magyar Rétegtani Bizottság, Budapest

Gradstein, Felix M. – Ogg, J. G. – Smith, A. G. – Bleeker, W. – Lourens, L. J. (2004): A New Geologic Time Scale, with Special Reference to Precambrian and Neogene. *Episodes*. 27, 2, 83–100.

Gyalog László (szerk.) (1996): *A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása*. A Magyar Állami Földtani Intézet 187. Alkalmi Kiadványa Budapest, <http://www.mafi.hu/microsites/kekonyv/>

index.html

Klinghammer István (1970): *Tematikus térképi ábrázolási módok generalizálási kérdései*. Térképtudományi Tanulmányok (Studia cartologica). ELTE Térképtudományi Tanszékének Évkönyve **2.**, 107–122.

Klinghammer István – Papp-Váry Árpád (1991): *Tematikus kartográfia*. Tankönyvkiadó, Budapest
 Radócz Gyula (1981): *Földtani-és földtani vonatkozású térképfajták*. Módszertani közlemények. 1, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest



ÁSVÁNYOK FELSZÍNI ÁTALAKULÁSÁNAK IDŐIGÉNYE

Nemecz Ernő

professor emeritus, Pannon Egyetem
 nemecze@enternet.hu

Kivonat

A földtudomány nem csupán a Földön jelenleg is zajló jelenségeket, hanem ezek múltbeli lefolyását is vizsgálja, ilyen értelemben történeti tudomány is. Az, hogy a földi folyamatok hosszú időtartamokat vettek igénybe, nem túl régi megfigyelés. A földtörténeti szakaszok időbeni sorrendje azonban, az időtartamok nélkül, a paleontológiai tudománynak köszönhetően, már régen ismert volt. Ebben a Föld élő anyagában bekövetkezett változásoknak megfigyelése és értelmezése játszott a főszerepet. A tényleges kor meghatározása azonban csak XX. sz.-ban valósulhatott meg. Az anorganikus anyag (ásványok) átalakulási folyamatait már két évszázaddal korábban tanulmányozták, de ezek sebességének vizsgálatát, amellyel e cikkben foglalkozunk, csak a XX. sz. utolsó évtizedei tették lehetővé. Az ásványok oldódása és átalakulása az erózió révén kiindulópontja a földfelszín morfológiai kialakulásának és az élet lehetőségének is.

A Föld mint égitest korát, e kérdés felmerülése óta, nagyon sokféleképpen ítélték meg. Az ír James Ussher anglikán érsek 1654-es, a Bibliára támaszkodó becslése szerint a Föld 6000 éves.¹ Az uniformitarianizmus hívei

¹ Ussher érsek szerint a Földet a Kr. e. 4004. október 23-át megelőző szürkületkor teremtették.

szerint a jelenleg ismert fizikai és kémiai törvények uralták mindig a természetet, és a Föld korára vonatkozó véleményüket abban fejezték ki, hogy „nincs nyoma az eredetnek, és nincs jóslat a végre”.

Az első, számításon alapuló becslés Lord Kelvin nevéhez fűződik 1897-ben, aki az olvadt Föld hősugárzás miatti megszilárdulásáig terjedő időt 24–40 millió évre becsülte. Az óceánok sótartalma és az évi beszállítás alapján a Föld kora 90–100 millió évesnek adódott. Mások az üledékképződésből indultak ki, és már 1910-ben 1,6 milliárd éves becsléshez jutottak. A Föld korának konkrét mérését azonban csak a radioaktivitás felfedezése és alkalmazása tette lehetővé. A radioaktív bomlás, vagyis annak valószínűsége, hogy egy radioaktív elemből időegység alatt meghatározott számú részecske távozik a magból „alagút” effektus révén, voltaképpen alapvető anyagi sajátság. Időmérésre való alkalmasságát az teszi lehetővé, hogy az atommag meglehetősen elszigetelt része az atomnak, így a hőmérséklet és nyomás szélsőséges ingadozása nem befolyásolja a bomlási folyamatot.

Radiometrikus mérések alapján Ausztráliában egy cirkon ásvány korát 4,3 milliárd évesnek találták, és a legrégebbi kőzetek kora 3,96–4,2 Ga² kort (Kanada, Grönland) is

² Kanadai pajzson a Nagy-Rabszolga-tó ny-i oldalán

eléri. Ez még mindig kevesebb a Föld 4,55 Ga-re tehető aktuális koránál. Ezt a kort me-teoritok és a Hold közetének maximális ér-tekeként határozták meg, és a közös eredet révén ehhez igazítják a Föld korát is. Arra a kérdésre, hogy mi lehet az oka a mért és a feltételezett kor közötti eltérésnek, a válasz: a Föld aktív égitest, s a felszínén végbemenő anyagkicszerélődési folyamatok eltüntették a kezdeti kor nyomait őrző legősibb kőzeteket.

Ezek után áttérhetünk annak megvizsgálására, hogy a szóban forgó aktivitásnak mik az attribútumai. Két fő jelenség határozza meg a Föld aktivitását: a belső hőtartalom mennyiségi és hordozójának *helyzeti változása*, valamint az eruptív kőzet és a víz-atmoszféra kölcsönhatása miatti *mállás*. Jelenleg ez utóbbira vagyunk tekintettel, melynek első definícióját Carl Wilhelm Correns (1939) adta, aki szerint a mállás a kőzetek *in situ* átalakulása a földfelszínen, az itt uralkodó viszonyok hatására. A meghatározás tömörsége ellenére jól jellemzi a mállás lényegét, amit sok szerző is elfogadott, és széles kiterjedésben vizsgált.

A kutatások a mállás sebességi egyenleteihez vezettek, amelyek vonatkozhatnak atomi, reaktor-, talaj-, alapkőzet-, vízgűjtő- és globális méretekre. Ezeknek természetesen kompatibilisnek kell lenniük az experimentális megfigyeléssel és a kémiai kinetika alapvető koncepciójával. Néhány filozófiai szempont is felmerül a mért és extrapolált sebességi értékekre vonatkozóan. Ugyanis az „optimista kutatók” abban bíznak, hogy gondos laboratóriumi mérésekkel el lehet jutni az atomos méretekől a globálisig. Viszont a „pesszimista kutatók” szerint az egyenletek paramétereinek megállapítása soha nem lesz elég pontos egy hasznos predikcióhoz. Nem hisznek abban, hogy valaha is lehet teljesen kvantifikálni és előre jelezni a mállási kinetikát.

E téren mindenki, aki geokémiai modellt alkot, a komplexitás valamely szintjét választja, és meghatározza, hogy ehhez milyen paramétereket kell mérnie, de az alacsonyabb szint paramétereivel nem törődik, vagy eredményeit szembeállítja a sajátjával. Például egy vízgűjtő tömegmérlege a fluxusra és területre (hektár) van normalizálva, míg egy kémiai reaktorban mért oldhatósági sebességi állandó az ásvány szabad felületének egységére vonatkozik. A vízgűjtőre mért adatok esetében nem lehet figyelembe venni az atomos méretekre vonatkozó paramétereket, de ebben az esetben is érvényes lesz az Arrhenius-egyenlet szerepe a hőmérsékletnek a sebességre gyakorolt hatásában.

Ámbár az atomos dimenziókban végzett vizsgálatok ma már a nanométeres folyamatok szinkron megfigyelését is lehetővé teszik, nem foglalkozunk velük, mert az időbeli lefolyásra nem nyújtanak kellő támpontot.

A mállási folyamatok, elsősorban az oldódás időbeli lefolyásának megfigyelésére, a reaktorokban végzett kísérletek adtak lehetőséget az utóbbi két-három évtizedben, mert korábban csak derengő elképzelések lehettek a lassú folyamatok sebességéről. Lássuk, milyen ismeretek adtak korábban alapot az idő megbecsülésére. Nyilvánvaló volt, hogy a szilikátok vízbeni oldódása nem egyensúlyi folyamatok esetében sem lehet gyors folyamat,³ mint például a kősó oldódása vízben, mert ekkor szilárd kontinensek nem létezhetnének. De mi az oldási sebesség alsó határa, amely a felszínen zajló átalakulásokat összhangban tartja a nagy geokémiai körforgalommal és optimálisak a bioszféra számára is? Erre a kérdésre csak kísérleti úton keres-

³ A K-földpát oldhatósága 3×10^{-7} , a Na Cl-é 5×10^{-6} mol/liter

hetjük a választ, mivel az átalakulásokat előmozdító energiaváltozásokkal foglalkozó termodinamika nem ismeri az idő fogalmát.

Egyszerű kémiai reakciók sebességének vizsgálata viszonylag könnyen elvégezhető, ha a kémiai analízis alkalmas módszerével meghatározzuk az időegység alatt keletkezett reakciótermék mennyiségét:

$$\text{sebesség} = \frac{\text{az átalakult anyag mennyisége (koncentrációja)}}{\text{a felhasznált idő}}$$

Sok reakció esetében a tapasztalat megmutatta, hogy a reakciósebesség a reagáló anyagra vonatkozóan:

$$r = k [X]^n \text{ alakban adható meg.}$$

E sebességi egyenletben X a szóban forgó anyag, *n* pedig 0, 1, 2, ami a reakció rendűségét jelenti. Ha *n* = 0, akkor $[X]^0 = 1$, vagyis a reakció nulladik rendű, azaz a sebesség független az X koncentrációjától. Elsőrendű a reakció ha *n* = 1 és a sebesség arányos $[X]^1$ -nel, illetve másodrendű, ha *n* = 2. A *k* a *sebességi állandó*, amely adott reakció és hőmérséklet esetében állandó érték. Újból megjegyezzük: a sebességi egyenlet tényezői konkrét esetben csakis kísérleti úton határozhatók meg.

James Clerk Maxwell és Ludwig Boltzmann a gázok kinetikai elméletéből az E_A -ra, tehát a minimális aktiválási energiát meghatadó részecskék hányadára az

$$e^{-E_A/RT}$$

összefüggést adják, amelyben *R* = gázállandó ($8,3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$), *T* = absz. hőmérséklet, így a sebességi állandó a legegyszerűbb esetben:

$$k = A e^{-E_A/RT},$$

amelyben az *A* az ütközések gyakorisága és a molekulák orientációja, az $e^{-E_A/RT}$ pedig az

aktiválási energia. Ez az összefüggés azonban csak a *gázreakciókra* érvényes.

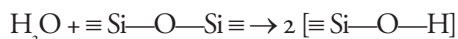
Teljesen más viszonyokkal kell számolnunk a heterogén *ásványfázisok* felületén lejátszódó folyamatok sebességének meghatározása során, mert ebben sok és egymással bonyolult összefüggésben levő tényező játszik közre, amit az alábbi általános egyenlet érzékeltet:

$$= k_o A_{\min} \exp(-E_A/RT) a_{\text{H}^+}^{r_{\text{szilárd}}} g(\text{I}) \prod_i a_i^{n_i} f(\Delta G_r)$$

Ebben: k_o a $\text{mol cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ -ben megadott sebességi állandó, A_{\min} az ásvány reakcióképes felülete, E_A az aktiválási energia, a_{H^+} a hidrónium-ion aktivitása az oldatban, amelyben kifejezésre jut H^+ és $(\text{OH})^-$ ionok oly fontos adszorpciója az ásvány felületén, a $g(\text{I})$ a felületen megjelenő egyéb ionok aktivitását *s* vele az ionos erősséget veszi figyelembe, $a_i^{n_i}$ esetleges katalizátor, inhibitor hatás, Π jel szorzási értelemben magában foglalja az összes többi figyelembe veendő tényezőt, (ΔG_r) pedig az egyensúlytól való eltérés mértéke. Ennek *apriori* meghatározása, vagyis hogy mennyire van a rendszer a termodinamika keretei között, nehéz feladat. Az is bizonyos, hogy az egyensúlytól távoli helyzetben (erősen negatív ΔG_r esetében) a sebesség függetlenné válik a ΔG_r nagyságától.

A kőzetek szilikátásványainak oldódására áttérve a kutatások megállapították, hogy az a következőképpen megy végbe: a vízmolekula adszorbeálódik a sziloxan csoporthoz, majd kötés alakul ki a vízmolekula oxigénjével, *s* végül felhasad a Si—O—Si csoport, vagyis a folyamat: adszorpció → aktivált komplexképzés → hidrolízis.

A felület potenciális energiájának alakulása pedig döntő a Si—O—Si szerkezeti egység hidrolízise szempontjából:



Fenti reakció kulcsfontosságú tehát a szilikátok felületén lejátszódó folyamatokban.

Az egyes ásványok mállási sebességének vizsgálatára, laboratóriumi viszonyok között különböző eljárásokat alkalmaznak. Legfontosabbak: állóágyas, állandóan kevert, fluidágyas, átfolyó reaktorok. Ezekben, a rendszert por alakú ásványmintát meghatározott hőmérsékleten, pH és koncentráció mellett különböző ideig reagáltatják az oldattal. Az állóágyas reaktor lehet zárt vagy nyitott, az atmoszférával érintkező, és időközönként meghatározzák az oldat koncentrációját mint az oldási folyamat eredményét. Az eltelt idő figyelembe vételével meghatározható az oldási sebesség (dc/dt). Utóbbit vagy valamely oldatba ment komponensre, szilikátok esetében Si-ra, vagy az ásvány mol/időegységnyi fogyására számítják, gyakran az ásvány g tö-

megére, vagy felületegységére (A) vonatkoztatva adják meg. Az eredmények közül néhány példát az 1–3. táblázatokban mutatunk be.

ásvány	sebesség az albitéhoz viszonyítva
kvarc	0,02
muszkovit	0,22
biotit	0,6
mikroklin	0,6
albit	1
oligoklász	1
szanidin	2
andezin	7
bytownit	15
ensztatit	57
diopszid	85
forsterit	250
dolomit	36000
kalcit	6000000

2. táblázat • Egyes ásványok oldódási sebessége az albitéhoz viszonyítva

ásvány	k sebességi állandó (mol cm ⁻² s ⁻¹)
kvarc (25°C)	10 ^{-18,4}
K-földpát	10 ^{-16,5}
albit	10 ⁻¹⁶
montmorillonit	4×10 ⁻¹⁴
ensztatit	10 ^{-13,3}
kaolinit	10 ⁻¹³
muszkovit	10 ⁻¹³
klorit	3×10 ⁻¹³
gibbsit	3×10 ⁻¹³
flogopit	4×10 ⁻¹³
biotit	6×10 ⁻¹³
talk	10 ⁻¹²
magnezit	10 ⁻¹²
brucit	6×10 ⁻⁶
kalcit (pH<3,5)	10 ^{-8,9}

1. táblázat • Néhány ásvány oldódási sebessége vízben

ásvány	Ca+Mg+Na+K távozása kekv ha ⁻¹ év ⁻¹
kalcit	82
apatit	17
epidot	8,8
amfibol	2,63
piroxén	2,06
albit	1,68
plagioklász	1,34
gránát	1,16
klorit	1,05
biotit	0,93
vermikulit	0,56
K-földpát	0,48
muszkovit	0,30

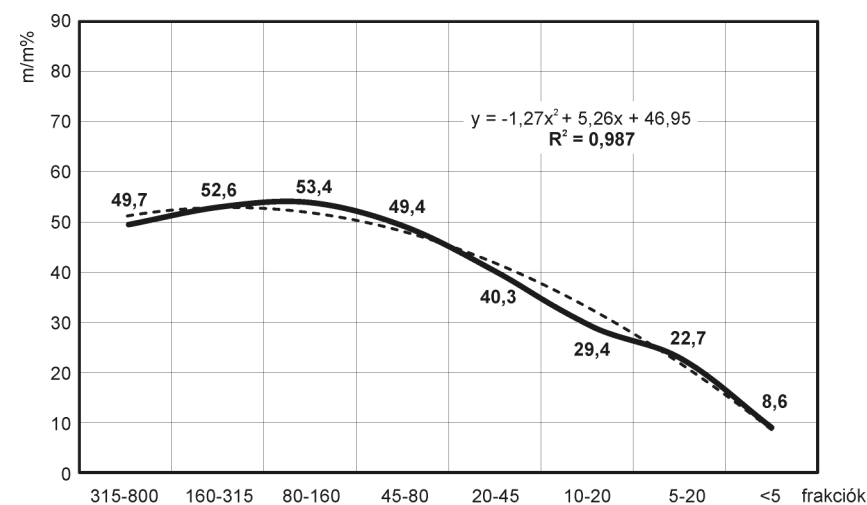
3. táblázat • Számított mállási sebesség ásványonként talajokban 0,25m³m⁻³ víztartalom mellett 50 cm mélységben

A megadott értékek összetételről, pH-tól, hőmérséklettől függően nagyságrenddel is változhatnak. A kísérleti oldási sebességi adatokból egyes ásványok tartózkodási ideje adott közegben kiszámítható. A nagyságrendek megítélése céljából szem előtt kell tartani, hogy 3,15×10¹³s = 1 millió év. Így például egy gömb alakú, 1 mm átmérőjű kvarckristály a mállási zónában (vízzel érintkezve) 34 millió év alatt oldódik fel. Ebből látható, hogy a szilikátásványok átalakulása a felszínen és a felszín közelében geológiai korszakok időtartamát igényli. A táblázatokban feltüntetett értékek reaktorban végzett kísérletek eredményei, és felhasználásuk során figyelembe kell venni, hogy ezek ásvány-víz, tehát kétfázisú rendszerekre vonatkozó adatok. A természetes (földtani) rendszerek azonban sokkal bonyolultabbak, és többek szerint bennük a mállási folyamatok egy-két nagyságrenddel lassúbbak a reaktorokban mért értékeknél.

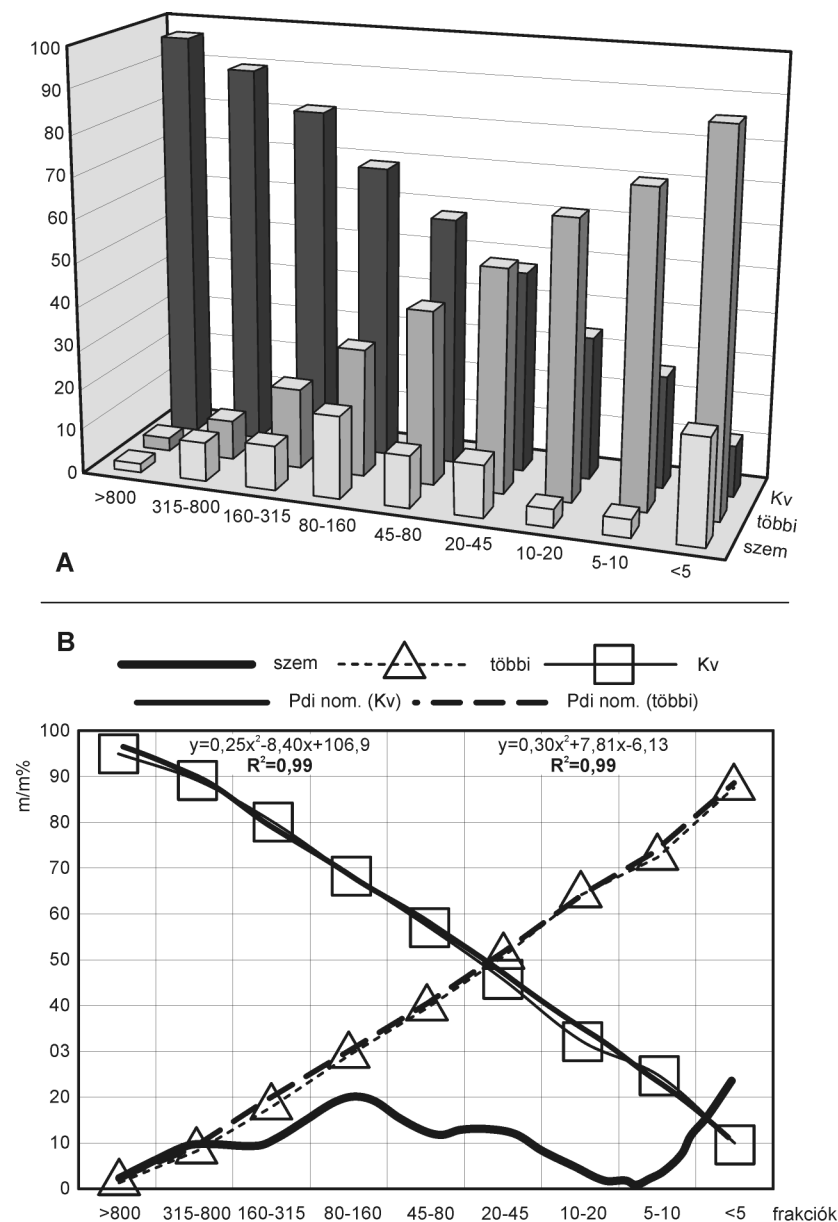
A komplexitás következő fokán a talaj áll. A talajokban hat-tíz, egy százaléknál gyakoribb

ásványfajta található az akcesszórius ásványokon, amorf anyagokon és nyomelemeken kívül. Ha a kémiai komponenseket is tekintjük, látható, hogy a reaktorkísérletekhez képest nagyon komplikált rendszerrel van dolgunk. Idevonatkozó hazai vizsgálatainkból három fontos megállapítást emelek ki.

1. A talajok ásványai, a kvarctól és dolomittól eltekintve, termodinamikai értelemben „instabilis” fázisok.
 2. Több ásvány oldhatósága és oldódási sebessége eltér a reaktorkísérletek eredményétől. Például: kvarc, mikroklin (K-földpát) a szemnagyság csökkenésével jobban oldódik, mint az albit.
 3. A vizsgált minták több mint felében a kvarc mennyisége parabolikusan csökken a szemcse-nagyság csökkenésével (1. ábra).
- A 2. A ábra oszlopdiagramján látjuk a dabronyi csernozjom talaj kvarctartalmának és a kvarcon kívüli többi ásvány összegének változását a szemnagysággal. A 2. B ábra a kvarchoz és a többi ásványhoz tartozó másodfokú polinom



1. ábra • A kvarc eloszlásának átlaga a talajminták szemcsefrakcióiban. A görbe jól közelíti a feltüntetett másodfokú polinom egyenlet görbét (szaggatott vonal). Frakciók: μm-ben.



2. ábra • A kvarc szem nagyság szerinti eloszlása (m/m%) a dabronyi csernozjom talajban. A: Oszlopdiagram, szem = szemcse nagyság, többi = a kvarcon kívüli összes többi ásvány, Kv = kvarc. B: Vastag görbe = szemcse eloszlás, □ = kvarc, Δ = összes többi ásvány. Frakciók: µm-ben

görbék egyenleteit és ezek R^2 adatait tünteti fel. Azt, hogy a kvarc a szemcse nagyság csökkenésével egy, a parabolához jó közelítésű görbén helyezkedik el, a talajminták több mint 50 %-ában észleltük. E feltűnő jelenség magyarázatát eddig nem találtuk, de bizonyos, hogy nem egyedül a kvarc sajátosságos viselkedésével, hanem a kvarc nélküli többi ásvány mennyiségi alakulásával lehet elgondolni. A talaj komplikált nyílt rendszerében az oldódási folyamatok sajátosan alakítják az ásványok egymásközi arányát, amely nem vezethető le az egyensúlyi körülmények között meghatározott oldhatóságból és oldódási sebességéből. Itt elég arra gondolni, hogy a mállást legalább ötven fizikai és kémiai folyamat befolyásolja, és pedig különböző csoportosításban és évezredek át, tíz-tizenöt kémiai komponens részvételével. Ennek folytán a variációk száma beláthatatlan.

Az előzőekben tárgyalt jelenségek megnehezítik a talajképződés sebességének pontosabb meghatározását. A talaj kora önmagában kérdéses sajátosság, mivel két ellentétes folyamat, a képződés és erózió egyensúlyának eredménye, tehát a jelenlegi talaj nem minden része keletkezett azonos időben. Néhány általános megállapítás azonban tehető. A talajképződés sebessége elsősorban az alapkőzet és klíma függvénye. A melegebb, nedves klíma gyorsítja a képződést, de a talajmélység és a talaj kora között, az előbbieket értelmében, nincs szoros kapcsolat. Egy felől az erózió csökkenti a mélységet, másfelől állandósult állapot esetén sem kontinuális a talajképződés, mert ilyenkor a klímától, alapkőzettől és más helyi körülménytől függően bizonyos maximális mélységben (1–2 m) megállapodik. Robert Meyer (1997) hét fő talajtípusra minimálisan 50 ezer évet talált szükségesnek a talaj kialakulásához, de nem ritkaság a több

százezer vagy millió év sem. A talajképződés sebessége inkább közvetett úton, a talajerózió és azt követő üledékképződési sebesség meghatározásával állapítható meg.

Áttérve a vízgyűjtőkre és globális méretekre, a geológusok, geomorfológusok a felszín magasságát csökkentő folyamatokra a letarolás, erózió, denudáció fogalmakat használják, melyek háttérben elsődleges kiindulópontként a mállás folyamánként a detritális anyagfelhalmozódás és talajképződés áll. A vízi és légi szállítás közbejöttével (erózió) bekövetkező üledékképződés a földrajzi helyzettel nagyon változik, és alakulását a világ számos pontján nyomon követik. Az erózió olyan geológiai jelenség, melynek paramétereit (többnyire negatív értelemben) az ember civilizációs tevékenysége is messzemenően befolyásolja.

Az üledékképződés sebességváltozása a geológiai korszakokban kapcsolatban van a legfontosabb földtani eseményekkel. Peter A. Rona (1973) vizsgálta az Észak-Amerika délkeleti partjai és Afrika északnyugati partjai közelében felhalmozódott üledékek képződését, és a kréta kortól a miocén végéig három, átlagosan gyors (maximális) és két lassú (minimális) felhalmozódási sebességet állapított meg (4. táblázat)

A maximumok 10–70 millió évig tartottak, és egybeesnek a világszerte fellépő epikontinentális tengeri transzgresszióval, míg a minimumok 10–20 millió évre terjedtek, és a tengeri regresszióval korrelálnak.

A kontinenseken az erózió növekedése egyre inkább az emberi tevékenység folyamán. Világosan mutatja ezt az a példa, hogy míg a földművelés módja és az erdők irtása miatt (India, Banglades, Nepál), a Gangesz 1 millió km^2 -nyi vízgyűjtőjéről évente 1,46 mrd tonna, az 5,8 millió km^2 kiterjedésű

geológiai kor	idő (millió év)	üledékképződés intenzitása
kréta	136–65	maximális
paleocén	65–53,5	minimális
eocén	53,5–45	maximális
eocén–oligocén	45–22,5	minimális
miocén	22,5–5,5	maximális

4. táblázat • Észak-Amerika keleti és Afrika északnyugati selfjein felhalmozódott üledékek képződési sebessége különböző földtani korszakokban

vízgyűjtővel rendelkező Amazon csupán 363 millió tonna üledéket visz az óceánba. A világ legnagyobb folyói együttesen évente mintegy 27 milliárd tonna üledéket szállítanak (Judson, 1968). Ugyanakkor sok milliárd tonna anyag a folyók árterében, mélyedésekben és a nagy gátak mögött ülepedik le. Kínában egyedül a Sárga-folyó Sanmer-gátja évente 400 millió tonna üledéket tart vissza (Sfeir-Younis, 1986). Ez oda vezet, hogy Hu Chunhong (1955) szerint Kína 330 nagy völgyzáró gátja közül 230 tározó kapacitása átlagosan 14 %-kal, némelyike 50 %-kal csökkent.

Normális agrokulturális feltételek mellett az átlagos eróziót $0,5\text{--}2\text{ t ha}^{-1}\text{év}^{-1}$ teszik, más képpen kifejezve, a talaj legfelső 1 centiméterének víz- és szél-erózió útján eltávolításához 80–280 évre van szükség (Pimental et al. 1985). A szóbanforgó értékek alakulását jól érzékel-

tetí egy Nigériában végrehajtott kísérlet. E szerint 1 %-os lejtőn telepített manióka ültetvény talajvesztését 3 t, 5 %-os lejtőn 87 t, és 15 %-os lejtőn 221 t $\text{ha}^{-1}\text{év}^{-1}$ -nek találták. Utóbbi érték azt jelenti, hogy a művelhető talaj 10 év alatt eltűnik. A világ sok országában aggodalmat keltő módon csökken a megművelhető talaj területe. Indiában 13 millió ha talajt a szél, 74 millió ha-t a víz erodált, India területének egynegyedét. Kína 1957 óta mezőgazdaságilag művelhető területének 11 %-át veszítette el sivatagosodás következtében. Az erózió természetesen hazánkat sem kíméli. Stefanovits Pál és Várallyay György (1992) szerint Magyarország területének mintegy 30 %-a különböző mértékű erózióknak van kitéve.

Kulcsszavak: *ásványok oldódása, talajok kora, eróziója*

IRODALOM

- Meyer, Robert (1997): *Paleolaterites and Paleosols: Imprints of Terrestrial Processes in Sedimentary Rocks*. A. A. Balkema, Rotterdam
- Rona, Peter A. (1973): Relations between Rates of Sediment Accumulation on Continental Shelves, Sea-floor Spreading, and Eustacy Inferred from the Central North Atlantic. The Geological Society of America Bulletin. 84, 281–287.
- Hu, Chunhong (1955): Controlling Reservoir Sedimentation in China. Hydropower and Dams. 1, 50–52.

- Judson, Sheldon (1968): Erosion of the Land, Or What's Happening to Our Continents? American Scientist. 56, 356–374.
- Pimental, David–Dazhong, D., W. et al. (1985): *World Food Economy and the Soil Erosion Crisis*. Environmental Biology Report. 86-2. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Stefanovits Pál: *Magyarország talajai*. Akadémiai, Bp.
- Stefanovits Pál – Várallyay György (1992): In: Proceedings of the Soil Erosion and Remediation Workshop European Agro-Environmental Program, Bp, 79–95.
- Nemecz Ernő (1981): *Clay Minerals*. Akadémiai, Bp., 54

A TENGELYKÖRÜLI FORGÁSSEBESSÉG ÉS A GEODINAMIKAI PARAMÉTEREK VÁLTOZÁSA A FÖLD TÖRTÉNETE SORÁN

Varga Péter

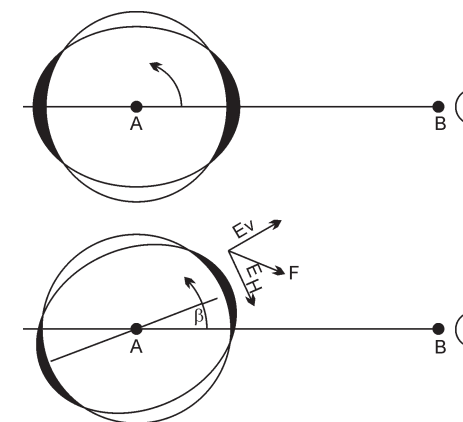
az MTA doktora, tudományos igazgatóhelyettes,
MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet Földrengésjelző Observatóriuma
varga@seismology.hu

Időfogalmunk általában – közvetve vagy közvetlenül – a Föld tengelykörüli forgásperiódusához kötődik, és egysége a földi nap, melynek hosszváltozásai rendkívül széles határok között ingadoznak. Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetében – egy az intézethez mint kezdeményező központhoz kötődő nemzetközi kutatócsoporton belül – egyaránt foglalkozunk a rövid és a hosszú periódusú forgássebesség-változások kutatásával.

Rövid periódusúknak szokás nevezni általában az egy éves vagy annál rövidebb periódusú forgássebesség-ingadozásokat. Az éves forgássebesség-ingadozások kutatására akkor nyílt először lehetőség, amikor 1932-ben elkészült az első kvarcóra, amelynek stabilitása elegendő volt ahhoz, hogy Friedrich Pavel és Werner Uhink 1935-ben felfedezzék e jelenség éves periódusú változásait. Az évnél rövidebb periódusú naphossz-ingadozásokat a cézium atomórák 1967-től ilyen célból kezdődő rendszeres használata tette lehetővé. Az ürgeodéziai módszerek terjedésével mód nyílt a szögsebesség-változások napos vagy annál is rövidebb – néhány órás – ingadozásainak kimutatására, melyek oka elsősorban az ár-

pály jelenségben keresendő, de szerepet kaphatnak – e sorok írójának véleménye szerint – ma még nem megfelelően ismert magas frekvenciájú légköri hatások is.

Ugyancsak az árapály, pontosabban az árapályúrlódás, okozza a földi nap – geológiai értelemben vett – hosszú periódusú változásait. Az árapályúrlódás jelenségét az 1. ábrán szemléltetjük. Ha a Föld ideálisan rugalmas testként viselkedik, akkor – úgy, ahogy az a felső ábrán látható – az árapály keltette púp csúcsa, a Föld mindkét oldalán, a keltő égitest (ábránkon a Hold szerepel, de



1. ábra • Az árapályúrlódás magyarázata

hasonló a helyzet a Nap esetében is) tömegközéppontját és a Föld tömegközéppontját összekötő egyenesre esik. Ebben az esetben a Föld forgása változatlan marad, bármilyen hosszú időtartamot vizsgálunk. A valóságban bolygónk a Hold (vagy a Nap) gravitációs hatására nem rugalmas testként reagál: az árapálypúpok késnek a Föld forgásához viszonyítva, és a maximumaikat összekötő egyenes β szöggel eltér az A -t és B -t tartalmazótól. A Föld rugalmatlan „effektív” viszkozitását a tengerek árapálya okozza. Az árapálypúpra a Hold részéről gyakorolt E erőhatást két összetevőre bonthatjuk fel. Az egyik, a függőleges (E_v) a földi nap hosszának változására nincs hatással. A Föld forgását fékező erőösszetevő az E_{FP} mely a Föld forgásával ellentétes irányítottaságú, és ezért bolygónk tengelykörüli forgását fékezi.

Az árapálysúrlódás jelentősége bolygónk életében nagy fontosságú és érdekes kozmológiai összefüggésekkel is bír. A XX. század talán legnagyobb fizikusa, „Einstein volt az első, aki felfigyelt a Föld forgásával kapcsolatos kérdések fontosságára a newtoni gravitáció elméletében... és megjósolta a Föld inerciamomentumának változásait a Hold által keltett (parciális) árapály következtében” írják Wilfried Schröder és Hans-Jürgen Tieder 1997-ben az EOS-ban (az Amerikai Geofizikusok Egyesületének hetilapjában). Bár a megállapítás Einstein prioritásával kapcsolatban téves, hiszen a földforgás lassulás jelentőségére Edmond Halley már 1695-ben felfigyelt, és utána még olyan nagy neveket találunk a kérdés kutatói között, mint Kant és Laplace. Az viszont kétségtelen, hogy Einsteint az árapálysúrlódás kérdése erősen foglalkoztatta. Hasonlóan érdekes megállapítást találunk Harold Jeffreys – a XX. század egyik legkiválóbb geofizikusa – visszaemlékezései-

ben. Ő így ír: „Úgy gondolom, az én hozzájárulásom a tudomány fejlődéséhez G. H. [Sir George Howard] Darwin árapálysúrlódási elméletének általánosítása.” Valószínű, hogy a nagy angol tudósra az utókor nem ezért fog (elsősorban) emlékezni, hiszen jelentős részben az ő szeizmológiai kutatásai alapozták meg mai elképzeléseinket a szilárd Föld belséről.

Az árapálysúrlódás vizsgálata kétségtelenül számos területen fontos. Segítségével vizsgálható például a Föld–Hold-rendszer fejlődése bolygónk 4–4,5 milliárd éves története folyamán (Denis et al., 2002 ; Varga et al., 1997). E sorok írójának tudomása szerint ez az egyetlen jelenség, mely a Földdel kapcsolatos megfigyelések alapján információt szolgáltat – ha csak közelítő jelleggel is – a gravitációs állandó időbeli változásáról (Varga, 2002). Ezirányú vizsgálataink azt sugallják, hogy e fundamentális fizikai állandó értéke állandó kellett hogy legyen az utolsó négy milliárd évben. A luniszoláris hatás következtében fellépő naphosszváltozások hatalmas energiákat keltenek a Földben, jelentős állapotváltozásokat okozva annak dinamikájában.

A Föld energiaháztartásában meghatározó szerepet játszik a forgási energia, illetve ennek időbeli változásai. (1. táblázat)

Égitestünket számos külső, kozmikus hatás éri. Ebben az írásban figyelmen kívül hagyjuk a Napból érkező elektromágneses és részecskeáramlások által keltett, valamint a meteorológiai hatásokon keresztül érvényesülő, a tengelykörüli forgás sebességét befolyásoló viszonylag rövid (néhány évet semmiképpen meg nem haladó) hatásokat.

Tudomásunk van arról, hogy bolygónkat különböző gyakorisággal meteoritbecsapódások érik. Ezek közül néhányat a 2. ábrán ábrázoltunk, és megkíséreljük felhasználásukkal

Energiaik

Forgási energia $\sim 2 \cdot 10^{29}$ J
A földmag forgási energiája $\sim 3 \cdot 10^{24}$ J
A köpeny mágneses tere $\sim 4 \cdot 10^{18}$ J
A földmag mágneses tere $\sim 8 \cdot 10^{22}$ J

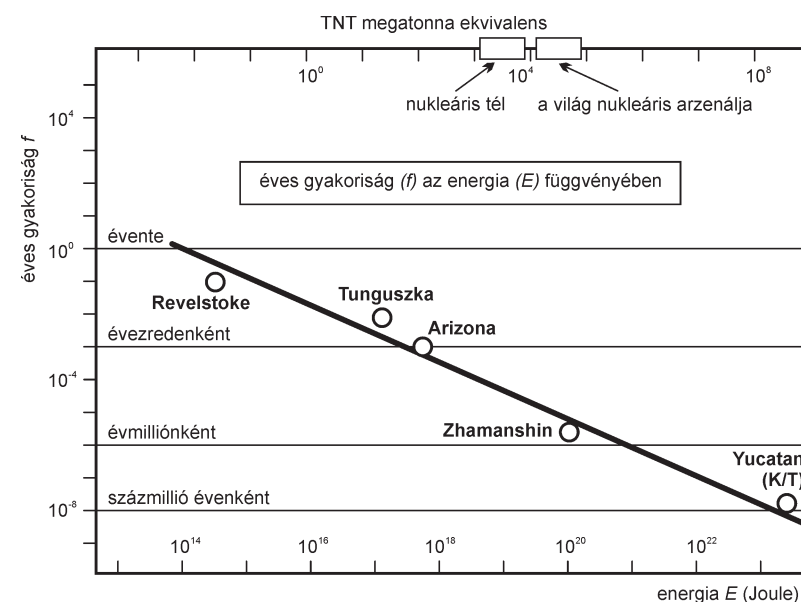
Éves energiameennyiségek

A Naptól kapott energia $\sim 2,1 \cdot 10^{25}$ J/év
Geotermikus energiavesztés $\sim 1,0 \cdot 10^{21}$ J/év
Árapálysúrlódás okozta disszipáció $\sim 1,6 \cdot 10^{19}$ J/év
Tektonikai tevékenység energiája $\sim 1,3 \cdot 10^{19}$ J/év
Földrengések energiája $\sim 1,0 \cdot 10^{18}$ J/év

1. táblázat

az éves gyakoriság becslését. Az ábrán szereplő, Revelstoknál történt becsapódás nem tekinthető ritka eseménynek. A 20. század elején Tunguszkában bekövetkezett, máig rejtélyes meteoritbecsapódásra néhány száz évente kell számítanunk. Az Arizonában keletkezett, 1,2 km átmérőjű Barringer-krátert (kora 49 ezer év) okozó meteorit energiája $\sim 10^{18}$ J volt. A Közép-Ázsiából ismert 0,9 millió évvel ezelőtt létrejött kb. 14 km átmérőjű Zhamanshin-krátert egy 10^{20} J energiával becsapódó meteorit (aszteroida?) vágta a Föld felszínébe, ami 10^5 megatonna TNT-vel ekvivalens, és kb.

