

# *Magyar Tudomány*

A KLÍMA- ÉS KÖRNYEZETVÁLTOZÁSOK  
FÖLDTUDOMÁNYI ÖSSZEFÜGGÉSEI

Vendégszerkesztő: Ádám József

A térképészet tudománya

Hat év az Igaz és a Szép palotájában

Közgyűlési beszámoló

---

*2008•6*

*Főszerkesztő:*

CSÁNYI VILMOS

*Vezető szerkesztő:*

ELEK LÁSZLÓ

*Olvasószerkesztő:*

MAJOROS KLÁRA

*Szerkesztőbizottság:*

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

*A lapot készítették:*

CSAPÓ MÁRIA, GAZDAG KÁLMÁNNÉ, HALMOS TAMÁS, 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. címen (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

*A klíma- és környezetváltozások földtudományi összefüggései*

*Vendégszerkesztő: Ádám József*

Ádám József: Bevezető .....	654
Mészáros Ernő: Az élet keletkezése az őslégkör összetétele és az éghajlat tükrében .....	656
Császár Géza – Haas János – Nádor Annamária: A földtörténet klímaváltozásai és azok tanulságai .....	663
Vörös Attila – Pálffy József: Gyors klímaváltozások evolúciós hatásai .....	688
Szilágyi József – Józsa János: Klímaváltozás és a víz körforgása .....	698
Földváry Lóránt: Globális klimatológiai változások hatása a nehézségi erőterre, és annak műholdas észlelési lehetőségei .....	704
Kertész Ádám: Tájdegradáció és elsvatagosodás .....	715

*Tanulmány*

Klinghammer István: A térképészet tudománya .....	725
---	-----

*Tudós fórum*

Beszámoló a Magyar Tudományos Akadémia 178. Közgyűléséről • 2008. május 5–6 .....	736
Vizi E. Szilveszter: Hat év az Igaz és a Szép palotájában .....	742
Solymos Rezső: Széchenyi-emléknap a Magyar Tudomány 2007. évi ünnepe előtt .....	750

*Interjú*

A kombinatorika és a séta mestere Bán László beszélgetése Szemerédi Endre matematikussal .....	753
---	-----

*Az MTA új külső tagjainak bemutatása*

Hulkó Gábor .....	762
Petőfi János .....	764
Vető Miklós .....	766

*Megemlékezés*

Krocskó Gyula ( <i>Szabó István Mihály</i> ) .....	768
--	-----

*Kitekintés (Jéki László – Gimes Júlia)* .....

*Könyvszemle*

Értelem és Történelem ( <i>Szekeres András Márk</i> ) .....	774
Alkalmazott filozófia kezdőknek és hala(n)dóknak ( <i>Lippai Cecília</i> ) .....	777

# A klíma- és környezetváltozások földtudományi összefüggései

## BEVEZETŐ

Ádám József

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

A globális klíma- és környezetváltozás ténye ma már nemcsak az illetékes kutatók körében nyilvánvaló, hanem a nagyobb nyilvánosság előtt is egyre inkább közismertté válik. A természetben a klíma mindig változott, ma is változik, és a jövőben is változni fog. Jelenleg is egy jégkorszak felmelegedési (ún. interglaciális) szakaszában élünk. A földtörténeti közelmúltban lejátszódott klímaváltozási események (éghajlati ciklusok: időszakos lehűlések, felmelegedések) időtartama átlagosan negyven-ötvenezer év, amelyeket több évtizede vizsgálunk hazánkban is. Az utóbbi évtizedekben mutatták ki, hogy a globális klímaváltozási folyamatokban egyre növekvő mértékben merül fel az emberiség felelőssége. Az emberi tevékenység által felszabadított üvegházhatású gázok érzékelhető felmelegedést okoztak, ami már a közeli jövőben komoly hatást fejthet ki az érintett térségekben. A vonatkozó kutatási eredmények alapján a klímaváltozások jelentős ha-

tással lesznek a különleges időjárási események gyakoriságára és intenzitására is.

Az emberi tevékenység azonban nemcsak az éghajlati feltételeket módosítja, hanem a maga termelésével és fogyasztásával érzékelhető hatást gyakorol a környezetére. Az emberiség ma már hatalmas anyagmennyiséget mozgat meg. Az elmúlt kétszáz év folyamán a Föld népessége nyolcszorosára, az ipari termelés százszorosára nőtt. A világ vízfogyasztása jelenleg kb. tizenöt-ször nagyobb, mint száz évvel ezelőtt volt. Közben mintegy hetvenezer új vegyi termék született, amelyek bejutottak a légkörbe, a vízbe, az üledékekbe és a talajba is. Az előrejelzések szerint 2050-re a Föld népessége a jelenlegi hatmilliárdról kilencre, az ipari termelés pedig a mainak négyszeresére nő. Így biztosra vehető, hogy a jövőben még több vízre, energiára, ásványi nyersanyagra, fémre és talajra lesz szükség. Az említett folyamatok a globális környezet jelentős változásait eredményezik, amelyek

elkerülhetetlenül visszahatnak az emberi tevékenységre, hosszabb távon súlyos következményekkel járhatnak.

Az emberiség e vonatkozásban megoldásra váró feladatai többirányúak. Egyrészt nemzetközi szinten összehangolt intézkedésekre (és ezek fokozására) lenne szükség a fenyegető folyamatok megelőzése, illetve mérséklése érdekében. Másrészt az elkerülhetetlen változásokat mindenképpen célszerű felmérni, melyekre fel kell készülni, illetve az új feltételekhez alkalmazkodni kell, és ennek megfelelő nemzeti stratégiát kell kidolgozni. Erre hazai jó példa a Láng István akadémikus által vezetett VAHAVA-program kidolgozása és a magyar Országgyűlés által elfogadott Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia.

Az MTA X. (Földtudományok) Osztálya az elmúlt két évtized során közgyűlési és tudományünnepi nyilvános osztályüléseinek számos alkalommal szervezett előadói ülést a globális klíma- és környezetváltozások témakörében a hazai és nemzetközi téren elért földtudományi kutatási eredmények bemutatása és megvitatása céljából. Itt csak három előadói ülés témakörét említjük meg: Éghajlatváltozások a múltban és jelenben: okok és következmények (2001. november 7.), Környezetváltozási prognózisok földtudományi alapjai (2005. november 8.) és A klímaváltozás földtudományi vonatkozásai (2007. május 9.). A jelen számban a felsorolt három előadói ülésen elhangzott előadások közül adunk közre hatot. Elsőként Mészáros Ernő foglalkozik a földi élet keletkezésének magyarázatával az őslélektörzs összetételével és az éghajlat tükrében. A cikk után két, a földtörténeti

múltban lejátszódott klímaváltozások és azok hatásainak vizsgálatával foglalkozó tanulmány következik (Császár Géza, Hass János és Nádor Annamária cikke, továbbá Vörös Attila és Pálffy József tanulmánya). Mindkét cikkben foglaltak alapvető fontosságúak a megbízható tudományos előrejelzési klíma-modellek megalkotása, illetve a meglévők ellenőrzése szempontjából. A két átfogó cikk után három tanulmány foglalkozik a jelenleg végbemenő klímaváltozás és ennek következményeinek egyes földtudományi vonatkozásaival. Szilágyi József és Józsa János cikke a vízgőz (párolgás) szerepével foglalkozik, mivel a „vízgőz messze a leghatékonyabb üvegházhatású gáz”. Földváry Lóránt a jelenkori klímaváltozás eredményeként lejátszódó tömegátrendeződéseknek a földi nehézségi erőterre kifejtett hatásait és ezek észlelésére alkalmas korszerű műholdas (űrgravimetriai) mérési technikákat mutatja be. Végül Kertész Ádám a talajdegradáció és az elsivatagosodás folyamataival foglalkozik.

A jelen összeállítást a Nemzetközi Földév programja keretében adjuk közre. 2008-at az ENSZ a Föld Bolygó Nemzetközi Événé nyilvánította, mellyel az ENSZ világszerte kiemelt figyelmet kíván biztosítani a közvélemény tudatosságának növelésében a Föld folyamatainak és erőforrásainak fenntartható fejlődésében és kezelésében, valamint a természeti katasztrófák hatásainak csökkentésében és enyhítésében.

Kulcsszavak: *Föld Bolygó Nemzetközi Éve, klímaváltozás, környezetváltozás, elsivatagosodás, vízgőz, földi nehézségi erőter*

# AZ ÉLET KELETKEZÉSE AZ ŐSLÉGKÖR ÖSSZETÉTELE ÉS AZ ÉGHAJLAT TÜKRÉBEN

Mészáros Ernő

az MTA rendes tagja

Veszprémi Egyetem Föld- és Környezettudományi Tanszék  
meszaroserno@invitel.hu

## 1. Bevezetés: elképzelések az élet keletkezéséről

A földi élet keletkezésének megmagyarázása sokáig kívül esett a tudomány vizsgálati körén. Ez érthető is, ha figyelembe vesszük, hogy a tudomány kísérleteken, illetve megfigyeléseken alapul. A tudomány múlt századi látványos fejlődése ezen a téren is használható eredményeket hozott. Ma sem tudjuk azonban pontosan, hogy a szerves molekulák hogyan álltak össze bonyolult szerves anyagokká, majd egyséjtű élőlényekké. Sőt még azt a filozófiai kérdést sem tudjuk megválaszolni, hogy az élet a körülmények csodálatos összejátéka révén csak a Földön keletkezett-e, vagy ez az esemény a Naprendszerben, illetve az Univerzumban számos bolygón megtörtént-e. Ennek ellenére úgy gondoljuk, hogy jóval közelebb vagyunk a megoldáshoz, mint mondjuk, száz évvel ezelőtt.

Az élet alapköveinek képződésére vonatkozó első elképzelést még a húszas években Alekszander Ivanovics Oparin orosz biokémikus vetette fel, amely szerint az élet redukzív, oxigénmentes környezetben a Nap ultraibolya sugárzása energiájának segítségével jött

létre. Ezt az elképzelést később John B. S. Haldane brit genetikus is magáévá tette, majd John D. Bernal brit kristályfizikus javasolta (Bernal, 1971), hogy bizonyos agyagszilikátok felületén a molekulák bonyolultabb formáká rendeződése sokkal valószínűbb. A gondolat nagyszerűségét mi sem jelzi jobban, hogy lehetővé tette laboratóriumi kísérletek elvégzését, azaz az elképzelés bizonyos szintű ellenőrzését. A kísérletet Stanley L. Miller (1953), a Chicagói Egyetem akkori doktorandusza végezte el, témavezetője, az akkor már neves tudós Harold C. Urey segítségével. A kísérletekben nitrogén, ammónia és metán keveréke (léggör) vízzel (óceán) érintkezett, míg az energiát elektromos kisülések szolgáltatták. A laboratóriumi berendezésben a természetes fehérjemolekulákat felépítő húsz aminosavból tíz keletkezett (az oxigén jelenléte gátolta a folyamatot), ami abban az időben szenzációs eredménynek számított. Később azonban a kísérlettel kapcsolatban bizonyos nehézségek merültek föl. Így az űrkutatás kiderítette, hogy a Vénusz és a Mars légköre nem ammóniából és metánból áll, hanem elsősorban szén-dioxidból épül fel, ami a kísérletek sze-

rint nem segíti elő az aminosavak képződését. A másik probléma abból adódott, hogy a szerves vegyületekben, így az aminosavakban is a szénatomhoz négy atom, illetve atomcsoport kapcsolódik. Ebből következik, hogy az adott molekula tükörképe is felépíthető, és a jobbkezes és balkezes (az egymás mellé helyezett jobb és bal kéz analógiájára) molekulák kémiailag egyenértékűek egymással. Laboratóriumi kísérletekben a kétfajta molekula azonos gyakorisággal keletkezik, élő szervezetekben azonban a fehérjéket felépítő aminosavak mindig balkezesek: nem tudjuk, miért.

A következő kérdés a fehérjék kialakulása aminosavakból. Ezzel kapcsolatban megjegyezzük: Sidney Fox (Miami Egyetem) kimutatta (lásd van Andel, 1994), hogy ha aminosavakat tartalmazó vizes oldatot többször feloldunk és elpárologtatunk, akkor bizonyos körülmények között az aminosavak fehérjéké rendeződnek. Sőt a keletkezett fehérjék kettős falú kicsiny gömböcskéket hoznak létre, amelyek az oldatból különböző anyagokat adszorbeálnak, növekednek és osztódnak. A problémák (pl. a DNS kialakulása) további boncolása nélkül megjegyezzük: eszerint az elképzelés szerint az élet a sekélyebb tengervízben jött létre, és kialakulásában, valamint fenntartásában a napsugárzás fontos szerepet játszott. Amennyiben ez az elképzelés helyes (ma már vannak más elképzelések is, pl. hogy az élet az óceánfenéki melegforrások környezetében alakult ki), akkor nyilvánvaló, hogy a folyamatban a vízzel érintkező léggör, illetve az éghajlat is fontos szerepet játszott. A továbbiakban jelen tanulmányt röviden ennek a kérdésnek szenteljük.

## 2. A léggör szerepe az éghajlat alakításában

Az élet keletkezésére vonatkozó fenti elképzelés helyességének alapvető feltétele, hogy

mintegy négy milliárd évvel ezelőtt a fiatal Föld felszínén a víz cseppfolyós halmazállapotban fordult elő. Nem volt olyan hideg, hogy a víz megfagyjon, és nem volt olyan meleg, hogy felforrjon. Ez viszont csak úgy lehetséges, hogy a bioszféra megjelenése előtti léggör a bolygónak megfelelő hőmérsékletet biztosított. Erre a melegítő hatásra mindenképpen szükség volt, mivel a Nap abban az időben mintegy 25 %-kal kevesebb energiát sugárzott, mint napjainkban, mint ez a csillagok fejlődésére vonatkozó vizsgálatokból következik. A szakemberek ezt a helyzetet a „hideg nap” paradoxonként szokták emlegetni.

A probléma megértése céljából tekintsük a jelenlegi napállandót (a napsugárzásra mérőleges felületegységen időegység alatt áthaladó energia:  $1370 \text{ W m}^{-2}$ ) és számoljuk ki, hogy mekkora lenne léggör nélkül a Föld átlagos hőmérséklete, feltételezve, hogy az albedó (a beérkező és a visszavert napsugárzás aránya) 0,3-mal egyenlő. A számítás egyszerűen úgy végezhető el, hogy a beérkező és a felszín által kisugárzott (ez a Stefan–Boltzmann-féle törvény alapján írható fel) energiát egyenlővé tesszük, azaz feltételezzük, hogy a bolygó sugárzási egyensúlyban van. A számítás 255 K, azaz  $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal egyensúlyi hőmérsékletet eredményez, szemben a ténylegesen megfigyelt  $+15 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal. A különbség a léggör jelenlétével, pontosabban a léggöri üvegházhatással magyarázható. Tételezzük fel ezek után, hogy a napállandó 25 %-kal kisebb, akkor az egyensúlyi hőmérséklet  $-55 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal egyenlő. Ha tehát azt akarjuk, hogy az átlagos hőmérséklet négy milliárd évvel ezelőtt hasonló legyen a jelenlegi értékhez, akkor fel kell tételeznünk, hogy az üvegházhatás az élet keletkezésekor jóval jelentősebb volt, mint napjainkban. Tobias Owen és munkatársai (1979) modellszámításai szerint ehhez mint-

egy ezerszer akkora szén-dioxid parciális nyomás kellett, mint a jelenlegi érték.

Mindez közvetve arra utal, hogy az őslégkörben sokkal nagyobb volt a szén-dioxid koncentrációja, mint napjainkban. Más szavakkal: az élet keletkezéséhez szükséges hőmérsékletet a nagyobb üvegházhatás biztosította.

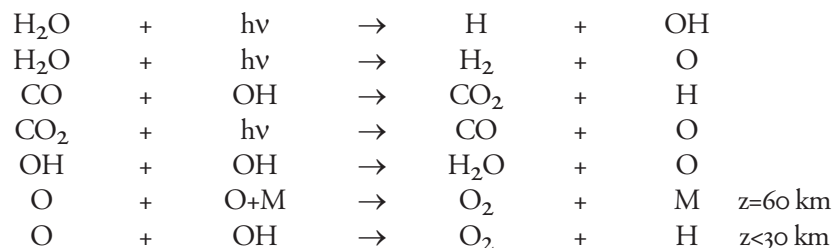
### 3. A légkör összetétele az élet megjelenése előtt

A jóval nagyobb szén-dioxid parciális nyomás mellett a négymilliárd évvel ezelőtti légkör másik fontos jellemvonása minden bizonnyal az alacsony szabad oxigénkoncentráció volt. Ezt a nézetet elsősorban geológiai leletek bizonyítják (közvetve a Miller-féle kísérletekből is következik), amelyek szerint a legrégebbi kőzetekben a vas redukált állapotban fordult elő. Elfogadott nézet, hogy a fiatal Föld légköre alapvetően a Föld belsejéből kiszabaduló gázokból tevődött össze. Nagyon valószínű, hogy a kibocsátott gázok összetétele közel egyensúlyban lehetett a redukált állapotú vassal (Holland, 1984). A vulkanikus gázok jelenleg vízgőzből, szén-dioxidból és kisebb mértékben kén-dioxidból és nitrogénből állnak. Redukált környezetben a hidrogént kb. fele arányban molekuláris hidrogén, a szén-dioxidot részben szén-monoxid, a kén-

dioxidot kénhidrogén helyettesíti, míg a nitrogén továbbra is molekuláris formában fordul elő.

Az őslégkör összetétele a kibocsátott gázok mennyiségének függvényében modellszámítások segítségével is tanulmányozható. James Kasting et al. (1979) szerint az oxigén koncentrációja ilyen modellekben erősen függ a hidrogén kibocsátásától, valamint kisebb mértékben a felszín oxidációs sebességétől. Az idézett szerzők vizsgálatukban  $7 \times 10^7$  kg/év hidrogénemisszióval számoltak. Eredményeik alapján a légköri oxigén szintjét elsősorban az 1. táblázatban feltüntetett fotokémiai és termikus reakciók határozzák meg.

A táblázatból látható, hogy a folyamatot a víz fotokémiai bomlása indítja el, amely atomos és molekuláris hidrogén, hidroxil (OH) szabad gyökök és atomos oxigén keletkezéséhez vezet. A szabad gyökök oxidálják a szén-monoxid-molekulákat, amely szén-dioxidot hoz létre. A szén-dioxid a légkör felső rétegeiben fotokémiailag elbomlik, és 60 km-es magasságban atomos oxigént hoz létre. Ebben a magasságban a molekuláris oxigén a  $\text{CO}_2$  bomlásából származó oxigénatomokból keletkezik. A felszín közelében az  $\text{O}_2$  közvetlenül a víz felbomlásából származó termékekből jön létre. A modellszámítások



1. táblázat • Molekuláris oxigén képződéséhez vezető kémiai reakciók az élet keletkezése előtti légkörben (Kasting et al., 1979). A táblázatban hv a Napból érkező energiát (fotonokat), z a magasságot adja meg; M a kémiai reakcióban részt nem vevő harmadik molekula, általában  $\text{N}_2$ .

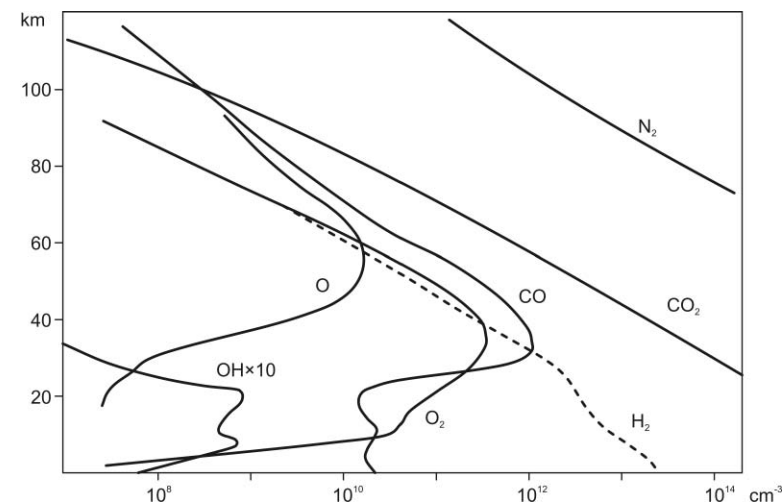
azt is kimutatták, hogy minden szinten az  $\text{N}_2$  az uralkodó molekula, amely kémiailag inert, ezért a légkörben felhalmozódik. Az alacsony molekuláris oxigénkoncentráció annak a következménye, hogy a napenergiát mind a víz, mind az oxigén a  $0,2 \mu\text{m}$  alatti hullámhosszban nyeli el, azaz a végtermék (oxigén) a kémiai ciklust „leárnyékolja”.

Az 1. ábra Kasting és munkatársai eredményeit mutatja be. Az ábrából kitűnik, hogy a felszín közelében  $1 \text{ cm}^3$  térfogatban  $10^7$  oxigénmolekula található (a jelenlegi érték  $5,629 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  a megfelelő érték). 60 km-es magasságban az oxigén a szén-dioxid bomlásának terméke. Az ábrából az is látható, hogy a legnagyobb koncentrációban előforduló komponens a nitrogén, majd ezt követi a szén-dioxid. 40 km fölött a harmadik leglényegesebb összetevő a szén-monoxid, míg alacsonyabb légkörben a hidrogén. A hidrogén koncentrációja a felszín közelében kerekén  $2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ . Az élet előtti földi légkörben tehát az oxigén koncentrációja a jelenle-

gi értékhez képest jelentéktelen volt. Ebből két fontos megállapítás következik. Az élet egyrészt, mint már említettük, a mai oxidatív környezettől eltérő redukáló viszonyok között keletkezett. Másrészt a mai oxigéndús légkör a bioszféra terméke.

### 4. A légkör összetétele és az élet kezdeti fejlődése

Az Oparin-féle elképzelés alapján valószínűnek látszik, hogy az élőlények felépítéséhez szükséges szerves molekulák a felszín közeli vizekben keletkeztek, ahol a felépítésükhöz szükséges ultraibolya energia bőségesen rendelkezésre állt. Ez az energia azonban ronsolja az élő sejteket, így fel kell tételeznünk, hogy az akkori egysejtűek a víz mélyebb (10 m) rétegében fejlődtek ki, illetve éltek. Az első élőlények minden bizonnyal sejtmag nélküli baktériumok (prokarióták) voltak. Anyagcseréjükhez, pontosabban szénhidrátok előállításához, szükségük volt szénre/szén-dioxidra és hidrogénre. Mint az előzőekben



1. ábra • A különböző gázok koncentrációja a bioszféra kialakulása előtti légkörben Kasting és munkatársai (1979) modellszámításai alapján



láttuk, ezek az anyagok a légkörben bőségesen rendelkezésre álltak.

A szénhidrogének előállításának legegyszerűbb módja a szén-dioxid és a hidrogénmolekulák közvetlen reakciója. Ebben a folyamatban a hidrogéndonor maga a hidrogénmolekula. A reakcióhoz nem szükséges energia, mivel lefolyása energiefelzabarással jár. Energia azonban a napsugárzás UV tartományában bőven rendelkezésre állt, így valószínű, hogy a kén-hidrogén is fontos hidrogénforrást szolgáltatott (2. táblázat).

A forradalmi változás akkor következett be, amikor olyan egysejtűek jelentek meg (cianobaktériumok), amelyek a hidrogént a víz felbontása útján nyerték, és az oxigént mint végterméket a környezetbe bocsátották. Tekintve, hogy elhalt cianobaktériumokból és mészkőből álló ún. sztromatolitok már 3,5 milliárd éve is keletkeztek, megállapíthatjuk, hogy a fotoszintézis mai formája már ebben az időben is létezett.

Az oxigén felhalmozódása azonban csak jóval később, mintegy 2–2,5 milliárd évvel ezelőtt kezdődött meg, amikor a befejeződött az oxidálható anyagok oxidációja. Ebben a hosszú átmeneti időszakban a szerves anyagokat nem a légző szervezetek, hanem a metanogén baktériumok fogyasztották, amelyek az energiát más baktériumok (például cianobaktériumok) által előállított szerves anyagok kémiai átrendeződése útján nyerték. A meta-

nogén, heterotróf szervezetek a fotoszintézissel ellentétes folyamatot indítottak el, és a szén az akkori bioszféra számára hasznos szén-dioxid, illetve metán formájában visszajuttatták a környezetbe. Így jelentős mennyiségű metán is került a légkörbe. Másrészt mintegy kétmilliárd évvel ezelőtt kifejlődtek azok az egysejtűek, amelyek „rájöttek” arra, hogy az oxigén egyszerű energiaforrás, és megindult az anyagcsere egy másik formája, a légzés. Közben azonban a bioszféra is nagyot változott, mivel a légző baktériumok már sejtmaggal rendelkező eukarióták voltak, amelyek ősei a mai növényeknek és állatoknak.

#### 5. Az élet hatása a környezetre és a légkörre

Az élet keletkezését a kedvező környezeti (légköri) feltételek tették lehetővé. Az élet létrejötte viszont megváltoztatta a környezeti feltételeket. Új korszak kezdődött a Földön: a további fejlődést a bioszféra és a környezet kölcsönhatása sok tekintetben meghatározta. Különösen igaz ez a megállapítás a legfontosabb környezeti elemegyüttesre – az éghajlatra –, melyet a prokarióták a légkör kémiai összetételének megváltoztatásával befolyásoltak. Ezt nem oxigéntermelésükkel, hanem az üvegházhatású gázok mennyiségének módosításával érték el. A keletkező oxigén ugyanis hosszú ideig a redukált állapotú környezet oxidációjára fordítódott (lásd következő fejezet). James Lovelock (1988) elképzelése szerint

Folyamat	Energiaszükséglet	Baktérium
1 $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	50,2	pl. Chlorobium
2 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 1/2 (\text{H}_2\text{S}) \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + 1/2 (\text{H}_2\text{SO}_4)$	117,2	pl. Chromatium
3 $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$	470,7	pl. cianobaktériumok

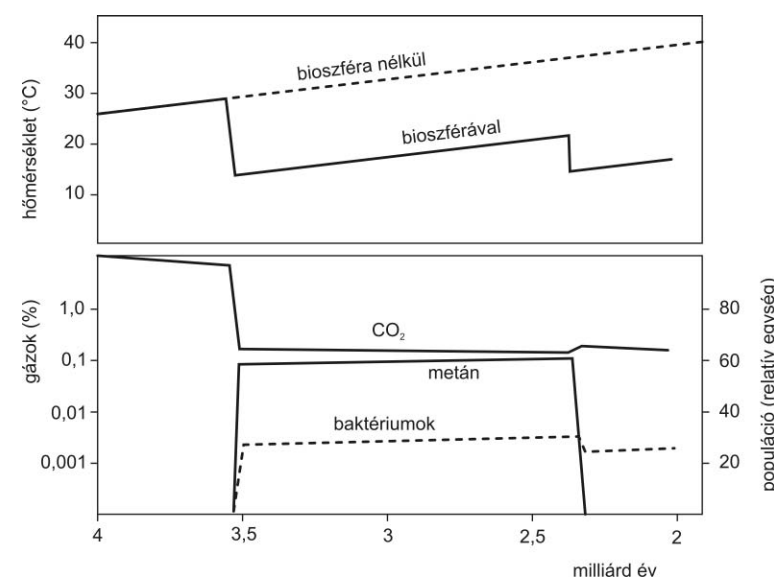
2. táblázat • A fotoszintézis lehetséges formái. Megjegyzés: az energiaszükséglet kJ/mol-ban van kifejezve. A táblázatban az egyszerűség kedvéért a szénhidrátokat formaldehid reprezentálja (lásd Warneck, 1999).

a fotoszintetizáló baktériumok alapvető szerepe az volt, hogy csökkentsék a legfontosabb üvegházhatású gáz, a szén-dioxid koncentrációját. A metanogén szervezetek viszont üvegházhatású gázokat, így metánt bocsátottak a légkörbe. A két ellentétes hatás közel másfél milliárd évre egyensúlyba került, és az egyensúlyt a légköri oxigén borította fel mintegy 2–2,5 milliárd évvel ezelőtt.

A 2. ábra a hőmérséklet és a légköri összetétel változását mutatja a bolygó fejlődése szempontjából oly fontos időszakban. A bizonyos feltételezésekkel végzett modellszámítások eredményei alapján látható (felső rész), hogy az élet keletkezése előtt a Föld átlagos hőmérséklete viszonylag magas volt, 25–30 °C között változott, kissé emelkedő tendenciával. A viszonylag meleg éghajlatot a vulkánokból kikerülő szén-dioxid biztosította, amelynek koncentrációja, mint már említettük, a mai 0,035 % körüli értékhez képest igen nagy-

nak tekinthető. A hőmérséklet emelkedése annak volt köszönhető, hogy a Napból egyre több energia érkezett (ez a Nap-típusú csillagok fejlődéséből következik). Élettelen Földön a hőmérséklet menete nyilván nem változott volna (szaggatott görbe). Az élet megjelenése után azonban átlagos értéke kb. 15 °C-ra esett vissza a szén-dioxid mennyiségének csökkenése miatt (az ábra alsó része). Ugyanakkor a metanogén baktériumok megjelenése a légkörbe egyre több üvegházhatású metánmolekulát juttatott, ami megállította, sőt hosszú időre stabilizálta a hőmérsékletet.

A modell segítségével a baktériumok száma is meghatározható volt. Lovelock azzal a feltételezéssel élt, hogy a baktériumok növekedése 25 °C-on a maximális, míg 0 °C-on, illetve 50 °C-on megszűnik. Mint a 2. ábrából kitűnik, a baktériumok száma 3,6 milliárd évvel ezelőtt rohamosan emelkedett, majd lényegében állandóvá vált. A szabad oxigén



2. ábra • A hőmérséklet és a légköri összetétel változása az élet keletkezése után Lovelock (1988) modellszámításai alapján

azonban jelentősen redukálta a légköri metán mennyiségét, másrészt bizonyos baktériumok kihalásához vezetett. A metán kivonása ismét csökkentette a hőmérsékletet, míg a baktériumok részleges kihalása némileg megemelte a szén-dioxid koncentrációját.

#### 6. Záró megjegyzés

Mint láttuk, az élet keletkezését egyebek mellett az éghajlat (Naptól mért távolság) és az őslégkör összetétele alapvetően befolyásolták. A bioszféra viszont a későbbiek során meghatározta a légkör összetételét, biztosítva ily módon saját fejlődését. Magasabb rendű,

valamint szárazföldi élethez ugyanis az oxigén elengedhetetlen. Másrészt a bioszféra egyrészt közvetlenül, másrészt az üledékképződésen keresztül (Lovelock, 1988) szabályozta a légköri üvegházhatást: a Nap energiakisugárzásának megfelelően csökkentette a légköri szén-dioxid koncentrációját. Mindez alapvető volt az ember kialakulásához, és annak a számunkra kedvező környezetnek a fenntartásához, amelyet ismerünk, és olyan természetesnek tartunk.

Kulcsszavak: *kezdeti bioszféra, őslégkör, légkör és éghajlat*

#### IRODALOM

- Bernal, John Desmond D. (1971): Az élet keletkezése eredete. Kossuth, Budapest
- Holland, Heinrich D. (1984): The GeoChemical Evolution of the Atmosphere and Ocean. Princeton University Press, Princeton, N. J.
- Kasting, James F. – Liu, S. C. – Donahue, T. M. (1979): Oxygen Levels in the Primitive Prebiological Atmosphere. *Journal of Geophysical Research*. 84, 3097–3107. [http://www.geosc.psu.edu/~kasting/PersonalPage/Pdf/J.\\_Geophys.\\_Res.\\_79.pdf](http://www.geosc.psu.edu/~kasting/PersonalPage/Pdf/J._Geophys._Res._79.pdf)
- Lovelock, James E. (1988): The Ages of Gaia. Oxford University Press, Oxford–New York–Toronto–Melbourne

- Miller, Stanley L. (1953): A Production of Amino Acids under Possible Primitive Earth Conditions. *Science*. 117, 528–529.
- Owen, Tobias – Cess, R. D. – Ramanathan V. (1979): Enhanced CO<sub>2</sub> Greenhouse to Compensate for Reduced Solar Luminosity on Early Earth. *Nature*. 277, 640–642.
- van Andel, Tjeerd H. (1994): New Look on an Old Planet. Cambridge University Press, Cambridge
- Warneck, Peter (1999): Chemistry of the Natural Atmosphere. Academic Press, San Diego–San Francisco–New York–Boston–Sidney–Tokyo



# A FÖLDTÖRTÉNET KLÍMAVÁLTOZÁSAI ÉS AZOK TANULSÁGAI

Császár Géza Haas János

az MTA doktora, tanszékvezető  
ELTE Regionális Földtani Tanszék  
csaszarg@mail.datanet.hu

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

Nádor Annamária

PhD, kutatási igazgatóhelyettes  
Magyar Állami Földtani Intézet  
nador@mafi.hu

#### Bevezetés

Az üvegházhatású gázoknak – főként a vezető ipari országokban – az utóbbi két évtizedben bekövetkezett növekvő mértékű kibocsátása és az ennek megfékezését célzó erőfeszítések elmaradása (Kiotó, 1997 stb.) egyre fokozódó érdeklődést, sőt feszültséget kelt nem csupán a meteorológiával foglalkozó szakemberek és jövőkutatók, hanem a kormányok, sőt a lakosság széles körében is. Ezzel összhangban az éghajlattal kapcsolatban álló tudományterületek képviselői is egyre nagyobb mértékben terjesztik ki kutatásaikat az éghajlat egyes elemeinek vizsgálatára, továbbá a várható következmények elemzésére.

A Föld múltjának megismerésére irányuló geológiai kutatások vizsgálják a kontinensek helyzetének, alakjának, méretének változásait, a folyamatosan képződő és elnyelődő óceáni lemezeket, a főként ezekhez kötődő vulkanizmussal, a hegláncok felgyűrődésével, továbbá a tengeri és szárazföldi üledékképző-

dés különböző kérdéseivel együtt. Ez utóbbin belül kiemelt figyelmet fordítanak az üledék jellegének, mennyiségének, eloszlásának változásaira, minthogy ezek a képződmények őrizték meg számunkra kövület formájában a mindenkor élet nyomait, amelyeknek egyirányú változásain, fejlődésén a földtörténeti múlt tagolása ma is alapszik. Az aktualizmus elvét szem előtt tartva az üledékek jellege és a bennük lévő ősmaradványok alapján már a geológiai kutatás korai szakaszában rekonstruálni próbálták a képződmények keletkezési körülményeit, beleértve az adott időszak és terület hőmérsékletének és csapadékmenyiségének értékelését is. A tudomány fejlődése a későbbiekben lehetővé tette, hogy a radioaktív elemek bomlási termékeinek mérése alapján a földtörténeti időszakok tartama években is kifejezhetővé váljék, majd a stabil izotópok rendszeres mérésének köszönhetően a környezet állapotára vonatkozó egyéb körülmények is egyre pontosabban számszerűsíthetők lettek. Ezek sorában kiemelkedő

jelentőségű az oxigén nehéz izotópjának ( $O^{18}$ ) tér- és időbeli mennyiségi eloszlására vonatkozó adatok ismerete, mert ennek változása igen szoros összefüggést mutat a tengervíz hőmérsékletének változásával. A növekvő adatok birtokában a geológia tehát rekonstruálni képes az egyes kontinensek helyzetének időbeli változásait (időleges egyesülését, szétválását, forgását), a tengerrel borítottság mértékének változását, tengerek, tavak mélységének és hőmérsékletének, továbbá a csapadék mennyiségének és eloszlási jellegének változását, módosulásait is, és mindezek alapján egyre nagyobb megbízhatósággal képes a földtörténeti múlt éghajlatának rekonstrukciójára is.

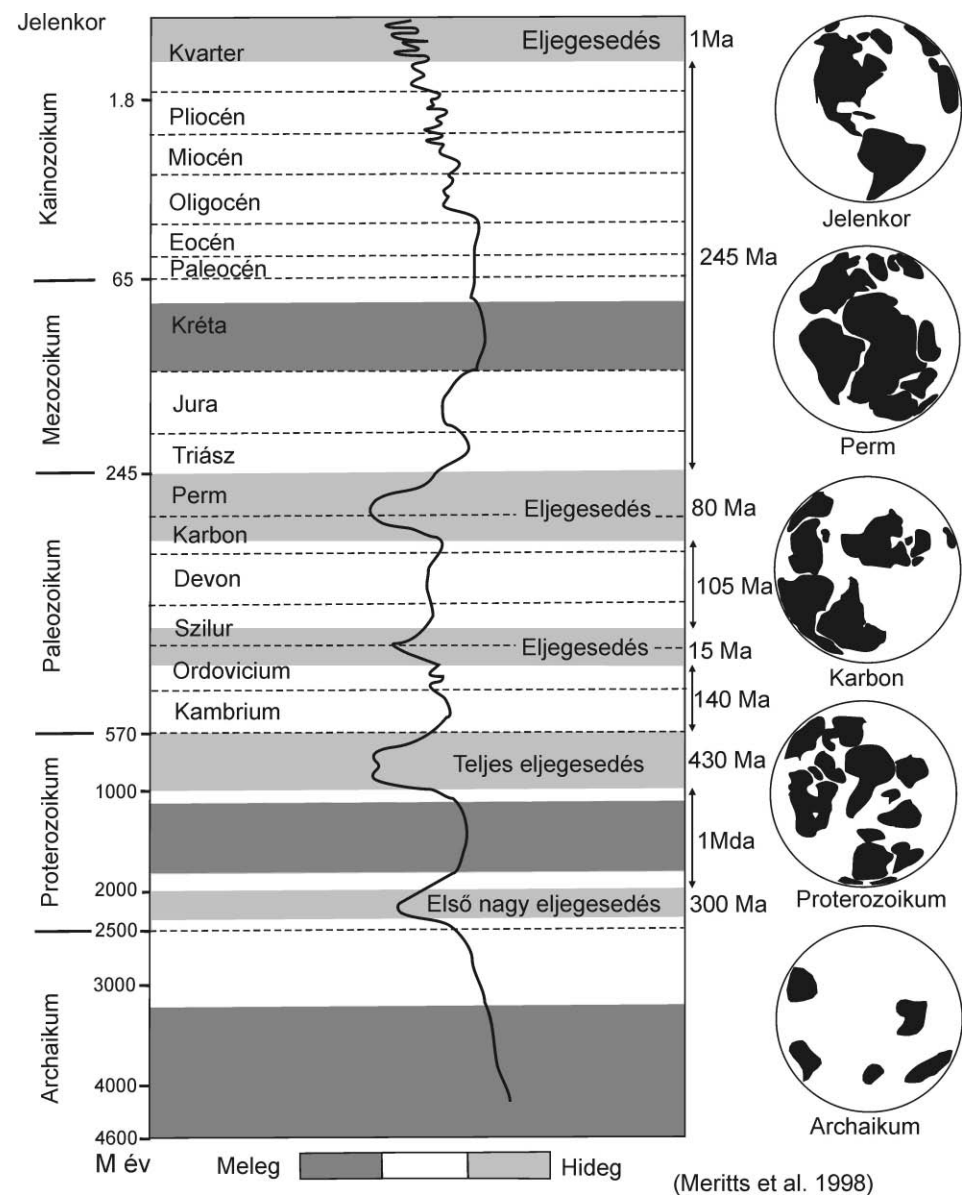
A földtörténet klímaváltozásainak elemzésével szeretnénk rámutatni arra, hogy a geológiai múltnak fontos üzenete van a társadalom és különösen a döntéshozók számára az emberiség jövőjét alapvetően befolyásoló stratégiai döntések mérlegelésénél.

#### A klímátényezőkről általában

Az éghajlat a Földre ható rendkívül összetett, gyakran ellentétes irányú külső és belső hatások eredőjeként alakul ki. A külső hatások közül minden kétséget kizáróan a Naptól származó besugárzás a legfontosabb, de egyéb külső ( kozmikus) tényezők, például Naprendszer bolygóinak a Föld pályaelemeit módosító hatása, vagy a kozmikus testek becsapódása is fontos szerepet töltenek be, ugyanakkor nagyobb időtávlatokban a Naprendszernek más rendszerekhez viszonyított helyzete ma még felbecsülhetetlen változások okozója lehet. Földünk klímáját végső soron a litoszféra, az atmoszféra, a hidroszféra és a bioszféra összetett és bonyolult kölcsönhatása szabja meg. Az éghajlatot meghatározó tényezők, illetve azok sajátosságának nyomai a

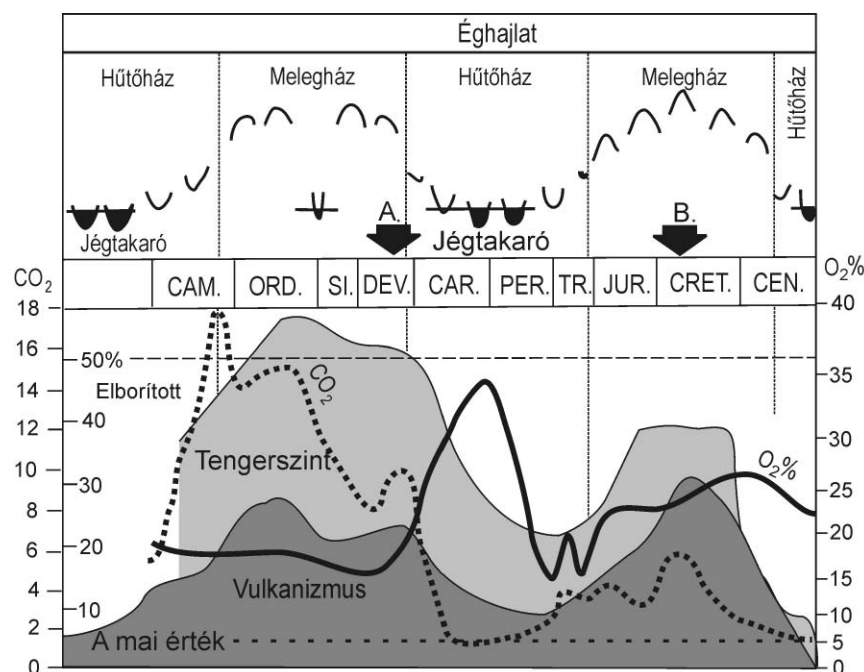
kőzetben megőrződhetnek, és megfelelő módszerekkel azokból kinyerhetők. A külső tényezőkön túlmenően ezek sorában az egyik legjelentősebb a kontinensek konfigurációjának a földtörténet során bekövetkezett változása volt. A kontinensek alakja, mérete, eloszlása, ezen belül a magas hegyláncok elrendeződése alapvetően befolyásolja az óceáni és légköri áramlások kialakulását.

A fenti tényezők hatásának eredőjeként kialakuló éghajlat leginkább meghatározó jellemzője a hőmérséklet. A nagyszámú oxigénizotóp-mérésnek köszönhetően a földtörténet fanerozoikumának (a többnyire szilárd vázzal rendelkező szervezetek maradványait, nyomait őrző utóbbi mintegy 570 millió éves szakaszának) globális átlaghőmérséklet-eloszlására ma már számszerűsített értékekkel is rendelkezünk, de a Föld teljes történetére kiterjedő hőmérsékletváltozásnak mindmáig csak relatív értékei adhatók meg a Föld nagyobbik, a fanerozoos (a napjainktól számított 570 millió év előtti) szakaszára. A teljesebb kép érdekében (1. ábra) ezért mi is az utóbbi megoldást választottuk a hőmérsékletváltozás bemutatására (Merritts, 1998). Az ábráról rendkívül tág határok között változó időtartamú hideg klímájú (eljegesedési) időszakok olvashatók le. Ha a jelenlegi, még befejezetlen hideg klímazakasztól el is tekintünk, az értékek 15 és kb. 430 millió év között változnak. Ezzel összhangban nem ismerhető fel szabályszerűség az egyes hideg klímazakaszok között eltelt idő hossza tekintetében sem, amely 105–1000 millió év között változik. Mindamellett figyelemre méltó, hogy a fanerozoikumon belül ezek az értékek lényegében 100–200 millió évnél adódnak, főként, ha figyelmen kívül hagyjuk az ábrán nem szereplő, rendkívül rövid idejű oligocén eleji hűvös klímájú intervallumot. Ha azonban azt is figyelem-



1. ábra • A Föld relatív globális hőmérsékletének változását mutató görbe az eljegesedési időintervallumok (vízszintes sávozás), a kiugróan nagy átlaghőmérsékletű időintervallumok (rácsosított szakaszok), valamint az eljegesedések időtartamának és az eljegesedések közötti időtartamoknak a feltüntetésével, továbbá a kontinensek időben változó helyzetének szemléltetésével (Merritts, 1998 nyomán)





2. ábra • A fanerozoikumi éghajlat leegyszerűsített eloszlási képe a melegházi és hűtőházi szakaszokkal, jégtakarókkal, anoxikus szintekkel (A és B), a levegő-oxigén és szén-dioxid eloszlásával, a kontinensek tengerrel borítottságával és a vulkanizmus mértékének időbeli változásával (Fisher, 1984 nyomán, módosítva, kiegészítve)

be vesszük, akkor a permi és jelenlegi jégkorszak közötti 245 millió évet egy 215 és egy 30 millió éves szakaszra kell tagolni. Mindazonáltal az utóbbi évtizedben egyre többen számolnak a naprendszer egészének 240 millió éves ciklusával is, amelynek során a naprendszer változó transzparenciájú és változó gravitációs terű környezetbe kerül, ami a besugárzás mértékét is jelentősen befolyásolhatja. A hideg klímazakaszok közötti kiugróan nagy átlaghőmérsékletű időintervallumok közül csupán a kréta időszak esik a fanerozoikumra.

A fanerozoikum éghajlatát Alfred G. Fischer (1986) jelentős mérvű egyszerűsítésekkel, összevonásokkal melegházi (greenhouse)

és hűtőházi (icehouse) szakaszokra tagolta (2. ábra). A hűtőházi szakaszok középső részére estek az eljegesedési periódusok, míg a két melegházi szakasz közül a mezozoós–kainozoós szakasz közepét jelentő kréta időszakra hőmérsékleti maximum, az ópaleozoikum közepére rövid idejű eljegesedés esik. Az óceánokban jelentősebb mérvű oxigénhiány (anoxia) a melegházi szakaszok jellemzője (Racki, 1999), amit az idéz elő, hogy a sarki jégsapkák hiánya miatt csökken a tengeráramlások intenzitása, ezért a tenger aljzatán felhalmozódó szerves anyag oxigén hiányában nem bomlik el. A jégörmegyek elolvadása következtében megemelkedett tengerszint, vagyis a kontinensek megnövekedett tengerrel

való borítottsága, valamint a vulkáni tevékenység intenzitási csúcsa jó egyezést mutat a melegházi periódusok eloszlásával. Közelítőleg ezekkel látszik korrelálni a mindenkor légtér szén-dioxid mennyiségének eloszlása is, amelyet az ásványokban lévő zárványokból határoznak meg. Ennek a diagramon (2. ábra) látható legnagyobb értéke – ami a mai értéknek tizenkétszerese – a paleozoós melegházi szakasz legelejére esik. Feltűnő ugyanakkor, hogy a mezozoós–kainozoós melegházi szakasz legnagyobb szén-dioxid-tartalma, ami egy melegházi szakasz közepére esik, a mainak csupán négyszerese volt. A fenti tények egyértelművé teszik, hogy a ma leginkább meghatározónak tekintett melegházi gázok legjelentősebbjének, vagyis a szén-dioxidnak az eloszlásán, valamint a vulkáni aktivitás mértékén túlmenően, ma még egyértelműen meg nem határozható további okoknak is jelentős szerepük lehetett az éghajlat fentiekben jelzett, később részletezendő alakulásában. Ezek sorában az egyik legfontosabb a Naptól származó besugárzás mértékének ugyancsak különböző okokra visszavezethető változása lehetett. Az adatok szerint (2. ábra) a légtér oxigéntartalmának változása a szén-dioxid-tartalom változásával alapvetően ellentétes lefutást mutat. Ennek leglátványosabb megnyilvánulása, hogy a szén-dioxid-tartalom eddigi (karbon időszak) minimuma, amely a mai értékénél is kisebb volt, teljesen egybeesik az oxigéntartalom eddigi maximumával (kb. 35%). Ugyanakkor ez az összefüggés nem tekinthető mindenütt egyértelműnek: esetenként együttfutásra is van példa, ami erősíti az egyéb tényezők alkalmankénti meghatározó szerepének lehetőségét is. További fontos adalékot jelent az egyes tényezők szerepének változékonyságára a szén-dioxid-tartalom és a hőmérséklet eloszlásának egy-

bevetése. Mint láttuk, a nem kiugróan meleg kambrium elején a szén-dioxid-tartalom a mai érték tizennyolcszorosa volt, míg a jóval melegebb kréta időszakban csupán hatszorosa.

Mindazonáltal nem kétséges, hogy a hőmérséklet alakulásában – elsősorban a megszerzett hő mennyiségének megtartásában – az egyik legfontosabb tényező a levegő szén-dioxid-tartalma. A kambriumot megelőzően a légtér szén-dioxid-tartalma erősen kérdéses, de a mai értékénél mindenképp jóval nagyobb, akár több százszorosa is lehetett. Ez valószínűleg kulcsfontosságú tényező volt a Föld hőmérsékletének stabilizálásában a prekambrium során. Az akkori kismértékű besugárzás miatt a hőmérséklet jóval kisebb lett volna, de a légtér nagy szén-dioxid-tartalma melegházi hatást eredményezett, amit az élet fejlődésének alakulása szempontjából a szakemberek döntő tényezőnek tekintenek.

A légtérben a szén-dioxid és az oxigén egyensúlya a biológiai ciklussal összhangban változik. Ennek során az oxigént a növény a levegő szén-dioxidjának felhasználásával fotoszintézis útján állítja elő, míg a szén-dioxid a szerves anyag oxidálódása során jön létre. Így a földtörténet során a bioszféra fejlődése és a szerves anyag lebomlásának/beágyazódásának aránya alapvetően befolyásolta a légtér szén-dioxid-tartalmát. A biológiai cikluson túl azonban két másik tényező is jelentős hatással van a légtér szén-dioxid-tartalmára. Az egyik a vulkánok okozta exhaláció, a másik a szilikátos kőzetek mállása, amelyek intenzitásváltozásai szoros összefüggést mutatnak a lemeztectonikai folyamatok sebességével.

Felmerülhet a kérdés: hogyan ismerhetők fel a földtörténeti múlt éghajlatának változásai, és milyen alapon beszélhetünk számszerű értékekről. A földtani képződményeknek, illetve azok bizonyos alkotóinak (ősmaradvá-

nyok, ásványok, elemek vagy izotópok) gyakorisága és eloszlása, a kontinensek elrendeződése, a szubdukciós (kéregbetolódási) övek helyzete és gyakorisága mennyiségi, máskor csak minőségi adatokat szolgáltatnak a hőmérséklet nagyságának, lokális és globális eloszlásának változásairól. A csapadék mennyiségének és éves eloszlásának mértékéről elsősorban a növényzet (főként a leveleken lévő légzőnyílások sűrűsége, valamint a spóra- és pollentartalom), másodsorban a klímajelző kőzetek nyújtanak tájékoztatást. Az evaporitok például kifejezetten csapadékszegény, arid (meleg) éghajlatot, a bauxitok trópusi, de szezonálisan változó csapadékkal jellemezhető éghajlatot jeleznek (Bárdossy – Aleva, 1990). A nagy vastagságú, sekélytengeri karbonátos rétegsorok trópusi, esetleg szubtrópusi éghajlaton keletkeznek. A kőszénlápok relatíve jelentős csapadéku területeken, ezen belül jobbra – de egyáltalán nem kizárólag – a meleg éghajlati övben jöttek létre. A kvarcban és szilikát ásványokban gazdag törmelékeny üledékek a mérsékelt és hideg éghajlati övben halmozódnak fel, míg a tillit (a jég által összetörlesztett vegyes szemcseösszetételű üledék) hideg, glaciális környezet szülte. Az üledékes kőzetek egyes ásványai, ősmaradványok szilárd vázába beépült oxigénizotóp-arány az egykori hőmérsékleti viszonyok kiváló jelzője. A mindenkor légkör összetételét rögzítik a kőzetekben a legutóbbi néhány százézer évre vonatkozóan a jégben megőrződött gázzárványok. Ennek megfelelően az oxigén, annak izotóp aránya (és ebből a közeg hőmérséklete), továbbá a szén-dioxid mennyisége a gázzárványadatok tömegéből számolható.

A besugárzás mértékének, s ezen keresztül az éghajlat alakításában, ennek folyományaként az üledékképződés egyes jellegeinek

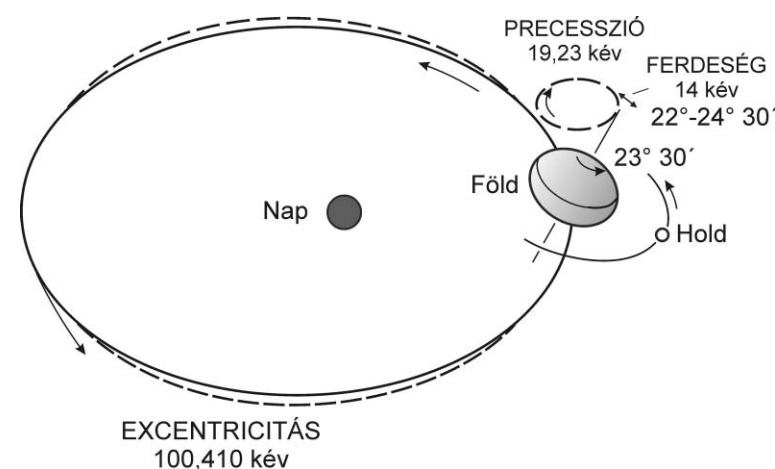
megváltozásában a Föld keringési pályaelemeinek van kiemelt jelentősége, ezért erről kiemelten szólnunk.