ötszöröse a világ teljes nukleáris arzenálja által képviselt energiának. A Yucatan-félsziget közelében a Kréta és a Harmadkor határán 65 millió évvel ezelőtti hatalmas becsapódás – melynek ma elterjedt, de még nem egyértelműen bizonyított vélemény szerint maradandó hatással kellett lennie Földünk élővilágára is – mintegy 170 km átmérőjű krátert eredményezett. Hasonló kozmikus katasztrófát tételeznek fel – mint erről a *Science* egyik korábbi számában (Ellwood et al., 2003) hírt adnak – a középső és a felső Devon határán, mintegy 380 millió évvel ezelőtt.



2. ábra • Meteorbecsapódások gyakorisága

A kétségtelenül hatalmas energiájú becsapódások – mint a későbbiekben látni fogjuk – nem változtatták meg érzékelhető módon a Föld tengelykörüli forgásának történetét. Ezt a történetet különböző forrásokból igyekeztünk rekonstruálni. Csillagászati megfigyelések alapján a forgássebesség csökkenése a XIX. és a XX. század folyamán átlagosan $-5,6 \cdot 10^{-22} \text{ s}^{-2}$ volt (ami azt jelenti, hogy a földi nap hossza évszázadonként 1,72 ms-al hosszabbodott). Az 1980-as évek második felétől rendelkezésünkre álló űrgeodéziai adatokból valamivel nagyobb ($-6,1 \cdot 10^{-22} \text{ ms}^{-2}$) érték adódik (Grafarend et al., 1997), míg a történelmi múltban megfigyelt (elsősorban kínai és kisebb részben mezopotámiai) napfogyatkozások adatai alapján F. Richard Stephenson és Leslie Morrison 1995-ben valamivel kisebb ($-4,5 \cdot 10^{-22} \text{ s}^{-2}$) értéket kaptak.

Több mint húsz tanulmányból összegyűjtöttük a földtörténet utolsó 2,5 milliárd évéből származó naphossz adatok meghatározásának értékeit, melyek alapjául őslénytani és üledéktani információk szolgáltak (3. ábra). Az így elkészült adatbázist az MTA FKK Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetében kifejlesztett robusztus becslési eljárással (So-

mogyi – Závoti, 1993) dolgoztuk fel. Vizsgálataink alapján megállapíthatóvá vált, hogy a földtörténet utolsó 500–600 millió évében a nap hosszának változása alig tért el a jelenleg csillagászati és űrgeodéziai módszerek segítségével kapottaktól, míg az ennél régebbi időszakokban (Protorezoikum, Késő Archaikum) a földi nap hosszának változása hozzávetőleg ötször kisebb volt, mint a Fanerozoikumban. Ennek a 3. ábrán jól látható hirtelen változásnak két oka is elképzelhető. Az egyik – kevésbé valószínűnek tűnő – szerint a Föld belsejében olyan tömegátrendeződés ment végbe az Archaikumban és a Proterozoikumban, melynek során a nehezebb elemek bolygónk középpontja felé, míg a könnyebbek a felszín irányában mozogtak, aminek gyorsítania kellett volna bolygónk forgását, és ezáltal csökkenhetett volna az árapálysúrlódás okozta lassító hatás. Egy ilyen jelenség létrejöttéhez – modellszámításaink szerint – nem volt szükség nagyobb tömegátrendeződésre (Denis et al., 2006), de mégis valószínűtlennek tűnik, mivel mai tudásunk szerint a Föld magja, mind tömegét, mind méretét tekintve már a Föld életének első 100 millió évében kialakult, és a köpenyben sem mentek végbe nagyobb

0–100 millió éve (– Kainozoikum)	100–250 millió éve (– Mezozoikum)	250–570 millió éve (– Paleozoikum)
-------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------

Óceáni árapály momentum M_2 hullám esetében

$-5,00 \cdot 10^{16} \text{ J}$	$-4,27 \cdot 10^{16} \text{ J}$	$-4,77 \cdot 10^{16} \text{ J}$
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

A naphossz-változás anomáliája a lineáris trend leválasztása után

+ 0,024 óra	- 0,433 óra	- 0,124 óra
-------------	-------------	-------------

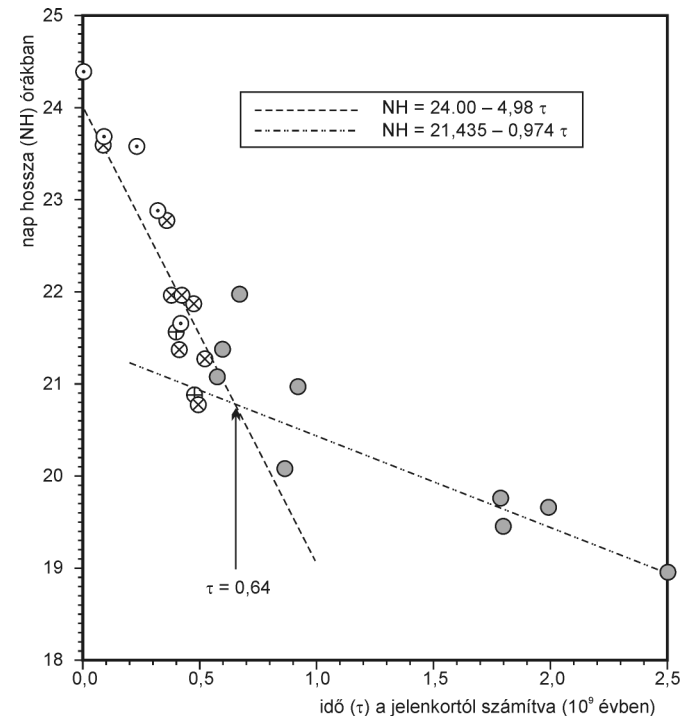
Az óceáni lemezek átlagos sebessége

6 cm · év ⁻¹	4 cm · év ⁻¹	6 cm · év ⁻¹
-------------------------	-------------------------	-------------------------

Föld mágneses dipólus momentuma (relatív egységben)

0,896	0,539	1,041
-------	-------	-------

2. táblázat



3. ábra • A nap hosszának (NH) változása a Fanerozoikumban és a Proterozoikumban. Az x csillagászati úton kapott adat. Az üres körök őslénytani (a \odot , \otimes és \oplus kagylót, korallt, ill. pörgekarút jelent), a kitöltött körök üledék-földtani, illetve stromatolites adatokat jelölnek.

átrendeződések az azt alkotó kémiai elemek között. A másik elképzelés arra vonatkozólag, hogy mi okozta a naphossznövekedés gyorsulását a Fanerozoikumban, annak feltételezése, hogy a Proterozoikumban a Földön sokkal rövidebb volt a shelf övezetek hossza (valószínűleg csak egyetlen szuperkontinens létezett, vagy a kontinensek összterülete volt kisebb), s ezért a tengerek fékező hatása csak sokkal kisebb hatékonysággal adódhatott át a szilárd Földnek.

Adatbázisunk statisztikus feldolgozásainak eredményei megmutatták, hogy a Mezozoikum körüli időkben (100–250 millió évvel ezelőtt) a tengelykörüli forgássebesség lassulásának minimuma volt (hasonlóan a Fanero-

zoikum előttihez) (Varga, 2006, Varga et al., 2006). Ebben az időben – paleoföldrajzi rekonstrukciók alapján – a mainál rövidebb kontinenspartvonal-hosszak léteztek, és más geodinamikai jelenségek is anomális értéket mutattak. (2. táblázat) A táblázathoz néhány megjegyzést szükséges fűzni:

1.) Az óceáni árapálymomentumot a régi földtani korok árapályterképei alapján határoztuk meg az M_2 félnapos árapályhullám esetében. A jelenkori árapályterképekkel végzett vizsgálataink eredményei azt mutatják, hogy az árapálymomentum értékét szinte kizárólagosan a félnapos árapályhullámok határozzák meg; 83 %-ban az M_2 és 16 %-ban az S_2 . Feltételeztük – bár ez még

nem teljes mértékben bizonyított – hogy az M_2 hullám domináns szerepe az egész Fanerozoikumot jellemezte. A rendelkezésünkre álló őslénytani és üledéktani adatokból adódó naphosszváltozás-anómália negyedrendű Laplace-típusú robusztus becslés segítségével kiegyenlítve statisztikai értelemben szignifikánsnak tekinthető, mind a Fanerozoikum egészére, mind a mezozoikumi minimumra vonatkozóan (Denis et al., 2002).

- 2.) Az óceáni lemezek sebességét (abszolút sebességértékekről van szó) a *hot spot*-okhoz viszonyított mozgások alapján Lev P. Zonenshain és Michael I. Kuzmin határozták meg (1997).
- 3.) A földmágneses dipólikus momentum értékének meghatározása a kőzetekben konzerválódott eredeti mágneses vektor alapján rendkívül nehéz feladat. Ehhez járul még az a tény, hogy a geomágneses tér rövid idő alatt is rendkívül változékony, és az abszolút kor meghatározások hibája mindezekig meghaladta a 10 %-ot. Ezért adatbázisunk összeállításakor – mely az egész Fanerozoikumra összesen 135 adatot foglal magába körülbelül egyenlően elosztva annak három epochája között – igyekeztünk nagyon óvatosan eljárni (Varga et al., 1997): paleomágneses intenzitás adatbázisunkba csak azok az eredmények kerülhettek be, melyek azonos módszer (Thellier eljárása) alapján lettek meghatározva, továbbá csak ismert szerzők szigorúan lektorált folyóiratokban megjelent eredményeit használtuk fel, azok egymás közötti többszörös ütköztetése után. A momentum értékeket a jelenkorra meghatározott értékkel ($6,67 \cdot 10^{12}$ Am²) elosztottuk.

A Föld forgását adatbázisunk segítségével mintegy 2,5–2,8 milliárd évvel ezelőtől tud-

juk nyomon követni. Az árapályrétegződést megőrző legősibb kőzet kora 3,2 milliárd év. Ekkor a nap hossza – a rétegsort leíró geológusok szerint (Eriksson – Simpson, 2000) közelebb volt a 15 órához, mint a 24-hez. Más szóval kevesebb volt 19,5 óránál. Érdekes becsléseket végezni arra vonatkozóan, milyen lehetett bolygónkon a naphossz nem sokkal a Föld–Hold-rendszer keletkezését követően, hozzávetőleg 4,0–4,2 milliárd évvel ezelőtt a Hadean közepe körüli időszakban. (A Hadean a föld történetét szolgáló időskálák többsége szerint bolygónk kialakulásától mintegy 700 millió évig tartott.) Arra, hogy a földi nap hosszát bolygónk keletkezésének időpontjában (azaz 4,56 milliárd évvel ezelőtt) becsüljük, jelenleg nincs közvetlen megalapozott lehetőségünk. Ez részben azért van így, mert a Hold valamivel (hozzávetőleg 100 millió évvel) később keletkezett, pontosabban – mint azt a legtöbb kutató ma feltételezi – szakadt ki a Földből egy Marshoz hasonló méretű égitest becsapódását követően. Jelenlegi bizonytalanságunk másik oka, hogy nem vagyunk tisztában a Hold keletkezésének módjával, és azzal, hogy esetleges kiszakadása bolygónk testéből, hogyan hatott a Föld forgási energiájára.

A földi nap 4,0–4,2 milliárd évvel ezelőtti hosszának első, durva becslése a 3. ábrán bemutatott adatokból adódik. Ha feltételezzük, hogy a nap hossza 2,5 és 4,2 milliárd évvel ezelőtti időintervallumon belül nem változott, akkor ez az érték 19,5 óra volt. Ugyanilyen értéket kapunk, ha a teljes adatbázist, azaz a jelenkortól egészen 2,5–2,8 milliárd évig visszamenve egységesen dolgozzuk fel. Ekkor a robusztus becsléshez egy exponenciális modellt kell használnunk, mely szintén a már említett 19,5 órás naphosszat szolgáltatja 4,0–4,2 milliárd évvel ezelőtőlre. A

másik becslés a 3. ábra 0,5–2,5 milliárd évvel ezelőtti korból származó részének lineáris extrapolációja alapján 17,5 óra. Ez a gondolatmenet feltételezi, hogy bolygónk felszínén az óceánok nagyjából hasonlóak voltak a vizsgált időszakban, azaz a napjainktól számított 2,5–2,8 és 4,0–4,2 milliárd év közötti időszakon belül.

Fenti, a 4,0–4,2 milliárd évvel ezelőtti időszakra 17,5 és 19,5 óra közötti naphosszat valószínűsítő, nem túlságosan bonyolult extrapolációnk – annak ellenére, hogy jó egyezést mutat Eriksson és Simpson 2000-ben közölt megfigyelésével – további alátámasztásra szorul. Ezt erősítheti az árapály karakterisztikus idejének vizsgálata (Varga, 2006). Ennek érdekében a Föld–Hold-rendszert egy erősen csillapított oszcillátornak tekintjük. Az ilyen oszcillátorok viselkedését leíró differenciálegyenlet megoldásába a Föld–Hold-rendszerre vonatkozó paramétereket beírva a következő egyenlethez jutunk:

$$T_o = \frac{2\pi M c^6}{3k_s G M_m^2 \tau} \frac{I}{R^3 \beta}$$

Ebben az egyenletben T_o a földi nap hossza nem sokkal a Föld–Hold rendszer kialakulását követően. T_o valószínűleg nem a 4,5–4,6 milliárd év előtti naphosszra jellemző érték, hiszen az általunk erősen csillapított oszcillátorként modellezett Föld–Hold-rendszer – mely mintegy 100 millió évvel fiatalabb, mint a Föld – keletkezése után el kellett telnie egy bizonyos, ha nem is túlságosan hosszú időnek, míg a rendszer mai értelmezésünk szerint kialakult, stabilizálódott.

A képletben M és M_m a Föld és a Hold tömege, k_s az ún. szekuláris Love-szám, mely az alacsony viszkozitású, cseppfolyós állapothoz közel álló testek deformációjának leírásához szükséges, R a Föld átlagos sugara, G

a gravitációs állandó, c a holdpálya sugara és τ a Föld–Hold-rendszer karakterisztikus ideje. Korábbi vizsgálatainkból tudjuk, hogy c az utolsó hárommilliárd év során mindössze 5–10 %-kal nőtt (Varga, 2006). Tudjuk azt is, hogy a Föld–Hold-rendszer karakterisztikus ideje sokkal nagyobb kell hogy legyen a Föld koránál. Számításaink során $\tau = 7,5$ és $\tau = 10,0$ milliárd értékeket használtunk. A legnagyobb probléma β értékének becslése. Ezt a jelenlegi világóceán árapályterképének feldolgozása alapján -5° -nak találtuk. Ez az érték egészében véve valószínűleg az egész Fanerozoikumban is megmaradt, míg – számításaink szerint – a Proterozoikumban, ideértve az Archaikum felső részét is -1° és $-1,5^\circ$ között kellett lennie. A hárommilliárd évnél régebbi időkben feltehetően nem létezett (létezhetett) a mai értelemben vett globális kontinens-óceán rendszer (a kontinensek összterülete a későbbi földtörténeti korokhoz viszonyítva sokkal kisebb volt, ami a shelf zónák rövidülésével kellett együttjárjon), és így ez esetben $\beta = -0,5^\circ$ körüli értékkel kell számolnunk. Számításainkban három Föld–Hold-távolság szerepelt. Az első a jelenkorra, míg a következő kettő 3,0 illetve 4–4,5 milliárd évvel ezelőtti időpontok esetére becsült érték. Utóbbi esetben, 10, illetve 7,5 milliárd éves τ értéket feltételezve, a Föld keletkezéséhez viszonylag közeli időpontra a nap hosszának értékére (T_o) 15,15 és 20,22 óra értékek adódnak, melyek nem térnek el szignifikánsan az extrapoláció útján kapottaktól.

Mint említettük, a Föld belsejében tárolt forgási energia hatalmas. Jelenkori értékét tekintve körülbelül annyi, mint a Naptól $4 \cdot 10^4$ év alatt kapott teljes hőenergia, mint $4 \cdot 10^{12}$ darab $M=8$ méretű földrengés energiája (ilyenből évente átlagosan egy fordul elő az egész Földön) illetve megfelel 10^{12} darab olyan me-

teorit energiájának, mely az arizonai Barringer-kráter létrehozta. Fent ismertetett eredményeinkből következnek: a Faneorozoiikum előtti időben (mintegy négy milliárd év alatt) a forgási energia csökkenése ($T_0 = 17,5$ óra és $T_0 = 19,5$ óra értékeket feltételezve a vizsgált időintervallum elején, illetve végén) évente $2,2 \cdot 10^{19}$ J/év, illetve $3,5 \cdot 10^{18}$ J/év volt, azaz a Földnek – élete ezen igen hosszú szakaszában – eredeti forgási energiájának mintegy harmadát kellett elvesztenie. A Faneorozoiikum durván félmilliárd éve alatt az éves energiavesztés $1,5 \cdot 10^{20}$ J/év-re nőtt, és a forgási energia szintén kb. harmada veszett el, azaz a forgási energia csökkenése számottevően felgyorsult.

Ennek a forgási energiavesztésnek valamilyen nyoma kellett, hogy maradjon bolygónk életében. Az árapályenergia a Földet nem melegíthette fel a jupiter-, illetve a szaturnusz-holdakhoz hasonlóan (Io, Európa ill. Enceladus), mert ehhez a mi Holdunk túl kicsi. (Becslésünk szerint a Hold keltette árapály-súrlódás Földünket 1 Kelvin fokkal tudta csak felmelegíteni 1 milliárd év alatt – tehát a hatás teljesen elhanyagolható). Lehetséges, hogy az energiavesztés, mely a Föld jelentős alakváltozásával is járt, hiszen bolygónk geometriai lapultsága ~70 %-kal csökkent az utolsó 2,5 milliárd év során, valamilyen módon mecha-

nikus energia formájában szabadult fel, számottevő szerepet játszva a tektonikus folyamatok alakulásában és ezen belül bolygónk szeizmikus energia háztartásában.

A fent leírtak alapján két kutatási feladatot tűztünk magunk elé:

- Becsléseket kell végeznünk a még Hold nélküli Föld eredeti forgássebességére vonatkozóan. Erre módot adhat a Föld-típusú, de holddal nem rendelkező bolygók (Merkúr, Vénusz) és esetleg egyes kisbolygók forgássebesség változásainak vizsgálata a Nap árapály hatása következtében. Az így kapott és az általunk különböző módokon becsült T_0 értékek egybevetése talán segítséget adhat annak megértéséhez, mi történt bolygónkkal a Hold keletkezésekor.
- A Föld forgási energia-vesztése és a Föld globális tektonikai folyamatai és földrengés tevékenysége közti – általunk feltételezett – kapcsolat vizsgálata. Lehetségességének tisztázása vagy elvetése.

Jelen dolgozat írásakor szerző az OTKA T 038123 és K 60394 kutatási témák keretében elért eredményeire támaszkodott.

Kulcsszavak: *földforgás, árapálysúrlódás, nap-hosszváltozás, Föld–Hold-rendszer*

IRODALOM

- Denis, Carlo – Schreider, A. A. – Varga P. – Závoti J. (2002): Despinning of the Earth Rotation in the Geological Past and Geomagnetic Paleointensities. *Journal of Geodynamics*. 34, 5, 97–115.
- Denis, C. – Rybicki, K. R. – Varga P. (2006): Secular Change of LOD Associated with a Growth of the Inner Core. *Astronomisches Nachr.* 327, 4, 309–13.
- Ellwood, B. B. – Benoist, S. L. – El Hassani, A. – Wheeler, C. – Crick, R. E. (2003): Impact Ejecta Layer from the Mid-Devonian: Possible Connection to Global Mass Extinctions. *Science*. 13 June. 300, 5626, 1734–1737.

- Eriksson, Kenneth A. – Simpson, Edward L. (2000): Quantifying the oldest Tidal Record: The 3.2 Ga Moodies Group, Barberton Greenstone Belt, South Africa. *Geology*. 28, 9, 831–834.
- Grafarend, Erik – Engels, J. – Varga P. (1997): The Deformation Potential Generated by Tidal and Load Potentials. *Journal of Geodesy*. 72, 11–30.
- Somogyi József – Závoti József (1993): Robust Estimation with Inactively Reweighted Least-Squares Method. *Acta Geodaetica, Geophysica et Montanistica*, 28, 2–4, 413–420.
- Stephenson, F. Richard – Morrison, Leslie V. (1995): Long-term Fluctuations in the Earth's Rotation: 700

- BC–AD 1990. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A*. 351, 165–202.
- Varga Péter – Denis, C. – Varga T. (1997): Tidal Friction and Its Consequences in Paleogeodesy, in the Gravity Field Variations and in Tectonics. *Journal of Geodynamics*. 251, 61–84.
- Varga Péter (2002): Geophysical Geodesy Beyond 2000. In: Grafarend, Erik – Krumm, F. W. – Schwartz, V. S. (eds.): *The Challenge of Geodesy in the Third Millennium*. Springer Verlag, 463–470.

- Varga Péter (2006): Temporal Variation of Geodynamical Properties Due to Tidal Friction. *Journal of Geodynamics*. 41, 140–146.
- Varga Péter – Rybicki, K. R. – Denis, C. (2006): Comments on Fast Tidal Cycling and the Origin of the Life. *Icarus*. 180, 277–280.
- Zonenshain, Lev P. – Kuzmin, Michael I. (1997): *Paleogeodynamics. The Plate Tectonic Evolution of the Earth*. **American Geophysical Union**



MINDENNAPI TÉR-IDŐNK¹

Fejes István Nagy Sándor

a fizikai tudomány doktora
fejes@gpsnet.hu

nagys@gpsnet.hu

Földmérési és Távérzékelési Intézet Kozmikus Geodéziai Observatóriuma, Penc

1. Bevezetés

A fizikus szívesen beszél az óráról, amely mértéket rendel az időhöz. A tökéletes óra megmutatja számára a tökéletesen egyenletesen folyó időt. Száz éve már azt is tudja, hogy az óra járása megváltozni látszik, a sebesség és a környező anyagtömegek hatására. Napjainkra az idő lett a legpontosabban mérhető fizikai mennyiség. A hosszúság mértékegységét, a métert is az idő segítségével definiálják.

Cikkünkben az idő szerepével foglalkozunk a földtudományok egy eléggé sajátos területén, a kozmikus geodéziában. Megmutatjuk, hogy az időmérési eszközök tökéletesedése miként járt karöltve a helymeghatározás pontosságának növekedésével, míg napjainkra az időpont és a térbeli pozíció hétköznapi értelemben is egyaránt könnyen hozzáférhetővé váltak.

2. A csillagászati időméréstől a korszerű időrendszerekig

Az időmérés fogalma és használatos mértékegységei ősidők óta összekapcsolódtak a Föld tengely körüli forgásával és Nap körüli keringésével. A Föld forgásán, illetve a Nap és

¹ A cikk az MTA Földtudományok Osztálya *Idő a Földtudományban* c. nyilvános osztályülésén 2003. május 7-én elhangzott előadás szerkesztett változata.

a csillagok helyzetén alapuló időfogalom a „világidő”. A Föld Nap körüli keringésén nyugszik az „ephemeris idő” fogalma, valamint a naptár és az „időszámítás”. Napórákat már 3500 évvel időszámításunk előtt használtak, és csak a XVI. században jelentek meg olyan mechanikus órák, amelyek működése rugós szerkezeten alapult.

Évszázadokon keresztül egyetlen mester sem volt képes a földforgás stabilitását (10^{-8}) mechanikus szerkezettel elérni. Így azután minden pontosnak számító órát csillagászati órával hitelesítettek, végső soron a csillagok járásához igazítottak. Csak a XX. század harmadik éveinek végén sikerült olyan elektromos rezgőrendszert létrehozni, amely stabilabb volt a Föld forgásánál (*i. ábra*). A nyomás alá helyezett kvarckristály soha nem látott állandóságú frekvenciát szolgáltatott. Megerősítést nyert a korábbi évtizedek sejtése, hogy a földforgás évszakosan ingadozik, és szekulárisan lassul. Ám egészen 1956-ig a köznépnél volt az idő egysége, amelyet a csillagnapból lehetett származtatni, figyelembe véve a tényt, hogy az esztendőben eggyel több a csillagnap, mint a szoláris nap (kb. $366\frac{1}{4}$, illetve $365\frac{1}{4}$). A száz évvel ezelőtt tevékenykedő kiváló amerikai csillagász, Simon Newcomb adott képletet a Θ csillagidő és a T szoláris idő közötti átszámításra.

$$\Theta = \Theta_0 + 8\,640\,184^s,542\,T + 0^s,0929\,T^2 + 36\,525^r\,T$$

$$\Theta_0 = 2\,421\,632^d\,18^h\,38^m\,45^s,836$$

$$T = d / 36525$$

$$\text{epocha: } 1900. \text{ január } 0. \quad \text{JD}_0 = 2\,415\,020$$

$$d = \text{JD} - \text{JD}_0 \quad \text{az eltelt napok száma}$$

$$\text{JD és JD}_0 \quad \text{Julián-dátum}$$

$$h, m, s \quad (\text{a felső indexben}): \quad \text{óra, perc, másodperc}$$

$$r, d \quad (\text{a felső indexben}): \quad \text{fordulat, nap}$$

Newcomb nem tudott a Föld lassulásáról, ezért képletét egzaktnak gondolta. A szoláris időt *középidőnek* nevezte, a kezdőmeridián (Greenwich) középidéjét pedig világidőnek. Newcomb képletét – korszerűsített formában – ma is használjuk. Csillagidőből „szoláris arculatú” időskálát származtatunk, amelyet szigorúan *világidőnek* nevezünk (Aoki et al., 1982). A csillagidő pusztán a Föld szög helyzetét jelenti, pályamenti pozícióját nem. Így azután a világidő sincs kapcsolatban a valóságos Nap helyzetével. A Nap pozíciójából levezethető középidő ma már csak tudománytörténeti érdekesség.

„*Ne légy szeles. Bár munkádon más keres – dolgozni csak pontosan, szépen, ahogya csillag megy az égen, úgy érdemes.*”

A költő sorait napjainkban is idézik, mert a csillag járása ma is a pontosság szimbóluma. Ám profán módon szemlélve a verset megállapíthatjuk, hogy a földforgás egyenetlenségének felismerése megfosztott bennünket a pontosság eme ideájától. 1956-ban az ember újra definiálta a másodpercet, amely addig a közepes nap 86 400-ad része volt. Az új értelmezésben a másodperc a tropikus év töredéke, annak pontosan $1 / 31\,556\,325,9747$ -ed része. A hozzá kapcsolódó skála pedig az ún. efemeris idő (ET), amely 1984-ig szolgált az egyenletesen folyó idő megjelenítésére.

Az ötvenes évek közepén Louis Essen és munkatársai az angliai Teddingtonban elkészítették az első nagy precizitású cézium sugaras rezonátort. Noha akkoriban még sem az efemeris idő, sem pedig az atomi idő nem volt szabványosított inercia idő, sokat próbálkoztak a kétféle skála összehangolásával. Úgy tűnt, hogy a cézium atomban a (4,0) \rightarrow (3,0) átmenethez tartozó elektromágneses sugárzás frekvenciája (nulla mágneses térerősség esetén) $9\,192\,631\,770 \pm 20$ ciklus (efemeris) másodpercenként. Kezdetben még az epochát is följegyezték a ciklusok mellé, mert bizonyos elméletek 10^{-10} nagyságrendű relatív frekvenciaváltozást jósoltak.

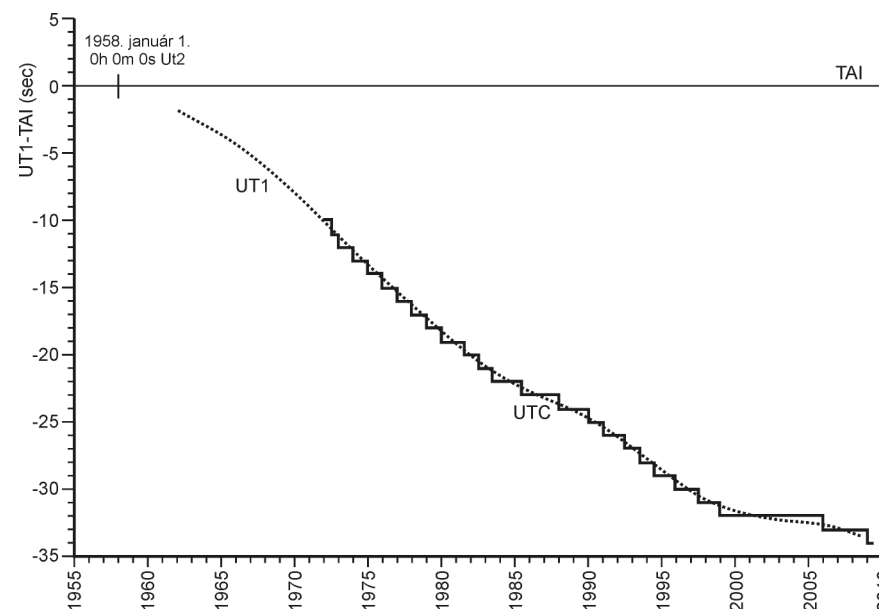
1958-ban nemzetközi program kezdődött a cézium rezonátorok összehasonlítására. A több mint egy évig tartó vizsgálat megmutatta, hogy $\pm 2 \times 10^{-10}$ relatív pontossággal a rezonátorok frekvenciáját azonos szinten lehet tartani. Közel egy évtizeddel később – 1967-ben – a Nemzetközi Súly és Mértékügyi Hivatal (BIPM) a $9\,192\,631\,770$ Hz-es frekvenciát szabványosította az *atomi másodperc* definíciójában.

Az első (kísérleti) atomi időskálát (A₁) a US Naval Observatory vezette be. Nullpontját 1958. január 1-én $0^h\,0^m\,0^s$ világidőre tették. Ekkor az A₁ skálán $0^h\,0^m\,0^s$ értéket „állítottak be”. Később más epochákat is realizáltak. A BIPM például létrehozta az A₃ jelű atom-

idő skálát, amelynek nullpontja kb. 34,4 milliszekundummal későbbi az A1-nél. Az A3-hoz igazították később a nemzetközi atomidőt (International Atomic Time: TAI).

Ma az atomidő-skálát több mint kétszáz atomóra tartja fenn a Föld különböző laboratóriumaiban. Közöttük találjuk az Országos Mérésügyi Hivatal Hewlett-Packard gyártmányú cézium „etalonját” is. A TAI képzéséhez az órákat különféle súllyal veszik számításba. A követelmények igen szigorúak. Újrarendezés esetén például az óra hónapokig csak zérus súlyt kaphat. A nemzetközi atomidő fenntartásáról, az egyes órák működéséről, az összehasonlítási műveletekről a BIPM körleveleiből, honlapjáról vagy az évkönyvből értesülhetünk.

Az atomidő nem csillagászati időskála, hiszen nincs köze sem a Föld forgásához, sem pedig a keringéséhez. Ennek ellenére a 60, 3600, illetve 86 400 atomi másodpercet szokás percnak, órának és napnak nevezni. Az atomórák megbízható működése, a jó reprodukálhatóság és a kényelmes „leolvasás” háttérbe szorította a csillagászati úton nehézkesen meghatározható efemeris időt. Amennyiben az alapvető fizikai konstansok változatlanságát elfogadjuk, az efemeris időt az atomidőhöz köthetjük: $TDT = TAI + 32,184 \text{ s}$. A Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) 1976-ban Grenoble-ban megtartott közgyűlése ajánlasként meg is fogalmazta a földi dinamikai időskálát (TDT), amely gyakorlatilag alkalmas az efemeris idő felváltására. 1984-től



2. ábra • A világidő (UT1), a koordinált világidő (UTC) és az atomidő (TAI) eltérése az utóbbi évtizedekben

a csillagászati évkönyvek független változója az ET helyett a TDT lett.

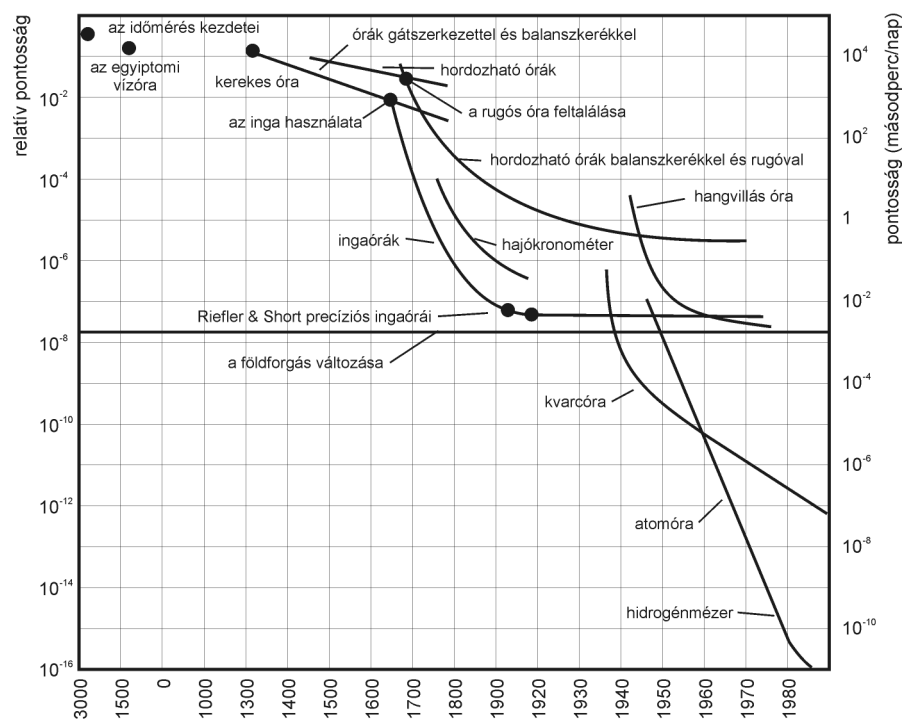
Az IAU 1991-es közgyűlése még tovább lépett, és relativisztikus szemléletű időskála-t fogadott el. Különbséget tett a sajátidő és a koordinátidő között. Figyelembe vette, hogy az atomóra által realizált sajátidő a koordinátarendszer transzformációja után más mértékszámot kaphat. Ugyanez a közgyűlés törölte a földi dinamikai idő TDT-megnevezéséből a „dinamikai” szót, és bevezette a TT-jelölést. Az *egységes földi idő* TT képzéséhez előírta, hogy a Föld felszínén működő atomórák járását a tengerszint (geoid) potenciáljára kell redukálni. A teljes földi gravitációs potenciál eltávolítása után a *geocentrikus koordinátidő* (TCG) nyerhető.

A Nap gravitációs terének és a Föld pályamenti mozgásának figyelembe vételével lehet előállítani a *baricentrikus koordinátidőt* (TCB), amely a Naprendszer egészéhez ren-

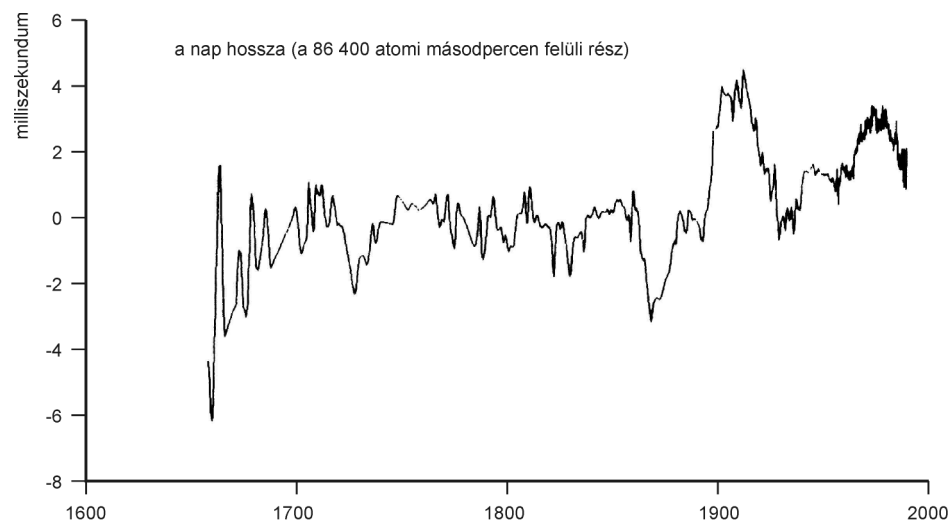
delhető legtökéletesebb inerciaidő. A relativisztikus idődilatació miatt a baricentrikus órán száz év alatt 47 másodperccel több pereg le, mint a földi órákon.

Napjainkban a *pontos idő* kifejezés két fogalmat is jelenthet: atomidőt és világidőt. A párizsi székhelyű Nemzetközi Földforgás Szolgálat (IERS) fogja össze a Föld rotációjára vonatkozó kutatásokat, és publikálja a Föld szöghelyzetét.

A pontos idő szolgáltatása elsősorban a *koordinált világidő* (UTC) közzétételét jelenti. Az UTC szerencsés hibrid időskála, amelyből könnyen származtatható mind az atomidő, mind pedig a világidő (UT1). 1972 óta az UTC definíció szerint pontosan egész számú másodpercben tér el a TAI-tól, és egy másodpercen belül közelíti a világidőt. A TAI – UTC differencia 1972 elején még 10 s volt, napjainkra azonban 33 másodpercre nőtt (2. ábra). A jelenség okára a 3. ábra ad



1. ábra • Az órák stabilitásának növekedése az ókortól napjainkig. A földforgás 10^{-8} értékű stabilitását először a kvarcórával sikerült felülmúlni 1940 körül. (Soffel, 1989)



3. ábra • A nap hosszának változása 1656-tól napjainkig (Seidelmann 1992)

magyarázatot. Az utóbbi évtizedekben a „nap hossza” (length of day = LOD) néhány milliszekundummal meghaladta a korábbi átlagértéket.

Az égitestek helyzetét számoló csillagász az atomidőhöz kötött valamely időskálával, a geodéta, a navigátor, vagy az űrkutató viszont a világidővel dolgozhat, mert ebből tudja meghatározni a Föld szöghelyzetét kifejező csillagidőt.

3. Az idő szerepe a helymeghatározásban

A földrajzi hely két polárkoordinátája közül csak az egyik, a pólustávolság határozható meg egyszerű szögméréssel. A másik leméréséhez a Föld forgása miatt már óra szükséges. Amíg nem volt az embernek pontos órája, a helyét is csak bizonytalanul ismerhette a glóbuszon.

Igen régi szögmérő műszer a hajók navigálására szolgáló sextáns. A tenger alkotta horizont ideális referenciasík, amelyhez könnyen mérhető a Nap, a Hold vagy a csillagok szögmagassága. Három jól választott csillag

alján – a klasszikus Sumner-módszer alkalmazásával – a hajó pozíciója meghatározható. A kézben tartott sextáns mérési pontossága aligha érte el a tizedfokot. Tekintve, hogy a közepes földgömbön egy szögperc egy tengeri mérföldnek felel meg, a sextáns-mérés hibája 10 km körüli érték.

A Föld forgása következtében az egyenlítő pontjai 465 métert haladnak másodpercenként. Egyetlen másodpercnyi hiba az idő mérésében közel fél kilométeres pozicionálási hibát jelent. A mi földrajzi szélességünkön 300 m/s a kerületi sebesség. A FÖMI Kozmikus Geodéziai Observatóriumának 336 méter hosszú, és közel kelet–nyugat irányú alapvonalának szélső pillérei felett egy másodperc különbséggel delelnek a csillagok. A nyugati pillér 1975 óta az ország hosszúsági fólappontja. A hagyományos mérés-technika alkalmazásával, hetekig tartó gondos munkával is csupán századmásodpercnyi pontosságot lehetett elérni. Kelet–nyugat irányban tehát három méter volt a fólappont bizonytalansága.

4. Szélső pontosságú igények a kozmikus geodéziában

Az utóbbi három évtizedben a geodézia és az asztrometria forradalmi változáson ment át, főként a mesterséges holdaknak és egy rádiócsillagászati technikának köszönhetően.

A mesterséges holdak geodéziai alkalmazásakor kiemelkedő szerep jut a pontos időmérésnek (Fejes – Mihály, 1976). Ezért érthető, hogy a penci Kozmikus Geodéziai Observatórium felállításakor, 1976-ban, az időszolgálat létrehozása az első és legfontosabb feladatok egyike volt. Elsőnek egy nagy precizitású R&S kvarcóra majd egy R&S rubídium atomóra beállítására került sor. Frekvencia etalonunk stabilitása 10^{-11} relatív értéknek adódott. Az óráink szinkronitását pedig néhány mikroszekundum pontossággal biztosítottuk.

Rádiócsillagászok a 60-as évek közepén kezdtek kísérletezni rádiófrekvenciás interferometriával több ezer kilométer hosszúságú bázison. A következő évek fejlődése elvezetett a „Very Long Baseline Interferometry” (VLBI) technika kidolgozásához. A VLBI-technika kulcsa az atomórák alkalmazása volt. Ezekkel sikerült távoli obszervatóriumokban vett rádiójelek koherenciáját biztosítani, ami az interferencia létrejöttének egyik előfeltétele. Egy másik feltétel az órák igen precíz szinkronitása. Tehát nemcsak az órajárásnak, hanem az óraállásnak is egyeznie kellett, igen szűk hibahatárok között.

Napjainkban a VLBI-módszer centiméteres pontossággal ad interkontinentális távolságot, és nanoradián pontosan szögtávolságot pontoszerű égi források között. Az asztrometriában elsődleges maradt a természetes rádióforrások VLBI-technikával történő megfigyelése, ugyanakkor a Föld orientáció-

jának vizsgálatára is a legalkalmasabb. A Föld forgásától független inerciarendszer (ICRS) megvalósítása a távoli kvazárok VLBI-megfigyelésén alapszik. Noha a megfigyelőeszközök a forgó és imbolygó Földön helyezkednek el, az ICRS-tengelyei mégis 20 mikróív másodperc pontossággal reprodukálhatók (Arias et al., 1995). A geodéziai és az asztrometriai VLBI számára a milliméter, a pikoszekundum (ps) és a nanoradián jelent megfelelő mértékegységet. Az első kettőt a fénysebesség kapcsolja össze: $299\,792\,458$ m/s. A harmadik mennyiség a Föld mérete alapján értelmezhető szög. A felszín egy centiméteres ívéhez két nanoradián, azaz 300 mikróív másodperc tartozik. A legnagyobb interferometriai bázison a Föld átmérőjével mérhetőek össze: 10 000 km hosszúak. Itt az egy centiméteres abszolút változás 10^{-9} értékű relatív változásnak felel meg. Ívmértékkel kifejezve ez éppen egy nanoradián.

A mesterséges holdak geodéziai célú megfigyelése is szélső pontosságú igényekkel lép fel az időméréssel szemben. Itt két különböző fogalomról kell beszélnünk. Az epocha az időpont fogalma valamilyen konvencionálisan elfogadott időrendszerben, ami analóg a geodéziai pozíció fogalmával. Az időintervallum – időköz, két esemény között eltelt idő – a távolság fogalmával tekinthető analógnak. A Föld körül keringő mesterséges holdak nagyságrendileg hat-nyolc kilométert tesznek meg másodpercenként, pozíciójuk néhány centiméter pontosságú meghatározásához tehát az epochát néhány mikroszekundum pontossággal kell ismernünk. Az űrgeodézia egyik igen hatékony módszerénél, a lézersugarakat reflektáló holdak távolságára végzett (lézeres) mérések esetében a lézerimpulzus terjedésének időintervallumát tíz pikoszekundum (a másodperc százmilliárdod

része) pontossággal kell mérni. A fény ennyi idő alatt 3 milliméter utat tesz meg.

Napjaink műholdakon alapuló globális helymeghatározó rendszere, a GPS, a legszélesebb körben használt űrgeodéziai technika. A pontosság titka itt is a kiváló időmérés. A GPS-holdakon atomórák működnek, a földi vevőkben pedig kvarcórák. A mesterséges holdak pillanatnyi helyzetét a rendszerfenn tartó (Department of Defense, USA) szolgáltatja a geocentrikus vonatkoztatási rendszerben. A vevőkészülékek felismerik és megkülönböztetik az egyes GPS-holdakról érkező jeleket. Az időbeli késés távossággá konvertálható, s az álláspont a műholdak köré vont gömbök metszéséből meghatározható.

Összefoglalásul megállapítható, hogy az űrgeodéziai technikák nem léteznének igen precíz és stabil órák nélkül, földrajzi koordinátáink nem határozhatóak meg a megfelelő precizitású időadatok nélkül.

5. Miből profitálnak a földtudományok?

A „föld óra” pontatlanságainak precíz követeéséből, a „nap hossza” (LOD) mérésekből földi, geofizikai folyamatok sokaságára vonatkozóan lehet következtetéseket levonni. A LOD és a Föld forgástengelyének változásából bemenő adatok állnak a Föld belső szerkezetét modellező geofizikusok rendelkezésére. Ennek a felismerésnek hatására a Nemzetközi Földforgás Szolgálat keretében 1998-ban megalakították a Globális Geofizikai Áramlás Központot, melynek speciális irodáiban tanulmányozzák az atmoszférikus és az óceán-cirkuláció, az árapály, a köpeny, a mag és a gravitációs hatások szerepét a földforgás változásaiban. Néhány éve a Nemzetközi Földforgás Szolgálat a geocentrum mozgásának tanulmányozására mérési kampányt szervezett. Figyelemre méltó, hogy a

mérési zajból a centiméteres szintű elmozdulás már éppen kiemelkedik. A felszíni észlelőállomások által kifeszített keretben észlelhetővé vált a tömegközéppont mozgása, noha maguk a keretpontok is mozognak a kontinentális táblákkal együtt *centiméter/év* nagyságrendű sebességgel (Ray, 1999).

A VLBI mérési módszer finomítása várhatóan mindaddig folytatódik, amíg csak leküzdhetetlen akadályok nem lépnek föl. Ez valószínűleg a milliméteres tartományban jelentkezik (Sovers et al., 1998). Itt már a lehető leggondosabban kell figyelembe venni a légköri hatásokat, az ionoszférikus és troposzférikus késést, de nem tekinthetünk el a relativisztikus korrekcióktól sem.

Az IAU XXIV. közgyűlése 2000-ben definitív konstansként fogadta el a geoid potenciálját: $U_G = 62\,636\,856 \text{ m}^2/\text{s}^2$. Ez az érték határozza meg a felszíni és a geocentrikus órák járásának arányát, valamint a felszíni és a geocentrikus elhelyezésű méterrudak különbségét. Az IERS 29. kötete számszerűen is megmondja, hogy a két hosszúság-skála 7×10^{-10} mértékben (pontosan: $L_G = 6,969290134 \times 10^{-10}$) tér el egymástól: $X_{\text{TCG}} = X_{\text{ITRF2000}} \times (1 + L_G)$. A Föld átmérőjét helyettesítve a jobb oldalra, a hosszúságkülönbség 9 mm. Ez az érték összecseng az említett pontossági mérőszámokkal. Szemléletesen szólva nem mindegy, hogy a Föld átmérőjét a geoidon konstruált méterrúddal mérem meg, vagy egy másikkal, amelyet távol a Földtől (vagy éppen a geocentrumban) potenciálmentes helyen készítettek.

6. Paradigmaváltás

Az elmúlt évtizedekben két paradigmaváltásnak lehettünk tanúi. Az egyik a klasszikus fizikához kapcsolódik, a másik a relativisztikushoz. A klasszikus fizika első idő-etalonja

a forgó Föld volt, s noha már fél évszázada nem az, a változás következményei még mindig nem mentek át a köztudatba.

A másik alapvető szemléletbeli változás a relativitáselmélettel kapcsolatos. Az elmélet már közel száz éves, de csak az utóbbi évtizedben érvényesült a kozmikus geodéziában. Ez természetesen azzal függ össze, hogy a relativisztikus hatások kimutatására, méréseire ez idő tájt váltak szélesebb körben hozzáférhetővé a megfelelő eszközök. Az IAU közgyűlése a naprendszerbeli események elkülönülésének meghatározására 1991-ben fogadta el a négydimenziós képletet.

Ebben az ívelem négyzete:

$$ds^2 = \left(1 + \frac{2U}{c^2}\right) (dx^2 + dy^2 + dz^2) - \left(1 - \frac{2U}{c^2}\right) c^2 dt^2$$

A képlet első tagja a térbeli elkülönülést (a távolságot), a második az időbeli differenciát fejezi ki (U a gravitációs potenciál, c a fénysebesség.), s nemcsak a naprendszerbeli órák járását írja le, de számot ad a Föld köré telepített GPS-holdak működéséről is.

A Föld felszínéről – mint potenciálgödröből – kiemelt óra látszólag sietni kezd, ugyanakkor a mozgó óra járása látszólag lassul. A GPS-holdak esetében mindkét hatás fellép, de távolról sem egyforma mértékben. A felbocsátás előtt a GPS-műhold oszcillátorát nem szabad a névleges frekvenciára hangolni, hanem $4,5 \times 10^{-10}$ arányú késést kell beállítani. Így azután a pályára kerülő műhold atomórája látszólag pontosan jár. Az időmérésre visszavezetett geodéziai mérések is pontossá válnak. Globális méreteken elérhető ma már a centiméteres pontosság.

Az utóbbi fél évszázad során az ember kétszer is újradefiniálta a másodpercet: 1956-ban, amikor otthagya a forgó Földet, és 1967-ben, amikor szakított a keringő Földdel mint az idő etalonjával. Az atomórák akkori 10^{-13} értékű stabilitása a kilencvenes évekre két nagyságrendet javult. 1994-re a passzív hidrogénmérrel 10^{-15} , az aktív H-mérrel 10^{-16} stabilitású frekvenciát sikerült előállítani, rövidnek számító, egynapos időtartamra.

7. Mindennapi tér-időnk

Mindennapi életünk számára talán érdektelennek látszik a pontosság és stabilitás ilyen mértékű hajszolása az időmérésben. Ne feledjük el azonban, hogy mindez szükséges feltétele volt a globális navigációs műholdrendszerek létrejöttének és működésének. Azáltal, hogy a pontos helymeghatározást olyan, mindenki számára elérhető eszközzel végezhetünk, mint egy mobiltelefon vagy egy karóra, hihetetlen módon kiterjeszti az alkalmazások körét. A helymeghatározás rövidesen ugyanolyan nélkülözhetetlen lesz mindennapi életünkben, mint a pontos idő ismerete. Most ezt a korszakváltást éljük. A GPS földrajzi pozíciókat képes meghatározni akár cm-es pontossággal. De nemcsak azt. Időt is szolgáltat, mert működése közben maga is szélső pontosságú időadatokat használ. A navigációs műholdrendszerek korában a pontos térbeli pozíció és a pontos idő egyenrangúan és együtt áll rendelkezésünkre.

Kulcsszavak: *időfogalom, időskálák, helymeghatározás, kozmikus geodézia, GPS*

IRODALOM

Aoki, Shinko – Guinot, B. – Kaplan, G. H. – Kinoshita, H. – McCarthy, D. D. – Seidelmann, P. K. (1982): The New Definition of Universal Time. *Astronomy & Astrophysics*. **105**, 359–361.

Arias, Elisa Felicitas – Charlot, P. – Feissel, M. – Lestrade, J-F. (1995): The Extragalactic Reference System of the International Earth Rotation Service, ICRS. *Astronomy & Astrophysics*. **303**, 604–608.

Fejes I. – Mihály Sz. (1976): Időmérés és geodézia. *Geodézia és Kartográfia*. **28**, 347–354.

National Physical Laboratory honlapja: <http://www.npl.co.uk>

Ray, Jim (ed.) (1999): *IERS Analysis Campaign to Investigate Motion of the Geocenter*. IERS Technical Note. **25**, Observatoire de Paris

Seidelmann, P. Kenneth (1992): *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*. University Science Books, Mill Valley, California

Soffel, H. Michael (1989): *Relativity in Astrometry, Celestial Mechanics and Geodesy*. Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg–New York–London–Paris–Tokyo

Sovers, Ojars J. – Fanselow, J. L. – Jacobs, C. S. (1998): Astrometry and Geodesy with Radio Interferometry: Experiments, Models, Results. *Reviews of Modern Physics*. **70**, 1393–1454.

http://arxiv.org/PS_cache/astro-ph/pdf/9712/9712238v1.pdf



Tanulmány

EGY ADATSOR,
AMELY MEGVÁLTOZTATTA A VILÁGOT

Haszpra László

az MTA doktora,
Országos Meteorológiai Szolgálat
haszpra.l@met.hu

Ötven éve, 1958 márciusában kezdődtek azok a folyamatos, nagy pontosságú légköri széndioxid-koncentráció mérések, amelyek bebizonyították, hogy a fosszilis tüzelőanyagok elégetése és az erdőirtások során keletkező szén-dioxid a légkörben felhalmozódik, és az erősödő üvegházhatás miatt globális éghajlatváltozással fenyeget. Az adatsor által tükrözött folyamat megkerülhetetlen kérdéseket vetett fel a természettudományok széles spektruma mellett a gazdaság- és társadalomtudományok számára is. A potenciális következmények döntéskényszerbe hozták a politikusokat, a gazdasági élet szereplőit. A tengersizint-emelkedést, árvizeket, gyilkos hóhullámokat és egyéb szélsőséges időjárási eseményeket elszenvedő, a gleccserek és a sarki jégmezők zsugorodásával, az éghajlatváltozás keltette népvándorlás veszélyével szembeálló emberiség egésze ráébredni kényszerül, hogy eddigi életmódja fenntarthatatlan.

A 18. században a síküveg egyre elterjedtebb használata ahhoz a tapasztalathoz vezetett,

hogy az üveglakokon keresztül benapozott, egyébként fűtetlen helyiségben, hintóban magasabb lehet a hőmérséklet, mint a szabadban. A meteorológiával kapcsolatos tevékenységéről is ismert Horace-Bénédict de Saussure svájci fizikus, geológus 1767-ben kezdett kísérletei során egymásba zárt üvegtetejű dobozokat tett ki a napsütésre, és így a legbelső dobozban a víz forráspontját meghaladó hőmérsékletet is el tudott érni (Cleveland – Lawrence, 2006). Saussure kísérletére is hivatkozott Jean Baptiste Fourier francia matematikus, fizikus, amikor 1824-ben a Föld hőmérsékletével foglalkozva feltételezte, hogy a légkör „lassítja” a hő távozását a felszínről, így melegebben tartja a bolygót annál, mint amilyen légkör nélkül lenne (Fourier, 1827). A légkör mint az üvegtető Saussure doboza in... Ebből a felismerésből született utóbb a ma használt *légköri üvegházhatás* kifejezés.

Fourier hipotézisét 1860-ban John Tyndall angol fizikus támasztotta alá mérésekkel, aki megállapította, hogy a légkörben lévő vízgőz és szén-dioxid (CO₂) elnyeli a felszín infravö-

rös tartományba eső kisugárzását. A légkör által elnyelt és részben visszazugárzott energia pedig melegebben tartja a Föld felszínét, mint az a közvetlenül elnyelt napsugárzásból következne. Napjainkban mintegy 33 fokos felszíni hőmérsékleti többletet köszönhetünk a légköri üvegházhatásnak. A vízgőz és a széndioxid légköri mennyisége tehát alapvetően befolyásolja a Föld éghajlatát.

John Tyndall, Claude Servais Mathias Pouillet és Samuel Pierpont Langley méréseire alapozva Svante Arrhenius svéd kémikus a jégkorszakok okát kutatva 1896-ban megjelent munkájában (Arrhenius, 1896) egyszerű számításokkal igazolta, hogy a légköri szén-dioxid-tartalom esetleges csökkenése eljegesedést, növekedése pedig felmelegedést válthat ki. Bár Arvid Högbom számításaiból Arrhenius tudta, hogy a széntüzelés révén nagymennyiségű szén-dioxid jut a légkörbe, az esetleges globális felmelegedést a távoli jövő problémájának tartotta, és így részletesebben nem foglalkozott vele. Osztotta azt a véleményét, hogy a geokémiai folyamatok révén történő szén-dioxid-kivonás (kémiai mállás, beoldódás az óceánokba) nagyrészt ellensúlyozza az emberi eredetű kibocsátást.

Mivel az óceánok közel két nagyságrenddel több szén-dioxidot tartalmaznak, mint a légkör, és oldatként egyensúlyt tartanak a légköri szén-dioxid-tartalommal, évtizedeken keresztül senki nem kételkedett komolyan abban, hogy az óceánok képesek megkötni az ember által kibocsátott, relatív értelemben csekély szén-dioxid-mennyiség döntő részét. Egy fontos tényezőről a 20. század első felének kutatói azonban rendre megfeledkeztek: az időről. A légkörbe kerülő szén-dioxid óceánokba való elnyelődéséhez idő kell. Ha a kibocsátás üteme számottevően gyorsabb, mint az elnyelődésé, akkor az egyensúlyinál lényegesen

magasabb légköri koncentráció alakulhat ki, gyors ütemben erősítve a légköri üvegházhatást. A bekövetkező irreverzibilis változások miatt az egyensúly későbbi esetleges kialakulásakor nem ugyanazokkal az állapotokkal fogunk találkozni, mint ha ugyanaz a szén-dioxid-mennyiség folyamatos légkör-óceán (kvázi)egyensúlyi feltételek mellett került volna a légkörbe.

A légköri szén-dioxid az óceánok felszíni rétegébe oldódhat be, és a szén-dioxid-felvétel ütemét a kémiai folyamatok sebességén túlmenően alapvetően az határozza meg, hogy ez a légkörrel folyamatosan egyensúlyban lévő vékony felszíni réteg milyen ütemben cserélődik ki a mélyiségi víztömeggel. Más szavakkal: milyen ütemben cserélődik ki a felszíni, szén-dioxiddal gyorsan telítődő víztömeg a mélyiségi, még telítetlen víztömegekkel. Az óceáni szén-dioxid-felvételben a tisztán kémiai folyamatok mellett az élő szervezetek szén-dioxid-felvétele is szerepet játszik.

Az 1940-es években vált technikailag lehetségessé a szén 14-es tömegszámú, radioaktív izotópjának (^{14}C) mérése. Természetes körülmények között a ^{14}C a légkörben keletkezik a levegő nitrogénjéből a kozmikus sugárzás hatására. Felezési ideje kb. 5730 év. Állandónak tekinthető keletkezési sebessége és szintén állandó bomlási sebessége miatt légköri mennyisége elvben ugyancsak állandó. Az állandó és jól lokalizált keletkezés, valamint az állandó bomlási sebesség alkalmassá teszi kormeghatározásra. Az élő szervezetek – közvetve vagy közvetlenül – folyamatosan kapcsolatban állnak a légkörrel, szerves anyaguk szénizotóp-összetétele összefüggésben van a légköri összetétellel. Elhalásuk után ez a kapcsolat megszakad, szerves anyaguk ^{14}C -tartalma a radioaktív bomlás következtében fokozatosan csökken, így ^{14}C -koncentráció-

jukból elhalásuk ideje meghatározható. Az évmilliókat a föld mélyében töltő, ott széné, kőolajj, földgázzá alakuló szerves anyag a viszonylag rövid felezési idő miatt gyakorlatilag ^{14}C -mentes. Az 1950-es évek elején Hans Suess fák évgyűrűinek szénizotóp-összetételét vizsgálva azt tapasztalta, hogy az állandó légköri ^{14}C -mennyiség ellenére a szerves anyag viszonylagosan egyre szegényebb radioaktív szénben, azaz a légkörben növekszik a fosszilis tüzelőanyagokból származó, ^{14}C -mentes szén-dioxid mennyisége (Suess, 1955).

Ugyanebben az időben Harmon Craig az óceánok átkeveredését tanulmányozta. A légkörrel érintkező felszíni vízréteg szénizotóp összetétele azonos a légkörével. A felszíntől elszakadva azonban a radioaktív bomlás miatt a ^{14}C -tartalom az idő függvényében csökken. A mélyiségi vizek ^{14}C -koncentrációja alapján meghatározható, mikor érintkezett az adott víztömeg utoljára a felszínnel. Mérései alapján az óceánok átkeveredési idejét évszázadokra becsülte, míg korábban mások ennél lényegesen rövidebb időt tételtek fel (Craig, 1957).

Az emberiség által kibocsátott szén-dioxid sorsa a neves svéd-amerikai meteorológust, Carl-Gustaf Rosabyt is izgatta, és kezdeményezte, hogy – mintegy két évtizeddel az utolsó ismert légköri mérések után – indítsanak programot a légköri szén-dioxid-koncentráció meghatározására. A program során 1954-től Skandinávia tizenöt pontján vettek tíznaponként levegőmintát bárium-hidroxid elnyelő oldatban (Fonselius et al., 1955). Az adatok meglehetősen széles tartományban szórtak. Mint utóbb kiderült, ez a módszer nem volt elegendően reprezentatív és pontos (Keeling, 1978).

1953-ban egy fiatal vegyész, a posztdoktori ösztöndíjjal a Kaliforniai Műszaki Egye-

temre (California Institute of Technology, Pasadena, California, USA.) került Charles David Keeling a felszíni vizek karbonattartalmának és a légköri szén-dioxid-koncentráció kapcsolatának tanulmányozását kapta feladatul. A felszíni vizeket érintő mérések ugyan nem indultak meg, de Keeling számos légköri mérést végzett nagy pontosságú manometrikus módszerrel az Egyesült Államok különböző részein. Tapasztalta, hogy a növényzet fotoszintézise/respirációja napi hullámot generál a légkör szén-dioxid koncentrációjában, de ami ennél érdekesebb volt: a kora délutáni koncentráció értékek mindenhol 315 ppm (milliomod térfogatrész) körül alakultak. Úgy vélte, létezik tehát egy nagytérű háttér koncentráció, azaz a szén-dioxid légköri tartózkodási ideje viszonylag hosszú lehet (Scripps CO₂ Program, 2008).

Roger Revelle, a Scripps Oceanográfiai Intézet (Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California, USA.) igazgatója, aki szakmai pályafutásának nagy részét az óceánokban zajló kémiai folyamatoknak, köztük a szén-dioxid beoldódásának szentelte, ráért arra, hogy Suess és Craig eredményeit jelezhetik, hogy a légkörbe bocsátott szén-dioxid talán mégsem tűnik el maradéktalanul az óceánokban. Revelle ismerte Guy Stewart Callendar munkáit (Callendar, 1938; 1949), aki talán az egyetlen olyan kutató volt a 20. század első felében, aki a rendelkezésére álló, bizonytalan megbízhatóságú légköri szén-dioxid-koncentráció adatok alapján azt állította, hogy az emberi kibocsátás nyomán a szén-dioxid a légkörben igenis felhalmozódik, sőt a hőmérséklet emelkedése is kimutatható. Az amerikai haditengerésztől kapott anyagi támogatás (például: nukleáris kísérletek termékeinek eloszlása, nukleáris hulladék esetleges eltemetése az óceánokban stb.) lehetővé

tette Revelle számára, hogy meghívja a Scrippsbe Suesst és Craiget is, hogy közösen tanulmányozzák az óceánok átkeveredését, az óceánok szén-dioxid felvételét. Revelle arra a következtetésre jutott, hogy a fosszilis tüzelőanyagokból származó szén-dioxid nagy részének a légkörben kell maradnia, ami már az évszázad végére problémákat okozhat. 1957-ben megjelent munkájukban (Revelle – Suess, 1957) azt írják: „Az emberiség soha nem látott globális geofizikai kísérletet végez. Néhány évszázadon belül visszajuttatjuk a légkörbe és az óceánokba azt a szerves szenet, amely százmillió évek óta rejtőzik az üledékes kőzetekben.”

Revelle ugyanakkor tisztában volt azzal, hogy a rendelkezésére álló adatok elégtelenek ahhoz, hogy pontosan megbecsülje az óceánok és a bioszféra szerepét a globális szén-dioxid-körforgalomban, és ezeken keresztül világos választ kapjon arra, milyen ütemben halmozódik fel a szén-dioxid, ez a fontos üvegházhatású gáz az emberi tevékenység következtében a légkörben. Ehhez részletes légköri mérések kellettek, és ezek elvégzésére Keeling tűnt a legalkalmasabbnak. Alkalmanként pedig az 1957–1958-as Nemzetközi Geofizikai Év kínálkozott.

Revelle eredeti elképzelése az volt, hogy Keelingsel felmérési feltételezése szerint térben és időben erősen változó légköri szén-dioxid-koncentráció globális eloszlását. Úgy vélte, hogy ezt a felmérést tíz-húszévente megismételve kideríthető, hogy változik-e, és ha igen, mennyivel, a légkör szén-dioxid-tartalma. A koncentráció jelentős változékonyságát jelezték az időközben megindult svéd mérések is. Keeling azonban a korábbi mérések során szerzett tapasztalatai alapján úgy gondolta, hogy létezik egy globális, mindenhol közel azonos „háttér-koncentráció”, amit

az eseti mérések nem feltétlenül „találnak el”. Nem érdemes tehát sok helyen mérni, elég csak néhányon, de ott pontosan, folyamatosan, hosszú távon. A folyamatos, nagy pontosságú mérésekhez Keeling az Applied Physics Corp. segítségével a szén-dioxid infravörös sugárzást elnyelő tulajdonságát kihasználó műszert épített, ami lényegében egy célszerűen átalakított infravörös spektrofotométer volt. A műszer, amellyel, hogy folyamatos mérésekre volt képes, még jóval pontosabb is volt, mint a légköri szén-dioxid-tartalom meghatározására használt más mérési módszerek. Ugyanakkor lényegesen drágább is volt. A légköri CO₂-koncentráció korábbi mérések által jelzett nagy ingadozása miatt sokan fölöslegesnek tartották a komoly költségek árán elérhető nagyobb pontosságot. A Nemzetközi Geofizikai Év kapcsán elnyert támogatások azonban lehetővé tették négy berendezés létrehozását. Keeling olyan helyeket keresett műszerei számára, amelyek mentesek voltak a közvetlen antropogén szennyezéstől és a bioszféra ciklikus viselkedéséből fakadó koncentráció-ingadozásoktól. Egyik helyszíneként a déli-sarki amerikai kutatóbázis kínálkozott. Mivel az amerikai Meteorológiai Hivatal (U. S. Weather Bureau) új, hawaii Mauna Loa Observatóriumában maga is meg akarta indítani a szén-dioxid-méréseket (kapcsolódva Rossby kezdeményezéséhez), és ebben az ügyben tárgyalt is Keelingsel, az időközben a Kaliforniai Műszaki Egyetemről a Scripps Oceanográfiai Intézethez szerződött fiatal kutató másik mérési helyszíneként a Mauna Loa oldalában 3397 m magasságban, a helyi/regionális hatásoktól mentes szabad troposzférában elhelyezkedő observatóriumot választotta. Megindította a méréseket a Scripps székhelyén, La Jollában, az intézet Csendes-óceánba nyúló mólóján is (Keeling,

1978). A negyedik berendezés a laboratórium-ban maradt, egyebek között repülőgépen vett levegőminták elemzésére (Keeling, 1960).

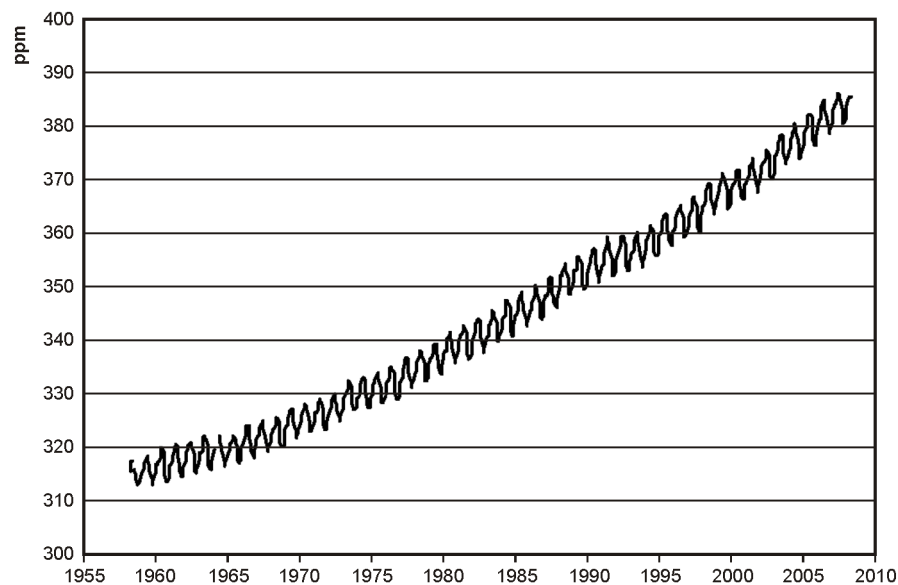
A Déli-sarkon 1957 szeptemberében megindított folyamatos mérés számos műszaki problémával küzdött, és anyagi támogatás hiányában a Nemzetközi Geofizikai Év végével megszűnt. (A mintavételen alapuló mérések fennmaradtak.) Az 1958 márciusában indult Mauna Loa-i mérések azonban folytatódhattak, így ma már fél évszázados közvetlen légköri mérési adatsor bizonyítja az emberiség globális környezeti hatását, és nyújt segítséget ahhoz, hogy megértsük a minket is magában foglaló természet működését.

Az első mérési napon a Mauna Loa Observatóriumba telepített műszer csaknem pontosan ugyanazt a koncentráció-értéket adta, mint amit Keeling nem sokkal korábban a kontinensen kapott. Ezt követően azonban a koncentráció érthetetlen módon monoton nőtt. A kora nyári időszakból novemberig csökkent, majd ismét emelkedni kezdett. Egyetlen év folyamatos mérés elegendő volt ahhoz, hogy világos legyen a bioszféra oszcilláló hatása a légkör szén-dioxid-koncentrációjára. Ezt a korábbi eseti, nem kellően pontos és reprezentatív mérések nem tudták kimutatni. A következő évben a ciklus megismétlődött, de valamivel magasabb évi átlag mellett. A mérési program indulásakor senki sem gondolta, hogy a légköri szén-dioxid-szint hosszú távú változása, ha van egyáltalán, rövid időn belül kimutatható lesz. A Mauna Loa-i és az antarktisi folyamatos mérésekre alapozva azonban Keeling már két év után becslést adott a szén-dioxid légköri felhalmozódására (Keeling, 1960), jelezve, hogy az óceánok nem veszik fel az ember által kibocsátott szén-dioxid-mennyiség egészét. A mérési sor bővülésével egyre pontos-

sabban meghatározhatóvá vált az óceánok szerepe és a légköri felhalmozódás mértéke.

Keeling mérései szerteágazó és messze ható folyamatokat indítottak el. Keeling 2005 nyarán bekövetkezett halála kapcsán Charles F. Kennel, a Scripps Oceanográfiai Intézet akkori igazgatója azt mondta, hogy három olyan mérést ismer, amely alapvetően megváltoztatta a világot: Tycho Brahe bolygómegfigyeléseit, amelyek Isaac Newton gravitációs elméletéhez vezettek, Albert Michelson fénysebesség méréseit, amelyek Albert Einstein relativitáselméletét alapozták meg, és David Keeling légköri szén-dioxid-koncentráció méréseit, amelyek az emberiség létét alapvetően befolyásoló éghajlat kutatását indították el. Keeling közel ötvenéves, nagy pontosságú adatsora a 20. század legfontosabb mérési adatsora (Scripps News, 2005).

A szakemberek gyorsan felismerték: Keeling mérései azt jelzik, hogy az éghajlat emberi eredetű megváltozása reális veszély. Megszülettek az üvegházhatásra, a várható éghajlatváltozásra vonatkozó első komoly tudományos háttérrel felvonultató számítások. Az 1970-es évek elején az éghajlatváltozás potenciális veszélye miatt a Meteorológiai Világszervezet a kiépülőben lévő globális háttérvegőszennyezettség-mérő hálózat alapállomásainak kötelező feladatává tette a légköri szén-dioxid-koncentráció nyomon követését (WMO, 1974). 1979 februárjában megrendezték az Első Éghajlati Világkonferenciát, amely az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) 1988-as megalakulásához vezetett. Az ember okozta globális éghajlatváltozás egyre egyértelműbb bizonyítékai nyomán jött létre a *Kiotói Jegyzőkönyv* (1997), amely először tett kísérletet arra, hogy a beláthatatlan következményekkel fenyegető globális éghajlatváltozás



1. ábra • A légköri szén-dioxid-koncentráció (térfogati keverési arány) alakulása a Scripps Oceanográfiai Intézet által a Mauna Loa Observatóriumban végzett mérések alapján milliómod térfogatrésben (ppm) kifejezve (Forrás: <http://scrippsco2.ucsd.edu/data/data.html>)

elkerülése érdekében az üvegházhatásért felelős nyomgázok kibocsátását korlátozza.

Ma aligha akad olyan, a világ dolgai iránt érdeklődő ember, aki ne hallott volna az üvegházhatás erősödéséről, a globális éghajlatváltozás veszélyéről. Kormányok és cégek veszik figyelembe politikájuk, gazdasági stratégiájuk kidolgozásakor azt, amire Keeling mérései felhívták a figyelmet. Az árakban, adókban is tükröződő hatások befolyásolják építkezési, közlekedési, vásárlási szokásainkat. A környezeti változások jelzik korábbi életmódunk fenntarthatatlanságát.

1958 márciusában a szén-dioxid légköri átlagkoncentrációja a Mauna Loa Observatórium mérései szerint 315,7 ppm volt. Ötven évvel később, 2008 márciusában 385,7 ppm. A mérések első öt évében a növekedési ütem 0,62 ppm volt évente. A legutóbbi öt évben 2,01 ppm/év, szoros kapcsolatban a legpeszsimistább forgatókönyveket is felülmúlóan növekvő antropogén szén-dioxid-kibocsátással (Raupach et al., 2007).

Kulcsszavak: *szén-dioxid, üvegházhatás, éghajlatváltozás, tudománytörténet*

IRODALOM

(A hivatkozott publikációk elérésének megkönnyítésére igyekeztünk a források internetes hozzáférhetőségét is megadni)

Arrhenius, Svante (1896): On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science*

Series. 5, 41, 237–276. www.globalwarmingart.com/images/1/18/Arrhenius.pdf

Callendar, Guy S. (1938): The Artificial Production of Carbon Dioxide and Its Influence on Temperature. *The Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 64, 223–240. www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/116316069/PDFSTART

Callendar, Guy S. (1949): Can Carbon Dioxide Influence Climate? *Weather*. 4, 310–318.

Cleveland, Cutler – Lawrence, Tom (2006): De Saussure, Horace Bénédict. In: Cleveland, J. Cutler (ed.): *Encyclopedia of Earth*. Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment, Washington, D. C. [Published on-line in the *Encyclopedia of Earth* December 21, 2006; Retrieved April 29, 2008]. http://www.eoearth.org/article/De_Saussure,_Horace_Bénédict

Craig, Harmon (1957): The Natural Distribution of Radiocarbon and the Exchange Times of CO₂ between Atmosphere and Sea. *Tellus*. 9, 1–17.

Fonselius, Stig – Koroleff, F. – Buch, K. (1955): Microdetermination of CO₂ in the Air, with Current Data for Scandinavia. *Tellus*. 7, 258–265.

Fourier, Jean Baptiste Joseph (1827): *Mémoires sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires*. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France VII*, 570–604. <http://visualiseur.bnf.fr/ConsulterElementNum?O=NUMM-3370&Deb=102&Fin=130&E=PDF>

Keeling, Charles D. (1960): The Concentration and Isotopic Abundances of Carbon Dioxide in the Atmosphere. *Tellus*. 12, 200–203. http://scrippsco2.ucsd.edu/publications/keelling_tellus_1960.pdf

Keeling, Charles D. (1978): The Influence of Mauna Loa Observatory on the Development of Atmospheric CO₂ Research. In: Miller, John (ed.): *Mauna Loa Observatory. A 20th Anniversary Report*.

National Oceanic and Atmospheric Administration Special Report, September 1978. 36–54.