*A Föld keringési pályaelemeinek változása és a rövid időtartamú klímaváltozások – orbitális ciklusok*

Milutin Milanković szerb mérnök, csillagász, matematikus az 1920-as években olyan elméletet dolgozott ki, amelyben a jégkorszakok kialakulását, az eljegesedési és felmelegedési szakaszok váltakozását a Föld keringési pályaelemeinek módosulása miatti besugárzásváltozásokra vezette vissza. Tudománytörténeti érdekesség, hogy a pályaelemek kiszámításának – abban az időben rendkívül hosszadalmas – munkáját Budapesten a Magyar Tudományos Akadémia épületében hadifogolyként végezte.

A besugárzást jelentősen befolyásoló pályaelem-változások periódusideje három tényezőtől függ (3. ábra). Az excentricitás, azaz a Föld Nap körüli keringési pályájának módosulása 100 és 410 ezer éves periodicitást mutat. A tengelyferdeség kismértékű ( $22^\circ$  és  $24^\circ 30'$  közötti) változásának periódusa 41 ezer év. A precesszió (a Föld forgástengelyének kúppalást menti elfordulása) átlagos periodicitása pedig 21,7 ezer év, 19 és 23 ezer éves fő periódusokkal. A 4. ábra az excentricitási, a tengelyferdeségi és a precessziós index André Berger (1978) által kiszámított változásait mutatja az elmúlt 800 ezer évben. A legszó gőrbé e periodikus változások eredőjéből adódik.

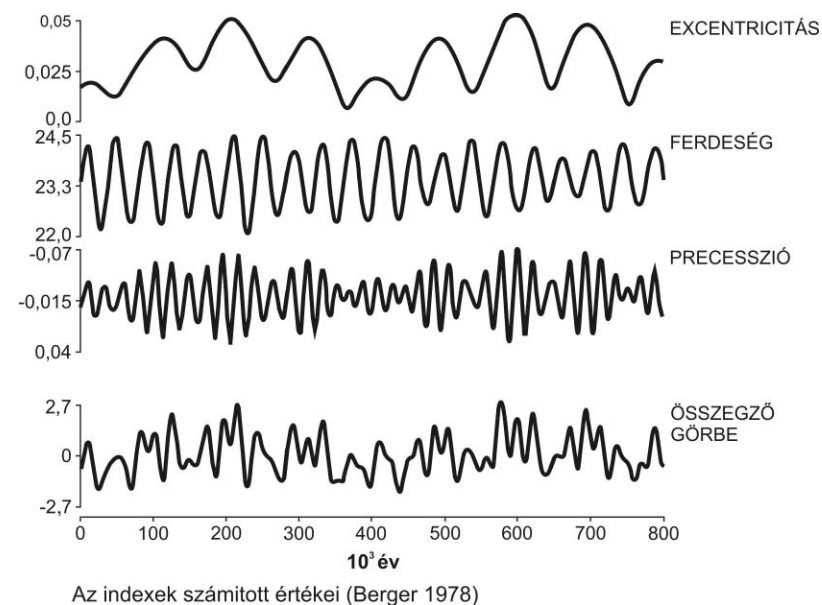
A ferdeség és a precesszió periódusa, mivel a Föld forgási sebességétől és a Föld–Hold távolságtól függ, a földtörténet során változott. A tengelyferdeség változása számottevő, a fanerozoikum kezdetén csupán 27 ezer év lehetett a jelenlegi 41 ezer év helyett. A precessziós fő periódusok tartama 17 és 19 ezer



3. ábra • A Föld keringési pályaelemei és változásuk periodicitása

év volt, ami geológiai értelemben nem jelentős különbség a mai értékekhez képest. Nem tűnik alaptalannak, ha a távolabbi múltban további változásokat tételezünk fel.

Az orbitális ciklusok hatása az éghajlatra nyilvánvaló, de áttételes. A pályaelemek módosulása a besugárzás mértékének szezonális változtatását változtatja, ami az óceáni és a légköri

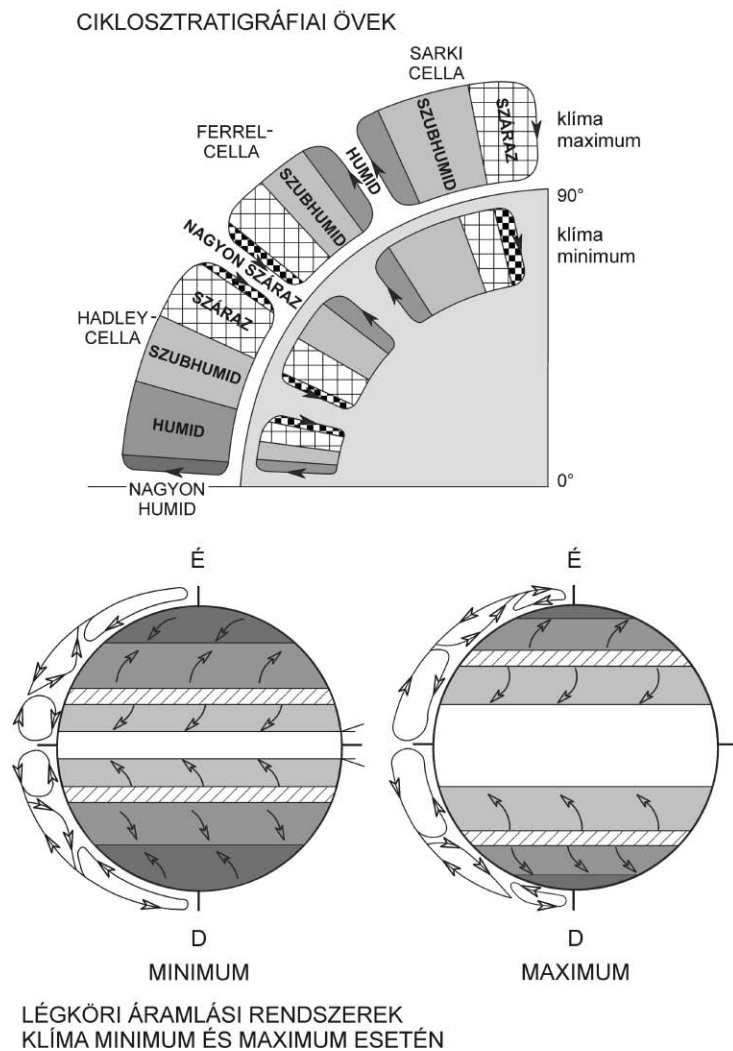


4. ábra • A keringési pályaelemek André Berger (1978) által kiszámított változásai az elmúlt 800 ezer évre vonatkozóan

áramlási rendszereken keresztül a hőkiegyenlítő mértékének változását eredményezi.

Az éghajlatváltozások a hűtőházi klímaszakaszok idején jelentősebbek, de a melegházi szakaszokban is kimutathatók. Az üledékképződés jellegét a hőmérsékletváltozáshoz is jobban befolyásolja a csapadék mennyiségének változása, de az egyéb klímaelemek (pl.

szél) hatása sem hanyagolható el. Az orbitális ciklusok és a klímaelemek kapcsolatának értelmezésére Martin D. Matthews és Martin A. Perlmutter (1994) dolgoztak ki modellt (5. ábra), amely abból indul ki, hogy a besugárzás változásának hatására a légköri áramlási rendszerek, illetve a klímaövek szélessége, helyzete megváltozik. A minimális besugárzás



5. ábra • A légköri áramlási rendszerek helyzete klíma minimum és klíma maximum esetén (Matthews – Perlmutter, 1994)

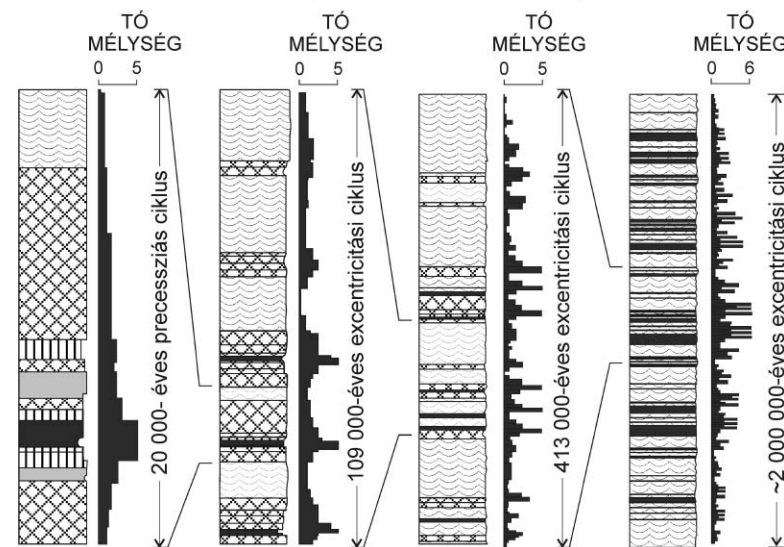
szakaszaiban a sarki cella terjed ki az Egyenlítő irányában, a maximális besugárzás szakaszaiban az egyenlítői Hadley-cella (5. ábra) hódít teret a pólusok irányában.

A periodikus klímaváltozások áttételesen a tengerszint helyzetét is befolyásolják. Az orbitális ciklusok frekvenciatartományába eső jelentős tengerszintváltozások – melyek létre számos bizonyíték van – aligha magyarázhatóak másként, mint hatalmas jégtömegek (elsősorban a hűtőházi szakaszok sarki jégsapkáinak) kiolvadásával, amit glacio-euszatikus tengerszintváltozáshoz nevezünk. A negyedidőszaki eljegesedés, illetve megolvadások idején 100 métert meghaladó amplitúdójú vízszintváltozások mentek végbe, jól követve a 100 ezer éves, sőt esetenként a 20 ezer éves periodicitást is. A melegházi szakaszokban megfigyelt kismértékű (néhány méteres) tengerszintváltozásokat elsősorban az óceánok vizének hőtágulására vezetik vissza.

Az orbitális ciklusok kitűnő példáit ismerjük a földtörténeti középkor triász időszakából, amely egy sok tízmillió év időtartamú „hűtőház” és egy hasonlóan hosszú „melegház” időszak határára esik.

A triász időszak vége felé, kb. 220–210 millió évvel ezelőtt, gyorsan süllyedő rift árokban hatalmas kiterjedésű tórendszer jött létre az Appalache-hegység keleti előterében, amelyben a mintegy 6 km vastag rétegsor rakódott le. Az e rendszerhez tartozó Newark-medence rétegsorát fúrásokkal tökéletesen feltárták. A több nagyságrendben is ciklikus felépítésű rétegsor (6. ábra) elemi ciklusa egyre mélyülő környezetben létrejött rétegekkel indul, majd a legnagyobb mélységet elérve sekélyesedés nyomai figyelhetők meg a teljes kiszáradást jelző kőzetfajtáig. A ciklusok képződésének ideje kb. 20 ezer év, ami a precessziós ciklusok képződési idejével azonosítható (Olsen, 1986). Az elemi ciklusok ciklus-

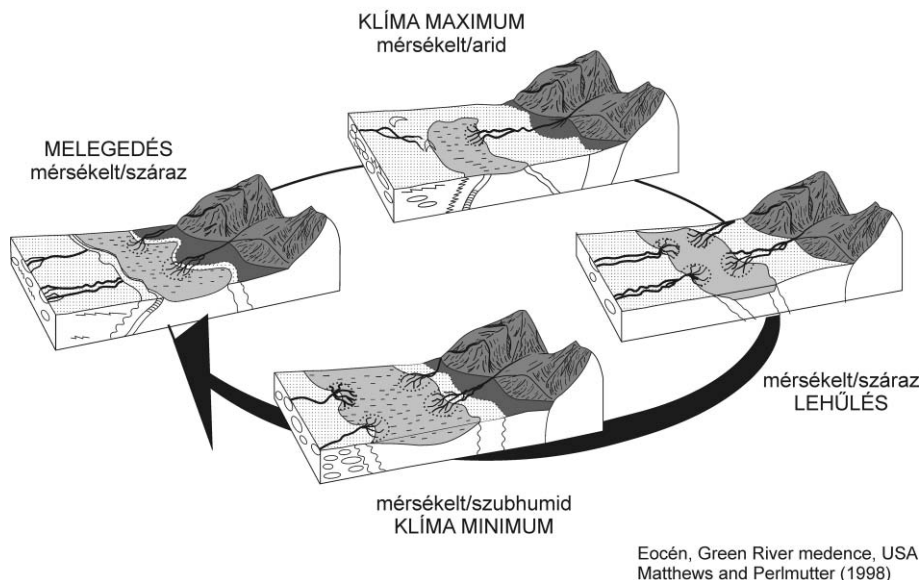
**TRIÁSZ TAVI CIKLUSOK (Newark-medence USA)**



6. ábra • A Newark-medencei triász tavi üledékek ciklicitása jól tükrözi a Föld keringési pályaelemeinek változási ciklusait (Olsen, 1986 nyomán)



A SZÁRAZFÖLDI ÜLEDÉKKÉPZŐDÉSI  
KÖRNYEZETEK VÁLTOZÁSA  
EGY KLÍMACIKLUS SORÁN



Eocén, Green River medence, USA  
Matthews and Perlmutter (1998)

7. ábra • A Green River-medence eocén szárazföldi üledékképződési környezeteinek változásai egy klímacyklus során (Matthews – Perlmutter, 1994)

kötegekbe szerveződnek, melyek a rövidebb és a hosszabb időtartamú excentricitási ciklusokkal hozhatók kapcsolatba (6. ábra). A jelenlegi feltételezések szerint a perm időszakban kiemelkedett Appalache-hegységvonulat magashegységi jégtömegének változása határozhatta meg elsősorban ennek a triász tónak a vízszintjét. A magashegységi jégtakarók térfogatváltozásai ugyanakkor a világtengerek szintjének változásához is hozzájárulhattak.

Hasonló időtartamú ciklicitást sikerült kimutatni a Newark-i-medence tavi rétegsoraival egyidejű hazai sekélytengeri karbonátos kőzetekben is. A Bakonyban és a Gerecsében mélyült fúrások a Dachsteini Mész-kő mintegy 800 m-es (az egyik tatarai fúrás 1200 m-t harántolt!) folyamatos rétegsorát tárták fel. Az átlagosan mintegy 2 m vastag elemi ciklusok számított képződési időtartama 23 ezer

év (Schwarzacher – Haas, 1986). Balog Anna és mtsai (1997) vizsgálatai szerint az elemi ciklusok 4–6 ciklusból álló, kb. 10 m vastag kötegekbe, és ezek kb. 40 m vastag kötegsorozatba szerveződnek, melyek az excentricitási ciklusokkal hozhatók kapcsolatba.

Klímaváltozásokat tükröző ciklusos rétegsorok szárazföldi medencékben is létrejöhetnek. A klíma ugyanis nagymértékben meghatározza a mállás, továbbá a folyóvízi szállítás intenzitását és ezen keresztül az üledékgyűjtő medencébe kerülő üledék mennyiségét és jellegét is. Matthews és Perlmutter (1994) az Egyesült Államok középső részén a Green River-i-medence eocén folyóvízi-tavi rétegsorát vizsgálva mutatta ki a Milanković-ciklusokra visszavezethető klímaváltozások hatását, amelynek eredményeként édesvízi és evaporitos üledékek váltakozásából álló üle-

dékciklusok keletkeztek. A vizsgált terület az eocén folyamán a mérsékelt égövben helyezkedett el, de a globális klíma maximum idején az éghajlat arid, majd mérsékeltén száraz, a klíma minimum idején mérsékeltén humid, majd a felmelegedés során ismét mérsékeltén szárazzá, ezt követően újra ariddá vált. Ennek megfelelően alakultak az üledékképződési viszonyok a kontinentális medencében (7. ábra). A csapadékviszonyok változását a szárazföldi növények spóra-pollen együttesének elemzése is alátámasztotta.

Bizonyos körülmények között, a kőzetek vékony réteglemezei az éghajlat egészen rövid idejű változásait is megőrizhetik. Évszakos változások nyomát mutatták ki gleccsertavak és lefolyástalan sós tavak üledékeiben, tengertől elrekesztett lagúnák, pangó vizű anoxikus tengermedencék rétegsoraiban. Az évszak váltakozása ez esetben a milliméteres, centiméteres rétegek vastagságának és összetételének változásaiban tükröződik. A tómedencé-

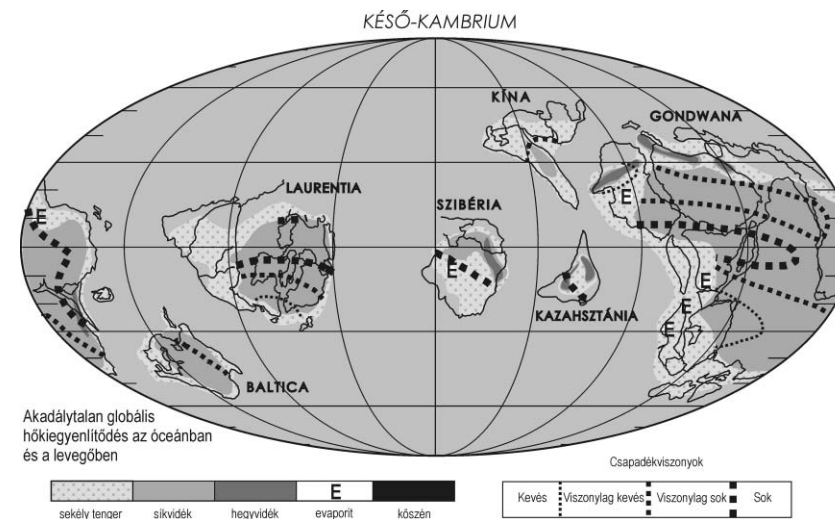
be például a csapadékos évszakban nagyobb mennyiségű hordalék kerül be a környező hegyvidékről, mint a száraz évszakban, vagy a sós tavakban a víz bepárlódásával a száraz évszakban képződnek a sókiválások.

Tavi (ún. varv típusú) üledékek réteglemezeinek vastagságváltozása alapján egészen rövid időtartamú éghajlatváltozásokat is kimutattak (Fischer, 1986): 7,5–9 év, 12–16 év, 21–24 év és 40 év. Ezekben az üledékekben a napfoltciklusok hatása csak gyengén jelentkezett, a határozottan megfigyelhető 21–24 éves periodicitás a Hale-féle szoláris mágneses ciklussal hozható kapcsolatba.

*Éghajlati elemek és éghajlatváltozások a földtörténet során*

*A földtörténet korai (prekambriumi) szakasza*

A Föld közel 4,5 milliárd éves történetének klímaváltozásairól, annak is főként első, közel



8. ábra • A kontinensek eloszlása a késő kambrium idején a sekélytengeri és a síkvidéki szárazulati területekkel, a hegyláncok helyzetével, az evaporit-előfordulási területekkel, valamint a csapadékeloszlási képpel (Bambach et al., 1980; Tardy – Roquin, 1998)



3,5 milliárd évről alig van adatunk. Az élet első kezdetleges formái kb. 3,8 milliárd éve jelentek meg a Földön, de ezek az egykori klímáról szinte semmit nem mondanak. Az első üledékes kőzetek, amelyek kb. 3,7 milliárd éve képződtek, feltehetően a mainál kb. 10°C-kal melegebb átlaghőmérsékletű éghajlat során rakódhattak le. Bolygónkat 2,7 és 1,8 milliárd év közötti szakaszban eljegesedés uralta. A tillitek (rosszul osztályozott, kevert glaciális üledék) tanúsága szerint a 2,5 és 2,2 milliárd év közötti intervallum idején három glaciális szakasz ismert. Mivel ebből az időből az akkor egyenlítőközeleli helyzetben levő Afrikából is eljegesedésekre utaló nyomok váltak ismertté, feltételezik, hogy akár a Föld egészén is glaciális viszonyok uralkodhattak (hólabda Föld elmélet). A Föld egészét borító hótakaró megolvadására máig nincs általánosan elfogadott magyarázat. Egyes feltételezések szerint valamilyen katasztrófális esemény, például nagyméretű vulkánkitörések és az ezt követően megnőtt légköri szén-dioxid-tartalom vezethetett a „hólabda állapot” megszűnéséhez. Ezután a Földön kb. egymilliárd évig jégmentes állapot uralkodott.

Kb. egymilliárd évvel ezelőtt kezdődött el a földtörténetnek azon időszaka, amelyből már megbízhatóbb geológiai információink vannak az egykori klímaváltozásokról. A prekambrium végén ismét jégkorszak köszöntött a Földre, amely kb. 200 millió éven át tartott. Az eljegesedésnek legalább két maximuma volt 850 és 590 millió évvel ezelőtt, és a jégtakarók egészen a kis szélességi körökig lenyúltak. A legújabb számítógépes modellezések szerint a „hólabda állapot” nem tért vissza, s a kiterjedt jégtakarók ellenére az egyenlítő menti óceánok jégmentesek maradtak, aminek döntő fontossága lehetett az élet fennmaradása szempontjából.

#### A földtörténet paleozoós szakasza

A prekambrium végén, kb. 700 millió éve a magasabb rendű növények és az első állatok megjelenésével drámai evolúciós robbanás történt a Földön. A fanerozoikum („látható élet”) elején, a kambriumban (kb. 550–600 millió éve) jelentek meg a már szilárd vázzal rendelkező szervezetek, így a klímára vonatkozó paleontológiai anyag is gyakorlatilag ettől az időtől áll rendelkezésre.

Az alábbiakban a mintegy 570 millió év időtartamú fanerozoikum éghajlatának változásait kívánjuk röviden áttekinteni néhány jellemző pillanatának – ösföldrajzi térképének felvillantásával. Az áttekintéshez Richard K. Bambach és munkatársai (1980), Judith Torman Parrish és munkatársai (1982), Alfred M. Ziegler és munkatársai (1979), valamint Yves Tardy és Claude Roquin (1998) térképsorozatait használtuk. Ezek az óceáni környezet mellett sekélytengeri, síkvidéki szárazulati és hegyvidéki területeket különböztetnek meg. A számos éghajlatjelző üledék (evaporit, kőszen, paleotalaj, bauxit, eolikus homok, zátony mészkő, glaciális üledék stb.) közül a jelentősebb evaporit- és kőszenelőfordulásokat tüntettük fel – részben elterjedésüknek megfelelően, részben szimbólummal. Valamennyi térképváltozat tartalmazza továbbá a csapadék mennyiségének négy relatív kategóriába összevont eloszlását.

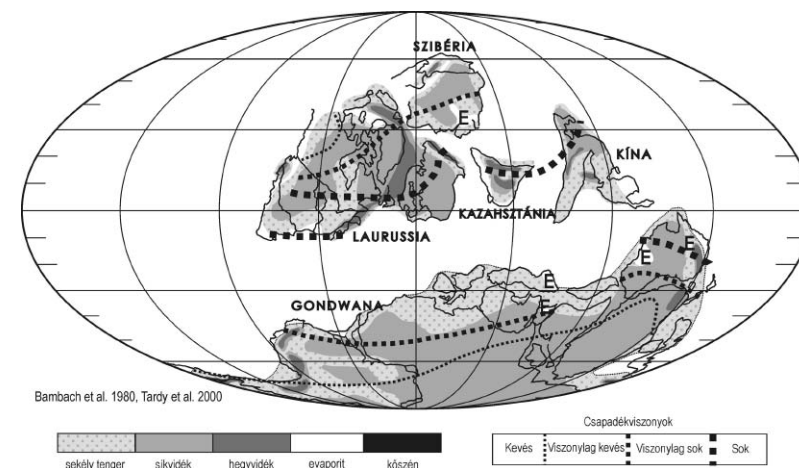
A késő kambriumban (8. ábra) a mai Euráziát alkotó öt önálló kontinenssel szemben az egykori déli nagy őskontinens, a Gondwana, egyetlen kontinensegységet formált. Az éghajlat szempontjából azonban meghatározó jelentőségű az a körülmény, hogy a kontinensek az Egyenlítő közelében helyezkedtek el. Matthew R. Saltzman és munkatársai (2000) rekonstrukciójában Baltika

Szibériától délre, Kína pedig a déli féltekére esett. Ez a kontinens-elrendeződés, ezen belül a hegyláncok eloszlása akadálytalan globális hőkicserélődést tett lehetővé mind az óceánokban, mind a légkörben. Sok csapadék kizárólag az Egyenlítő szűkebb környezetében hullott, míg kevés csapadék a mai Afrika északkeleti, Laurentia (Észak-Amerika) keleti és Ausztrália középső részén fordult elő. Evaporit-előfordulások a térítő környezetéből ismertek. A kőszen-előfordulások hiányát a megfelelő növényzet hiányával magyarázhatjuk. Ezt követően a szilur elején (kb. 440 millió éve) ugyan volt egy rövid idejű eljegesedés, de ez a hosszú melegebbi perióduson belül csupán epizódként jelent meg.

A kora devon (9. ábra) idejéig a kontinensek helyzetét illetően jelentős mérvű átrendeződés zajlott le: a Gondwana egyre inkább a déli pólus felé tolódott el, míg a későbbi Euráziát alkotó kontinensek az északi irányú mozgásuk során egyre közelebb sodródtak egymáshoz, sőt a lapetus-óceán bezáródásával

Laurussia néven egyesült Laurerentia (Észak-Amerika) és Baltika – együttesen Őseurópa –, miközben hatalmas kiterjedésű, észak–déli orientációjú hegylánc alakult ki az Egyenlítő környékén. Ennek megfelelően a hőkicserélődés a korábbihoz viszonyítva némileg korlátozottabbá vált. Sok csapadék ezúttal is csak az Egyenlítő övezetében hullott, míg Gondwana nagyobbik részét és Észak-Amerika északnyugati területeit kevés csapadék áztatta. (Meg kell ugyanakkor jegyeznünk, hogy nincs teljes összhang a csapadékeloszlási kép és a száraz éghajlatot jelző evaporit-előfordulások eloszlása között.)

A késő karbon idejére (10. ábra) a korábbi melegebbi viszonyokkal szemben hűtőházi körülmények jöttek létre. A Gondwanát és Laurúsiát egyesítő Pangea szuperkontinens majdnem maradéktalan kialakulásának, valamint a kontinensek nagy részére kiterjedő, nagyrészt észak–déli, mindemellett tekintélyes kelet–nyugati irányú hegyláncok létrejöttével

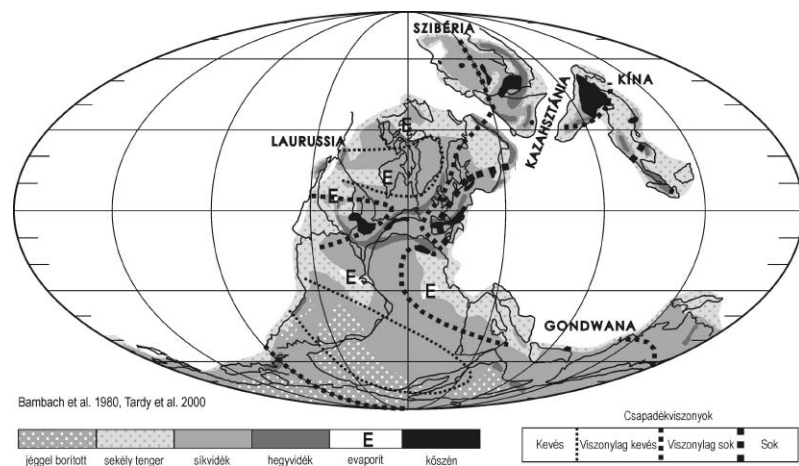


9. ábra • A kontinensek eloszlása a kora devon idején a sekélytengeri és a síkvidéki szárazulati területekkel, a hegyláncok helyzetével, az evaporit-előfordulási területekkel, valamint a csapadékeloszlási képpel (Bambach et al., 1980; Tardy – Roquin, 1998)

tének (Embry et al., 1994) köszönhetően erősen korlátozottá vált a globális hőkicsérélődés mind az óceánokban, mind a légkörben. Az óriási méretűvé vált Pangea déli, gondwanai részén hatalmas méretű eljegesedés alakult ki, amelynek északnyugati nyúlványai megközelítették a 30. déli szélességet. A kontinenseloszlással és a korlátozott hőkicsérélődéssel összhangban rendhagyó volt a csapadék eloszlása, és talán összmenyisége is kevesebb volt a korábbiaknál. Sok csapadék csupán a Paloe-Tethys legbelső öblében és a Kínai kontinens déli nyúlványán lehetett, miközben hatalmas térséget ölelt fel mind a gondwanai, mind a laurussiai részen a kevés csapadékkal ellátott terület. Hatalmas kőszénlápok fejlődtek ki nemcsak a kifejezetten csapadékos (a térképen „sok csapadék” jelzésű), hanem a viszonylag sok, sőt egyes esetekben a viszonylag kevés csapadéku területeken is, mégpedig nemcsak az Egyenlítő környéki övezetben, hanem a Pangea északi mérsékelt övezetében is. Különös ugyanakkor, hogy a Gondwanán – az

egyenlítői övezetben is beleértve – alig van kőszén-előfordulás. A fentiekkel összhangban a késő karbon idején lényegesen szerényebb mértékű az evaporitos területek kiterjedése.

A késő karbon hűtőháztartás kialakulásában a fent jelzettek túlmenően minden bizonnyal meghatározó szerepet játszott a szén-dioxid-tartalom jelentős részének a légkörből történt kivonódása és a kőszénrétegekben való óriási mértékű felhalmozódása, ami a Földre jutó vagy ott képződött hő jelentős részének a világűrbe történő kisugárzásával járt együtt. További jelentős tényezőként értékelik a jelenség létrejöttében Peter R. Vail és munkatársai (1977) a nagymérvű tengerszintesítést, és Alfred G. Fischer (1984) az ezt előidéző lelassult óceáni lemezképződést (spreading), ami egyrészt csökkent mértékű víztömeg-átrendeződéssel, másrészt a Föld belsejéből kisebb mérvű hófeláramlással járt. Ehhez számíthatjuk még azt a körülményt is, hogy a szuperkontinens alatt termelődő hő csak korlátozott mértékben jutott a légkörbe,



10. ábra • A kontinensek eloszlása a késő karbon idején a sekélytengeri és a síkvidéki szárazulati területekkel, a hegylancok helyzetével, az evaporit- és kőszén-előfordulási területekkel, valamint a csapadékeloszlási képpel (Bambach et al., 1980; Tardy – Roquin, 1998)

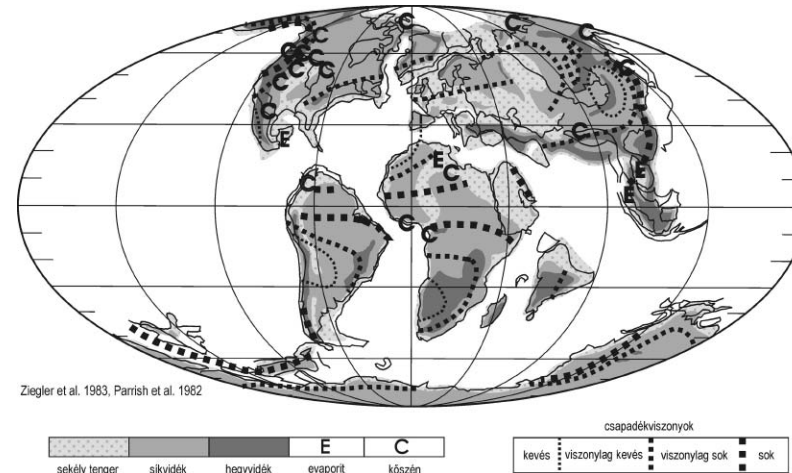
ezért az jelentős mértékben megemelte a kontinentális kérget. Ez utóbbi körülménnyel hozható kapcsolatba, hogy a tagolt térszínű eljegesedési területen belül a mélyebb völgyekben gazdag flóra létezett.

#### A földtörténet mezozoós szakasza

A Föld a késő-paleozoós eljegesedést követően a hűtőházi és a melegházi klímaállapot közötti átmenet állapotában volt (2. ábra). Bár a variszkuszi lemeztektonikai ciklus végén, a karbonban Laurussia és Gondwana ütközésével a Pangea szuperkontinens lényegében létrejött, de a perm és a triász során még újabb hatalmas területek (Szibéria, Kelet-Ázsia) kapcsolódtak a Pangeához. Az ütközés során azonban a Paleo-Tethys nem záródott be mindenhol. Megmaradt egy kelet felé szélesedő óceánág, a Panthalassa-világóceán hatalmas, a Pangeába messze benyúló öbleként. Az Eurázsai-lemez alá tolódó Paleo-Tethys beszűkülésével párhuzamosan a késő perm majd a triász idején új óceánmedence – a

Neo-Tethys – kezdett keletről nyugat felé felnyílni. A perm–triász intervallumban tehát az egyenlítő közelében elhelyezkedő öbölserű Tethys-óceánt minkét oldalról a hatalmas Pangea kontinens szegélyezte, és ez a situáció igen erőteljes monszun- („megamonszun”) cirkulációt eredményezett (Parrish, 1993). A monszunrendszer kialakulásában a Tethys északi peremét övező hegyvonulatoknak is jelentős szerepük lehetett.

A karbon nedves klímája után a permre a Pangea egyenlítői övezete jóval szárazabbá vált, de határozott szezonalitással. A száraz és a nedves évszakok váltakozására utal többek között a vörös színű folyóvízi rétegsorok gyakorisága a késő perm–kora triász szakaszban. A triászban a monszuncirkuláció még intenzívebbé vált. A Pangea nyugati része (Észak-Amerika) viszonylag csapadékosabbá, míg a keleti részek az egyenlítői övezet még szárazabbá vált. Ezzel magyarázható, hogy a bepárlódással keletkező kősó, valamint gipsz- és anhidritképződés csúcspontja a triászra esik.



11. ábra • A kontinensek eloszlása a késő kréta idején a sekélytengeri és a síkvidéki szárazulati területek megkülönböztetésével, a hegylancok helyzetével, az evaporit- és kőszén-előfordulások feltüntetésével, valamint a csapadékeloszlási képpel (Ziegler et al., 1979; Parrish et al., 1982)

A perm és a triász időszak határán viszonylag rövid idő alatt hatalmas környezeti katasztrófa zajlott le, ami a Föld élővilágának hihetetlen mértékű kipusztulásához vezetett: az állat- és a növényfajok több mint 90 %-a végleg eltűnt. A mai ismeretek szerint a környezeti katasztrófa egyik lényeges eleme a globális felmelegedés, a szélsőségesen meleg-házi klíma kialakulása volt, így e katasztrófális helyzet kialakulása igen tanulságos a klímaváltozások megértése szempontjából is. A levélmaradványokon megfigyelhető légzőnyílások (sztomák) sűrűsége egyértelműen jelzi a légköri CO<sub>2</sub> drámai megnövekedését a határnál. A légköri szén-dioxid hirtelen megnövekedése a Szibériában ekkor lezajlott hatalmas méretű bazaltvulkánossághoz köthető, részben közvetlenül, részben közvetett módon. A vulkáni működés során nagymennyiségű CO<sub>2</sub> került a levegőbe, ami az üvegházhatás erősödéséhez vezetett, és általánosan felmelegedést okozott. Ennél is fontosabb azonban, hogy a tengervíz felmelegedésével a kontinentális selfek üledékében felhalmozódott metánhidráttól a metán felszabadult, ami különlegesen hatékony üvegházhatású gáz, bár gyorsan oxidálódva CO<sub>2</sub>-vé alakul. A globális felmelegedés miatt az óceáni medencékben az áramlási rendszerek gyakorlatilag leálltak, és oxigénhiányos víztömeg alakult ki, ami a tengeri élővilágra nézve katasztrófális következményekkel járt. A hirtelen klímaváltozás a kontinenseken is felborította a bioszféra érzékeny egyensúlyát. Hasonló folyamatok játszódtak le a triász időszak végén is, ugyancsak rendkívül jelentős kihalást eredményezve, amiért valószínűleg a Közép-atlanti magmás provincia bazaltvulkánjai tehetősek felelőssé.

A jura időszak folyamán a Tethys tovább szélesedett, megkezdődött az Atlanti-óceán

felnyílása, ami a Pangea feldarabolódásához és a monszunhatás megszűnéséhez vezetett.

Természetesen a hosszú mezozoós meleg-házi periódus éghajlatában egyéb jelentősebb változások, lehűlések is kimutathatók. Ezek azonban nem mérhetőek össze a szilur elejei eljegesedéssel, bár a kora kréta idején, 128–126 millió éve, lezajlott jelentősebb tengerszint-eséssel kapcsolatban felmerült a sarki jégsapka kialakulásának lehetősége is. A késő kréta kori viszonyokat (II. ábra) a késő karbonnál lényegesen tagoltabb kontinensrendezés, ugyanakkor hatalmas kiterjedésű, főként észak–déli irányú hegyláncok létrejötté jellemzi. Ennek megfelelően, elvileg korlátozott globális hőkiegyenlítődéssel lehetne számolni. Az őslénytani és kőzettan-geokémiai adatok szerint viszont kitűnő volt a hőkiegyenlítődés. Az átlaghőmérséklet még a sarkvidéki területeken is elérte a 17 °C-ot. Ezzel állhat összefüggésben az a figyelemre méltó különbség a korábbiakkal szemben, hogy a meleg-házi viszonyoknak megfelelően nemcsak az egyenlítő környékét jellemzi sok csapadék, hanem a tengerparti övezetet is mind az északi, mind a déli féltekén, még az egészen nagy szélességi körök mentén is (Barron – Washington 1982). Ezzel összhangban tekintélyes kőszén-előfordulások ismertek az északi féltekén még a poláris övben is. A sok csapadéknak megfelelően korlátozott mértékű volt az evaporit-képződés, amely az Egyenlítőtől északra eső területekre korlátozódott.

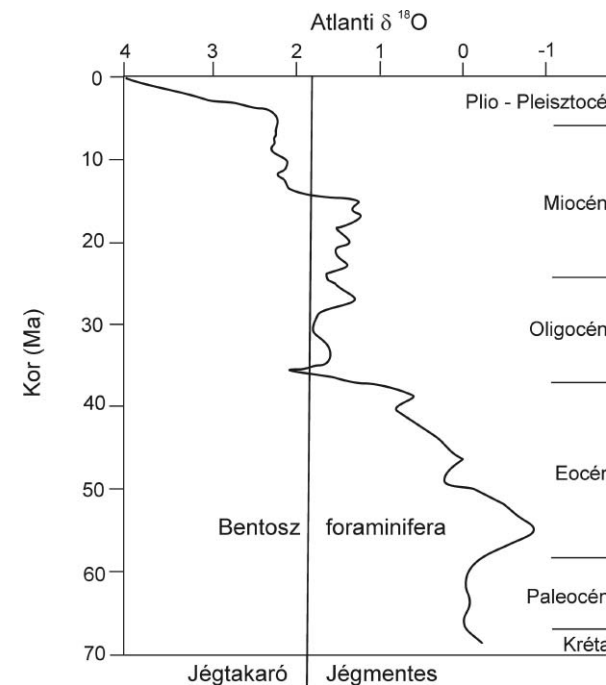
#### A földtörténet kainozoós szakasza

A mezozoikum végén ismét lehűlés következett be, majd a földtörténet legutolsó 65 millió évét magába foglaló kainozoikum során Földünk éghajlata lassan, de fokozatosan hűlt, ami a bentosz foraminiferák héjából mért oxigénizotóp arányváltozásokból már arány-

lag pontosan nyomon követhető. A lehűlés nem volt egyenletes, 50 és 38 millió éve újrászertüen felgyorsult (12. ábra).

Az eocén az igazán meleg-házi viszonyok utolsó szakaszát képviseli. Ósföldrajzi és klimatikus viszonyainak lényeges vonásai megegyeznek, vagy nagyon hasonlítanak a késő krétáéra. Az Atlanti-óceán tágulásával észak–déli irányban növekszik, a Tethys–Földközi-tenger szűkülésével kelet–nyugati irányban csökken az óceánokban a hőkiegyenlítődés lehetősége. Lényegesen összeszűkült a kontinentális lemezek a tengerrel borított terület, és korlátozottabb a sokcsapadékú terület elterjedése is. Változatlanul jelentős volt a kőszénlápok kiterjedése, immáron Ausztráliában is. Ugyanakkor lényegesen nagyobb területen képződtek evaporitok, elsősorban a Ráktérítő környezetében és attól északra.

Az eocént követő időszakokban fluktuáló jelleggel folyamatos hőmérséklet csökkenés tapasztalható, amely már egy újabb hűtőházi szakasz részének tekinthető. A lehűlés több tényezővel is magyarázható: az északi félteke nagyobb szélességi köreinek térségében a szárazföldek területének megnövekedése, egyes óceáni kapuk kinyílása és bezáródása, a Himalája, a Tibeti-plató és a Nyugati-Kordillerák kiemelkedése, csökkenő légköri szén-dioxid-tartalom stb. Az eocén–oligocén határ közelében (38 millió éve) történt hirtelen hűlés a világ-tenger szintjének drasztikus csökkenésében is jelentkezett. Ennél is jelentősebb hatása volt azonban az óceáni áramlási pályákban az oligocén során bekövetkezett változásoknak. A Drake-átjáró kinyílása Dél-Amerika és az Antarktisz között, és Ausztrália további észak felé történő mozgása



12. ábra • A δ<sup>18</sup>O-izotóparány változása a krétától napjainkig (Raymo – Ruddimann, 1992)



elősegítette az Antarktisznak a cirkumpoláris áramlások által történő elszeparálódását. Az Antarktisz 50 millió évvel ezelőtt kialakult első hegyvidéki gleccserei tovább nőttek, és fokozatosan tért hódított a belföldi jégtakaró, noha pollenadatok alapján 25 millió éve még léteztek erdős területek a kontinensen.

12–14 millió évvel ezelőtt az északi féltekén is megindult a gleccserek képződése a hegyvidéki területeken, és az Antarktisz keleti része is eljegesedett. A másik jelentős klímavesztés ebben az időszakban a Földközi-tenger szeparálódása és kiszáradása volt („messinai sókrízis”). Ez a világóceán sótartalmának csökkenését is eredményezte, amelynek a tengeráramlások módosulása révén komoly hatása volt a klímára. Kb. 5,3 millió éve, tektonikus hatásra, a Gibraltári-szoros kinyílt, és a Földközi-tenger medencéjébe ismét beáramlott a tengervíz.

A miocén és pliocén határán (kb. 5,2 millió éve) a tengerszint jelentősen megemelkedett, és a klíma melegebb lett, ami kb. 3 millió évig, a középső pliocénig tartott. Kb. 2,5 millió évvel ezelőtt egy hirtelen lehűlés és tengerszintesés következett be, ami az északi félteke jégsapkájának kialakulásával hozható összefüggésbe.

#### *A jelenkori klímaviszonyok közvetlen előzménye – a jelenkori hűtőházi állapot*

A kainozoikum során egyre hűvösebbé váló éghajlat a negyedidőszaki eljegesedéssel tetőzött, amikor a Föld felszínének akár 32 %-át is jég borította. Erről a globális klímaváltozásról a legtöbb információt a sarkvidékek jégtakarói, ill. az óceáni üledékek szolgáltatják.

Azokon a területeken, ahol a nyári olvadás nem volt számottevő, a lehulló hó a növekvő rétegterhelés hatására jéggé fagyott. A folyamatosan növekvő vastagságú jégösszlet fontos

információkat hordoz annak az időszaknak a klímájáról, amikor az egyes rétegek csapadék formájában lehullottak. Ezek az információk az egykori hőmérsékletre, a lehullott csapadék (hó) mennyiségére, a kisebb szélességi körökről szél által szállított (vulkáni) por mennyiségére és a buborékokba befagyott levegő összetételére vonatkoznak. Az eddigi legrészletesebb eredmények az antarktisi és a grönlandi jégmagokból váltak ismertté.

A klímára vonatkozó legközvetlenebb információ a jég vízmolekuláinak izotóppozícióiból, különösen a  $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$  izotóparányból nyerhető. Ezen arányváltozások alapján mind éves, mind annál hosszabb periódusidejű ciklusok is kimutathatók. A grönlandi jégmagok esetében az éves ciklusok változása 15 ezer évig követhető. Az Antarktiszon, ahol a hó felhalmozódása sokkal lassúbb folyamat, az éves ciklusokat csak néhány száz évre visszamenően lehetett kimutatni. Ugyanakkor a jégtakaró központi részén az oxigénizotóp arányváltozások alapján az egykori klímaváltozásokat 250 ezer évre visszamenően lehetett rekonstruálni.

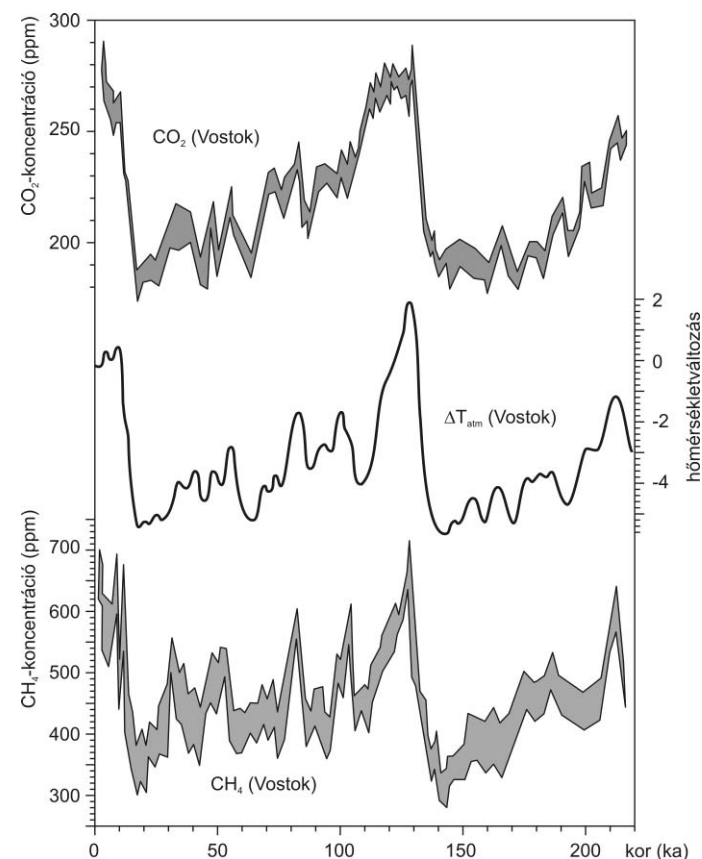
A jégbe zárt portartalom az egykori légkörzésre vonatkozóan szolgáltat információt. A közepes szélességi körökön fújó erős szelek a kontinentális port felkavarják, és a sarkvidékek felé szállítják, ahol az a hó felszínére üledve a jégrétegekbe fagy. A pormennyiség a hőmérséklet függvényében erősen változik.

A jégmagok egyes rétegei savasságának mérése a főbb vulkáni tevékenységről ad információt. A klímaváltozást potenciálisan befolyásoló jelentősebb vulkánok kitérésük során nagy mennyiségben kénvegyületeket bocsátanak a légkörbe, amelyek hosszú életű kénsavas aeroszolatokat alkotnak a sztratoszférában. A sarkvidéki területeken a csapadék savassága jó mutatója az egykori jelentős

vulkánkitöréseknek. A Pinatubo-vulkán 1991-es kitérése során például több mint 20 millió t kénvegyület került a légkörbe. Az ebből képződő szulfát az egyik legjelentősebb tényező a besugárzási egyenleg csökkenésében, és a becslések szerint ez a mennyiség megfelel 3–4  $\text{W}/\text{m}^2$  besugárzáscsökkenésnek. Érdekes összehasonlítani, hogy ugyanilyen nagyságrendű melegedéshez az ipari forradalom előtti légköri szén-dioxid-tartalom megkétszereződésére lenne szükség, azaz egyetlen vulkánkitörés jelentősebb légköri változásokat képes előidézni, mégpedig nagyon rövid távon.

A jégbe zárt légbuborékok különböző vegyületei – például  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  – az egykori légkör összetételére vonatkozó közvetlen információt szolgáltatnak (13. ábra).

A hosszabb periódusidejű orbitális ciklusokhoz köthető negyedidőszaki és azt közvetlenül megelőző klímaváltozások nyomai leginkább a *mélytengeri üledékekből* váltak ismertté. Ezek az üledékek az óceáni medencékben nagyrészt a pelágikus és bentosz foraminiferák és nanoplankton szervezetek vázainak felhalmozódásából képződtek igen lassú és egyenletes üledékképződés során az elmúlt



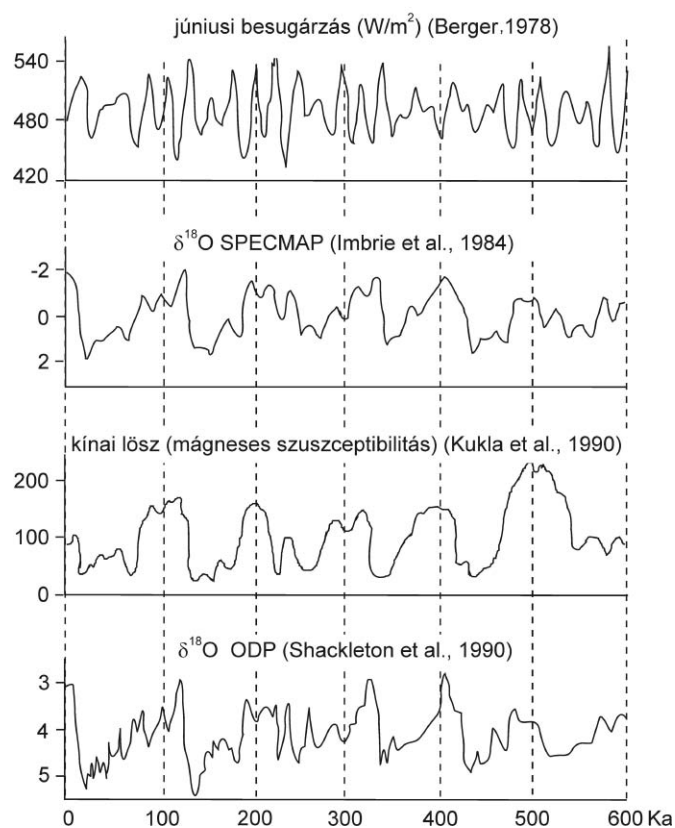
13. ábra • A szén-dioxid- és a metántartalom változásai, valamint a becsült hőmérsékletértékek a vostoki jégmagból az elmúlt 220 ezer évre vonatkozóan (IPCC, 1994)



évmilliók alatt. Ezen parányi élőlények kalcium-karbonát anyagú vázában az oxigénizotóp összetételének változásai a jégtakaró egykori előrenyomulására, ill. visszahúzódására engednek következtetni. A jégtakaró növekedése, vagyis a lehülés során ugyanis a  $^{16}\text{O}$ -izotóp nagyobb mennyiségben fagy be a jégbe, mint a  $^{18}\text{O}$ -izotóp. Így az óceánok vizének izotóp aránya a jégbe fagyott oxigénizotóp arányváltozásokat tükrözi, ami a földtörténet során számunkra az óceánokban élő mészvázú élőlények héjában mért izotópváltozások formájában marad fenn, és szolgált értékes

információt a klímaváltozásokról. Mint a 14. ábrán is látható, ezek az izotóp arányváltozások rendkívül jól korrelálnak az egykori besugárzás számított értékeinek változásaival.