<http://www.mlo.noaa.gov/mlo/webmuseum/publications.html>, vagy

<http://www.mlo.noaa.gov/documents/pdf/maunaloa20thanniversary/maunaloa20th150zip7.olater.pdf> (240 MB)

Raupach, Michael R. – Marland, G. – Ciais, P. – Le Quére, C. – Canadell, J. G. – Klepper, G. – Field, Christopher B. (2007): Global and Regional Drivers of Accelerating CO₂ Emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 104, 10288–10293. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0700609104

Revelle, Roger – Suess, Hans E. (1957): Carbon Dioxide Exchange Between Atmosphere and Ocean and the Question of an Increase of Atmospheric CO₂ During the Past Decades. *Tellus*. 9, 18–27.

Scripps CO₂ Program (2008): *Charles David Keeling Biography*. http://scrippsco2.ucsd.edu/sub_program_history/charles_david_keeling_biography.html

Scripps News (2005): *Obituary Notice. Climate Science Pioneer: Charles David Keeling*. <http://scrippsnews.ucsd.edu/Releases/?releaseID=687>

Suess, Hans E. (1955): Radiocarbon Concentration in Modern Wood. *Science*. 122, 415–417. www.sciencemag.org/cgi/reprint/122/3166/415-a.pdf

WMO (1974): *WMO Operational Manual for Sampling and Analysis Techniques for Chemical Constituents in Air and Precipitation*. WMO No. 299



SZELLEM A PALACKBÓL, TUDOMÁNYMETRIAI ÉRTÉKELÉSEK

Braun Tibor

a kémiai tudományok doktora, c. egyetemi tanár, MTA alelnöki tanácsadó,
ELTE Kémiai Intézet
braun@mail.iif.hu

Valószínűnek tűnik, hogy jelen sorok szerzőjéről kevesen hinnék el széles e hazában, hogy elítélően szól a tudománymetria tudományáról. Ezért az alábbiak a címben szereplő szellem palackból való kiszabadulására, kizárólag az értékelő tudománymetria hozzá nem értő, hanyag, szakszerűtlen, sőt téves igénybe vételére vonatkoznak. Ez utóbbi jelenségre jól illik Max Debrück fizikus, a molekuláris biológia megalapítójának a jelenkori tudománymetriára is érvényes mondanása e terület kezdeti állapotáról, miszerint az az „organized sloppiness” (szervezett pongyolaság) állapotában van (volt).

A tudománymetria tudománya jelenleg az információtudomány önálló, kutatási területe. Aki veszi a fáradságot, hogy e terület nemzetközi irodalmába betekintszen, annak a fenti mondat nyilvánvaló (Garfield, 1981; Garfield – Welljams-Dorof, 1992; van Raan, 1988; Moed et al., 2004; Moed, 2005; Braun, 2006; Braun, 2007; Braun, 2008; Lautrup, 2006; Glänzel, 2008). E dolgozatnak nem célja a tudománymetriai tudomány fejlődési útjának és fontosságának vizsgálása. A címben említett szellemszabadulás bizonyítására szerény eszközként két nemrég megjelent közleményt szeretne bemutatni a függelék-

ben, melyek a pongyolaságok meglétét meggyőzően bizonyítják.

Az egyik dolgozat szerzője Philip Campbell, a *Nature* című nagytekintélyű folyóirat főszerkesztője, a másik az EASE (European Association of Science Editors) társaság tájékoztatójában (*Newsletter*) publikált kiáltvány. A fentiekkel kapcsolatban hangsúlyozandó, hogy e dolgozatok nem magát a tudománymetriát, illetve annak egyes mutatószámait (például „impaktfaktor”)¹ marasztalják el, hanem azok helytelen és téves alkalmazását. A szellem visszatuszkolására a palackba világszerte erőfeszítések folynak. Ezen igyekezetek egyik legjelentősebb forrása a Magyarországon 1978-ban létesített és jelenleg is ott szerkesztett *Scientometrics* című havonta megjelenő nemzetközi folyóirat.²

Túlzottan optimistának kellene lennünk ahhoz, hogy az előbbi alapgondolatok egyből termékeny talajra hulljanak, és ennek eredményeként az egyéni értékelések helyesebbé

¹ Az *impaktfaktor* elnevezés magyarul *hatástényező*. Azonban az angolos *impaktfaktor* Magyarországon közismertté vált, a továbbiakban ezt használjuk.

² *Scientometrics, An International Journal for All quantitative aspects of the Science of Science, Communication in Science and Science Policy*. Springer Dordrecht – Akadémiai Kiadó, Budapest

váljanak. De abban talán reménykedhetünk, hogy a jövőben kutatóktól, egyetemi tanerőktől egyre ritkábban kérdezik, hogy „Mennyi az impaktfaktorod?” vagy hogy meg tudod-e mondani a „citációs index”-edet? Mint az itt leírtakból ugyanis kitűnik, egyéneknek nincs és nem is lehet impaktfaktoruk, az csak folyóiratoknak van. És egyéni kutatóknak csak idézettségük van, de „citációs index”-ük nincs. Idézettségi indexei csak a *Reuters-Thomson*-nak (előző neve: Institute for Scientific Information, Philadelphia, USA) vannak, ugyanis ez az a vállalkozás, amelyik összeállítja és publikálja (nyomtatott és elektronikus formában) a *Science Citation Index* (SCI), *Social Science Citation* (SSCI) és *Arts and Humanities Citation Index* (AHCI) idézettségi adatbázi-

sokat. Az SCI-ből épített *Web of Science* (WOS) a kiindulópontja csaknem minden olyan idézettségi mérésnek, amelyből tudománymetriai mutatók számolhatók (Braun, 2006, 2007).

Amennyiben bárki ragaszkodna az index-típusú idézettségi mutatószámhoz, annak rendelkezésre áll a 2005-ben felfedezett Hirsch-index (Braun, 2008). Bár ez esetben nem lenne hiba bármelyik kutatótól rákérdezni a Hirsch-indexére, ennek a tudománymetriai mutatószámának a kizárólagos használata sem ajánlható. Minden egyéni kutatóra vonatkozó értékelés szabatosan csak több mutatószám együttes igénybevételével és *peer review*-val (szakértői bírálat) kombinálva használható.

Mutatószám	Rövidített jelölések	
	Budapesti és leuveni kutatócsoport (Schubert – Braun, 1986)	Leydeni kutatócsoport (Moed, 2005)
Number of papers (folyóiratcikkek száma)	P	P
Share of uncited (idézetlen cikkek száma)	f _o	% Pnc
Share of author self-citation (önidézett cikkek száma)	S	% SELFCIT
Mean Observed Citation Rate (cikkek átlagos idézettsége)	MOCR	CPP
Journal-based Expected Citation Rate (folyóiratok összes cikkének átlagos, várható idézettsége)	MECR	JCSm
Journal-based Relative Citation Rate (folyóiratcikkek relatív idézettsége)	RCR=MOCR/MECR	CPP/JCSm
Hirsch-index	h	h

1. táblázat • Publikációs és idézettségi mutatószámok

A fentiekben főleg arról esett szó, hogy milyen mutatószámok alkalmazása nem ajánlatos tudományometriai értékelésnél.

Úgy véljük, dolgozatunk nem lenne teljes, ha nem sorolnánk fel azokat a mutatószámokat, amelyeket a budapesti, leydeni és leuveni tudományometriai kutatócsoportok dolgoztak ki és használnak, ill. ajánlanak egyének, kuta-

tócsoportok, pályázatok, intézetek és országok tudományometriai értékelésre (Moed, 2005; Schubert – Braun, 1986). Minthogy a mutatószámok angolul kerültek ismertetésre, az 1. táblázatban angol nyelven is szerepelnek.

Kulcsszavak: *értékelés, megbízhatóság, idézettség, impakt faktor, hatástényező*

IRODALOM

Braun Tibor (ed.) (2006): *Evaluations of Individual Scientists and Research Institutions*. Part I and II. *Scientometrics Guidebooks Series*. vol. 1. Akadémiai, Budapest

Braun Tibor (ed.) (2007): *The Impact Factor of Scientific and Scholarly Journals*. Its Use and Misuse in Research Evaluation, *Scientometrics Guidebooks Series*, vol. 2, Akadémiai, Budapest

Braun Tibor (ed.) (2008): *The Hirsch Index for Evaluation of Science and Scientists*. *Scientometrics Guidebooks Series*. Vol. 3. Akadémiai, Budapest

Garfield, Eugene – Welljams-Dorof, A. (1992): Citation Data: Their Use as Quantitative Indicators for Science and Technology Evaluation and Policy-Making. *Sci. Publ. Policy*, 19, 321–327.

Garfield, Eugene (1981): *Scientometrics Comes of Age*. In: Garfield E.: *Essays of an Information Scientist*. Vol. 4, ISI Press, Philadelphia, 313–341.

Glänzel Wolfgang (2008): Seven Myths in Bibliometrics. About Facts and Fiction in Quantitative Science,

Collnet J. *Scientom. Inf. Management*, 2, Lautrup, Benny E. (2006): Measures for Measures. *Nature*, 444, 1003–1004.

Moed, Henk F. – Glänzel, W. – Schmoch U. (eds.) (2004): *Handbook of Quantitative Science and Technology Research. The Use of Publication and Patent Statistics in Studies of S & T Systems*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht

Moed, Henk F. (2005): *Citation Analysis in Research Evaluation*. Springer, Dordrecht

Schubert András – Braun Tibor (1986): Relative Indicators and Relational Charts for Comparative Assessment of Publication Output and Citation Impact. *Scientometrics*, 9, 281.

Scientometrics. An International Journal for All quantitative Aspects of the Science of Science, Communication in Science and Science Policy, Springer, Dordrecht – Akadémiai, Budapest

van Raan, Anthony F. J. (ed.) (1988): *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*. North-Holland, Amsterdam

FÜGGELÉK

Philip Campbell MENEKÜLÉS AZ IMPAKTFAKTORTÓL¹

A *Nature* folyóirat főszerkesztőjeként aggaszt az akadémiai adminisztrációs berkekben tapasztalható tendencia, hogy egy folyóirat impakt faktorára (IF) fókuszálnak, ha kuta-

tók tudományos közleményeit értékelik. Ez sok esetben kihat az előléptetésekre, az elismertségre és néhány országban minden egyes cikk után járó pénzbeli juttatásra. Saját kutatásaink kimutatják, hogy egy folyóirat magas impaktfaktora néhány nagyon idézett cikk idézettségének ferde eloszlásából eredhet a helyett, hogy a cikkek többségének idézettségi átlaga legyen. Ez természetesen csökkenti azt, hogy az IF egyedi cikkek objektív mértéke legyen.

¹ Philip Campbell: Escape from the Impact Factor, *Ethics in Science and Environmental Politics*. *Nature*, 2008/8. 5. rövidített fordítás

A javasolt alternatív mutatószámoknak is megvan a saját hátrányuk. Számos kutató arra hivatkozik, hogy a fontos munkáik alacsony IF-ú folyóiratban kerültek publikálásra. Ha az egyedi cikkek idézettségére fókuszálunk, az sokkal megbízhatóbb indikátor lehet az egyedi impaktoknál.

Egyének teljesítményének nyomon követése szempontjából pozitív fejlődést jelenthetnek szerzői hozzájárulási nyilatkozatok, és a jövőben talán cikkek részeinek idézhetősége a teljes cikkével szemben. Próbálkozások vannak arra, hogy kilépjünk a magas impakt-

faktorú folyóiratok hierarchiájából egyenrangúan bírált cikkeket nem megkülönböztető adatbázisok segítségével, mint amilyen a PloS. Idővel kiderül, vajon ez a modell hozzájárul-e kimagasló munkák elismerésére a szerkesztői szelektálástól függetlenül. Habár a jelenlegi rendszer hatékony lehet mind a nemzeti, mind a nemzetközi szintek szerinti minősítésben, a leghatékonyabb és *fair* analízis egy személy eredményeire vonatkozóan az egyedi cikkek közvetlen értékeléséből eredhet, függetlenül attól, hogy azokat hol publikálták.

KIÁLTVÁNY A HATÁSTÉNYEZŐK (IMPAKTFAKTOROK) HELYTELEN HASZNÁLATÁRÓL²

A folyóiratok hatástényezőjét (impaktfaktorát) azzal a céllal hozták létre, hogy segítségével értékeljék a tudományos folyóiratok hatékonyságát. Alkalmazását idővel kiterjesztették egyedi cikkek és egyedi kutatók minőségi értékelésére is. Napjainkban már az impaktfaktorokat figyelembe veszik az akadémiai állások, kinevezések odaítélésénél, támogatott kutatási eredmények értékelésénél, valamint tudományos programok pénzügyi támogatásának megítélésénél.

Az impaktfaktorok azonban nem minden esetben bizonyulnak valós mutatónak folyóiratok minőségének mérésére. Használata olyan célokra, amelyre eredetileg nem tervezték, jelentős igazságtalanságokhoz is vezethet.

Ezért az Európai Tudományos Szerkesztők Egyesülete azt javasolja, hogy a folyóirat impaktfaktorokat – kellő megfontolással –

² EASE Statement on Inappropriate Use of Impact Factors. *European Science Editing*, 2007/33, 99.

kizárólag csak folyóiratok összehasonlítására és mérésére használják, és nem egyedi cikkek, egyes kutatók vagy kutatási programok értékelésére.

Az impaktfaktor a Gross által javasolt mennyiségi méréshez hasonló a tudományos folyóiratok relatív fontosságának értékelésében. Garfield, E.: *Citation Indexes for Science. A New Dimension in Documentation through Association of Ideas*. *Science*, 1955, 122, 3159, 108–111.

„Az impaktfaktorok és az idézési gyakoriság értékeinek mérése hasznos lehet mind a speciális, mind az általános (könyvtári folyóirat) gyűjtemények optimális összeállításának meghatározásában”. Garfield E.: *Citation Analysis As a Tool in Journal Evaluation. Journals Can Be Ranked by Frequency and Impact of Citations for Science Policy Studies*. *Science*, 1972, 178, 60, 471–479.

Miközben az IFS-t (impact-factor score) a folyóiratok értékelésére szánták a szakirodalomban, az IFS-t gyakran használják kutatók eredményeinek végleges hatékonyságának mérésére. Holden G. – Rosenberg, G. – Barker, K. – Onghena, P.: *Should Decisions*

about Your Hiring, Reappointment, Tenure, Or Promotion Use the Impact Factor Score As a Proxy Indicator of the Impact of Your Scholarship? *Medscape General Medicine*. 2006. 8, 3, 21.

Az angliai Higher Education Founding Council (Felsőoktatási Támogatás Tanács) rájött arra, hogy a kutatások értékelésére alapvetően tudománytalan utat követett a folyóiratok impaktfaktora használatával a bennük közölt cikkek idézettsége helyett. Smith, P.: Commentary: The Power of the Unrelenting Impact Factor – Is It a Force for Good Or Harm? *International Journal of Epidemiology*. 2006. 35, 1129–1130.

Az impaktfaktorok elsősorban habilitációs célra (illetve a folyóiratok rangsorára) értékelési alapot képeznek az ISI változatlan impaktfaktor listája alapján, amely mindenkor az utolsó kiadástól számított időszakra vonatkozik. A publikációkat felosztják a doktoráns első szerzőként és társszerzőként való részvétel szerint (a kiértékelés alapját képezik az impaktfaktorok, ill. a folyóiratok rangsora az ISI legújabb kiadású impaktfaktor listája alapján. *Iránymutatók az egyetemi oktatók minősítéséhez a Bécsi Orvostudományi Egyetemen*. Orvostudományi Egyetem, Bécs, 2004.

Németországban a tanszékek támogatásának meghatározásához az egyetemek például rendszeresen alkalmazzák azon folyóiratok impaktfaktorait, amelyekben a kutatók publikálnak. Az Olasz Rákkutatási Egyesület az adatlapokat azon folyóiratok átlagos impaktfaktorának számításával egészíti ki, amelyekben publikációik megjelentek. Finnországban az egyetemi klinikák kormánytámogatása részben publikációs pontok alapján történik, amelyek jelentős részben olyan folyóiratok impaktfaktorán alapulnak, amelyekben a kutatók munkájukat közzölték. Adam, D.:

The Counting House. *Nature*. 2002. 415, 6873, 726–729.

Minden idézettségi eredményt olyan változók korrigálására kellene használni, mint szakterület idézettségi sűrűség és felezési idő. Garfield, E.: The History and Meaning of the Journal Impact Factor. *JAMA*. 2006. 295, 1, 90–93.

Eltelítve attól, hogy nem reprezentatív, a folyóiratok impaktfaktora hibákkal, technikai és alapvető hibákkal terhelt. Pusztán technikainak tekinthetők a folyóirat impaktok közötti lényeges eltérések. Seglen, P. O.: Why the Impact Factor of Journals Should Not Be Used for Evaluating Research. *BMJ*. 1997. 314, 7079, 498–502.

Az IFS (impact-factor score) a legjobb előrejelzőnek bizonyult mind a rövid, mind a hosszú távú impaktokra (folyóiratok esetében). Ha az IFS-t más indikátorokkal együtt használják, az átfogó eltérés mind a rövid, mind a hosszú távú impaktok esetében 13 %-nál kevesebb volt. Holden, G. – Rosenberg, G. – Barker, K. – Onghena, P.: Should Decisions About Your Hiring, Reappointment, Tenure Or Promotion Use the Impact Factor Score As a Proxy Indicator of the Impact of Your Scholarship? (Lásd 3. pont)

Az 1900–2005 között feldolgozott mintegy 38 millió idézett cikkből csak mintegy 0,5 % kapott kétszáznál több idézetet. Végül is a publikált cikkek felét egyáltalán nem idézték. Az idézetek ferde eloszlása jól ismert az impaktfaktor ismétlődő kifogásolása révén. Az egyedi cikkek értékelésére a JIF (folyóirat impaktfaktor) használata az elemzett cikkekre vonatkozó idézetek száma helyett erősen vitatott kérdés. Pályázatokat működtető és más tudománypolitikai szervezetek általában igyekeznek figyelmen kívül hagyni azokat a munkákat, amelyek egyedi cikkekre és szerzőkre

vonatkozó idézettségi számok vizsgálatával foglalkoznak. Ennélfogva a JIF-et használják arra, hogy megbecsüljék az egyedi cikkek idézettségét, ami eléggé kétes, ha tekintetbe vesszük a legtöbb folyóirat esetében megfigyelt és ismert idézettségi aránytalanságot. Garfield, E.: The History and Meaning of the Journal Impact Factor. *JAMA*. 2006. 295, 1, 90–93.

Finnországban egy egyedi cikk után, amelyet 2-es helyett legalább 3-as impaktfaktorú folyóiratban publikáltak kb. 7000 USD támogatás járt 2000-ben. Adam, D.: The

Counting House. *Nature*. 2002. 415, 6873, 726–729.

„A nem idézett cikkek teljes bizalmat kapnak a néhány magasan idézett cikk idézettsége révén, amelyek túlnyomó részben meghatározzák a folyóirat impaktfaktorának értékét. ...Azonban a folyóirat impaktja és az egyedi kutatók vagy kutató csoportok cikkeinek idézettségi aránya közötti korreláció gyakran gyenge... Seglen, P. O.: The Impact Factor of Journals Should Not Be Used for Evaluating Research. *BMJ*. 1997. 314, 7079, 498–502.



TUDOMÁNYMETRIAI KUTATÁSOK MAGYARORSZÁGON

Vinkler Péter

az MTA doktora, tudományos titkár,
MTA Kémiai Kutatóközpont
pvinkler@chemres.hu

A tudomány fejlődése, az ismeretek gyarapodása új tudományos szakterületek kialakulását hozza magával. Ezek kezdetben még nem válnak el a hagyományos diszciplínáktól, de az eredmények szaporodásával az új szakterület ismeretei közötti (belső) kapcsolatok erősebbek lesznek, mint a korábbi területekhez fűződők (külső kapcsolatok).

A tudományérés (tudománymetria) világszerte az 1960-as évektől kezdődően egyre élesebben különült el a tudományszociológiától, a tudománytörténettől, a tudománypolitikától, a könyvtártudománytól, az információtudománytól és más természettudományi, illetve társadalomtudományi szaktudományoktól. A tudománymetria egyik, a tudománypolitika által leginkább igényelt kutatási (szolgáltatási) területe: az *értékelő tudománymetria*, ami elsősorban a tudományos kutatás szervezeti egységei által előállított tudományos információ mennyiségének és hatásának mérésével foglalkozik. E kutatási terület művelésének előfeltétele a következő: a tudománynak mint ismeret- és intézményrendszernek, valamint a kutatásnak mint a tudományt szolgáló tevékenységnek vannak olyan mennyiségi vonatkozásai, amelyek lényegesek a tudomány, a tudományos kutatás,

illetve a társadalom részére, de nem tartoznak az egyes szaktudományok elsődleges érdeklődési köreibbe. Ezek a dolgok, jelenségek, összefüggések, rendszerek főként matematikai-statisztikai módszerek segítségével tanulmányozhatók.

Egy kutatási területnek tudományossá válása az ismeretek mélységével és szervezethez fűződő elsősorban külső kritériumok alapján ítélteti meg, hogy egy tevékenységi terület tudományosnak tekinthető-e. Néhány fontos külső kritérium a következő:

- a terület művelői nemzetközi konferenciákra, egyéb tudományos találkozókra gyűlnek össze rendszeresen,
- a terület kutatói nemzetközi szervezetet, illetve szervezeteket hoznak létre,
- az új területen nemzetközi tudományos folyóiratot (illetve folyóiratokat) alapítanak, és működtetnek az elért eredmények publikálására,
- egyetemi tanszékek jönnek létre, amelyek kizárólag vagy jelentős részben az illető területen folytatott kutatásnak és oktatásnak vannak szentelve,
- egyetemi disszertációkat írnak az új szakterület eredményeiről,

- monográfiákat, könyveket, tankönyveket, összefoglaló műveket jelentetnek meg a terület kutatási eredményeiről,
- a szakterület eredményeire más tudományterületek publikációiban is hivatkoznak,
- tudományos iskolák jönnek létre.

A tudománymetria kutatóinak legjelentősebb nemzetközi találkozója az 1987 óta két évenként megrendezett: International Conference on Bibliometrics, Scientometrics and Informetrics.

A terület másik jelentős fórumát – International Conference on Science and Technology Indicators – kifejezetten az *értékelő tudománymetria* mutatóinak szentelték. Ezt a konferenciát 2008-ban Bécsben már a tizedik alkalommal rendezték meg. A „tudománymérések” nemzetközi szervezete az 1993-ban Berlinben alapított International Society for Scientometrics and Informetrics, amelynek létrehozásában a magyar kutatók is közreműködtek. Ezen a szervezeten kívül több speciális tagozat (például *international collaboration network*), regionális csoport (például „északi országok”, Finnország, Svédország, Norvégia és Dánia) működik még.

A szakterület első folyóiratát (*Scientometrics*), amelyet jelenleg az Akadémiai Kiadó és a Springer közösen jelentet meg, Braun Tibor alapította 1978-ban. Ez a folyóirat azóta is a terület legfontosabb információs forrása. Ezt a tényt mind a folyóirat Garfield-(impact)-tényezője, mind a legújabb folyóiratmutatók igazolják. Új folyóiratot indított az Elsevier Kiadó 2007-ben (főszerkesztője Leo Egghe, Belgium) kifejezetten az információ mérésének kvantitatív vonatkozásaival a középpontban. Több más folyóirat is (például a könyvtár- és információtudomány vezető folyóirata, a *Journal of the American Society of Information Science and Technology*, tovább-

bá a *Journal of Information Science*, a *Research Policy*, a *Libri*, a *Library Trends* stb.) közül rendszeresen tudománymetriai tárgyú cikkeket. Ezeknek a folyóiratoknak a szerkesztői bizottságaiban, illetve rendszeres cikkbírálként is szerepelnek a magyar kutatók. Jelentős számú ország egyetemén működik olyan tanszék, amely tudománymetriai képzést nyújt (például Centre for Science and Technology Studies, Leiden University, Hollandia; College of Information Science & Technology, Drexel University, USA; Indiana University, Bloomington, USA; Inforsk, Department of Sociology, Umeå University, Svédország; University of Sussex, Anglia; Steunpunt O&O Indicatoren, Dept. MSI; Katholieke Universiteit Leuven, Belgium; Archive and Information Studies, The Hebrew University of Jerusalem, Izrael; Pekingi Egyetem, Kína; Observatoire des sciences et des technologies (OST) Université du Québec à Montréal, Kanada; University of Vienna, Library and Archive Services, Ausztria; Research Evaluation and Policy Project, Research School of Social Sciences, Australian National University stb.). Számos PhD-disszertáció készül tudománymetriai témákból szerte a világon. Magyarországon is készült már PhD-dolgozat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Informatikai Tanszékén. A Magyar Tudományos Akadémia eddig egy, tudománymetriai témából készült kandidátusi és egy MTA doktora értekezésért ítélte oda a megfelelő tudományos fokozatot, illetve címet.

Derek de Solla Price, a tudománymetria klasszikusa *Kis tudomány – Nagy tudomány* című könyvének magyar nyelvű megjelenése (Akadémiai Kiadó, 1979; angolul 1963, USA) után, 1980-ban adta ki ugyanez a kiadó Vaszilij Vasziljevics Nalimov és Zinajda Makszimova Mulchenko: *Tudománymetria* című

munkáját, ami 1969-ben Moszkvában jelent meg először. Ezeket a műveket követően számos monográfia, tankönyv, összefoglaló kiadvány látott napvilágot, illetve újabbak jelennek meg folyamatosan a nemzetközi könyvpiacra (lásd például e szám *Szellem a palackból, tudományometriai értékelések* című cikk irodalomjegyzékét).

Ha valaki figyelemmel kíséri, illetve utánanéz a *Web of Science* adatbázisában, megállapíthatja, hogy a tudománymetria eredményeire ma már nagy számban hivatkoznak más területek (például kvantitatív tudománypolitika, pszichológia, tudományszociológia, könyvtartudomány, tudománytörténet, információtudomány, különböző szaktudományok) kutatói.

Az USA-ban üzleti alapon működik Francis Narin vezetésével a CHI Research, Inc., valamint az Institute of Scientific Information (Thomson Reuters), Philadelphia, amely szervezetek jelentős mértékű szolgáltatást végeznek állami és magán megbízók részére a tudomány, az oktatás és a technológia információk vonatkozásait illetően.

A magyar kutatók által elért tudományos eredményekre büszkék vagyunk. Nemcsak a Magyarországról kivándorolt Nobel-díjas tudósok, valamint az egyéb rangos nemzetközi díjakkal elismert kutatók hoztak és hoznak dicsőséget (s ezzel járóan anyagiakban is mérhető publicitást, „creditet”) az országnak, de a ma itt dolgozó kutatók is.

Az országok nemzetközi rangsorában a különböző tudományometriai mutatók szerint Magyarország általában a 20–30. hely valamelyikét foglalja el (szakterülettől függően), ami jobb az ország gazdasági fejlettségének megfelelő helyezéshöz (Tolnai et al., 2008).

A tudománymetria egyik legfontosabb területén (Citation studies) az Ali Uzun

(2002) által közölt rangsorban a Leiden University, Netherlands után a Hungarian Academy of Sciences, Library, Budapest a második helyet foglalja el, a Drexel University, Philadelphia, USA és az Indiana University, Bloomington, USA előtt. A Research Performance Analysis területén pedig a 8. helyen áll a magyar kutatócsoport.

Jelentős rangot jelent, ha egy szakterület nemzetközi fórumain egy ország vagy egy kutató nevéhez fűződő *tudományos iskoláról* beszélnek. A Braun Tibor vezetésével működő MTA-kutatócsoportot *Budapesti Tudományometriai Iskolaként* emlegetik világszerte.

A tudománymetria legrangosabb nemzetközi elismerését – a Price-díjat –, amit két évenként ítélik oda, először Eugene Garfield (USA) kapta meg 1984-ben. Azóta három magyar kutató is elnyerte az elismerést (Braun Tibor, Glänzel Wolfgang, Schubert András). Az egyetlen mutatószámra alapuló lineáris rangsorok általában nem szerencsések, hiszen a tudományos értékek többdimenziósak, s így jellemzésüket több szempont szerint kell elvégezni. Ennek ellenére figyelemre méltó, hogy a szakterület világviszonylatban legidézettebb harminc kutatója között négy magyar kutató neve is szerepel (az előzőekben felsoroltak és a jelen cikk szerzője) (Persson, 2000). Ugyanakkor a legidézettebb tudományometriai cikkek szerzői között is megtaláljuk az említett kutatók nevét.

A tudománymetriát számos országban alkalmazzák az országos és az intézményi tudománypolitika kimunkálásához. Az USA-ban 1972. óta két évenként publikálják (a mindenkori elnök és a kongresszus számára) a *Science and Technology Indicatorst*, amelynek figyelembe vételét alapvetően fontosnak tartják az amerikai gazdaság versenyképessége szempontjából is. Több országban (például

Hollandia, Franciaország, Finnország), illetve nemzetközi szervezetnél (például: Európai Közöség, Világbank, OECD, UNESCO) működnek olyan monitoring rendszerek, amelyek K+F, illetve tudományometriai mutatók alapján, összehasonlító módon elemzik a különböző országoknak a tudományban és az innováció területén elfoglalt helyzetét.

A következőkben csak néhány szempontot és saját mérlegelésem szerinti fontos eredményt említek meg a hazai, elsősorban az *értékelő* tudományometriai kutatások köréből.

Magyarországon a tudománymetria megszületéséről és a hazai tudományometriai kutatások megindulásáról a Ruff Imre és Braun Tibor által a *Magyar Tudományban*, 1977-ben közzétett *A tudománymetria eredményeinek rövid összefoglalása* című cikkből értesülhetünk először.

A magyar tudományometriai kutatók az elmúlt évek során számos tanulmányt közöltek mind az információtermelés mértékére és nemzetközi hatására (lásd például: Braun et al., 1995; Braun et al., 2002; Marton et al., 2006; Tolnai et al., 2008), mind a tudományos kutatások szerkezetére (Vinkler, 2008), illetve az egyes kutatóintézetek publikációinak értékelésére (Vinkler, 2006) vonatkozóan. A vizsgálatok kimutatták például, hogy a tudományos kutatások szerkezete jelentősen eltér Magyarországon a fejlett ipari országokétól, ahol az élettudományok lényegesen nagyobb hányadot képviselnek, mint hazánkban, illetve a kelet-közép-európai országokban. Sajnos a tanulmányok a „pusztába kiáltott szó” szintjén ragadtak meg, hiszen alig-alig jutottak el a döntéshozókhoz, vagy ha el is jutottak, az illetékesek az információkat nem vették figyelembe a döntések kialakításában.

A tudománymetria a szakirodalom információinak (folyóiratcikkek, szabadalmak)

elemzése révén nemcsak a múltbeli, illetve jelen állapotok „tudományos témáinak térképét” tudja felrajzolni, hanem időbeni adatsorok vizsgálata révén *új szakterületek* születését, illetve már működő kutatások fejlődését, stagnálását, visszafejlődését is képes jelezni. Az egyes témák, kutatóhelyek, országok *kapcsolatainak erősségét* a publikációk, hivatkozások és idézetek számának elemzése révén tárhatjuk fel. Ezekből az információkból a tudománypolitika a kutatási prioritások kijelöléséhez és a támogatások mértékének megállapításához kaphat jelentős segítséget.

A tudománymetria fontos segítséget tud nyújtani a kutatások információellátásában a folyóiratok olvasottságának, kapcsolatainak, az információk felhasználásának vizsgálata révén (lásd például Marton, 1999).

A tudományometriai vizsgálatok gyakorlati alkalmazásának lehetőségeit jól példázza a következő eset. Az analitikai kémia folyóiratainak a szakterület referáló folyóiratában (*Analytical Abstracts*) való megjelenési módjait és gyakoriságát tanulmányozva, a kutatók (Braun et al., 1993; Dióspatonyi et al., 2000) olyan ajánlásokat fogalmaztak meg, amelyek a kiadó megvalósított, s így a referáló adattár minősége lényegesen javult.

Amint azt magyar kutatók kimutatták (Zsindely et al., 1982; Braun, 2004; Braun – Dióspatonyi, 2006), a tudományos folyóiratok kiválósága igen jó összefüggést mutat a folyóiratok színvonaláért (is) felelős szerkesztők, szerkesztőbizottsági tagok egyéni tudományos teljesítményének színvonalával. A tudomány publikációs gépezetében az említett szereplőknek meghatározó szerepük van.

Az értékelő tudománymetria egyik leginkább ismert mutatószáma, a Eugene Garfield és Irving H. Sher által a tudományos folyóiratok kiválóságának jellemzésére 1963-ban

javasolt fajlagos hatásmutató (*impact factor*; hatástényező; Garfield-tényező – GF), mára széles körben ismertté vált (lásd: Vinkler, 2003). Egy folyóirat GF-adata egyenlő az adott évben (hivatkozó év) kapott azon idézeteknek egy cikkre jutó számával, amely idézetek az adott folyóiratban a hivatkozó évet megelőző két évben megjelent cikkekre vonatkoznak. Számos mutatószámot javasoltak már eddig a folyóiratok egymáshoz viszonyított szakmai elismertségnek jellemzésére, de elvileg alkalmasabbat, mint a Garfield-tényező, máig nem találtak.

A folyóiratok Garfield-tényezője alkalmazásának számos *előnye* van:

- kiszámítása egyszerű,
- az adatokat rendszeresen közzéteszik (*ISI, Journal Citation Reports*), s azok így mintegy „hivatalossá” „intézményesültté” váltak,
- a folyóiratok Garfield-tényezőjének értékei adott *tudományterületen belül* viszonylag jól egyeznek a kutatók véleményével,
- az adatokból a Publikációs Stratégia mutatószáma (lásd később) egyszerűen kiszámítható,
- a GF-adatok könyvtárak folyóiratrendeléseiben is figyelembe vehetők.

A GF-tényező hátrányai:

- erős szakterületi függőség,
- függőség a folyóirat jellegétől (például *review, letters*),
- értéke időben változik.

Úgy vélem, Magyarországon sokkal alaposabban ismerik a folyóiratok Garfield-tényezőjét, annak előnyeit és korlátait, mint számos más országban. Nem szerénytelenség ezt a tényt a hazai „tudományméterek” hosszú évek alatt végzett, néha hálátlan, ismeretterjesztő munkájának tulajdonítanunk. Ma Magyarországon a tudományometriát mindössze hat-hét kutató műveli rendszeresen. További hat-

nyolc, elsősorban más területeken érdekelt kutató, szakember publikál időnként (főként társszerzőként) egy-egy írást. Ennek tükrében értékelve a korábban említett nemzetközi teljesítményt, az még inkább tiszteletreméltó.

Az Akadémia vezetői mindig is támogatták, támogatják a tudományometriai kutatásokat, akkor is, ha ez a támogatás esetenként csak szerény mértékű. Ennek a támogatásnak volt köszönhető például, hogy létrejött az MTA Tudományos Publikációs Adattára, ami az MTA kutatóhelyeinek tudományos és ismeretterjesztő publikációi, a PhD-, valamint az MTA doktora disszertációk (ami a leglényegesebb) *ellenőrzött* bibliográfiái leírását, valamint az ezekre kapott idézeteket tartalmazza 1992 óta. Az adattár részletes publikációs és idézettségi jegyzékeket, valamint statisztikákat nyújt a kutatók, a kutatóhelyek, továbbá az MTA vezetői részére. Az adattár pontossága annak is köszönhető, hogy nem egyéni választás kérdése az adatok szolgáltatása, illetve azok minősége, hanem az egyes intézetek igazgatóinak felelőssége. Az adattár a folyóiratcikkek mellett az aktuális GF-adatokat is megadja.

A tudományometriai mutatók „jóságát” (alkalmazhatóságát) (így a GF-tényezőjét is) bizonyos *a priori* feltevések (például az információ hatása összefüggésben áll hivatkozásának gyakoriságával) és szakértői bírálat segítségével vizsgálhatjuk. Bármilyen értékelésnél célszerű azonban több mutatószámot alkalmaznunk, mert azok *konvergenciája* esetén nagyobb valószínűsége van annak, hogy a levont következtetések helyesek. Kivált az egyéni publikációs teljesítmények értékelése kíván fokozott gondosságot.

A tudományometriai mutatókkal az elégtelen tudományometriai tudással rendelkezők súlyos visszaéléseket követhetnek el. Egyének,

csoportok, országok tudományos teljesítményének megítélése felelősségteljes feladat. Csak olyan mutatószámokat (lenne) szabad használnunk, amelyek érvényességi körét, hibájának mértékét ismerjük. A tudományometriai mutatószámok erősen függenek például az egyes szakterületek bibliometriai tulajdonságaitól, a vizsgált időintervallumoktól stb. A szakterületek publikációs, illetve publikálási rendszereinek egymástól eltérő bibliometriai sajátosságai például a következők:

- az egyes tudományos *információs csatornák gyakoriságának* aránya különböző (például a *proceedings*-típusú konferencia-kiadványok jóval gyakoribbak a számítástudományban, mint például a molekuláris biológiában vagy a kémiában, ahol a folyóiratcikk a fő közlési forma); a társadalomtudományok egyes területein a könyveknek és egyéb kiadványoknak, a földrajztudományban a tematikus (és egyéb) térképeknek van jelentős szerepük,
- a kutatási területek *publikációs sebessége* más és más (cikkek száma évenként),
- az információ *avulásának* (elévülésének) *sebessége* (például hivatkozások átlagos kora) szakterületenként változik (sokkal gyorsabb az avulás a gyorsan fejlődő területeken, így például a neurológia, genetika témáiban, mint például matematikában vagy a mérnöki tudományokban),
- a publikációkban lévő *hivatkozások átlagos száma* különbözik (például a matematikában vagy a mérnöki tudományok folyóirataiban 10–15, míg fizikában, kémiában 40 körüli ez az adat),
- a társszerzők átlagos száma változó (például matematikában alig kettő, míg fizikában, kémiában már 4,5 körüli).

Az idézeteket alkalmazó mutatók igen érzékenyek a bibliometriai sajátságok változására.

Tudnivaló, hogy Garfield-tényezője („impaktfaktora”, hatástényezője) kizárólag *folyóiratoknak* lehet. Egyes cikkeknek vagy például egyének, csoportok cikkhalmazainak *idézetségük* van, ami az egy cikkre jutó idézetek számával azonos. Kétségtelen, hogy mértékegységüket tekintve a GF-mutató és az idézettség hasonló (idézet/cikk), de tartalmilag lényegesen különböznek. Ha a folyóiratoknak egy tetszőleges halmazát tekintjük, a halmazt alkotó összes folyóirat által kapott összes idézetet az adott információs halmaz *összesített hatásaként* értelmezhetjük. Így az egyes folyóiratok GF-tényezője az illető folyóiratnak az adott szakterület folyóiratainak összességéhez való *fajlagos hozzájárulására* jellemző adat (lásd Vinkler, 2003). Ezt a megállapítást az a tény sem gyengíti, hogy a folyóiratokban a cikkek idézettségének eloszlása erősen torzult. Azaz: kevés cikk kap sok idézetet, és sok cikk kap kevés idézetet. Hasonló torz eloszlásokat mutat akár a különböző emberi képességek mértékének gyakorisága, akár a jövedelmek nagysága vagy a könyvekben található szavak gyakorisága, a publikációk szerzőnkénti száma, adott tárgyú információknak a különböző publikációkban való szóródása stb. (lásd: a Lotka-, Bradford-, Zipf- stb. eloszlásokat).

A folyóiratok GF-tényezőjének értéke egy-egy rövidebb időhatáron belül többé-kevésbé *állandó*. Ezért – bár a folyóiraton belül az egyes cikkek idézettsége erősen változó, a folyóiratnak, mint *egésznek az informatikai értéke* többé-kevésbé állandó.

Akár egyének, akár kutatócsoportok, akár országok publikációit is értékeljük, az egyik alapvető szempont: *hol* jelentek meg a cikkek? Minden kutató tapasztalatból ismeri az általa olvasott folyóiratok *használati értékét*. Ha valaki úgy érzi, fontosabb, „jobb” eredménye-

ket sikerült elérnie, „jobb” (nagyobb hatástényezőjű) folyóirathoz küldi be a cikkét. Ezért lényeges a *Publikációs Stratégia* (PS) (és a Relatív Publikációs Stratégia) vizsgálata, ami azoknak a folyóiratoknak az átlagos (illetve a szakterület folyóiratainak átlagához viszonyított) GF-adata, amelyekben az illető kutatóknak sikerült cikkeiket elhelyezniük. De a PS-mutató csak a felhasznált információs csatornák átlagos „jószágát” (hatását) jellemzi, semmit nem mond az *egyedi cikk* fogadtatásáról. Lehet, hogy a szóban forgó cikk a kevés kiváló közé, de az is lehet, hogy épp a sok „futottak még” kategóriájába esik. Ezért soha nem szabad a Publikációs Stratégia mutatószámát – egyének vagy csoportok cikkei esetében – *hatásmutatóként* értékelni. A PS-mutatóval a vizsgált cikkeket közlő folyóiratok átlagos hatástényezőjét mérjük, ez pedig nem más, mint a kutató(k) *publikációs stratégiája*. Az természetesen más kérdés, hogyan veszi tekintetbe, mennyire tartja fontosnak adott személy, csoport publikációs stratégiáját egy pályázatot odaítélő bizottság vagy egy csoport tevékenységét értékelő vezető.

Átlagos hatásmutatóként adott szakterületen belül: a cikkek *átlagos idézettségét* alkalmazhatjuk. Mivel a folyóiratok hatástényezői erősen szakterület- (és idő-) függőek, *összegüknek* értékelő hatásmutatóként történő felhasználását általában nem, *csak kivételes esetekben* javasolhatjuk.

Az egyes mutatószámok tudományterületi függőségét *relatív mutatószámok* segítségével küszöbölhetjük ki. A tudománymetriai viszonyítási alapok helyes megválasztása az értékelés kulcsa. Épp ezért veszélyes, ha olyanok próbálnak mutatószámokat fabrikálni, akiknek nincsenek megfelelő szakmai ismereteik.

A tudománymetria első *relatív hatásmutatóját* (RCR – Relatív Idézettségi Mutató)

Schubert András és Braun Tibor (1986) javasolta. Számos szerzővel szemben, az említett kutatók meghatározták az általuk bevezetett mutató alkalmazásának lehetőségeit, érvényességi körét és megadták a hibájának számítására szolgáló módszert. Az egy cikkre kapott idézetek számának és a publikáló folyóiratok átlagos GF-tényezőjének alkalmazásával Schubert és Braun (1986) egy olyan kétdimenziós ábrázoláshoz jutott, ami reális következtetések levonását teszi lehetővé a vizsgált cikkek nemzetközi hatására vonatkozóan.

Sajnos a tudománymetria szerzői sem mentesek attól a hibától, hogy jobban szeretnek írni, mint olvasni. Ezért fordulhatott elő, hogy a mutatónak más nevet adva egy holland kutatócsoport a sajátjának próbálja tulajdonítani a relatív hatásmutatók megalkotására vonatkozó elsőséget.

Az RCR-mutató az egyének, csoportok, országok publikációi által kapott cikkekenti idézetek számát viszonyítja azoknak a folyóiratoknak az átlagos idézettségéhez, ahol az illető cikkek megjelentek. Így a mutató egy *szubjektív* viszonyítási alapot alkalmaz (a Publikációs Stratégiát). Ezért javasolta a jelen cikk szerzője (Vinkler, 1997) a *Relatív Tudományterületi Hatás* (RW) mutatószámát, ami a vizsgált kutató vagy kutatók egy cikkére érkezett idézeteket az illető *szakterület* folyóiratai egy átlagos cikkének idézettségéhez viszonyítja.

Az RW-mutató főként nagyobb cikkmagazatok (pl. országok cikkei) elemzésére alkalmas. Az ilyen típusú mutatószámokat újabban *crown indicator*-nak is nevezik egyesek.

Nem felejtendő el az *erősen idézett cikkek* (highly cited papers) alapján történő értékelés a többi, *átlagra* építő mutatószám mellett (például idézet/cikk). A tudományt ugyanis nem a ma már átláthatatlan tömegű átlagos

(és az alatti) információk viszik előre. Áttörést, lényeges előrehaladást csak a viszonylag *kiemelkedően idézett* információk hoznak. Természetesen a kiemelkedő idézettség alsó határa igen erős szakterületi függőséget mutat. Körültekintő, részletes munkával azonban az idézettségi határok szakterületenként kijelölhetők.

Újabban nagy sikereket arat az ún. Hirsch-index (h-mutató) (Hirsch, 2005). A mutatót roppant egyszerűen ki lehet számítani. Vonzereje ebben rejlik. A folyóiratcikkek a kapott idézetek csökkenő sorrendjébe kell állítani, s a *h-mutató* az a sorszám, amelyik megegyezik az adott cikkre kapott idézetek számával (lásd: Bencze, 2006). A szellemes mutatót már a *Web of Science* és a *Scopus* adattárak is használják. A h-mutató folyóiratok értékelésében hasznosnak ítéhető (lásd Braun et al., 2006), ugyanakkor egyének publikációinak értékelése esetében számos, aligha megnyugtatóan megválaszolható kérdés vetődik fel (például a mutató nem lehet nagyobb, mint a közölt cikkek száma, kiszámításánál az önidézeteket is figyelembe veszik,

a szakterületek között nagyok a különbségek, a legidézettebb cikkekre kapott újabb idézetek nem növelik a mutató értékét stb.).

Az említett példák igyekeznek jelezni, hogy a tudománymetria tudomány, eredményeinek létrehozása és alkalmazása előzetesen megszerzett alapos ismeretek nélkül nem lehetséges. A mutatók helytelen alkalmazása, illetve új mutatószámok szakszerűtlen bevezetése több kárt, mint hasznot okoz mind a tudománymetria tudományának, mind a tudományos közösségnek.

A hazai, tudománymetriával foglalkozó kutatók igyekeznek továbbra is minden tőlük telhetőt megtenni azért, hogy korrekt adatokra épülő, releváns tudománymetriai mutatókat és módszereket dolgozzanak ki, s javasoljanak a tudományos publikációk adatait felhasználó országos és helyi szintű értékelésekhez.

Kulcsszavak: *tudománymetria, tudománymetriai indikátorok, Garfield-tényező, impaktfactor, publikációs stratégia, relatív mutatók, tudománytörténet*

IRODALOMJEGYZÉK

- Bencze Gyula (2006): H-index: Egy új javaslat az egyéni tudományos teljesítmény értékelésére. Magyar Tudomány. 1, 88–91.
- Braun Tibor – Glänzel W. – Maczelka H. – Zsindely S. (1993): The Image of Analytical Chemistry as Reflected in the Analytical Abstracts Database. Journal Coverage, Concentration and Dispersion of the Analytical Literature. Journal of Chemical Information and Computer Sciences. 33, 164–173.
- Braun Tibor – Glänzel W. – Grupp, H. (1995): The Scientometric Weight of 50 Nations in 27 Science Areas, 1989–1993. Part I. and II., Scientometrics. 33, 263–293; 34, 207–237.
- Braun Tibor – Glänzel, W. – Némethné Kovács É. – Pereszteginé Szabadi Zs. (2002): Magyarország helyzete a természettudományi alapoktatás világában – tudománymetriai tájkép a második évezred végén.,

Magyar Tudomány. 7, 935–945.

- Braun Tibor (2004): Keeping the Gates of Science Journals. Gatekeeping Indicators of National Performance in the Sciences. In: Moed, Henk F. – Glänzel W. – Schmoch, U. (eds.): *Handbook of Quantitative Science and Technology Research. The Use of Publication and Patent Statistics in Studies of S&T Systems*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 95–114
- Braun Tibor – Glänzel W. – Schubert A. (2006): A Hirsch-type Index for Journals. Scientometrics. 69, 169–173.
- Braun Tibor – Dióspatonyi Ildikó (2006): Gatekeeping in the International Journal Literature of Chemistry. Information Processing and Management. 42, 1652–1656.
- Dióspatonyi Ildikó – Horvai Gy. – Braun T. (2000): A Revisited Auditing of the Analytical Abstracts

- Database. *Journal of Chemical Information Computer Sciences*. 40, 5, 1085–1092.
- Garfield, Eugene – Sher, Irving H. (1963): New Factors in Evaluation of Scientific Literature through Citation Indexing. *American Documentation*. 14, 195–201.
- Hirsch, Jorge E. (2005): An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 16569–16572.
- Marton János (1999): Bibliometria. In: Horváth Tibor – Papp István (szerk.): *Könyvtárosok kézikönyve*. I. köt. Osiris, Budapest, 2, 83–147.
- Marton János – Pap K. – Hulesch H. (2006): Impakt faktor és kutatási teljesítmény – az értékelés gyakorlata. *Magyar Tudomány*. 1, 92–99.
- Persson, Olle (2000): A tribute to Eugene Garfield – Discovering the Intellectual Base of His Discipline. *Current Science*. 79, 590–591. www.umu.se/infors/currentsciences590.pdf
- Ruff Imre – Braun Tibor (1977): A tudománymetria eredményeinek rövid összefoglalása. *Magyar Tudomány*. 22, 117–125.
- Schubert András – Braun Tibor (1986): Relative Indicators and Relational Charts for Comparative Assessment of Publication Output and Citation Impact. *Scientometrics*. 9, 281–291.
- Tolnai Márton – Schubert A. – Wolf Gy. (2008): Tudományunk mérhető teljesítménye az Essential Science Indicators mutatószámainak tükrében. *Magyar Tudomány*. 8, 989–997.
- Uzun, Ali (2002): Productivity Ratings of Institutions Based on Publication in Scientometrics, Informetrics, and Bibliometrics, 1981–2000. *Scientometrics*. 3, 197–307.
- Vinkler Péter (1997): Relations of Relative Scientometric Impact Indicators. *The Relative Publication Strategy Index*. *Scientometrics*. 40, 163–169.
- Vinkler Péter (2003): A Garfield-tényező. *Magyar Tudomány*. 12, 1604–1610.
- Vinkler Péter (2006): Composite Scientometric Indicators for Evaluating Publications of Research Institutes. *Scientometrics*. 68, 629–642.
- Vinkler Péter (2008): Correlation between the Structure of Scientific Research, Scientometric Indicators and GDP in EU and Non-EU Countries. *Scientometrics*. 74, 237–254.
- Zsindely Sándor – Schubert A. – Braun T. (1982): Editorial Gatekeeping Patterns in International Science Journals. A New Science Indicator. *Scientometrics*. 4, 57–68.



Tudós fórum

EURÓPAI KUTATÁSI ÉS INNOVÁCIÓS KÖZPONT – BUDAPESTI SZÉKHELYEL

Egyed László

2008. szeptember 15-én, a Magyar Tudományos Akadémián tartotta meg alakuló ülését az Európai Innovációs és Technológiai Intézet (European Institute of Innovation and Technology – EIT) igazgatótanácsa. Magyarország számára nemcsak a szervezet létrehozása volt örömteli, hanem az is, hogy a három versengő város – Budapest, Wrocław és Bécs – közül végül Budapestet választotta az EIT székhelyül az Európai Bizottság.

Visszatekintés

Nagyra törő elképzelést fogalmaztak meg az Európai Unió vezetői 2000 márciusában Lisszabonban. A Lisszaboni (Növekedési és Munkahelyteremtési) Stratégia nem kisebb célt tűzött ki, mint hogy 2010-re az Európai Uniót a világ legversenyképesebb gazdaságává kell tenni. Ahogyan telt az idő, a meglehetősen mérsékelt eredmények fényében egyre világosabban látszott, hogy a cél túl becsülvény volt, megvalósítására nem sok esély mutatkozik. Már csak azért sem, mert Kína és India hihetetlen gyors fejlődésükkel további kérdőjeleket tettek a cél megvalósíthatósága mögé. Ezért azután 2005-ben, áttekintve a helyzetet, az EU-vezetők úgy határoztak: újra kell gondolni a stratégiát, és annak számos egymástól

elkülönült célja helyett mindenekelőtt a növekedésre és a munkahely-teremtésre kell koncentrálni. A fő cél: 2010-re el kell érni, hogy a kutatásra és fejlesztésre fordított összeg (köz- és magánpénz együttesen) elérje az európai GDP 3 %-át, a foglalkoztatottság pedig a teljes munkaképes korú népesség hetven százalékát. Ezzel, ha nem is lesz a legversenyképesebb, de mindenképpen versenyképes kíván maradni az Európai Unió. Ahogyan megfogalmazták: végül is az számít, hogy Európában fenn tudjuk tartani, és képesek legyünk javítani az életszínvonalunkat – és a gyerekeinkét, unokáinkét is –, a globalizáció folyamatai, a demográfiai változások és a környezeti kihívások közepette. Végző soron erről szól a Lisszaboni Stratégia.

Mitől is remélik ezt az eredményt az Unió vezetői? Elsősorban a kutatás-fejlesztés-innováció hármásának erősítésétől, ami az Európai Uniót közelebb viheti mindkét fő céljának megvalósításához: serkenti a növekedést, ami viszont új munkahelyeket teremthet. José Manuel Barroso, az Európai Bizottság elnöke még 2005-ben ennek egyik legfontosabb eszközéül egy kutatóegyetem, a European Institute of Technology létrehozását javasolta, az MIT mintájára, erősítendő a „tudásháromszö-

get”, az oktatás-kutatás-innováció hármas egységét, összehozva egy intézetben az oktatás és kutatás világszínvonalú modelljét, válogatott professzorokkal és hallgatókkal. Ezt az elképzelést azonban sokan és élesen kritizálták (maga az EURAB, a bizottság tanácsadó testülete is), mondván, hogy nem lehet felülről indítva létrehozni egy ilyen intézményt. Így azt az elképzelést 2006-ban végleg elvetették, hogy egyetlen szuperintézetet hozzanak létre. 2007 végén azonban megállapodtak az EU kutatásért felelős miniszterei, hogy létrehozzák az EIT-t, az Európai Innovációs és Technológiai Intézetet, amelynek viszont a rövidítése a régi maradt. A megállapodásban rögzítették: a kutatást-fejlesztést-innovációt elsősorban a keretprogramokon (ezen belül is a 7. Kutatási Keretprogramon, a Versenyképességi és Innovációs Keretprogramon és az Életen Keresztül Tartó Tanulás Programon), és a strukturális alapokon keresztül kell támogatni, azonban szükség van egy olyan új intézményre, szervezetre (ez lesz az EIT), amely mindezt kiegészíti, és segít európa-szerre hatékonyan integrálni a tudásháromszög (kutatás, fejlesztés, innováció) elemeit. A hivatalos döntés az EIT létrehozásáról végül 2008 márciusában született meg az Európai Parlamentben. Az azóta eltelt időben először megválasztották az Azonosítási Bizottság (Identification Committee) tagjait (köztük volt Boda Miklós, a BMGE rektori tanácsadója), akik javaslatot tettek arra, hogy milyen szempontok szerint kell kiválasztani az EIT igazgatótanácsának (Governing Board) a tagjait, illetve javaslatokat tettek a tagok személyére is, majd megtörtént az igazgatótanács tagjainak a kiválasztása is.

Közben három város is pályázott arra, hogy ott legyen az EIT székhelye, s a pályázatot végül is Budapest nyerte. Számos érv szolt

a magyar főváros mellett, központi fekvése, jó megközelíthetősége, kelet–nyugatot összekötő szerepe mellett az is, hogy a Magyarországon már működő kooperációs központok, amelyek egyetemek, kutatóintézetek és vállalatok együttműködésén alapulnak, jó szakmai hátteret biztosíthatnak a Tudás és Innovációs Közösségekben való aktív részvételhez is. Fontos szempont volt a döntésnél az is, hogy Magyarországon eddig még nem működött Európai Uniói intézmény.

Az EIT feladata, működése

Ahogy José Manuel Barroso mondta a Tudományos Akadémián, az EIT maga is egy innováció, egy újfajta szerveződés. Az EIT-t lényegében egy koordinációs szervezetnek, egy olyan innováció-orientált referencia-szervezetnek szánják, amelynek feladata megvaltoztatni a jelenlegi oktatási-kutatási miliót, összehozni, összehangolni, integrálni a tudásháromszög elemeit (felsőoktatási intézmények, kutatóintézetek, üzleti vállalkozások – hangsúlyosan a KKV-k), s ezzel megerősíteni azt a képességet, hogy az oktatásból és kutatásból kézzel fogható, eladható innovációk, termékek szülessenek, s így csökkenteni az Európai Unió lemaradását versenytársaitól ezen a területen. – Kihívás és egyben lehetőség is ez – mondta Barroso. A szakmai munka, a tényleges kutatás-fejlesztés-innováció az úgynevezett Tudás és Innovációs Közösségekben (Knowledge and Innovation Communities – KIC) zajlik majd, ezek az egyetemek, kutatóintézetek és üzleti vállalkozások (a közszférában és a magánszférában – public–private) autonóm partnerségén alapuló, hosszú távon fenntartható innovációs hálózatok lesznek. Az EIT legfontosabb feladata az lesz, hogy kiválassza azokat a közösségeket, illetve azokat a területeket, amelyeket támogat. A cél: inno-

vatív gondolatokból valóságos termékek legyenek.

Az első két-három KIC kiválasztása 2009-ben várható, ezek 2010-től működnek majd, a klímaváltozás, a megújuló energia és valószínűleg az infokommunikáció következő generációja területén, hangsúlyozottan a legfontosabb globális jellegű kihívásokra reagálva. Előnyben részesülnek azok a hálózatok, amelyek fenntartható gazdasági növekedést és munkahelyteremtést ígérnek a keletkező új termékek, szolgáltatások és piacok segítségével, reagálnak az emberek igényeire és a tudástársadalom szükségleteire is. Erre a támogatásra az EIT-nek 2013-ig 308,7 millió euró áll rendelkezésére, ezt az összeget a közösségi költségvetés egyebek között magánforrások bevonásával biztosítja. A várakozások szerint ez a KIC-ek költségvetésének mintegy tíz százalékát teszi majd ki, a maradék összeget egyéb forrásokból kell előteremteniük, amelyek lehetnek például a keretprogramokból vagy a strukturális alapokból kapott támogatások is. Mindebből az vállalkozások haszna az lesz, hogy lehetőséget kapnak arra, hogy a legújabb kutatási eredményeket beépítsék termékeikbe, a kutatóintézetek pedig további forrásokhoz juthatnak kutatásaikhoz, s kiterjedtebb együttműködést valósíthatnak meg más európai kutatóhelyekkel, illetve ahol szükséges, olyan területeken, amelyeknek nagyon erős társadalmi-gazdasági vonatkozásai vannak, ott más tudományágakat is bekapcsolhatnak munkájukba. A felsőoktatás pedig egyáltalán, bekapcsolódik az innovációs folyamatokba, amelyekből eddig többnyire – „előkelően” – kimaradt. Talán ezután presztízst jelent majd számukra az EIT-embéma mint a kiválóság és innovativitás márka-

jele. Az üzleti élet is hasznot húzhat, ha ezen keresztül olyan új területek is hangsúlyosan kerülnek be az oktatásba, mint a vállalkozás-tan, az innováció vagy a kockázatkezelés.

A magyar szempontok

Azon túl, hogy egy ilyen intézmény közelsége segíthet integrálni a magyar (és európai) felsőoktatást, kutatóintézeteket és innovatív vállalkozásokat, nagyon fontos a gazdaságdiplomáciai kapcsolatrendszer felértékelődése is. Miután az EIT prioritásai a közösség globális szintű kihívásaira reagálnak, ezért az ezekben való bekapcsolódás fokozott lehetősége segíti a strukturális alapok jobb kihasználását is.

Nem véletlenül zajlott az igazgatótanács alakuló ülése a Tudományos Akadémián. Ahogy Pálinkás József, az Akadémia elnöke elmondta, hasznára lehet egymásnak az EIT és az MTA, mert az EIT segíthet közelebb hozni az akadémiai kutatóintézeteket a gyakorlathoz, miközben viszont az akadémiai kutatóintézetek jó partnerek lehetnek a Tudás és Innovációs Közösségekben, és az Akadémia szakemberei személyesen is segíthetik munkájukkal, tanácsaikkal az igazgatótanács munkáját. – Az biztos, – mondta Pálinkás József – hogy az oktatásra, tudományra, kutatásra költött pénz bőségesen megtérül, de hangsúlyozni kell, hogy ennek leghatékonyabb módja azoknak a hálózatoknak a szervezése, amelyekben együtt dolgoznak a felsőoktatás, a tudományos kutatás, és a vállalkozói, üzleti szféra résztvevői, ez segíti leginkább a versenyképesség növekedését.

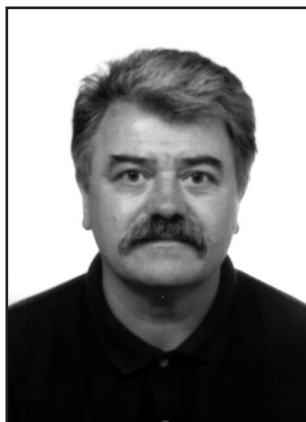
Kulcsszavak: *tudásháromszög, oktatás, kutatás, innováció, KIC, EIT, versenyképesség, lisszaboni stratégia, munkahelyteremtés, Európai Unió*

Megemlékezés

2008 februárjában tragikus hirtelenséggel elhunyt Csörgő Sándor, az egyik legtermékenyebb és legtöbbet idézett magyar matematikus, a valószínűségszámítás és a matematikai statisztika világviszonylatban kiemelkedő kutatója.

Kis Heves megyei faluban, Egerfarmsoson született 1947. július 16-án. A középiskolát Egerben, az egyetemet Szegeden végezte. 1975-ben, Kijevben, Anatolij Vladimirovics Szkorohod vezetésével lett a matematikai tudományok kandidátusa. Ezután a JATE Analízis Alkalmazásai Tanszékén előbb adjunktus, majd docens, végül 1987-től egyetemi (később tanszékvezető egyetemi) tanár. Számos külföldi egyetemen volt vendégprofesszor; 1990-től 1998-ig a University of Michigan (Ann Arbor, Michigan, USA) professzora volt.

Kutatási területe a határeloszlások elmélete és annak alkalmazásai, melyek a klasszikus valószínűségelmélet központi kérdéseire tartoznak. Egy tudományos monográfiát tett közzé, és 161 tudományos cikke jelent meg nemzetközi folyóiratokban. Munkáira kétezeröttszáznál több hivatkozás született; ezzel egyike lett azon három leggyakrabban idézett magyar matematikusnak, akik rákerültek a *Science Citation Index* nagy presztízsű listájára (ezen összesen hat magyar tudós található).



CSÖRGŐ SÁNDOR
1947–2008

Igen erős elméletalkotó képességekkel rendelkezett. Az empirikus karakterisztikus függvények és egyéb transzformáltak valószínűségelméletének megalkotása lényegében az ő nevéhez fűződik, ahogy a legtöbb eddigi statisztikai alkalmazás kezdeményezése vagy kimunkálása is. A megbízhatóságelméleti, illetve orvostudományi alkalmazásoknál fontos szerepet játszó cenzúra alatti empirikus folyamatok approximációs elméletének kiépítését szintén ő kezdte el tanítványaival. Eredendően tisztán elméleti gyökerűek a független, egyforma eloszlású valószínűségi változók összegei határeloszlására vonatkozó – társszerzőkkel folytatott – vizsgálata, amelyek a valószínűségelmélet egyik központi problémakörébe tartozó, és az 1940-es évekbeni, lényegében már lezártnak tartott területét újították meg. Újat tudott nyújtani olyan klasszikus problémakörben is, mint a szentpétervári paradoxon, amellyel a matematikatörténet legragyogóbb elméi foglalkoztak az elmúlt kétszáz év során. (A probléma az, hogy ahhoz, hogy a játék igazságos legyen, mennyit fizessen Pál n játékért Péternek, akitől minden egyes játékban 2^k dukátot kap 2^{-k} valószínűséggel, $k=1,2,\dots$) Ennek paradox volta abban áll, hogy bár Pálnak játékonként várhatóan végtelen sokat

kellene fizetnie, már annak is csak 0,016 a valószínűsége, hogy ő maga 64 dukátnál többet kap). A problémát új szempontból tárgyaló és azt feloldó monográfiája korai halála miatt sajnos befejezetlen maradt. Ezen félbe maradt mű méreteire jellemző, hogy ennek csak az eddig elkészült bibliográfia-része mintegy száz oldal terjedelmű.

Csörgő Sándor nemcsak kiváló tudós, de valódi mestertanár is volt. Lenyűgöző előadói stílusával és legapróbb részletekre kiterjedő figyelmével és segítőkészségével tanítványok egész sorát állította sikeres tudományos pályára. A sztochasztikus matematikai kutatások szegedi iskoláját egymaga teremtette meg. Kutatóként először ő foglalkozott a szegedi egyetemen valószínűségszámítással és matematikai statisztikával, és tanítványaival együtt hamarosan nemzetközi hírnevet szerzett a helynek. Mind az alap, mind pedig a doktori képzésben a sztochasztika oktatását szinte egymaga dolgozta ki, és folyamatosan modernizálta; a szegedi sztochasztikai oktatás óriási részben az ő vállán nyugodott.

Számos megérdemelt szakmai kitüntetésben részesült, többek között az Erdős Pál

Matematikai Díjban, az Akadémiai Díjban, a Szele Tibor-emlékéremben, a Mestertanár Aranyéremben és a Szent-Györgyi Albert-díjban. 2007-ben ő kapta a Szegedért Alapítvány Fődíját; 2008-ban posztumusz Széchenyi-díjban részesült. A Magyar Tudományos Akadémia 2001-ben választotta levelező, és 2007-ben rendes tagjai sorába.

Korai halálával egy tervvel teli, rendkívül gazdag életpálya szakadt meg óriási úrt hagyva maga után a szegedi egyetem és az egész ország matematikai életében. Matematikai hagyatékát, eredményeit még sokáig használni fogjuk; munkásságát tanítványai folytatják. Mindannyiunkban megmarad színes egyénisége; büszkén vállalt „paraszti eredetű” ízes beszédstílusa; klasszikusokéval vetekedő lebilincselő elbeszélsmódja, illetve az igazság és igaz ügy melletti hajthatatlan elkötelezettsége és kiállása. Csörgő Sándort, a kollégát, társszerzőt, tanárt, illetve barátot lehetetlen lesz feledni.

Totik Vilmos
tanszékvezető egyetemi tanár,
Szegedi Egyetem



Tudtuk, hogy gyengélkedik, halála mégis váratlanul és felkészületlenül ért minket. Most már csak az emlékért tudjuk felidézni.

Fábián Pál a tanári hivatást családi örökségként kapta. Nem véletlen tehát, hogy a szombathelyi Faludi Ferenc Gimnázium elvégzése után a Pázmány Péter Tudományegyetemre jelentkezett, s tagja lett az Eötvös Collegiumnak.

Magyar-olasz szakos tanulmányait befejezve, 1947 tavaszán, Pécsen kezdte el a tanári pályát a Széchenyi István Gimnáziumban. 1948-ban doktorált. 1949 nyarán megbízták az újonnan szervezett Pécs bányatelepi gimnázium vezetésével, de egy évvel később már Budapesten dolgozott, a pedagógiai főiskolán. Itt érvényesült először sokoldalúsága és rendkívüli munkabírása: tanított a nappali, az esti, a levelező tagozaton; jegyzeteket írt, ezzel több szaktárgy oktatását tudományos szintre emelte; szervezte, bővítette a tanszéket; sőt még arra is volt ereje, hogy ellássa az Akadémián az I. osztály szaktitkári teendőit.

Amikor a pedagógiai főiskola 1955-ben megszűnt, Fábián Pált az ELTE Bölcsészettudományi Karának Magyar Nyelvtudományi Tanszékére helyezték. Docenssé 1964-ben léptették elő. Egyetemi tanárrá 1979-ben nevezték ki. Az ELTE BTK Mai Magyar Nyelvi Tanszékét 1984 júliusától 1988 júniusáig vezette. Az egyetemen még magasabb szintű és a korábbinál is összetettebb feladatok megoldására nyílt lehetősége, és kivételes szervezőképessége is kibontakozhatott. Az egyetem adta oktatási munka (leíró nyelvtan, jelentés-



FÁBIÁN PÁL
1922–2008

tan, szókészlettan, stilisztika, helyesírás, nyelvművelés) mellett hiánypótló jegyzetet, tankönyvi fejezeteket írt; a nyelvészeti tanszékcsoport titkára volt; segítette a kari nyelvész tudományos diákkört. – Egyetemi munkáját megszakítva 1964 és 1969 között a magyar-olasz kulturális egyezmény keretében a padovai egyetemen magyar vendégprofesszorként teljesített szolgálatot, a bolognai lektori teendőket is ellátva, s két évig a Művelődési Minisztérium tudományegyetemi osztályán is dolgozott, másodállásban. Sokfelé ágazó további tevékenységét szinte lehetetlen követni. Irányította például az iskolai anyanyelvi nevelés megújításáért szerveztetett (6-os főirányú) kutatásokat is.

1991 januárjával vonult nyugalomba. Ettől kezdve haláláig mint professor emeritus segítette a Mai Magyar Nyelvi Tanszék munkáját.

Fábián Pál töretlen és nagy ívű életpályája tudományos eredményekben igen gazdag. Tizennyolc könyv szerzője, társszerzője vagy szerkesztője. Tanulmányainak és cikkeinek száma több mint kétszáz. Kutatási eredményeivel kandidátusi (1962), majd akadémiai doktori (1989) minősítést szerzett.

Tudományos munkásságát (néhány rövid nyelvművelő cikk közzététele után) a reformkori gazdasági élet nyelvének kutatásával kezdte (*Nyelvünk a reformkorban*, 1955).

Figyelme ezután elsősorban az élőnyelv szókészletének vizsgálatára irányult: az idegen szavak kérdésköréről írt hosszabb tanulmányt a *Nyelvművelésünk főbb kérdései* című nevezetes kötetbe (1953); munkatársa volt az idegen

szavak és kifejezések Bakos Ferenc szerkesztette szótárainak; szerzője *A mai magyar nyelv* című egyetemi tankönyv (1968) szókészletani fejezetének.

Foglalkozott a szóalkotás nyelvhelyességi kérdéseivel, a mozaikszókkal, az exonimákkal stb. – Különösen fontos kutatási témája volt a magyar nyelvművelés története, amelyet előbb a *Nyelvművelés* című egyetemi jegyzetben foglalt össze (1980), majd kutatásainak eredményei *Nyelvművelésünk évszázadai* (1984) címmel külön könyv formájában is megjelentek.

Stilisztikai irányú munkálkodásának is a szókészlet az egyik területe; így például *A magyar stilisztika vázlatában* (1958) ő a szerzője a szóhangulat kérdéseivel foglalkozó fejezetnek. Később a 19. század második felének nyelve és stílusa került az érdeklődésének a középpontjába: a kor nyelvi fejlődéséről több közleménye jelent meg. – A Mai Magyar Nyelvi Tanszék stíluskutató csoportját több éven át vezette.

Mind tudományos, mind társadalmi szempontból jelentős a magyar helyesírás terén kifejtett tevékenysége. Évtizedeken át szívós következetességgel küzdött a magyar helyesírás rendszerének korszerűsítéséért, és ebben elévülhetetlen érdemeket szerzett. *A magyar helyesírás szabályai* című hivatalos akadémiai szabályzat 1954. évi 10. és 1984. évi 11. kiadása munkálatainak szervezője, a szabályok és a szójegyzékek egyik megfogalmazója, illetve összeállítója. – Társszerzője a *Helyesírás tanácsadó szótárnak* (1961), a *Helyesírás kézikönyvnek* (1988) és a *Magyar helyesírás szótárnak* (1999). – Felismerve a szaknyelvi helyesírások fontosságát, szorgalmazója volt számos ilyen irányú munkálatnak, és szakértő munkatársakkal együtt több szakmai (például földrajzi, kémiai, ásványtani,

katonai, műszaki, orvosi, növényrendszertani, állatrendszertani stb.) helyesírási szabályzat, illetve szótár kidolgozásában és közrebocsátásában vett rész. E munkásságával megteremtette a szaknyelvi helyesírások egységét.

Számos, a magyar helyesírás elméleti és gyakorlati kérdéseit boncoló cikk és tanulmány szerzője. Tüzetesen feldolgozta a magyar helyesírás történetének 18. század végi és 19. század eleji szakaszát. Kutatásainak eredményeit *Az akadémiai helyesírás előzményei* című könyve (1967) tartalmazza.

Külföldieknek magyar nyelvet tanítva figyelt fel az összevető nyelvizsgálat sajátos szempontjaira. Ezeknek figyelembevételével írta magyarul tanulni szándékozó olaszoknak *Manuale della lingua ungherese* című nyelvkönyvét (1971). Az összevető nyelvizsgálat köréből több tanulmányt jelentetett meg, főként egyetemközi olasz-magyar tudományos konferenciakötetekben.

Hungarológusként előadott többek között Bolognában, Padovában, Nápolyban, Torinóban, Udinében, Velencében, Helsinkiben, Bécsben és nem utolsósorban Pozsonyban, Komáromban, Kassán, Versecen, Szabadkán, Újvidéken, Kolozsváron, Ungváron, mindenhol mindig erősítve a hazánkat a külvilággal összekötő szálakat.

Életének, pályájának szerves része a nyelvészeti közéletben való irányító részvétel is. 1951-től tagja, 1954-től titkára, 1980-tól társelnöke volt az MTA Helyesírási Bizottságának; 1952-től tagja a Nyelvművelő Bizottságnak; 1997-től 1999-ig pedig elnöke a két bizottság összevonásából alakított Magyar Nyelvi Bizottságnak. További funkciói: a Magyar Nyelvtudományi Társaság választmányának tagja 1952-től; majd a Magyar Nyelvészeti Szakosztály elnöke; a *Magyar Nyelvőr* szerkesztőbizottságának elnöke 1993-tól, az *Édes*

Anyanyelvünk szerkesztőbizottságának tagja; választott képviselőként egy évtizedig tagja az MTA „parlamentjének”. Sokat és eredményesen dolgozott a TIT-ben is, amelynek tiszteletbeli tagjává választották.

A több mint fél évszázaddal ezelőtt megkezdett és mind a mai napig szakadatlanul folytatott tudományos és tanári tevékenysége méltán emeli Fábíán Pált a mai magyar nyelvtudomány egyik meghatározó személyiségévé. A nyelvtudományban való legelső jelentkezésétől – mint Pais Dezső tanítványa – a budapesti nyelvésziskola tagja és képviselője. Ez nála is – az Eötvös Collegium neveltségéhez méltóan – a tények feltétlen tiszteletét; felkutatását és elemzését jelenti; a tudományos előzmények megismerésének és kritikájának követelményét; szakadatlan tanulást, az új ismeretek, kutatási eredmények befogadását. Maga írja akadémiai doktori téziseiben: „Egész pályámon végig foglalkoztatott, milyen folyamatok mentek végbe nyelvünkben, s ezeket felderíteni igyekeztem. – Ám [...] arra is törekedtem, milyen tanulságokat lehet levonni a múlt eseményeiből a mára nézve, illetőleg hogy mit lehet, mit kell tenni a ma nyelvéért, hogy gondolataink hű tükrözője legyen.”

Kitüntetései és elismerései: a Magyar Népköztársasági Érdemérem arany fokozata (1951); a Munka Érdemrend ezüst fokozata (1973); Kiváló Munkáért (1982); a Magyar Népköztársaság Csillagrendje (1986); Eötvös Loránd-emlékérem (1990); Déry Tibor-jutalom (1990); Kosztolányi-díj (1994); Lőrincze-díj (1996); Révai Miklós-díj (1999); a TIT Elnökségének köszönő és elismerő oklevele (1961, 1983); a TIT Aranykoszorús Jelvénye (1978); a TIT Tiszteletbeli Tagja kitüntető cím (1986); a Felvételi Előkészítő Bizottság vezetéséért miniszteri dicséret (1978, 1983); a Kazinczy

Alapítványtól elismerés (1961, 1977); ELTE-aranydiploma (1997).

Fábíán Pál egész nemzedéke legszebb és legtermékenyebb éveit egy nehéz kor szorításában élte meg. Ebben az időben a legnehezebb feladat a nemzeti értékek átmentése, megőrzése és ápolása volt. Ezt tette, amikor szókészletünkről írt, amikor a stílus kérdéseit boncolgatta, vagy akkor is, amikor küzdött nyelvünk tisztaságáért és helyesírásunk ügyéért, hisz maga mondta egyszer: „Helyesen írni és jó magyarnak lenni: ugyanaz.”

Értékmegőrző munkát végzett akkor is, amikor tanárként a katedráról, a nyelv titkait feltárva az anyanyelv szeretetére, megbecsülésére nevelte és buzdította hallgatóit: sokunkat, engem is.

S tette mindezt olyan kitűnő pedagógiai érzékkel, elegáns könnyedséggel, természetes egyszerűséggel és logikával, hogy nem volt, akít magával ne ragadott volna, s akibe be ne oltotta volna a nyelv és a nyelvészet iránti szeretetet.