Az ún. Milankovič-ciklicitást mutató negyedidőszaki globális klímaváltozások nem csak óceáni, hanem szárazföldi üledékekből is kiolvashatók. Ezek legismertebb példái a lösz-paleotalaj összetételű rétegsorok (14. ábra), de az elmúlt években hasonló ciklicitást sikerült kimutatni az Alföld nagy vastagágú negyedidőszaki folyóvízi rétegsorából is (15. ábra – Nádor et al., 2003). A Körös-medén-

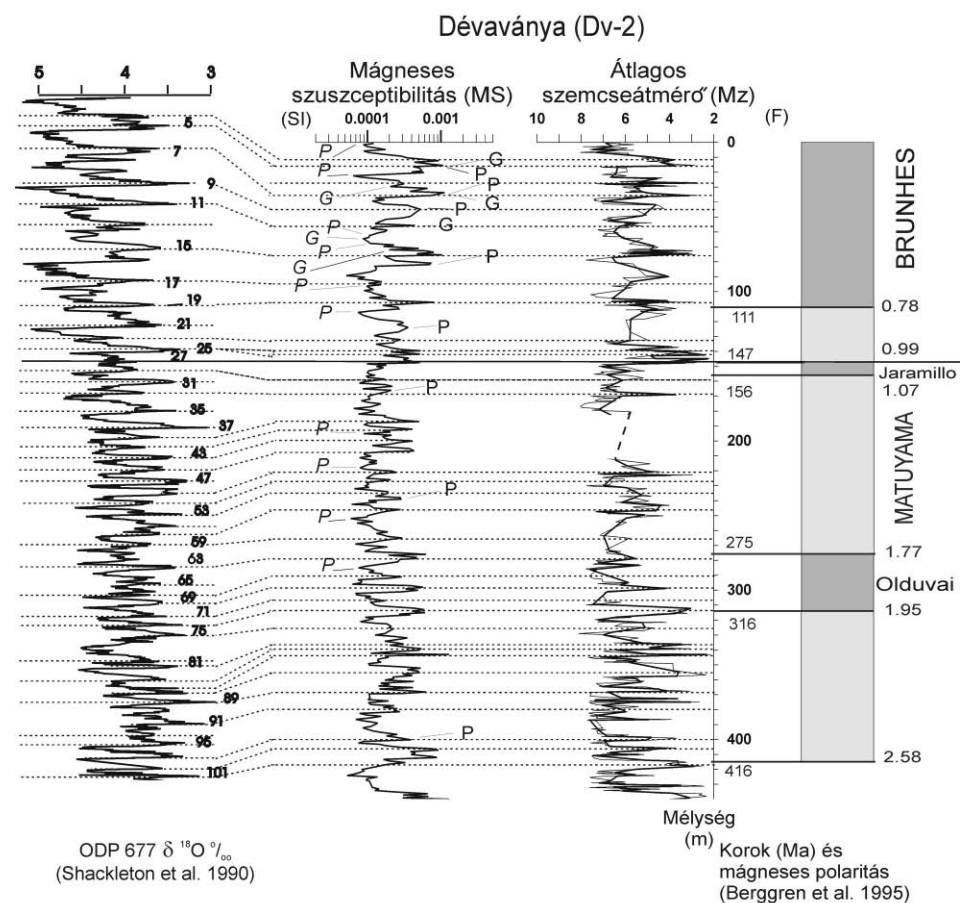


14. ábra • A júniusi besugárzás (Berger, 1978), a  $\delta^{18}\text{O}$ -izotóparányok (Imbrie et al., 1984; Shackleton et al., 1990) és egy kínai löszszelvény mágneses szuszceptibilitás-változásainak (Kukla et al., 1990) korrelációja, amelyek ciklikus jellege a negyedidőszaki klímaváltozásokat jelzi

cében mélyített Dévaványa D-1 és Vésztő V-1 fúrások üledékes rétegsorának paraméterei (szemcseméret-eloszlás, mágneses szuszceptibilitás, ásványtani érettség, fauna- és flóratartalom) ciklikus eloszlást mutattak. A fúrások paramétereinek ciklicitása jellegében és időbeli változásában jó korrelációt mutatott az ODP 677-es mélytengeri fúrás  $\delta^{18}\text{O}$ -izotóp eloszlásával: a kb. egymillió évnél idősebb szakaszon a 40 ezer éves, míg a fiatalabb szakaszon a 100 ezer éves periódus volt jellemző. A

ciklusok számának, periodicitásának és alakbeli lefutásának nagyfokú hasonlósága a két eltérő környezetben igazolta a vizsgált folyóvízi rétegsorok folyamatosságát, valamint azt is, hogy a folyóvízi üledékes ciklusok döntően az éghajlatváltozásoktól függő üledékbeszállítás függvényében alakultak ki, s ezért jól korrelálhatók a sarki jég pillanatnyi tömegétől függő mélytengeri izotóptértékekkel.

Az utóbbi évtized hazai rétegsorokon végzett kutatásainak eredményeként részletes



15. ábra • A mágneses szuszceptibilitás és az átlagos szemcseátmérő változásai a Dévaványa Dv-1 alapfúrásban, és a ciklusok korrelációja az ODP 677 mélytengeri fúrás  $\delta^{18}\text{O}$ -izotóparány változásaival (Nádor et al., 2000)

elemzések születtek a késő miocén (Korpás-Hódi et al., 2000) és a késő pleisztocén–holocén (például: Nagy-Bodor et al., 2000, Sümegi–Krolopp, 2002; Gábris et al., 2002) éghajlatváltozásairól is.

#### Következtetések

1. Amint az a fenti áttekintésből is egyértelműen kirajzolódik, a Föld története során rendkívül erőteljes éghajlatváltozásokon ment keresztül. E változások időtartamuk szerint négy csoportba sorolhatók.

A ma felismerhető leghosszabb időtartamú változások, a melegházi és hűtőházi klímaszakaszok  $10^6$ – $10^8$  évet ölelnek fel. Időtartamuk és megjelenési módjuk is erősen változó. E váltakozások következményei viszonylag jól ismertek, kiváltó okai azonban ismeretlenek, illetve e tárgyban csak feltételezésekre szorítkozhatunk.

A közepes időtartamú ( $10^4$ – $10^5$  év) változások – az előbbivel szemben – egyértelműen periodikusnak bizonyultak, és jól egyeztetethők a Föld pályaelemeinek (precessió, tengelyferdeség, excentricitás) a fentiekben ismerttetett változásaival. Minthogy a pályaelemek változásai számíthatóak, az ezzel összefüggésben lévő, bonyolult visszacsatolós folyamatsor eredménye, vagyis az éghajlati változások – legalábbis minőségi szinten – ugyancsak kalkulálhatóak.

A rövid időtartamú ( $1$ – $10^3$  év), periodikusnak tetsző változások hatásai különlegesen kedvező üledékképződési körülmények között (például zavartalan, folyamatos tavi rétegsorokban) jól kimutathatók, de az okokat egyelőre csak valószínűsíteni tudjuk (például napfolttevékenység).

Az egyszerű, katasztrófális események okozói lehetnek földi (például vulkánkitörések) vagy kozmikus eredetűek (például kü-

lönböző méretű kozmikus testek becsapódásai). Ezeknek az éghajlatra és az ökológiai rendszerre gyakorolt hatása (például kihalások) nagyon különböző lehet; kutatásuk ma intenzíven folyik (Racki, 1999).

2. Az üvegházhatású gázok és más környezetszennyező anyagok szabályozatlanul növekvő mértékű kibocsátása egyre nagyobb mértékben keltette fel az embereknek a lehetséges éghajlatváltozások iránti érdeklődését. A média is hajlamos arra, hogy a várható éghajlatváltozást egyedül az emberi tevékenység rovására írja, ezért a geológiának kötelessége felhívni a figyelmet a változásokért felelős egyéb, már jól vagy kevésbé jól ismert, illetve feltételezett természetes eredetű okokra, továbbá arra is, hogy egyéb jelentős hatású, ma még egyáltalán nem ismert kiváltó okokkal is számolnunk kell. Ugyanakkor a számszerű értékeket tartalmazó előrejelzésekhez szükséges lenne ismerni a kiváltó okok hatásmechanizmusát, a változások mértékét és sebességét (Bárdossy, 1996) is. E tekintetben ugyan vannak, de összességében még meglehetősen szerények az ismereteink. Ebből adódóan ma a geológiai értelemben igen rövid távú (éves, évezredes) változások csak a legfiatalabb és lényegében közel folyamatos képződés mellett létrejött üledékekben vázolhatók fel.

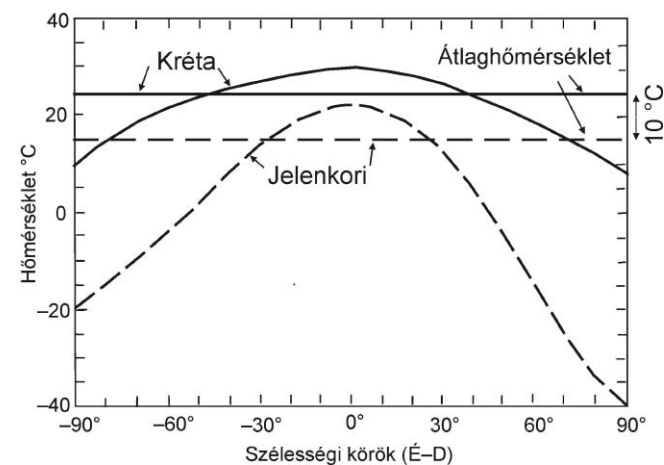
3. Jelenleg egy hűtőházi klímaszakaszon belül egy interglaciális késői szakaszában vagyunk. Nicole Petit-Maire (2000) szerint a legutóbbi glaciális minimum átlaghőmérséklet  $4,5$  °C-kal volt kisebb a jelenleginél, míg a legnagyobb holocén átlaghőmérséklet  $2$  °C-kal volt nagyobb a jelenleginél. A természetes tendenciának a lehűlés látszik, de az általa is kalkulált modell szerint az ipari tevékenység következtében a következő évtizedekben  $1$ – $4$  °C-os globális felmelegedésre lehet számítani. Ma még megjósolhatatlan, hogy a természete-

tes lehűlés ezt a melegedést milyen mértékig fogja csökkenteni, és – ami rendkívül lényeges – nem ismert a hőmérsékletváltozási folyamatok sebessége.

4. Az emberiségnek nem a holnapi gondolja ugyan, a geológia mégsem mehet el szó nélkül a mellett a tény mellett, hogy a melegházi klímaszakaszt képviselő kréta időszak idején a globális átlaghőmérséklet  $10$  °C-kal haladta meg a jelenlegit (16. ábra). A melegházi és hűtőházi klímaszakaszok változásainak okát és szabályszerűségét nem ismerjük, de a földtörténetből levonható tapasztalatok alapján nyilvánvaló, hogy természetes okokra visszavezethető nagymértékű felmelegedésre a jövőben is sor fog kerülni. A Föld története során fajok milliói haltak ki, miközben újak jöttek létre. Az emberi faj létezésének tartománya (fajlétje) megjósolhatatlan. Ez az ember esetében a biológiai mellett társadalmi tényezőktől, továbbá a tudomány fejlődésétől is függ. Elképzelhető, hogy az emberi faj akár további millió éveket érhet meg, „Ha isten-ésszel, angyal érzélemmel / Használni tudnák

éltök napjait”. Ebből adódóan a pillanatnyilag már látható és gondot okozó, közvetlen előttünk állónál sokkal nagyobb mérvű változásokkal is szembesülhet az emberiség. (Erre figyelmeztet a 16. ábrán látható diagram.) Már fele vagy harmad akkora globális hőmérsékletemelkedés is, mint ami a kréta időszakban végbement a poláris jégapka nagymérvű, esetleg teljes megolvadásához is vezethet, aminek eredményeként a tengerszint  $100$ – $200$  méterrel is meghaladhatja a jelenlegi értéket.

5. A földtörténeti múlt számos speciális rétegsorában mutattak ki ma még nem ismert okok által előidézett, viszonylag rövid idejű (száz- vagy ezeréves nagyságrendű), többé-kevésbé szabályos periódus szerint ismétlődő klímaváltozásokat jelző rétegsorokat. A meteorológusokkal közösen végzendő elemzések eredményeként remény van tehát olyan összefüggések felismerésére, amelyek alapján esetleg többéves, talán évtizedes, elfogadható valószínűségű klímaváltozási prognózisok is készíthetők lesznek.



16. ábra • A Föld átlaghőmérséklete és annak szélességi körök szerinti eloszlása a kréta időszakban és a holocén folyamán (Tardy et al., 1998 nyomán)

(A tanulmány a Magyar Tudományos Akadémia előadói ülésén, 2004-ben hangzott el. Ezt követően számos tudományos közlemény foglalkozott az éghajlatváltozással, különösen annak az emberi tevékenység által előidézett globális átlaghőmérséklet-növekedéssel, ami az emberiség szempontjából minden eddiginél nagyobb mérvű veszélyforrásként értékelhető. Jelen tanulmányban ezek elemzésére már nem volt módunk kitérni. Mindazonáltal

nagyobb figyelmet kellene fordítanunk olyan integrált kutatásokra, amelyek eredményeként feltárhatjuk, hogy az emberi tevékenységtől független természetes folyamatok a fent említett veszélyt tovább fokozzák, vagy éppen ellenkezőleg, mérséklik-e azt.)

Kulcsszavak: *paleoklíma, klímajelző közelek, meglegházi klímazakasz, orbitális klím ciklusok*

#### IRODALOM

- Balog Anna – Haas J. – Read, J. F. – Coruh, C. (1997): Shallow Marine Record of Orbitally Forced Cyclicality in a Late Triassic Carbonate Platform, Hungary. *Journal of Sedimentary Research*. **67**, 661–675.
- Bambach, Richard K. – Scotese, Ch. R. – Ziegler, A. M. (1980): Before Pangea: The Geographies of the Paleozoic World. *American Scientist*. **68**, 1, 26–38.
- Bárdossy György (1996): Paleoklimatológia és őseghajlat-jelző földtani képződmények. *Magyar Tudomány*. **4**, 472–480.
- Bárdossy György – Aleva, Gerard J. J. (1990): *Lateritic Baucites*. Elsevier Science Publishers Co. 624 P.
- Barron, Eric J. – Washington, Warren H. (1982): Cretaceous Climate: A Comparison of Atmospheric Simulations with the Geologic Record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. **40**, 1–2, 103–133.
- Berger, André L. (1978): Long-Term Variations of Caloric Insolation Resulting from The Earth's Orbital Elements. *Quaternary Research*. **9**, 239–267.
- Berggren, William A. – Kent, D. V. – Swisher, C. C. – Aubry, M.-P. (1995): A Revised Cenozoic Geochronology and Chronostratigraphy. In: Berggren, William A. – Kent, D. V. – Aubry, M.-P. – Hardenbol, J. (eds.): *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*. SEPM Special Publication. **54**, 129–212.
- Embry, Ashton F. – Beauchamp, B. – Glass, D. J. (1994): *Pangea: Global Environments and Resources*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Calgary. Memoir 17.
- Fischer Alfred G. (1986): Climatic Rhythms Recorded in Strata. *Annual Reviews of Earth Planetary Sciences*. **14**, 351–376.
- Gábris Gyula – Horváth E. – Novothny Á. – Újházy K. (2002): History of Environmental Changes from the Last Glacial Period in Hungary. *Præhistoria*. **3**, 9–20.
- Houghton, John T. – Meira Filho, L. G. – Bruce, J. – Lee, H. S. – Callendar, B. A. – Haites, E. – Harris, N. – Maskell, K. (eds.) (1994): *Climate Change. Radiative Forcing and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios*. IPCC 1994. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Imbrie, John – Hays, J. D. – Martinson, D. G. – Mcintyre, A. – Mix, A. – Morley, J. J. – Pisias, N. G. – Prell, W. – Shackleton, N. J. (1984): The Orbital Theory of Pleistocene Climate: Support from a Revised Chronology of the Marine <sup>18</sup>O Record. In: Berger, André – Imbrie, J. – Hays, J. D. – Kukla, G. – Saltzman, B. (eds.): *Milankovitch and Climate*. D. Reidel, Hingham, Mass., 269–305.
- Korpás-Hódi M. – Nagy E. – Nagy-Bodor E. – Székvölgyi K. – Ó. Kovács L. (2000): Late Miocene Climatic Cycles and Their Effect on Sedimentation (West Hungary). In: Hart, Malcolm B. (ed.) *Climates: Past and Present*. The Geological Society Special Publications. **181**, 79–88.
- Kukla, George – An, Z. S. – Melice, J. L. – Gavin, J., – Xiao, J. L. (1990): Magnetic Susceptibility Record of Chinese Loess. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*. **81**, 263–288
- Matthews, Martin D. – Perlmutter, Martin A. (1994): Global Cyclostratigraphy: An Application to the Eocene Green River Basin. In: De Boer, Poppe L. – Smith, David G. (eds.): *Orbital Forcing and Cyclic Sequences*. IAS Special Publications, Blackwell. **19**, 459–481.
- Merritts, Dorothy – De Wet, A. – Menking, K. (1998): *Environmental Geology: An Earth System Science Approach*. W. H. Freeman Company, New York
- Nagy-Bodor Elvira – Járai-Komlódi M. – Medve A. (2000): Late Glacial and Post-Glacial Pollen Records

- and Inferred Climatic Changes from Lake Balaton and the Great Hungarian Plain. In: Hart, Malcolm B. (ed.) *Climates: Past and Present*. The Geological Society Special Publications. **181**, 121–133.
- Nádor A. – Lantos M. – Thamóné Bozsó E. – Tóthné Makk Á. (2003): Milankovitch-scale multi-proxy records for the fluvial sediments of the last 2.6 Ma from the Pannonian Basin, Hungary. *Quaternary Science Reviews*. **22**, 2157–2175.
- Olsen Paul E. (1986): A 40-Million-Year Lake Record of Early Mesozoic Orbital Climatic Forcing. *Science*. **234**, 842–848.
- Parrish, Judith Totman – Ziegler, A. M. – Scotese, C. R. (1982): Rainfall Patterns and the Distribution of Coals and Evaporites in the Mesozoic and Cenozoic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Elsevier Sciences. **40**, 67–101.
- Petit-Maire, Nicole (2000): *The Future World Seen Through the Recent Past*. Abstract Volume, Rio De Janeiro
- Racki, Grzegorz (1999): Silica- Secreting Biota and Mass Extinctions: Survival Patterns and Processes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. **154**, 107–132.
- Raymo, Maureen E. – Ruddimann, William F. (1992): Tectonic Forcing of Late Cenozoic Climate. *Nature*. **359**, 117–122.
- Saltzman, Matthew R. – Ripperdan, P. L. – Brasier, M. D. – Lohmann, K. C. – Robison, R. A. – Chang, W. T. – Peng, S. – Egaliev, E. K. – Runnegar, B. (2000): A Global Carbon Isotope Excursion (SPICE) During the Late Cambrian: Reolation to Trilobite Extinctions, Organic Matter Burial and Sea Level. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. **162**, 211–223.
- Schwarzacher, Walther – Haas János (1986): Comparative Statistical Analysis of Some Hungarian and Austrian Upper Triassic Peritidal Carbonate Sequences. *Acta Geologica Hungarica*. **29**, 175–196.
- Shackleton, Nicholas J. – Berger, A. – Peltier, W. R. (1990): An Alternative Astronomical Calibration of the Lower Pleistocene Timescale Based on ODP Site 677. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*. **81**, 251–261.
- Stümegei Pál – Krolopp Endre (2002): Quaternary Geological Analyses for Modeling of the Upper Weichselian Palaeoenvironmental Changes in the Carpathian Basin. *Quaternary International*. **91**, 53–76.
- Tardy, Yves – Roquin, Claude (1998): *Dérive des continents. Paléoclimats et altérations tropicales*. Edition BRGM, Orleans
- Vail, Peter R. – Mitchum, R. M. – Thompson, S. (1977): Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level. Part 3: Relative Changes of Sea Level from Coastal onlap. In: Payton, Charles E. (ed.) *Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration*. American Association of Petroleum Geologists Memoirs. **26**, 83–97.
- Ziegler, Alfred M. – Scotese, C. R. – McKerrow, W. S. – Johnson, M. E. – Bambach, R. K. (1979): *Paleozoic Paleogeography*. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. **7**, 457–502.





# GYORS KLÍMAVÁLTOZÁSOK EVOLÚCIÓS HATÁSAI

Vörös Attila

az MTA levelező tagja  
Magyar Természettudományi Múzeum  
voros@nhmus.hu

Pálffy József

az MTA doktora  
Magyar Természettudományi Múzeum,  
MTA–MTM Paleontológiai Kutatócsoport  
palfy@nhmus.hu

Korunk egyik égető tudományos és társadalmi problémája az, hogy milyen lefolyású lesz, és milyen következményekkel jár a jövőben az emberi tevékenység okozta éghajlatváltozás. Megjegyzendő, hogy sokan vannak, akik kétségbe vonják azt, hogy a korunkban jelentkező klimatikus változások valóban az emberi beavatkozások hatását tükrözik. A jelenkori éghajlatváltozás ténye azonban már tudományosan igazolt, és hatásainak, kimenetelének sokoldalú vizsgálata az emberi civilizáció elemi érdeke. A társadalom környezettudatossá válásával az ilyen irányú vizsgálatok felértékelődnek: mindinkább nyilvánvaló, hogy a napjainkban zajló környezeti változás olyan nemkívánatos hatásokkal jár (például: globális klímaváltozás, környezetszennyezés, élőhelyek elvesztése), melyek az élővilágban fajpusztulással, az állat- és növénytársulások átalakulásával járnak.

A fenti problémakör része az a kérdés, hogy milyen hatással lesz a klímaváltozás az élővilágra. E kérdés megválaszolásához mi, paleontológusok, a bioszféra múltjának kutatói a földtörténeti múlt egyes szempontokból a maihoz hasonló, gyors klímaváltozásainak és azoknak a bioszférára gyakorolt hatásának elemzésével tudunk hozzájárulni.

A földtörténeti kutatások során gyakran felmerül az a kérdés, hogy mi számít „gyors” változásnak. Mai, rohanó világunk tempójához szokott időérzékünk számára a földtörténeti régmúltban használt évmillió vagy – jó esetben – százezer éves felbontás szinte megfoghatatlan. Pedig ez a valóság: ha a pleisztocén jégkorszaknál régebbi időkre megyünk vissza, a rétegtani (biosztratigráfiai) tagolás általában nem tesz lehetővé százezer évnél finomabb felbontást, és a radiometrikus mérések hibahatára is csak ritkán kisebb ennél. Mégis, jó okunk van feltételezni, hogy az általunk vizsgált „gyors” klíma-, illetve bioszféra-változások jóval (esetleg nagyságrenddel) a kritikus százezer éves léptéken belül mentek végbe.

A vizsgálataink tárgyát és kiindulópontját képező egykori élőlények, illetve a belőlük megőrződött ősmaradványok az egykori éghajlatváltozás *részesei és rögzítői*. Ezek a „köbe zárt tanúk” a földtörténeti kutatások elsőrendű és sokoldalúan használható segítői. Anélkül, hogy részletekbe mennénk, megemlítjük, hogy az ősmaradványokon alapul a *biosztratigráfia*, a rétegtani tagolás és párhuzamosítás talán legfontosabb eszköze. Másrészt, az egykori élőlények a nagy „földtörténeti olvasó-

könyv” lapjain pergő események hol passzív, hol aktív főszereplői közé tartoznak. Tudományosra fordítva a szót, a litoszféra, a hidroszféra, az atmoszféra és a bioszféra mindig is kölcsönhatásban volt egymással; lassú vagy gyors változásaik a rendszerszemléletű földtudomány (Earth System Science) keretében értelmezhetők.

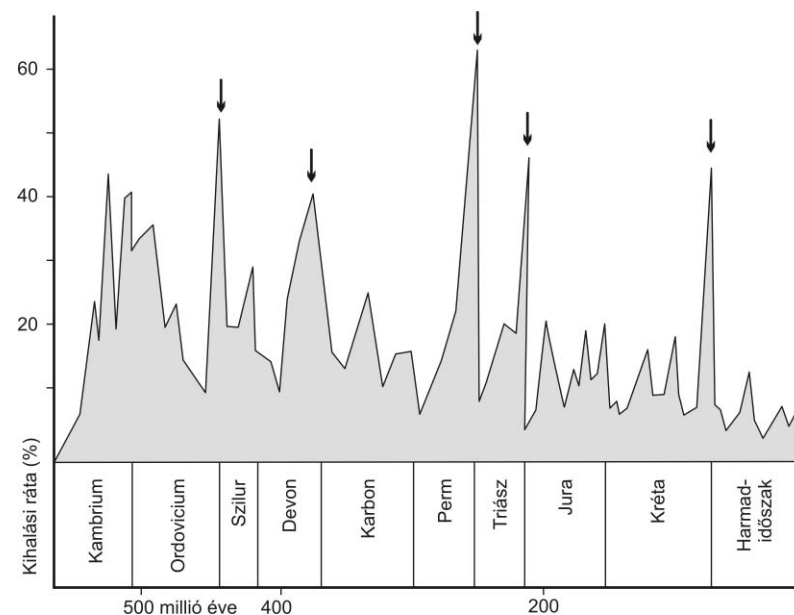
A bioszféra különösen az atmoszférával mutat szoros, kölcsönhatásos kapcsolatot; a kettő mintegy dinamikus egyensúlyi rendszert képez. Az ősi atmoszféra összetétele – évmilliárdok során – alapvetően az élőlények hatására változott meg. Másrészt, az atmoszféra perturbációi, például a gyors klímaváltozások, többnyire nagy kihalási hullámokat indítottak el az élővilágban. A bioszféra múltjának ezekre a rendkívüli eseményekre összpontosító kutatása tehát új ismeretekkel jár a mai folyamatok értelmezése szempontjából is. Egyes múltbeli kihalásokban például éppen

az üvegházgázok koncentrációjának hirtelen növekedése és az ezzel járó felmelegedés játszott fontos szerepet. Az utóbbi, több mint 500 millió év jelentős kihalási eseményeit mutatja az 1. ábrán látható diagram. Megjegyzendő, hogy nem minden kihalási csúcshoz rendelhető hozzá jelentős éghajlati esemény. A kihalások problematikáját részletesen tárgyalja Pálffy József (2000) könyve.

Ezúttal néhány olyan esettanulmányt mutatunk be, amelyekben a gyors klímaváltozás kiváltotta kihalási esemény és a bioszféra gyors reagálása jól nyomon követhető, és megfelelő tanulságokkal szolgál. Ezek: 1.) a „hólabda Föld” (késő proterozoikum), 2.) a triász–jura határ, és 3.) a kréta–tercier határ eseményei.

„Hólabda Föld”

Számos kollégánk emlékezhet még arra a 80-as években született geológus nótára, melynek egyik sora így szól: „Hogy kerül a dolo-

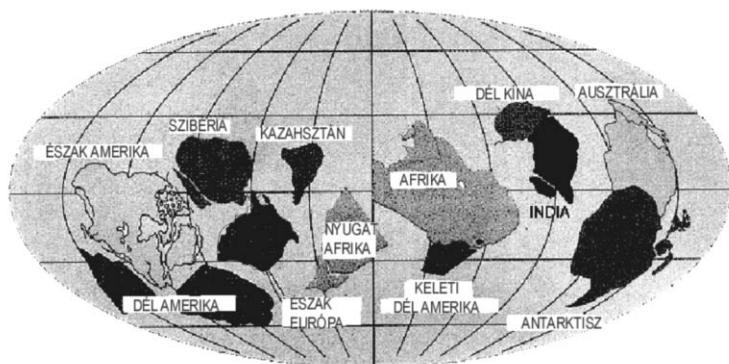


1. ábra • A tengeri szilárd vázú családok kihalási rátájának változásai a fanerozoikum során (Raupe – Sepkoski, 1988 nyomán).



mitba a tillit, ezt a vizsgán megkérdezni nem illik” (szerző: Papp Gábor). A probléma nem mai keletű: évtizedek óta ismeretes, hogy késő proterozoikumi tillitek (jégbordta durva törmelékes rétegek) sekélytengeri dolomitokkal (trópusi üledékekkel) társulva találhatóak Namíbiától Grönlandig és Alaszkától Ausztráliáig, olyan területeken, melyek többsége – a paleomágneses mérések szerint is – az egykori egyenlítői övhöz közel terült el. A néhány méternyi tillithorizontok fedőjében és néha a fekvőben is nagy vastagságú platform karbonátok találhatóak. A trópusi klíma ellenpontjaként, a nagy területeken talált tillitek hatalmas, szárazföldi jégtakarókról tanúskodnak.

A paleoklimatológiai ellentmondás megoldására újabban merész elképzelés született: a *hólabda Föld*-hipotézis (Hoffmann – Schrag, 2000, 2002). Eszerint ebben az időben (mintegy 580 millió éve), valamint azt megelőzően (a kora és késő proterozoikumban) többször is, a Föld rövid időre teljesen eljegesedett; gyakorlatilag minden szárazföldet jég borított, és az óceánok is befagytak. E mai szemmel szinte elképzelhetetlen állapotot több tényező összejárása idézte elő, melyek a Föld felszíni hőháztartásának rövid idejű, katasztrofális megbomlásához vezettek.



2. ábra • Késő proterozoós ősföldrajzi térkép (Hoffmann – Schrag, 2000 nyomán).

Az egyik meghatározó ősföldrajzi körülmény (melyet paleomágneses adatok igazolnak) az volt, hogy az összes nagy kontinentalis tömeg – a földi litoszféralemezek szüntelen mozgása során – a proterozoikum végén épben az egyenlítői övezetben csoportosult (2. ábra). Ez jelentősen megnövelte a Föld mint égitest *albedóját* (fényvisszaverő képességét), hiszen a szárazföldek ma is sokkal több fényt vernek vissza, mint az óceáni területek. Különösen erősen érvényesült ez a különbség a proterozoikumban, amikor – szárazföldi növénytakaró még nem lévén – a kontinentalis területek kopárak voltak.

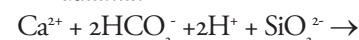
A kopár szárazföldek jelentették a másik meghatározó körülmény, a légköri szén-dioxid-háztartás felborulásának feltételét. A szén-dioxid, a legfontosabb „üvegházgáz” mennyiségének változása alapvető szerepet játszik a földfelszín hőmérsékletének szabályozásában. Az a hatalmas mennyiségű trópusi eső, ami korábban jórészt visszahullott az óceánba, most az egyenlítői övben csoportosuló kontinensek területére zúdult. A szén-dioxidban dús csapadékvíz által előidézett intenzív trópusi mállás hatását nem mérsékelte semmiféle szárazföldi növénytakaró. A mállás viszont a légköri CO<sub>2</sub> elvonásával jár,

amint azt az alábbi – a folyamatot rendkívül leegyszerűsített formában kifejező – kémiai egyenletek mutatják:

*mállás:*



*szállítás:*



*üledéklérakódás:*



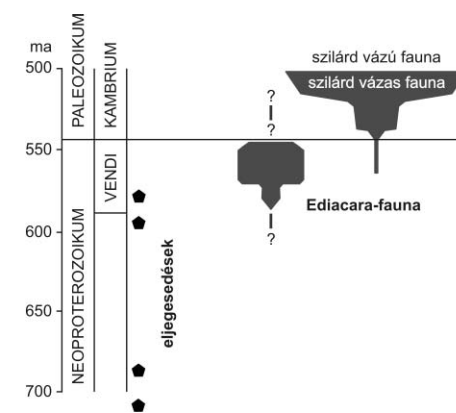
A szén-dioxid jelentős része tehát kalcium-karbonátként rakódik le, vagy oldatban marad az óceánok karbonátra nézve tútelítetté váló vizében. A gyors mállás hirtelen lehűlést okozott. Az egyenlítői régióban húzódó magashegységekben terjeszkedő jégtakaró megnövekedett fényvisszaverése albedo-visszacsatolást indított el. Az elszabadult folyamat során a Föld átlagos felszíni hőmérséklete -50 °C alá süllyedhet; a szárazföldek – még a trópusi övben is – eljegesedtek; az óceánok – akár 1 km mélységig is – teljesen befagytak.

A forgatókönyv azonban nem ér véget ennél a tragikus epizódnál. Egyrészt, az eljegesedett szárazföldeken a légköri szén-dioxid elvonásával járó mállási folyamat leáll. Másrészt, a „hólabda” mélyén a Földet jellemző lemeztectonikai mozgások töretlenül működnek: a vulkánok nagy mennyiségű szén-dioxidot juttatnak a légkörbe, ami – az elvonási folyamat híján – fokozatosan felszapordik: az üvegházhatás újra kiépül. Az óceáni jégpáncél olvadni kezd, és a szabad víztükör megjelenése fordított albedo-visszacsatolást indít el. A folyamat meglendül, és gyorsan átcsap az ellenkező végletbe: rendkívüli forróság köszönt be, melynek hatására az eddig oldatban lévő kalcium-karbonát igen vastag rétegösszletekben rakódik le. (Meg kell jegyeznünk, hogy a fentiekben vázlatosan ismertett, rendkívül tetszetős „hólabda Föld” hipotézis – bármily szellemes – ma még nem általánosan elfogadott a földtudósok körében.)

Keveset tudunk arról, hogy a bioszféra hogyan reagált a mintegy ötmillió éves időtartamú „hólabda” epizód(ok)ra, hiszen az ősmaradvány leletanyag igen szegényes. Nyilvánvaló, hogy a prokaryoták túléltek minden ilyen környezeti katasztrófát. Az eukaryotákról lényegében folyamatos adatsor áll rendelkezésre a kora proterozoikum óta, tehát valószínű, hogy komoly veszteséget ezek sem szenvedtek. A metazoák kialakulását sokan 650 millió évnél is korábbra teszik, de hogy metazoákból álló gazdag közösségek népesítették volna be a selfterületeket, arra nincsen adat. Metazoák esetleg megjelenhettek a mélytengeri hidrottermális forrásokhoz kapcsolódó kemoszintetizáló közösségekben, és ez esetben túl is élheték a drasztikus felszíni lehűlést.

Egészen bizonyos azonban, hogy az élővilág egyik legjelentősebb evolúciós robbanása, sőt robbanássorozata közvetlenül követte a legutolsó (580 millió éves) késő proterozoós „hólabda” epizódot (3. ábra). Az *Ediacara-fau-*

szilárd vázú fauna  
szilárd vázas fauna



3. ábra • A „hólabda Föld” eseményeket követő evolúciós robbanások a proterozoikum végén és a kambrium elején (Hoffmann – Schrag 2000 nyomán).

na néven összefoglalt, lágytestű (váz nélküli) állatokból álló sekélytengeri közösségek a proterozoikum végén (555–575 millió éve) a világ számos egykori selfterületén megjelentek. Ez a meglepően nagy diverzitású fauna már tartalmazza a nagyobb Metazoa csoportok alaptípusait, bár a később felvirágzó állattörzsekkel való közvetlen leszármazási kapcsolataik nem igazolhatók.

A következő jelentős evolúciós robbanás – mely a ma is élő nagy gerinctelen csoportok megjelenését hozta – a kambrium kezdetén (kb. 545 millió éve), szintén nem sokkal megkésve követte az utolsó „hólabda” epizódot. Felmerülhet, hogy a mészváz általános megjelenése összefüggésben lehetett a kalcium-karbonát/szén-dioxid-rendszernek a nagy lehűlést követő perturbációjával.

#### Triász–jura határ

A triász végi kihalás nemcsak azért érdemel különös figyelmet, mert a fanerozoikum öt legnagyobb kihalási eseményének egyike, hanem azért is, mert ennek nyomait hazánkban is megtaláljuk, és jelenleg kutatjuk is, például a Vác melletti Csóvár közelében (Pálfy et al., 2001).

Ami a triász–jura határon végbement gyors klímaváltozást illeti, a bizonyítási eljárás hosszas oknyomozó munkát igényel. Időszak-, illetve szisztémahatárról lévén szó, a jelentős földtörténeti változás szinte nyilvánvaló; a kiváltó okok közül a hirtelen tengerszintváltozás (regresszió) régóta ismert. Csábító az igen népszerű égitest-becsapódási modell alkalmazása is, de a korábban „koronatanúnak” tekintett kanadai Manicouagan becsapódási kráterről újabb kimutatták, hogy mintegy 14 millió évvel idősebb, mint a triász–jura határ. A gyors és jelentős klímaváltozás bizonyítékait ezúttal az ősi növényi levelek légző-

nyílásainak tüzetes vizsgálata és szénizotóp-mérések adták.

Brit kutatók ősi *Ginkgó*-félék levélmaradványait vizsgálták triász–jura átmeneti rétegsorokban. A kitűnő megtartású grönlandi és svédországi anyag lehetővé tette, hogy a kikutulán látható sztómákat (légzőnyílásokat) is megszámlálják. A sztómasűrűség a legelső jura rétegekben hirtelen csökkenést mutatott. Mivel a sztómák sűrűsége a légköri szén-dioxid-koncentrációval fordítottan arányos, az a következtetés adódott, hogy a triász–jura határon hirtelen két-háromszorosára nőtt a légkör CO<sub>2</sub>-tartalma. Ekkora szén-dioxid-koncentrációnövekedés jelentős üvegházhatást és hirtelen fölmelegedést eredményez.

Mi lehetett az óriási mennyiségben, hirtelen megjelenő szén-dioxid forrása? A leginkább kézenfekvő vulkáni források közül a szigetív vulkanizmus nem jöhet számításba, hiszen ennek intenzitása a lényegében folyamatos szubdukciós tevékenység során nem mutat szignifikáns változásokat. Hevesebb epizódokban jelentkezik a nagy kontinentális területek riftesedését kísérő trappbazalt vulkánosság. Ilyenkor egy vagy legfeljebb néhány millió év alatt hatalmas tömegű bazaltláva ömlik a felszínre, a légkörbe jutó gázok, gőzök, aeroszol és por pedig képesek világméretű környezetváltozást előidézni. Néhány ilyen platóbazalt provinciát már korreláltak, és ok-sági összefüggésbe hoztak nagy kihalási eseményekkel (például: a Szibériai trappbazaltot a perm–triász, a Dekkán platóbazaltot a kréta–tercier kihalásokkal).

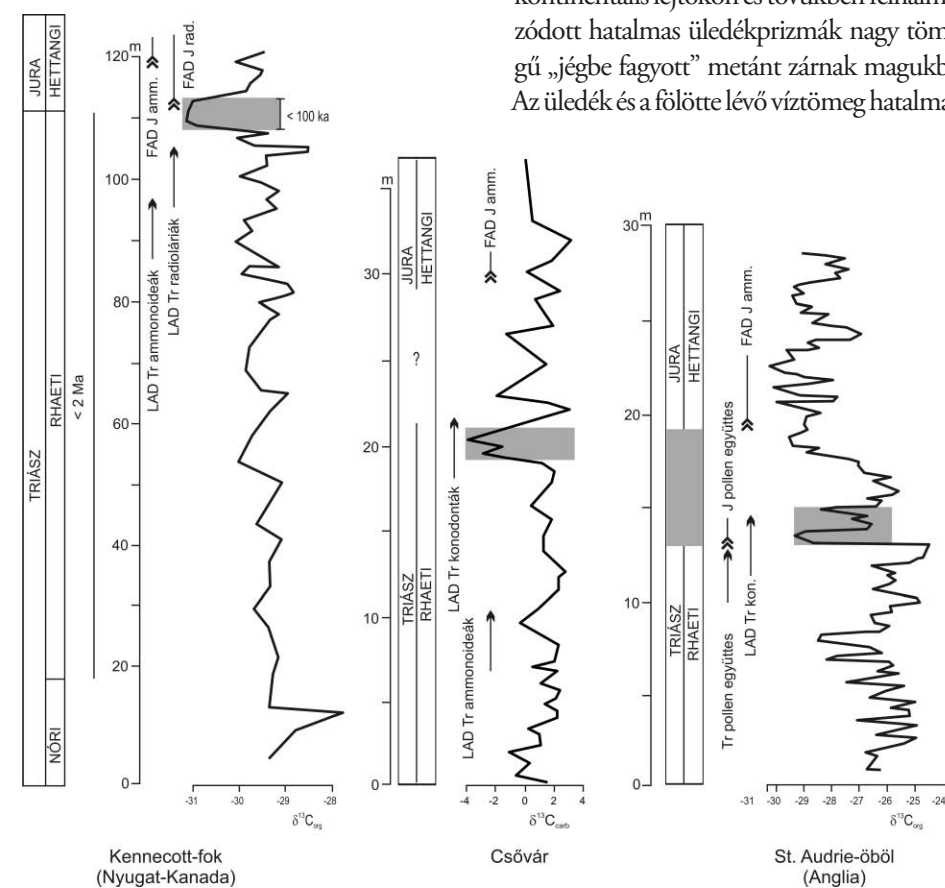
Esetünkben a Közép-Atlanti Magmás Provincia az első számú gyanúsított. Ez a legnagyobb fanerozoos trappbazalt provinciák egyike: becsült elterjedése 7 millió km<sup>2</sup>, térfogata 2,5 millió km<sup>3</sup>. Az Ibériától Észak-Amerika keleti partvidékén és Nyugat-Afrikán át

a Brazil-pajzsig húzódó hatalmas bazaltprovincia a Pangea feldarabolódásának kezdetét jelzi; kora a legújabb radiometrikus mérések szerint 199,4 ± 2,4 millió év, ami jól egyezik a triász–jura határ korával.

A hirtelen a légkörbe jutó, nagy mennyiségű köpenyeredetű CO<sub>2</sub> megváltoztatja az atmoszféra szén-izotóp összetételét. Ennek tükröződnie kell az egyidejűleg élt, majd ősmaradványként megőrződött növények, illetve állatok szerves anyagának, illetve kalcium-karbonát vázainak izotóp-összetételében. A Csóvár melletti triász–jura rétegsor részletes

vizsgálatával a határregióban valóban kimutatható volt egy markáns negatív <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C-anomália. Ez biosztratigráfiailag is jól korrelálható a kanadai és angliai triász–jura határszelvényekben észlelt anomáliákkal (4. ábra). Az észlelt anomália azonban a globális szénkörforgás olyan nagyfokú átrendeződésére utal, ami a köpenyeredetű CO<sub>2</sub> mellett további, nagy mennyiségű, könnyű szénizotóp forrást feltételez. A legvalószínűbb forrás a biogén metán, melynek jellemző δ<sup>13</sup>C értéke -60 ezrelék körül van.

Az utóbbi évek felfedezése az, hogy a kontinentális lejtőkön és tövükben felhalmozódott hatalmas üledékprizmák nagy tömegű „jégbe fagyott” metánt zárnak magukba. Az üledék és a fölötté lévő víztömeg hatalmas



4. ábra • Három szelvény, ahonnan negatív szénizotóp-anomália ismert a triász–jura határon (Pálfy, 2003 nyomán).

nyomása tartja szilárd állapotban a metán-víz rendszert (metán-hidrát, gáz-hidrát formájában), mindaddig, amíg a p/T-viszonyokban hirtelen változás nem áll be. Ha a nyomás hirtelen csökken, vagy a hőmérséklet megnő, a gáz-hidrát disszociál, a metán megszökik, és kikerül a tengervízbe, majd a légkörbe.

A földtörténet során valószínűleg számos esetben megismétlődő folyamatot a vulkáni CO<sub>2</sub>-kibocsátás indítja el, ami globális felmelegedést okoz. Ennek hatására az óceáni áramlási rendszer átrendeződik, a mélytengervíz hőmérséklete helyenként hirtelenül, akár 5 °C-kal is emelkedik. Az üledékben tárolt, fagyott gázhidrát instabillá válik, a gáz-nemű metán elszökik, és a légkörbe kerülve – maga is üvegházgáz lévén – fokozza a felmelegedést, vagy ha CO<sub>2</sub>-dá oxidálódik, akkor is további felmelegedést gerjeszt.

A fentiekben vázolt elképzelés szerint, az elszabadult üvegház-felmelegedés jelenti azt a gyors klímaváltozást, ami a triász végi kihálást eredményezte. A bioszféra reagálása jól ismert: tankönyvi példa a mezozoós tengerek sztárjainak, az ammonoideáknak csaknem teljes kihálása a triász–jura határon, majd az azt követő felvirágzásuk (5. ábra), a triász–jura krízis a zátonyszerűzetek körében, és figyelemre méltó a radiolaria taxonok nagyfokú kicserélődése is (6. ábra).

#### Kréta–tercier határ

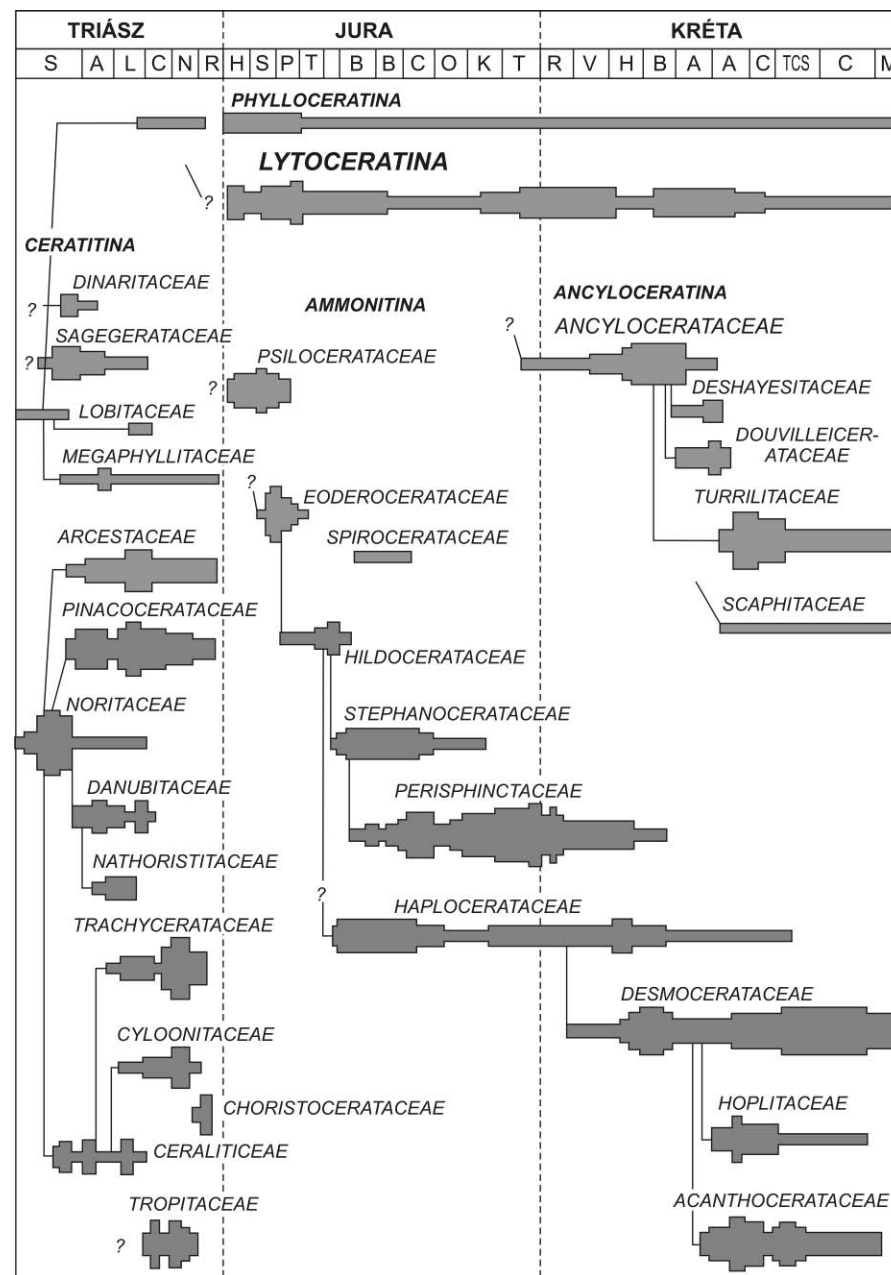
A kréta végén végbement földtörténeti esemény közismert; népszerűsége – a tömegkommunikációnak is hála – tán még a bibliai özönvíz históriáját is felülmúlja. Vélhetőleg azért, mert ez az egyetlen olyan földtörténeti katasztrófa és kihálás, melynek esetében a földön kívüli hatás, az égitest-bechapódás, mint elsőrendű kiváltó ok, egyértelműen igazolható. A bioszféra válságát ez esetben is

gyors klímaváltozás idézte elő. Ha a nevezetes meteorit véletlenül nem a Yucatán-félszigeten, hanem valamelyik ősi kontinentális pajzson csapódik be, vagy az óceánban köt ki, a dolog nem járt volna ennyire tragikus következményekkel. A Chicxulub-kráter helyén ugyanis több mint ezer méter vastagságú karbonátos és evaporitos (anhidrit, gipsz) üledékösszet fogadta a 10 km átmérőjű meteoritot. A hatalmas tömeg iszonyatos erejű bechapódása a karbonátokból szén-dioxidot, a szulfátos evaporitokból kén-dioxidot szabadított fel. A légkörbe tehát egyik pillanatról a másikra irtatlan mennyiségű por, aeroszol, vízgőz és mérgező gáz került. Ennek közvetlen, rövid távú következménye savas esővel kísért gyors lehűlés: „impakt tél” lehetett, melyet csak később ellensúlyozhatott az atmoszférában feldúsult szén-dioxid üvegházhatásából adódó felmelegedés.

A bioszféra kréta végi változásai jól ismertek; talán elég néhány jellemző példát felhozni illusztrációképpen.

A növényvilágban – meglepő módon – nem mutatkozott nagy kihálás vagy kicserélődés: a zárvatermők felvirágzása már a kréta során végbement. Figyelemre méltó esemény azonban a világ több pontján megismert „páfránycsúcs”. A rétegsorok spóra-pollen összetételét vizsgálva kitűnt, hogy a kréta–tercier határ fölött rendre megugrott a páfrányospórák részaránya. Mivel a páfrányok közismert pionírnövények, kézenfekvő az egyéb spóra-pollen anyag eltűnését és a páfránycsúcsot a bechapódás nyomán keletkezett pusztítás jeleként értékelni.

Az állatvilág legnagyobb vesztesei a népszerű dinoszauruszok voltak; sorsukban osztoztak a repülő hüllők is. Néhány más, sikeres mezozoós hüllőcsoport (például halgyíkok) már a kréta második felében kihalt. A tenger-



5. ábra • Ammonoideakrízis a triász–jura határon, és az azt követő felvirágzás (House, 1988 nyomán)



ri állatvilágban az ammoniteszek kihalása a legfeltűnőbb jelenség. Azonban itt is, csakúgy, mint a belemniteszek (belsővázas fejlábúak) esetében, nemcsak pillanatszerű, hanem fokozatos kihalás is valószínűsíthető. Ugyancsak fokozatos, és már a kréta végét megelőzően kezdődő kihalás rögzíthető néhány jellemző mezozoós kagylócsoporthoz (Rudisták, *Inoceramus*-félék) körében. Másrészt, a foraminiferák (főként a planktonikusak) nagyon éles kihalást és gyors faunakicserélődést mutatnak a kréta–tercier határon, ami biztos jele annak, hogy az óceánok felszínközeli régiójában meghatározó környezeti változások mentek végbe.

Voltak azonban az állatvilágnak olyan csoportjai is, melyek szinte töretlenül éltek túl a kréta–tercier határt. A hüllők közül ilyenek a gyíkok és a krokodilfélék. Még meglepőbb, hogy az igazán szárazföldinek minősülő rovarok alig szenvedtek veszteséget.

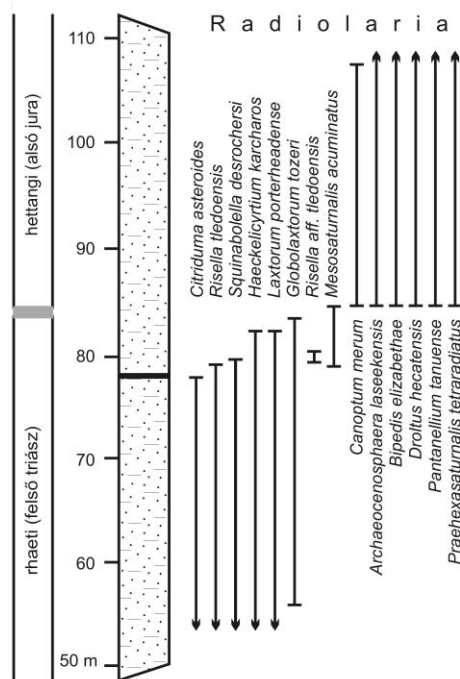
A kréta–tercier határon végbement kihalás utáni felvirágzás igazi hősei az emlősök voltak, melyeknek sokirányú adaptív radiációja – nem kis mértékben a kihalások során megürült környezetek meghódítása révén – máig tart.

#### Földtörténeti tanulságok

A Föld története során végbement gyors klímaváltozások és a bioszféra változásainak összefüggéseit vizsgálva az alábbi következtetések adódnak.

1.) Az üvegházgázok légköri koncentrációja mint éghajlati vezérparaméter, a múltban is kiemelkedően fontos volt.

2.) A gyors klímaváltozások egyaránt szerepet játszottak a kihalások, illetve a felgyorsult, robbanásszerű evolúció előidézésében. Megjegyzendő, hogy itt az „evolúció” kifejezést fenomenológiai szempontból hasz-



6. ábra • A radiolaria taxonok kicserélődése a triász–jura határon (Pálfy et al., 2000)

náljuk, hiszen az evolúció belső, genetikai hatótényezői részben függetlenek a környezeti hatásoktól.

3.) Az élővilág fejlődésével a bioszféra a földtani okokra visszavezethető gyors klímaváltozások hatásait egyre jobban tompítani képes. Ennek igazolásául vegyük szemügyre újra az 1. ábrát. Látható, hogy a kihalási ráta értékei (a nagy kihalási csúcsok és a köztes alacsonyabb értékek egyaránt) átlagosan, határozottan csökkenő tendenciát mutatnak a fanerozoikum során. Ez azt jelenti, hogy a bioszféra nagyon erős, „életképes”, és minden egyes környezeti katasztrófára a korábnál nagyobb diverzitással és egyre tökéletesebb adaptációval reagál. Jó példák vannak arra, hogy a bioszféra a „saját kezébe vette” sorsának irányítását. A „hólabda Föld” esete a karbon

időszakban (amikor a kontinensek újra Egyenlítő körüli helyzetbe kerültek) nem ismétlődött meg, mert akkor már hatalmas, albedo-csökkentő trópusi őserdők borították a szárazföldeket. A légkör CO<sub>2</sub>-tartalmának perturbációit fékező mechanizmus is létezik a késő jura óta: az óceáni mészvázú plankton hatalmas tömegben képes elnyelni, és karbonát formájában megkötni a szén-dioxidot.

4.) A gyors klíma- és környezetváltozások hatásától tehát a bioszféra egészét nem kell

félteni; a kihalás mindig a túlságosan specializálódott, ökológiai szempontból elkötelezett szervezeteket és csoportokat érintette súlyosan. Az emberi faj meglehetősen specializálódott, tehát a jelenkori globális környezetváltozás súlyosan veszélyeztetheti. Kérdés azonban, hogy az ember egyszerűen biológiai lény-e. Ha ennél több, akkor van esélye a túlélésre.