De értéket őrzött és értékteremtésre ösztönzött emberi tartásával és példájával is: fáradhatatlan szorgalmával, pontosságával, megbízhatóságával, igaz barátságával, önzetlen feladatvállalásával; a hálátlan, kevéssé látványos és nemigen méltányolt közhasznú munkák példamutató szervezésével és körültekintő véghezvitelével, ugyanakkor türelmével és kutatásra, publikálásra noszogató türelmetlenségével, s nem utolsósorban azokkal a szerényen elhallgatott harcokkal, melyeket megvívott a magyar nyelv ügyéért s értünk. Öröm volt vele találkozni, mert mindig tele volt derűvel, kedvességgel, s kellemes légkört teremtett maga körül. Jó volt látni optimizmusát, s hallgatni biztató szavait, hogy egy ügy nem akkor vész el, amikor elveszni látszik, hanem ha már nem hiszünk benne.

Higgadtsága, bölcsessége, figyelmessége, kedvessége, fiatalokat is megszégyenítő fáradhatatlansága, derűt árasztó egyénisége jótékonyan érezte hatását mindig és mindenütt. Kitűnő ember és tanár, elkötelezett nyelvész volt, aki az életét az anyanyelv érde-

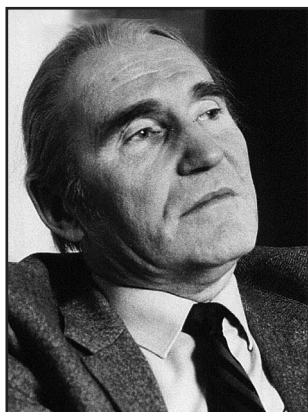
kében történő munkálkodásnak szentelte. Az egyetemen és a tudományos életben is fájó hiányát érezzük bölcsességének, sokoldalú tudásának, természetes, közvetlen stílusának, s főként: igaz emberségének.

Keszler Borbála
nyelvész



Öntörvényű személyiség volt a 20. század második felének igencsak hányatott életű Magyarországon. Aki ismerte, tudta, hogy kivételes ajándékot kapott a sorstól, ha alkalma volt eszmecezerét folytatni Vele. Rendkívüli képessége volt ahhoz, hogy mintegy magához emelje föl, saját gondolatmenet kifejtésére ösztönözte azt, akivel beszélgetett.

Irtózott a nagy szavaktól. Nem szerette a nyilvánosságot. Úgy vélte, a világmegváltó, emberboldogító tündérmesék általában hazugsággá válnak. Sztoikus alkata mindazokkal szembeállította, akik megfellebbezhetetlen igazságokat akartak kimondani, vagy egyenesen jóslatokba bocsátkoztak, akiknek – Kosztolányi szavaival élve – „mindig csak egy gondolatuk volt, [...] kettőt már nem tudtak volna gondolni.” Szellemi s erkölcsi nagysága messze kiemelte az időkbeli, amelyekben élt. Példája csakis törpeségére emlékeztetheti a mai világot. Ha valaki, ő igazán előkészített egy rendszerváltást, sokkal mélyebben, mint annyian, akik látványos szerepet játszottak, miközben a hatalom védte bensőség előnyeit élvezték. 1990 után egyre világosabban látta, hogy nem az következett be, mit ő remélt. Betegsége azután fokozatosan elzárta a történésektől. Lehet, voltaképp bölcsesség is rejtett abban, hogy elfordult a világtól, mintegy levette a kezét róla. Egész életében idegenkedett a közéletől, megvetette a hangzatos külsőségeket, a szónokiasságot, a túlzó állításokat, a kenetteljes vagy érzélgős hanghordozást, ezért is nehéz néhány szóban összefoglalni, mekkora veszteséget jelent a szellemi életnek az ő távozása.



NÉMETH G. BÉLA

1925–2008

Olyan vidékről származott, amelynek gazdag kultúrája szinte elválaszthatatlan a tájtól. Az a terület, ahol a Kisalföld és a Balaton-felvidék találkozik egymással, nem került török uralom alá, s ő őseihez hasonlóan Mária Terézia uralkodása idején épített elemi iskolába járt. Később írt tanulmányaiban is sok nyoma van annak a világnak, amelyben a hagyományos ünnepek, az ő szavaival „az ádvent fényvagyakozó hajnali miséi, a tavasz örömet sugárzó föltámadási processzió, a mindenszentekesti gyertyalángok melletti magába szállás” teremtettek rendet. Beszédjéből olykor még ki lehetett hallani némi dunántúliasságot. A bensőség mindvégig fontos érték volt számára – ezért is becsülte sokra a kamarazenét, a romantikus Lied örökségét, Eichendorff vagy Storm verseit. Tökéletesen tisztában volt azzal, melyek a legnagyobb műalkotások, de ahhoz is rendkívüli érzéke volt, hogy észrevegye a kismesterek alkotásainak szépségeit – Petelei műveinek, Mikszáth alig ismert kései elbeszéléseinek, Dsida Jenő verseinek hangvételét senki nem értette úgy, mint ő. Erős értékrendje volt, ezért nem hiányoztak belőle az elfogultságok, de képes volt túllépni önmagán. Olyan korban élt, amely néha engedményekre kényszerítette, ám ezeknek tudatában volt, sőt, a hozzá közelálló azt is észrevehette, hogy restellte őket. Aki egykori tanulmányait összeveti azzal, amit mások követtek el ugyan csak a hatvanas-hetvenes években, láthatja, milyen jelentéktelen mértékben alkalmazkodott ő ahhoz, amit várt a politikai vezetés. Zárkózottsága mögött önmegszó személyiség

rejtett. Magától értetődőnek tekintette, hogy mindenkinek saját lelki alkata van, amely elősegíti bizonyos értékek észrevételét, ám elzárja másoktól. Türellemmel vette tudomásul, ha valaki egyáltalán nem rokonszenvezett a szemléletével.

A politika sokáig gátolta kibontakozását. Kizárták az Eötvös Collegiumból, s eleinte csak általános iskolában, majd könyvtárban dolgozhatott. 1960-ban eltávolították az Akadémia Irodalomtörténeti Intézetéből. Évekig középiskolában oktatott. 1968-ban munkaközösséget szervezett, mely azután hetenként ülésezett az Eötvös Collegium első emeletén. Afféle ellen-egyetemet hozott létre, melyen mindazt el lehetett, sőt kellett feleltetni, amit a pesti bölcsészkar akkori hatalmaságai képviseltek, politikai és szellemi értelemben egyaránt. Akiknek megadatott a lehetőség, hogy részt vehettek a késő estébe nyúló, szenvedélyes vitákban, egy életre kaptak eligazítást. E nagyszerű tudós-nevelő a legkülönbözőbb társadalmi háttérű fiatalok között tudott párbeszédet teremteni. A mai doktori képzés nem ismeri a vezetőnek azt a kérlelhetetlen szigorát, időt nem kímélő, teljesen önzetlen fáradozását s egyszersmind közvetlenségét, amellyel ő e nem hivatalos foglalkozásokat irányította. Szellemi kört hozott létre, melyben irodalmárok szorosán együtt tudtak működni más szakmák művelőivel. Kizárólag magunkat okolhatjuk, ha utóbb nem, vagy csak részben váltottuk be hozzánk fűzött reményeit. *Az el nem ért bizonyosság*, majd később a *Forradalom után - kiégyezés előtt* című kötet létrejött, de más tervek megvalósulatlanul maradtak.

Első rövidebb irodalmi tanulmánya már 1950-ben megjelent, kötetének sora azonban csak 1970-ben kezdődhetett el. A tizenkilencedik századi magyar irodalom méltatójaként

arról győzte meg olvasóit, hogy súlyosan tévednek azok, akik a huszadik század elejétől eredeztetik a nemzetközi szintű magyar szellemiséget. Előterbe állította Arany János nagykorosi líráját, minden elődjénél alaposabban vette számba Arany László, Asbóth János és Péterfy Jenő munkásságát, újraértékelte a tizenkilencedik-huszas század fordulójának magyar elbeszéléseit, versmagyarázataiban pedig különösen Arany János, Vajda, Komjáthy, Babits, Kosztolányi, Kassák, Szabó Lőrinc, József Attila, Radnóti s Pilinszky költeményeinek adta újszerű értelmezését. Az önmegszóító s időszembesítő verstípus mérlegelő eszme-futtatásáról bizvaszt állítható, hogy a magyar irodalom kutatásának legmaradandóbb teljesítményei közé tartozik. Arany János életművéről vagy József Attila kései verseiről adott értelmezése megkerülhetetlen mindazok számára, akik magyar költészetet olvasnak. Tárgyas, rejtetten személyes írásmódja nyilvánvalóan a magyar értekező próza művelőinek élvonalába sorolható szerzők közé emeli őt.

Miben is rejtett hatásának titka? Tudományközi vizsgálódásra, sőt több művészet befogadására ösztönzött. Meggyőződése volt, hogy poétika nem létezik szociológiai, lélektani, bölcséleti, nyelvészeti, társadalom-, művelődés- és gondolkodástörténeti távlat nélkül. Johann Sebastian Bach zenéje vagy Barlach szobrása éppúgy szenvedélyesen érdekelte, mint Nietzsche és Heidegger bölcsellete, Arany János költészete vagy Fontane prózája. Föl lehetne tenni a kérdést, ugyan hány irodalmárnak jelentett olyan mély élményt, mint neki, Anton von Webern zenéje vagy akár Tintoretto és Caravaggio festészete? Vershez és prózához egyaránt páratlan füle volt – egyik korai tanulmányát a próza zeneiségének szentelte –, s még az általa nagyon szeretett művek apró

hibáira is tökéletes biztonsággal tudott rámutatni. – *Itt esik a vers* – mondta.

Az ő ösztönzésére fogtak az általa nevelt fiatalok, nemzedéktársaim középiskolai tankönyvek írásába. Amikor politikai támadást intéztek ellenünk, ellentmondást nem tűrő módon állt mellénk. – A műveltség nem okvetlenül érdem, de a műveletlenség sem okvetlenül az – jegyezte meg egy alkalommal, amikor beidéztek bennünket a Pártközpontba. Hatását nehéz jellemezni, mert kizárta annak a lehetőségét, hogy a tanítvány úgy kövesse mesterét, ahogy a természettudományos vagy műszaki haladásban lehetséges. *„Fragen gibt es nicht wie Schuhe und Kleider, oder Bücher”* – ahogyan az a gondolkodó írta, akinek olvasására ösztönzött bennünket.

Tőle tanultuk meg, hogy az eszmetörténet nem pótolhatja a műalkotások vizsgálatát, s az irodalmárnak szakítania kell a pozitivistábránddal, mely szerint adott tények megtalálása a cél. Óva intett nemcsak a fogalmak meghatározásától idegenkedő élménybeszámolók hagyományától és a marxista Lukács örökségétől, de az angolszász empirizmus, a francia strukturalizmus vagy bármely irányzat divatszzerű elfogadásától is.

Miközben egyre többen tértünk át a számitógépes fogalmazásra, ő ellenállt a hangvétel személyes jellegét óhatatlanul is veszélyeztető technika kísértésének. Más vonatkozásban is az ár ellen úszott. A tudomány és ismeretterjesztés közötti szakadék elmélyítése helyett arra törekedett, hogy a szakma igényeit nevelő-tanító szempontokkal egyeztesse össze. Helytelenítette, ha valaki tolvajnyelven fogalmazott. Függetlenül attól, hogy közvetlen és közvetett tanítványai olykor nagyon is különböző irányokban haladtak tovább, tagadhatatlan, hogy miközben szorosan kapcsolódott Arany János, Péterfy Jenő

s Babits Mihály tárgyyszerű tanulmányírói örökségéhez, iskolát teremtett a magyar irodalomtörténet-írásban. Olyanok is az ő munkáiból merítettek ösztönzést, akiknek nézetei lényegesen különböztek egymástól, vagy akiket a szó szoros értelmében nem is tanított az egyetemen. Példája más területek művelőit is saját szempontjaik felülvizsgálatára készítette. Jellemző, hogy a hatvanadik születésnapjára készült kötet szerzői között a történettudomány, a klasszika-filológia, a művészettörténet s a néprajz művelői is megtalálhatók.

Későn kapott hivatalos elismerést. Csak negyven éves korában lett oktató az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, s a piarista épület harmadik emeletén sokáig értetlen gyűlölködés szorongatta. A Tizenkilencedik Századi Magyar Irodalomtörténeti Tanszék vezetését nem bízták rá, noha addigi munkássága alapján ez illette volna meg. A szükségből erényt csinált, s egy évtizedekkel korábban megszüntetett tevékenységi irány folytatására mutatott példát, amidőn 1981-ben Művelődéstörténeti Tanszékot hozott létre. A negyedik emeleten székelő tanszékén olyan szabad szellemet honosított meg, amely páratlan volt a nyolcvanas években.

„Er starb - ein Mensch wie alle!” Gurnemann szavai Titulerről juthatnak eszébe annak, aki tudja: az itt maradott méltatlan utódnak óhatatlanul követnie kell az eltávozottat. Az *Ősz és tavasz között*, a *Balázsolás*, a Kosztolányi által írt *Halotti beszéd*, az *Ének a semmiről*, a *Bukj föl az árból* s a *Talán eltűnök hirtelen...* elemzője évtizedek óta készült a halálra, arra a percre, amelyben „a lét észrevétlenül a nemlétbe billen”. Egyetemi óráin, előadásain s tanulmányok hosszú sorában hirdette, hogy az emberi léttől elválaszthatatlan a szembesülés a semmivel, s nincs jelentős filozófia vagy

művészet ennek fölismerése nélkül. „Mert minden test olyan mint a fű, és az embernek minden dicsősége mint a fűnek virága; megszárad a fű, és annak virága elhull.” *Péter apostol első levelének* e részletét éneklte a kórus az *Ein deutsches Requiem* második tételében. Minden zene közül Brahmsnak ez a műve állt legközelebb az elhunythoz. Vonatkoznak e csodálatos alkotásnak az *Újszövetség* utolsó könyvéből származó végzavai is órá: „megnyugosznak az ő fáradságoktól, és az ő cselekedeteiknek jutalma követi őket.”

Németh Géza emlékének megőrzése nem az itt maradtak gyarló igyekezetén múlik. Munkássága az európai szintű magyar szellemi örökség elidegeníthetetlen, időtálló része. Függetlensége mindnyájunk számára követendő példa, még akkor is, ha az ő színvonalát egyikünk sem érheti el. Alkotó szellem volt, világot teremtett maga körül, és ennél többet senki nem tehet. Ahogy egyik kedvelt költője írta: *„a nagy időn se lesz hozzá hasonló.”*

Szegegy-Maszák Mihály
irodalomtörténész

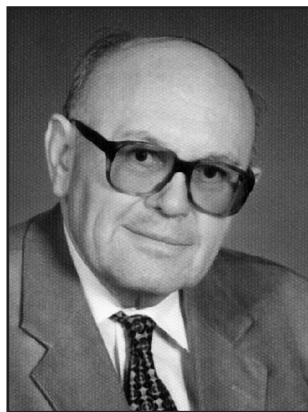


Augusztus 17-én, életének 77. évében elhunyt Rédei Károly finnugor nyelvész, az MTA tiszteleti tagja. Élete nem bővelkedett látványos fordulatokban, tudományos pályája azonban egyre magasabbra ívelt.

Rédei (Radanovics) Károly 1932. április 11-én született Kiskanizsán. Középiskolai tanulmányait a piaristák nagykanizsai gimnáziumában kezdte meg, 1951-ben érettségizett az időközben államosított iskolában. Tanulmányait az ELTE Bölcsészettudományi Karán folytatta, 1955-ben szerzett diplomát magyar nyelvből és irodalomból. Az egyetemen kezdett érdeklődni a finnugor nyelvészet iránt tanárai, Zsirai Miklós, Beke Ödön és Lakó György hatására. Magyar nyelvészetet és nyelvtörténetet Pais Dezsőtől és Bárcki Gézától tanult. Ezt követően aspiráns lett az MTA Nyelvtudományi Intézetében, ahol Lakó György vezetésével készítette el a zürjén és votják névutórendszerét tárgyaló kandidátusi értekezését. 1960-ban lett a nyelv tudomány kandidátusa.

1958-tól 1974-ig dolgozott az MTA Nyelvtudományi Intézetében tudományos munkatársként, majd 1967-től a Finnugor Osztály vezetőjeként. Ugyanebben az évben védte meg akadémiai doktori értekezését, amelyben a zürjénből a vogulba került jövevényszavakkal foglalkozott.

1974-ben meghívták a bécsi egyetem akkor alapított Finnugor Tanszékére egyetemi tanárnak. Ezt a posztot emeritálásáig, 2000-ig töltötte be. Bécsben óriási szervező munkát végzett, megteremtett egy magas színvonalon oktató és kutató, jól prosperáló tanszék, ahol



RÉDEI KÁROLY

1932–2008

emeritusként is tanított, amíg egyre romló egészségi állapota engedte.

A hazai tudományos életől a bécsi évek alatt sem szakadt el. Szerkesztette a legrégebbi magyarországi nyelvészeti folyóiratot, az MTA által kiadott *Nyelvtudományi Közleményeket* (1974–1985), és szerkesztője volt a Nyelvtudományi Intézet Finnugor Osztályán készült uráli etimológiai szótárnak. Rédei tudományos érdemeit az MTA

többek közt azzal ismerte el, hogy 1990-ben külső, 2007-ben tiszteleti tagjává választotta.

Utolsó éveit Magyarországon töltötte, 2002 és 2005 között ismét részt vett a *Nyelvtudományi Közlemények* szerkesztésében és szinte az utolsó percig dolgozott, egy tanulmánya ez év nyarán jelent meg a folyóiratban.

Rédei Károly több mint ötvenéves tudományos tevékenysége során szinte a finnugor nyelv tudomány valamennyi részterületén (terepmunka, szövegközlés, leíró nyelvészet, hangtörténet, történeti alaktan, etimológia stb.) maradandót alkotott. Állításomat szeretném néhány konkrét példával alátámasztani. Először 1957-ben járt Leningrádban, ahol az ott tanuló osztják diákoktól szövegeket gyűjtött, ennek és az 1964-es útnak eredménye az északi osztják nyelvjárásokat bemutató két *chrestomathia* (szövegeket és nyelvtant tartalmazó, tankönyvként is használható kiadvány), amelyek közül az egyik angolul, a másik németül jelent meg. 1964-ben hosszabb időt (fél évet) töltött zürjén nyelvrokonaink között. Ennek is köszönhető, hogy a zürjén nyelv egyik legjobb szakértője lett, aki a nyelvet is kiválóan beszélte. Ezen a területen legfonto-

sabb művei az 1978-ban Bécsben németül, Budapesten magyarul megjelent zürjén chrestomathia, illetve az ugyanebben az évben megjelent, angol fordítással ellátott *Zyrian Foklore Texts* vaskos kötete.

Számos hosszabb-rövidebb tanulmánnal gazdagította a finnugor történeti hang- és alaktant is. Ezek felsorolásától itt eltekintek. Személyes véleményem szerint ezen a területen talán a legfontosabbak a permi nyelvek (zürjén és votják) magánhangzóinak történetével foglalkozó írásai.

Vitathatatlan, hogy Rédei Károly tudományos munkásságának legfontosabb és legeredményesebb részét az etimológiai kutatások képezik. Az etimológia (vagyis a szavak eredetének és történetének kutatása) hagyományosan a finnugor nyelvészet súlyponti része, hiszen ennek segítségével tudjuk bizonyítani az egyes rokon nyelvi szavak összetartozását és ezen keresztül a nyelvrokonságot. (A nyelvrokonság bizonyításában persze az alaktani egyezéseknek is fontos szerepük van.) Rédei évtizedeken át írta a *Nyelvtudományi Közlemények*-ben *Szófejtések* című sorozatát, amelyben végül a 366-os sorszámmal jutott el. Még fontosabbak azok a monográfiái és tanulmányai, amelyekben összefoglalóan tárgyalja különböző finnugor nyelvek jövevényszó rétegeit, amelyek rokon vagy nem rokon nyelvekből származnak. Ezek közül különösen jelentősek a finnugor nyelvek régi iráni jövevényszavaival, illetve a permi nyelvek régi török jövevényszavaival foglalkozók.

Rédei etimológusi tevékenységének csúcspontját az általa szerkesztett uráli etimológiai szótár (*Uralisches Etymologisches Wörterbuch, Budapest–Wiesbaden, 1986–1988*) jelenti. Ez a nagyszabású, közel ezer oldalas mű össze-

gyűjti, és kritikailag értékeli az uráli nyelvek (az uráli nyelvcsaládot a finnugor és a szamojéd nyelvek alkotják) etimológiailag közös szókészletét, megadva az alapnyelvre (uráli alapnyelv = a mai uráli nyelvek kb. 6000 évvel ezelőtt beszélt közös előzménye) rekonstruálható hangalakokat és jelentést, a rokon nyelvi folytatókat és a szóra vonatkozó korábbi szakirodalmat. A megjelenése óta eltelt évtizedekben ez a szótár az uráli nyelvtörténeti kutatások legfontosabb forrásává vált.

Nem állt távol Rédeitől a magas színvonalú ismeretterjesztés sem. 1998-ban jelentette meg *Östörténetünk kérdései* című könyvét, amelyben egyrészt közérthető módon igazolja a magyar nyelv finnugor voltát, másrészt élesen szembeszáll a dilettáns nyelvrokonítási elméletekkel.

Rédei Károly barátságos, közvetlen ember volt, aki különösen fontosnak tartotta a fiatal kutatónemzedék nevelését. Ez már budapesti tevékenységében is megmutatkozott, de abban is, hogy a Pázmány Péter Katolikus Egyetem finnugor államvizsga bizottságának elnökeként egyetlen államvizsgáló kedvéért is elutazott Bécsből Piliscsabára. Kemény, de korrekt vitázó volt, aki ugyan a végsőkéig kitartott véleménye mellett, de mindig tiszteletben tartotta az ellenvéleményt is.

Rédei Károly nemzetközileg is ismert és elismert tagja volt a finnugor kutatók közösségének. Ennek jeleként a helsinki Finnugor Társaság, szakmánk legrégebbi és legtekintélyesebb tudományos intézménye is tiszteleti tagjává választotta. Kedves kollégánk halála nagy vesztesége mind a hazai, mind a nemzetközi tudományos életnek.

Csúcs Sándor
a nyelv tudomány doktora

A jövő tudósai

Tisztelt Olvasó!

A kutatók utánpótlásával – fiatal tudósokkal foglalkozó melléklet 21. számában *Csépe Valériának*, az MTA főtitkárhelyettesének gondolatébresztő írását közöljük a nők helyzetéről a tudományos kutatók között. A tanulmány elemzi a nők tudományos karrierjét gátló tényezőket, és javaslatokat fogalmaz

meg változtatásukra. Kérjük, ha a nők tudományban betöltött helyzetével vagy az ifjú kutatókkal kapcsolatos témában bármilyen megjegyzése vagy javaslata lenne, keresse meg a melléklet szerkesztőjét, Csermely Pétert a csermely@puskin.sote.hu email címen.

Csermely Péter

az MTA doktora,

Semmelweis Egyetem, Orvosi Vegytani Intézet

„ÉDES TEHER” – SZEREPVÁLSÁGBAN VANNAK-E A KUTATÓNŐK?¹

„Hétköznapi felfogásban – akár pejoratív, akár pozitív kicsengéssel – a karrier azt jelenti, hogy az ember „vitte valamire”, elért valamilyen társadalmilag nagyra értékelt pozíciót”. Többek között ezzel kezd, Monica Belcourt és munkatársai 1996-os felméréseire hivatkozva, Koncz Katalin a *Nők a munkaerőpiacon* című, 2008-ban megjelent tanulmányának első fejezetét. Koncz Katalin munkája és kiváló szakmai elemzései rávilágítanak azokra az összetett társadalmi jelenségekre, amiért a nők karrierje ma is vitatéma, s maga a karrier szó pedig különösen rosszul cseng a köznapiban, különösen, ha nő az, aki azt elérte. E furcsa jelenség ott is megfigyelhető, ahol a sikeres munkának, a szakma által elismert teljesítménynek a következménye,

elválaszthatatlan eleme a karrier. A kutatás, fejlesztés, innováció területén végzett sikeres teljesítményről nincs véleményeltérés, hiszen újat, eredetit hoz, művelője számára intellektuális öröm. A fokozatokban, címekben, vezetői megbízatásban kifejeződő szakmai előmenetel, tehát a karrier megítélése már nem ilyen egyértelmű.

A nők munkavállalásával, karrierlehetőségeivel számos szakterület foglalkozik, a *gender study*-k korszakát éljük. Sok, szakmailag ezen a területen kevésbé jártas kutatótársammal együtt ezeknek a kutatásoknak az a hozama érdekel leginkább, amely azt teszi mérhetővé, számszerűsíthetővé, hogy a 21. század elején a kutatónők szerepe miként változik. Változnak-e a lehetőségeik? Szerepválságként élük-e meg a családi feladatok és a kutatói elfoglaltságok egymásnak feszülését? Enyhíti-e bármilyen intézményesített segítség a gyermekszülés és nevelés édes, ám a szakmai munka ütemét lassító terheit? Az átfogó elemzésekben sokan azt a választ keressük, amely arra a kérdésünkre felel, hogy

mit kellene tenni. Minél előbb. Melyek azok a változások, amelyek ahhoz kellenének, hogy az általában (de nem kizárólag) a nők által vállalt nagyobb családi teher ne vesse vissza véglegesen a tudományos teljesítményt, hogy a rátermett, teljesítményt felmutató nők közül a jelenleginél többen juthassanak el a vezetői pozíciókba.

A nők megjelenése a tudományos élet vezetői pozícióiban a fejlett országokban ma egyre erőteljesebb, pedig arányuk már most is jelentősen meghaladja a posztszocialista országokra jellemzőt. Ebben az általános tendenciában az is megmutatkozik, hogy a korábbi passzív szerepek átalakulnak, a nők a korábbinál nagyobb szerepet vállalnának a kutatásirányításban is, jóllehet ez gyakran vezet a „karrier *versus* család” szerepkonfliktushoz. Ennek ellenére az látható, hogy a kutatómunka és a magánélet egyeztetésének lehetőségei minőségileg új szakaszukba léptek. A nők tudományos szerepvállalása, beleértve a vezetői pozíciókat is, erősödik. Bár ennek tényezőit nem lehet és nem szabad leegyszerűsíteni, kétségtelen, hogy az egyik meghatározó faktor az, hogy a modern, tudásalapú társadalom aligha engedheti meg magának, hogy lemondjon a magasan képzett nőkről, a K+F+I szektorból kiszoruljanak a kutatónők.

A közelmúltban több olyan átfogó tanulmány is született, amely a kutatónők helyzetét elemzi, ezen belül különös tekintettel a vezetésben, döntéshozatalban betöltött szerepre és arányokra. A szélesebb felmérésekre épülő tanulmányok közül elsősorban kettőre fogok hivatkozni annak alátámasztására, hogy a kutatásban aktív nők helyzetének áttekintésére és az ajánlások gyakorlatba történő átültetésére megérett az idő. Az egyik tanulmány egy EU-szintű átfogó felmérés

és helyzetelemzés: *Mapping the Maze: Getting More Women to the Top in Research* (2008). A beszédes cím már önmagában azt sugallja, hogy a tudományos hierarchia tetején nincsenek rendben a dolgok. Az EU huszonhét országára, továbbá Izraelre, Svájcra és Norvégiára kiterjedő elemzésből kiderül, hogy 1990 óta alig változtak a nők esélyei arra, hogy vezető tudományos pozícióba jussanak, a férfiak karrieresélyei pedig mindenben meghaladják a nőkéét. Az EU-jelentés elég egyértelműen fogalmaz, amikor felsorolja ezeknek az érezhető és mérhető következményeit: a tudománypolitikában, a kutatási források elosztásában nem érvényesül eléggé a nők véleménye, szemléletük nincs vagy alig van jelen, így a kutatási prioritásokra, K+F+I kérdésekre vonatkozó döntések nem eléggé kiegyenlítettek, így adott irányban elfogult döntések is születnek. Érdemes megjegyezni, hogy a tudományban vezető szerepet betöltő nők helyzetét elemző beszámolót készítő szakértői csoport – Nők a Kutatási Döntésekben (Women In Research Decision Making, WIRDEM) – munkáját svájci elnök vezette, a beszámoló pedig egy észak-kutatónői irányítással készült. Az EU-15 országaihoz 2004-ben csatlakozó tíz ország közül tehát Észtország az egyik vezető résztvevő, a tagok között pedig ott van Szlovákia, Szlovénia és Románia is. A magyar kutatónők helyzetére vonatkozóan is számos adattal szolgál a tanulmány, ezeket azonban egy későbbi részben elemzem, összehasonlítva azzal a munkával, amely egy magyar vezetéssel készült, az EU 6. Keretprogramban végzett projekt (Women in Science Debate) eredményeit foglalja össze (Palasik – Papp, 2007)

Tudnunk kell, hogy Európában, így Magyarországon is, a nők tudományos szerepvállalásának gyökerei valamivel messzebbre

¹ A tanulmány az *Esélyegyenlőség a kutatásban* című konferencián, 2008. június 23-án elhangzott *Szűlni vagy kutatni? – Valóban ez itt a kérdés* című előadás alapján készült.

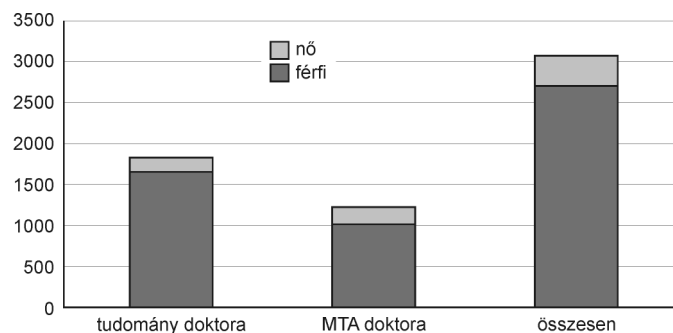
nyúlnak vissza, mint a világ más régióiban. A magasán képzett nők ma is képviseltetik magukat a tudományos munkában, a probléma elsősorban nem ezzel, hanem a pályán való elakadással van. Az európai országokban, így Magyarországon sem az a probléma, hogy nem jut el elég nő az egyetemekre, vagy nem jut be a doktori iskolákba. A tényleges problémák a tudományos pálya későbbi, a gyermekvállalással egybeeső szakaszában jelennek meg, s a pályán töltött évek előrehaladásával pedig hatványozódnak. A sikeres pálya, s a kutatásban való irányító részvétel számos feltételhez, például megfelelő tudományos fokozathoz kötött. Ez az a feltétel, amely teljesítendő, éppen ezért nem érdemes félremagyarázni az ehhez nyújtott segítségre irányuló törekvéseket. Nem szabad abba a hibába esnünk, hogy azt mondjuk, azok keresik az új lehetőségeket, akik egyébként alkalmatlanok a megfelelő szakmai teljesítményre. Az ilyen törekvéseket maguknak a kutatóknak kell megakadályozniuk.

Foglalkozás, fokozat, felemelkedés

A kutatóknak számát tekintve Magyarország nem marad el az EU országaitól. Az elemzők (pl. WIRDEM) szerint ez nem csak pozitív

mutató. Az elemzők szerint a posztoszocialista országokban, így Magyarországon is ez a magas arány részben annak köszönhető, hogy a közalkalmazotti fizetések a kutatói pálya presztízsét kikezdték, s ennek következtében nőtt a nők létszáma a kutatásban, lett ki-egyenlített a férfi-nő arány. Ma azonban a K+F területen már látszanak a jelei annak, hogy a vállalkozói szférában emelkednek a fizetések. Ennek várható hatásaként sokan azt jósolják, hogy a K+F területéről kiszorulnak majd a nők. Egyelőre ennek még látványos jelei nem láthatók, de érdemes lehet rá felkészülni. Igaz viszont, hogy bármely szektorról legyen szó, a vezető pozíciót betöltő kutatóknak aránya igen alacsony. Míg a diploma megszerzésekor a nők aránya 50 % feletti, a kutatás és felsőoktatás vezetői pozícióiban évek óta 12 % körül mozog.

Magyarországon a kutatásban foglalkoztatott nők helyzete meglehetősen vegyes képet mutat. A tudományos fokozatok tekintetében már a PhD szinten is van eltérés (a nők aránya átlagosan 37 %), holott az egyetemen, sőt még a doktori iskolákban sincs a nemek száma szerint jelentős eltérés (kivételet csupán néhány szakterület jelent). Az igazán robusztus eltérés az MTA doktora



1. ábra • A nők aránya a legmagasabb akadémiai tudományos fokozatot szerzettek között (2008. május 31-i állapot)

fokozatot szerzettek esetében figyelhető meg, a nők aránya az úgynevezett „nagydoktori” teljes létszámra (tudomány doktora és MTA doktora) viszonyítva a 2008. május 31-i állapotnak megfelelően 13,5 %. Ettől azonban jelentősen eltér a 2000 után MTA doktora fokozatot szerzettek körében a nők aránya, itt ugyanis, amint az 1. ábra mutatja, a nők aránya jelentősebb, már 18 %, szemben a 2000 előtt fokozatot szerzettek 11 %-ával.

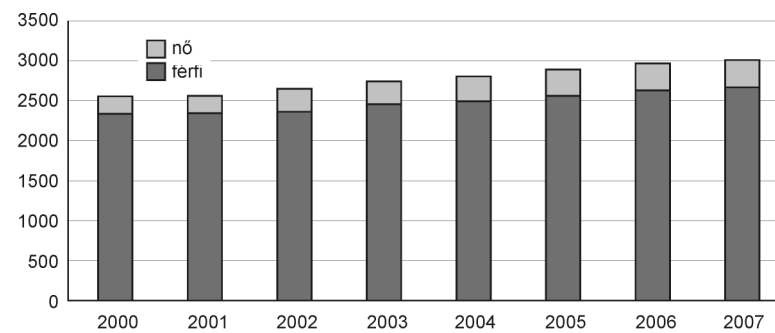
A második ábrán az is jól látható, hogy az adott évi teljes létszámra vonatkoztatva ez az arány 2000 és 2008 között fokozatosan javult, mégpedig olyan szigorodó körülmények között, amelyben a benyújtott pályázatok nem kis hányada sikertelen, azaz a tudományos osztályok bizottságaiban erősödő minőségi szempontok érvényesülnek. Az ábrán természetesen az is jól látható, hogy a gyakran hangoztatott vélemény, miszerint katasztrofális tempóban nő az akadémiai doktorok száma, nem felel meg az adatoknak. Nyolc év alatt (2000 és 2007 között) 325 fővel, azaz átlag évi 40 fővel nőtt a létszám.

Az MTA tagjai a tudomány doktora, illetve MTA doktora fokozattal rendelkezők közül jelölhetőek, illetve választhatók. Figyelembe véve tehát azt, hogy a szükséges foko-

zattal rendelkezők között jóval magasabb a férfiak aránya, könnyen belátható, hogy az MTA levelező és rendes tagjai között is több férfinak kellene lennie. A probléma „csupán” annyi, hogy a nagydoktorok, tehát a jelölhetőek és választhatók számára vetítve a férfiak aránya 14 %, a nőké pedig 6 %, azaz a létszámában kisebb csoportból kisebb számban is választanak. Bár a 2007. év az akadémiai tagválasztás szempontjából kivételes, hiszen soha ennyi nőt még nem választottak az akadémikusok tagjaik sorába, a választásnak ezt az arányát követve lassú változás várható. Valójában azonban nem ez a szint, ahol áttérésnek kell lennie, hanem a jelölhetőek arányának kellene változnia. Ehhez azt kell megnézni, hogy hol, a pálya milyen szakaszában akadnak el a nők a tudományos előmenetelben. Melyek azok a tényezők, amelyek az egyéni döntést befolyásolhatják, s melyek azok, amelyek a kutatói közösség karrier-viszsfogó tulajdonságaiból következhetnek.

Karriergátak a nők kutatói pályáján

Szinte alig van olyan tanulmány, amely ne térne ki arra a szerepdilemmára, amely a család és a pálya kettős terheiből következik, s amely sokszor választási kényszert is jelent,



2. ábra • Az akadémiai doktorok adott évi teljes létszámán belül a férfiak és nők arányának változása 2000 és 2007 decembere között

alapvetően meghatározva a nők előbbrejutását. A kutatói pályán a fokozatszerzés és ebből következően a későbbi vezetővé válás esélyeit csökkenti a kutatói munka és a gyerekvállalás ütközése. A „kutatói munka összeegyeztethető a gyerekvállalással” kihívásnak azok tudnak megfelelni, ahol az egyéni vállalás és a családi segítség ötvöződik. A szülőképes korú nők vagy a doktori képzés vagy a disszertáció elkészítésének időszakában vállalnak gyereket, többségük nem tud mindkét feladatnak megfelelni. Sem a jelenlegi ösztöndíj, sem az azt követően várható segédmunkatársi vagy tanársegédi fizetés nem teszi lehetővé, hogy megfizetendő segítséget igénybe vegyenek. A kutatómunka családi segítség esetén is kifejezett egyéni erőfeszítést igényel, a legtöbb család nem engedheti meg magának, hogy az anya részmunkaidőben dolgozzék. Számos kutatóhely, legyen egyetemi, akadémiai vagy más, nem veszi szívesen a korlátozott jelenlétet és az idői határok közé szorított kutatómunkát. Az már csupán plusz nehezítő körülmény, hogy az otthoni munkához szükséges infrastruktúra (pl. ADSL) anyagi vonzata kevés közalkalmazottként foglalkoztatott kutató számára vállalható.

A gyermeket vállaló nőket a PhD-fokozat megszerzésében akkor lehet hathatósan segíteni, ha előbb felmérjük, mi az az intézményes vagy a disszertációját készítő kismama által pályázható segítség, amely a kutatói munkára fordítható időt növeli. A már fokozattal rendelkező kisgyermekes kutatónők számára is nélkülözhetetlen az a segítség, amit a részmunkaidő vagy az otthoni munkavégzés feltételeinek megteremtése jelenthet. Ugyancsak ebbe a körbe, bár másként megoldandó kérdésként tartozik a megfelelő színvonalú gyermekintézmények és a családbarát munkahelyek kialakítása. Ezek válto-

zása nélkül a kisgyermekes kutatónők szakmai felemelkedése változatlanul lassú marad, megfelelő teljesítmény és fokozatok megszerzése is az egyén és a család vállalásának függvénye. Statisztikai adatok bizonyítják, hogy erre később sem, sőt sokszor egyáltalán nem kerül sor.