Kulcsszavak: *klímaváltozások, üvegházgázok, bioszféra, kihalások*

#### IRODALOM

- Hoffmann, Paul F. – Schrag, Daniel P. (2000): Snowball Earth. *Scientific American*. 282, 68–75.  
 Hoffmann, Paul F. – Schrag, Daniel P. (2002): The Snowball Earth Hypothesis: Testing the Limits of Global Change. *Terra Nova*. 14, 129–155.  
 House, Michael R. (1988): Extinction and Survival in the Cephalopoda. In: Larwood, G. P. (ed): *Extinction and Survival in the Fossil Record*. *Systematics Association*. Special Volume 34. Clarendon Press, Oxford, 139–154.  
 Pálfy József (2000): *Kihalnak és túlélők. Félmilliárd év nagy fájpusztulásai*. Vince, Budapest  
 Pálfy József (2003): Volcanism of the Central Atlantic Magmatic Province as a potential Driving Force in the End-Triassic Mass Extinction. In: Hames, W. E.

- McHone, J. G. – Renne, P. – Ruppel, C. (eds.): *The Central Atlantic Magmatic Province: Insights from fragments of Pangea*. American Geophysical Union, Geophysical Monograph Series Volume 136. 255–267.  
 Pálfy József – Demény A. – Haas J. – Hetényi M. – Orchard, M. J. – Vető, I. (2001): Carbon Isotope Anomaly and Other Geochemical Changes at the Triassic/Jurassic Boundary from a Marine Section in Hungary. *Geology*. 29, 1047–1050.  
 Pálfy József – Mortensen, J. K. – Carter, E. S. – Smith, P. L., Friedman, R. M. – Tipper, H. W. (2000): Timing the End-Triassic Mass Extinction: First on Land, Then in the Sea? *Geology*. 28, 39–42.  
 Raup, David M. – Sepkoski, J. John (1988): Testing for Periodicity of Extinction. *Science*. 241, 94–96.



# KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A VÍZ KÖRFORGÁSA

**Szilágyi József**

az MTA doktora, egyetemi docens  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék  
szilagyi@vit.bme.hu

**Józsa János**

az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék  
jozsa@vit.bme.hu

A jelenleg végbemenő klímaváltozás, amely legegyszerűbben a felszínközeli léghőmérséklet  $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os globális emelkedésével jellemezhető, az emberiséget érintő egyik legkomolyabb hatása a víz körforgására lesz (1. ábra). A vulkánkitöréseken, amelyek térben erősen lokalizáltak, és a földrengéseken kívül (de még azok is a kísérő tengeri szökőárak esetén) szinte minden más potenciálisan nagy kiterjedésű elemi csapás összefügg a vízzel: annak bőségével, gondoljunk csak a rendkívül heves csapadékokra, trópusi viharokra, árvizekre, a tengerszint globális emelkedésére, vagy hiányával, mint az időben és térben kiterjedt aszályok.

A Földet nem véletlenül hívják a kék bolygónak, hiszen felszínének kb. kétharmada tengerekkel, illetve óceánokkal borított. A víz sok tekintetben is különleges anyag, így szokatlanul magas fajhője (a vizet több energiával tudjuk felmelegíteni, mint például a higanyt), illetve párolgási hője miatt annak mozgása, illetve fázisátalakulása egyben komoly térbeli energiaátvitellel is párosul. Ezért van az, hogy a vízpára légköri kondenzálódásának hője a globális légkörzés energiaszükségletének mintegy 30 %-át fedezi. Különleges olyan tekintetben is, hogy az egyetlen termé-

zetes anyag, amely mindhárom fázisállapotában gyakran egy időben és egy helyen (például felhők) van jelen.

Amikor klímaváltozásról beszélünk, érdekes módon gyakran elfelejtjük, vagy nem hangsúlyozzuk eléggé, hogy a vízgőz messze a leghatékonyabb üvegházhatású gáz. Vessünk csak egy pillantást a jelenlegi, igen kellemes üvegházhatást (ami mintegy  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  mértékű, azaz ennyivel hidegebb lenne a Föld átlaghőmérséklete a légkör nélkül) előidéző légköri gázok fontossági sorrendjére. A vízgőz pusztán jelenléte a jelenlegi üvegházhatás 60 %-áért (ami a  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérséklet-növekedésből  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nak felel meg) felelős, míg a széndioxid csak 25%-ért ( $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), az ózon 8 %-ért ( $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), a metán, dinitrogén-oxid és egyéb gázok a maradék 7 %-ért ( $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) felelősek.

Joggal kérdezheti most valaki, hogyha ez így van, akkor miért nem beszélünk többet a vízgőzről a klímaváltozás kapcsán. Ennek a legvalószínűbb magyarázata talán az, hogy azért, mert nincs felette kontrollunk, szemben például a szén-dioxiddal és a nitrogén-oxidokkal, amelyek nagy részét fosszilis energiahordozók elégetésével aktívan állítjuk elő, azaz többek között hőerőművek, illetve autók pöfögik ki. Ez tehát nyilvánvalóan azt

is jelenti, hogy nem tudjuk szabályozni annak jövőbeni alakulását, hiszen például a Föld kétharmadának, amit az óceánok és tengerek tesznek ki, a felszínét nem fogjuk – még ha annak technikai akadálya igazából nem is lenne – céltudatosan párolgáscsökkentő anyaggal (például parafin) bevonni az egyéb, többek között az élővilágra gyakorolt, belátható és beláthatatlan következmények miatt.

Általános szabály, hogy a melegebb levegő potenciálisan több vízgőzt tud magába fogadni, és mivel a Föld valójában a víz bolygója az óceánok szárazföldekhez képesti túlsúlya miatt, így az globálisan meg is valósulhat. Vagyis a légkör melegedésével annak átlagos nedvességtartalma is növekszik, legalábbis ott biztosan, ahol az szabadon érintkezik nyílt vízfelülettel (de máshol is, lásd alább), mint például tengerek, óceánok, tavak, folyók felett, de ide sorolhatjuk a gleccsereket, illetve Grönland és az Antarktisz jégtakaróját is, ahol párolgás helyett szublimációról beszélünk. Talán kevésbé ismert fizikai törvény az, hogy ilyen „nagy kiterjedésű nedves környezetben”

a párolgás (mint adott felületről adott idő alatt végbemenő tömegáram a vízre vonatkozóan) csupán a rendelkezésre álló energiától függ (Priestley – Taylor, 1972) és független például a szélsébségtől. (Ezért is beszélnek a hidrológusok ilyen esetben energialimitált párolgásról, szemben a vízlimitált párolgással. Ez utóbbi esetben a terület aktuális párolgása kisebb az elégtelen talajnedvesség korlátozó hatása miatt, mint az potenciálisan lehetne, amennyiben a kérdéses terület, az adott meteorológiai körülményeket megtartva, vízzel szabadon lenne borítva, vagy pedig a talaj vízzel telítve volna. A vízlimitált környezetre, mint extrém eset, a Szahara jó példa, ahol energia bőven van, csak a víz hiányzik a párolgáshoz, de ide vehetjük Magyarországot is, amely még éppen a vízlimitált kategóriába esik. Ezért van az, hogy a Balaton többet párologtat, mint a környezete, de mondjuk a Bajkál-tó már nem. Mindezekből az is következik, hogy nemcsak szabad vízfelszín felett nő a párolgás a légkör melegedésével, hanem általánosan igaz ez az energialimitált



1. ábra • A hidrológiai ciklus sematikus ábrája.

szárazföldi területekre is, mint például a tajga és tundra öve is.)

Valóban, a globálisan jelenleg regisztrált 0,6 °C-os léghőmérséklet-emelkedés úgy nagyjából 0,5 %-os nettó sugárzásbevitel-növekedésnek felel meg a Föld felszínére vetítve, aminek egy része az intenzívebb párolgáshoz szükséges többletenergiát szolgáltatja.

A levegő fenti tulajdonága miatt, illetve a víz földi bősége folytán (noha jelentős térbeli egyenetlenséggel) a vízpára a globális melegedéssel pozitív visszacsatolásban van. Azaz bármi is indította el kezdetben a felmelegedést, a felszínközeli levegő melegedésével egyre több vízpára kerül a levegőbe, ami komoly üvegházhatása miatt tovább erősíti a meleget. Globális klímamodellek számításai szerint ez a hatás oda vezet, hogy a szén-dioxid légköri koncentrációjának megduplázódása esetén a várható 2 °C-os hőmérséklet-emelkedés helyett 3 °C valószínűsíthető. Ha szerencsénk van, akkor azonban van egy fék is a léghőmérséklet-vízpára rendszerben, nevezetesen a felhők még nem teljesen tisztázott szerepe folytán. Ugyanis a felhők belső szerkezetétől, illetve azok talaj feletti magasságától függően erősíthetik vagy éppen gyengíthetik is a felmelegedést.

Jelenleg a víz körforgását érintő klímamodell-eredményeket a következőképp lehet nagyon röviden, nagy általánosságban, konkrét térségre való korlátozás nélkül összefoglalni. Nyilván, minél kisebb térséget vizsgálunk, az alábbi általános következtetések annál kevésbé lehetnek igazak (vonatkozassuk például „a Föld a víz bolygója” [a kijelentés nyilvánvalóan igaz] kitévelt a Szahara közepére).

A vízpára légköri koncentrációjának növekedése miatt intenzívebb csapadékokat várhatunk, amelyek így komolyabb árvizet okozhatnak. Az időjárási szélsőségek, azaz

hőhullámok és szárazságok, az extrém csapadékokkal egyetemben, szintén nagyobb gyakorisággal várhatók. A szárazföldi jégtakaró (leginkább Grönland és Antarktisz) olvadása következtében, illetve a tengerek és óceánok hőtágulása miatt a tengerek, illetve óceánok szintje jelentősen megemelkedik. A víz körforgása intenzívebbé válik, azaz egy időben több víz tartózkodik a légkörben és/vagy a vízgőz légköri tartózkodási ideje (amely jelenleg kb. tíz-tizenegy nap) lerövidül. Mindkét folyamat kihatással lesz mind az óceán–szárazföldi, mind pedig a meridionális (azaz észak–déli) energiaátvitelre, amely várhatóan módosítani fogja a meglévő klímaövek földrajzi elhelyezkedését és térbeli kiterjedését.

A klímaváltozási projekciók jelenlegi gyenge pontjai a következők. A számítógépes kapacitás mai korlátai miatt a globális klímamodellek egy kb. 100 km-es felbontású rácsalával dolgoznak, ami azt jelenti, hogy az annál lényegesen kisebb térbeli léptékű folyamatok, amelyek ráadásul térben nagyon változékonyak is lehetnek, nehezen megfoghatóak a modellek számára. Ebbe a kategóriába esnek olyan fizikai folyamatok, mint például a felhőképződés, a légköri aeroszolok diszperziója – főleg szulfát- és koromrészecskék, amelyek a csapadékkal hamar kimosódnak a levegőből, de rövid légköri tartózkodásuk alatt, illetve bőséges elterjedésük miatt jelentős sugárzasmódosító hatással bírnak –, és maga a csapadékképződés is, az azt követő talajnedvesség-változás és szárazföldi lefolyás térben rendkívül heterogén folyamataival.

Ne higgyük azonban, hogy a klímaváltozás valami olyan, ami csak a jövőt, azaz gyermekeinket vagy éppen unokáinkat érinti majd. Ez sokkal inkább egy olyan folyamat, amelyben mi is benne élünk, és több hidrológiai aspektusa már jelenleg is mérhető, do-

kumentálható. Ilyen biztos, jól kimutatható, a víz globális körforgását érintő változás a hegyi gleccserek masszív visszahúzódása, a tavak éves jégborítottságának lerövidülése, a tenészszezon meghosszabbodása, az északi félteke szárazföldjei fölötti 10 %-os csapadék-növekedés az elmúlt ötven év viszonylatában, valamint ugyanitt a lefolyás néhány százalékos növekedése. Érthető módon a változások detektálása sokkal körülményesebb a tengerek és óceánok, mint a szárazföldek felett, beleértve például a csapadék és párolgás trendjének alakulását. Ez utóbbi még a szárazföldeken is problémát jelent, egyszerűen azért, mert közvetlen, rutinszerű mérése jelenleg még nem teljesen megoldott. Mindenesetre közvetetten sótartalom-mérésekből, illetve az óceánok felszíni hőmérsékletének nemrég kimutatott növekedéséből a tengerek, óceánok párolgási szintjének globális növekedése szintén igazolva látszik, ami egybevág a már említett, a légköri üvegházhatású gázok emelkedett koncentrációja által okozott, globális nettó sugárzásbevitel-növekménnyel.

A víz globális körforgásáról beszélve nem hagyható ki a párolgás (jelen szerzők szerint nemrég már megoldott) paradoxonjának megemlítése. Ez abból áll, hogy míg a csapadék az északi félteke szárazföldjei felett kb. 10 %-kal, ugyanakkor a lefolyás ugyanott csupán néhány százalékkal nőtt, tehát logikusan a különbségnek, ami a párolgást adja, szintén növekednie kellett ezen időszak alatt, hacsaknem ezen különbségnek egy jelentős része tavakban, illetve a talajban mint talajnedvesség, továbbá a talajvízben vagy a rétegvizekben nem tározódott, ami azonban igen valószínűtlen. Ugyanakkor a rutinszerűen alkalmazott párolgási kádák mért párolgásértékei ezen időszak alatt csökkenő tendenciát mutatnak (Peterson et al., 1995), amiből idézett

szerzők azt a következtetést vonták le, hogy a globális hidrológiai ciklus a szárazföldek felett gyengülni látszik. A párolgás ezen vélt csökkenő tendenciájával remek párhuzamban van az a tapasztalati megfigyelés, hogy a levegő szén-dioxid-tartalmának növekedésével, a növények gázcseregyülési (sztómái) kevésbé nyílnak ki, így a növény és vele együtt a szárazföldek, hisz azok nagy része növényzettel borított, várhatóan kevesebbet párologtatnak, azaz a szárazföldi párolgás mértéke a szén-dioxid növekedésével csökkenő tendenciát kell, hogy mutasson, és ráadásul ez részben magyarázhatja is a lefolyás dokumentált növekedését (Matthews, 2006). Itt jegyeznénk meg, hogy a hazai, de a nemzetközi szakirodalomban is gyakran különbséget szoktak tenni párolgás (angolul: evaporation) és párologtatás között (angolul: transpiration). Ráadásul növényzettel borított felszínek esetén, mivel a növényzet párologtatása mellett a természetes felszín (a talaj növényzettel nem borított felszíne, épületek, utak, de maga a növényzet felszíne is a sztómák közötti részen, a száron stb.) párolgása is végbemehet például csapadékesemények alatt, illetve azt követően a csapadék intercepciója révén (vagy gondoljunk nyáron az éjszakai harmat kora délelőtti eltűnésére), a kettő kombinációjáról, ún. evapotranspirációról szoktak beszélni (angolul: evapotranspiration). Mivel mind a párolgás, mind pedig a párologtatás esetén az alapvető fizikai folyamat ugyanaz, azaz a víz fázisátalakulása cseppfolyósból gázneművé, a párolgás szó használata az idegen evapotranspiráció helyett jelen tanulmányban (de talán máshol, még az angol nyelvű szakirodalomban is evapotranspiration helyett csupán evaporation) indokoltnak látszik, és az evapotranspiráció szóval felcserélendően használandó, amennyiben azt növényzettel



részben vagy teljesen borított természetes felszínek teljes evapotranszpirációjára vonatkoztatjuk, és nem akarjuk elkülöníteni a párolgásnak azt a részét, amely kiindulási helye szerint a növényzet gázcsereenyílása.

A paradoxon azért létezhet még mindig, mert a párolgás, ahogy azt már említettük, globálisan és rutinszerűen közvetlenül nem mérhető, ráadásul egészen a közelmúltig még közvetetten is, csak egy vízmérleg felállításával került megbecslésre, ami leggyakrabban abból áll, hogy egy vízgyűjtőre pontszerű mérések alapján térbeni interpoláció alkalmazásával kiszámolják, hogy mennyi csapadék hullott (nem triviális feladat), és kellően hosszú időszakra vonatkozóan (leginkább egy vagy több év) abból a mért lefolyást levonják. A kellően hosszú időszak azért kell, hogy ezalatt a vízgyűjtőn belül történő víztározás (tipikusan mint talajnedvesség vagy talajvíz) megváltozása elhanyagolható lehessen a be-, illetve kimenő víztömeghez képest.

A paradoxon könnyen feloldható a párolgás ún. komplementáris hipotézisének (KH) alkalmazásával (Bouchet, 1963). Leegyszerűsítve ez azt mondja, hogy az aktuális párolgás és a kádpárolgás értékei vízlimitált környezetben egymás komplementensei, azaz amikor a kádpárolgás értéke növekszik, akkor az aktuális párolgásnak csökkennie kell és fordítva, amennyiben a nettó sugárzásbevitel (állandó szélviszonyok mellett) nem változik. Ez azért lehetséges, mert a párolgási kád csak úgy tud többet párolgotatni állandó nettó sugárzásbevitel (és szélviszonyok) mellett, ha a környezete kevesebbet párolgotat, és így a levegő szárazabbá és egyúttal melegebbé is válik. Itt jegyezzük meg, hogy amennyire egyszerűnek tűnik ez a hipotézis, annál nehezebb azt szigorúan elméleti úton bizonyítani. Ráadásul egészen mostanáig a komplementaritást

szimmetrikusnak vélték (azaz a két komplementens változás terjedelmét megegyezőnek vették), de a legújabb kutatások alapján (Szilágyi, 2007) az nagy valószínűséggel inkább antiszimmetrikus (vagyis a kádpárolgásban vagy az azt helyettesítő becslésben bekövetkező változás terjedelmében tipikusan [de nem mindig] nagyobb, mint a komplementens aktuális párolgásban bekövetkezett változás).

Érdekes talán azt is megemlíteni, hogy miután Marc B. Parlange és Wilfried Brutsaert (1998) a KH segítségével magyarázatot adtak a párolgási paradoxonra a Thomas C. Peterson és munkatársai (1995) által közölt cikkekre válaszolva, utóbbiak egy újabb cikkükben revideálták korábbi következtetéseiket. Ennek ellenére, mint azt az Atsumu Ohmura és Martin Wild (2002), illetve a Damon Matthews (2006) cikk is bizonyítja, a kétely, hogy a hidrológiai ciklus szárazföldi párolgást érintő része gyengül, tovább él.

Újabban a KH-n alapuló párolgászámítási módszerek (Brutsaert – Stricker, 1979; Morton, 1983; Kahler – Brutsaert, 2006; Szilágyi, 2007), talán a KH előbb említett sikerre kapcsán is, elterjedőben vannak. Azonban a legnagyobb előnyük ezen módszereknek (David M. Kahler – Wilfried Brutsaert [2006] kivételével), hogy kádpárolgási mérések hiányában is alkalmazhatók, és ráadásul csak rutinszerűen mért meteorológiai változókat igényelnek, úgymint szélesség, léghőmérséklet, légnedvességi mutató, illetve bejövő globálsugárzás. A rutinszerűen mért meteorológiai adatok viszonylag jó térbeni eloszlásának, illetve több évtizedet felölelő múltjának köszönhetően így a globális párolgás szárazföldi komponensének, illetve időbeni trendjének meghatározása napjainkban tehát lehetővé vált, ahogy azt Szilágyi József (2001) munkája is példázta.

Végezetül illene néhány szót mondani a fent vázolt kutatások gyakorlati alkalmazásáról, hiszen manapság különösen sok szó esik a hazai közéletben a tudomány és társadalom kapcsolatáról. A társadalom joggal várhatja el, hogy az adófizetők pénzén támogatott kutatásnak végső soron valamilyen társadalmi haszna legyen. A probléma abból adódik, hogy előre nem lehet pontosan megmondani, mely tudományág és azon belül melyik kutatási terület fogja a közel- vagy távoljövőben a társadalomnak ezt a hasznot meghozni. Szinte közhelyszámba megy már a tranzistor feltalálásának története, amelyet kezdetben mindenki csak egy érdekes játékszernek tartott. Vagy hogy közelebb kerüljünk témánkhoz, a klimatológia tudományát többé nem pár évtizede is egy nem túl sok gyakorlati haszonnal kecsegtető tudományágnak tekintették. Ezt manapság viszont már senki nem mondaná komolyan. Valahogy így van ez a hidrológiával is, hiszen ki gondolta volna mondjuk ötven évvel ezelőtt, hogy egy

nagy, vízzel rendszeresen feltöltött, a napra kitett „lávór” segítségével következtetéseket tehetünk majd a globális hidrológiai körforgás hosszú távú változására. Végül megjegyezzük: a németországi Max Planck Meteorológiai Kutatóintézet által vezetett, a klímaváltozás kelet- és közép-európai hatásának vizsgálatára irányuló, nemrég indult hároméves EU kutatási projekt keretében partnerintézményként a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékén ugyanezen „lavórelmélet” segítségével vizsgáljuk, hogy a következő fél évszázadban előreláthatóan miképp fog alakulni a Balaton párolgása, és hogy vajon a 2003-ban megfigyelt rendkívüli alacsony vízszint milyen gyakorisággal várható a jövőben. Reméljük, hogy e kutatási munkának konkrét gyakorlati eredményei tovább erősítik a tudomány társadalmi hasznáról alkotott képét.

Kulcsszavak: *hidrológia, klímaváltozás, hidrológiai ciklus, párolgás*

#### IRODALOM

- Bouchet, R. J. (1963): Evapotranspiration réelle, évapotranspiration potentielle, et production agricole. *Annales Agronomiques*, 14, 743–824.
- Brutsaert, Wilfried – Stricker, H., 1979. An Advection-aridity Approach to Estimate Actual Regional Evapotranspiration. *Water Resources Research*, 15, 443–449.
- Parlange, Marc B. – Brutsaert, Wilfried (1998): Hydrologic Cycle Explains the Evaporation Paradox. *Nature*, 396, 30.
- Kahler, David M. – Brutsaert, Wilfried (2006): Complementary Relationship between Daily Evaporation in the Environment and Pan Evaporation. *Water Resources Research*, 42, W05413.
- Matthews, Damon (2006): The Water Cycle Freshens Up. *Nature*, 439, 793–794.
- Morton, F. I. (1983): Operational Estimates of Areal Evapotranspiration and Their Significance to the

- Science and Practice of Hydrology. *Journal of Hydrology*, 66, 1–76.
- Ohmura, Atsumu – Wild, Martin (2002): Is the Hydrologic Cycle Accelerating? *Science*, 298, 1345–1346.
- Peterson, Thomas C. – Golubev, V. S. – Groisman, P. Y. (1995): Evaporation Losing Its Strength. *Nature*, 377, 687–688.
- Priestley, Charles Henry Brian – Taylor, R. J. (1972): On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large-Scale Parameters. *Monthly Weather Review*, 100, 81–92.
- Szilágyi József (2001): Modeled Areal Evaporation Trends Over the Conterminous United States. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 127, 4, 196–200.
- Szilágyi József (2007): On the Inherent Asymmetric Nature of the Complementary Relationship of Evaporation. *Geophysical Research Letters*, 34, L02405.

# GLOBÁLIS KLIMATOLÓGIAI VÁLTOZÁSOK HATÁSA A NEHÉZSÉGI ERŐTÉRRE, ÉS ANNAK MŰHOLDAS ÉSZLELÉSI LEHETŐSÉGEI

Földváry Lóránt

PhD, tudományos főmunkatárs  
MTA–BME Fizikai Geodéziai és Geodinamikai Kutatócsoport  
fl@sci.fgt.bme.hu

## Összegzés

A Föld inhomogén tömegeloszlása meglehetősen komplex nehézségi erőteret hoz létre, mely ráadásul a Föld folyamatos tömegátrendeződései miatt állandó változásban van. A Föld nehézségi erőterét, illetve annak időbeni változásait észlelve az azt kialakító tömegeloszlásra, illetve annak átrendeződéseire következtethetünk. A földi rendszer tömegátrendeződéseinek nagy része kapcsolatot mutat az éghajlattal vagy annak időbeli változásaival. A tömegeloszlással járó folyamatok elemzésére globális megoldást kínálnak a gravimetriai műholdak. Cikkünkben az éghajlatviszonyok észlelésének eddigi műholdas módszereit ismertetjük, majd évtizedünk legjelentősebb geodéziai fejlesztésének, a gravimetriai műholdaknak szerepét vizsgáljuk a globális éghajlatviszonyok észlelésében, és utalunk várható szerepükre az éghajlatváltozások diagnosztizálásában.

## I. A Föld tömegátrendeződései

Jelenlegi ismereteink alapján a Föld számottevő tömegátrendeződései a geoszférában (ott is a felső köpenyben és a kéregben), a hidroszférában (beleértve a krioszférát is), valamint az atmoszférában zajlanak le. Az I. táblázatban a Föld fenti felbontás szerinti jelentősebb tömegátrendeződéseit gyűjtöttük össze (Illk et al., 2005). (I. táblázat)

A táblázatból a hirtelen, rövid idejű erőhatások által okozott egyszeri, dinamikus tömegátrendeződésektől, nevezetesen a földrengésektől, a vulkánkitörésektől és a földcsuszamlástól eltekintve valamennyi említett folyamat az éghajlat alakulásáért felelős tényező.

A tömegátrendeződések jellemzően (már csak anyagi minőségi különbség okán is) nem lépnek ki egy-egy „tározóból”, azok határain belül működnek. Itt elsősorban az óceánokon belüli tömegáramokra, az atmoszféra légkörzésére vagy a földköpeny áramlásaira gondo-

## GEOSZFÉRA

földrengés  
vulkánkitörés  
tektonikus mozgás  
földcsuszamlás  
glaciális izosztatikus  
átrendeződés  
posztglaciális izosztatikus  
visszarendeződés

konvekciós áramlások a köpenyben  
belső mag áthelyeződése

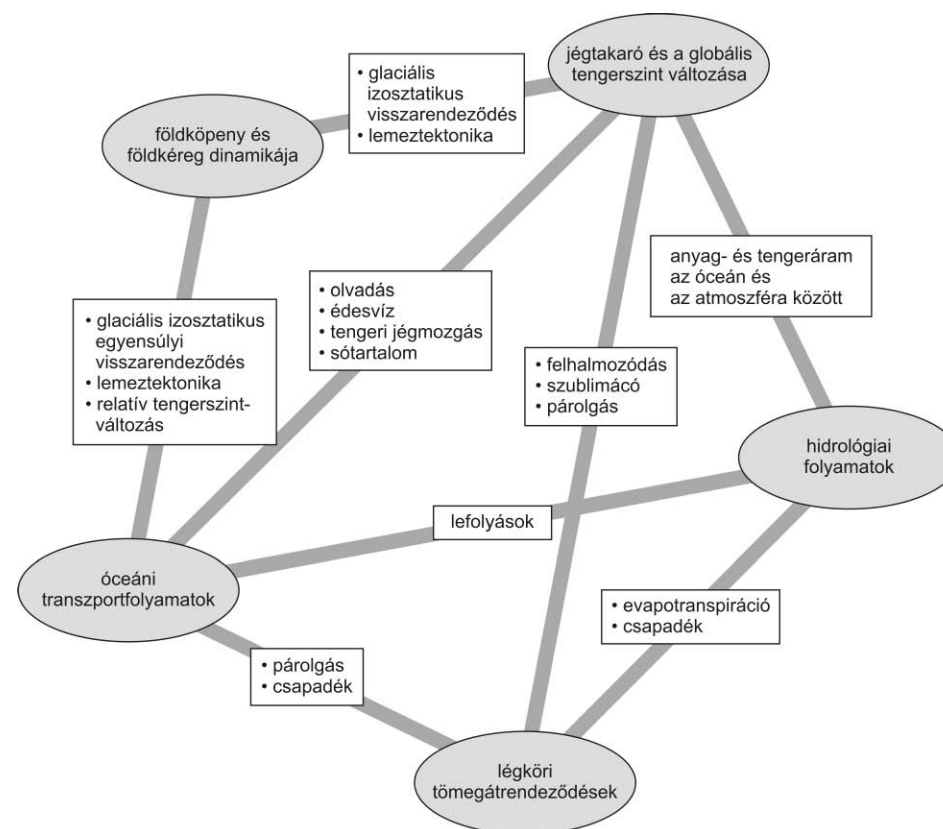
## HIDROSZFÉRA

óceáni transzportfolyamatok  
mélytengeri áramlások  
vízkörforgás  
árapály jelenségek  
jégtakaró és jégolvadás  
globális tengerszintváltozás

## ATMOSZFÉRA

globális légkörzés  
atmoszferikus árapály

I. táblázat • A Föld jelentősebb tömegátrendeződései, tömegáramai.



I. ábra • A földi tömegáramok rendszere

lunk, amelyek a tömegáramok méreteihez képest kis mértékben kavarodnak. Nyilván azért teljes elszigeteltségben egyik összetevő sincs jelen. Az 1. ábra a nagyobb tömegáram tartályokat (ahol az eljegesedéseket és a kontinentális vízháztartást elvi megfontolásból külön szegmensként ábrázoljuk), valamint a közöttük kialakuló tömegáramokat mutatja.

Mint már jeleztük, az ábrán is bemutatott tömegáramok mindegyike az éghajlattal szoros viszonyban áll, a kialakult éghajlatviszonyokért felelős. Észlelésük és értelmezésük fontos a földi éghajlatviszonyok globális megértéséhez.

## 2. Éghajlatjellemző jelenségek műholdas észlelése

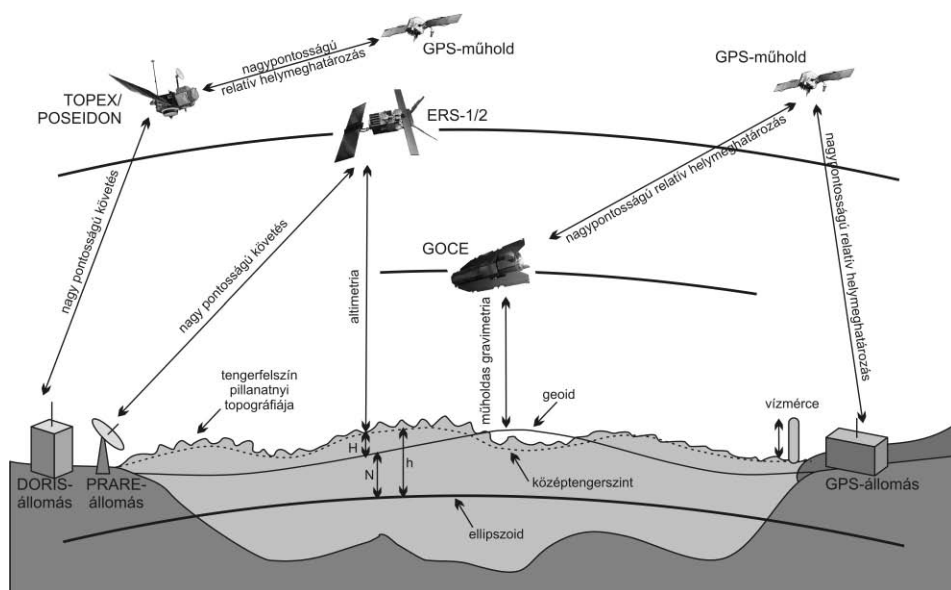
Az éghajlattal kapcsolatos jelenségek globális észlelése az altimetriai műholdakkal a 90-es

évek elején kezdődött (Seeber, 1993). Kialakításukhoz a GPS műholdas helymeghatározó rendszer kiépülése elengedhetetlen feltétel volt. Az altimetriai műholdak után a következő nagy lépést 2000-ben az első gravimetriai műhold fellövése jelentette. Ezzel a globális éghajlat fizikai változásainak észlelési hálózata egy fontos szegmensen kibővült. A 2. ábrán az éghajlattal kapcsolatos fizikai jelenségek észlelésének jelenleg használatos műholdas technikáit mutatjuk.

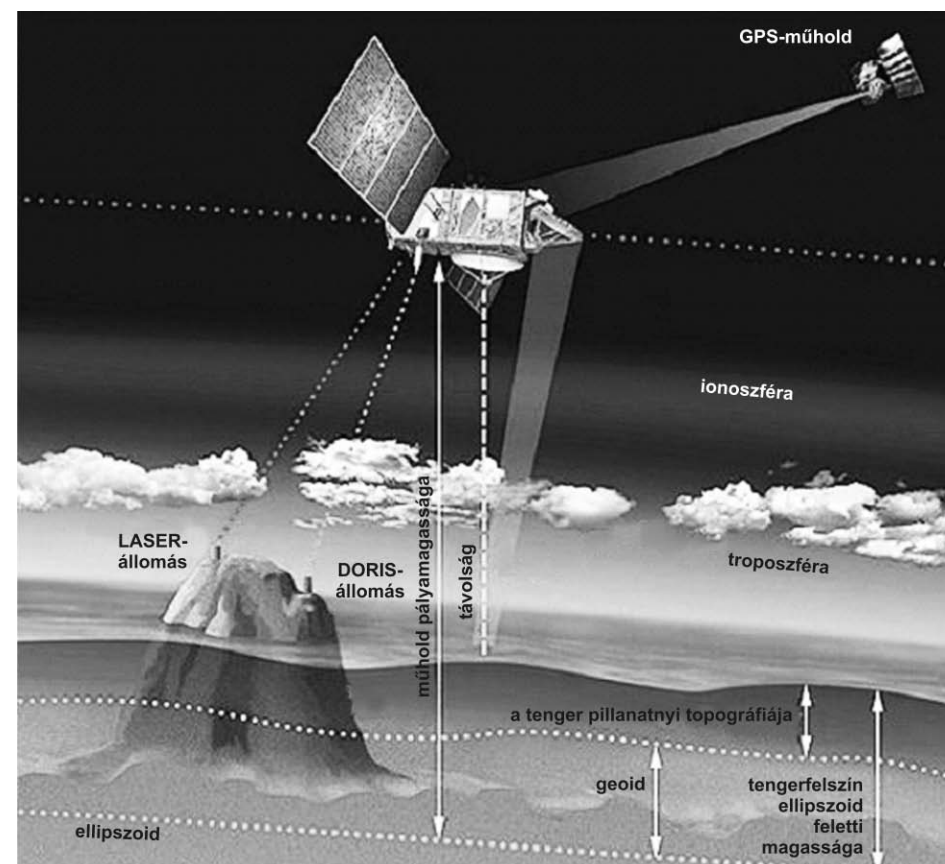
Az éghajlatviszonyok feltérképezésében részt vevő műholdas észlelési technikák ismeretetését adjuk a következőkben, elsősorban a cél szemszögéből fontos tulajdonságokra koncentráva.

### 2.1 Helymeghatározó rendszerek

A globális műholdas rendszerek műholdjai napjainkra nagy pontosságú vonatkoztatási



2. ábra • A globális földmegfigyelő rendszer (Global Earth Orbiting Satellite Systems [Ádám, 2007]) műholdas technikái, amelyek alapján az éghajlattal kapcsolatos jelenségek észlelését végzik. N – geoid unduláció; H – a tengerfelszín topográfiája; h – közepes tengerszint ellipszoid feletti magassága (Forrás: <http://tau.fsg.tu-muenchen.de/~iapg/web/index.php>) o mm



3. ábra • A műholdas altimetria alapelve

(Forrás: <http://tau.fsg.tu-muenchen.de/~iapg/web/index.php>)

rendszereket alkotnak a Föld körül, amely műholdakra tetszőleges földfelszíni pontból távolságot mérve, a Föld felszínén a helyzetünk nagy pontossággal meghatározható. A műholdak nagy pályamagassága lehetővé teszi a náluk alacsonyabban keringő műholdak folyamatos pályameghatározását is. A pálya folyamatos ismerete pedig lehetőséget nyújt egy műhold folyamatos méréseinek térbeli pontos elhelyezésére vagy geometriai méretek meghatározására, például a Föld felszínére végzett folyamatos távolságmérésekből (ún. *altimetria*).

A globális helymeghatározó rendszerek közül a GPS-rendszer a 80-as évek második felétől mérnöki használatra alkalmassá vált, majd 1994-re teljesen kiépült, míg a GLO-NASS teljes rendszere 1996-ra készült el (Ádám et al., 2004). A felhasználás szempontjából a GPS-nek van nagyobb gyakorlati jelentősége, és ez igaz a műholdas alkalmazásokra is.

### 2.2 Óceántopográfia műholdas altimetria segítségével

A műholdas altimetria alapelveit szemlélteti a 3. ábra. A műhold mikrohullámú jelet bocsát



ki fedélzetéről, ami a víz felszínéről jól verődik vissza, és a visszavert jelet észleli. A jel terjedéséből a távolság könnyen meghatározható (Seeber, 1993). A GPS-műholdakra végzett folyamatos helymeghatározás lehetőséget ad a vízfelszínnek geometriájának kvázi folyamatos mérésére. A radar-altimetria legsikeresebb megvalósulása a TOPEX/Poseidon műhold (1992-től napjainkig), amely segítségével az óceánok dinamikus topográfiáját először lehetett globálisan meghatározni. A folyamatos mérések következtében az óceánfelszín geometriájának időről időre nyert pontos ismerete a globális óceáni változások feltérképezésének nagyon fontos mérföldkövét jelenti.

A TOPEX/Poseidon projekt számára további előrelépést jelentett a Jason-1 nevű műhold 2001-es fellövése. A műhold egy ideig a TOPEX/Poseidonhoz közel, azzal teljesen megegyező pályán keringett, és végzett altimetriai méréseket, amelyek alapján a műhold mérési képességeit a TOPEX/Poseidonhoz képest kalibrálták. Ezután a TOPEX/Poseidonnal „párhuzamos” pályára állították, ezzel a két műhold megduplázta a meghatározott topográfia felbontását, gyakorlatilag időegység alatt kétszer annyi területet térképeznek fel, mint amennyit a TOPEX/Poseidon egyedül képes. A radar-altimetria sikerének tudható be, hogy 2008-ra már tervezik a Jason-1 folytatását, az OSTM-et.

### 2.3 Jégtakarótopográfia észlelése

A jégtakaró észlelésének alapelve teljesen megegyezik az óceán felszínére végzett altimetriai mérésekével, csak szakmatörténetileg úgy alakult, hogy az altimetria kifejezés alatt csak az óceánok topográfiájának meghatározását értjük. A jégtakaró által visszavert mikrohullámú jel frekvenciája (nyilván) eltér valamelyest az óceáni altimetriához használt frekvenciától, de ez az alapelven nem változtat.

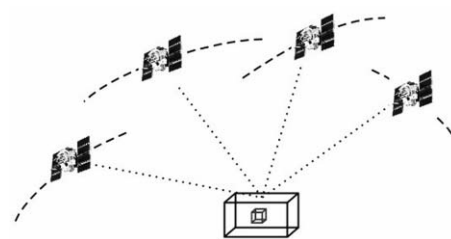
A jégtakaró észlelése már 1991-ben megindult az ERS-1 műhoddal (lásd 2.4 pont), mégis, pusztán jégtakaró meghatározására irányuló műhold nem működött egészen 2003-ig. Ekkor az IceSat kezdte meg tevékenységét, amelyet azóta nem követett folytatás, bár említést kell tennünk a Cryosat projektéről, amelynek fellövése során sajnálatos módon felrobbant a hordozórakéta, 2005-ben.

### 2.4 Kombinált altimetriai megoldások

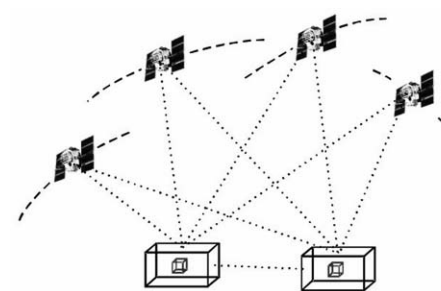
Az altimetria hajnalán, 1991-ben a jégtakaró és az óceán topográfiájának meghatározására egyaránt alkalmas ERS-1 műhold indult útnak, amely körülbelül 2000-ig nyújtott használható eredményeket (tervezett küldetése 1996-ig tartott). Ezt 1995-től az ERS-2 egészítette ki (majd váltotta fel a fő tevékenységét), amit 2002-ben az ENVISAT követett. A kombinált megoldások csökkentik a költség/hasznos teher arányt, ám ez az egyes részfeladatok optimális kivitelezése szempontjából engedményeket követel meg.

### 2.5 Gravimetriai műholdak

Látható, hogy az eddig ismertett megoldások mindegyike geometriai méretek, felszínnek topográfiájának leírását adja. A geometriai ismeretet a tömegeloszlásra vonatkozó ismeretekkel egészítik ki a gravimetriai műholdak (Flury et al., 2006; Földváry, 2004). A tömegeloszlás meghatározásának alapvét legegyszerűbben a 2000-től pályán lévő CHAMP



4. ábra • A CHAMP műhold észlelési módszerének elvi sémája

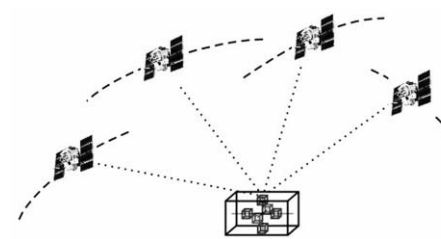


5. ábra • A GRACE műholdak észlelési módszerének elvi sémája

elnevezésű műhold kapcsán lehet megmutatni (4. ábra).

Mivel a szabadon eső műhold pályáját a nehézségi erőter alakítja ki, a műhold pályájának a folyamatos ismeretéből az azt kialakító erőterre, tehát a Föld nehézségi erőterére lehet következtetni. A műhold pályáját a GPS-műholdakra végzett mérések adják meg, az egyéb, nem gravitációs eredetű erőhatások mérésére pedig (például légköri fékezés) a műhold fedélzetén elhelyezett gyorsulásmérő szolgál.

Ugyanezen elvnek kicsit finomított megoldását az 5. ábrán szemlélhetjük a GRACE műholdak kapcsán. Két műhold kering közel azonos pályán, a CHAMP-hez hasonló elrendezésben. A két műhold között folyamatosan nagyon pontos távolságmérést vég-



6. ábra • A GOCE műhold észlelési módszerének elvi sémája

zünk. A távolság *változásából* a nehézségi erőter térbeli *változásaira* lehet következtetni.

A műholdas gradiometria megvalósulását a GOCE-műhold 2008 szeptemberére várható fellövése jelenti majd. A műholdas gradiometria elrendezését a 6. ábra mutatja. A műhold belsejében három pár gyorsulásmérőt helyeztek el egymásra merőleges tengelyek mentén; ez a műszer a gradiométer. Az alapelve a GRACE alapelvehez hasonló: egy-egy tengely mentén a gyorsulásmérők tömegeinek egymáshoz képesti elmozdulásából a nehézségi erőter változására következtethetünk az adott tengely irányában. A három egymásra merőleges tengely a nehézségi erő változásainak térbeli meghatározását teszi lehetővé. További különbséget jelent a GRACE-hez képest a mérési elrendezés méretaránya: a jóval kisebb méretek miatt a GOCE a nehézségi erőter változásának jóval kisebb frekvenciájú összetevőinek meghatározására hivatott.

### 3. A gravitációs tér éves és féléves változásai GRACE-mérések alapján

A fent említett három gravimetriai műhold közül ténylegesen az éghajlat, illetve az éghajlatváltozások meghatározására legnagyobb segítséget a GRACE nyújthatja (Földváry, 2007). A GRACE pályáját úgy alakították ki, hogy az éves és a féléves periódusú változásokra legyen érzékeny. Éves és féléves változásokat az atmoszféra, az óceáni tömegáramok (főleg féléves periódus), valamint a kontinentális hidrológiai folyamatok (főleg éves periódus) okoznak.

#### 3.1 A GRACE műholdpár ismertetése

A GRACE műholdak átlagban 485 km magasságban, közel poláris, és közel körpályán keringenek. A két műhold közötti mikrohullámú távolságmegváltozás mérésének pontossága 1  $\mu\text{m/s}$  alatt van. Ezzel a mérési elrende-

zessel lehetővé válik, hogy mintegy hónapnyi mérési adatból a globális nehézségi erőteret jó lefedettséggel, nagyon pontosan megismerjük. A havi felbontású modellek pedig a fél-éves, de főleg az éves periódusú változások értelmezését teszik lehetővé.

A Center for Space Research (a Texasi Egyetem űrkutatóintézete) munkatársai bő két év időtartamú nyers GRACE-mérést dolgoztak fel (Tapley et al., 2005). Eredményként húsz darab, közel harmincnapnyi adatból nyert globális nehézségi erőtermodellt kaptak. A 2. táblázatban a közel hónapnyi hosszúságú modellek egyszerűbb jellemzőit mutatjuk.

A GRACE-modellek az atmoszféra által keltett tömegvonzást nem tartalmazzák, azo-

kat egy globális atmoszféramodell alapján levonták. Erre a korrekcióra azért kerülhetett sor, mert a gyakorlatban az atmoszféra jobban ismert tömegáramokat kelt, mint az óceánok és a hidrológiai folyamatok. Így kontinentális területeken a GRACE-modellek éves változásai főleg a hidrológiával, míg az óceáni területek az óceáni tömegáramokkal mutatnak egyezést. A GRACE-mérések alapján meghatározott nehézségi erőter modelleket ebben a tanulmányban a műhold eddigi eredményeinek elemzésére és szemléltetésére használjuk a következő pontban.

### 3.2 A GRACE eredményeinek szemléltetése

3.2.1 A gömbfüggvény-együtthatók éves változásai • A felsőgeodézia számára közismert a

év	napok adott évben	napok száma	értelmezési nap (2002. 01. 01-től)
2002	104–138	34	121
2002	213–243	30	228
2002	244–273	29	258,5
2002	274–304	30	289
2002	305–334	29	319,5
2003	035–059	24	412
2003	060–090	30	440
2003	091–119	28	470
2003	114–140	26	492
2003	182–212	30	562
2003	213–243	30	593
2003	244–273	29	623,5
2003	274–304	30	654
2003	305–334	29	684,5
2003	335–365	30	715
2004	001–013	12	737
2004	035–060	25	777,5
2004	061–091	30	806
2004	092–120	28	836
2004	122–152	30	867

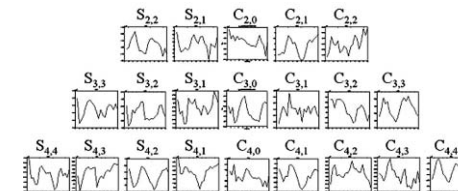
2. táblázat • A tanulmányban használt globális nehézségi erőter modellek jellemzői

nehézségi erőter gömbfüggvény soros leírása (Biró, 1985):

$$V = \frac{GM}{R} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{a}{R}\right)^n \sum_{m=0}^n (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda) P_n^m(\sin\Theta)$$

A gömbfüggvényt matematikailag a nehézségi erőter kétdimenziós Fourier-soros alakjának felel meg. Az összefüggés gyakorlatilag a Föld nehézségi erőterének potenciálfelületét közel gömb alakú felületként kezeli, és a gömbtől való eltéréseket kétdimenziós hullámok formájában írja le. A kétszeri szummázás az egyenletben a két dimenzió mentén a hullámhosszak szerinti integrálásnak felel meg. Egy-egy hullámhossz amplitúdóját a Fourier-együttható adja meg (ezeket az együtthatókat a geodéziai gyakorlatban gömbfüggvény-együtthatóknak nevezzük). Mivel a gömbfüggvény sor hullámhosszankénti (frekvencia szerinti) összetevői ortonormális bázist alkotnak, a komponensek egymástól független tényezőkként kezelhetők. Az összetevők függetlensége miatt a nehézségi erőter egy-egy tulajdonsága valamennyi komponensben, tehát valamennyi frekvencián egyenként nyilvánul meg. Így a teljes nehézségi erőter éves és féléves periódusú változásai is a nehézségi erőter minden frekvenciáján nyilvánulnak meg, a gömbfüggvény-együtthatók éves és féléves változásainak formájában.

A GRACE mérései alapján meghatározott nehézségi erőter modell együtthatóinak időbeni változásait jelenítjük meg a 7. ábrán. Megjegyzésként: a nagyobb indexek a kisebb hullámhosszaknak felelnek meg. A nagyobb hullámhosszakhoz rendszerint nagyobb amplitúdó is tartozik; mondhatjuk ezért, hogy a kisebb indexű együtthatók nagyobb fontosságúak a globális nehézségi erő-ter kialakításában.



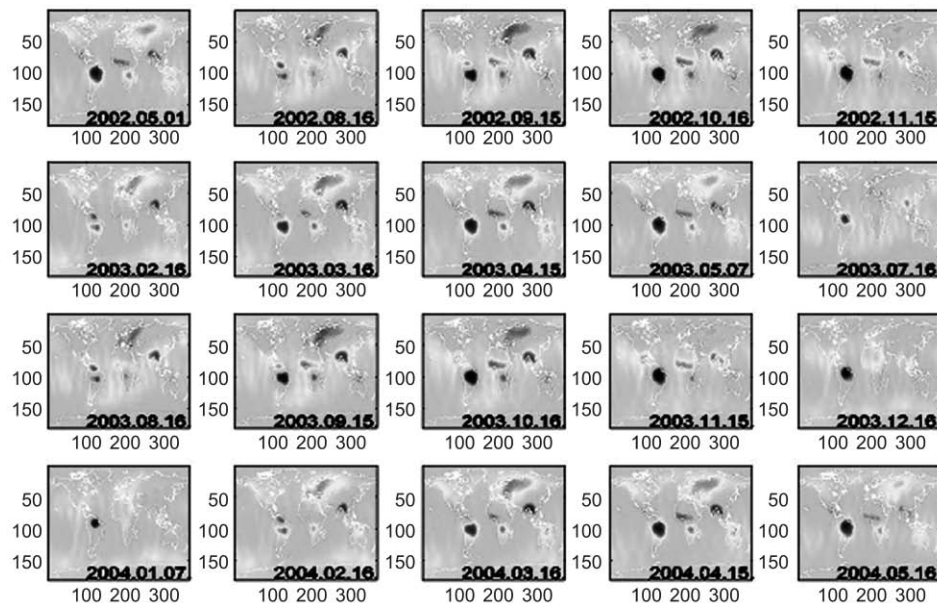
7. ábra • A GRACE-mérések alapján meghatározott gömbfüggvény-együtthatók időbeni változása

Az ábrákon látható görbék közel kétévi változást szemléltetnek. A földi rendszerben az éves változás amplitúdója nagyobb a fél-évesnél, így szemre az éves változást próbálhatjuk meg felfedezni. Ez egyes együtthatók esetén elég szépen észrevehető (például  $C_{3,0}$ ,  $S_{4,2}$  vagy  $C_{4,1}$ ), ami azt jelenti, hogy adott frekvencián a változásokban ténylegesen éves periódus a domináns. Más együtthatók, így például  $C_{2,0}$ , semmilyen periodikus változást nem mutatnak, ami vagy azt jelenti, hogy a periodikus változások nagyságrendje elhanyagolható az egyéb változásokhoz képest, vagy azt, hogy a mérés geometriai elrendezése nem volt megfelelő adott frekvencia változásainak feltérképezésére. A  $C_{2,0}$  tag éves változásainak hiánya komoly gyengéje a megoldásnak, hiszen ez az együttható az ábrákon feltüntetett együtthatók közül a legnagyobb amplitúdójú, ez az együttható adja meg a Föld szabályos gömbhöz képesti egyenlítői lapultságát.

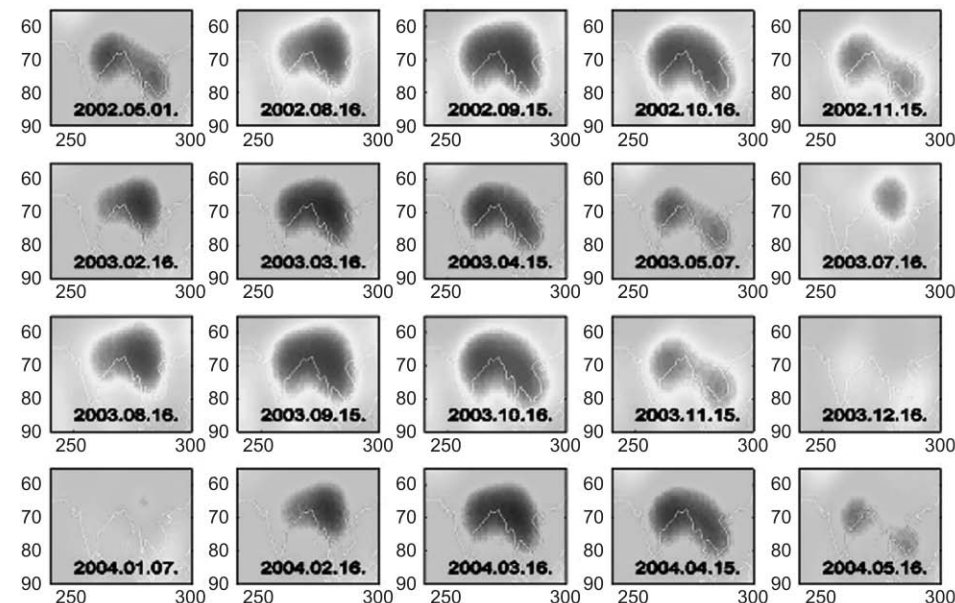
3.2.2 A geoid éves változásai • A nehézségi erőter szerkezetének geometriai szemléltetésére a közepes tengerszinteknek megfelelő szintfelületet szokás használni, ez az ún. geoid. A 8. ábrán a teljes Föld geoidváltozásait mutatjuk be. A geoidváltozásokhoz időpontként a közel hónapnyi időtartam közepét rendeltük hozzá, és tüntettük fel az ábrák alján.