Megvizsgálandó például, hogy mindazon a kutatók számára kiírt pályázatok esetén, amelyek életkorhoz, a diplomaszerezés vagy fokozatszerzés idejéhez kötik a részvételt, miként lehet a pályázati korhatárt a gyermekes nőknél (esetleg azoknál a férfiaknál is, akik gyermekgondozási szabadságon vannak, vagy voltak) meghosszabbítani. Lehet-e például a gyermeket vállaló kutatónő néhány „fiatal”, azaz sérti-e bárki érdekeit, ha eltér az életkori határ. Érdemes megvizsgálni tehát, hogy a karriertámogató intézkedések közül miként vezethető be úgy minél több, hogy az ne vezessen a másik nem hátrányához. A nők elakadása a kutatói pályán azonban nem csupán olyan okokra vezethető vissza, amelyek a fentebb felsorolt külső faktorok következményei. A belső, azaz a kutatónő attitűdjében, döntési preferenciáiban keresendő okok közé sorolható a szociológusok igen szemléletes szakkifejezésével jelölt üvegplafon hatás és az esélytudatosság hiánya. Míg az előbbi szinte minden országban megfigyelhetően befolyásolja az adott pozíció elfogadásáról hozott döntést, az utóbbi a poszt-szocialista országokban különösen kifejezett. Az üvegplafon hatás lényege, hogy a nők minden pozícióra vonatkozó döntésüknél azt mérlegelik, hogy az ebből következő kötelezettségek miként befolyásolhatják a családot, a férfiakénál lényegesen magasabb óraszám-ban végzett otthoni munkát miként tudják a karrierrel járó feladatokkal összeegyeztetni.

A nők tehát, különösen, ha kicsi gyerekeik van, nem vállalnak el egy magasabb pozíciót, jóllehet pontosan látják a kihívást, de a család miatt nem merik vállalni.

A fentebb említett 2008-as EU-jelentés hosszan foglalkozik azzal, hogy a poszt-szocialista országokban milyen alacsony a K+F-szektorban dolgozó nők esélytudatossága. A jelentés készítői például több mutató mentén Németországot hasonlították össze a poszt-szocialista tagállamokkal. Hasonlóság mutatkozott abban, hogy valamennyi országban a kutatásban tradicionálisan hierarchikus, férfiközpontú rendszerek működnek, a döntéshozó testületekben férfifélség van, a magas beosztásúak többsége férfi, a férfiak pályája töretlen és gyors, nincs valódi támogató rendszer, a kutatónők speciális problémáira nem fókuszálnak.

A legjellemzőbb eltérést a nők esélytudatosságában találták. A kutatónők egy része irtózik attól, hogy megemlítse, illetve tegyen azért, hogy a kutatónők helyzete, karrieresélyei javuljanak. Sokan feminizmus bélyegétől rettegnek, mások viszont valóban vélt vagy valós sérelmeiket szeretnék egy ilyen köntösbe bújtatni. A kutatónők teljesítményét, karrieresélyeit segítő egészséges törekvések egyik ismérve, hogy nem valakik ellen szólnak, hanem valakikért, nevezetesen a nőkért. Nem jogtalan előnyöket szeretnének, hanem intézményes segítséget ahhoz, hogy a nők megszerzett tudásukat hasznosíthassák, és a családról se kelljen lemondaniuk. Ez nem csak a kutatónők pszichológiai jóllétét (well-being) szolgálja, hanem megfelelő módszerekkel társadalmi haszna is mérhető. Valamennyi korszerű fejlődépszichológiai kutatás azt mutatja, hogy a gyerekek intellektuális fejlődése, iskolai előmenetele, felnőttkori bevétele legszorosabban az anya iskolázott-

ságával korrelál. Nehéz tehát elfogadni, hogy egy ország hajlandó arról lemondani, hogy a magasán képzett nők gyermeket vállaljanak. Az MTA-n hamarosan megalakuló, a kutatónők helyzetét elemző, hazai és EU-kutatások alapján ajánlásokat kidolgozó munkacsoport olyanokból áll majd, akik kiemelkedő teljesítményűek, maguk is anyák és nagymamák, akik a család és munka nyomásában érintettként és vezetőként is ismerik a kutatónők sürgősen kezelendő problémáit.

Adatok a magyar kutatónőkről

Az egyes tudományterületeken dolgozó kutatók nemek szerinti eloszlásáról nagyon hiányos adatok állnak rendelkezésre, az EU-ban és Magyarországon is. Mégis elmondható néhány korábbi statisztika alapján, hogy a magyar tendenciák hasonlóak más országokéhoz: a nők aránya a legmagasabb bölcsészettudományokban, ezt az orvostudomány, a társadalom- és az agrártudományok követik. A műszaki tudományok területén a legalacsonyabb a kutatónők aránya. A különbségek okainak feltárása részletes, módszereiben tudományosan alapozott munkát igényel. Mégis megkockáztatom, hogy ott tudnak a nők a kutatásban a ma még nem működő, illetve nem elég hatékony támogatórendszer ellenére a leginkább megmaradni, ahol egy személyes kutatások végezhetőek, nincs a kutatómunka jelentős mértékben laboratóriumhoz, terephez kötve. Ezeknek az egyszemélyes kutatásoknak a kora azonban nagyon sok diszciplínában egyre inkább lejár, a K+F átalakuló finanszírozási rendszere pedig biztosan nem ebben az irányban mozdul el. A nők helyzete tehát akkor javul, ha számosan jelen lehetnek a kutatásban, és teljesítményüket, az élvonalba történő bejutásukat segíti a társadalmi környezet és mindenek előtt a

környezet. A család különleges segítsége eddig is adott volt, legalábbis a sikeres kutató-nőknél. A hazai helyzetre vonatkozóan álljon itt egy idézet a *Women in Science Debate* projekt összefoglalójából (Palasik – Papp, 2007, 4–5.): „A kutatások azt is igazolták, hogy a diplomás nők karrierépítése jóval lassúbb, mint a diplomás férfiaké. Még ehhez képest is nehezebb helyzetben vannak a nők, ha a tudományos kutatást választják hivatásul. 2005-ben Magyarországon 31 407 kutatót regisztráltak a költségvetési intézményekhez és a vállalkozói szektorhoz tartozó kutatóintézetekben, valamint az egyetemeken. Együttesen 34,2 %-uk volt nő. A költségvetési intézményekben foglalkoztatnak legnagyobb arányban nőket a kutatók-fejlesztők között, ugyanakkor a létszámuk ebben a szektorban nem sokban különbözik a vállalkozói szektorban dolgozó kutatókétól, míg a felsőoktatásban, ahol összesen és a nőket tekintve is háromszor annyi kutató dolgozik, a nők aránya már némileg alacsonyabb. Ugyanakkor a felsőoktatás alkalmazza a legnagyobb arányban (és számban) a nőket segéd- és egyéb személyzeti pozícióban.” ... „2005-ben Magyarországon a magánszektor kutatóhelyei költötték a legtöbbet K+F-re, ugyanak-

kor ebben a szférában a legalacsonyabb a nők aránya. Ugyanakkor az egy kutatóra jutó ráfordítás és a női kutatók arányának összehasonlítása alapján azt mondhatjuk, Magyarországon nem minden tudományterületre igaz, hogy ott a legalacsonyabb az egy kutatóra jutó ráfordítás, ahol a legmagasabb a nők aránya.” A tanulmány megállapításai egybecsengenek a 2008-as EU-jelentéssel, és még sok más hazai tanulmány megállapításaival. Elérkezett az ideje, hogy ezeket együtt, összefogva elemezzük, és a megszívlelhető, különösebb anyagi ráfordítást nem igénylő intézkedéseket valósítsunk meg. Enélkül nem fog az arány változni, amely évek óta stagnál, amint az *I. táblázatban* jól látható.

A Palasik Mária–Papp Eszter-tanulmány számos hasznos megállapítása mellett arra is felhívja a figyelmet, hogy egy adott csoport helyzetének értékelése és a változások elindításához szükséges lépések kidolgozása tudományosan megalapozott elemzést és hatástanulmányt igényel. Meglepő lehet, de pont a tudomány területén dolgozó nők helyzetével foglalkozó döntéshozók feledkeznek meg arról, hogy ezeknek az elemzéseknek is az érintett tudományterületek feltételeinek megfelelő adatfelvétel és elemzés szabályainak kell

megfelelniük. Így derülhet ki például, hogy a nők tudományterületi foglalkoztatottságára vonatkozó vélemények nem állják meg a helyüket. Az említett tanulmány szerint kimutatható, hogy „szektorok szerint vizsgálva nem érvényesülnek bizonyos általánosnak tekintett törvényszerűségek, például az, hogy mindig a bölcsészettudományban a legmagasabb a nők aránya és az ipari kutatásban a legalacsonyabb.”

A jövő

A tanulmány végén szeretném meggyőzni a kétkedőket arról, hogy a kutatónők helyzete, szakmai előmenetele nem valamiféle női, hanem osztársadalmi kérdés. Ehhez ismét a Palasik–Papp-tanulmányból idézek (29. oldal): „**A jövőre vonatkozóan nagyon súlyos problémára szeretnénk felhívni a figyelmet.** Ez pedig, hogy alapvetően megváltoztak a diplomások családalapítási szokásai is. Míg 1980-ban a 85 %-uk családban élt (a népességen belül családban élők aránya 86 % volt), 1990-ben annak ellenére, hogy számuk tíz év alatt több mint 200 ezer fővel nőtt, csupán 39 %-uk élt családban (a népességen belül családban élők aránya 83 % volt). Ez természetesen azt is jelenti, hogy a diplomások rétege fiatalodik, a családalapítást pedig későbbre halasztja. A családban élő diplomás férfiak 79 %-a házas, a nőknek 64 %-a férjhezment. A diplomás nők 34,5 %-a gyermektelen.

De még a házasságban élő diplomás nők 11 %-a is gyermektelen, az egygyermekesek aránya pedig 29 %. A gyermeküket egyedül nevelő diplomás apák aránya 11 %, az anyáké 26 %; utóbbi lényegesen magasabb, mint az országos átlag, ami 19 % (KSH 1990, 1997, 1999, 1998). Ezek a pusztán számok, de ha belegondolunk a számok mögött rejlő várható társadalmi folyamatokba, eléggé elrettenítő képet kapunk. Ha ez a tendencia folytatódik, akkor az elkövetkező évtizedekben a diplomások még kisebb hányada fog családban élni, a családban élők között is még kevesebben vállalnak gyermeket, mint eddig, tovább nő a rétegben az elváltak aránya.”

A kutatónők helyzetével foglalkozni nem divatkérdés és rosszízű feminizmus. Azok, akik így gondolkoznak, az életük valamely szakaszában (például apaként, nagyapaként) rájönnek, hogy a szakmájukkal elégedett, kiegyensúlyozott családot szolgáló diplomás nők a jövő alakulásának fontos szereplői.

IRODALOM

- Palasik Mária – Papp Eszter (2007): *Nők a tudományban – Áttekintés Magyarországról*. A Cseh Köztársaság Tudományos Akadémiájának Szociológiai Intézete, Prága
Mapping the Maze: Getting More Women to the Top in Research (2008) EU-jelentés a nők helyzetéről.

Csépe Valéria

az MTA levelező tagja, főtűkárhelyettese
 csepe@office.mta.hu

	nő	Férfi	Összesen	Nők aránya, %
1990	8489	21 767	30 256	28,1
1995	7092	13 767	20 859	34,0
1998	8129	15 418	23 547	34,5
2000	9537	18 339	27 876	34,2
2002	10 039	19 725	29 764	33,7
2003	10 647	19 645	30 292	35,1
2004	10 484	19 936	30 420	34,5
2005	10 731	20 676	31 407	34,2

I. táblázat • A nők számának és arányának változása a kutatók-fejlesztők között 1990 és 2005 között (Palasik – Papp, 2007, a szerzők engedélyével)

Kitekintés

EGYSZERŰSÖDİK A MÁGNESEZETTSÉG BEFOLYÁSOLÁSA?

Új megoldást találtak a mágnesség irányának szilárd testekben való megváltoztatására japán kutatók, módszerük csak elektromos feszültséget igényel.

Egy mágnes mágneses térben beáll a tér irányába. A számítógépben a diszken a helyi mágnesezettség mintázata tárolja az információt, az információ felírásához áramimpulzust adnak a diszk felett mozgó kis elektromágnesre. A módszer indirekt és energiapazarló, ezért régóta keresnek közvetlen megoldást.

A japán kutatók csak elektromos feszültséget alkalmaznak a mágnesezettség irányának befolyásolására. Kísérletükben lényegében a mágnes mágneses anizotrópiáját kontrollálják, így hozzák létre a kívánt irányú mágnesezettséget. Az elektronok spin-pálya kölcsönhatásának köszönhetően az elektronok energiája függ a mágnesezettség irányától, tehát a mágneses anizotrópiát az elektronszerkezet szabályozásával lehet kontrollálni. Daisuke Chiba és munkatársai fém-szigetelő-félvezető eszközt hoztak létre, a (GaMn)As film félvezető alacsony hőmérsékleten ferromágneses. A módszer nem igényli, hogy áram folyjék az eszközben, csak feszültséget kell ráadni. Az eszköz a ma széles körben alkalmazott fém-oxid-félvezető technológiával létrehozható. Az alapelv, a mágneses anizotrópia elektronszerkezet függése más anyagoknál is

alkalmazható, például fém vagy fém-oxid ultravékony filmek felületén.

Saitoh, Eiji: New Order for Magnetism. *Nature*. 25 September 2008. **455**, 474–75.
Chiba, Daisuke et al.: Magnetization Vector Manipulation by Electric Fields. *Nature*. 25 September 2008. **455**, 515–518.

J. L.

ÚJ, OLCSÓ KATALIZÁTOR VÍZBONTÁSHOZ

A klímaváltozás, a magas gázárak egyre fontosabbá teszik a hidrogénenergetika elterjedését. A vízbontáshoz legjobban a platinakatalizátor vált be, de a platina drága, és kevés van belőle. A Massachusetts Institute of Technology kutatói környezetbarát katalizátort fedeztek fel. Az alapanyag kobalt és foszfor, ezek az anyagok olcsók, és bőven van belőlük. A fejlesztés még nem érte el a gyakorlati alkalmazhatóság szintjét, de szakértők döntő előrelépésnek minősítik az új katalizátort. Anódiának indium-ón-oxidot választottak, majd az anódot kobaltot és kálium-foszfátot tartalmazó vízbe merítették. Az áram hatására nagyon szilárd kobalt-foszfát film vált ki az anódon az indium-ón-oxid tetejére. Ez a filmréteg a vízbontó katalizátor. A katalizátor tökéletesen működik. A rendszer indításához energiát kell befektetni, és egyelőre csak kis áramerősségnél működik. A kutatók bíznak abban, hogy mindkét problémát megoldják, és az elektródákat napelemekhez csatlakoztathatják. Me-

rész távlati tervük annak tisztázása, hogy a katalizátor működik-e tengervízben. Napfényel lehetne hidrogént kinyerni a tengervízből, a hidrogént csőrendszeren a partra juttatva elektromosságot és édesvizet lehetne létrehozni. A Nap és az óceánok a világ két legnagyobb szükségletét elégíthetnék ki.

Service, Robert F.: New Catalyst Marks Major Step in the March toward Hydrogen Fuel. *Science*. 1 August 2008. **321**, 620.

Nocera, Daniel G. et al.: Science online, www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/1162018

J. L.

EGYSÉGES TALAJMODELL

A talaj fenntartható megőrzése bonyolult folyamat, a talaj összetevői nagyon eltérő időskálán reagálnak a külső hatásokra és bonyolult kölcsönhatásban állnak egymással. A talaj a Föld felszínét borító laza kőzetanyag, a regolit legfelső rétege. A talaj nemcsak kőzetrezecskékből áll, alkotórészei az ásványok, tápanyagok, szerves anyag, biota (flóra és fauna) és a víz. Ezek az összetevők százmillió évektől néhány percre terjedő jellemző élet-tartammal bírnak, tanulmányozásuk több, egymástól elszigetelt tudományág témája. Az emberi hatások megbecsléséhez, a fenntarthatóság megőrzéséhez elengedhetetlen egy egységes modell megalkotása.

Geológusok szerint a regolitot formáló folyamatok egyensúlyban vannak, a földrészek felemelkedésekor annyi kőzetrezecske keletkezik, amennyit az erózió elvisz. A regolit felső 0,6 méteres rétegében a tartózkodási idő száz és néhány százezer év között változik. A geokémikusokat a regolit kémiai összetétele érdekli, az ásványok válaszidejét vizsgálják. Az

ásványok tartózkodási és reagálási ideje a talajprofilok kémiai összetételéből kiolvashatóan százmillió évek és évszázadok között változik. A szervezetekben megkötött tápanyagok tartózkodási ideje lényegesen rövidebb. A talaj szerves anyagainak tartózkodási idejére nagyságrendileg száz-ezer év az elfogadott becslés, de egyes anyagoknál ez az időtartam mindössze egy-tíz év. Az ökoszisztémák külső zavarokra adott reakcióideje nagyságrendben 10-100 év, de vitatják, van-e egyáltalán egy ökoszisztémának állandó állapota. Az állandó állapot a külső zavarok (pl. tüzek, rovarinváziók) nagyságának és gyakoriságának bonyolult függvénye. A talajban a víz reakcióideje a legrövidebb, perceként néhány száz évig terjed. Az emberi beavatkozások miatt nagy a valószínűsége fontos küszöbértékek meghaladásának. Globálisan harminczorosára nőtt a hosszú távú talajerózió. Csökkent a talaj tápanyagtartalma, ugyanakkor a műtrágyák egy része más ökoszisztémába, az óceánokba kerül át.

Brantley, Susan L.: Understanding Soil Time. *Science*. 12 September 2008. **321**, 1454–1455.

J. L.

A TALAJ SZÉNHÁZTARTÁSA

A talaj szén ciklusának ismerete kulcsszerepet játszik a légkör szén-dioxid-tartalmának előrejelzésében. Nagyon bizonytalan, hogyan reagál a felmelegedésre a talaj szervesanyagában tárolt szén. A szervesanyag felépülésének és lebomlásának megismerése kritikus a légköri szén-dioxidhoz való hozzájárulás becsléséhez, de fontos a talaj termőképességének megőrzése szempontjából is. Gyűlnek az ismeretek az összefüggésekről, de a destabilizáló hatá-

sokra (pl. felmelegedés, földhasználat változása) reagáló folyamatokat kevésbé értjük.

A kutatáshoz a közvetlen megfigyelés mellett a radiokarbon kormeghatározást vetik be a szerves anyag korának meghatározására. A hónapos-éves időskálán a friss növényi hulladék lebomlása miatti tömegvesztéséget csaknem kiegyenlíti az új hulladék talajba kerülése. A hulladék lebomlása tehát a talaj szénvesztésének fő forrása. A millió éves skálán végbemenő változások nem figyelhetőek meg közvetlenül, mindesetre a változások százszor-öttszázszor lassabbak, mint a friss hulladék bomlásánál. A legtöbb aggodalomra az évtizedek-évszázadok időtáv ad okot, és éppen ezt ismerjük legkevésbé.

A friss növényi anyag magasabb hőmérsékleten gyorsabban bomlik. Nem világos azonban, hogyan reagál a hőmérsékletváltozásra az ásványi felületen stabilizálódott szén. Néhány speciális esetben jól előre láthatók a változások. A magas északi területek nettó szénforrássá válnak a következő száz évben. A Földközi-tenger vidékén gyakori tüzek miatt a szén gyorsabban kerül az atmoszférába, mint ahogy a talajban összegyűlik.

Trumbore, Susan E. – Czimczik, Claudia, I.: An Uncertain Future for Soil Carbon. Science. 12 September 2008. 321, 1455-56.

J. L.

A NAGY HAS ELBUTÍT

Amerikai kutatók szerint a hasi elhízás nemcsak a kettes típusú cukorbetegség vagy a szív- és érrendszeri katasztrófák szempontjából jelent kockázati tényezőt, hanem az időskori elbutulás esélyét is jelentősen növeli. A Dr. Rachel A. Whitmer által vezetett csoport 6583 férfi és nő egészségügyi adatainak elemzésével

jutott erre a következtetésre. Mindnyájan 1964 és 1973 között kapcsolódtak be egy nagy észak-kaliforniai egészségvédelmi programba, amelynek résztvevőit 36 éven át követték nyomon. Ezen idő alatt 1049 egyénnél fejlődött ki demencia. A kutatók azt találták, hogy a sok hasi zsír közel háromszorosára emeli az elbutulás esélyét. Maga az elhízás is kockázati tényezőt jelent, de amennyiben nem párosul sok hasi zsírral, „csak” 1,8-szoros rizikónövekedést jelent.

A statisztikai elemzésekben figyelembe vették az életkort, a nemet, az iskolai végzettséget, a családi állapotot, vérzsírszintet, vérnyomás-problémákat, szív-érrendszeri betegségeket, és az így korrigált adatok mutatták a fenti összefüggéseket.

Azt régóta tudják, hogy a hasi zsírszövet szinte önálló hormontermelő szervként működik, és ezért segítheti a cukorbetegség vagy a szív- és érrendszeri katasztrófák kialakulását. A szellemi öregedésben játszott szerepét azonban most vetették fel először, és mivel a felvetés igen súlyos, Whitmerék szeretnék, ha mások is foglalkoznának ezzel a kérdéssel, és minél előbb megerősítenék vagy cáfolnák állításukat.

Közleményükben egyébként nem adnak magyarázatot arra, hogy a hasi zsír miért segítheti az elbutulást.

Neurology. 09. 2008. 71, 1057-1064.

G. J.

ÚJ EREDMÉNYEK AZ ÖSSEJTKUTATÁSBAN

Heréből származó sejteket alakítottak embrionális őssejt-szerű sejtekké a Tübingeni Egyetem kutatói. Ennek azért van nagy jelentősége, mert az őssejtkutatások egyik újabb iránya,

hogy testi sejteket programozzanak vissza embrionális őssejt-szerű állapotba. Az így nyert sejtekkel kapcsolatos kutatások ugyanis nem vetik fel az embriókkal, embrionális sejtekkel kapcsolatos etikai problémákat.

Thomas Skutella és munkatársai 22 férfi heréjéből származó, hímivar-sejtek képzésére alkalmas sejteket olyan anyagokkal együtt tenyésztettek, amelyekről azt feltételezték, hogy segíthetik a sejtek embrió-szerű állapotba történő átalakulását. Két hét múlva a sejteket megvizsgálták, és azt tapasztalták, hogy mind genetikai, mind növekedési sajátosságokat tekintve sokkal inkább hasonlítanak az embrionális őssejtekhez, mint a spermiumokhoz. Amikor ezeket a sejteket immunhiányban szenvedő egerekbe juttatták, azok hasonló daganatokat, ún. *teratómákat* produkáltak, mint amilyeneket az embrionális őssejtek gyakran hoznak létre. Petri-csészében azonban a sejteket izom-, csont-, ideg- és hasnyálmirigy szövetébe is sikerült differenciáltatni.

Korábban más kutatóknak is sikerült testi sejteket, például bőrből származó hámsejteket embrionális őssejt-szerű állapotba juttatni, de azokban a kísérletekben vírusok felhasználásával vittek be olyan géneket a sejtekbe, amelyek „rábeszélték” őket arra, hogy

visszaprogramozzák magukat az embrió-szerű állapotba. Az őssejtkutatások célja azonban a beteg szervek gyógyítása, az ún. regeneratív medicina, és ebből a szempontból a manipulációra használt vírus-örökítőanyagok potenciális veszélyeket jelenthetnek a betegek számára. Skutellának azonban nem használtak sem vírusrészcskéket, sem genetikai módosításokat, ők a biokémiai környezet befolyásolásával érték el a sejtek pluripotens állapotát. És ők az elsők abban is, hogy emberi heresejteket juttattak vissza embrió-szerű állapotba. Ez ugyanis másoknak eddig csak egéresejtekkel sikerült.

Vannak, akik áttörésnek nevezik a német eredményeket, mások hozzáteszik: nők ezekből nem profitálhatnak, hiszen a távlati cél, hogy a betegek számára majd saját testi sejteikből „készítsenek” személyre szabott őssejteket. Azt is negatívumként emlegetik, hogy egyetlen férfi sem örülne, ha heréiből tüvel sejteket távolítanának el, jobb lenne tehát az ilyen sejteket bőrből nyerni.

Nature. 08.10. 2008. | doi:10.1038/nature07404

G. J.

Jéki László – Gimes Júlia



Könyvszemle

S. Nagy Katalin:

Mű – művészet – befogadás

A tanulmány a képzőművészet és szociológia alcímet viseli, de tudománytörténeti szempontból is fontos megállapításokat tesz. Időről-időre kilép az önmaga által konstruált keretből, amely éppen gazdagítja mondani-valóját, semmint elterelné az olvasó figyelmét. Látszólag szigorú a mű szerkezete. A bevezetőben a képzőművészet és a szociológia kapcsolatáról mint önálló szakszociológiáról értekeznek, majd a befogadás egyes fázisaival, a befogadói csoportokkal, műfajokkal, témákkal foglalkozik, és áttekinti a közvetítő intézmények körét, a látogatottság, az eszközhasználat, az aktivitási formák és a fogyasztási szokások szempontjából. Láthatóan ez az építkezés egy gyakorlott oktató-kutató megközelítésmódja, amely mederben tartja a kalandozni vágyót, mégis jelentős az a hatás, amelyet éppen ezzel a rendszert teremtő szándékával kivált.

Legfontosabb kérdése a művészetszociológiának a társadalom és művészet kapcsolata, összefüggéseinek vizsgálata. Ahogyan Pierre Bourdieu nézetei és módszerei sem adaptálódtak a művészetszociológiában, ugyanúgy a korábbi gondolkodók is csupán részleges nyomot hagytak a kutatók felfogásában, vizsgálati eszközeikben. Ezt a hiányt igyekszik pótolni S. Nagy Katalin, és tárgya, a képzőművészet-szociológia alkalmas is erre a kísérletre: „A műközpontú művészetszociológia

a művet a társadalmiság egyik megjelenési módjaként tételezi, s egyszerre vizsgálja a mű struktúráját (formáját, nyelvét, anyagát), a művet mint ideológiai képződményt, mint kulturális kommunikációs jelenséget, továbbá az alkotónak és a befogadónak a műalkotásban benne lévő kölcsönviszonyát, műalkotó–befogadó társadalmi szituációját”.

A képek sokkal erősebben hatnak ránk, mint a szavak. Ezt az is jól bizonyítja, hogy a képeknek mindig is kiemelt jelentőségük volt az emberiség történetében a barlangrajzoktól és a *Biblia Pauperorum*-tól kezdve, a reformáció sokszorosított grafikáin át, korunk képdömpingjéig. A képeket teljesen „betiltani” sohasem sikerült.

Képkorszakban élünk: képek vesznek körül bennünket mindenütt, olyan mennyiségben, mint a történelemben ezelőtt még soha. A plakátok, reprodukciók, fotók, képes újságok, televízió, mozi, képeslapok ontotta képáradat az utóbbi évtizedben tovább bővült a számítógépes grafika, digitális kamera és fényképezőgép, valamint legújabbban a mobiltelefonok segítségével létrehozható képekkel. A hétköznapi emberek maguk is képalkotókká válnak.

Nyíri Kristóf szerint a változások lényege, hogy a „mentális képpalkotás képessége ismét növekvőben van”, és az emberek „kezdi magukat *otthonosan* érezni a képek körében, a képekkel való tevés-vevés olyan gazdag tapasztalatára tesznek szert, amely példátlan az írott történelemben”. Emellett „korunk számítógépes alkalmazásai is változást gerjesztek:

nek: a könnyű képpalkotás lehetőségét, a képi kommunikáció egyre mindennaposabbá válását” (Nyíri Kristóf). Az „ikonikus forradalom” magasabb szintű kommunikációt teremt meg az emberek között, amely talán a jövőben visszaadhatja a személyes kapcsolatok bensőségességét, a kis közösségek intimitását. Nyíri Otto Neurath-ot idézi: „A szavak elválasztanak, a képek kapcsolatot teremtenek”.

A művészet és a társadalom kapcsolatát taglalva mind a kultúra szociológiája, mind a kulturális antropológia művelői azon a véleményen vannak, hogy érdemes újra és újra visszanyúlni a kreativitáshoz mint a megválaszolandó kérdés forrásához. A kultúrakutatók szemlélete azonban eltér a klasszikus társadalomtudományi megközelítéstől, mivel a kreativitást nemcsak mint tevékenységet, hanem mint benyomást értelmezik, ezzel az élményt állítják középpontba. Ez lehetőséget ad arra, hogy mind a kultúrát (esetünkben a művészetet), mind a társadalmat, gazdaságot széles értelemben és a befogadó szempontjából tökéletes élménynek (Csikszentmihályi Mihály) tekintsék. Korunkat úgy is jellemezhetjük, mint az anómia és a devianciák világát, ahol az élmények töredezettek, hiszen a társadalmi normákban diszkontinuitás keletkezik, a társadalmi lény pedig mindinkább individualizálódik, és közben egyre erőteljesebben elidegenedik. Az áramlatélményt nemcsak az anómia nehezíti, hanem a depriváció is. Ez történt a nyolcvanas évek végén a magyar társadalom esetében is, amikor a gazdasági és a politikai szerkezet felbomlott, a kultúra átalakult, és döntően a piacgazdaság és egy sajátos szabadverseny korlátozta az alkotói és a befogadói oldalt egyaránt, de hasonló nehézséget jelent a kreativitás és a *flow* szempontjából a gyors gazdasági fellendülés is.

A művészeti észlelés szociológiai elméletéről szólva S. Nagy Katalin Bourdieu-ra hivatkozik, aki abból indult ki, hogy „valamilyen műalkotás észlelése minden esetben tudatos vagy tudattalan desiffráló műveletet feltételez”. Tökéletesen „közvetlen és adekvát” megértés pedig csak akkor jöhet létre, „ha az alkotó által a művében mozgósított kultúra azonos azzal a kultúrával, illetve pontosabban művészeti kompetenciával, amelyet a néző mozgósít a mű desiffrálásakor”). Ha a néző nincs birtokában a megfelelő jeleknek, bekövetkezik a félreértés. Nem veszi észre, hogy „kódolt – és pedig egy másik kód szerint kódolt – közleményekkel van dolga...”, és a mindennapi észlelésben megszokott tárgyak desiffrálására használt kódot” alkalmazza. Bourdieu szerint ezzel magyarázható, hogy a megfelelő kompetenciával nem rendelkező befogadóban erős az ábrázolás realizmusa iránti igény.

A legkevésbé művelt néző csak az Erwin Panofsky által jellemzett első befogadási szintig tud eljutni, ami „megcsonkított esztétikai élményt” eredményez. A *kulturális vakság* tehát a „dekódoláshoz” szükséges eszközök hiányának az eredménye.

A művészeti kompetencia pedig nem más, mint azoknak a művészeti felosztási elveknek az előzetes ismerete, amelyek segítségével a műalkotást a művészeti univerzumban el lehet helyezni. Kifinomultságának fokát az jelzi, ha a befogadó több egymás utáni felosztást is el tud végezni ezen a rendszeren belül. A kompetenciát az egyén családi neveltetésének és társadalmi helyzetének köszönheti, és a referenciacsoport diffúzió nyomása tartja fenn, támogatja és erősíti.

Ahogy a digitális társadalom megváltoztatja az egyén kontrollját és kreativitását, úgy az élményvilága is átalakul, mondja Dessewffy Tibor, ezzel az alkotásnak és általában a cse-

lekvésnek új teret engedve, illetve biztosítva. Visszatekintve a kultúra szociológiájának és a kreativitás vizsgálatának történetére, az utóbbi másfél-két évtizedben megtöbbszöröződött azoknak a vizsgálatoknak a száma, amelyek megerősítik azt az alaptételt, hogy az egyén veleszületett generatív és kreatív készségei szinte korlátlanul fejleszthetők. Ez a tulajdonságunk megjelenik a tudástartalmak befogadásában, rugalmas összerendezésében, a szorongások és feszültségek egyéni és egyedi oldási képességében, valamint az új élmények létrejöttében. A kérdés mindig az, milyen szélességben és mélységben képes az ember ezt a belső lehetőségét kihasználni. Hogyan tudja érvényesíteni azt a vágyát, hogy valami kivételesen, valami speciálisat hozzon létre, melyben megtestesíti a világról alkotott felfogását, ugyanakkor megmutatja egyedi jellemvonásait és a kapcsolódásokat, mellyel mint individuum a közösség felé nyit.

A befogadói típusokkal kapcsolatban lényeges a szerzőnek az a megállapítása, hogy

Erdő Péter: Az élő Egyház joga

Giotto freskójának részlete – *Peñaforti Szent Raymund*, a kánonjogászok védőszentje – található *Erdő Péter* bíboros, prímás, érsek legújabb magyar nyelvű könyvének védőborítóján. A kötet tavaly látott napvilágot, a szakíró korábbi és újabb tanulmányaiból nyújt át egy csokorra valót.

Az előszóban a szerző hangsúlyozza, hogy olyan írásokat közöl, amelyek a kánonjog „egy-egy aktuális, nyitott kérdésére keresik a választ”. A munka a hatályos egyházjog széles horizontját fogja át, mivel a negyvenkét tanulmány a tudományág szinte minden területét érinti. Az írások nem csak tartalmuk, hanem keletkezésük időpontját illetően is tág

a művészettel szembeni társadalmi bizalmatlanság egyik forrása az, hogy az alkotás folyamatában csakúgy, mint a befogadásban, domináns szerepük van az érzelmeknek. Eből a szempontból csoportosítja a közönséget, és nagyon plasztikusan írja le az egyes típusokat, a szakértőktől a laikusokig. A képzőművészet-szociológia és a befogadás szempontjából fontos fejezetei a műnek a képérzékenységéről, a természethűségről és az avantgarde-ról írott alfejezetek. Olvasatomban tehát S. Nagy Katalin műve többfunkciójú, a képzőművészet-szociológia egyik megkerülhetetlen hazai forrásaként kezelendő, összegzi a fontosabb magyar kutatásokat, és ösztönzi a kultúra- és művészetszociológiával foglalkozókat újabb, az egyes műfajok, alkotások és befogadók kölcsönkapcsolatának vizsgálatára. (*S. Nagy Katalin: Mű – művészet – befogadás. Budapest: Gondolat Kiadó, 2007, 140 p.*)

Tibori Tímea
szociológus

időbeli vertikumot ölelnek fel, mert a legkorábbi mű 1984-ben, míg a legkésőbbi 2006-ban jelent meg.

Az auctor több mint húsz év válogatott szakirodalmi „termését” a *II. János Pál* pápa által kiadott, napjainkban is hatályos *Codex Iuris Canonici* könyveinek megfelelően rendszerezi, ismerteti. Az első fejezet *Általános fogalmak és szabályok* cím köré csoportosított öt értekezése mintegy bevezetőül szolgál a következő fejezet törzanyagához, a tizenkilenc tétel számláló, az *Isten népének jogi szerveztségét* ismertető részhez. Itt különösen kidomborodik a szerző interdiszciplináris látásmódja, mivel a különböző szaktudományok kiváló ismerőjétől mély elméleti megalapozást kapunk a kánonjog intézményeiről,

ezek rendszerbeli elhelyezkedéséről és a közöttük lévő leheletfinom összefüggésekről.

A könyv cezúrája *A tanító Egyház* című 3. fejezet, amelynek két tanulmánya utat nyit *A megszentelés feladatának gyakorlása* fejezet-cím alatti hét írás kibontásának. A nemzetközi hírvű tudós az utolsó kilenc dolgozatát megosztja az *Egyházi vagyon-, büntető- és eljárási jog* – a kötetet lezáró három fejezet – között, érintve olyan témákat (pl. házasságrendezés), amelyek az egyre növekvő, de még így is kevés hazai kánonjogászon kívül szélesebb körben tarthatnak közérdeklődésre számot.

A tanulmánykötet kitűnő minőségű papíron tárja eléink a szellemi municiót; különösen értékesek azok a cikkek, amelyek magyar nyelven itt jelennek meg először. A munkában alkalmazott mértéktartó tipográfia és a jól sikerült védőborító hangsúlyozza azt az alkalmat, amely az apropóját szolgáltatta a mű megjelenésének: a Pázmány Péter Kato-

Csáki György – Farkas Péter (sz.): A globalizáció és hatásai

Globalizációértelmezések: „áldás vagy átok”?

A globalizációt elemző szakirodalmi termék – noha az 1991–2001 közötti termékenység mértékét már nem éri el – továbbra is nagy léptékekkel duzzad. A termés bősége dacára, a nehéz kérdések döntő többsége nem kapott megnyugtató választ. Ennél kisebb baj, hogy az ambiciózus értelmezési kísérletek amúgy sem eredményezhettek konkrét nemzetközi globális összefogást (legfeljebb cselekvési terveket papíron) még a legégetőbb területeken sem. Az elmúlt két évtizedben tovább sűrűsödtek a globális problémák. A 2007-ben a nemzetközivé duzzadt hitel- és pénzügyi válság, amely az USA-t a recesszióközeli állapot-

likus Egyetem Kánonjogi Posztgraduális Intézete fennállásának a tizedik évfordulóját.

Ez az ünnepi esemény nem jöhetett volna létre, ha Erdő Péter az édesapjától – akinek utolsó munkatársaként a múlt század közepén be kellett zárnia a Pázmány Péter Tudományegyetem jogi karán az egyházjogi tanszéket –, nem veszi át jelképesen a kulcsot, hogy majdnem fél évszázad elteltével az Apostoli Szent-szék segítségével újra megnyithassa Budapesten – igaz, hogy pár utcával arrébb – az intézetet, amely immár tízesztendő múlttra tekint vissza. Így az intézetalapító oktatói tevékenységével hozzájárult ahhoz, hogy a tanítványai is nemzetközi szinten elismert egyházjogi publikációkkal öregbítsék a szellemi műhely hírnevét. (*Erdő Péter: Az élő Egyház joga. Tanulmányok a hatályos kánonjog köréből. Budapest: Szent István Társulat, 2006, 544 p.*)

Bóka Zsolt
egyházjogász

ba, és vele a világ vezető tőzsdéit régen nem tapasztalt tartós mélyrepülésbe küldte, a befejezetlen iraki és afganisztáni háború, a dohai és genfi WTO-tárgyalások sokadik kudarcra különös, de inkább szomorú aktualitást ad a Politikatörténeti Intézet és a Napvilág Kiadó gondozásában megjelent *A globalizáció és hatásai, Európai válaszok* című tanulmánykötetnek. A könyv egy alapjaiban multidiszciplináris közelítésű, de csak vonalaiban egységes szemléleti keretbe foglalt tanulmányegyüttest kínál, amely összességében egy, a sokágú globalizációkutatások számos új eredményeit felmutató, érett szerzőkolléktíva igényes munkáját dicséri. A nemzetközi kapcsolatok, a politikatörténet, az eszmetörténet, a politológia, a szociológia és a közgazdaságtan (nemzetközi gazdaságtan és világgazdaságtan) szűkebb diszciplináit képviselő tanulma-

nyok ugyan jól illeszkednek egymáshoz, az általuk feltárt valóság azonban meglehetősen sok irányba mutat. A kötetben jól kivehetően azonos gondolati-világlatási gyökereket keresve leginkább csak a baloldali szociáldemokrata, a neoliberális nézetekkel szembeni határozott ellenszenv tűnik szembe mint közös nevező.