A 8. ábrán az éves ciklus a legtöbb helyen kiválóan látszik, különösen a kontinentális

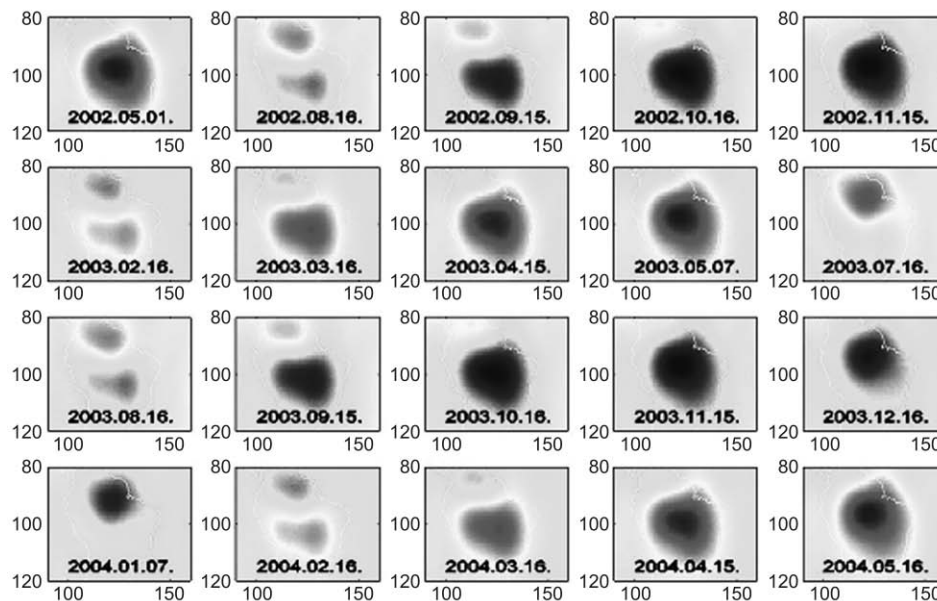




8. ábra • A GRACE-mérések alapján meghatározott geoid képek időbeni változása



10. ábra • A GRACE-mérések alapján meghatározott geoid képek időbeni változása Indokína területén



9. ábra • A GRACE-mérések alapján meghatározott geoid képek időbeni változása az Amazonas vízgyűjtője környékén

területeken, ami a hidrológiai folyamatok nagy egyéves periódusával jó összhangban van. Egyes területek jól ismert tömegátrendeződésekhez kapcsolhatók, így például jól látható az Amazonas vízgyűjtő medencéjének éves periódusú változása. Ezt a területet külön kiemelve mutatjuk a 9. ábrán. Szintén jellegzetes éves periódus látható az egykori Indokína területén, a Himalája vízválasztótól a Bengáli-öbölbe torkolló folyamok (Gangesz, Brahmaputra, Irrawady stb.) vízgyűjtő területein. Ezt a 10. ábrán mutatjuk be.

### 3.3 A GRACE-projekt várható eredményei és folytatása

A GRACE aktív korszaka első két évének eredményeiben éves változásokat kerestünk vizuálisan. Bizonyos frekvenciákon, illetve bizonyos területeken az éves periódus szépen kivehetőnek bizonyult. A gyakorlatban a két-évi adatsorból nyert éves periódus csak köze-

lítő becslésnek fogadható el, és egyelőre mindössze az elképzelés hitelesítésére alkalmas. Hidrológiai és oceanográfiai alkalmazások számára hosszabb adatsorra van szükség, amelyek gyűjtése 2008-ig folyamatosan tart.

Az öt éves adatsor előreláthatólag lehetőséget ad majd az éves és féléves változások értékének jó becslésére, és az ismert éghajlatalkító hasonló periódusú jelenségek elemzésére, a kapcsolódó oceanográfiai és hidrológiai modellek pontosítására. A jelenlegi adatmennyiséggel azonban ez nem lehetséges.

Távolabbi cél a hosszabb periódusú és szekuláris éghajlatváltozások elemzése. Ezekre nagyon közelítő feltételezéseket az öt évi adatsor alapján tehetünk majd, mégsem várhatunk mérvadó eredményeket. Erre az adatsor még hosszabb ismerete szükséges. A GRACE műholdak az alacsony pályájuk miatt az öt éves várható időtartamot lényege-



sen nem tudják megnyújtani, így a folytonos adatsor biztosítása érdekében egy következő, hasonló elrendezésű projektre lenne szükség. Egy időben sok szó esett a GRACE-projekt folytatásáról az EX-5 elnevezésű projekt keretében (Watkins et al., 2000). Előzetesen 2007-es fellövést terveztek, amely megadta volna a szükséges átfedést a két projekt között, azonban a projekt indítását egyelőre elhalasztották. A GRACE jelenleg az ötéves időtar-

tamán túl is hatékonyan folytatja a tevékenységét, azonban az adatsor hosszú távú folytatására ez nem jelent megoldást.

A tanulmány a Bolyai-ösztöndíj támogatásával készült.

Kulcsszavak: *klímaváltozás, földi tömegátrendeződések, időben változó nehézségi erőter, úgyravimétria, GRACE*

#### IRODALOM

- Ádám József – Bányai L. – Borza T. – Busics Gy. – Kenyeres A. – Krauter A. – Takács B. (szerk.), (2004): *Műholdas helymeghatározás*. (egyetemi tankönyv) Műgyetemi, Budapest
- Ádám József (2007): Globális Geodéziai Megfigyelőrendszer. Magyar Tudomány, 5, 563–576.
- Biró Péter (1985): *Felsőgeodézia*. (egyetemi jegyzet) Tankönyvkiadó, Budapest
- Flury, Jakob – Rummel, R. – Reigber, Ch. – Rothacher, M. – Boedecker, G. – Schreiber, U. (eds.) (2006): *Observation of the Earth System from Space*. Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg
- Földváry Lóránt (2004): A 2000-es évek első évtizede: A gravimetriai műholdak korszaka. Magyar Geofizika, 45, 4, 118–124.
- Földváry Lóránt (2007): Az évszakai nehézségi erőter változások GRACE műholdas meghatározásának pontossági kérdései, Geodézia és Kartográfia, 59, 8–9, 40–46.
- Ilk, Karl-Heinz – Flury, J. – Rummel, R. – Schwintyer,

- P. – Bosch, W. – Haas, C. – Schröter, J. – Stammer, D. – Zahel, W. – Miller, H. – Dietrich, R. – Huybrechts, P. – Schmeling, H. – Wolf, D. – Götze, H. J. – Riegger, J. – Bardossy, A. – Güntner, A. – Gruber, Th. (2005): *Moass Transport and Mass Distribution in the Earth System*. GOCE Projektbüro Deutschland, Technische Universität München–GeoForschungsZentrum, Potsdam
- Seeber, Günter (1993): *Satellite Geodesy*. Walter de Gruyter, Berlin, New York, p. 532
- Tapley, Byron – Ries, J. – Bettadpur, S. – Chambers, D. – Cheng, M. – Condi, F. – Gunter, B. – Kang, Z. – Nagel, P. – Pastor, R. – Pekker, T. – Poole, S. – Wang, F. (2005): GGM02 – An improved Earth Gravity Field Model from GRACE. Journal of Geodesy. DOI 10.1007/s00190-005-0480-z
- Watkins, Michael M. – Folkner, W. M. – Chao, B. F. – Tapley, B. D. (2000): *The NASA EX-5 Mission: A Laser Interferometer Follow-on to GRACE*. Technical Program and Abstracts of IAG International Symposium GGG2000, Banff, Alberta, Canada

## TÁJDEGRADÁCIÓ ÉS ELSIVATAGOSODÁS

Kertész Ádám

az MTA doktora, tudományos osztályvezető  
MTA Földrajztudományi Kutató Intézet  
kertesza@helka.iif.hu

#### Bevezetés

A természetföldrajz egyik legkorszerűbb ága, a tájtan, illetve az ennél specifikusabb értelmezésű tájökológia viszonylag újkeletű diszciplínának – kialakulásuk a XX. század derekára tehető (vö.: Troll, 1939, 1968; Bulla, 1962; Haase, 1964; Leser, 1976). A tájtan és a tájökológia művelői kezdetben a fogalmak tisztázására, a tudományág felépítésére koncentráltak, később a tájbeosztás, tájökológia elméletével és gyakorlatával, a tájháztartással, a tájak „működésével” foglalkoztak (lásd például Csorba, 1999).

A tájak pusztulásának, leromlásának konstatálása és vizsgálata korábban csupán az egyik tájalkotó tényező, a talaj szempontjából merült fel, hiszen a talaj leromlása, degradációja fontos gyakorlati kérdés, amellyel a talajtan művelői régóta foglalkoznak (Magyarországon a szikesedés vizsgálata például több mint százéves múltra tekint vissza). A talajdegradáció azonban egyben tájdegradációt is jelent, hiszen egy tájalkotó tényező megváltozása, esetleg csak igen lassú változása, a többi tájalkotó tényezőre is hat, és így a táj egészének megváltozásához vezet.

Az angol irodalom a *soil degradation* és a *land degradation* fogalmait egyaránt használ-

ja, többnyire szinonim értelemben. Véleményem szerint a két fogalom között lényeges különbség van: a talajdegradáció talajtani fogalom, a talaj romlását jelenti, a *land degradation* pedig földrajzi, tájtani fogalom, amely a táj egészének leromlására, degradációjára utal, ezért azt magyarul tájdegradációnak nevezem.

#### A talajdegradáció folyamatai

A talajdegradáció folyamatait a nemzetközi irodalomban a különböző szerzők gyakran eltérő módon csoportosítják. Példaként itt egy nem tudományos, hanem gyakorlati, politikai jellegű forrás felosztását idézem (EEA Environmental Assessment Report, 2003).

(1) Talaj betapasztás (*soil sealing*). Nem véletlenül szerepel első helyen a beépítés (utak, épületek stb.) következtében beálló jelenség, hogy a talaj gyakorlatilag megszűnik működni, nem érintkezik az atmoszférával, nincs rajta vegetáció stb. Így a betapasztott felszínen a víz szűretlenül, megnövekedett sebességgel és mennyiségben folyik le – hogy csak a legtriviálisabb következményekre utaljunk. Kiemelkedő Belgium, Hollandia és Dánia 16–20 % közötti beépített (betapasztott) talajfelszínnel. Fokozatos növekedés mellett az EU-átlag 2000-ben 8–9 % között volt.

(2) Talajerózió (1. kép). Európában főként a víz általi talajerózió jelentős, de a szél-erózió kártétele is igen fontos. Gondoljunk arra, hogy az USA talajvédelmi szolgálatának megalapítására éppen az 1920-as évek homokvihari miatt került sor.

(3) Talajszennyeződés. Megkülönböztünk diffúz és helyi forrásokból származó kontaminációt. Az előbbihez tartozik a légköri kiülepedés, a folyóvízből vagy erodált talajból származó szennyeződés, amelyek acidifikációt (elsavanyosodást), eutrofizációt és más súlyos károkat okoznak, továbbá a vegyszerek direkt alkalmazása (műtrágyák, peszticidek, szennyvíziszap), amelyek nehézfémeket is tartalmazhatnak. A helyi szennyező források sokfélék, és általában valamilyen ipari tevékenységhez kapcsolódnak.

(4) Szikesedés. A talaj felszínéhez közeli sófelhalmozódás Európa jelentős területeit, köztük hazánkat is érinti. A tengerparti, illetve a szárazföld belső területein ható szikesedés, illetve az öntözés következtében bekövetkező másodlagos szikesedés a mediterrán országokat, Magyarországot és a FÁK országait érinti elsősorban (2. kép).

(5) Talajtömörödés. Főleg a talajművelő gépek tömörítő hatásának következménye. Különösen káros és nehezen orvosolható az altalaj tömörödése.

Az első alapos, a világ egészére vonatkozó talajdegradációs felmérés a GLASOD (Global Assessment of SOil Degradation [Oldeman et al., 1991]), amely egységes szempontok szerint becsülte meg Földünk degradált területeit. A felmérés kiterjed

- a talajdegradáció különböző formáinak a víz, illetve szél általi talajerózió; kémiai vagy fizikai talajdegradáció elterjedése.

- a degradáció mértékére (gyenge, mérsékelt, erős, extrém)



1. kép • Árkos erózió, Dél-afrikai Köztársaság, Bergville környéke (Fotó: Kertész Ádám)

- a degradáció okaira (erdőirtás, túllegeltetés, helytelen gazdálkodás, túlhasználat, környezetszennyezés)

Roel Oldeman és munkatársai (1991) adatai szerint a szárazföld területének 3,7 %-át sújtja fizikai és kémiai degradáció, 12 %-át pedig víz- és szél általi talajerózió (lásd 1. és 2. táblázat). Különösen magas a fizikai és kémiai degradáció aránya Európában és Közép-Amerikában, sőt a talajerózió sújtotta területek is itt a legnagyobb részarányúak. Mindez arra hívja fel a figyelmet, hogy Európában a talajdegradáció – a közhiedelemmel ellentétben – igen nagy probléma.



2. kép • Szikes folt, Kiskunság, Fülöpháza

	Kémiai degradáció sújtotta terület		Fizikai degradáció sújtotta terület		Összes degradált terület (az összes terület %-a)
	tápanyag-vesztés	szikesedés	tömörödés és kérgesedés	vízborította terület	
Afrika	45	15	18	1	81
Ázsia	15	53	10	4	86
Dél-Amerika	68	2	4	4	78
Közép-Amerika	4	2	+	5	12
Észak-Amerika	-	+	1	-	1
Európa	3	4	33	1	62
Ausztrália	+	1	2	-	3
Világ	136	77	68	11	323

1. táblázat • Kémiai és fizikai talajdegradáció által sújtott területek kontinensenként (Oldeman et al., 1991)  
A „+” jel azt jelenti, hogy „elhanyagolható”, a „-” jel a vonatkozó adatok hiányára utal.

A talajdegradáció hazai vizsgálatát tudománytörténetileg megelőzte, az ahhoz vezető utat megalapozta a talajok termékenységét gátló tényezők feltárása Magyarországon. Szabolcs István – Várallyay György (1980) nyolc tényezőt sorol fel, elemez és ábrázol 1:500 000 léptékben:

1. Szélsőségesen könnyű mechanikai összetétel
2. Savanyú kémhatás
3. Szikesedés
4. Szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben
5. Szélsőségesen nehéz mechanikai összetétel
6. Láposodás, mocsarasodás
7. Erózió
8. Felszínközeli tömör kőzet

A magyarországi talajdegradációs folyamatokat Várallyay György (1989) foglalja össze először. Ezek közé a víz-erózió, a szél-erózió, az extrém talajreakció (acidifikáció, illetve szikesedés) és a fizikai degradáció (tömörödés, talajszerkezet romlása, kérgesedés) folyamatokat sorolja. Ez utóbbival később külön is foglalkozik (Várallyay – Leszták 1990), és egy érzékenységi skálát is felállít.

#### A tájdegradáció fogalma

A fogalom meghatározása, a különböző definíciók elemzése előtt szeretném leszögezni, hogy a tájdegradáció és a később tárgyalandó elsivatagosodás igazi, komplex földrajzi probléma, amelyet bár természetföldrajzi szempontból fogunk bemutatni, mégis hangsúlyoznunk kell, hogy az természet- és társadalomföldrajzi okokra egyaránt visszavezethető, illetve folyamatai

mindkét diszciplína szempontjából vizsgálándók. Azt is mondhatjuk, hogy napjainkban a – hasonlóképpen komplex természetű – földhasználat-változás mellett a földrajztudomány korszerű irányzatai között a legfontosabbak közé tartozik. Ennek ellenére nagyon kevesen foglalkoznak vele (lásd például Kertész, 1999, 2000, 2001; Bádonyi, 2001).

Megemlítjük, hogy Kerényi Attila (1995) a tájrömbölést és tájkép-römbölést mint a bányászathoz és fémfeldolgozáshoz kapcsolódó környezeti károkat említi.

A tájdegradáció kifejezés egyébként a német irodalomban is használatos (*Landschaftsdegradation*, lásd például Mensching – Seuffert, 2001).

Lássunk a tájdegradáció (*land degradation*) definíciói közül néhányat. A UNEP (1992) meghatározása szerint „a tájdegradáció az erőforráspotenciál csökkenése a tájban ható egy vagy több folyamat kombinációja által”. Douglas L. Johnson és Lawrence A. Lewis (1995) szerint a tájdegradáció egy terület biológiai produktívjának vagy hasznosságának, illetve alkalmasint mind a kettőnek a csökkenése az emberi beavatkozás következményeként. A tájdegradáció folyamatai *természetes* eredetűek is lehetnek, az emberi eredetű – *antropogén* – folyamatok jelentősége azonban sokkal nagyobb.

Piers M. Blaikie és Harold Brookfield (1987) megfogalmazása szerint a táj akkor degradálódik, amikor elveszíti belső minőségét, adottságai romlanak.

	Víz által erodált terület			Szél által erodált terület			összesen
	enyhén	közepesen	erősen	enyhén	közepesen	erősen	
Afrika	58	67	102	88	89	9	186
Ázsia	124	242	73	132	75	15	222
Dél-Amerika	46	65	12	26	16		42
Közép-Amerika	1	22	23	246	4	1	251
Észak-Amerika	14	46		3	31	1	35
Európa	21	81	12	3	38	1	42
Óceánia	79	3	222	16		27	46
Világ	343	526	223	269	254	26	548

	Összes erodált terület	Összes erősen erodált terület	Összes terület (összter %)
Afrika	413	267	16
Ázsia	663	405	15
Dél-Amerika	165	93	6
Közép-Amerika	51	50	25
Észak-Amerika	95	78	7
Európa	156	132	17
Óceánia	99	3	3
Világ	1642	1029	12

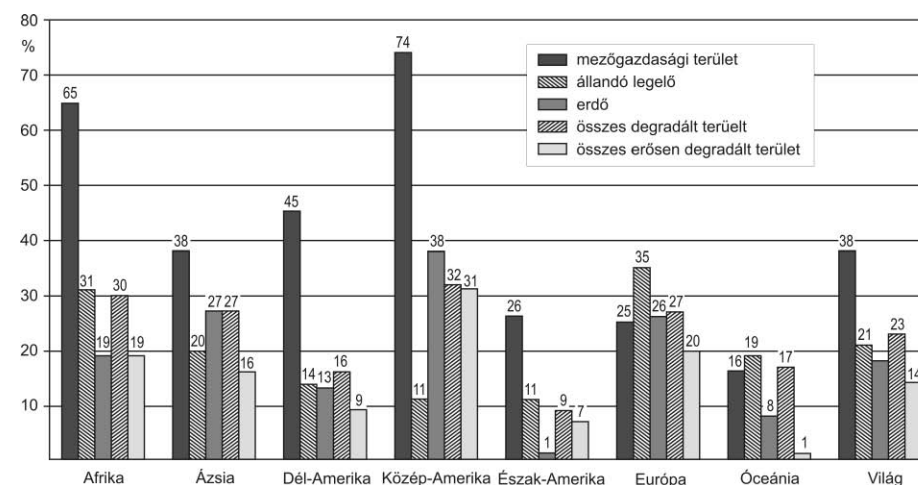
2. táblázat • A talajerózió által sújtott területek (10<sup>6</sup> ha) a Földön, kontinensenként (Oldeman et al., 1991)

Az idézett definíciókban közös, hogy egyrészt a terület használatának lehetősége (tájpotenciálja) csökken vagy teljesen megszűnik, másrészt a leromlás nemcsak és nem elsősorban természeti folyamatokhoz kötődik, hanem igen fontos az emberi tevékenység szerepe. Egyfelől létezik tehát természetes eredetű degradáció és természetes regenerálódás, másfelől antropogén eredetű leromlás (degradáció) és „antropogén”, megtervezett tájhelyreállítás (rehabilitáció). Az antropogén hatást az angol irodalom gyakran a *mismanagement* (félremenedzselés, rossz, elrontott gazdálkodás) kifejezéssel írja le. A mismanagement mint degradációt kiváltó ok elsősorban az erdőirtás, túllegettetés, helytelen használat, túlhasználás és környezetszennyezés folyamatát foglalja magába.

Horst G. Mensching és Otmar Seuffert (2001) szerint az a legfontosabb, hogy a földhasználat következtében ne keletkezzenek irreverzibilis károk a tájban. Ez tulajdonképpen a fenntartható fejlődés elvének alkalmazása, vagyis bármilyen tájhasználat, földhasz-

nálat során ügyelni kell, hogy a táj regenerációs képessége és potenciálja megmaradjon.

Amint arra már korábban is utaltunk, a tájdegradációt és a talajdegradációt sokan szinonim értelemben használják (lásd például Imeson – Emmer, 1992); akik szerint a tájdegradáció csak a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak környezeti változások következtében előálló leromlása). A szinonim értelmezésből az is következik, hogy a tájdegradáció legfontosabb folyamatai a talajdegradációs folyamatokkal megegyeznek, vagyis a kémiai és fizikai degradáció különböző folyamatai sorolhatók ide. Fontos azonban, hogy ezeket a folyamatokat tájdegradációs vagy talajdegradációs folyamatként értelmezzük. Christopher John Barrow (1991) könyvében a tájdegradációt igen széles fogalomként tárgyalja. A globális szennyeződési folyamatok (üvegházhatás, ózonréteg elvékonyodása, savas ülepedés), a trópusi és szubtrópusi erdőségek, cserjések degradálódása, a nedves élőhelyek, tundrák, felföldek, szigetek, a száraz területek degradációja, az erozív és nem



1. ábra • A talajdegradáció mértéke kontinensenként és földhasznosítás szerint (FAO, 1990; Oldeman et al., 1991; Scherr, 1999 nyomán)





3. kép • Badland-formáció, Dél-afrikai Köztársaság, Alliwil North (Fotó: Jakob Gergely)

erozív talajdegradációs folyamatok, az ipar és a városiasodás következtében keletkező degradációs folyamatok, a növényi és állati szerkezetek „inváziója” miatt előálló degradáció folyamatait sorolja ide. Látjuk tehát, hogy Barrow felfogásában a talajdegradáció a tájdegradációs folyamatoknak csupán egy csoportját képezi. Kiemelendő továbbá Barrow földrajzi szemlélete, amely valamennyi klímaöveget értékeli.

Ha most ismét visszatérünk a talaj- és tájdegradáció szinonim értelmezésére, úgy a Föld mezőgazdasági területének 38 %-a tekinthető degradáltnak (lásd 1. ábra). Az érintett területek túlnyomó többsége a harmadik világban található (Afrika 65 %, Közép-Amerika 74 %, Dél-Amerika 45 %). A degradáció által érintett legelő- és erdőterületek részaránya lényegesen kisebb (21 %, illetve 18 %).

Ha a használt földterületet tekintjük (mezőgazdasági terület, állandó legelő, lásd 3. táblázat), akkor a degradált terület aránya 23 %, az erősen degradálté pedig 14 %.

Kiemelkedő a degradált terület aránya Közép-Amerikában, Afrikában, Ázsiában és Európában. Érdekes és figyelemreméltó tény Európa veszélyeztetettsége, a harmadik világban pedig Közép-Amerika és Afrika kritikus helyzete (3. kép).

	Mezőgazd. terület		Állandó legelő		Erdő		Össz. mg., legelő+erdő	degradált	erősen degradált	%
	össz.	degr.	össz.	degr.	össz.	degr.				
Afrika	187	121	793	243	130	130	1663	494	321	19
Ázsia	536	206	978	197	344	344	2787	747	453	16
Dél-Amerika	142	64	478	68	112	112	1516	244	139	9
Közép-Am.	38	28	94	10	25	25	198	63	61	31
Észak-Am.	236	63	274	29	4	4	1131	96	79	7
Európa	287	72	156	54	92	92	796	218	158	20
Óceánia	49	8	439	4	12	12	644	104	6	1
Világ	1475	562	3212	685	719	719	8735	1966	1216	14

3. táblázat • A talajdegradáció mértéke kontinensenként és földhasznosítás szerint (FAO, 1990; Oldeman et al., 1991; Scherr, 1999 nyomán)

Különösen elgondolkodtató az a körülmény, hogy a mezőgazdasági terület növelése is már csak a rossz adottságú, degradált vagy degradációra hajlamos térségeken képzelhető el, illetve erdőirtás révén nyerhetünk újabb területeket. Így tehát a talajdegradáció veszélye nőni fog a Földön.

#### Az elsivatagosodás

A megnevezés nem a sivatagok képződésére utal, hanem inkább arra, hogy egy terület sivatárrá, értéktelenné, elhagyottá, nem vagy alig hasznosíthatóvá válik (4. kép). Ily módon nem nagyon szerencsés elnevezés, amely ugyanakkor arra kívánja felhívni a figyelmet, hogy a Föld szárazabb régióiban (lásd alább) igen nagy veszéllyel jár a tájdegradáció, szélsőséges változásokról, igen problematikus folyamatokról van szó. A United Nations Intergovernmental Convention to Combat Desertification (Az Egyesült Nemzetek Elsivatagosodás Leküzdésével Foglalkozó Kormányközi Bizottsága) definíciója szerint (UNCOD, 1977) „az elsivatagosodás az arid, szemiarid és szubhumid területek különböző tényezők hatására bekövetkező tájdegradációs folyamatait foglalja össze, beleértve a klímaváltozás és az emberi tevékenység hatásait is”.

Az arid, szemiarid és szubhumid térségek definíciója a FAO/UNESCO bioklimatikus indexen alapul, amely nem más, mint a csapadék és a potenciális evapotranspiráció aránya (P/ETP). Eszerint:

*arid övezet:*  $0,03 < P/ETP < 0,20$

*szemiarid övezet:*  $0,20 < P/ETP < 0,50$

*szubhumid övezet:*  $0,50 < P/ETP < 0,75$

A Föld legszárazabb részei, a hyperarid területek értelemszerűen nem tartoznak ide, hiszen azok már sivatagok. Az elsivatagosodás által érintett terület Földünk 40 %-a, ahol a népesség egyötöde él!



4. kép • Badland-formáció Délkelet-Spanyolországban (Los Barrancos de Gebas, Murcia; Fotó: Bádonyi Krisztina)

Az elsivatagosodás folyamatai hazánkat is érintik, ezért az egyezményt Magyarország is aláírta. Érdekes megemlíteni, hogy Izland is érintett térség (5. kép), olyannyira, hogy széleskörű kutatás folyik e témában (lásd például Arnalds, 1997; Arnalds – Kimble, 2001).

Találkozunk olyan állásponttal is, amely az elsivatagosodás folyamatát a UNCOD definíciójától kissé eltérő módon értelmezni, nagyobb súlyt fektetve a sivatagosodásra, a sivatagok képződésére. Menshing és Seuffert (2001) véleménye szerint csak akkor beszélhetünk elsivatagosodásról, ha a szóban forgó táj geoökológiai jellemzői a sivatagra jellem-



5. kép • Sivatszerű táj, Izland (Fotó: Madarász Balázs)

ző értékeket elérték, vagy bizonyos időn belül el fogják érni. Akik ezt a nézetet vallják, azoknak annyiban feltétlenül igazuk van, hogy az elnevezés onnan ered, hogy a sivatagok peremterületei elsivatagosodásra különösen érzékenyek. Itt elsősorban a Szahara peremén elhelyezkedő Száhel övezetről van szó.

Az elnevezés körül tehát folyamatos disputa folyik (lásd Bádonyi, 2001). Annyi azonban bizonyos, hogy Földünk száraz jellegű, vízhiányos területeinek súlyos degradációs problémáiról, területek további aridifikációjáról van szó.

Ha mármint Földünk száraz területeire koncentrálnak, akkor az elsivatagosodás fő okát a természetes növényzet ember általi kiirtásában kell látnunk. Ez nem csupán az erdőre vonatkozik, hanem a bozót-cserje, gyom és fű vegetációra is. A növénytakaró kiirtása, megszűnése tulajdonképpen a talajközeli légréteg klímájának megváltozását, aridifikációt eredményez. Ennek következtében megkeményedik, kérgesedik a talajfelszín, ezáltal csökken a beszivárgás.

A kérgesedés és növényzetmentesség nemcsak a vízerózió romboló hatását fokozza, de a szélerózióét is. Ettől a talaj felső, humuszos és tápanyagban gazdag rétegei eltávoznak, és így a természetes növényzet visszatelepülésének lehetősége, valamint a mezőgazdasági használat lehetősége (a táj potenciálja) csökken, illetve lehetetlenné válik. A növényzet regenerálódásának lehetősége egyébként annál kisebb az arid jellegű térségekben, minél változékonyabb a klíma, különös tekintettel a szélsőséges eseményekre, ezen belül is a nedvességviszonyok szélsőséges változására (hosszú aszályos periódusok, katasztrofális méretű záporok).

Az elsivatagosodás tehát elsősorban az éghajlati viszonyokkal, a növényzet kiirtásával

és az ennek következtében létrejövő talajerózióval függ össze. Ugyanakkor természetesen a többi természetföldrajzi tényező módosító szerepe is fontos. A domborzat, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai, a felszínközeli (talajképző) kőzet mind szerepet játszanak abban, hogy milyen gyors és milyen mértékű lesz az elsivatagosodás.

Az elsivatagosodás mértéke a kiindulási nedvességállapottól és az emberi beavatkozásoktól – itt most elsősorban a pozitív beavatkozásokra gondolunk – is függ. A folyamat eredménye és lefolyása nem szorul magyarázatra: a kiindulási állapotból – szubhumid, szemiarid vagy arid viszonyokról lehet szó – az egyes fokozatok végigjárásával – tehát ha pl. szubhumid volt a terület, akkor előbb szemiarid, majd arid lesz –, a fokozódó szárazodás (aridifikáció) következtében a terület végül is hyperariddá válik. A vegetáció szempontjából nézve tehát a pusztából savanna, tüskés savanna, félsivatag és végül sivatag lesz.

#### *Összefoglalás, következtetések*

A tájdegradáció korunk igen széles körben, nagy területeken elterjedt negatív folyamat-együttese, amely a földrajztudomány módszereivel vizsgálható a legeredményesebben, és így tudományunknak fontos, új feladatot ad. Itt főként a jelenség komplex voltára gondolunk, a táj degradációjában ugyanis minden természetföldrajzi tényező szerephez jut.

A jelenségre először a talajtan tudománya figyelte fel, hiszen a degradálódott térségek mezőgazdasági hasznosítási lehetőségei a minimálisra csökkennek vagy megszűnnek a talaj degradálódása miatt. Ez egyébként önmagában is szembeszökő – gondoljunk például egy elszikesedett területre. Ha a degradálódott terület nem volt hasznosítva, úgy a növényzet degradációja is feltűnő lehet.

A tájdegradáció folyamatai hazánkban is jelen vannak, így a magyar földrajztudomány előtt is ott az új kihívás.

A szubhumid, szemiarid és arid éghajlatú területek degradációs folyamatait elsivatagosodásnak nevezzük – így hívjuk fel a figyelmet e területek különös veszélyeztetettségére. Földünk legszegényebb, élelmezési problémákkal küzdő régiói tartoznak ide, a földfelszín közel 40 %-a. Vita van arról, hogy a definíciót – a P/ETP index határértékei alapján – szó szerint kell e értelmezni, és akkor az elsivatagosodás nem a sivatagok képződését, ill. ennek lehetőségét jelenti, vagy pedig szorítkozunk azokra a térségekre, ahol valóban a sivatagok képződése lesz vagy lehet a folyamat eredménye. Magyarország is aláírta az egyezményt, mivel a fokozódó szárazság nálunk is komoly

veszélyt jelent – elsősorban a Duna–Tisza közti hátságon. Vannak tehát nálunk is területek, amelyek a definíció követelményeit ki-elégítik. Így az elsivatagosodás kutatása is kihívást jelent tudományunknak. A kérdés természetföldrajzi vizsgálata tekintetében arra kellene koncentrálnunk, hogy a degradációs folyamatok egyéb, nemcsak a talajt érintő vonatkozásait részletesen feltárjuk, ill. hogy a kérdés komplex, tájtani, tájökölógiai szintézisét megadjuk. Mindezek alapján konkrét, gyakorlati javaslatokat kell megfogalmazni arról, hogy hogyan lehet a táj degradációját megállítani, illetve a folyamatot pozitív irányba, a rehabilitáció irányába fordítani.

*Kulcsszavak: talajdegradáció, tájdegradáció, elsivatagosodás, talajerózió*

#### **IRODALOM**

- Arnalds, Ólafur (1997): Desertification in Iceland. Desertification Control Bulletin. 32, 22–24.
- Arnalds, Ólafur – Kimble, John (2001): Andisols of Deserts in Iceland. Soil Science Society of America Journal. 65, 1778–1786.
- Barrow, Christopher John (1991): *Land Degradation: Development and Breakdown of Terrestrial Environments*. Cambridge University Press
- Bádonyi Krisztina (2001): A tájdegradáció napjainkban. Földrajzi Értesítő. L, 1–4, 321–334.
- Blaikie, Piers M. – Brookfield, Harold (1987): *Land Degradation and Society*. London: Methuen.
- In: Barrow, Christopher John (1991): *Land Degradation: Development and Breakdown of Terrestrial Environments*. Cambridge University Press
- Bulla Béla (1962): Magyarország természeti tájai. Földrajzi Közlemények. 10, 1–16.
- Csorba Péter (1999): *Tájökölógia*. Kossuth Egyetemi, Debrecen
- EEA Environmental Assessment Report (2003): *Europe's Environment: The Third Assessment*. European Environmental Agency (EEA), Copenhagen
- FAO (1990): *FAO Production Yearbook*. FAO, Rome
- Haase, G. (1964): Landschaftsökologische Detailuntersuchung und naturräumliche Gliederung. Petermanns Geographische Mitteilungen. 108, 8–30.

- Imeson, Anton C. – Emmer, Igino (1992): Implications of Climatic Change for Land Degradation in the Mediterranean. In: Boer, M. M. (1999): *Assessment of Dryland Degradation – Linking Theory and Practice through Site Water Balance Modelling*. Knag/Faculteit Ruimtelijke, Wetenschappen Universiteit, Utrecht
- Johnson, Douglas L. – Lewis, Lawrence A. (1995): *Land Degradation: Creation and Destruction*. Oxford
- Kerényi Attila (1995): *Általános környezetvédelem: globális gondok, lehetséges megoldások*. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged
- Kertész Ádám (1999): *Land Degradation, Soil Conservation and Large-Scale Farming – Soil Conservation in Large-Scale Land Use*. ESSC, Proceedings, International Conference, May 12–15, Bratislava, Slovak Republik. 17–23.
- Kertész Ádám (2000): Land Degradation as a Consequence of Aridification on the Northern Border of the Mediterranean. In: Balabanis, Panagiotis – Peter, D. – Ghazi, A. – Tsogas, M. (eds.): *Mediterranean Desertification: Research Results and Policy Implications*. Proceedings of the International Conference, Crete, Greece, 1996. Luxemburg 129–139.
- Kertész Ádám (2001): Land Degradation in Hungary. – In: Bridges, E. Michael – Hannam, I. D. – Oldeman, L. R. – Penning de Vries, F. W. T. – Schert, S. J. – Sombatpanit, S. (eds.): *Response to Land*



- Degradation*. Oxford–IBH Publishing Co., New Delhi–Calcutta, 140–148.
- Leser, Hartmut (1976): *Landschaftsökologie*. Ulmer, Stuttgart
- Mensching, Horst G. – Seuffert, Otmar (2001): (Landschafts-)Degradation – Desertifikation: Erscheinungsformen, Entwicklung und Bekämpfung eines globalen Umweltsyndroms. Zeitschrift für Geo- und Umweltwissenschaften. Petermanns Geographische Mitteilungen. Justus Perthes Verlag Gotha GmbH., 6–15.
- Oldeman, L. Roel – Hakkeling, R. T. A. – Sombroek, W. G. (1991): *World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation: An Explanatory Note*. International Soil Reference and Information Centre and United Nations Environment Programme. Wageningen, The Netherlands – Nairobi, Kenya
- Scherr, Sara J. (1999): *Soil Degradation. A Threat to Developing-Country Food Security by 2020?* International Food Policy Research Institute, Washington
- Szabolcs István – Várallyay György (1980): A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. Földrajzi Közlemények. 28, 4, 345–356.
- Troll, Carl (1939): Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. Zeitschrift der Gesellschaft für Erkunde zu Berlin. 718, 297.
- Troll, Carl (1968): Landschaftsökologie. In: *Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie*. Den Haag, 1–21.
- UNCOD (1977): *Proceedings of the Desertification Conference*. UNEP, Nairobi – Pergamon Press, New York
- UNEP (1992): *World Atlas of Desertification*. UNEP, Nairobi – Edward Arnold, London, 69 plates.
- Várallyay György – Leszták M. (1990): Susceptibility of Soils to Physical Degradation in Hungary. Soil Technology. 3, 289–298.
- Várallyay György (1989): Soil Degradation Processes and Their Control in Hungary. Land Degradation and Rehabilitation. 1, 171–188.



# Tanulmány

## A TÉRKÉPÉSZET TUDOMÁNYA

Klinghammer István

az MTA levelező tagja, egyetemi tanár  
ELTE  
klinghammer@ludens.elte.hu

A tudományos ismeretek rendszere egy adott társadalom kultúrájába ágyazva keletkezik és hat; a lehető legszorosabban összefüggnek az egyes korszakok és népek tudományos ismereteivel, technikai színvonalával, gazdasági berendezkedésével és politikai szerkezetével.

Minden tudomány feladata rögzíteni az elméleti ismereteket, leírni saját továbbörökítésre szánt ismeretanyagát.

Ez a két, tudománytörténelektől kölcsönzött mondat bizonyítja, hogy a térképészet előbb rész-, majd önálló tudománygá válási fázisait érdemes „tananyag” oldalról is áttekinteni. Ugyanis a térképészet elveinek történeti alakulásával jön létre az a korabeli – használjunk korszerű kifejezést – „tudományos infrastruktúra”, amely a létrejött ismereti rendszer átadását és bővített újratermelését, reprodukcióját lehetővé teszi. A térkép-tudomány fejlődése folyamán épült ki napjainkra a felsőfokú képzést is magába foglaló szociális-intézményi szint.

Arról, hogy ez hogyan történt, milyen stációi voltak, szeretnék néhány gondolatot megosztani Önökkel...

*De honnan számoljuk a kezdetet?*

Néhány kutató, így a kiváló német kartográfus, Ulrich Freitag szerint a térképészet tudománya az első térképekkel kezdődik. Nézete szerint a világmindenség vagy a felszín egyes részeinek ábrázolása a babiloniak vagy a sumérok agyagtábláskain<sup>1</sup> már jelentékeny absztrakciós képességre és technikai készségre utal.

<sup>1</sup> A legrégebb, i. e. 3800 körül keletkezett agyaglap lelet a Nuzi (romváros Kirkuktól délnyugatra) közelében lévő Harran (Karrhai) mellől származik. Az országtérkép Mezopotámia északi részének, az Eufrátesznek, a Zagrosz-hegységnek, Libanonnak, Antilibanonnak és négy városnak az ábrázolása.

A legrégebb országtérkép mellett Mezopotámia területéről került elő a legrégebb város- és világtérkép is. Nippur városának i. e. 1500 körüli térképtöröredéke 21x18 cm nagyságú agyagtábla az Eufrátesz, csatorna, partfalak, templomnegyed és városkapuk ábrázolásával. A térkép érdekessége, hogy a falszakaszok mellé ékírással beírták azok hosszát is. Korabeli írásos emlékek alapján valószínűsíthető, hogy a mérési egység a gar (kettős nádszár = 5,94 cm) lehetett. A térképről lement hosszak és a mérési adatok egybevetésével kiszámítható a térkép méretaránya. Az 1:8 ezres eredmény csak közelítő, mert az agyag szárítás és kiégetés során erősen és egyenetle-



Számos szakember szerint – így a neves orosz kartográfus, Konsztantyin Szaliscsev (Konstantin Saliscev) szerint is – a térképtudomány az első elméleti elemek révén alakult ki. Ez az ókorban a vetülettan alapjainak a megteremtése során jött létre. A fejlődés forrása a görög tudomány azon törekvése volt, hogy a lakott földet, az oikumenét, történelmi és földrajzi vonatkozásban leírja.<sup>2</sup>

nül zsugorodott. Közvetlenül a perzsa hódítást követő időkből származik, és így a mezopotámiai kultúrkör hagyatékának tekinthető, az ókor egyik legérdekesebb térképészeti emléke, a babilóniai világtérkép. A 10 cm-es agyaglapocskán a korong alakú Földet a Földi-óceán, a Keserű-folyó veszi körül. A térkép Babilont, Asszíriát és az Eufráteszt ábrázolja. A Földi-óceánban hét háromszög alakú sziget található. A szigetek átmenetet, hidakat képeznek az Égi-óceán felé, az égboltot kötik össze a Földdel. A szigetek és az Égi-óceán ismertetése a tábla szövegében található. A szigetek a Földtől egyformán hét mérföld távolságra vannak, de az egyes szigetek közötti távolság, amelyet a szigetek mellé írt szöveg ismertet, hat és kilenc mérföld között váltakozik.

<sup>2</sup> Hekataiosz az i. e. VI. század végén készített oikumené térképe nem maradt fenn, de alapszerkezetéről vannak információink. A Földet korong alakúnak képzelte, melynek középpontjában Görögország fekszik. A térkép körvonalainak megszerkesztésénél az sem jelentett különösebb problémát, hogy Hekataiosznak igen gyér ismeretei voltak az oikumené északi, keleti és déli részeiről. A szimmetria törvényei alapján úgy gondolta, elég, ha az oikumené határát képező kör sugarának hossza ismeretes. Ezt szerinte Herkules oszlopaitól (Gibraltártól) a világ közepéig (feltehetőleg Delphoi-ig) terjedő távolság adja meg. Ez a körsugár tekinthető a földi térképészeti koordináta-rendszer csírájának. Ezt a konstrukciót Hekataiosz valószínűleg Anaximandrosztól (kb. i. e. 610–i. e. 546) vette át. Anaximandrosz és Hekataiosz olyan kérdést vetettek fel, amely az ókor folyamán kibontakozó elméleti kartográfia egyik alapvető problémafelvetése lett: a lakott, illetve az ismert Föld egészének kartográfiai ábrázolása. Lényegében ez lett az elméleti kartográfia első paradigmájának az alapja.

A Föld gömb alakját valló Arisztotelész (i. e. 384–i. e. 322) tanítványa, Dikaiarkhosz (kb. i. e. 336–i. e. 296) megrajzolta az akkor ismert világ térképét, amelyben az i. e. IV. század végén nagymértékben kitáguló földrajzi

Tagadhatatlan viszont, hogy a térképészetnek a kezdetektől még igen hosszú utat kellett megtenni ahhoz, hogy önálló tudományként elismerjék. Ez az amerikai kontinensen csak néhány évtizede valósult meg, az ottani térképészek, mint például Arthur Robinson, csak a XX. század 60-as, 70-es éveire teszik a térképtudomány genezisének befejezését.

Ezek az igen tág időhatáru vélemények is jól szemléltetik a különböző felfogásokat, amelyek szinte az őstörténettől közel napjainkig terjedő időszakon belül helyezik el a térképtudomány kialakulását. A vélemények különbözőségének egyszerű a magyarázata: a térképtudomány kialakulását különböző fejlődési vonalak hordozták, amelyek között jelentős időbeli és térbeli fáziseltolódások voltak.

A fejlődési vonalak általános jellemzéséhez olyan rendszerezésre van szükség, amely a térképészet alapszerkezetéből indul ki: a tárgyszféra és az elméleti szféra (metaszféra) modelljéből.<sup>3</sup>

ismereteket is kiértékelte. Jelentős mértékben hozzájárultak a földrajzi ismeretek bővüléséhez Nagy Sándor (i. e. 356–i. e. 323) hódításai. Az elméleti kartográfia története szempontjából az adja meg Dikaiarkhosz jelentőségét, hogy térképébe két egymásra merőleges vonalat, egy tájékozódási keresztet rajzolt be, amely az ismert világot négy részre, északi és déli, valamint nyugati és keleti részre osztotta. A vízszintes vonalat diafragmának nevezte. A hosszartóság elve, amely még a korong alakú Föld feltételezése alapján alakult ki, megmaradt itt is, de módosult éppen úgy, mint a szimmetriaelmélet. A két, egymásra merőleges vonal hosszartó volt. Ennek az ábrázolásnak úttörő jellege abban állt, hogy egy derékszögű koordináta-rendszer alapját szolgáltatta. Elősegítette a Földet ábrázoló térképek számára az első vetület és a fókálózat kialakulását. Ezeket az alapokat Eratoszthenész fejlesztette tovább.

<sup>3</sup> A tárgyszférát a konkrét kartográfiai modellezés képezi, amelynek két oldala, illetve területe van: a gyakorlati kartográfia és a kartográfiai ábrázolásmódok használata. Leegyszerűsítve azt is mondhatjuk, hogy a tárgyszférát a térképkészítés és a térképhasználat képezi.

A térképtudományon – mint minden tudományon belül – két szintet lehet megkülönböztetni: a megismerési és a szociális intézményi szintet. Az előbbihez a sajátos ismereti rendszer, ismereti cél és a terminológia tartozik, az utóbbihoz pedig azok a szociális-kommunikációs kapcsolatok, oktatási-képzési intézményi rendszerek tartoznak, amelyek a térképtudományt életképesé teszik. Ide tartozik többek között a hivatássá válás kérdése, annak vizsgálata, hogy hogyan lett a térképészet mellékfoglalkozásból főfoglalkozás, milyen elismerés övezte a térképész hivatást az egyes időszakokban, milyen intézményekben jött létre a hivatássá válás stb. Rendkívül fontos annak feltárása, hogy hogyan alakult ki az elméleti kartográfia művelésének, továbbadásának és oktatásának intézményi rendszere.

A kartográfia metaszférájának leglényegesebb alkotóeleme az elméleti kartográfia, amely elsősorban az általános elméleti részből, valamint a térképkészítés és térképhasználat elméleteiből tevődik össze. A metaszféra azonban több ennél, a tárgyszféra mindenféle visszatükrözési formáját felöleli. Nem minden esetben szükséges az elméleti kartográfia és a kartográfia metaszférája közötti különbséget hangsúlyozni. Így ezeket a fogalmakat szinonim kifejezéseként is használhatjuk. Történeti szempontokból azonban néha fontos ez a különbségtétel, mivel a térképtudomány ismeretrendszerének létrejöttében azok a metaszféraelemek is nagy szerepet játszottak, amelyek nem sorolhatók be az elméleti kartográfia fogalmi körébe. Ilyenek például a gyakorlati kartográfiai munka egyszerű visszatükrözési formái, empirikus leírásai, mint a térképkatalógusok vagy bizonyos térképtörténeti munkák. A „térképtudomány”, illetve a „kartográfia tudománya” kifejezéseket szintén szinonimákként szokták használni, ami általában nem okoz semmiféle fogalmi zavart, de azért utalni kell arra, hogy a „térképtudomány” fogalomterjedelme nagyobb; például történeti szempontból is lényeges, hogy a metaszférán kívül a tárgyszféra egy részét is átfogja.

### *Az elméleti kartográfia kezdetei*

A térképészet metaszférájának első tudományos elemét – mint a bevezetőben Hekataiosz és Dikaiarkhosz munkásságánál említettem – a térképvetület kérdése hozta létre.

Homérosz idejében a Földet korong formájúnak vélték, ezért síkbeli ábrázolása mint geometriai probléma fel sem merülhetett. (A Homérosznak tulajdonított i. e. VIII. századi *Iliász* eposz egy térképjellegű ábrázolás elkészítésének leírását adja: Héphasztosz, a tűz és kovácmesterség istene kalapálta azt Akhilleusz pajzsára.)

A vetülettan alapproblémája – a gömb leképezése síkban – a csillagtérképeknél jelentkezett először. Az első vetület megalkotását Thalésznek (kb. i. e. 624–kb. i. e. 564) tulajdonítják, aki állítólag megalkotta a gnomonikus vetületet – de erre nincsenek biztos források. A gnomonikus vetület korai alkalmazását lehetségesnek tarthatjuk már csak azért is, mert ennél a vetítés középpontja az égboltot szemlélő ember álláspontjának felel meg.

A gömb alakú Föld-kép lett Eratoszthenész (kb. i. e. 282–kb. i. e. 202) vizsgálatainak alapja.<sup>4</sup> Őt, az alexandriai könyvtár igazgatóját, sokrétű tudományos tevékenysége miatt

<sup>4</sup> Eratoszthenész megfigyelte, hogy a Nílus menti Szíéneben (Asszuán) a nyári napforduló idején (június 21.) délben a napsugarak árnyékvetés nélkül sütnek a kutak fenekére. A kutak fala függőleges, ezért ez a jelenség csak akkor állhat elő, ha a Nap az ég tetőpontján (zenitben) van. Eratoszthenész tudta, hogy a Föld gömbölyű, és feltételezte, hogy a Nílus észak felé folyik, vagyis egy délkör mentén. Arra következtetett, ha egy Nílus-parti városban következő év június 21-én megméri, milyen messze (hány foknyira) delel a Nap a tetőponttól, akkor megkapja a két hely közötti földrajzi szélességkülönbséget fokokban. A következő évben Alexandriában gnomonnal végrehajtott méréskor a Nap távolsága a zenitől a kör 1/50 részének adódott. A két város távolságát (a legnagyobb gömbi kör – hosszúsági kör – ívhosszát) a

„pentatlosznak”, öttusázónak is nevezték. Ráragadt egy másik név is, a „nagy béta”, mivel az általa művelt tudományokban csak másodhegedűs szerepét töltötte be. Az elméleti kartográfia szempontjából viszont joggal nevezhetjük őt a „nagy alfának”, mivel az elméleti kartográfia tulajdonképpen története vele kezdődik.

Az elméleti kartográfia fejlődése az ókorban az II. században érte el a tetőpontját Ptolemaiosz tevékenysége folytán. Ptolemaiosz (kb. 90–kb. 170) az elméleti kartográfia kialakulásához főleg a vetülettan kibontakoztatása révén járult hozzá. Vetületeit – hármat készített – már régóta, szinte a reneszánsz óta kutatják, anélkül azonban, hogy annak minden rejtélyét megfejtették volna.<sup>5</sup>

kincstári birtokkimutatások adatai alapján 5 ezer stadionnak számította. Ebből meghatározta, hogy a földkelet 250 ezer stadion. A stadion értékét nem ismerjük pontosan, hossza területenként és koronként III és 192 m között változott. A korabeli stadion hossza valószínűleg 157,5 m volt. Az ezzel az értékkel számított méréseredmény (földsugár 6269 km, földkelet 39 375 km) alig tér el a jelenleg használatostól (6378 km, illetve 40 008 km). A jó összhang – a mérést terhelő számtalan hibaforrást figyelembe véve – csak a véletlen műve. A mérést terhelő hibaforrások: A két város közötti távolság meghatározásának pontosságát kérdéssé teszi a kerek érték. Valószínűtlen, hogy ez legyen a távolság, inkább elnagyolt közelítés lehet. Alexandria és Asszuán nem egy délkörön fekszik; Alexandria majdnem 3°-kal nyugatabbra van, és Asszuán nem pontosan a térítő szélességén van, hanem attól 65 km-rel északra. A szélességkülönbség (7°06'30") kevesebb, mint a kör 1/50 (7°12') része.

<sup>5</sup> Ptolemaiosz eredményei mind az ókori kartográfia már kialakult hagyományaihoz gyökereztek. E láncolatban fontos szerepet játszott a türoszi Marinosz, aki i. sz. 100 körül életcéljának tekintette az oikumené térképének helyesbítését. Az eredményt *Az ismert Föld térképének kiigazítása* című munkájában foglalta össze. Ehhez térképet is szerkesztett. Hogy milyen fokbeosztást alkalmazott, nem tudjuk pontosan, mivel műve nem maradt fenn, csak Ptolemaiosz leírásából ismerjük. Az irodalomban egyik igen elterjedt felfogás szerint

Az elméleti kartográfia fejlődése az ókorban szinte kizárólag építkező jellegű volt: az egyik alapelv ráépült a másikra, oly módon, hogy a régi nem rombolódott le, hanem összefonódott az újjal, abba beleépült.<sup>6</sup> Ptolemaiosz lényegében olyan elvekből indult ki, amelyek gyökerei évszázadokkal korábbra nyúlnak vissza. Két új elv kialakítását is megindította: az optimalálás és a perspektivikus ábrázolás elvét. Az optimalálás lényege abban állt, hogy a gömb síkban való leképezésének több változata is lehetséges, amelyeknek megvannak a maguk előnyei és hátrányai. A térkép célját, jellegét és a térképezés módszerét illetően kell kiválasztani a legmegfelelőbb, azaz az optimális változatot. Az optimalálási elv csak évszázadokkal Ptolemaiosz után bontakozott ki, és

mind a szélességi, mind pedig a hosszúsági körök beosztása 15°-os volt. (A Rodoszon áthaladó szélességi kör és a hosszúsági körök hosszartók voltak, és a hosszúsági körök számlálása Alexandriánál kezdődött.) Egy másik vélemény szerint a szélességi körök beosztása nem ilyen volt, hanem az év leghosszabb nappalainak időtartama szerint történt. Marinosz művét Ptolemaiosz kritikával értékelt és továbbfejlesztette. Ptolemaiosz első vetületének Marinosz munkáján túlmutató igen előnyös tulajdonsága, hogy az Egyenlítő és a legészakibb (Thulén átmenő) szélességi kör egymáshoz való viszonya a hosszúságot illetően valóságos. Az összartó hosszúsági és a körívként megjelenő szélességi körök jól érzékeltek, hogy itt a gömb egy kivágtatának ábrázolásáról van szó. A körív alkalmazása a folkhálózatban forradalmi újítás volt. Ptolemaiosz további újítása abban állt, hogy második vetületén a hosszúsági köröket is „körívesítette”, ezáltal a gömbbel való hasonlóság bemutatása még jobban sikerült. A hosszúságot illetően újítás volt, hogy a „trükkkel” három szélességi kör lett hosszartó: az Egyenlítő, és a Szién és Thulén áthaladó szélességi körök. A hosszúsági köröket 5°-onként kívánta megrajzolni, ami egy óra harmadának felelt meg; a szélességi körök beosztásánál a leghosszabb nappalok időtartamát vette figyelembe, de egyenletesebb beosztásra törekedett, mint Marinosz.  
<sup>6</sup> Ez olyan, mint a geológiából ismert egymásra épülő rétegszerű szerkezet.

lett a vetülettan egyik alapvető problémája. A perspektivikus ábrázolás Ptolemaiosz harmadik vetületében jelent meg<sup>7</sup>, de következetes végiggondolására szintén csak évszázadokkal később került sor, és adott újabb lökést a vetülettan kibontakozásának. Érdekes, hogy a kartográfián túlmenő hatása is volt Ptolemaiosz perspektivikus vetületének. A tudománytörténész Samuel Y. Edgerton véleménye szerint Ptolemaiosz gondolatai a reneszánsz idején erősen hatottak a képzőművészetben a perspektivikus ábrázolás kialakulására. Mivel a festészet a reneszánszban a perspektív alkalmazása révén szorosan kapcsolódott a gyakorlati geometriához, az itáliai reneszánsz művészeknek a festészetéről szóló munkái a geometriát is érintették.