A szerzői kollektíva nyíltan vállalt progresszív credója szerint „a világ-folyamatokról való gondolkodás már régen túllépett azon a kérdésen, hogy van-e a globalizációnak (a társadalmi és gazdasági folyamatok világméretű összefonódásának) alternatívája.” Inkább evidenciaként kezeli azt a gyakorlatiasabb kérdést, hogy milyen eszközökkel használhatjuk ki legjobban a globalizáció potenciális előnyeit, és melyekkel mérsékelhetjük a negatív tendenciák érvényesülését. Ez az alkalmazkodást hangsúlyozó tudományos megközelítés mindenképpen üdvözlendő, különösen abban a gyakran megalapozatlan és jobbára naiv globalizációkritikáktól hangos magyar közgondolkodásban, amely a tőkés vállalkozással szemben komoly ellenérzéseket táplál. Egy gazdasági és kulturális értelemben is erősen nyitott kis ország számára azonban aligha járható út a túlhevült globalizációellenesség (és pláne az evvel gyakran együtt járó, a külföldi tőketulajdonnal szemben tanúsított hangos ellenszenv). Ebben az értelemben dicséretes, hogy a kötetet ez a józan irányvétel jellemezi, ti. a globális folyamatokhoz való konstruktív alkalmazkodás igényének megfogalmazása. E „szelektív” kritika tehát fontos közös eredménye a végkonklúzióikban amúgy több irányba mutató tanulmányoknak.

A továbbiakban a recenzens a kötetnek csak azokat a részeit taglalja részletesebben, amelyek valamilyen szempontból számára különösen érdekes felvetéseket tartalmaznak,

illetve amelyek a saját kutatási területéhez közelebb esnek.

Csáki György tanulmánya, *A globalizáció és jövedelemkülönbségek a világgazdaságban* címmel, azt a tartósan napirenden lévő kérdést tárgyalja, hogy vajon növeli vagy csökkenti a globalizáció a jövedelemkülönbségeket. Mindent eldöntő érv feltehetően nincs e vitákban, mert állítható: szinte egyformán erős a jövedelem divergenciákat és a konvergenciát találó empirikus feldolgozások tábora. Csáki kiváló áttekintést ad a mérési nehézségek és a módszertani kérdések sokaságáról, de legfőképpen arról a megdöbbentő tényről, hogy egészen kiváló kutatók és kutatói közösségek, valamint az ENSZ eltérő, de a maguk műfajában mértékadónak számító intézetei is alapvetően különböző eredményre jutnak. Mégis, a markáns véleménykülönbségek dacára, az általános esetben, ahogy Csáki is elismeri, megerősíthető az a régóta ismert felfogás, amely intuitíve is szilárdan tarja magát, hogy ti. a kereskedelemre jobban nyitott országok jobban növekednek átlagosan és egy főre jutóan is, persze kelloen hosszú időszakot tekintve. Dani Rodrik, az egyik legnagyobb nemzetközi fejlődéskutató-tekintély számításai is ebbe az irányba mutatnak. Rodrik (2004) szerint a globalizációból, ebben a klasszikus *shared-trading-benefit* felfogásban, mindkét fél, tehát a fejlett és a fejlődő ország is nyer, igaz a nyereség abszolút mértéke a fejlett országokhoz húz, nagyságrendi és kereskedelem-szerkezeti aszimmetriák miatt is. Ezt, ti. a gyorsabb gazdagodást, mi több a jövedelmi egyenlőtlenségek zsugorodását, és végső soron a globálisan is megragadható konvergenciát látja empirikusan is igazolva legújabb eredményeiként a téma egyik leggyakrabban hivatkozott kutatója, Xavier Sala-i-Martin. 2006-os munkájában azt a

nagyon megdöbbentő állítást teszi, hogy a megfigyelt globalizációs időszakban, 1970–2000 között a világgazdaság nyolc jövedelemeloszlást vizsgáló indexe közül mindegyik(!) az egyenlőtlenség csökkenését mutatja. Továbbá: 250–500 millióra tehető az a mérték, amellyel a világ abszolút szegényeinek száma csökkent. Módszertanának a szakirodalmat követő olvasókat csak részben meglepő újdonsága, hogy a népességeket használja súlyozásra, és ezért nem országokról beszél mint elemzési egységről, hanem valóban világgazdasági eloszlási tendenciákat vizsgál. Végkövetkezése egyértelműen a jövedelmi, az ún. β -konvergencia mellett érvelők táborát erősíti. És ennyiben Sala-i-Martin is a globalizáció áldásait hangsúlyozza. Csáki véleményét jól tükrözik Cohent idéző mondatai (Cohen, 2004, 19.): „a mondializáció¹ megértéséhez napjainkban arra van szükség, hogy elveszünk ezt az egyenlőtlenséget hangsúlyozó negatív gondolatot, mert a XIX. sz. megtanított arra, hogy a kereskedelem önmagában nem növekedési tényező, a XX. század pedig megmutatta, hogy a protekcionizmus még rosszabb megoldás”.

Farkas Péter *Röviden a globalizáció fogalmáról* című tanulmánya történelmi perspektívában kínál kiváló áttekintést a globalizációértelmezésekről, a definíciók átalakulásáról. Megítélése szerint sok tekintetben nincs új a nap alatt. A kapitalizmus világgazdasági rendszere egy újabb sikeres átalakulási stádiumának tekinthetjük a transznacionális vállalati hálózatokat. „A kapitalizmus évszázados történelme során már többször megújult, jelentős belső, részleges formaváltozáson ment keresztül, újra és újra alkalmazkodott a megváltozott feltételekhez, biztosítva a tő-

¹ a globalizáció francia nyelvű megfelelője – M. I.

kés újratermelés folyamatosságát” (9.). Noha e marxista szóhasználat erősen idejétmúlt, tartalmi értelemben nem avított, a sikeres adaptációs végeredményt tekintve ugyanis helytálló. Az átalakulások hajtóerejét most is, mint ahogy a korábbi transzformációk során is, a technikai fejlődésben megjelenő a modern felfogásokban szintén elfogadott.

Kevésbé lehet egyet érteni a szerző érzhetően vállalatellenes szemléletével. Farkas Péter elismeri ugyan, hogy „a vállalat szempontú gazdaságosság a tőkehozam szempontjából hatékony globalizációs folyamat, amely a transznacionális vállalatok és a közvetlen beruházások térnyerését jelentette, súlyos társadalmi következményekkel járt a világ több, mint 100 kevésbé fejlett országában”. Nos, ezekért, a feszültségekért a helyi körülmények és kormányok inkább okolhatók. Aligha várható el a társadalmi egyenlőtlenségek felszámolása a külföldi beruházóktól. A elmaradottságért és a szomorú szegénységi statisztikákért alapvetően a helyi közpolitikák és helyi kormányzati gyengeségek a felelősök, semmint a termékekkel a helyi piacokat elárasztó külföldi vállalatok. Azok az országok, ahol a fejlett vállalat nem jelent meg, még szegényebbek, a korábban idézett Cohen (2004) érvelése szerint is. A fejlődést magát, mint olyat, importálni ugyanis nem lehet, annak mozgatórugóit és részben erőforrásait igen. A fejlődés motorja, a korporatív szerveződések fő rendező eleve, az erőforrások elosztásának és árazásának alapja a mai világgazdaságban is a vállalati és az egyéni érdekelttség, az állam pedig csak moderátor, néhány ágazatban, speciális körülmények között stratégiai fejlesztő. Nem fordítva. Makacs koordinációs problémák persze adódnak bőséggel, nemcsak a piac és az egyén/vállalat, de a helyi piac és világpiac között is, sőt, nem-

zeti kormányok és nemzetközi részben supranacionális szervezetek között, ezt a legújabb keletű világgazdasági fejleményt magam is részletesen elemzem (Magas, 2007).

Erre a kitüntetett jelentőségű koordinációs problémára koncentrálnak javarészen Mészáros Ádám munkája is *Nemzetgazdaságok a transznacionális kapitalizmus korában* címmel. Mészáros jó szemmel veszi észre azt a mozzanatot, amelyet gyakran kevernek a vállalat vs. nemzeti érdek vs. nemzetközi közösségi érdekek sokdimenziós dilemmáiban. Az egykori német kancellárt idézi: „A vállalkozásoknak nem dolguk hazafiasnak lenni, az ő dolguk az eredményes gazdálkodás” (50.) Gerhard Schröder erre figyelmeztette 2004-ben, a csatlakozás évében az újonnan belépet EU-tagokat. Találó meglátás, amely gyakran elvész a diffúz globalizációs diskurzusban!

A globalizáció amerikai jegyeket visel magán, a globalizációkritika szükségképpen Amerika-kritikával párosul – ezen gondolat jegyében fogant Andor László tanulmánya *Globalizmus és Amerikanizmus* címmel. Az elmúlt három évtizedben az USA világgazdasági és külpolitikai folyamatokat mind jobban befolyásoló ereje egyre inkább nyilvánvaló tény. Való igaz, Amerika egyoldalú hegemon lépéseit megakadályozni nemigen sikerült sem a világpiacon, sem a genfi tárgyalótermekben. A nyilvánvaló USA-dominancia, vagy ha tetszik, a sikeres angolszász újkonzervatív amerikai modell térnyerése okainak teljes körű feltárása azonban igen nagy vállalkozás, amely nem férhetett bele ebbe a szűk keretbe. Az USA-val szemben kialakult sokirányú ellenszenvet dacára egy bizonyos: a világgazdasági gazdasági folyamatokban az amerikai vállalatokat pénzügyi erejük és termelékenységük, s legfőképpen az amerikai gazdaságot mérete, piacainak rugal-

massága kitüntetetté teszik; a világ egyetlen más térsége sem képes évi 1000 milliárd dollárnyi befektetést kereső szabad forrásnak, megtakarításnak biztos helyet adni; mint ahogy ilyen óriási méretű katonai potenciál fenntartására sem képes más ország. Ezen tények mögött kiemelkedő vállalati és intézményi teljesítmények állnak. Erről ritkábban hallani. Az, hogy az USA soha nem rendelte alá magát valamilyen globális közjónak, az is tény. De melyik világhatalom tette ezt meg? (Kína megtette két hétre az olimpia idejére). Hiszen még a kis országok is vonakodnak az akár picinyke engedményektől. Az Európai Unióban, ahogy Andor László is megállapítja, még kezdetlegesebb és szétszórtabb az a folyamat, amely egy-egy helyes irányú közös lépéshez vezethet, valamilyen egységes külpolitikai fellépés az emberiség közös globális gondjainak enyhítésében, vagy akár háborús konfliktusok esetében. A hegemonia és annak hanyatlása maga is gerjeszti a birodalmi magatartást, ahogy Bergsenre és Lizardóra (2005) hivatkozva Andor is megjegyzi (100.), amennyiben a katonai szerepvállalás egy olyan időszakban mutatkozik eltúlzottnak, amikor az egész addigi világrend felbomlani látszik. Egy bizonyos, és ebben egyet lehet érteni a szerzővel: az amerikai gazdasági modell jó teljesítménye mellé egyre több kérdőjelet tett a szakirodalom; a relatív hanyatlás tétele azonban az ambíciók és képességek közötti tartós diszkrepancia, amely az USA világpolitikai magatartásváltozását vetítheti előre – nos, az kellően még nem bizonyított.

Ezt az álláspontot látszik megerősíteni Galló Béla tanulmánya *A globalizáció „világrendje”, nemzetközi politika viszonyok az ezredfordulón*, pontosabban annak végső következtetése is. A világrend nemzetközi (államközi) rendek közötti fontos különbségtétel szükség-

ességének hangsúlyozásán kívül a tanulmánynak egy másik fontos realista, majdhogynem „hétköznapi” üzenete is van. A szerző leszögezi: az USA hadserege és gazdasági ereje nem hasonlítható össze a többi országgal, Amerika eddig nem ismert globális hatalmat élvez, ... továbbá, hogy a legtöbb nemzetközi stratégiai szakember meg van győződve arról, hogy az USA primátusa tartós lesz (72.). Az új nemzetközi rendeket illetően ugyan a képzelet szabadon szárnyalhat, de az a meglévő erőkonstellációkat aligha írhatja át. Ezért jobb, ha középtávon megbékélünk e gondolattal.

Európa az USA-val egyenrangú politikai központként csak mint politikai entitás jelenhet meg világszínpadon. Erre jelenleg nincs operatív esély (77.). Az USA a NATO-n belül az erő pozíciójában érzi magát, (joggal – M. I.) Ha Európa ezen változtatni szeretne, akkor fel kell készülnie, hogy a jelenleginek legalább a dupláját kell majd költenie védelemre, de még ekkor is jó tíz-tizenöt évnél kell eltelnie, hogy technológiai fejlettségben megközelítse az USA-t. Döntéshozói szinten ez idő szerint bizonyosan ebben érdemes maradni.

Kiemelkedő színvonalat képvisel Benczes István *Európai (Gazdasági és Monetáris) Unió: a gazdaságpolitika démonizálása* című munkája, amely mind szemléletét mind pedig következtetéseit tekintve, üdítően friss és kifejezetten modern, ráadásul gyakorlati jelentőséggel bíró gondolatokat kínál az európai közbeszédet és különösképpen a gazdaságpolitikai diskurzust sajnálatosan oly gyakran jellemző ködösített, sőt démonizált térben.

Benczes helyesen látja: a GMU egyedülálló történelmi helyzetet teremtett arra, hogy –követve a korszellemet és a főáramú közgazdaságtan ajánlásait – megzabolazza a nemzeti fiskális politikákat, gátat vessen az eladósodásnak, és megalapozza a hosszú távú fenn-

tarthatóságot. Az autonóm fiskális politikákkal szembeni elégedetlenség felértékelte a jegybanki szerepeket. (286–287.) A főáramú közgazdaságtanban egyértelműen, de a gyakorlati gazdaságpolitikában is mind gyakrabban konszenzus övezi a felfogást, mely szerint az igény a fiskális fegyelemre nem gátja, ellenkezőleg elősegítője a fenntartható stabil növekedési és foglalkoztatási környezetnek. E fegyelem érvényesülése mellett válik lehetővé az automatikus stabilizátorok teljes körű érvényesülése. Hosszú távon tehát a makrogazdasági fegyelem és stabilizáció egymást segítő jelenségek. A mérvadó közgazdasági felfogás tehát gyökeresen megváltozott a gazdaságpolitika szerepeit illetően, így a mérvadó EU-célkitűzések is: AZ EU egészének első számú célja a fenntartható, nem inflációgerjesztő gazdasági növekedés. E felfogásnak megfelelően e célt leginkább az árstabilitásra koncentrálnak a jegybank és a kiegyensúlyozott nemzeti költségvetés kettőse biztosítja. Ez az európai, és ennek kell lennie a magyar válasznak a változó globális környezetben is.

A kötetről elmondható, hogy abban jól szerkesztett igényes tanulmányokat sikerült összegyűjteni, amelyek szemléletükben erősen különböznek, mégis megfelelő áttekintést adnak az elmúlt két évtizedben keletkezett, a globalizáció számos aspektusát érintő tudományos gondolkodás változásairól, érdekes új eredményeiről, az európai válaszokról. A könyvet jó szívvel ajánlhatjuk a nemzetközi kapcsolatok és nemzetközi gazdaság iránt érdeklődő szakmai közönség és a felsőoktatás mester szintjein résztvevő hallgatóság számára. (Csáki György – Farkas Péter (szerk.): *A globalizáció és hatásai. Európai válaszok. Budapest: Napvilág Kiadó, 2008. 376 p.*)

Magas István
közgazdász

Magyar Tudománytár – Kultúra

A *Magyar Tudománytár* harmadik, *Kultúra* című kötete az ezredforduló magyar kultúrájának széles horizontú körképét mutatja be a közművelődés állapotától kezdve a különböző művészetek helyzetének ismertetésén keresztül az oktatás problematikájáig.

Mindjárt az elején egy közel geyzenoldalas összefoglalást találunk korunk kultúrájáról, kitekintéssel az egész földkerekségre (*Korunk kulturális körképéről*), alcímében ezt szerényen csak naplójegyzeteknek, megjegyzéseknek nevezve. Erről a részről tudjuk az előszóból (*Előszó helyett*), hogy Glatz Ferenc műve. Még a *Bevezetés*-ről is tudjuk ezt (Marosi Ernő), a többi fejezet esetében csak a könyv végén találunk egy olyan listát a 17 tagú munkaközösségről, amelyből az egyes fejezetek vagy alfejezetek szerzői kiderülnek.

Visszatérve Glatz Ferenc kitekintő fejezetére, belőle sokat megtudhatunk a világ kulturális állapotáról és a megfelelő tendenciákról. A számos fontos megállapítás közül mindenekelőtt érdemes kiemelni, hogy: „*Megrendül az ezredfordulón a fehér ember ötszáz éves 'kulturalfőlnye'*” és ma: „A keveredés az euroatlanti és a harmadik világ termékei között a legkülönbözőbb formákat ölti.” Ugyanakkor azonban a megfelelő térképre nézve láthatjuk, hogy például az internet használóinak száma szempontjából Afrika vagy a Közel-Kelet teljesen fehér föltnak számít. Az írástudás kétségtelenül nőtt a legutóbbi évtizedben, de azért az arab országok, a szub-szaharai Afrika valamint Dél- és Nyugat-Ázsia most is alig haladja meg, vagy el sem éri a 60 %-ot ebből a szempontból. Számos más értékes adatot (térképeket, grafikonokat) találunk a fejezetben, amelyek jellemzik mai világunkat: például középiskolát végzetek

aránya a különböző földrészekben vagy informatikával, továbbá az ökológiai forradalommal kapcsolatos világhelyzet, nemkülönben a vallási megoszlásról, a tanulmány elején pedig az államhatárokról és „nemzeti szállásterületekről” az utolsó évszázadban. Nagyon indokolt volt a könyvet ezzel a kitekintéssel kezdeni, mert „... a magyar kultúra alkotásai is csak a világ kulturális irányai között értékelhetők”. A magyar a világon a kis, Európában a közepes nemzetek közé tartozik, így rá is vonatkozik a „kulturális diverzitás” megőrzésének fontossága. „A kulturális diverzitás fogalmával az ember által kialakított kulturális sokszínűség megőrzésének programját...” kívánta a szerző hangsúlyozni. Végül megjegyzem, hogy a szexuális kultúráról és változásairól a világon és az ezzel kapcsolatos népességrobbanás kulturális vetületéről ugyancsak érdemes lett volna szót ejteni.

Ezután öt fejezet, majd végül a *Függelék* következik. Az első a **közművelődés és közműveltség** mai magyar helyzetével foglalkozik. „A magyarországi politikai fordulat történelmi időben egybeesett a roppant súlyú egyetemes kultúraváltással is. Ennek lényegét a mediatisáció, a mobiltelefon, a digitalizáció és a globalizáció kifejezéseivel foglalhatjuk össze.” A hazai lakosság 98 % hozzájut a tévéadásokhoz, viszont a felnőtt lakosság 20–25 %-a „funkcionális” analfabéta, és egyharmada nem képes megérteni, amit olvas. Viszont a háztartások egynegyedében (2003) van már számítógép. Itt jegyzem meg, hogy az „Analóg és digitális elektronikus kultúrák közvetítői” alfejezetben számítógép helyett következetesen a „komputer” szó szerepel, amelyet még szakkörökben is alig használunk. Másrészt nőtt a kiadott könyvek száma, de nagymértékben csökkent a példányszám. A társadalom elszegényedésével (különösen nagymér-

tékű a roma népesség körében) nőtt a polarizálás, csökkent a középréteg száma, és az ún. magas művészetre csak a társadalom 10 %-ának van igénye. „... az esélykülönbségek, az úgynevezett mélyszegénység jól tetten érhető a test- és egészségügyi kultúra vonatkozásában is”.

Nem kétséges, hogy az anyanyelv mint kultúra-közvetítő is alapvető fontosságú az emberi életben. Így a következő fejezet a **magyar nyelvnek és irodalomnak** van szentelve. A Föld mintegy hatezer nyelve közül a magyar a 45. helyet foglalja el (az azt anyanyelvként beszélők számossága szerint), a hetven európai nyelv közül a 12. A török megszállás előtt a Kárpát-medence lakosságának 80 %-a magyar anyanyelvű volt, és ez a százötven éves hadszíntér után esett vissza 30–40 %-ra. Ma az asszimiláció következtében a magyar nyelvhatár egyre jobban közelít a trianoni határokhoz (a székely tömböt kivéve). Az írott köznyelv kialakulására a döntő lökést a felvilágosodás adta (18. század második fele). „Az irodalmi nyelv kialakulása következtében megszűnt a nyelvváltozatok közötti korábbi viszonylagos egyenlőség, az irodalmi nyelv kibontakozásával egyre nagyobb társadalmi szerepre és tekintélyre tett szert az egységesülő, a nyelvújársok fölé emelkedő standardváltozat.” „... a standard fogalmat a köznyelv szinonimájaként használjuk.” Különben ma tíz magyar nyelvjárási régiót különböztetünk meg. Érdemes még megemlíteni, hogy az EU polgárainak 56 százaléka beszéli az angolt (hazánkban mintegy 12 %), és 44 %-a csak anyanyelven tudja magát kifejezni.

A könyvkiadásról már esett szó az előzőekben, ebből a szépirodalom részesedése nem éri el a 20 %-ot, egyes években legfeljebb megközelíti azt. Megnőtt viszont a folyóiratok és még inkább az irodalmi jellegű társaságok, szervezetek és rendezvények száma. Ezek

után találjuk a fejezetben a mai magyar líra, epika és dráma irányzatainak és képviselőiknek, továbbá a legkiemelkedőbbek munkásságának bemutatását, megállapítva, hogy – úgy tűnik – a költészet korábbi vezető szerepét a magyar irodalomban a próza, a regényirodalom vette át. Egyébként a recenzensnek feltűnt Sütő András alkotásai ismertetésének méltatásának talán túl rövid szerepeltetése.

A könyvben külön fejezet foglalkozik az **előadóművészettel, a zenével és a filmmel** és ez a fejezetek közül a leghosszabb. A dolog természetének megfelelően azután ez három alfejezetre oszlik, és pedig a következő címeikkel: *A színpad művészei az ezredfordulón*, *Zeneművészet az ezredfordulón* és *Filmművészet az ezredfordulón*.

Ami az elsőt illeti, széles körképet rajzol a 70-es évek elejétől kezdve a *budapesti és a vidéki színházi élet*ről, a legfőbb törekvésekről, a legkiemelkedőbb színészekről és rendezőkről, beleértve a táncművészetet is. Fontos megállapítás, hogy a 70-es–80-as években „... a színház a kulturális élet legfőbb terepének számított”. A rendszerváltozás utáni évekre talán legjellemzőbb viszont az ún. alternatív színház, ami a nem szokásos állandó színházi keretben működő színházat jelenti.

A zenéről szólva megállapítja, hogy „... a rendszerváltozás visszaadta a művészetek szabadságát, de eltávolította fejük felől a körülmények viszontagságaitól védő ernyőt...” Ugyanakkor, meg kell különböztetnünk egymástól a komoly és a populáris zenét, és meg kell állapítanunk, hogy a zene: az alkotó és előadóművészek ma is egyik legjobb „exportcikkünket” jelentik, legjobban alapozzák meg hírünket a világban.

Kétségtelen, hogy születtek *nemzetközileg elismert és „rendszerváltó” magyar filmek*, azonban tény, hogy a magyarországi mozik legna-

gyobb része bezárt, és megjelent az amerikai filmek hihetetlen dömpingje. Miközben „... a játékfilm elvesztette politikai-közvéleményformáló szerepét”, „... viszonylag nagy jelentőségre tett szert a dokumentumfilm és a rajzfilm”.

A *Képzőművészet, építészet, műemlékvédelem* fejezet címének megfelelően tagolódik alfejezetekre, bár a *képzőművészetnek* két külön alfejezetet is szenteltek, nevezetesen: a *Kultúra és művészet* és *A képzőművészet műhelyei és tendenciái*. Hazánkban a posztmodern elterjedése és a rendszerváltozás ideje összefonódott egymással a képzőművészetben, bár ma már posztmodern helyett inkább „kortárművészeti” szokás beszélni. A másodikként említett alfejezetben részben néhány kiemelendő képzőművészről külön-külön pályaképek jelennek meg, részben szó van új képzőművészeti jelenségekről (például „installáció”, „performance”, spirituális törekvések, számítógépes művészeti műfajok stb.), végül a fotóművészetről, az iparművészeti törekvésekről és a művészeti oktatásról is szó esik. Itt kell megemlítenünk az ebben az alfejezetben jelentkező, idegen szavaktól hemzseggő, komplikált fogalmazást. Csak egy példa: „... két alapvető, eltérő felfogás volt jelen a szakmában, az egyiket az organikus, informel irányt Péri József, míg az industriális, „dízájnolt” fémművészetet Gorej János képviselte.”

Az ezredforduló építészetének megértéséhez is a hatvanas évek végéhez kell visszamenni. Ma számos irányzat él egymással párhuzamosan: így a „szerves vagy organikus” építészet, a strukturalizmus, a „high-tech” és dekonstruktivizmus, a regionalizmus. A pályáját a kilencvenes években kezdő nemzedék már akár ellentmondó forrásokból is merít. „A párhuzamosságok, ellentmondások és keveredések őket nem zavarják, nem törekednek

normatív rendszerek kidolgozására, következetes esztétikai kategóriákra”.

Az *intézményes műemlékvédelem* Magyarországon 1847-ben indul, és számos intézményen és intézményi átalakuláson keresztül jutott el a mai formájáig az Országos Műemlékvédelmi Hivatalig.

Az évezredes magyar oktatás mai helyzetét mutatja be az utolsó fejezet. A rendszerváltás eredménye, hogy több évtizedes ellenkező gyakorlat után eltörölte az iskolaalapítás állami monopóliumát. A 2001/2002-es tanévben az általános iskolák 4,2, a gimnáziumok 8,3 %-a volt egyházi kezelésben. Az elmúlt közel két évtizedben különböző oktatási koncepciók váltották egymást, a fő problémát azonban a gyermeklétszám folyamatos csökkenése jelenti. Ami a középiskolát illeti, vannak négy-, hat- és nyolcosztályos gimnáziumok, továbbá szakközépiskolák. Általános törekvés, hogy igyekeznek előtérbe helyezni a 6+4+2-es iskolaszervezetet. Viták és módosítások után bevezetésre került a Nemzeti Alaptanterv (NAT) és a kétszintű érettségi. Nemzetközi felmérések kétségtelenül bizonyos elmaradásokat jeleznek oktatásunkban, illetve a tanulók ismereteiben (matematika, természettudományok, olvasás megértés). A határainkon túli magyar oktatásban a különböző országokban különböző problémák jelentkeznek, de fenyegető az iskolai oktatás révén megvalósuló asszimiláció.

A felsőoktatásban is felszámolásra került az állami monopólium, az ezredfordulón nyolcvankilenc felsőoktatási intézmény működött hazánkban, ebből huszonnyolc egyházi, hat alapítványi. Létrejött a felsőoktatási integráció, és bevezetésre került az ún. bolognai rendszer. Nagymértékben megnőtt a felsőoktatásban tanulók száma: ez 2004/2005-ben összesen 421 520 volt. A cél, hogy 2010-re

a megfelelő korosztályból minden második fiatal végezzen főiskolát. Ma ez a szám megfelel az európai átlagnak. A fejezetet a határon túli magyar felsőoktatás áttekintése zárja.

A *Függelékben* névmutatót, tárgymutatót, a könyvben szereplő képekre vonatkozó információkat, a felhasznált és az ajánlott irodalom jegyzékét és a szerzőkre vonatkozó adatokat találjuk. A kötetet rövid angol nyelvű összefoglalás zárja.

Az ismertetést azzal a megjegyzéssel fejezem be, hogy csak dicsérni lehet ezt a vállalkozást, amely nélkül szegényebb lenne a magyar kultúra, illetve a rá vonatkozó ismereteink. (*Glatz Ferenc főszerkesztő: Magyar Tudománytár – Kultúra. Budapest: MTA Társadalomkutatató Központ – Kossuth Kiadó, 2006. 595 p.*)

Berényi Dénes
az MTA rendes tagja



Az augusztus 20-a alkalmából kitüntetettek felsoroló, Szerkesztőségünkhöz eljuttatott beszámolóból sajnálatos módon kimaradt Vékás Lajos akadémikus, Széchenyi-díjas jogász, egyetemi tanár, aki több évtizedes, a polgári jog és a nemzetközi magánjog területén végzett példaértékű, határainkon túl is számon tartott tudományos, kutatói és oktatói tevékenysége elismeréseként a Magyar Köztársasági Érdemrend Középkeresztje (polgári tagozata) kitüntetését vehette át. Vékás Lajostól és az Olvasóktól is elnézését kér
a Szerkesztőség

CONTENTS

*Role of Time in Earth Sciences**Guest Editor: József Ádám*

József Ádám: Introduction	1294
Ernő Mészáros: Geological Dating and the Development of Earth Sciences	1296
János Haas – Péter Árkai – Géza Császár – Attila Vörös: Time Locked in Rocks – Geological Age Determination	1300
József Pálfy: Calibration of Geological Time Scale Using Modern Methods	1314
Károly Brezsnayánszky: Geological Age on the Map	1324
Ernő Nemezc: Time Required for Alteration of Minerals	1333
Péter Varga: Variations in Axial Rotation and in Geodynamic Parameters during Earth's History	1341
István Fejes – Sándor Nagy: Our Everyday Space-Time	1350

Study

László Haszpra: A Data Series Changing the World	1359
Tibor Braun: Genie out of the Lamp. Scientometric Evaluation	1366
Péter Vinkler: Scientometric Investigations in Hungary	1372

Academy Affairs

László Egyed: Budapest, Centre of European Innovation	1381
---	------

Obituary

Sándor Csörgő (<i>Vilmos Totik</i>)	1384
Pál Fábrián (<i>Borbála Keszler</i>)	1386
Béla Németh G. (<i>Mihály Szegedy-Maszák</i>)	1390
Károly Rédei (<i>Sándor Csúcs</i>)	1394

<i>The Scientists of the Future</i>	1396
---	------

<i>Outlook (László Jéki – Júlia Gimes)</i>	1404
--	------

<i>Book Review (Júlia Sípós)</i>	1408
--	------

Ajánlás a szerzőknek

1. A *Magyar Tudomány* elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elősegíteni, ezért elsősorban olyan kéziratokat fogad el közlésre, amelyek a tudomány egészét érintő, vagy az egyes tudományterületek sajátos problémáit érthetően bemutató témákkal foglalkoznak. Közlünk témaösszefoglaló, magas szintű ismeretterjesztő, illetve egy-egy tudományterület újabb eredményeit bemutató tanulmányokat; a társadalmi élet tudományokkal kapcsolatos eseményeiről szóló beszámolókat, tudománypolitikai elemzéseket és szakmai szempontú könyvismerttetéseket, de lapunk nem szakfolyóirat, ezért a szerzőktől közérthető, egy-egy tudományterület szaknyelvét mellőző cikkeket várunk.

2. A kézirat terjedelme szöveges tanulmányok esetében általában nem haladhatja meg a 30 000 leütést (ez szóközökkel együtt kb. 8 oldalnak felel meg az MT füzeteiben), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat is tartalmaz, kérjük, ezek várható felületével csökkentsek a szöveg mennyiségét. Beszámolók, recenziók terjedelme ne haladja meg a 7–8000 leütést. A teljes kéziratot MS Word .doc vagy .rtf formátumban interneten vagy mágneslemezen (CD-n) és 1 kinyomtatott példányban kell a szerkesztőségbe beküldeni.

3. Legfeljebb 10 magyar kulcsszót és a közlemények címének angol fordítását külön oldalon kérjük. A tanulmány címe után a szerző(k) nevét, tudományos fokozatát, a munkahely(ek) pontos megnevezését, és ha közölni kívánja(ják), e-mail címét(eit) kell írni. A külön lapon kérjük azt a levelezési és e-mail címet, telefonszámot is, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

4. Szöveg közbeni kiemelésként dőlt (*italic*), (esetleg félkövér – **semibold**) formázás alkalmazható; ritkítás, VERZÁL (KISKAPITÁLIS, SMALL CAPITALS, KAPITÁLCHEN) és aláhúzás nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kérjük megadni.

5. A képek, ábrák érkezhetnek papíron, lemezen vagy e-mail útján. Kérjük a szerzőket: tartsák szem előtt, hogy a folyóirat fekete-fehér; formátuma B5 – tehát ne használjanak színeket, és vegyék figyelembe a megjelenő oldalak méreteit. Általában: az ábrák és magyarázataik legyenek egyszer-

rűek, áttekinthetők. A lemezen vagy e-mailben érkező képeket lehetőleg .tif vagy .jpg formátumban kérjük; fekete-fehérben, min. 150 dpi felbontással, és nagyságuk ne haladja meg a végleges (vagy annak szánt) méreteket. A közlemény szövegében tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

6. A hivatkozásokat mindig a közlemény végén, abc-sorrendben adjuk meg, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve – Balogh, 1957; Feuer et al., 2002). Ha azonos szerző(k)től ugyanazon évben több tanulmányra hivatkoznak, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jellel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Különösen ügyeljenek a bibliográfiai adatoknak a szövegben, ill. az irodalomjegyzékben való egyeztetésére! Kérjük: csak olyan és annyi hivatkozást írjanak, amilyen és amennyi elősegíti a megértést. Számuk ne haladja meg a 10–15-öt.

7. Az irodalomjegyzéket abc-sorrendben kérjük. A tételek formája a következő legyen:

- Folyóiratcikkek esetében: Feuer, Michael J. – Towne, L. – Shavelson, R. J. et al. (2002): Scientific Culture and Educational Research. The Educational Researcher. 31, 8, 4–14.

- Könyvek esetében: Rokkan, Stein – Urwin, D. W. – Smith, J. (eds.) (1982): The Politics of Territorial Identity: Studies in European Regionalism. Sage, London

- Tanulmánygyűjtemények esetében: Halász Gábor – Kovács Katalin (2002): Az OECD tevékenysége az oktatás területén. In: Bábosik István – Kárpáthi Andrea (szerk.): Összehasonlító pedagógia – A nevelés és oktatás nemzetközi perspektívái. Books in Print, Budapest

8. Havi folyóirat lévén a Magyar Tudomány kefelevonatok nem küld, de még az elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelés során szükséges apró változtatásokat a szerző időpont-egyeztetés után a szerkesztőségben ellenőrizheti.

9. A cikkeket a lap internetes oldalán, s az időszakos CD-mellékleten is megjelentetjük. Kérjük, jelezzék, ha ehhez nem járulnak hozzá.

MAGYAR ACADEMIAI ÉRTESTŐ.

KIS GYÜLÉS, MART. 13. 1852.

(A' nyelv- és széptud. osztályok' részére).

Nmélt. gr. Teleki József úr ő exja' elnöktele alatt

Jelen az osztályból: Czuczor r. és Mátray lti. — Más osztályokból: Bajza, Bugát, Czech, Erdy, Fogarasy, Frivaldszky, Gebhardt, Györy, Horváth Cyr., Jerney, Kállay rr. lt. — Bertha, Pauler, Szőnyi, Wenzel lev. lt. — Toldy Ferencs titoknok, Helmeczy M. pénztárnok.

— Jelentvén az Elnök, hogy egészségi változásai 's a' rosz utak miatt februárban néhány ülés elmaradván, ezek' pótlása végett hirdetett mára a' nyelv-, 15-kére pedig a' philos. és társadalmi tud. osztályainak pótló üléseket,

CZUCZOR GERGELY rt.

foglalta el a' szóasztalt, 's a' magyar szóértelmezés' és szóelemzés' elveiről a' következőkben értekezett.

A' szóértelmezés, ha nevének valóban meg akar felelni, szóelemzés nélkül alapos, és szabatos nem lehet. Annyi igaz, hogy a' szók' jelentéseit megtanulhatjuk, mintegy gépileg, elemzés nélkül is; de világos, határozott képet csak ez által szerezhetünk rólok. Hogy példában szóljak: minden magyar molnár és fazokas jól tudja, mi a' *korong*; de eredeti értelmét csak az elemző nyelvbuvár fogja föl, midőn hang- és eszmehasonlítás által ráakad, hogy törzsöke a' kerek forgást jelentő *kor*, melly megvan a' kerekdedet vagy kerítést, vagy keringést jelentő *korsó*, *korlat*, *korba*, *korbács*, *korcz*, *korcsolat*, *kormány*, továbbá a' *kurittol*, *kurkál*, *kurkász*; a' *kar*, *karíngós*, *karé*, *karima*, *karika*, *karvaly* (lat. spira); a' vékony hangu *ker*, *keres*, *kerdül*, *kerge*, *kerget*, *kergeteg*, *kerül*, *kerít*, *kör*, *körös*, 's több illy értelmű és hangzatu szókban.

Szinte minden magyar ember tudja, mi a' *könyök*, és pedig nem csak tulajdon hanem átvitt értelemben is, például midőn azt mondja, hogy a' görbe fának, vagy csavargó víznek, illetőleg partnak *könyöke* van; de világos fogalmat csak szóelemzés által szerezhethet róla, melly szerint a' *könyök*' törzsöke *köny* vagy *kön* jelent valami gömbölyüre görbedő hajlást, és illy hajlás által alakult testet. Ennél fogva a' *köny* (lacryma) a' magyar ember' fölfogása szerint am. gömbölyü csepp, melly a' szemből *kigördül*, és az arczon *leperreg*; a' *könyv* eredetileg, 's ősi alakjánál fogva am. beírott, és öszszegöngyölgetett hártya; *köntől* a' székér, midőn fara csavarodik; *köntő* am. tekeresbe göngyölgetett valami, péld. szalmaköntő, szénaköntő. És mi a' *könyök*? Azon csomó, vagy kidudorodás, melylyet a' karnak hajlása képez, melylyet a' hellenek γοϋν, a' németek öszszerántott *Knie* szó által a' térd' dudorodására alkalmaztak, t. i. a' térd sem más, mint a' lábnek *könyöke*. A' szláv *koleno*' gyöke is a' kört jelentő *kolo*.

De az elemzés itt nem áll meg, mert a' nyelv' természetéből észre veszi, hogy a' vastag hangu *kany*, és *kony* szinte számos szavainkban görbe, körös hajlást jelent, péld. *kany-ar*, *kany-arodik*,