Ptolemaiosz kora és reneszánszkori felfedezése között azonban több mint ezer év telt el, mert a középkorban az ókori kartográfia elméleti eredményei feledésbe merültek, a kartográfia visszahant abba az állapotba, amelyben az i. e. VI. században volt. Az ismert világ ábrázolása vetület és folkhálózat nélküli kör-térképeken került bemutatásra. (A honfoglalás utáni évszázadban, a X. század végén keletkezett angolszász zsoldár-világtérkép, a *Cottonian*, a Kárpát-medencét elfoglaló magyarokat mint a hunok leszármazottait /hunorum gens/ jelöli. A németországi ebstorfi kolostorban talált 3,56 méter átmérőjű XIII. századi térképen már azt olvashatjuk, hogy a hunok egykori földje Magyarország /Pannonia infe-

rior quae nunc Ungaria/. Ez az első térkép, amelyen Magyarország neve megjelenik.)

Gyakorlati indíttatású térképészet csak a tengerhajózás szolgálatában állt. A tengerhajózási térképek – a portolántérképek – a XII. és a XIII. században jelentek meg a Földközi-tenger vidékén (Mallorca, Genova, Velence), egyidőben az iránytű Európában való elterjedésével.<sup>8</sup> (A XIV. században készült portolánok közül kettőn is – Angelo Dalorto 1339-es térképén és a mallorcai Abraham Cresques híres *Katalán Atlaszában* – feltűnnek magyar települések. /Székesfehérvárt hatalmas zászlórajz díszíti a főváros jelképeként./)

A térképészetben a reneszánsz azzal kezdődött, hogy Ptolemaiosz *Geográfúja* Itáliában ismertté vált. (Az első nyomtatott példány 1475-ben jelent meg, és a XVI. század végéig harminc kiadást ért meg.)

A Ptolemaiosz-térképek megváltoztatták a középkori földrajzi világlépet, és ezek az ókori eredetű térképek az újdonság erejével hatottak. Az óriási érdeklődést nemcsak a másfajta ábrázolás magyarázta, hanem a társadalom gyorsan növekvő térképigénye is, amely véget vetett a középkori térképínségnek. A magasabb szintű térkép-kultúra az egész világlépet gyökeres megváltoztatásának szerves része lett. A reneszánsz korban az ember kerül a világegyetem középpontjába, ennek a centruma viszont a szem lesz: új vizuális kultúra

<sup>8</sup> A korai portolántérképeknek nem volt vetületük sem, de az irányvonal-hálózat mutatja a matematikai-geometriai egzaktásra való törekvést. A gyakorlati szükséglet hozta őket létre, és meg is feleltek az akkori gyakorlat követelményeinek. Bár nem járultak hozzá az elméleti kartográfia fejlesztéséhez, a térképkészítés egyszerű visszatükrözésével létrehozták a metaszféra egy új elemét. Pietro Vesconte, a genovai, de Velencében dolgozó kartográfus 1418-ban egy térkép szélén lerajzolta a kartográfust (valószínűleg saját magát) munka közben.

<sup>7</sup> Ptolemaiosz nyolckötetes *Geográfúja* VII. könyvében, a hatodik fejezetben írta le a harmadik vetületét. Ez a perspektivikus ábrázolás az oikumené földgömbön való elhelyezkedésének még szemléletesebb bemutatását szolgálta. A vetület leírása Ptolemaiosz könyvében azt mutatja, hogy a földgömb szemléletének döntő szerepe lehetett a folkhálózat „körívesítésében” az első és második vetület esetében is.

születik, amelyben a festészet és a tudomány szoros kapcsolatban áll. Leonardo da Vinci (1452–1519) az emberi szemet tartotta az igaz tudományok és a művészet megalkotójának. A művészet és a tudomány határterületén álló térkép az érdeklődés homlokterébe került, és az új világnézet szemléletes kifejezője lett.

A reneszánsz idején az elméleti kartográfia – a középkori megszákítás után – lényegében két nagy ágon folytatódott, a vetülettan és a topográfiai térképezés terén.

A vetülettan alapproblémája egyre inkább matematikai kérdésfelvetéssé vált. Olyan nagy teljesítmények születtek, mint például Gerardus Mercator (1512–1594) vetülete, amely az optimalizációs elv kibontakoztatását jelentette.<sup>9</sup>

A topográfiai térképezés reneszánsz idején kialakult paradigmájának alapszerkezete más volt, mint a kartográfia ókori paradigmájáé, amelyben fokozatos egymásra rétegződés ment végbe. A reneszánszban kialakult és még sokáig fennmaradó paradigma alapproblémája nem egy nagy terület (az ismert világ) kis méretarányú térképezése volt, hanem egy kisebb terület nagyobb méretarányú, részletesebb bemutatása.<sup>10</sup> Az ókori paradigmával szemben itt nemcsak építkezés folyik, hanem rombolás is, a paradigma fejlődése apró forradalmak – új művészetek, új módszerek felta-

<sup>9</sup> Mecator 1569-ben a tengerészek részére szögtartó hengervetületet szerkesztett, és ebbe rajzolta be 18 lapon az általa ismert világot. Térképén a két hely közötti irány északtól való eltérése megegyezett a tényleges, a tengeren követendő iránnyal (loxodroma).

<sup>10</sup> Az egyik legkorábbi térképezési utasítást Sebastian Münster (1488–1552) bázeli professzor publikálta 1528-ban. Ez a leírás úgy lett ismertté Európa-szerte, hogy egy 1537-ben kiadott kis könyvébe is belevette, mely az egyre nagyobb terjedelművé duzzadó, és a *Biblia* után a kor legismertebb olvasmányává váló *Kozmográfiájának* előfutára volt.

lálása – révén halad előre. A fejlődési fázisok mégsem választhatók élesen szét, mert a régi és az új egymásba csúszik mind a gyakorlatban, mind pedig elméleti téren, a szakirodalomban. Néha egymásra is rakódnak, miközben módosulnak is. Ez a fejlődési menet megmaradt a reneszánsz után, a XVII. század folyamán is.

A reformáció alatt kialakult az a felfogás, hogy az Isten által teremtett földfelszín Isten képét tükrözi vissza, így a térképezés Istennek tetsző cselekedett, az istendicséret egy különleges formája. Ezt a felfogást megtaláljuk mind Tilemann Stella (1525–1598), mind pedig Georg Joachim Rheticus (1514–1574) írásaiban, a *Chorográfiá*-ban és a *Methodus*-ban. Az, ami Homérosznál még isteni tevékenység volt, az most itt Istennek tetsző alkotómunka lesz. (A wittenbergi matematikaprofesszor, Rheticus utolsó éveit Krakóban töltötte, ahol orvosként működött //; ez a ténykedése vezette el Magyarországra, ahol meghűlés következtében 1574. december 4-én, Kassán hunyt el. A másik tudós ember, Stella is kötődik hazánkhoz, nagy topográfiai munkájához Magyarországon is gyűjtött anyagot 1560-ban. A mű nem készült el, a hatalmas anyaggyűjtemény megsemmisült. Megmaradt viszont a magyarországi útinapló, amelynek alapján képet kapunk arról, hogy milyen jellegű volt az anyaggyűjtemény.)

A topográfiai térképészetben belül a kartográfiai módszertan erősen összefonódott a felmérési módszertannal, amely később a geodéziához tartozott.<sup>11</sup> A „geodézia” megnevezés ugyan már a reneszánsz idején kialakult – Conrat von Ulm 1580-ban megjelent köny-

<sup>11</sup> A löweni egyetem professzora, Reinerus Gemma-Frisius (1508–1555) ajánlotta először 1533-ban Antwerpenben megjelent munkájában a háromszögelés alkalmazását.

vének címében már felmerül –, de a geodézia és kartográfia differenciálódása mind a tárgyszférában, mind a metaszférában igen hosszú időszakot vett igénybe. A reneszánszban az a paradox helyzet állt elő, hogy a kartográfia módszertana a viszonylagos önállóságnak még azt a fokozatát sem érte el, amit az ókor vége felé, különösen Ptolemaiosz révén.

A topográfiai térképezésnek a XVI. században még kevés irodalma volt, a módszertani tanulmányok egy része meg sem jelent nyomtatásban.<sup>12</sup> Ennek több oka volt, például az is, hogy az uralkodó körök támogatták ugyan a szolgálatukban álló térképészek tevékenységét, de nem tartották kívánatosnak a térképezés művészetének elterjedését. A csekély irodalmi aktivitás másik oka abban rejlett, hogy térképezéssel ekkor még aránylag kevesen foglalkoztak, nem indult meg a professzionálisodás, a topográfiai térképezés intézményi alapja nem jött még létre, a módszertani munkák iránt érdeklődő vevőréteg így még igen gyér volt.

Jóllehet az atlaszkartográfiában a nagy térképkiautók létesítésével megindult már az intézményesedés és professzionálisodás, ezen a területen még kevesebb módszertani kiadvány jelent meg. Ennek több oka sorolható: a szintén szűk vevőréteg, a kiadók közti éles konkurenciaharc, amely erősen gátolta a módszertani ismeretek írásban való terjesztését. Az a tény is közrejátszott, hogy az atlaszkartográfiában a térképek tartalmán volt a hangsúly, így például a földrajzi felfedezéseket követő térképészeti feldolgozások minél ak-

<sup>12</sup> A mérőasztal feltalálását általában az altburgi egyetem matematikatanára, Johann Praetorius (1537–1616) nevéhez fűzik, aki a mérőasztalt „geometriai asztalkának” nevezte. Népszerűsítésében nagy szerepet játszott tanítványa, Daniel Schwentner (1585–1636) 1618-ban Nürnbergben megjelent munkája.

tuálisabb követésén. Módszertani problémák a vetülettanon kívül nemigen kerültek előtérbe. Módszertani tankönyvekre nem volt szükség, mivel a kartográfia módszertani ismereteinek továbbadása generációról generációra az egyes kiadók, sokszor egyes családokon belül történt. Az atlaszkartográfia intézményesedése tehát a kartográfiai irodalom fejlődését nemigen segítette elő.

#### *A kartográfia rész tudománnyá válása*

Rész tudomány alatt egy olyan ismereti rendszert értünk, amelynek megvan ugyan a maga sajátos tárgya és megismerési célja, de csupán egy önálló tudományágon belül. A térképtudomány is – önállóvá válása előtt – megjárta a részleges önállóság fejlődési szakaszát. Eddig tulajdonképpen a kartográfia rész tudománnyá válásának korai történetével foglalkoztunk, most pedig a közvetlen előtörténet és a rész tudománnyá válás időszakára vetünk egy rövid pillantást.

A kartográfia rész tudománnyá válásához a vetülettan kevésbé járult hozzá, mert szinte a matematika egy részterületévé vált, anélkül azonban, hogy a kartográfiai problémalátás előtérbe került volna. A kis méretarányú – földrajzi – kartográfia nagyon szerényen alakította metaszféráját, úgyhogy csak kismértékben részesedett a kartográfia rész tudománnyá válásában.

A fő fejlődési vonalat továbbra is a topográfiai térképezés módszertana hordozta. Hatásos impulzusokat kapott a XVII. század közepétől lendületesen fejlődő erődítéstantól, valamint a katonai felderítést célzó, szemrevételezésen alapuló vázlat szerű térképezés jelentőségének növekedésétől.

A topográfiai térképezés módszereinek fokozatos kifinomulása egy bizonyos ellentmondást hozott létre a XVII. század közepé-



tól a topográfiai térképeken belül: a térképi elemek nagy része (mint például a település-hálózat vagy a vízrajzi hálózat) egyre pontosabb alaprajzi ábrázolásban jelent meg, viszont a terep képét nagymértékben meghatározó domborzat csupán oldalnézetben.<sup>13</sup> A szakirodalom a XVIII. század második felében karolja fel a domborzatábrázolás problematikáját, ami azután a század végén az első kartográfiai elmélet megalkotásához vezet.<sup>14</sup>

A fejlődés elsőrangú hordozója a XVII. század második és a XVIII. század első felében Franciaország volt. A térképészeti irodalom nyelve jóformán francia lesz; a reneszánsz latinja után a művelt Európa újra közös nyelvre talál. A felvilágosodás több területen is hozzájárult a térképészeti irodalom fejlődé-

séhez.<sup>15</sup> A térképszükséglet további növekedésével és a térképészettel rokon tudományok fejlődésével kialakult a topográfiai térképészet modern tudományos módszertana. A második terület a hadtudomány kibontakozása és a tisztképzés szintjének további emelése, a harmadik szint a könyvkiadásnak a műveltség terjedésével együtt járó fejlődése volt.<sup>16</sup>

A hadmérnöki karok (szervezetek) Franciaországban, Nagy-Britanniában, Poroszországban, Szászországban és a Habsburg Monarchiában jelentős térképészeti tevékenységet fejtettek ki, soraikból több térképészeti szakműve szerzője került ki.<sup>17</sup> (A hadmérnöki kart a hadseregekben francia minta alapján a XVIII. század első felében szervezték meg, Poroszországban 1729-ben, Szászországban

<sup>13</sup> A tájat egységes méretarányban, mérések alapján ábrázoló térképeken egységessé válnak a jelek, a fejlődés az oldalnézeti jelektől az alaprajzi jelek felé halad. A korai regionális térképek, mint például Philipp Apian (1531–1589) Ingolstadtban 1568-ban kiadott *Bairische Landtafel*n című munkája, változatos jelekkel mutatják az ipari és gazdasági telephelyeket, üvegutakat, sólepárlókat, bányákat. Ezeket a jeleket, valamint a térképek felületi jeleit, amelyek általában növényzettel való fedettséget, terepjelleget mutattak (szőlő, erdő, mocsár), a későbbiekben átvették a tematikus térképek is.

<sup>14</sup> Az első kartográfiai jellegű domborzatábrázolási elmélet megalkotása Johann Georg Lehmann (1765–1811) nevéhez fűződik. 1799-ben jelent meg Lipszében híressé vált könyve, *A ferde felületek megjelölését, avagy a hegyek helyszínrajzát szolgáló új elmélet ismertetése*. Lehmann nemcsak a csíkozást reformálta meg, amelyben szinte tobzódott az individualizmus, hanem a hadtudomány elmélet-gyakorlat elvársait is.

<sup>15</sup> A térképészet nem hiányozhatott az *Enciklopédiából* sem, amely a kor ismereteit gyűjtötte össze, és ezzel szinte a francia felvilágosodás szimbólumává vált. Ez a hatalmas munka Denis Diderot (1713–1784) és Jean d'Alambert (1717–1783) szerkesztésében indult meg. Az első kötet 1751-ben, az utolsó pedig 1772-ben jelent meg. Eredetileg csak Ephraim Chambers 1728-ban, Londonban kiadott *Cyclopaedia*jának fordításáról volt szó, de aztán kb. 150 szerző bevonásával egy teljesen új

lexikon kidolgozására került sor. A földrajz története címszó szövegét a kartográfus Didier Robert de Vaugondy (1723–1786) írta meg, amelyben a kartográfia és a felmérés történetét helyezte előtérbe. A neves térképészek között megemlíti Mikoviny Sámuel is.

<sup>16</sup> A legtöbb és leginkább elterjedt műveket a térképészet módszertanáról a XVIII. század második felében a mérnök-geográfus Dupain de Montesson (kb. 1720–kb. 1790) írta. Tankönyvszerű munkáit, amelyeket a topográfiai térképezés mindhárom területén (szabatos felmérés, felderítési célú térképvázlat-készítés és erődítéstan kapcsolatos térképezés) figyelembe vettek, nemcsak a francia mérnök-geográfusok forgatták, hanem külföldön is jól ismertek voltak. Legismertebb műve a *L'art de lever les plans*...

A felderítés során végzett vázlatos térképezésről Jenei Lajos Mihály (1723/24–1797), a francia hadsereg mérnök-geográfusa is értekezik *A portyázó, avagy a kis háború sikerrel való megvívásának mestersége korunk géniusza szerint* című könyvecskéjében, amely 1759-ben, Hágában franciául jelent meg, de 1760-ban angolul és 1765-ben németül is kiadták.

<sup>17</sup> Az 1700 és 1783 között megjelent hadtudományi tankönyvek nyelvek szerinti megoszlását és a terepkérdését tárgyaló művek részeseését R. F. Rumpf 1824-es bibliográfiája és J. Brian Harley, Barbara Bartz Petchenik és Lawrence W. Tower 1978-ban kiadott monográfiája vizsgálta.

1730-ban, a Monarchiában 1747-ben.) A térképészetre való specializálódás még magasabb fokát jelentette, szintén francia minta alapján a mérnök-geográfusi kar kialakulása.

Az ilyen jellegű intézményesedésnek pozitív kihatása volt, hogy ez a vezető szervezet nemcsak felismerte a katonaság megnövekedett térképigényét, hanem ezt a felismerést hatékony formában tudta továbbítani az abszolútus kormányzatoknak, és el tudta érni, hogy azok nagy pénzüsségeket bocsássanak a térképezés rendelkezésére.

A térképezés metaszférája szempontjából rendkívül fontos volt, hogy a térképezés így elismert tevékenységgé vált, amelyet a tisztek kiképzésében is figyelembe vettek.

A XVIII. században, főleg annak második felében, a térképészet oktatása valamilyen formában valamennyi német tisztképző iskolában megjelent.

Német nyelvterületen az első hadmérnöki iskolát 1711-ben, Bécsben alapították, ebből alakult ki később a Katonai Mérnök Akadémia. Itt már a XVIII. század 30-as éveiben tartottak térképezési gyakorlatokat. Az 1780-as évek elején az akadémia igazgatója, az olasz származású Karl Klemens Pellegrini gróf (1720–1796) megparancsolta a helyszínrajz (a kartográfia) és a térképfelvétel oktatásának szétválasztását. Ezzel a kartográfia külön tantárgy lett. Pellegrini utasításba adta, hogy minden tanár írjon könyvet saját szakáról. Így született meg az első német nyelvű kartográfia-tankönyv Landerer tollából 1738-ban. A következő században e szakot egy magyar származású tanár, Keresztúry is tanította; az intézetben tanult Bolyai János és Tóth Ágoston.

A Drezdában, 1743-ban alakult Katonai Mérnök Akadémia első parancsnoka a Franciaországból származó Jean de Bondt (1675–1745) volt, aki nemcsak a topográfiai térképe-

zés, hanem a földrajz és a földrajzi térképek oktatását is bevezette. Itt tehát már az akkori kartográfia egészét tanították. Ennek eredménye volt Gottlob Böhme (1719–1797) 1794-ben megjelent tankönyve is. (Drezdában az 1692-es alapítású Drezdai Lovagi Akadémián is oktattak helyszínrajzot, amelyről két, 1784-ben publikált tankönyv is tanúskodik, Bettlack és Raue művei. Később ennek az intézménynek tanára volt Lehmann is.)

A kartográfia egyetemi oktatásba való bevonulásának kezdetéről csak kevés és nem teljes információ maradt fenn. Georg Moritz Lowitz (1722–1774), aki matematikus és kartográfus volt, Göttingenben előadásokat tartott a matematikai földrajzról, amihez vetülettan is tartozott. 1757-ben meghirdette, hogy előadásait a térképrajzolás módszertánával is kiegészíti. Ma már nem deríthető ki, hogy erre ténylegesen sor került-e. Ha igen, akkor ez a dátum igen jelentős a kartográfia egyetemi oktatásának történetében.

A kartográfia előadását a marburgi egyetemen Franz Karl Schleicher (1756–1815) hirdette meg 1788-ban. Schleicher a hadtudományok oktatása révén került kapcsolatba a kartográfia módszertánával. Ugyanebben az évben Friedrich Meinert (1757–1828), a hallei egyetem professzora és a porosz hadmérnöki kar tagja tette fel a kérdést, hogy egy olyan tárgyat, mint a helyszínrajz, elő lehet-e adni egyetemen. Igenlő választ adott, mivel a rajzművészettel szemben a kartográfia elméleti jellege is van. E megjegyzés jól jelzi a kartográfia tudományá válásának folyamatát.

#### *A kartográfia tudományággá válása*

A XIX. század a kartográfia tudományának konstitúciós (megalakulási) időszak.

A konstitúció első fázisában megnőtt a kommunikáció a kartográfia különböző in-

tézményi keretein belül fejlődő (katonai, térképkiaidói, oktatási) területei között. Az integráció elsősorban a publikációk szintjén jelentkezett; egyre bővült a kartográfának a korábinál átfogóbb tárgyalására törekedő publikációk száma. Ezek a törekvések általában spontán jellegűek voltak olyan értelemben, hogy a kartográfia önálló tudománnyá válását követelő proklamációt még nem tartalmaztak.<sup>18</sup>

A konstitúció második fázisát Karl Peucker (1859–1940) 1898-ban megjelent *Schattenplastik und Farbenplastik* című könyve vezette be. A könyv az önálló kartográfia tudomány proklamációja, amely nemcsak a kartográfia önálló tudománnyá válását jövendölte meg, hanem az ahhoz vezető utat is felvázolta. A könyv pozitív eredménye annak megerősítése, hogy a kartográfiában mindent természettudományi alapokra kell helyezni. Peucker a tudományos térképész azon típusát képviselte, akinek a kartográfia főfoglalkozássá vált, és aki a gyakorlati kartográfia mellett állandó jelleggel az elméleti kartográfiával is foglalkozott, így az elméleti kartográfiát illetőleg megindult egy részleges professzionalizálódás.<sup>19</sup>

Hermann Haack (1872–1966), aki Peuckerhez hasonlóan a tudományos kartográfus típusának jelentős képviselője volt, a térképtudomány konstitúciójához azzal is hozzájárult, hogy áttekintést adott a korabeli térképészeti irodalomról. A Gothában megjelenő *Geographisches Jahrbuch*-ban 1903 és 1943 között

<sup>18</sup> A térképtudomány ismeretrendszerének integrációs szemléletében az igazi fordulópontot Tóth Ágoston (1812–1889) könyve hozta meg: *A helyszínmáj és a földképkészítés történelme, elmélete és jelen állása*. A kérdésre, hogyan lehetséges az, hogy a kartográfia fejlődésében akkor még a periférián meghúzódó Magyarországon fogalmazódik meg az integrációs szemlélet manifesztuma és nem a kartográfia akkori európai centrumaiban a válasz: Tóth Ágoston európai kapcsolatai és az ország perifériális helyzetének előnyei egymást erősítették, és

több mint hétezer publikációról számolt be, ezzel mintegy „láthatóvá tette”, hogy milyen terjedelmessé és sokrétűvé vált nemzetközi viszonylatban a kartográfiai szakirodalom.

A térképtudomány konstitúciója az 1920-as évek első felében zárult le. 1921-ben és 25-ben jelent meg Max Eckert (1868–1938), aacheni főiskolai tanár kétkötetes munkája, a *Kartenwissenschaft*, amely a térképtudomány önálló ismereti rendszerét foglalta össze. A mű megmutatta, mily sokrétű feladata van a térképtudománynak, s hogy miben különbözik tárgya a rokontudományok tárgyától.

Az etabláció (berendezkedés) időszakában épült ki a térképtudomány oktatásának önálló intézményi alapja. 1923-ban, Moszkvában kezdődött meg a kartográfia mint önálló szak oktatása azon a főiskolán, amely ma a MIIGAIK nevet viseli. (Az intézmény 1936-ban kartográfiai fakultást is kapott.) A moszkvai és a szentpétervári (leningrádi) egyetemek földrajzi fakultásain 1929-ben, illetve 1930-ban kartográfus szakot hoztak létre.

Európában a kartográfia nehezen tudott „behatolni” önálló tárgyként a felső szintű oktatásba, az 1930-as évek elején a kartográfiát csupán a Zürichi Műszaki Egyetemen (az ETH-n először Fridolin Becker, majd Eduard Imhof (1895–1986) volt a térképészeti professzora) és a már említett bécsi főiskolán oktatták.

Az USA-ban a Harvard Egyetemen folyt képzés; az első, tartalmilag átfogó kartográfiai

rendkívül kedvező helyzetet teremtett egy nagy horderejű stratégia kidolgozásához.

<sup>19</sup> Peucker 1913-tól a bécsi Export Akadémián (a későbbi Világkereskedelmi Főiskolán) mellékállásban a kartográfia docense volt. Jelentős publikációs tevékenységet fejtett ki, kb. 80 tanulmánya jelent meg, amelyek az önálló kartográfiai tudomány konstitúciójához nagymértékben hozzájárultak. Szenvedélyesen ostromozta a kor kartográfijának valódi vagy vélt tévedéseit. Ehhez Goethe alapján verscskét is megfogalmazott.

tankönyv szerzője a tárgy előadója volt, Raisz Ervin (1893–1968), aki 1923-ban települt át Magyarországról az USA-ba.

Magyarországon az első térképtudományi tanszéket – ezzel a névvel – 1953-ban Irmédi-Molnár László (1895–1971) szervezte a budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetemen.

A térképtudomány etablációja nemzetközi szinten a második világháború után teljesedett ki. Jelentős szerepet játszott ebben a térképészeti társaságok, kartográfiai folyóiratok és – hangsúlyozottan – a térképész tanárszék megalapítása. Az etabláció az 1950-es évek végén, illetve az 1960-as évek elején zárult le. Cezúrájának a Nemzetközi Térképészeti Társulás (ICA) megalakítását (1959) és a Nemzetközi Kartográfiai Évkönyv megjele-

nését (1961) tekinthetjük. A térképtudomány ekkor lépett a konszolidáció szakaszába.

A térképtudományban az 1970-es évtizedben forradalmi változások, a régi „építkezési helyek” elhagyása, új paradigmák kialakítása indult be. A konszolidált helyzet, miután a fiatal tudományág viszonylag biztos pályára állt, az új digitális technológiák bevezetése után fordulatot hajtott végre; sőt új térképészeti jövő küszöbén áll, amely nemcsak a térképészeti gyakorlatát érinti, hanem a tudomány elmélete, az oktatás szempontjából is megszemlélő konzekvenciákkal jár...

Kulcsszavak: *térképészeti elméleti kartográfia, a kartográfia rész tudománnyá válása, a kartográfia tudománnyá válása*

#### IRODALOM

- Freitag, Ulrich (1972): Die Zeitalter und Epochen der Kartengeschichte. Kartographische Nachrichten. 5, 22.  
Wallis, Helen M. – Robinson, Arthur H. (1987): *Cartographical Innovations. An Inventive Handbook*

*of Mapping Terms to 1900*. Map Collector Publications in association with the International Cartographic Association, Tring  
Saliscev, Konstantin A. (1979): Wie alt sind die Begriffe Karte und Kartographie? Petermanns Geographische Mitteilungen. 123. Gotha–Leipzig, 1, 65–68.



## Tudós fórum

### BESZÁMOLÓ A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA 178. KÖZGYŰLÉSÉRŐL • 2008. MÁJUS 5–6.

Május 5-én Vizi E. Szilveszter elnök nyitotta meg a közgyűlést, külön köszöntötte Mádl Ferenc volt köztársasági elnököt, Molnár Károly designált minisztert, Glatz Ferencet, az MTA előző elnökét, Jancsó Miklóst és Lator Lászlót, a Széchenyi István Művészeti Akadémia elnökét, illetve ügyvezető elnökét, Bihar Mihályt, az Alkotmánybíróság elnökét.

Ezt követően néma felállással emlékeztek a legutóbbi közgyűlés óta elhunyt Bérces Tibor, Borzsák István, Cseh-Szombathy László, Csörgő Sándor, Gáti István, Gergely János, Kosáry Domokos, Kubinyi András, Kurnik Ernő, Pungor Ernő, Rajki Sándor, Szabó Kálmán, Varga János rendes tagokra, Fazekas Patrik levelező tagra, Krocskó Gyula külső tagra, Hasan Eren, Záborszky János tiszteleti tagokra. Vizi E. Szilveszter megemlékezett Kosáry Domokosról: *Nagy tudós, bátor ember, tántoríthatatlan demokrata távozott közülünk. Elment egy ember, aki akkor is meg mert szólalni, amikor mindenki néma maradt.* Megemlékezését Kosáry Domokos egy gondolatával fejezte be: *Az ostobaság a legnagyobb veszedelem ebben az országban. Nagyobb veszedelem, mint a gazdasági nyomorúság, mert ésszel abból ki lehet jönni, de ostobasággal soha.*

Az MTA elnöke expozéjában kiemelte, hogy olyan korszaknak vagyunk tanúi, amelyre a gondolat felértékelődése a jellemző. Az Európai Unió a lisszaboni döntésnek megfelelően tudásalapú társadalmat épít. Az Unióban méltó helyet csak úgy foglalhatunk el, ha itthon is jelentősen felértékelődik a jól képzett magyar szürkeállomány, és megnő a magyar tudós társadalom, az alkotó értelmiségiek szerepe.

2008 „a Reneszánsz éve” Magyarországon. Ötszázötven éve, 1458-ban választották meg Mátyás királyt, akit oly sok legenda, mese és monda tett halhatatlanná. A feladat, amelyet megoldott, lelkesítő és egyben intő példa is lehet a számunkra. Dicsőségét annak is köszönhetné, hogy kulturális mecénásként rendkívül sokat áldozott arra, hogy hazája a kor kulturális és szellemi életének pezsgő központjává váljon.

A jelen Magyarországa sajnos a leszakadás Magyarországa. Ahhoz, hogy a XXI. század Magyarországa emelkedő ország legyen, új reményekre van szükség. A XXI. században is példaértékű a mátyási gondolat, hazánknak valóban kell egy új reneszánsz. Ezt az újjászületést a kutatás-fejlesztés, az innováció, tisz-

tességes és értékes emberi gondolatok tudják csak biztosítani.

Az elnöki expozé után Szörényi László, az MTA doktora tartott előadást *Emlékezéséd Mátyás királyról* címmel. Előadásának teljes szövege az MTA honlapján olvasható.

Az ülés az Akadémia díjainak átadásával folytatódott.

Az MTA elnöksége a 2008. évi Akadémiai Aranyéremmel Nemezc Ernő rendes tagot, a Veszprémi Egyetem Föld- és Környezettudományi Tanszék professor emeritusát tüntette ki. Nemezc Ernő az ásványtani és a geokémiai kutatások nemzetközileg elismert,

kiemelkedő képviselője. Az anyagásványok szerkezeti, ásványgenetikai vizsgálata, a nem érces ásványi nyersanyaglelőhelyek genetikai jellemzése terén elért eredményei nemzetközi jelentőségűek. A Veszprémi Egyetem iskola-teremtő professzora, több évtizedes oktatói pályáján a kutató generációk sorát nevelte. Sokrétű tudományos és oktatói munkássága mellett, a hazai földtudomány fejlődésében tudományszervezői és tudományos közéleti tevékenysége is meghatározó jelentőségű. Közel két évtizeden át folytatott kutatásait az *Ásványok átalakulási folyamatai* című könyvében 2006-ban jelentette meg.

Kiemelkedő tudományos munkássága elismeréseképpen **AKADÉMIAI DÍJAT** kapott

**Angeli István**, a fizikai tudomány doktora, a Debreceni Egyetem Kísérleti Fizikai Tanszék ny. professzora,

**Benyó Zoltán**, a műszaki tudomány doktora, a Budapesti Műszaki Egyetem Irányítástechnika és Informatika Tanszék egyetemi tanára, professor emeritus,

**Bodó Imre**, az MTA doktora, a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum professor emeritusa,

**Gósy Mária**, a nyelvtudomány doktora, az MTA Nyelvtudományi Intézet tudományos tanácsadója, az ELTE Fonetikai Tanszék tanszékvezető egyetemi tanára,

**Hajós György**, a kémiai tudomány doktora, az MTA Kémiai Kutatóközpont Biomolekuláris Kémiai Intézet igazgatója,

**Kovács István**, a történettudományok kandidátusa, az MTA Történettudományi Intézet főmunkatársa, a Pázmány Péter Katolikus Egyetem tanszékvezető egyetemi tanára,

**Liposits Zsolt**, az MTA doktora, az MTA Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet

igazgatóhelyettese, a Pázmány Péter Katolikus Egyetem egyetemi tanára,

**Petz Dénes**, a matematika tudomány doktora, az MTA Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet tudományos tanácsadója,

**Szabó Katalin**, a közgazdaságtudomány doktora, a Budapesti Corvinus Egyetem Összehasonlító Gazdaságtan Tanszék egyetemi tanára,

**Takács Ernő**, a műszaki tudomány doktora, a Miskolci Egyetem professor emeritusa.

\*

A tudomány népszerűsítése érdekében kifejlesztett eredményes újságírói munkássága elismeréseképpen **AKADÉMIAI ÚJSÁGÍRÓI DÍJAT** kapott:

**Avar László**, a Magyar Mezőgazdaság hetilap vezető lapszerkesztője,

**Chikán Ágnes**, a *Délmagyarország* főmunkatársa, az MTA Szegedi Biológiai Központ sajtófelelőse,

**Dürr János**, a Magyar Szabadalmi Hivatal kommunikációs tanácsadója.



Az Akadémia Elnöksége és Vezetői Kollégiuma 2008-ban WAHRMANN MÓR-ÉR-MET adományozott

**Járai Zsigmond**nak, a Magyar Nemzeti Bank volt elnökének, az Akadémia Könyvtára bőkezű mecénásának, a gazdasági élet kiemelkedő szereplőjének,

**Lámfalussy Sándor**nak, az MTA külső tagjának a magyar tudomány és kultúra, a magyar tudományos teljesítmény nemzetközi megismertetése és elismertetése terén kifejtett sok évtizedes teljesítményéért, különösen személyes példamutatásáért.

\*

Vizi E. Szilveszter, az MTA elnöke az MTA szolgálatában kiváló minőséggel végzett, magas színvonalú, lelkiismeretes és elkötelezett munkájáért **MAGYAR TUDOMÁNYÉRT EMLÉKPLAKETTET** adományozott:

**Czeglédi Gyulán**ak, az MTA Titkársága Műszaki Tudományok Osztálya tudományos titkárának,

**Hámori Erzsébet** fotóművésznek, az MTA állandó fotósának,

**Horváth Lászlón**ak, az MTA Titkársága Jogi és Igazgatási Főosztálya vezetőjének,

**Kovács Gézá**nak, az MTA Titkársága Elnöki Titkársága főmunkatársának,

**Nagy Bélán**ak, az MTA Titkársága Földtudományok Osztálya tudományos titkárának,

**Raduly József**nek, a Művészeti–Oktatási–Kulturális–Közéleti Alapítvány elnökének,

**Szegő Károlyn**ak, az MTA Titkársága Kutatásfejlesztési és Innovációs Főosztálya vezetőjének,

**Tóth Miklósn**ak, az MTA Orvosi Tudományok Osztálya tudományos titkárának,

**Zemplénné Papp Éván**ak, az MTA Titkársága Kémiai Tudományok Osztálya tudományos titkárának.

Az ünnepi ülés végén Kónya István lantművész Mátyás király korabeli magyar és nemzetközi zenét játszott.

\*

Május 5-én, délután a közgyűlés keretében megrendezett Külső Tagok Fórumán kitüntetések adott át Vizi E. Szilveszter elnök és Görömbei András, az MTA Magyar Tudományosság Külföldön Elnöki Bizottság elnöke. A díjakkal a határon túli magyar tudományosság kiemelkedő képviselőinek, valamint a külföldi magyar közösségekért eredményesen tevékenykedők munkáját ismerik el.

#### ARANY JÁNOS-DÍJ:

**Bauer Győző** (Szlovákia) orvosprofesszor, az MTA külső tagja, Szlovák Tudományos Akadémia Kísérleti Gyógyszerkutató

**Keszeg Vilmos** (Románia) néprajzprofesszor, tanszékvezető, Babeş–Bolyai Tudományegyetem

**Bene Annamária** (Szerbia) nyelvész, docens, Újvidéki Egyetem Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar, Szabadka

**Csehy Zoltán** (Szlovákia) irodalmár, adjunktus, Comenius Egyetem, Pozsony

#### ARANY JÁNOS-ÉREM:

**Forgách Péter** (2007) (USA)

**Frühling János** külső tag (Belgium)

**Kúnos György** külső tag (USA)

**László Béla** (Szlovákia)

**Spenik Ottó** (Ukrajna)

**Volfkori László** (posztumusz) (Románia)

\*

Május 6-án Vizi E. Szilveszter elnök köszöntötte a megjelenteket, majd *Hat év az Igaz és a Szép Palotájában* címmel tartotta elnökként utolsó beszédét, amely „számadás és beszámoló,

összefoglaló és a tanulmányok összegezése, és talán üzenet a jövő, az utód számára”. Beszédét lapunk 742. oldalán közöljük.

A főtítkári beszámolót, valamint a 2007. évi költségvetés végrehajtásáról, az MTA 2009. évi költségvetési koncepciójáról, a társadalmi szervezeteknek nyújtott támogatások és a hasznosítható ingatlanok jegyzékének módosításáról készített előterjesztéseket az MTA honlapján közzétették. A távollevő főtítkár helyett Pléh Csaba főtítkárhelyettes fűzött szóbeli kiegészítést a dokumentumokhoz.

Kiemelte, hogy a nehéz körülmények ellenére az akadémiai kutatóhálózatban a tényleges kutatói átlaglétszám a hat év során valamennyire emelkedett, nőtt a publikációk száma. Bizonyos területeken a magyar tudomány igen kiemelkedően idézett, ezek a területek egy jövőbeli tudománypolitika számára fontos fogódzókat jelenthetnek. Pléh Csaba reméli, hogy a jövőben egyes társadalomtudományi területeken is a természettudományokban bevett statisztikai elemzések készülnek.

2002-ben 700 akadémiai kutató vett részt az oktatásban, számuk 2007-re 950-re nőtt, az intézetekben foglalkoztatott kutatóknak körülbelül egyharmada valamilyen formában részt vesz a felsőoktatásban. Erre építve az Akadémia a megváltozott felsőoktatási körülmények között adjon nagyobb súlyt a tudománynak.

Az Akadémia költségvetése nehéz helyzet elé állította a kutatóhálózatot. Ezért a 2009-es költségvetési koncepcióban két mozzanatot állítottak előtérbe: az akadémiai kutatóhálózat tudományos teljesítőképeségének szinten tartását, másrészt a kutatási infrastruktúra leromlásának kompenzálását és fejlesztését.

Az elmúlt három év egyik nagy eseménye volt a kutatócsoporti rendszer átalakítása. Vizi

elnök úr kezdeményezésére a 179-ből 79 csoport lett. Nagyobb, tudományosan ütőképebb csoportok jöttek létre. A ténylegesen kialakult kutatócsoportok vezetőinek 44 %-a nem akadémikus.

A korábbiaknál sokkal változatosabb megjelenítési formák jöttek létre a társadalom és a tudomány közti kapcsolat megteremtésére. A Diákok a tudomány világában sorozat egy sikeres alfejezete a Tudomány Ünnepeinek. 2007-ben naponta kétezer látogatója volt az Akadémia honlapjának.

Az írásban kiküldött főtítkári beszámolóhoz kiegészítést fűzve a főtítkárhelyettes kérte, hogy a közgyűlés a Lukács Archívumot nyilvánítsa védett tudományos közgyűjteménnyé. Az Akadémia abszolút fontosnak tartja, hogy az 1972-től Lukács György egykori lakásában működő Lukács Archívum ebben a Belgrád rakparti lakásban maradjon meg. Csak itt folytatható az a munka és az a kulturális misszió, amit a neves magyar filozófusnak, Akadémiánk tagjának az öröksége követel.

A vitában felszólaló Tétényi Pál rendes tag sikeresnek minősítette az elmúlt három évet. Nem tartotta szerencsésnek, hogy a kutatócsoportok több mint felét meg kellett szüntetni azért, mert nagyobb koncentrációra van szükség. Az eredményesség azon múlik, hogy a csoportok mennyire katalizálják a kutatómunkát az egyetemen.

Szabad György rendes tag hozzászólásában az Akadémia vagyoni állapotával foglalkozott. Az Akadémiának kivételesen nagy vagyona volt alapítványokban, hagyatékokban. A magyar állam az államosítások révén óriási vagyont kapott az Akadémiától, ezzel érveljen az MTA vezetése a pénzügyminiszterekkel folytatandó tárgyalásokon.

Nagy Károly rendes tag ötvennyolc éve tanít az Eötvös Loránd Tudományegyetemen,

a Természettudományi Karon. Ilyen alacsony színvonalat, mint ma, még sohasem tapasztalt. A tanárjelöltek nem tudnak értelmes magyar mondatokat mondani. A problémát már többször felvetette, a miniszterek nem reagáltak.

Szabó Gábor doktorképviselő hiányolta, hogy nem esett szó a készülő akadémiai törvényről. Javasolta, hogy az Akadémia támogassa a habilitált tudományos főmunkatársak bevonását a doktori iskolákba. Erősíteni kellene azt a folyamatot, hogy fiatal egyetemi oktatók akadémiai intézetekben végezhessenek kutatómunkát. Felvette az akadémiai doktorok tiszteletdíja értékállóságának megőrzését. Javasolta, hogy az Akadémia kezdeményezze az ország kutatásfejlesztési stratégiájának elkészítését.

Marosi Ernő rendes tag, alelnök Nagy Károly hozzászólására reagálva kijelentette, hogy esztelen vállalkozás teletömni az iskolákat az élettelen természettudományok képviselőivel anélkül, hogy gondot fordítanánk a humán műveltség alapjaira. A közös feladat az Akadémia 1825–28-ban megfogalmazott alapszabályainak első mondata: a tudományok magyar nyelven való művelése.

Pálfy Péter Pál akadémikus, a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj Kuratóriumának elnöke a kuratórium nevében javasolta, hogy az új akadémiai vezetés a költségvetési tárgyalásokon ne csak az ösztöndíj összegének 10 %-os növelését, hanem az ösztöndíj kedvező adózási feltételeit is próbálja elérni.

Daróczy Zoltán rendes tag az elnöki beszámoló kiegészítésére az akadémiai törvény előkészítésével foglalkozó, Keviczky László által vezetett, a törvényről kialakított osztályálláspontok egységbe formázásán dolgozó bizottság munkáját méltatta. Javasolta, hogy a közgyűlés ismerje meg a bizottság anyagát,

amely jó kiindulópontja lehet a további munkának

A hozzászólásokra Vizi E. Szilveszter elnök válaszolt: *Az elmúlt hat év során az akadémiai vezetésnek a legfontosabb feladata az volt, hogy nagyon nehéz gazdasági és politikai körülmények között a Magyar Tudományos Akadémiának működőképességét megtartsa, autonóm jellegét pedig biztosítsa. Én úgy érzem, és köszönöm a hozzászólásokat, hogy ez sikerült, és erre utal a mindent elsöprő parlamenti szavazás, amelynek során egyetlenegy tartózkodás vagy egyetlenegy ellenszavazat nem hangzott el, és erre utalnak most már az ismételt közvéleménykutató jelentések.*

Akadémia és egyetem viszonya állandóan visszatérő kérdés. Az MTA legfontosabb szerepét abban látom, hogy az oktatás, közoktatás, felsőoktatás kérdésében állást foglaljon, és mi rendszeresen állást foglalunk. A megoldás minden esetben a kormány, illetőleg az oktatási miniszter kezében van.

Nem értek egyet azzal, hogy nincs a kormánynak kutatásfejlesztési stratégiája, három évig készült a Tudomány és Technológiai Intézkedési Terv, amiben az akadémia soha nem látott mértékben fontos szerepet kapott. Az elmúlt időszak politikai bonyodalmai végül is az egész kutatásfejlesztési stratégia végrehajtását lassították le.

A természettudományos képzést rendszeresen kritizáltuk, elfogadhatatlan az az oktatáspolitikai, amelynek eredményeként nagyon alacsony a mérnök és természettudományos végzettségűek száma. Ki kell elégíteni a piac igényeit, itt a piac kellene hogy diktáljon.

A vagyontárgyról keményen tárgyaltunk a kormánnyal, én arra hivatkoztam, hogy az egyházak és egyéb nagy intézmények megkaptak kárpótlásként bizonyos vagyontárgyakat, a Magyar Tudományos Akadémia eseté-

ben ilyen nem történt. A kormány tavaly decemberi döntésével az MTA-nak soha nem látott mértékű vagyont adott örökre, magántulajdonba, ez több mint 130 milliárd értékű. Ez egy fantasztikus eredmény.

A román állammal szemben a Magyar Tudományos Akadémiának jelenleg is fennálló követelése van. Körülbelül 636 ezer aranykorona értékben, ami 36 ezer hektár erdőt jelent. Ezt a követelést érvényesíteni kell, akár nemzetközi bíróságon.

A tiszteletdíjak kérdése érthetően mindig felmerül. A nagydoktorok tiszteletdíját csökkenteni kellett, mert politikai pártoktól függetlenül a pénzügyminisztereknek az a véleményük, hogy nem lehet, hogy ez egy fölül nyitott rendszer legyen, és a létszám addig emelkedjen, ameddig az Akadémia akarja.

A támogatott kutatóhelyek létszámának lecsökkentése óriási előrelépés volt, a modern tudományban a nagyobb kutatócsoportoknak van jövőjük, főleg az interdiszciplinárisoknak.

Az akadémiai törvény a mi hibánkból nem ment át. Az igazságügyi miniszter kodifikáltatta, az oktatási miniszter elfogadta, visszaküldte nekünk, hogy vitatkozzunk róla, hogy egyetértünk-e azzal, amit ők elfogadtak, vagy nem. Mi nem értettünk egyet azzal, amit ők elfogadtak.”

Pléh Csaba főtitkárhelyettes Nagy Károly hozzászólására reagálva elmondta, a gondok

annak a következményei, hogy az utóbbi húsz év során sokszorosára nőtt a felsőoktatásban részt vevők száma, ezt viszont senki nem szeretné visszagördíteni. Pálfy Péter Pálnak a Bolyai-ösztöndíjak adókedvezményével kapcsolatos javaslatát nem támogatta, az adórendszer tervezett átalakításának kiindulópontja a kedvezmények csökkentése. Tétényi Pálnak válaszolva emlékeztetett arra, hogy a kutatócsoportok számának csökkentése nem járt együtt forráskivonással. Az Akadémia kezdeményezte, hogy az egyetemi szféra valamilyen formában járuljon hozzá a csoportok működtetéséhez.

A vita lezárása után a közgyűlés elfogadta a beszámolókat, a beterjesztett dokumentumokat, majd megadta a felmentést a 2005-ben három évre megválasztott tisztségviselőknek.

\*

A közgyűlés zárt ülésen titkos szavazással választotta meg az új tisztségviselőket.

Elnök: **Pálinkás József**

Alelnökök: **Dudits Dénes** (élettudomány),

**Kroó Norbert** (természettudomány),

**Maróth Miklós** (társadalomtudomány)

Főtitkár: **Németh Tamás**

Főtitkárhelyettes: **Csépe Valéria**

Az elnökség választott tagjai: **Hámori József** (élettudomány), **Lovász László** (természettudomány), **Török Ádám** (társadalomtudomány)

## HAT ÉV AZ IGAZ ÉS A SZÉP PALOTÁJÁBAN

Vizi E. Szilveszter

2008. május 6.

### *Tisztelt tanult Barátaim!*

Azt a címet adtam ennek a mai beszédnek, hogy Hat év az Igaz és a Szép palotájában. Hat év elteltével feladatom és kötelességem, hogy beszámoljak az elmúlt időszak történéseiről. Elnökként tehát ez az utolsó szereplésem, az utolsó beszédem. Eljött a számadás pillanata. Számadás és beszámoló, összefoglaló és a tanulságok összegezése, és talán üzenet a jövő, az utód számára.

Kedves Barátaim! Akadémikus és köztestületi tudós társaim!

Megtiszteltetés volt számomra, hogy bizalmatokat élvezve oly sok kiváló előd után, nagy múltú nemzeti akadémiánk tizenhatalcadik elnöke lehettem. Az elmúlt hat évben, itt az Igaz és a Szép palotájában mint a tudós testület vezetője részt vehettem az Akadémia és a magyar tudományosság életének formálásában. Örömmel vállalom részem az elért sikerekben, és kevésbé örömmel, de magától értetődően vállalom a felelősséget az esetleg felróható hiányosságokért. Ma elköszönök mint az Akadémia elnöke, átadom a szobát, hivatalomat és e hivatal felelősségét a megválasztandó utódomnak.

Mindenekelőtt hadd szögezzem le, hogy ezt a hivatalt egy autonóm és független Akadémia elnökeként adom át. Az Akadémia

autonómiájának és függetlenségének megőrzése eltökélt szándékom volt, és ez az elmúlt években nem volt egyszerű.

Többéves angliai, németországi és amerikai tapasztalataim meggyőztek arról, hogy a nemzeti akadémiák minden ország életében fontos és sajátos szerepet töltenek be. Amíg a politikai közéletben résztvevők számára a hatalom megtartása az elsődleges cél, a tudós számára a természet és a társadalom törvényszerűségeinek feltárása a cél. A tudósnak ezért nem lehet feladata, hogy gondolatvilágát hozzásimítsa az éppen uralkodó politikai eszmékhez, hogy a politika ágyasa legyen.

A tudós ethosza az igazság keresése, és ennek a gondolkodásnak az alapja a *dubitando ad veritatem pervenimus* (Cicero), az örökös kételkedés, amely végül is lehetővé teszi, hogy az igazság egy részét megismerje. Az igazi tudós először társait, majd kora társadalmát és az egész világot meg akarja győzni igazáról. Ez a soha meg nem elégedés, örök kételkedés teszi a fejlődés motorjává. Az igazi tudóst és bizonyos értelemben az igazi alkotó értelmiségit Don Quijote idealizmusa és Sancho Panza praktícizmusa kell hogy jellemezze. Idealista, mert hisz abban, hogy felfedezése az emberiség hasznára válik. Egyben prakticista is, mert megpróbálja megteremteni azt a feltételrendszert, amelyben alkotni tud. Ez az oka annak, hogy a tudomány

és művelője nem ismer államhatárokat, peregrinusként keresi a helyet, ahol tanulhat, a lehetőséget, amelyben alkothat.

A társadalomban a tudomány és áltudomány folyamatos harca mellett a tudósok és a tudomány eredményeiből hasznot húzók között is húzódik egy soha ki nem mondott ellentét: a tudós úgy érzi, hogy nem kap elegendő erkölcsi és anyagi elismerést mindazért, aminek megteremtésében részt vett. A termékbe rejtett gondolatért járó profit szinte kizárólag annak jut, aki az árut a piacon értékesíti. Az ok egyszerű. A felfedezés pillanatában még senki nem tudja, hogy milyen termék lesz a gondolatból. A világban, ha körülnézünk, a gépkocsi, a repülő, a mobiltelefon, a rádió, a televízió, a gyógyszerek, a villanyáram, az atomenergia, a komputer, mind-mind a tudomány eredménye, végső soron egyes tudósok munkásságának, azaz a gondolatainak eredménye. Napjainkra tehát agyunk működésének terméke, a gondolat felértékelődött. A globalizálódott világban egy paradigmaváltásnak vagyunk tanúi, és ez a nyersanyagokban szegény Magyarországon még kifejezettebben érvényesül.

Ebben a megváltozott világban kellett az Akadémia vezetésének a kutatás-fejlesztés fontosságáról a hatalom gyakorlóit meggyőzni, és ugyanakkor a társadalom számára is világossá tenni a tudomány eredményeinek mindennapi hasznosságát. Mindezt akkor, amikor az Akadémiát hihetetlenül erős és szervezett támadások érték: autonómiáját meg akarták szüntetni, intézethálózatát részben vagy egészben elcsatolni, az akkor még állami tulajdonban levő vagyonát (intézeteket, nyaralókat, kastélyait, földjeit) legalábbis részben privatizálni, működését hitelteleníteni. De nincs új a nap alatt. Már 1842-ben Széchenyi István másodülök megnyitó beszédében

is említést tesz a testület elleni megnyilvánulásokról. ... intézetünk minden tagját ezen-nel ünnepélyesen felszólítom: legyen azon-szent kötelesség-érzetében kettőzötve éber, mellyel minden tag tartozik, kivált akkor testülete iránt, mikor az közvélemény künti sőt elleni kezd lenni? Gyulai Pál 1884-ben a *Zajgások az Akadémia ellen* című cikkében (Budapesti Szemle, 1884) a következőkről panaszkodik, idézem: „Az Akadémiát amióta fönnáll, nem egyszer támadták meg hevesen. Ha betekintünk a harmincas-negyvenes évek hírlapjaiba és folyóirataiba, itt-ott szörnyű zsvaj üti meg fülünket. Vörösmartyt, Bajzát és Toldyt egy irigy és önző kotéria vezéreinek nevezik, akik elnyomják a tehetségeket és részvénytársaságot alkotnak az Akadémiából.” Az Akadémia újkori történetében Kosáry Domokos így írt 1993-ban, idézem: „Bizonyos erők azért támadták az Akadémiát – nemegyszer valódtalan állítások kíséretében –, hogy leválasszák róla kutató-intézeteket. Céljuk az volt, hogy a hazai kutatást valamiféle csúcsmisztérium irányítása alá helyezték, amely az állampárt hagyományait újjáélesztve a hivatali bürokrácia uralmát vezetné be a tudomány felett” (Miért van szükség új akadémiai törvényre?). Az elmúlt hat évben ismét megjelent az az elgondolás és politikai cél, hogy a magyar tudományosság intézményi megjelenítője ne a Magyar Tudományos Akadémia legyen. Változatos módon és eszközökkel támadtak minket. Intézetigazgatók, engem megkerülve arra kaptak ajánlatot, hogy váljanak le az Akadémiáról, amit igazgatóink persze visszautasítottak. Felelős politikusok nagy nyilvánosság előtt kijelentették, hogy az alap kutatás felesleges, mivel az azonnali haszon reménye kicsi. Többen hitet tettek amellest, hogy az Akadémia által adott tiszteletdíj egy meg nem ér-



demelt támogatás, és ennek költségvetési megvonását javasolták. Ezek a támadások történetesen egybeestek olyan javaslatokkal, amelyek a nagyon értékes állami ingatlanokat használó intézetek áthelyezésére, megszüntetésére vonatkoztak. Hadd utaljak itt arra, hogyan ítélte meg a helyzetet Kosáry Domokos a 2006. évi októberi rendkívüli közgyűlésen elmondott hozzászólásában: „a reformtörekvéseket, amelyek a közgyűlést is elsősorban foglalkoztatják, fontosnak tartom, feltétlenül szükségesnek. Az Akadémiát támadások érték. Az akadémiai kutatóintézeteket, különösen a társadalomtudományi intézeteket átszervezni, az ingatlanokat privatizálni akarták.” Választanunk kellett, hogy szervilisen megpróbálunk túlélni, kisebb-nagyobb engedményeket tenni (például, hogy a vári társadalomtudományi intézeteket az egyetemekhez áthelyezzék), és közben reménykedünk abban, hogy a józan ész előbb-utóbb felülkerekedik, vagy kőkeményen ellenállunk, és a nyilvánosság segítségével megvédjük az Akadémiát. Az utóbbit választottuk. És ebben mellém állt a magyar kutató-fejlesztő társadalom csaknem egésze. NEM és NEM volt a válaszuk. A csatát végül megnyertük. A támadások abbamaradtak, sőt még elnézéskézés is elhangzott. Ami a tiszteletdíjat illeti, nagyon kevesen tudják, hogy már a XIX. században is kaptak tiszteletdíjat eleink („A rendes tagok az akadémiai pénzalap erejéhez képest ... tiszteletdíjra bírnak igényt, melyeket, valamint a tisztviselők fizetéseit és tiszteletdíjait is, az igazgató tanács állapítja meg.” lásd: *A Magyar Tudományos Akadémia új alapszabályai. 1860*).

Az Akadémiát támadások érték. Ez úgy látszik, jellemzője korunknak. De ami ezt a helyzetet számomra különösen nehézé tette az az, hogy ilyen körülmények között kellett

a költségvetési tárgyalásokat lefolytatni, és biztosítani azt a költségvetést, ami az Akadémia működőképességét garantálja. Ilyen körülmények között kellett biztosítani a valódi értékrendben való gondolkodás szabadságát, megpróbálni hidat építeni a társadalomban, amelyen mindenki átjárhatott, párbeszédet kezdeményezni perbeszéd helyett, politikamentesen és hitelesen működni. Ez nem volt egyszerű.

Tényszerűen erről annyit szeretnék mondani, hogy az Akadémia költségvetése, az elmúlt hat év alatt 23 M Ft-ról 38 M Ft-ra, a rendes tagok tiszteletdíja 288 e Ft-ról 455 e Ft-ra emelkedett (lásd Vizi, Magyar Tudomány. 2008/x. 561–575.). Olyan hat évben, amit a közsférában nem a gyarapodás jellemezett. További eredmény ezzel kapcsolatban az, hogy látva, hogy az Akadémia mint az állami intézmények egyike könnyen lehet a kormány időről időre megnyilvánuló évközi megtakarítási intézkedéseinek szenvedő anyja, megpróbáltuk a költségvetési törvényen belül az Alkotmánybíróság és az Állami Számvevőszék kategóriába soroltatni az Akadémiát, amely intézmények költségvetésének évközi megváltoztatásának jogát nem a kormány, csak a parlament gyakorolhatja. Miután a pénzügyminiszter támogatását sikerült megszerezni, az Akadémia költségvetése a kormányzati döntési jogkörből az Országgyűlés hatáskörébe került. Ez az intézkedés az Akadémia függetlenségét tovább erősítette.

Az elmúlt időszak nagyon fontos eredménynek tartom az Akadémia vagyonának megmentését és tulajdonba kerülését. Az Akadémia intézetei, ingatlanjai egy-két kivételtől eltekintve állami tulajdonban voltak (lásd Akadémiai Törvény 2004), az Akadémia csak használója volt a vagyonnak, így az állam bármikor eladhatta, vagy használatáért pél-

dául a Nemzeti Vagyongazdálkodási Zrt. bért kérhetett volna. A pénzügyminiszter és a miniszterelnök segítségével sikerült elérnünk, hogy az új vagyontörvény (2007. CVI. Tv.) kivételt tett az Akadémiával, és az eddig kezelésünkben lévő, de állami tulajdonú ingatlanok, az egész infrastruktúra az Akadémia saját tulajdonává vált. Az Akadémiának az elmúlt majd kétszáz éves történetében ilyen mértékű vagyongyarapodása nem volt. Ezzel sikerült, remélem örökre, attól a veszélytől megmenekülni, hogy fejünk felől eladhatják intézeteinket. Ez jelentősen stabilizálta az intézethálózatot, és tovább csökkentette az Akadémia kormánytól való függőségét. De ne feledjük el, hogy minden eddiginél nagyobb feladatot jelent majd a professzionális menedzsment számára ezzel a vagyonnal való gazdálkodás. Ezért is készítettük el a Corvinus Egyetem egyik tanszékével az Akadémia vagyongazdálkodási koncepcióját. Ennek megvalósításához is elengedhetetlen az új Akadémiai Törvény mielőbbi elfogadása. Hadd említsem meg, hogy sokévi pereskedés után bírósági döntés mondta ki, hogy a Várban az Országház utca 26. és az Úri utca 47. számú házak az MTA tulajdonát képezik. Ugyancsak birtokba vettünk Martonvásáron egy 650 hektár területet, amely közvetlenül az autópálya mellett helyezkedik el. A hatalmas értéket képviselő Füst Milán-hagyatékot, amely eddig jogilag meglehetősen bizonytalan helyzetben volt, beszállítottuk, és az Akadémia képtárában helyeztük el.

Néhány gondolat az Akadémia szerepéről a tudományos értékrend alakításában.

Az Akadémia működésének hitelét elsősorban tagjainak tudományos és szakmai hitelessége adja. Testületként meghatározó szerepe van a tudományos értékrend felmutatásában és képviselésében.

Úgy érzem, hogy az elmúlt időszakban az akadémiai kiválasztási rendszerben megnőtt az értékrend szerepe. Ez a gyakorlatban azt jelentette, hogy csak a legjobbak lehettek akadémiai doktorok, akadémiai levelező vagy rendes tagok. Csökkent a lehetősége annak, hogy valaki érdemtelenül jusson akadémiai ranghoz. Ezt az tette lehetővé, hogy mindenkinek fel kellett tennie az internetre a tudományos teljesítményét és idézettségét. Ez a transzparencia megszüntette azt a korábbi gyakorlatot, hogy esetenként tudósok egymásról mondták ki, hogy ők milyen nagyok. Részben, talán nagy részben, a megszigorodott akadémiai értékmérés következtében megváltozott az egész magyar tudományos közösség véleményalkotása is arról, hogy mit tekint eredményesnek és értékesnek. Az elmúlt két választáson kiváló tudósok lettek az Akadémia tagjai (68 új levelező tag jutott be és 77 rendes tag). Akadémiai tagságunknak tehát közel egyharmada megújult. Külön sikerként emelném ki, hogy két negyven évnél fiatalabb levelező tagunk lett, és az új levelező tagok 33%-a a hölgyek közül került ki.

Az intézeteink, támogatott kutatóhelyeink teljesítményét rendszeresen értékeljük. Intézetigazgatói állásokra nemzetközi pályázatokat írunk ki. Intézeteinkben részben gyakorlattá vált a nemzetközi megmérettetés, vagy a külföldiek részvételével létrejött intézeti Tudományos Tanács működése. Egy teljesen új pályázat kiírásával Meskó Attila főtitkár támogatott egyetemi kutatóhelyeinken jelentős átalakítást hajtott végre, amely szakított a már hatástalan minicsoportok támogatásával. Kutatóintézeteink összes dolgozójának átlagléttszáma alig változott: 2006-ban 4345 fő volt, 2007-ben pedig 4294, ez mintegy 1%-os csökkenés (lásd Főtitkári beszámoló, 2008). Ezen belül a kutatók át-

laglétszáma ugyanakkor 1 %-kal növekedett. Az összes kutatóknak mintegy 30 %-a harmincöt év alatti. E mutató kiválóan jelzi az Akadémia tudatos tudománypolitikáját: a hazai K+F hálózatban a legtöbb fiatal kutató itt dolgozik.

*Hogyan viszonyult elnökségem alatt az Akadémia a politikai hatalomhoz és a közfeladatok ellátásához?*

Az Akadémia mint nemzeti intézmény érdekelt a nemzeti és európai értékek megőrzésében és az értékteremtésben. De ha szükséges, szerepet vállalt a hosszú távú nemzeti érdekeink megvédésében is. Ma az ország életében sok helyütt az munkál, ami elválaszt, a politikában, a gazdaságban, a kultúrában. Többnyire ennek hatásait szenvedjük el. Az Akadémia mint értékörző és értékteremtő nemzeti intézmény, azt igyekezett megkeresni és felmutatni, ami összeköt. Ez csakis egymás megértésén, tisztelésén, az erkölcs és a hagyomány alapján történhet. Az Akadémia tehát a tudás hídját igyekezett megteremteni értékrendek, kulturális, társadalmi ellentétek között a nemzeti közösség újraformálása érdekében. Szakmai kérdésekben (atomenergia, geotermikus és egyéb megújuló energiaforrások, Balaton-kutatás, Duna-konzorcium, VAHAVA), komolyan véve a „Nemzet tanácsadója” szerepet, mindig a tudomány állásának megfelelően alakítottuk ki a véleményünket. Külön kiemelném az Akadémia és Láng István akadémikus szerepét a VAHAVA-program elfogadtatásában, és abban, hogy a klímaváltozások kérdését mind a társadalom, mind a kormányzat elkezdte komolyan kezelni. A kormány egyébként egyre gyakrabban vette igénybe közfeladatot ellátó tevékenységünket az Új Magyarország Fejlesztési Terv kidolgozásában. A hatalom-

nak nem voltunk kiszolgálói, de amikor kértek bennünket, segítettünk a nemzet felemelkedése érdekében. Nem voltunk a hatalom ellensége sem, de kritikusan nyilvánultunk meg a tudományt és oktatást érintő kérdésekben.

A szellemi tőke, a szürkeállomány korunk legfontosabb nyersanyaga. Az egyetlen, amely nem véges. Folyamatosan növelhető és újrateheremthető. Oktatással és képzéssel. Ez teszi a közoktatást és a felsőoktatást a nemzet jövője szempontjából a legfontosabb stratégiai kérdéssé. A Nemzeti Alaptantervvel kapcsolatban ezért szólaltak meg akadémikusaink és testületileg a Magyar Tudományos Akadémia is kritikus hangon. Hasonló okból fogalmaztunk meg kemény kritikát a közoktatási és a felsőoktatási törvénytervezetekkel kapcsolatban is.

2006-tól lehetőségünk nyílt arra, hogy érdemben beleszólhassunk a tudománypolitikai kormányzati döntésekbe. Az Akadémia elnöke a Nemzeti Tudománypolitika és Technológiai Kollégium alelnöke lett, amelynek elnöke a miniszterelnök, a másik két alelnöke pedig az oktatási, és a gazdasági- és közlekedési miniszter. Sajnos ez a Kollégium csak néhányszor ülésezett, és így a legfontosabb feladatát, vagyis hogy hosszú távra érvényes tudománypolitikát alakítson ki egyelőre nem valósította meg. Viszont intézményesült, és jól működött kapcsolattartásunk a parlamenti bizottságokkal. A Parlament Oktatási és Tudományos Bizottsága három alkalommal, a Környezetvédelmi Bizottság egy alkalommal itt az Akadémián tartott kihelezett ülést, ahol megtárgyaltuk az oktatás és a tudomány aktuális helyzetét.

A törvény alapján rendszeresen beszámoltam a Parlamentben a magyar tudomány helyzetéről. Utoljára alig két hónappal ezelőtt,

2008. március 11-én<sup>(4,5)</sup> és lásd Parlamenti Napló, 2008). A kormány és valamennyi parlamenti párt vezérszónoka támogatta az előterjesztésünket, és pozitívan kiemelte az Akadémia pártoktól független magatartását. A végszavazáson páratlan egyetértéssel, 309 igen, 0 nem és 0 tartózkodással fogadták el beszámolómat, ami jelentős sajtóvisszhangot kapott.

Korábbi sikerünk és lobbitevékenységünk eredménye volt az Innovációs Alapról szóló, 2003-ban elfogadott törvény. Ebből az alaptól azóta milliárdok jutottak az egyetemeknek és az intézeteknek, de sajnos milliárdok jutottak tudományosan nehezen indokolható helyekre is.

Elnöki tevékenységemben az az elv vezérelt, hogy az Akadémia nem definiálhatja magát a politikai pártok erőterében, mert nem ott mozog, és nem a politika logikája határozza meg működését. Nem tartottunk se távolságot, se közelséget semmilyen politikai párthoz viszonyítva. Megítélésem szerint nem az az érdekes, hogy az Akadémia elnöke vagy tagjai a szavazófülkében melyik politikai pártot preferálják, a fontos az, hogy az elnök és a testület megnyilvánulásaiban kizárólag a szakmai és tudományos értékrend jelenjen meg, valamint az ország hosszú távú érdekei. Csak ez a magatartás biztosíthatja az Akadémia hitelességét és tekintélyét a társadalom előtt. Kapcsolatunk tehát a politika intézményeivel és tagjaival korrekt és kiszámítható volt. Ezért elfogadtak, és azt gondolom, talán még becsültek is bennünket.

*Az Akadémia és a társadalmi nyilvánosság*

Ha az ember valamit nem ért, misztikus és ezoterikus magyarázatot keres. A tudóstársadalom kötelessége tehát, hogy munkássága ne csak közhasznú, de közérthető is legyen.

A tudományos ismeret köztulajdon, s annak széleskörű és erkölcsileg elfogadható alkalmazása közérdek.

Amikor a Mindentudás Egyetemét tervezni kezdtük, kettős célt követünk. Egyrészt közérthetően és mindenki számára érthetően akartuk átadni azt a tudásanyagot, amely korunkra jellemző. Másrészt a tudós mindennapi tevékenységének alapjául szolgáló igazság keresésével akartuk a nézőket megismertetni, és egyszersmind erkölcsre nevelni. A multimédiás vállalkozás mindent felülmúló sikere visszaigazolta elképzeléseinket, igazolta, hogy a szappanoperák mellett van helye az igaz szónak, van igény a tudásra, ezt bizonyítja az elmúlt évek 163 előadása és az ezekhez kapcsolódó pozitív közönségvisszhang.

A Tudomány Napja, amelyet elődöm, Glatz Ferenc (1998 és 2002 között az MTA elnöke) indított el, mozgalommá vált. A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat és a minisztériumok, valamint állami intézmények, múzeumok segítségével egy hetekig tartó nagy fesztivállá fejlődött. Tavaly több mint négyszáz eseményen százezrek vettek részt. Sikeres rendezvényeink tapasztalatait is felhasználva, többet kell tenni az Akadémiának azért, hogy a magyar és a nemzetközi tudomány eredményeit, hasznosságát közérthető nyelven bemutassa, de felhívja a figyelmet helytelen alkalmazásuk esetén az alkalmazókra háruló morális felelősségre is.

A társadalom felé való nyitás fontos eseménye volt a cigány származású tudományos kutatóknak szóló ösztöndíj megalapítása.

2003-ban rendeztük meg először az UNESCO-val és az ICSU-val közösen a World Science Forum-Budapest nemzetközi találkozót. Már első alkalommal sikert aratott. Tavaly rendeztük meg a harmadikat. Védnökeink, Mádl Ferenc, majd Sólyom László

közársasági elnökök mellett Romano Prodi majd José Manuel Barroso és Matsuura Kóicsiró (Koichiro Matsuura), az UNESCO főigazgatója voltak. Sikerünket igazolja, hogy vendégeink és előadóink között Nobel-díjas tudósokat, multinacionális vállalatok elnökeivel, vezetőivel, a nemzetközi közélet kimagasló személyiségeit, oktatási és tudományos minisztereket, parlamenti képviselőket, államfőket tisztelhetünk. Az első konferencián a rendszerváltás utáni négy miniszterelnök, a másodikon a külügyminiszterek tartottak előadást. A sikerre jellemző, hogy a világsajtó a találkozóról mint a tudomány Davosáról ír. Jövőre rendezzük meg a 4. Forumot, amelyen az európai és afrikai akadémiák elnökei mellett a fejlődő országok oktatási minisztereinek adunk platformot. Ezen belül harmadszor fogjuk megrendezni az IPSO-t, vagyis az izraeli–palesztin tudós párbeszéd konferenciát. A World Science Forum a Magyar Tudományos Akadémiát a nemzetközi tudománypolitika fontos intézményévé tette, amelyre két évente egyszer odafigyel a világ meghatározó médiáján keresztül sok milliós ember.

#### *Az MTA regionális és határon túli működéséről*

A Magyar Tudományos Akadémia elnöki működésem alatt hangsúlyosan a nemzet akadémiájaként működött. Az Akadémiának 1961-től területi bizottságai vannak. Pécs, Szeged, Veszprém, Miskolc és Debrecen, tehát a nagy egyetemi városok adtak helyet területi bizottságaink működésének. Ezek a bizottságok a régiók tudományos, gazdasági, kulturális műhelyei, ahol a legkülönbözőbb politikai felfogású emberek a régió bonum commune-ért együtt gondolkodhatnak, dolgozhatnak.

Úgy vélem, hogy a Magyar Tudományos Akadémia helyesen döntött, amikor történelmi küldetésének megfelelően, támogatta az Erdélyi Múzeum-Egyesületet, és létrehozta a 6. területi bizottságát, az MTA Kolozsvári Területi Akadémiai Bizottságot, amelynek választott vezetője Péntek János professzor Akadémiánk külső tagja lett. 2003-ra a határon túli magyar tudóstársadalommal való intenzívebb kapcsolattartás és differenciált megközelítési mód indokolta tette a Magyar Tudományosság Külföldön elnöki bizottság mellett egy, annak a munkáját is segítő, Nyugaton élő magyar tudósokból álló bizottság megalakítását, ezért döntöttem egy testület megalakításáról Nyugati Magyar Tudományos Tanács néven. Itt kell köszönetet mondanom Fröhling János és Gulyás Balázs professzoroknak, akik szervezték és szervezik a tanács munkáját.

Az elmúlt hat évben minden vidéki nagyvárosban, ahol van területi bizottságunk, tartottunk elnökségi ülést, jelezve, ami persze nyilvánvaló, hogy az MTA nem Budapest intézménye.

#### *Akadémiai reform és törvény*

A 21. század kihívásai, az EU-csatlakozásunkkal kapcsolatos új feladatok, a megváltozott gazdasági és politikai körülmények teljesen világossá tették, hogy napjainkban már nem lehet a 2004-es akadémiai törvény alapján működni. A megjelent új törvények és jogszabályok alapján újra kell fogalmazni a MTA feladatait és jogait, és törvény kell, hogy biztosítsa a függetlenségünket, a költségvetésünket, a tiszteletdíjainkat, a Bolyai-ösztöndíjainkat. 2006. június 27-én, Miskolcon, egy kihelyezett elnökségi ülésen volt a törvény első alapkoncepciójának vitája. 2006. október 30-án már rendkívüli közgyűlést tartottunk,

amelyen sor került a törvény koncepciótervezetének vitájára és a bizottságok kiküldésére. Azóta az Igazságügyi és Rendészeti Minisztérium kodifikálta, az Oktatási és Kulturális Minisztérium helyben hagyta a tervezetet, amelyet most az Akadémián belül vitatunk. Sajnálom, hogy elnöki periódusom alatt nem került sor a viták lezárására és az új törvény parlamenti elfogadására. A 2007. májusban megtartott közgyűlésünkön határozatot hoztunk az Akadémia reformjáról (lásd Akadémiai Értesítő, 2007), amely alapelveként rögzítette, hogy az akadémiai kutatóhálózat, a Magyar Tudományos Akadémia keretei között működjön tovább, kellő kutatási potenciálú önálló intézetek, intézetcentrumok és hálózati központok formájában (lásd 3/2008. (II. 26.) 11/2008. (III. 25.) elnökségi határozat). A közgyűlés javasolta a Tudomány és Technológiai Intézkedési tervvel kapcsolatos kormánydöntés alapján „Nemzeti laboratóriumok” létrehozása feltételeinek megteremtését.

Végezetül, jó érzéssel mondom azt, hogy egy olyan Akadémia elnöki hivatalát adom át utódomnak, amely autonóm és független intézmény maradt, amelynek stabil költségvetése van, amely jelentős nemzetközi tényező lett, amely óriási vagyont tett szert, és

amelynek nagy társadalmi rangja és tekintélye van. Az Akadémia a Medián Közvéleménykutató Intézet felmérése alapján ma az ország leghitelesebb intézménye. Ez nem kevés. Én mégsem vagyok maradéktalanul elégedett. Mert mindennek tartós garanciáját egy megfelelő akadémiai törvény jelentette volna, amely, bár minden esély megvolt, elnöki periódusomban nem született meg.

Személyes életemben érdekes, változatos és nagy felelősséggel terhelt hat év van mögöttem. E testület bizalmának köszönhetem, hogy szolgálhattam a magyar tudományt, a magyar tudósok közösséget, és köszönöm e testületnek a hat éven át tartó támogatást. Nem búcsúszom, mert csak e pódiumról megyek le. Mindarra a tudásra, tapasztalatra, amire a hat év alatt szert tettem, továbbra is számíthat az egész magyar tudóstársadalom, a Magyar Tudományos Akadémia és megválasztandó elnöke.

Köszönöm a bizalmat, és köszönöm a támogatást. Köszönöm alelnök uraknak (Hámori József, Kroó Norbert, Marosi Ernő), valamint főtitkár (Meskó Attila) és főtitkár-helyettes (Pléh Csaba) úrnak munkáját és segítségét, hogy végül Vörösmarty gondolata, Akadémiánk jelmondata érvényesült:

*Borúna derül!*

#### **IRODALOM**

1. Gróf Széchenyi István: A Magyar Akadémia körül. Trattner-Károlyi, Pesten, 1842
2. Kosáry Domokos: Hat év az akadémia szolgálatában.
3. Kosáry Domokos: Közgyűlési jegyzőkönyv, 2006

4. Beszámoló a Magyar Köztársaság Országgyűlése számára a magyar tudomány helyzetéről 2003–2006 (J/18373)
5. Jelentés a Magyar Köztársaság Országgyűlése számára a magyar tudomány helyzetéről 2005–2006 (J/4771)



# SZÉCHENYI-EMLÉKNAP A MAGYAR TUDOMÁNY 2007. ÉVI ÜNNEPE ELŐTT

## Sopronpuszta – Sopron – Nagycenk

Solymos Rezső

az MTA Széchenyi-díjas tagja

2007. október 16-án – immár hagyományainkhoz híven – Nagycenken és Sopronpusztán gyülekeztek tudományos életünk képviselői, hogy a Magyar Tudomány Ünnepeinek megnyitó rendezvényén bensőséges ünnepség keretében tisztelgjenek gróf Széchenyi István, a legnagyobb magyar emléke előtt. Az emléknap rendezője az MTA Erdészeti Bizottsága a NYME, az ERTI és a TÁEG Zrt. közreműködésével. A 2007. évi rendezvényen részt vett az Osztrák Tudományos Akadémia és a Magyar Tudományos Akadémia elnöke is. A résztvevők között üdvözölhettünk több külföldi nagykövetet, az MTA vezetőit, a VEAB elnökét, továbbá a társadalmi-gazdasági élet és nagyobb számban az erdészeti kutatás és oktatás képviselőit.

Az emléknap Sopronpusztán kezdődött, ahol a rendezvény megnyitásként Solymos Rezső akadémikus mondott beszédet. Ebből néhány gondolatot idézünk: többre és jobbra vágytak a reformkor hazafias érzelmű nagyjai, akik világosan látták, hogy a 19. század csak akkor hozza meg a Kárpát-medencében élő magyarság és a többi nemzetiség számára az óhajtott jólétet, ha a közel ezredévi tapasztalatokat tudományosan is megalapozzák. Erre építve hirdették: *Magyarország nem volt, hanem lesz.* Ez a jelmondat ma is emlékezteti az utódokat Nagycenken, a

Széchenyi-szobor talapzatán. A cenki szobor a maga lendületével hirdeti: *Nyelvében él a nemzet.* A két évszázaddal ezelőtti Magyarország fővárosában a többség német nyelven sajátította el a tudományt, vagy latinul fejtette ki a haza üdvét szolgálni kívánó bölcs gondolatait. Sürgetővé vált a „magyarosítás”.

Szerencsésnek tekinthetjük magunkat, hogy a 48-as magyar szabadságharc előestéjén, 1825. november 3-án, 182 évvel ezelőtt, egy kiváló személyiség; Széchenyi István, a pozsonyi országgyűlésen birtokainak egy esztendei jövedelmét felajánlotta a Magyar Tudós Társaság megalapítására. Ezért kezdődik a Magyar Tudomány Ünnepe minden évben november 3-án. Ezért emlékezünk az ünnep kezdetén az *Alapítóra*, annak példamutató áldozatkészségére. Örvedetes, hogy a magyar országgyűlés már 1791-ben törvényjavaslatot alkotott az akadémia felállításáról, amelyet azonban nem emelt törvényerőre. Az 1825. évi nevezetes napon Felsőbüki Nagy Pál azzal vádolta a hazai arisztokráciát, hogy keveset tesz a magyar kultúráért. Erre adott méltó választ Széchenyi. Ritkán emlékezünk meg arról, hogy Széchenyit egy nagyszerű baráti kör is támogatta: gróf Desseffy József, gróf Andrássy György, Vay Ábrahám, gróf Károlyi György, gróf Esterházy Mihály, báró

Wesselényi Miklós és az Akadémia későbbi elnöke: Teleki József.

Dióhéjba sűrítve ezt a remek tettet, a magyar nyelvű tudományos élet megindítását és megalapozását kívántuk az eddigieknél is nagyobb hangsúllyal elismerni azzal, hogy a Magyar Tudomány Ünnepeinek kezdetén évente *Széchenyi István-Emléknapot* rendezünk. Az elsőre 2000-ben került sor, amikor az Akadémia 175 éves jubileumát az Agrártudományok Osztálya Erdészeti Bizottságának a rendezésében az EFE, az ERTI és a TÁEG közreműködésével ünnepeltük Nagycenken. Akkor az MTA elnöke a Széchenyi-szobor előtt mondott beszédében méltatta az Akadémia megalapítását.

2000 óta évente a nagycenki Széchenyi-mauzóleumban emlékbeszédrel, koszorúzással kezdtük az emléknapot. Innen Sopronpusztára vonultunk, ahol a Tanulmányi Erdőgazdaság közreműködésével Akadémiai Emlékerdőt létesítettünk. Az első alkalommal, 2000-ben 175 nagyméretű hárs sorfát ültetünk el közvetlenül a határ mellett úgy, hogy a fasorok legyezőszerűen nyílnak, ezzel is hirdetik a tudomány világát átfogó és az emberiséget szolgáló szerepét, nemzetközi jellegét. Ezt követően évenként egy újabb fát ültetünk el. Az emlékerdőben mindig annyi élőfa áll, ahány éves az Akadémia. Tudományos üléssel az egyetemen fejeződik be az emléknap.

Solymos Rezső hangsúlyozta, hogy 2007-ban külön is kifejezésre juttattuk, hogy *aki fát ültet, bízik a jövőben.* Napjainkban a magyar tudományos életnek, a kutatásnak és az oktatásnak is szüksége van arra, hogy töretlen hittel bízzon a jövőben. Főleg nekünk, erdészeknek hirdetik hosszú évszázadra előre a hitet, az erkölcsöt és a tudományt mindekelőtt Sopronban és környékén. Az erdő, a vad és a fatudomány központja Sopron, az

egyetemünk eerdőmérnöki és faipari mérnöki karai, az ERTI Kísérleti Állomása, az Erdészeti és Faipari Szakközépiskola és nem utolsósorban a Tanulmányi Erdőgazdaság.

Sopron közelében több Berzsenyi-emlékhely van. Ezek a városban működő tudós tanárok, kutatók és oktatók, valamint az egyetemi hallgatók számára fenn hirdetik a költő szavait: *Minden ország támasza, talpköve a tiszta erkölcs.* Az oktatói, kutatói etika nagyszerű szerepére a Tudomány Ünnepen 2007-ben is különös figyelmet kell fordítani. Ez az erkölcs az összekötő lánc szerepét betöltheti a Hit és a Tudomány között. Hinnünk és bízunk kell többek között abban, hogy a magyar tudományosság képes a jövő számára nélkülözhetetlen új eredmények kimunkálására, oktatóink érzik felelősségüket a jövőt majdan formáló oktatók iránt, és az oktatók kellő buzgalommal sajátítják el a tudományos ismereteket. Ha ez hiányozna, alig beszélhetnénk az alapot is jelentő erkölcsről. Jó példával szolgáltak erre egyetemünk (NYME) története során az oktatók és a hallgatók egyaránt. Selmezbánya, erdészeti felsőoktatásunk bölcsője óta nagyon sokan tudják hazában, hogy az erdész társadalom együttműködése, összetartozása az erdészettudomány és a gyakorlat terén csodákra képes. A selmeci gyökerekhez tartozott a vadgazdaság-, és belőlük terebélyesedett naggyá a fatudomány is. Ezt és még számos nagyszerű gondolatot hordoznak magukban az emlékerdő fái, amelyek felsorolására most nincsen lehetőség. Úgy hiszem azonban, hogy az erdész, vadász és fás hivatások megértése és megélése erőt ad a szaktudományok magas színvonalú műveléséhez, oktatásához és elsajátításához is. *A tudásalapú társadalmat építjük a 21. században* szakterületünkön is – fejezte be emlékbeszédét az előadó.

Ezt követően Prof. Dr. Peter Schusztar az Osztrák Tudományos Akadémia elnöke és Vizi E. Szilveszter, az MTA elnöke ültette el a 182. hársfát, amely jelképe is lehet a nemzetközi tudományos együttműködésnek.

A faültetést követően az emlékerdő melletti Piknik Parkban dr. Magas László, a Kiskisalföldi Erdészeti Zrt. vezérigazgatója ismertette az 1989. évi határmegnyitás, a vasfűgöny lebontása kezdetének a történetét. Ezután Sopronba mentek a résztvevők. Itt a Széchenyi téren a Széchenyi-szobor előtt Mátyás Csaba akadémikus emlékezett a legnagyobb magyarra. Itt is koszorúzásra került sor.

A hagyományossá vált tudományos ülés a NYME rektori tanácstermében volt, ahol az Osztrák és a Magyar Tudományos Akadémia elnökei tartottak érdeklődéssel várt előadást a nemzetközi tudományos együttműködés helyzetéről és jövőjéről.

A Széchenyi-emléknap Nagycenken, a Széchenyi-mauzóleumban koszorúzással zárult.

2007-ben a Magyar Tudomány Ünnepe Sopronnak és környékének változatlanul kitüntetett szerep jutott. Szeretnénk, ha a közeli években a Magyar Tudományos Akadémia ünnepi nagygyűlésére is Sopronban kerülne sor. Itt az akadémiai emlékerdő mellett nyitották meg a rendszerváltás kapuját a soproniak Nyugat felé. Ezen a kapun át várjuk majd az európai tudományos élet képviselőinek az érkezését, hogy a jövőben is együtt ünnepeljük a tudomány eredményeit és azokat, akik sokat tettek és tesznek a tudományos haladásért, jólétünkért.

Kulcsszavak: *kutatási együttműködés, az Akadémia alapítása, emléknap, akadémiai erdő, kislevelű hárs, koszorúzás*



## Interjú

### A KOMBINATORIKA ÉS A SÉTA MESTERE

Bán László beszélgetése Szemerédi Endre matematikussal,  
az MTA rendes tagjával,  
a Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet  
és a Rutgers Egyetem kutatóprofesszorával

Ez év elején az Amerikai Matematikai Társulat legrangosabb, Leroy P. Steel-díját Szemerédi Endre nyerte el a *Nagyhatású hozzájárulás a matematikai kutatáshoz* kategóriában. A díjat az *Acta Arithmetica* című folyóiratban, 1975-ben megjelent *On Sets of Integers Containing No  $k$  Elements in Arithmetic Progression* című dolgozatával érdemelte ki. Ebben egy évtizedekig megoldatlan matematikai probléma bizonyítását adta meg: Erdős Pál és Turán Pál 1936-ban fogalmazták meg azt a sejtést, hogy az egész számok bármely pozitív sűrűségű sorozata tartalmaz akármilyen hosszú számtani sorozatot. A díj indoklása szerint Szemerédi Endre munkája a „kombinatorika valódi mesterműve, amely olyan új ötleteket és eszközöket tartalmaz, amelyeknek a hatása messze túlmutat a szóban forgó nehéz probléma eldöntésén”.

*Ennyire „lassú” tudomány a matematika, hogy egy kérdés megoldása negyven évet várhat magára, s aztán több mint harminc év kell ahhoz, hogy honorálják az eredményt?*

A problémák jelentős része hosszú ideig megoldatlan, néha több száz évig! A legismertebb talán a híres, Karinthy által is említett Fermat-sejtés, amit nem is olyan régen Andrew Wiles oldott meg. De ott vannak a talán nem szakértők által is ismert olyan további problémák, mint a Riemann-sejtés, a Goldbach- és az ikerprím-sejtések, amelyek több száz éve ellenállnak minden megoldási kísérletnek. Ennek ellenére azonban azt gondolom, hogy előbb-utóbb mindegyikre megszületik a megoldás, néhol már egészen közel vannak...

*Ön szerint tehát mindegyik biztosan megoldható?!*

Arra nem mernék vállalkozni, hogy egy ilyen kijelentést tegyek, de ez valami olyasmi, mint egy gótikus templom: fel kell építeni az elemekből, amelyeket először szintén meg kell alkotni, csak a végén jön a torony. A Riemann-sejtésnél is, és az ikerprímnél is sok biztató eredmény volt mostanában. Az ikerprím-sejtés esetében – amelyik ugye, azt mondja, hogy végtelen sok olyan prímszám

van, amelynél a kettővel nagyobb szám is prím, tehát például 11 és 13 stb. –, a magyaroknak is komoly szerepük lehet, elsősorban Pintz János nevét kell említeni, aki már egy nagyon fontos „követ” letett az asztalra, amelynek komoly nemzetközi visszhangja volt. Én azt hiszem, legtovább a Goldbach-sejtés fogja tartani magát.

Ami azt a kérdést illeti, hogy miért várta magára olyan sokat valamilyen eredménynek az elismerése a matematikában, arra is pontosan ez az építkezési mechanizmus a válasz: sok idő kell ahhoz, amíg más területek megismerik, átveszik és beépítik ezeket az elemeket. Az én esetemben is ennyi idő kellett ahhoz, hogy az akkor, 1975-ben egyszerűen kombinatorikainak tekintett munka átkerüljön olyan területekre is, amelyek az „igazi matematikához” tartoznak, mint például az ergod-elmélet vagy a harmonikus analízis.

*Melyek azok az „új ötletek és eszközök”, amelyek az Ön révén hatással lehetnek erre a mai matematikára? Közülük a legismertebb talán az ún. regularitási lemma: próbálja ennek jelentőségét is megvilágítani nem matematikusok számára.*

Technikailag a regularitási lemma azt állítja, hogy minden gráf felbontható kevés, „jól viselkedő” gráfra. Ez általánosítva és durván fogalmazva azt jelenti, hogy nincs tökéletes káosz! Mondok egy másik példát arra, hogy nincs tökéletes káosz: ha egy gyerek egy csomó pontot rajzol a táblára, és tetszés szerint, vagyis összevissza összeköt pontpárokat, mondjuk pirossal és kézzel, akkor ebben a látszólag teljes káoszban a matematikus mindig tud valamilyen kisebb részekben rendet, szabályosságot találni, nevezetesen, tud találni olyan pontokat, elég sokat, amelyek között bármelyik két él ugyanolyan színű. Igazából

a kombinatorika egyik legfontosabb kérdése hetven éve, hogy mekkora ez a ponthalmaz, ez a kis rész?!

*Úgy érte, nem egyszerűen a matematikában, hanem a világban?!*

Igen. Úgy gondolom, minden látszólagos káoszban van tehát valamilyen mértékű rendezettség. Persze, ezt az állítást én nem tudnám igazából megvédeni, de úgy tudom, használták már a tételt például a biológiában is, azonban ahhoz én sajnos nem értek, mert apám kedvéért ugyan elkezdtem az orvosi egyetemet, de az első félévben, 1958-ban megszöktem az orvosiról...

*...hogy azután inkább a matematika tudományát gazdagítsa. A díjat a Nagyhatalú hozzájárulás a matematikai kutatáshoz című kategóriában kapta: vannak-e tehát követői, mint például Green és Tao, akik állítólag az Ön nyomán érték el azt a korszakos eredményt, hogy a prím-számok között is található bármilyen hosszúságú számtani sorozatok.*

Nehéz megmondani, mit jelent az, hogy „követői”. Az tény, hogy például a tétel megismerése után Fürstenberg – talán attól inspirálva – egy ergod-elméleti bizonyítást adott a tételre, és egészen új elméleteket és módszereket dolgozott ki az ergod-elméletben: többek között ezért kapta a Wolf-díjat. Azután sokan használták a regularitási lemmát diszkrét matematikában és főleg extrémális gráfelméletben meg elméleti számítástudományban.

*Az elmúlt évtizedekben állítólag több, afféle matematikai Nobel-díjnak tartott Fields-érmét és Wolf-díjat kaptak olyan kutatók, akik az Ön munkájából indultak ki. Kikről, milyen eredményekről lehet szó?*

Gowers például 1998-ban egy forradalmian új bizonyítást adott a tétel egy erősebb formájára, harmonikus analízisbeli eszközöket is felhasználva. Ezért az eredményéért Fields-érmét kapott. Később sok matematikus a harmonikus analízis területéről kezdett el a témával foglalkozni, többek között az említett Terence Tao és Ben Green. Híres tételük bizonyítása állításuk szerint három alappillért támaszkodik, amelyek egyike a K-tagú számtani sorozatról szóló Szemerédi-tétel. Tao 2006-ban szintén Fields-érmét kapott, és az értékelésben első helyen említik a Greennel való közös eredményt. Green egyébként az egyik legfontosabb számelméleti díjat, a Ramanujan-díjat is megkapta az idén. Amit még fontos megemlíteni, hogy Green nagyon sokat dolgozott Ruzsa Imrével, akit én az aritmetikus kombinatorika legnagyobb hatású kutatójának tartok a világon. Nagyon büszke vagyok rá – és ez nem valamiféle álszerénység –, hogy jelent meg közös dolgozatunk, és az állítólag, egyszerű volta ellenére, sokak számára adott valamit, legalábbis voltak ilyen visszajelzések. Én őt egészen kivételes tehetségnek tartom, sokkal eredetibb és lényegesen nagyobb hatású nálam, hihetetlen nagy matematikus. Annak ellenére, hogy mi személyesen igazán nem kerültünk kapcsolatba egymással, nagyon örülök annak, hogy mostanában kezdi megkapni az őt megillető elismeréseket itthon és külföldön is.

*A kombinatorikát, illetve a gráfelméletet sokan a matematika amolyan magyar ágának tartják, amelyhez talán kevesebb elméleti tudás, de annál több furfang, sajátos lelemény kell. Oszítja Ön ezt a véleményt?*

Azt hiszem, hogy az valóban igaz, hogy a kombinatorika és az elemi számelmélet főképpen Erdős Pál professzor úr hatására lett rendkívül

intenzíven művelt ága a matematikának, talán ezért tartják ezt a területet „magyar” matematikának. Sok nevet mondhatnék, most csak néhány 55 év felettit említek: T. Sós Vera, Hajnal András, Lovász László, Katona Gyula, Füredi Zoltán, Simonovits Miklós, Sárközi András, Frank András, Bárány Imre, Pach János, Györy Ervin – ami természetesen nem fontossági sorrend. Talán az igaz, hogy itt jelentős eredményeket lehet elérni aránylag kevés eszköz felhasználásával: nagyon sok eredményhez egy jól képzett középiskolás is eljuthatna, ha csak az alkalmazott eszközöket vesszük figyelembe. Természetesen ezek alkalmazása már nagyon bonyolult lehet, és a megoldások megértése is komoly nehézségeket okozhat rendkívül felkészült és képzett matematikusoknak is. Maga a furfang viszont szerintem a matematika minden területén hasznos és fontos fegyver.

*Szóval, azért az nem úgy van, ahogy az egyszeri riporter elképzeleli, hogy az ember csak úgy nekiül és „kilogikázza”?!*

Hát, csak akkor üljön neki, ha van két interjú között legalább három hónapja, akkor esetleg érdemes elkezdni gondolkodni... És azért azt se vegye készpénznek, hogy annyira egyszerűek az alkalmazott eszközök: mára már, ahogyan a kombinatorika megjelent a matematika más ágaiban, használják máshol, ezek a területek is hatnak a kombinatorikára, s ezzel behozzák a saját eszközeiket ide. A Lovász Laci 60. születésnapján rendezendő konferenciának pont az lesz a mottója, hogy „bridges”, mivel az ő munkássága tényleg hidakat teremtett különböző területek között.

*Ön eredetileg hogyan került közel a kombinatorikához? Netán, mint az említett nevek közül sokan, csodagyerekként?*



Áh, én aztán nem voltam csodagyerek. Csak a nevezetes tizenegy magyar nevét tudtam apám unszolására felsorolni. Ha valaha is arra kényszerülnék, hogy a tv-ben egy kvízzjátékban részt vegyek, akkor esélyem csak a sport és esetleg a film témájából lenne. A sport mindig érdekelt, a régi Filmmúzeum pedig közel volt a TTK-hoz. Oda is hogyan kerültem?! Matematikából a gimnáziumban mindig könnyen ötös voltam, de nem foglalkoztam vele különösebben, hiszen apám, ugye, orvosnak szánt. Amikor azt otthagytam, és éppen a Finommechanikai Műveknél dolgoztam segédmunkásként, akkor egy középiskolai barátom azt mondta, hogy ha nincs jobb dolgom, akkor szerinte nekem jelentkezni kéne az ELTE matfiz szakára. És azután, már ott az ELTE-n, Turán Pál kivételes számelméleti óráját hallgatva gondoltam arra, hogy esetleg matematikus leszek. Turán Pál professzor urat rendkívül tiszteltem, nagyon sokat jelentett nekem. Nemcsak mint matematikus volt rám nagy hatással, hanem az embersége is rendkívüli volt, nagyon jól esett, amikor például egy operáció miatt kórházba kerültem, már ő ... nagybeteg volt, mégis meglátogatott.

*Ő adta tehát az első impulzusokat, de hogyan haladt azután tovább?*

Nézzé, én alapvetően lusta ember vagyok, már huszonkét éves voltam, amikor egyáltalán elkezdtem matematikán gondolkodni. Nem is tanultam akkor „igazi” matematikát, de aztán Erdős Pál professzor volt rám igen nagy hatással, ő biztatott végül is arra, hogy intenzíven foglalkozzam kombinatorikával. Számptalan problémát, feladatot adott, nélküle, ezek nélkül a kihívások nélkül bizonyosan nem lettem volna matematikus. Más kérdés, hogy volt ebben egy-két vargabetű, például

az, hogy valamikor, talán 1968-ban egy barátom unszolására kimentem Moszkvába, egy Gel'fand nevű matematikushoz tanulni. Ő nagyon híres matematikus volt, de mint kiderült, olyan területekkel foglalkozott, amiről nekem halvány fogalmam sem volt. Szóval, Gel'fond, o-val, lett volna az, aki olyasmit csinált, mint Turán Pál, valójában tőle akartam volna tanulni. Így aztán ott voltam, több mint két évet, tévedésből, egy betű miatt...

*Nem mondja komolyan?! Miután ez kiderült, miért nem próbált átmenni Gel'fondhoz?*

Hát, akkor már nem lehetett, és én félénk ember vagyok, ez akkor már formailag, ügyintézésben is bonyolult lett volna... A félelmetes az, hogy még ugyanabban az évben, amikor kimentem, volt itthon egy konferencia, és mint oroszul jól tudót (az egyetemen kétszer buktam oroszból...) engem rendeltek Gel'fond mellé, így ismertem meg személyesen. Rendesen segitettem is neki, mert hol a feleségének kellett cipőt, hol a lányainak pulóvereket venni – akkoriban ez nagy dolog volt, mert nekik különben a GUM-ban kellett volna sorba állni a semmiért. Szóval, így nagyon jóba lettünk, és akkor mondta, hogy menjek át hozzá. Kedves ember volt, de sajnos két hónap múlva meghalt infarktusbán. Így aztán maradtam Gel'fandnál. Ez aztán akkor már betette a kaput, harmincéves lettem, és akkor már nagyon nehéz lett volna elkezdni igazából tanulni, nagyon bánom ma is. Megmondom őszintén, az a tervem, ha végleg nyugdíjba vonulok, akkor beiratkozok az egyetemre...

*Most megint ugrot?!*

Nem, nem, komolyan mondom. A pesti egyetemre, matematikus szakra. A matfizen ugyanis csak a harmadik évben lettünk ma-

tematikuskok, és balszerencsénkre a legtöbb nagy matematikus akkor éppen külföldön volt. Akkor talán ezért nem volt olyan jó a mi oktatásunk, később, utánunk lett jó, azután képeztek rendesen matematikusokat. Talán mi lehetünk a fordulópont: persze, azután kerültek az egyetemre például a Faze-kasból a későbbi nagy matematikusok – ők bizony más minőség, félek is tőlük...

*Hát, furcsa, hogy még egy ilyen díj birtokában is így gondolja – mindenesetre a 1980-as évektől többüket meghívták külföldre.*

*Lovász László hosszú idő után nemrégén tért haza, de jelenleg is kint dolgozik például Babai László, Prékopa András és a többiek. Milyen kapcsolatban van velük, vannak-e esetleg közös munkák, kinti találkozások, netán barátság?*

Természetesen sokukkal kapcsolatban vagyok, illetve vagyunk, feleségestül. Eredetileg Babai Laci ötlete volt, hogy számítástechnikai tanárszéken dolgozzak odakint. Ő hívott meg aztán Chicagóba, ahol végül rövidebb időt töltöttem, de azért dolgoztunk valamennyit együtt is. Prékopa András és a feleségét jól ismerjük, több kellemes estét töltöttünk együtt. Lovász László és családja jó barátaink, de hát igen, Laciék már ismét Budapesten élnek – viszont mi is megyünk haza hosszabb időre megint. Amerikában élő magyar barátaink még Komlós János és Beck József, akik a Rutgers Egyetem Matematika Tanszékén professzorok, Komlóssal is sokat dolgoztunk együtt.

*Hajnal András, akinek a segítségével Ön a most díjazott híres munkát írta, korábban szintén a Rutgers Egyetem professzora volt, gondolom, itt is van összefüggés...*

Ha arra gondol, hogy a Rutgersre is általa kerültem, nem: itt véletlenül én voltam előbb...

De Hajnal András én az igazi mesteremnek vallom, amelle, hogy barátok is vagyunk. Nagyon összehozott minket a kemény moszkvai tél (ő is kint volt akkor), meg a hozzá tartozó vodka – persze, azért matematikával is foglalkoztunk valamennyire. Andrásnak mondtam el aztán, '73-ban, részletesen a bizonyításomat, és ő öntötte írásba, önzetlenül nagyon sok időt töltött velem. Nekem biztos nem lett volna türelmem leírni, mert hiperaktív ember vagyok, hosszú hónapokig kínlódhattam volna az anyaggal. Ráadásul angolul kellett megírni a cikket, márpedig én akkor még egyáltalán nem tudtam angolul. Amikor a végén már nagyon elfáradt, hiszen a bizonyítás elég bonyolult volt, akkor magyarul folytatta, és aztán két barátunk, azóta világhírű matematikusok, Juhász István és Máté Attila fordították a magyarul maradt szöveget angolra, ezúttal is hadd köszönjem meg nekik. Szóval, mindenesetre nagyon örültem, amikor később Hajnal András a DIMACS (az NSF által támogatott kutatóintézet) igazgatója, azután pedig a Rutgers Matematikai Tanszékének professzora lett. Ekkorra már valamennyire megtanultam angolul cikket írni, így örömem talán önzetlennek tekinthető. Ezenkívül András, aki kivételesen jó humorú ember, azt is állítja, hogy telefonálni is ő tanított meg engem, de ez aligha igaz, hiszen annak idején, első találkozásunk előtt én hívtam fel őt telefonon. Persze tény, hogy ma sem szeretek telefonálni, valahogy tartok tőle...

*És ha Erdős Pál volt a vonal végén? Mert úgy tudom, vele is sokat beszélgetett, találkozott...*

Erdős Pál nekünk a Pali bácsi volt, gyakran látogatott meg bennünket Budapesten és Amerikában is. Erdős professzor volt az, aki eredetileg arra biztatott, hogy kombinatorikával intenzíven foglalkozzam. Számptalan

problémát, megoldandó feladatot adott, nélküle bizonyosan nem lettem volna matematikus. Minden feladatra kitűzött valamilyen dollár-díjat, de még mindig sok megoldatlan probléma maradt. Erdős nem volt gazdag ember, ha egyszerre oldották volna meg a problémáit, akkor nem is tudta volna kifizetni. Ron Graham – akivel szintén szoros kapcsolatban volt – feleségével most kiadott egy könyvet, amiben benne van az összes Erdős-probléma, és állni fogják a cejhet, ha valaki küldi a megoldást. Persze vannak, akik nehezményezik, hogy ezáltal lényegében Erdős szellemi örökösének tekinti magát.

*Számomra az izgalmas, hogy egy Turán–Erdős–Hajnal tanítvány miért a számítógéptudományi tanszék kutatóprofesszora: jellemző, hogy elméleti problémákkal foglalkozó matematikusok – például Lovász László – előbb-utóbb kikötnek valamilyen formában a számítógépnél, nem? Miért?*

Erre a kérdésre nehéz egyszerűen válaszolni. A legtöbb, elméleti számítástechnikával foglalkozó kutató persze már a képzése idején is számítástechnikára készült, de valóban sok példa van arra, hogy matematikusok, többnyire diszkrét matematikával foglalkozó matematikusok számítástechnikai tanszéken keresnek és kapnak állást. Az elméleti számítástechnika művelése ugyanis sokszor nagyon nehéz, bonyolult matematikai eszközöket és gondolatokat igényel: szóval, az elméleti számítástechnika szerintem a matematika egyik ága! Egyébként Magyarországon folyt vita arról, hogy hogyan nevezzék a gyereket, elméleti számítástechnika, számítógéptudomány és ki tudja, mi még – egyik sem tűnik túl szerencsésnek. Talán az elméleti számítástechnika a legjobb magyar fordítás... Itt kell említenem, hogy a számítástechnika legalap-

vetőbb elméleti kérdése a *P egyenlő vagy nem egyenlő NP?* probléma. Ez a Clay Intézet által meghirdetett és egymillió dollárral jutalmazott hét probléma közül az egyik. Úgy tudom, hogy a hét közül eddig csak egyet oldottak meg, nemrégiben a Poincaré-sejtést.

*Ez utóbbiról még szeretném kérdezni, de mit jelent – ha egyáltalán földi halandó számára érthetővé tehető – a „P nem egyenlő NP”?*

Hát, magyarul ez azt jelenti, hogy gyakorlatilag semmit se tudunk! Vagyis, hogy valószínűleg vannak olyan feladatok, amelyekre, ha a válasz igen, akkor az könnyen ellenőrizhető, de a megoldás semmiképpen sem található meg polinomiális, mondjuk hétköznapi nyelven, belátható időn belül. Ha valaki ennek az ellenkezőjét bebizonyítaná, akkor a világ összedőlne: ezen alapul ugyanis az összes titkos kód, a bankrendszer, minden. Tehát nem az a kérdés, hogy egyáltalán meg lehet-e oldani egy feladatot, hanem hogy ésszerű, emberileg használható időn belül megoldható-e. Mert lehetséges, hogy egy mai kódot is meg lehet fejteni 128 év alatt, de kit érdekel! Azt is mindenki sejti, hogy ez a fenti egyenlőség igaz, tehát nem omlik össze a világ – de nincs bizonyosság, mert még senkinek sem sikerült bizonyítani az állítást!

*Most akkor rend van a világban, vagy nincs?*

Attól, hogy én nem tudom megtalálni a rendet a világban, attól még ott lehet! Itt pusztán az időről van szó, hogy milyen gyorsan tudok megcsinálni valamit. Newtonék, Gaussék idejében ez nem volt kérdés, ők ezzel nem foglalkoztak, ma pedig igen fontossá vált. Majdnem minden ésszerű problémáról előbb-utóbb kiderül, hogy a megoldása ugyanolyan nehéz, mint valamelyik híresen nehéz probléma megoldása.

*Mindebből mi izgatja Önt legjobban?*

Szeretnék optimális, lineáris idejű algoritmust találni a „súlyozott feszítő fa” megkeresésére. Ez tulajdonképpen gráfelméleti kérdés, ami gyakorlati példára fordítva olyasmint jelent, hogy mondjuk sok város között szeretnénk találni egy olyan útvendszert, aminek minimális a hossza, de minden városból minden városba el lehet jutni. Ennek sincs még meg a megoldása, de azt mindenki sejti, hogy van, kell hogy legyen lineáris algoritmus, amellyel mondjuk az adatszám tízszeresét meg nem haladó lépésben kijön a megoldás. Mindenki arra esküszik, hogy ez előbb-utóbb meglesz. Ugyanakkor viszont botrány, vagy ha úgy tetszik, a matematika szégyene, hogy az ellenkező irányban még az első, egyetlen lépést sem tudtuk megtenni! Nevezetesen, hogy nincs egy konkrét probléma, amelyről be tudnánk bizonyítani, hogy a megoldása biztosan nem lineáris! Ez a szégyenünk, és ezért aztán itt igyekszik mindenki, aki ezen a területen van, így én is próbálkozom...

*Mennyire vannak egyedül? Hiszen ugyan a matematika eredetileg talán egyéni, individuális tudomány, de manapság azért már itt is tért hódított a teammunka, vagy nem?*

Már elég régóta jellemző, hogy a cikkek egy jó része közös munka eredménye, összeállnak ketten-hárman, sőt, többen is, és úgy jutnak valamire. Nálunk persze nincs olyan kényszer, mint a fizikában vagy orvostudományban, ahol a legkorszerűbb eszközök használatának a célszerűsége is összehozza az embereket, de vannak már olyan matematikai dolgozatok, amelyeket akár öten-hatan is jegyeznek. Az eredményeket igyekeznek eljuttatni különböző konferenciákra, ahol sokan összejönnek, megvitatják, szóval működik a dolog, szemé-

lyesen is, de ma már jórészt az interneten jönnek-mennek a problémák...

*Sőt, amit korábban akartam kérdezni, hogy tényleg igaz volt-e az a hír, hogy az orosz Perelman egyszerűen az interneten tette közzé a Poincaré-sejtés fantasztikus bizonyítását?*

Úgy tudom, Perelman először néhány füzetbe írta le bizonyítását, majd (legalábbis Amerikában jó néhány helyen, például Princetonban, a Harvardon) elő is adta. És csak azután tette fel az internetre a bizonyítást! Nem vagyok szakértő ezen a területen, de úgy tudom, jó néhány matematikusnak nagyon sok munkájába került, amíg a bizonyítás elnyerte mostani formáját. Talán a legerőteljesebb a már említett ausztrál Tao ismertetése, de könnyen lehet, hogy az pedig nem tartalmaz minden részletet. A tudósoknak, így a matematikusoknak is nagyon fontos ma már az internet, mert ezen keresztül gyorsan tudják kicserélni gondolataikat. Én egy kicsit másképp vagyok ezzel: egyrészt a matematikát is csak olyan emberekkel tudom együtt művelni, akikkel személyes kapcsolatban, barátságban vagyok. Másrészt a számítógépet maximum a levelek elolvasására tudom használni...

*És persze ezt is komolyan mondja a számítástechnikai tanszék professzora!?*

Hogyne... Mit gondol, miért a feleségem nevére jötték önnek válaszok a leveleire? Én csak a feleségem segítségével tudok írni, a számítógépet tényleg csak e-mail olvasásra használom. Mit csináljak, nem vagyok modern, technikai ember, fényképezni még például soha nem fényképeztem az életben, mobiltelefonom is csak családi kényszer hatására van. A tévét be tudom kapcsolni, hogy a tenisz Grand Slam-eket nézzem, de DVD-t már csak akkor tudok nézni, ha valaki bekap-

csolja nekem. Szóval, idegenkedem a túlságosan bonyolult eszközöktől...

*No akkor, mégis, mint elméleti szakember, mit gondolsz az emberi és gépi intelligencia viszonyának jövőjéről? Sakkban már például versenyképes a gép, a go játékban még állítólag nem, de mindez talán csak idő kérdése: alaptalanok azok a jövőképek, amelyek a gépek hatalmát festik fel?*

A sakkban talán azért ilyen eredményes a számítógép, mert a mostani gyors gépek nagyon sok pozíciót tudnak nagyon gyorsan kiértékelni, és valamilyen algoritmussal ezeket súlyozzák. Az algoritmusok kidolgozásához pedig a legnagyobb sakkozók segítségét is igénybe veszik. Steinitz, a múlt századi híres világbajnok volt a pozíciójáték fontosságának első felismerője: ő nagyon jelentős matematikus is volt, számos munkájára most is hivatkoznak. (Úgy tudom, Bilek nagymesternek most jelent meg erről egy könyve otthon.) A gót nem játszom, de gondolom, ott valószínűleg sokkal több esetet kell figyelembe venni, és a pozíciókat nehezebb kiértékelni. Ami viszont a jövőt illeti, könnyen lehet, hogy nem alaptalanok a futurisztikus képek: arra gondolok, hogy a biológia, a század legfontosabb tudománya az informatikával párosulva elképzelhetetlen kreációkat fog létrehozni, tehát a robotok klónozzák majd egymást és minket, szóval félelmetes dolgok lesznek...

*Ha jól tudom, ideje nagy részét kint tölti: mennyire lett amerikai, nem rohan-e inkább haza, amint lehet?*

Amerika kényelmes, praktikus, dinamikus ország, és nem igaz, hogy primitív, ez egy buta európai előítélet. Én viszont valahogy nem tudok itt megszokni, idegen maradt számomra, minden előnyével együtt. De az élet tény-

leg nagyon kellemes Amerikában, és ennyi idő után természetesen már itt is vannak barátaink, tehát jól elvagyunk. Az év felét viszont otthon töltöttem, néha az egész évet is, nagyon örülünk mindig, amikor hazamehetünk: nemsokára másfél évet leszünk otthon!

*Egy volt tanítványa szerint Ön „a szabad emberek kiváltságos táborába tartozik”. Mit jelent ez – azon túl, hogy öltözködésében, szokásaiban nem igazodik a divathoz? Megvan-e még a régi kék orkándzsekije, s abban jár-e az erdőbe gondolkodni?*

Kedves tanítványom, Csaba, komoly írói erényekkel rendelkezik. De nekem az egyetemen ugyanolyan kötelezettségeim vannak, mint bárki másnak: tanítani kell, kurzusokat tartani, s ami még több időt igényel, a PhD-hallgatókkal foglalkozni. Abba viszont, hogy mit kutatok, tényleg nem nagyon szólnak bele – persze, fontos, hogy pályázzak, granteket nyerjek el, de valóban szabadnak tudhatom magam. A legnagyobb szabadság azonban nekem a séta, amit mindenhol szeretek – erdőben, Duna-parton, háztetőn – és közben néha matematikán gondolkozom. És ha már az öltözködésemre is rákérdezett: általában odafigyeléssel öltözködöm, de sétáimon melegítőben, teniszcipőben és a minden harmadik évben újonnan vásárolt, ugyanolyan dzsekiben járok. Duna-parti sétáim egyike különösen emlékezetes, amikor is közben egy kicsit leültem a parton a Pozsonyi úti templom közelében. Egy nagyon kedves család elsétált mellettem, aztán a férfi visszafordult és egy százast tett le eléem. Nagyon megköszöntem: ez a napom már eredményes volt...

*Kulcsszavak: Szemerédi Endre, kombinatorika, regularitási lemma, gráf, polinomiális, lineáris, számítástudomány*

## Az MTA új külső tagjainak bemutatása

Akadémiánk új külső tagjait arra kértük, hogy kérdéseink közül válasszanak ki hármát-négyet, s ezekre válaszolva tegyék lehetővé, hogy a *Magyar Tudomány* Olvasói valamelyest megismerjék személyüket és munkájukat.

*Mi volt az a döntő mozzanat az életében, amely erre a pályára vitte? Volt-e mestere?*

*Mi volt az az eredmény munkája során, amelynek igazán örül?*

*Van-e, és ha igen, milyen a legkedvesebb tanítványa?*

*Magányos kutató vagy inkább csapatjátékos?*

*Mi az a nyitott kérdés, amelyre választ szeretne kapni?*

E havi számunkban **Hulkó Gábor**, **Petőfi János** és **Vető Miklós** válaszai olvashatók





HULKÓ GÁBOR

1947-ben, Ógyallán született. Szakterülete a rendszer- és irányításmélet. A Slovenská Technická Univerzita v Bratislave Strojnícka fakulta Ústav Automatizácie, Merania a Aplikovanej Informatiky igazgatója. Aelnöke a Szlovákiai Magyar Professzorok Klubjának, a Selye János Kollégium kuratóriumának elnöke, elnökségi tagja a Strojnícka Spoločnosť-nak és a Slovenská Spoločnosť pre Informatiku a Kybernetikunak.

*Mi volt a döntő mozzanat az életében, amely erre a pályára vitte? Volt-e mestere?*

A múlt század hatvanas éveinek végén tudományos segéderőnek jelentkeztem a Szlovák Tudományos Akadémia (SZTA) pozsonyi Műszaki Kibernetikai Intézetében (ÚTK SAV). Itt, a rendszeridentifikáció részlegen írtam a diplomamunkámat is lineáris dinamikus rendszerek identifikációja témakörében Haar-függvények felhasználásával. Ezekben az években az ÚTK SAV a maga több mint 800 alkalmazottjával a SZTA legnagyobb tudományos intézete volt. Ez az inté-

zet volt egyébként a csehszlovák számítástechnikai program egyik fontos munkahelye is, itt fejlesztették ki például a KGST első folyamati irányító számítógépét, az RPP 16-ost. Itt kerültem közvetlen kapcsolatba a tudományos munkával, ami meghatározta további pályámat.

Később a pozsonyi Szlovák Műegyetemen léptem munkába mint kutatómérnök, majd egyetemi oktató. Ezekben a munkahelyeken nagyon sokat köszönhettem az ÚTK SAV tudományos igazgatóhelyettesének, Lubomír Šuteknek, és később Jozef Skákala tanszékvezető műegyetemi professzornak, akik felismerték tehetségemet, támogatták kezdeményezéseimet és munkáimat.

*Mi volt az az eredmény munkája során, amelynek igazán örül?*

A hetvenes évek elejétől foglalkozom a megosztott paraméteres rendszerekkel (MPR). Ezek bonyolult alakzatú 3D-s értelmezési tartományokon megadott rendszerek, amelyeknek dinamikáját általában parciális differenciális egyenletek segítségével értelmezzük. A gyakorlatban térben és időben lejátszódó folyamatokról van szó, melyeknek állapot-, illetve kimenőjeleit mennyiségmezők reprezentálják. Annak ellenére, hogy ezek a rendszerek adják a körülöttünk lévő világ jelenségeinek és folyamatainak a legkézenfekvőbb leképezését, a műszaki élet mégis főleg az időtengely mentén értelmezett „pontosított”, illetve összpontosított paraméteres rendszerekre koncentrálok.

A műegyetem automatizáció és mérés tanszékén hosszú ideig dolgoztunk biokibernetikai témákban is a pozsonyi Komenský Egyetem belgyógyászati klinikájával együttműködve. A különböző belső szervek – máj, tüdő, vese – dinamikájának matematikai

modelljezésén. Állatkísérleteket a prágai Károly Egyetem és a Csehszlovák Tudományos Akadémia kórházkomplexumában végeztünk. Itt szembesültem vele, hogy ezek a belső szervek lényegében mind valós irányított MPR. Épp a modellezett belső szervek anatómiai struktúrái adtak impulzust, hogy újraértelmezsem az MPR-t, és kidolgozzam e dinamikus rendszerek irányításának mérnöki elméletét. Később munkatársaimmal az amerikai *The MathWorks CONNECTIONS* programjában egy szoftverterméket állítottunk össze, amelyet az amerikai cég saját partnertermékeként deklarál web portálján (Distributed Parameter Systems Blockset for MATLAB & Simulink – <http://www.mathworks.com/products/connections/>).

Manapság az informatika robbanásszerű fejlődése nyomán a numerikus dinamikai analízisek széles körben terjednek. Így bonyolult 3D-s értelmezési tartományokon megadott dinamikus rendszerek formájában manapság színes animációk kíséretében gyakorlatilag az összes releváns tudományos és műszaki ismeret a képernyőkön található. A szofisztikált szoftverek a különféle jelenségek, folyamatok tér-idős dinamikáját jelenítik meg. De segítségükkel az irányításhoz szükséges megosztott paraméteres dinamikai jellemzőket is meghatározhatjuk. Így eredményeink alapján a műszaki gyakorlat már kiléphet a „pontosított” rendszerek világából, az időtengelyről a valós világ tér-idős koordinátáinak irányába... Egyébként a tér-idő

szerkezetes irányított anyagi mozgás széleskörű felhasználása új távlatokat kínál a műszaki haladásnak.

*Magányos kutató vagy inkább csapatjátékos?*

Az ifjúsági korosztályban tagja voltam a csehszlovák sakkválogatottnak. Előszeretettel, napokig ültem sakkjátszmák elemzésén és a sakkelmélet tanulmányozásán, valamint szívesen játszottam vakszimultánokat is több ellenféllel egyszerre. Az elméleti munkában manapság is előszeretettel egymagam ülök a sakktáblánál. A fejlesztőmérnöki munkáknál, mint intézet- és kutatócentrum-vezető professzor pedig kedvelem a szimultánpartikat a különböző témakörökben dolgozó kollégákkal.

*Szakmai kapcsolatok Magyarországgal és a Kárpát-medencével?*

1981-ben az automatikus irányítás világgongresszusán Kiotóban (IFAC World Congress) kerültem kapcsolatba Vámos Tibor és Keviczky László akadémikusokkal és további magyar kutatókkal, akikkel folyamatosan tartom a kapcsolatokat. Az utóbbi időben Bokor József és Páczelt István akadémikusokkal vagyok szakmai kapcsolatban. Most éppen egy határon átnyúló együttműködési hálózat összeállításán fáradozunk az autópárai innovációk támogatására a Pozsonyi Műegyetem, a Budapesti Műegyetem és a győri Széchenyi Egyetem intézeteinek és tudásközpontjainak a bevonásával.



PETŐFI JÁNOS

1931-ben, Miskolcon született, ordinárius. Szakterülete a nyelvfilozófia, szövegtan. A Janus Pannonius Tudományegyetem, a Kosuth Lajos Tudományegyetem és az Università di Torino díszdoktora, a szegedi Juhász Gyula Pedagógiai Főiskola magister emeritusa.

*Mi volt az a döntő mozzanat az életében, amely erre a pályára vitte?*

Mindenekelőtt a gimnáziumi magyartanárom órái, amelyek életreszóló érdeklődést ébresztettek bennem az irodalmi művek mint a legkomplexebb verbális jelek „működésének” megismerése iránt. Később pedig – elsősorban a generatív nyelvészettel való találkozás eredményeként – az a felismerés, hogy matematika, fizika és német nyelv és irodalom szakos képzettségem szerencsésen tudom ötvözni e működés mechanizmusának feltárását célzó elméleti koncepció kidolgozásában.

*Mi volt az az eredmény munkája során, amelynek igazán örül?*

Egyetlen eredményt nem tudnék megnevezni, eredményeket felsorolni igen: Azt, hogy

a hasonló célkitűzés megvalósítására törekvő szakmai közösség pozitívan reagált koncepciómra, amelynek eredményeként a 60-as évek végétől az európai szövegtani kutatás élvonalába kerülhettem. Azt, hogy tizenhét évig szabadon választott tematikát taníthatam Németországban és ugyanannyi évet ugyanolyan módon Olaszországban. Azt, hogy meghívott aktív résztvevője lehettem számos nemzetközi konferenciának, köztük három Nobel-symposiumnak is. Azt, hogy vezetésem alatt több mint húsz doktori értekezés készült el, és hogy egykori német, olasz, spanyol, magyar doktori fokozatot szerzett tanítványaim csaknem kivétel nélkül kutatók vagy egyetemi oktatók lettek. Azt, hogy társszerkesztője lehettem a *papire zur textlinguistik / papers in text linguistics* címmel megjelenő első nemzetközi szövegtani monográfia-sorozatnak (Buske Verlag, Hamburg, 70 kötet), valamint szerkesztője a berlini de Gruyter Verlag *Research in Text Theory* című sorozatának, amelyben huszonöt kötet jelent meg. Azt, hogy kutató, oktató és tudomány-szervező munkám elismeréseként több egyetem díszdoktorává fogadott, a Nemzetközi Hungarológiai Társaság pedig Lotz-éremmel tüntetett ki. Az, hogy a Maceratai Egyetem az ottani, 75 éves nyugdíjkorhatár elérése után sem engedett el kötelékéből, hanem – *professor emeritus* címmel megtisztelve – további feladatokkal bízott meg, és az egyetem kiadója egy sajátos multimedia DVD-ROM kiadványt (*Da un ateneo all'altro. Verso la costruzione di una teoria semiotica del testo*) szentelt kutató- és oktatótevékenységem dokumentálására. Végül – de nem utolsósorban – azt, hogy koncepcióm nem maradt a szakma szűk „akadémiai” keretei között, hanem utat talált a különböző iskolafokozaton tanító tanárokhoz és hallgatókhoz, diákokhoz egyaránt.

*Magányos kutató vagy inkább csapatjátékos?*

Abban az értelemben tartom csapatjátékosnak magam, hogy a kollégáimmal folytatott rendszeres véleménycsere, valamint a munkatársaimmal és tanítványaimmal való együttműködés nélkül koncepcióm kidolgozásában nem tudtam volna eljutni oda, ahol jelenleg tartok – azt hiszem, ezt bibliográfiám meggyőzően bizonyítja. A kollégákkal folytatott nemzetközi eszmecsere nagymértékben elősegítette az a tény, hogy a Bielefeldi Egyetem *Zentrum für interdisziplinäre Forschung* elnevezésű kutatóközpontjában számos olyan egyhetes *workshopot* szervezhettem, amelyen tizenöt-húsz, a nemzetközi élvonalba tartozó kutatóval vitathattuk meg a választott téma kutatásának központi kérdéseit és soron következő feladatait.

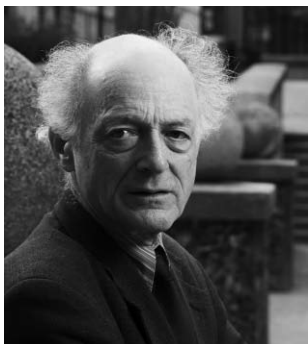
*Mi az a nyitott kérdés, amelyre választ szeretne kapni?*

Arra keresem a választ, hogy mit lehetne, mit kellene még ezen a koncepción kidolgozásának folytatása folyamán alakítanunk, annak érdekében, hogy minden kétséget kizáró módon alkalmas és viszonylag könnyen ke-

zelhető eszközzé válhasson a szövegértés és a szövegalkotás kompetenciájának növelésére, amelyre ma különösen nagy szükség van.

*Kapcsolatai Magyarországgal, a Kárpát-medencével, a tudományos-felsőoktatási világgal?*

A 80-as évek eleje óta – intenzívvé váltak és tartanak mind a mai napig. Ezek a kapcsolatok nagymértékben elősegítették és elősegítik a kollégákkal való együttműködést mind a kutatás, mind az oktatás területén. Itt egyrészt olyan sorozatok létrehozására gondolok, mint a legszélesebb szakmai dialógus előmozdítása érdekében a szegedi kollégákkal együttműködve szerkesztett *Szemiotikai szövegtan*, és a debreceni kollégák közreműködésével létrehozott *Officina textologica* című periodikára (az elsőből eddig tizennyolc, a másodikból tizenhárom kötet jelent meg), valamint a Benkes Zsuzsával együtt írott – a kutatás és oktatás célját egyaránt szolgáló – könyveinkre, szövegtan tematikájú nyári akadémiák szervezésére és gyakori részvételünkre tanári továbbképzéseken a Kárpát-medence egész területén. Másrészt rendszeresen részt veszek hazai konferenciákon, és tanítok doktori iskolákban.



## VETŐ MIKLÓS

1936-ban, Budapesten született, nyugalmazott egyetemi tanár. Szakterülete a filozófiatörténet.

*Mi volt az a döntő mozzanat az életében, amely erre a pályára vitte?*

Pályaválasztásomnak volt egy mély, alapvető és egy mulatságos, alkalmi oka. Az alapvető ok az a megtérési élmény volt, amely 1954-ben az érettségiző budapesti fiút megkeresztelt ateistából hívő katolikká tette. Filozófiával azért kezdtem el foglalkozni – és foglalkozom ma is –, hogy a teremő és megváltó Istent és a világot, amelyet teremtett és megváltott, jobban megérthessem én magam, és magyarázhassem másoknak fogalmi eszközökkel. Az alkalmi ok pedig, hogy amikor a forradalom után menekülteként Párizsba kerültem, a Sorbonne-on haboztam, hogy történelem (vallástörténet) vagy filozófia szakra iratkozzam be. Miután rossz latinista voltam, és a latinvizsga a filozófia szakon könnyebbnek ígérkezett, a filozófiát választottam.

*Mi volt az az eredmény munkája során, amelynek igazán örül?*

Kétféle „szakmai” örömöm volt és van. Az egyik a tanítás: az USA-ban, majd Nyugat-Afrikában, végül pedig Franciaországban.

Nagyon szeretek előadni. Részben, mert igaz örömet okoz, amikor látom hallgatóim érdeklődését, fiatal értelmek és szívek kibontakozását. Részben pedig, mert akkor ért meg az ember legjobban valamit, amikor arról előad, és főleg, amikor harmadszor vagy negyedszer beszél róla. Szinte minden alkalommal ugyanazt előadva újat értek meg, fedezek fel. A másik öröm az írás. Most már majdnem ötven éve írok tanulmányokat és könyveket. Az írás izgalmas és egyáltalán nem előrelátható kaland. Amit a legjobban tudok, arról is mindig új az, amit írok, és jöllehet mindig gondolkodom azon a munkán, amelyen éppen dolgozom, amikor leülök az íróasztalomhoz, még soha nem tudom, hogy mit fogok írni. Pontosabban, hogy ami foglalkoztat, milyen módon jelenik majd meg, és milyen újat fogok meglátni írás közben. Az írással jár a publikálás öröme is. Az ember mindig bizonytalan az értékében annak, amit leírt, és furcsa módon, amikor az írásom nyomtatott formában mint cikk vagy könyv kerül a kezembe, akkor mintha bizonyosabb lennének, hogy ez mégiscsak jó... Könyveimet franciául írom egy, sajnos eléggé szűk filozófus olvasói körnek. Legkedvesebb könyvem talán ma is az első, az, amelyet Simone Weil, a fiatalon meghalt francia misztikus-moralista gondolatvilágának szenteltem. Ez a munka már öt nyelven jelent meg, magyarul is – ez különben az egyedüli könyvem, amelynek van magyar fordítása is. A legfontosabb munkám az ezeroldalas kétkötetes *Kanttól Schellingig*, amely jövőre németül is megjelenik. Idáig főleg filozófiatörténészként dolgoztam, de úgy éreztem, hogy ideje megfogalmazni a „saját” gondolataimat is. Így tavaly nyár óta írok egy metafizikai értekezést, szinte minden lábjegyzet nélkül. Nagyon élvezem, csak azt nem tudom még, hogy ki fogja elolvasni...

*Magányos kutató vagy inkább csapatjátékos?*

Annak ellenére, hogy a tanítás és az eszmecsere termékenyítik a munkámat, én mindig egyedül gondolkodtam.

Ami magyar kapcsolataimat illeti: 1983 óta járok haza előadni, Budapestre és Szegedre. Azért Szegedre, mert én ott voltam egyetemista és résztvevője az '56-os forradalom előtt a MEFESZ megalakításának, és onnan is kellett menekülnöm: várt a börtön. Ami a határos, illetve közeli országokat illeti, pár előadást tartottam Bukarestben, Temesváron, Kolozsváron. Na meg Bulgáriában, Lengyelországban és jó párszor Litvániában.

*Van-e, és ha igen, milyen a legkedvesebb tanítványa?*

A legkedvesebb tanítványom egy egykori Yale-i diákom. Filozófus-teológus, és gyakran találkozunk, még akkor is, ha a University of Virginia, amelynek ő professzora, elég messze esik Párizstól, ahol mi lakunk... Nemrég bevallotta, hogy amikor tanítottam, nagyon öregnek látott, hiszen már harminckét éves voltam... Most, hogy hatvan felé jár, már közeli barátok vagyunk.





## Megemlékezés

2007. december elsején váratlanul távozott sorainkból Krocskó Gyula professzor, ökológus, a kárpátaljai természeti környezet fáradhatatlan kutatója és védelmezője, az ukrainai magyar tudományosság kiemelkedő egyénisége, az MTA külső tagja, az Ungvári Állami Egyetem Biológiai Karának korábbi dékánhelyettese, aki haláláig a II. Rákóczi Ferenc Magyar Főiskola (Beregszász) Biológiai Tanszékének vezetője volt. Tanulmányait 1940-ben Ungváron magyar elemi iskolában kezdte. 1952-ben érettségizett. 1957-ben az Ungvári Állami Egyetemen zoológia, biológia és kémia szakos, kiváló minősítésű tanári diplomát szerzett. 1992-ben védte meg doktori disszertációját. 1993-ban professzorrá léptették elő. 2003-ban választották az MTA külső tagjává. Ugyanezen évtől „hivatalosan” nyugállományú.

Kárpátalja és a Keleti-Kárpátok sokrétű természeti világa egyik legkiválóbb ismerőjének tartották. Mint az egyetem Ökológiai Központjának vezetője sokat tett a Szinevéri Nemzeti Park és a Kárpáti Bioszféra Rezervátum tudományos munkacsoportjainak eredményes működéséért. Az ungvári járásban denevérrézervátum létrehozását kezdeményezte, és elérte, hogy a rahói bioszféra-rezervátum területén gondoskodjanak a barlangok eredeti állapotának megőrzéséről



**KROCSKÓ GYULA**

1934 – 2007

és zavartalan fennmaradásáról. A vadászati tilalom kiterjesztésére vonatkozó javaslataival Kárpátalja nagyvadjainak védelmét igyekezett elérni. Nagy figyelmet szentelt a Keleti-Kárpátokban folyó fakitermelés, a terület emiatt megváltozó vízgazdálkodása és a Tisza okozta árvizek közötti összefüggésekre. Környezetvédelmi tevékenysége a Keleti-Kárpátok és a Felső-Tisza völgyének térségében példamutató volt. Mint oktató, hallgatóit mindenekelőtt természetszeretetre és természeti értékeink megbecsülésére tanította.

Krocskó Gyula melegszívű, emberszerető, végletekig segítőkész tanár volt. „Egyike volt azon professzoroknak, aki azonnal vállalta, hogy segítse a magyar nyelvű felsőoktatás kialakítását Kárpátalján. [...] Mindig felkarolta és segítette a magyar ajkú diákok fejlődését, támogatta első lépéseiket a tudományos pályán, így sokan az Ő emberi, szakmai hozzáállásának köszönhetik, hogy magyar-ként eljutottak a tudományos fokozatig, karriert futhattak be.”<sup>1</sup>

Több mint százötven közleménye jelent meg. Társszerzője Ukrajna *Vörös Könyve* 2. kiadásának. Húsz tankönyv és módszertani munka szerzője, illetve társszerzője, százötven

<sup>1</sup> Orosz Ildikó: <http://www.karpatok.uzhgorod.ua/hetilap/archivum/363szam/v7.html>

diplomamunkát irányított, és öt aspiránsának témavezetője volt. Számos szakmai bizottság munkájában vett részt. Közel ötven éven keresztül magas színvonalon, kitűnő pedagógiai érzékkel tanított. Munkásságáért több állami kitüntetésben és elismerésben részesült.

Halálával a magyar környezettudomány jelentős hatású, nemzetközi szinten is elismert, széles látókörű, sokoldalú szakemberét veszítette el.

*Szabó István Mihály*  
az MTA rendes tagja



## Kitekintés

### ÚJ MAGASHŐMÉRSEKLETŰ SZUPRAVEZETŐ CSALÁD

Új szupravezető anyagcsaládot fedeztek fel japán és kínai kutatók. Az első magas hőmérsékleten szupravezető anyag 1986-ban történt felfedezése óta ez az első nagy áttörés. J. Georg Bednorz és Karl Alexander Müller 1986. szeptemberben jelentette be, hogy lantan-bárium-réz-oxid kerámia anyaguk 35 kelvinen (-238 °C) szupravezetőként viselkedik. A mai 138 kelvines csúcst tartó anyag talliummal adagolt higany-bárium-kalcium-réz-oxid, 1993-ban állították elő először. A korábbi magas hőmérsékletű szupravezető anyagok mindnyikében van réz-oxid; az újakban nincs.

Február 27-én publikálta Hosono Hideo (Tokiói Műegyetem) és kutatócsoportja, hogy lantan-oxigén-fluor-vas-arzenid anyaguk 26 kelvinen szupravezető (*Journal of the American Chemical Society*). A hőmérséklet lényegesen alacsonyabb a más anyagokkal elért csúcsonál, de az anyag összetétele alapvetően eltér a korábbiaktól. A kínai Hefei egyetemén dolgozó Csen (Chen) X. H. és munkatársai március 25-én 43 kelvinen értek el szupravezetést oxigén-fluor-vas-arzenid anyaggal. Három nappal később már 52 kelvin volt a csúc, praeodímium-oxigén-fluor-vas-arzenid vegyülettel, majd április 13-ára kimutatták, hogy ez a kristály 55 kelvinen lesz szupravezető, ha nyomás alatt növesztik. A csúcjavítás, az új anyagok keresése folytatódik. A kutatókat közben az foglalkoztatja, hogy az

új anyagcsaládban ugyanazok a fizikai folyamatok hozzák-e létre a szupravezetést, mint a réz-oxidos anyagokban, vagy valami más. A két anyagcsalád jelentős hasonlóságot, de fontos különbségeket is mutat. A korábbi anyagok réz- és oxigénrétegeinek az újaknál a vas- és arzénrétegek felelnek meg. A szerkezet tehát hasonló, de a régi anyagokban a rézion egyetlen elektronja vándorolt, az újakban minden vasion két elektront ad. A régi és az új anyagok egyaránt rossz elektromos vezetők, mielőtt szupravezetővé válnának, mindkét anyagcsalád tagjai azonos mágneses tulajdonságokat mutatnak: antiferromágnesesek. Ha az derül ki, hogy az új anyagokban más mechanizmus rejtőzik a szupravezetés mögött, akkor jó esély adódhat arra, hogy megszülessen a magashőmérsékletű szupravezetés máig hiányzó elméleti magyarázata.

Cho, Adrian: Second Family of High-Temperature Superconductors Discovered. *ScienceNOW Daily News*, 17 April 2008.

J. L.

### ÖNGYÓGYÍTÓ GUMI

Öngyógyító gumit alkottak francia vegyészek: a kettészakadt gumí széléit összeillesztve a darabok ismét összeforrnak egymással. A sikeres laboratóriumi kísérleteket követően megkezdődött a fejlesztés, a tudóscsoportot vezető Ludwik Leibler először könnyen javítható játékokat készítene az új anyagból.

A hagyományos gumi úgy viselkedik, mintha egyetlen folytonos és rugalmas molekulából állna, amelyben erős kovalens kötések kapcsolják egymáshoz a részeket. Ha a gumi darab eltörik, a kémiai kötések véglegesen megszakadnak, nem lehet újraéleszteni őket. Leibler kutatócsoportja egyszerű, hétköznapi anyagokból indult ki, növényi olajok zsírsavvaiból és karbamidból hozták létre az öngyógyító gumit. A zsírsavak és a karbamid reakciójaként egy kétlépéses folyamatban nitrogéntartalmú csoport kapcsolódik a zsírsavmolekulák végéhez. Ezek a nitrogéntartalmú csoportok savszármazékok, például amidok, amelyekben az -OH csoport helyére NH<sub>2</sub> csoport lép, vagy imidek, amelyben az alapvegyület =O szerkezeti elemét =NH helyettesíti. A reakció során többféle molekula keletkezik, lesznek olyan zsírsavak, amelyekhez két, másokhoz három amid vagy imid csoport kapcsolódik. A molekulákat hidrogénkötések, hidrogénhidak kapcsolják egymáshoz.

Ebből a többféle molekulából álló keverékből nem lehet az eredeti gumihoz hasonló egységes felépítésű anyagot létrehozni. A tulajdonságok egy része mégis hasonló, például az új anyag is jelentősen, eredeti hosszának akár ötszörösére is megnyújtható. A feszítő hatás elmúltával ez is visszatér eredeti formájára, méretére, de az igazi gumitól eltérően ez a visszaállítás lassú, kb. egy percet vesz igénybe. Ha az új anyagot két részre vágják, akkor a szomszédos csoportokat összekötő hidrogénkötések megszakadnak, szabaddá válnak a zsírsavmolekula végéhez kötődő amidok és imidek. Ezek viszont szeretnének ismét egy partnerhez kapcsolódni, ezért ha az anyag két darabját egymáshoz szorítják, akkor újra létrejönnek a kémiai kötések, újra felépülnek a hidrogénhidak. Minél hosszabb ideig érintkezik egymással a két darab, annál több elemi

kapcsolat épül ki, annál erősebben kapcsolódik egymáshoz a két darab, annál teljesebb lesz az öngyógyítás. Negyedóra elteltével már elvisel egy kétszeresre nyújtást az anyag, kissé hosszabbra nyújtva azonban elszakad, mégpedig az összeillesztés helyén. Laboratóriumi kísérletek szerint az öngyógyító folyamat, a molekulák közti újabb és újabb kapcsolódások kiépülése még 18 óra elteltével sem áll le.

Öngyógyító anyagot már korábban is létrehozta, de azoknál vagy melegítésre, vagy komoly erőhatásra volt szükség az újbóli összekapcsolódáshoz. A francia kutatók gumija szobahőmérsékleten gyógyul, a darabokat elég csak finoman összeérinteni.

Cordier, Philippe et al.: Self-healing and Thermoreversible Rubber from Supramolecular Assembly. *Nature*. 21 February 2008. **451**, 997–980.

Sanderson, Katharine: Self-healing Rubber Bounces Back. *Naturenews*. 20 February 2008. (doi:10.1038)

J. L.

### „FEHÉR LYUKKAL” MODELLEZIK A FEKETE LYUKAT

A fekete lyuk tölcészerű *gödör* a téridőben, az eseményhorizonton túlhaladt fény vagy részecskék számára nincs visszatérés. A fehér lyuk *hegy* a téridőben, amely olyan meredek, hogy semmi sem tud felérni a csúcára. A fehér lyuk eseményhorizontja ott van, ameddig a csúcst meg lehet közelíteni. A fehér lyukak nem stabilak, nem léteznek a természetben.

Az eseményhorizontot folyó-hasonlással is szokás szemléltetni. A folyóban halak úsznak felfelé, maximális sebességgel. Ahogy haladnak felfelé, a folyó egyre gyorsabban folyik szembe, egy ponton sebessége megegye-

zik a halakéval. Ez lesz a fehér lyuk eseményhorizontja, a halak ennél a pontnál nem tudnak továbbjutni. Thomas G. Philbin és munkatársai (St. Andrews Egyetem, Skócia) mikrostrukturált optikai kábelben lézermimpulzusokkal valósították meg a fehér lyuk eseményhorizontját. A kábelen elindított infravörös impulzus olyan intenzív volt, hogy megváltoztatta a fény haladási sebességét a kábelben. Az utána küldött második, kissé hosszabb hullámhosszú impulzus az elsőnél gyorsabban haladt előre, majd azt utolérve lelassult, egy ponton megegyezett a két impulzus sebessége. Ezen az eseményhorizontnak megfelelő ponton a második impulzus rövidebb hullámhosszúvá nyomódott össze, és az első impulzusnál lassabban haladt tovább, vagyis nem tudott feljutni a „hegy csúcsára”.

A kísérletezők következő célja a Hawking-sugárzás kimutatása. A kvantumfizika szerint a fekete lyuk sem teljesen fekete, sugárzást bocsát ki. A vákuumban fotonpárok keletkeznek, a pár egyik tagja az eseményhorizonton belül, a másik kívül; utóbbi megmenekül, ezt jósolta meg Stephen Hawking 1975-ben. A gyenge sugárzás nem mutatható ki közvetlenül a mikrohullámú háttérsugárzás mellett, létezését még nem sikerült igazolni. A fehér lyuk analogonnak is sugározni kell. A kábelben gyorsan változó sebességgel haladó fény részecskéket szabadít ki a vákuumból. Ezek gyenge, de a számítások szerint észlelhető sugárzást adnak. Ennek kimutatására, a Hawking-sugárzás észlelésére készülnek.

Philbin, Thomas G.: Fiber-Optical Analog of the Event Horizon. *Science*. 7 March 2008. **319**, 1367–1370.

Cho, Adrian: Test of Hawking's Prediction on the Horizon with Mock „White Hole”. *Science*. 7 March 2008. **319**, 1321.

J. L.

## FÉNYÉRZÉKELŐ VAK EGEREK

Tökéletesen vak egereket tettek egy génterápiás eljárás segítségével fényérzékeltető svájci (Friedrich Miescher Institute for Biomedical Research) kutatók az amerikai Harvard Medical School munkatársaival együttműködve. A kutatási programot a jelenleg Bázselban dolgozó magyar neurobiológus, Roska Botond vezeti. A kezelt állatok nem csupán a fényt érzékelték, de bizonyos méretű mozgó mintázatokat is meg tudtak különböztetni.

Az egerekből teljesen hiányoztak a retina fényérzékeltető sejtjei, az ún. fotoreceptorok. Kórképük megfelel az emberi *retinitis pigmentosa* nevű, a fotoreceptorok pusztulásával járó betegségnek, illetve az időskori vakságot okozó makuladegenerációnak.

A kutatók a fotoreceptorokkal nem rendelkező egerekben a retina következő sejtretégének sejtjeit, a fény intenzitását detektáló ún. bipoláris sejteket „tanítják” fény érzékelésére. A bipoláris sejteknek két típusa létezik: az ON, vagyis bekapcsoló sejtek működésbe lépnek, amikor megjelenik a fény, az OFF sejtek pedig fény hatására elhallgatnak. A vak egerekben ezek is működésképtelenek voltak, hisz a fényérzékeltető sejtektől semmiféle információ nem érkezett hozzájuk.

Roska Botond kutatócsoportja egy fényre érzékeny alfafaj egyik génjét építette a bekapcsoló sejtekbe; olyan gént, amely az alga fényérzékeny fehérjéjének termelődését kódolja. Az ON bipoláris sejtekben így megindult az ún. ChR2 (channelrhodopsin-2) fehérje termelődése. A sejtek így fényérzékeny nyé váltak, fény hatására be tudtak kapcsolni, és képesek voltak üzeneteket küldeni az agynak. A kutatók a ChR2 gént úgy módosították, hogy csak az ON sejtekben tudjon működni, így az agy egyértelmű jeleket kapjon.

A tudósok megállapították, hogy a kezelt egerek agya – a kontrollcsoport tagjaival elmentésben – érzékeli a fényt, sőt viselkedésvizsgálattal azt is bizonyították, hogy az egerek formák megkülönböztetésére is képesek. Méretek szempontjából a látásuk feleolyan jó, mint az egészséges állatoké, azaz kétszer akkora tárgyak érzékelésére képesek, mint az egészségesek.

Roska szerint remény van arra, hogy az eljárás embereken is alkalmazható lesz az említett két betegcsoportban. Elmondta, hogy egy olyan génterápiás módszer fejlesztésén dolgoznak, amelynek során egy ártalmatlan vírusba építik be az alga „fényérzékeltető” génjét, és a vírus genetikai módosításával szeretnék elérni, hogy csak a bekapcsoló bipoláris sejtekben szaporodjon, így csak azokban termelődjön fényre reagáló fehérje. Ám még évekre van szükség, hogy embereken is kipróbálhassák az eljárást. „Vak emberek számára már az is óriási dolog lenne, ha érzékelnék a fényt, vagy a nagyobb tárgyakat” – mondja Roska Botond.

*Nature Neuroscience*. 27 April 2008. | doi:10.1038/nn.2117

*Nature*. 25 April 2008. | doi:10.1038/news.2008.781

G. J.

## ELKÉSZÜLT A KACSCSŐRŰ EMLŐS GENOMJA

Elovlásták a kacsacsőrű emlős (*Ornithorhynchus anatinus*) örökítőanyagának teljes betűsorrendjét. A munkát egy nemzetközi kutatócsoport végezte Wesley Warren (Washington University, St. Louis) vezetésével. Nem véletlen, hogy a különleges állat, mely tojást

rak, mint a madarak, szőre van, mint az emlősöknek, és mérget termel, akár a kígyók, DNS-ében egyaránt találtak az ősi hüllőkre és az emlősökre utaló jellegzetességeket.

Érdekes azonban, hogy a kacsacsőrű emlős ivari kromoszómái sokkal inkább emlékeztetnek a madarak ivari kromoszómáira, mint az emlősökéire. Megtalálható bennük az emberi ivari kromoszóma „öse” is, de nincs szerepe az állat nemének kialakításában.

A hím kacsacsőrű emlősök hátsó lábain méregmirigyek vannak, melyek fájdalmat okozó, de veszélytelen anyagot termelnek. A méreg kémiaiilag hasonlít bizonyos kígyóméreghez, a gének analíziséből azonban arra a következtetésre jutottak, hogy ez a védekező mechanizmus egy, a hüllőktől független evolúciós fejlődés eredménye.

Meglepetés volt az is, hogy a kacsacsőrű emlősben bizonyos, a szaglóhám egy speciális területén található receptorok száma jóval nagyobb, mint bármely más állatban. E receptorok jelenléte a kutyákat is igen eredményessé teszi a táplálék megtalálásában. A kutatók szerint ezek a gének arra engednek következtetni, hogy a víz alatt csukott szemmel úszó kacsacsőrű emlős szaglását jelentős mértékben tájékozódásra is használja.

Jenny Graves, a közlemény egyik ausztrál szerzője szerint a kacsacsőrű emlős genomjában lévő információk megértése az emberi evolúció megértésében is segíthet. Szerinte ugyanis az ember és a kacsacsőrű emlős DNS-ének összehasonlításával fontos információkhoz lehet majd jutni az emlősök kialakulásáról és evolúciójáról.

*NewsScientist.com*. 07. 05. 2008

*Nature* | doi:10.1038/nature06936

G. J.

Jéki László – Gimes Júlia



## Könyvszemle

### Értelem és Történelem

Az *Értelem és Történelem* című, a Műegyetem Filozófia és Tudománytörténet Tanszéke és a tanszéken működő *Tudományfilozófia és Tudománytörténet doktori iskola* oktatói és hallgatói által összeállított tanulmánykötetben az olvasó a tudománytörténetet és tudományfilozófiát az elmúlt évtizedekben jellemző elméletekbe és az azokat körülvevő vitákba nyerhet betekintést. A kötetről egy igen jó *Tudomány a filozófia és a történelem tükrében* című, a szerkesztők által jegyzett bevezető tanulmány ad áttekintést. A kiindulási alap továbbra is a „kuhni fordulat”, vagyis az a szemlélet, amely a tudományos nézetek történelmi változásait mint társadalmi-emberi jelenséget vizsgálja, és ezen vizsgálódás központjában a pszichológiai és szociológiai tényezőket állítja.

A tudományháborúk során, melynek a Sokal-ügy a legismertebb mozzanata, ez az alaptétel ismét támadás alá került. Eközben az ún. *science and technology studies* (továbbiakban STS) a filozófiában (ahol jócskán voltak Kuhnnek előzményei) és a tudománytörténetben évtizedek óta elfogadott, intézményszerű diszciplína – és mint ilyenek, kialakultak a saját irányzatai, belső vitái.

A tanulmánykötetben ugyan találhatóak cikkek, amelyek az STS létjogosultságával foglalkoznak, és a bevezető nagyon jó áttekinthető képet nyújt, azonban a legtöbb cikk inkább a belső vitákra fókuszál, feltételezve az

alapelvek és kifejezések ismeretét (és elfogadását). A cikkek írói különféle irányzatokhoz tartoznak, és ugyan kifejezetten vitacikkek nincsenek a kötetben, de bizonyos kérdésekben eltérő véleményeket olvashatunk, kiváltképpen akkor, amikor más kiindulópontból érkeznek ugyanahhoz a kérdéshez. Rendkívül érdekes például, hogy Kutrovácz Gábor a tudományháborúkról szóló cikkében, filozófiai szinten a szimmetria tézist megvédelmezi, míg Zemplén Gábor a tudománytörténet-írás praxisával foglalkozó cikkében komolyan megkérdőjelezi eme tézis tarthatóságát.

Van-e létjogosultsága a tudománytörténetnek és -szociológiának?

**Margitay Tihamér** cikke az ismeretelmélet szintjén ad választ arra, hogy miért érdemes a tudománytörténetre hallgatni, ha a tudomány a vizsgálódásunk tárgya, ahelyett, hogy egyszerűen a mai kortárs tudományt vizsgál-nánk. Érvelése szerint, bár első ránézésre a tudománytörténeti érvek gyengébbek a tudományfilozófiaiaknál, mivel a történeti rekonstrukció egy újabb bizonytalansági tényezőt vezet be, azonban ez a történeti rekonstrukció sokkal könnyebben elfogadható, hétköznapi előfeltevéseket igényel, ezért mégis episztemiológiailag megbízhatóbb eredményeket ad, mint a kortárs tudományra szorító tudományfilozófus rekonstrukciói.

**Demeter Tamás** cikke a tudásszociológia ellenében foglal állást, legalábbis ami „lágyabb” tudásterületekre (vallás, filozófia, művészetek) való alkalmazhatóságát illeti, alapvetően azért,

mert az eddigi kísérleteket sikertelennek tekintti, és helyette az emancipatórikus ideológiai kritikát javasolja módszertanként. Felmerül többek között a szociológiai magyarázat determinisztikussága is, mely szerinte nem hagy teret a kreativitásnak – ezen érvelése erősen párhuzamba állítható a tudományháborúkban a „természettudós fél” érvelésével.

*Milyen is az SSK, illetve kuhniánus tudománytörténet?*

Kuhn és a tudásszociológia elméletei körül heves viták zajlottak, melyek során különféle értelmezései, rekonstrukciói születtek ezeknek a tudománytörténeti és filozófiai programoknak. Gyakori kérdések a racionalizmus és relativizmus problémája, illetve a szociológiai magyarázatok determinisztikusságának a problematikája.

**Laki János** cikkében Kuhn egy racionális értelmezését nyújtja, a paradigmaváltás kuhni evolúciós metaforájának hangsúlyozásával, amely egy utilitáriánus racionalitást jelent, szemben az elterjedt *gestalt* metaforával, amely a paradigmaváltást egy irracionális pszichológiai, illetve szociológiai jelenségként állítja be. **Yehuda Elkana** cikke ezzel szemben a Kuhnra jelentős hatást tévő Ludwik Fleck *gondolkodási közösség* elméletét mutatja be, mely egyfajta társas ismeretelmélet.

**Kutrovácz Gábor** cikke a tudományháborúkban a tudásszociológia szimmetria tézisének a következményeiről szóló vitákat vizsgálja, rekonstruálva több fél álláspontját, vezérfonalként a tudásszociológia módszertani idealizmusát helyezve a fókuszba. A szimmetria tézis és az STS alapvető célkitűzései magukban foglalják, hogy a tudományos tudás a vizsgálódásuk tárgya, a science studies metasintet képez a természettudományokhoz képest, mivel vizsgálatának tárgyává teszi

a tudósok véleményalkotásai mechanizmusait, ezért elkerülhetetlenül felfüggeszti az ezekre vonatkozó normatív kritériumokat.

**Gurka Dezső** a metafizikai elkötelezettség témakörét vizsgálja Poppnernél, Kuhnánál és Lakatosnál. Poppnernél ez még egy externális rávezető elv, Kuhnánál azonban a tudomány fontos részévé válik, amely a normál tudomány időszakaiban alakul a tudomány határára, a tudományos forradalmak időszakaiban pedig alakítja az új tudományos paradigmát. Lakatosnál is kettős a szerepe, egyrészt a kemény mag negatív heurisztikája, elköteleződés a kemény mag mellett, másrészt viszont pozitív heurisztika, ami megmutatja, hogyan kell egyáltalán a kutatást végezni.

*Hogyan kell tudománytörténetet művelni? – Esettanulmányok*

**Kőhegyi Gergő** cikkében a Lakatos Imre által javasolt tudományfejlődés elmélet többszintű kritikáját adja. Vezérfonala Lakatos azon érvelése saját módszertana, a tudományos kutatási programok metodológiája mellett, melyben a különféle tudományfejlődési elméleteket saját magukra alkalmazza. Kőhegyi kimutatja, hogy mikor Lakatos a saját elméletét hozta ki győztesként ebből a megmérettetésből, több ponton is érvelési hibákat követett el. Ezek után ő maga is végrehajt egy hasonló kísérletet, vagyis megpróbál egy lakatosi módszertan szerint dolgozó tudománytörténeti programot (a közgazdaság-történet Mirowski-tézisét) megvizsgálni Lakatos módszertánával.

**James Lennox** a tudományfilozófia és tudománytörténet összekapcsolódását nem abban látja, hogy a tudománytörténet „adatbázist” szolgáltat a filozófia számára, hanem a tudományfilozófia filogenetikusságát szemléletben. Ennek alapja, hogy a tudományfilo-

zofia által vizsgált problémák megértését könnyebbé (vagy egyáltalán lehetővé) teszi a probléma kialakulásának története. Esetleg a történelmi vizsgálódás során olyan alternatívákat is találunk a korábbi tudományos vitákban, amelyek segíthetnek megoldani a vizsgált problémát. Lennox filozófiai módszertana egy evolúciós metaforán alapuló tudományfelfogás, és ehhez illően elképzeléseit az evolúció *fitness* fogalmának esettanulmányával szemlélteti.

**Zemplén Gábor** cikkének középpontjában a tudományos viták vizsgálata áll. Alaposan körbejárja a témát, kezdve a tudományos viták, illetve vizsgálatuk szükségességének kérdésével, végighaladva a különböző science studies irányzatok tevékenységének értékelésén, ami értékelés alapvetően negatív, véleménye szerint a tudományos viták vizsgálatának módszertana nélkül a tudománytörténelemek narratíva irányította esettanulmányai nem használhatóak a tudományfilozófusok számára (ami pedig fontos kérdés, lásd még Margitay Tihamér cikkét). A gyakorlati alkalmazhatóság szempontjából a szimmetria télt problematikusnak ítéli, a cikke végén pedig a viták vizsgálatára a retorika mellett a dialektikai vizsgálatot javasolja, metaszinten pedig az etikus-emikus kategóriákat.

**Tanács János** a párhuzamosok problémájának és a nem-euklideszi geometria felfedezésének *horror aequidistantiae* problémakörét járja körbe. Ezen terület tudománytörténet írásában bevett nézet, mely szerint aki a párhuzamos fogalom ekvidisztáns tartalmát tekintti elsődlegesnek, nem pedig a nem-met-szőséget, az a párhuzamosok problémájának megoldásakor fogalmi hibába és ennek okán körbenforgó érvelésre jut, a nem-euklideszi geometria felfedezéséhez pedig nem tud eljutni, hiszen ahhoz pont az szükséges, hogy

a párhuzamossági posztulátum tagadásával kiegészített maradék euklideszi axiómarendszer ellentmondás-mentességét feltételezze. Tanács azonban megmutatja: a Bolyai-féle *Appendix* vizsgálata során kiderül, hogy Bolyai történetesen a párhuzamos fogalom elsődleges jelentésének az ekvidisztánszt vette, így az egész matematikatörténeti felfogást (a nem-euklideszi geometria ekvidisztáns alapú felfedezhetetlenségét) cáfolja. Emellett rámutat arra, hogy e felett azért siklott el a figyelem eddig, mert Bolyai és Lobacsevszkij rendszerét lényegében ugyanannak tekintették. Ez azt jelenti, hogy a matematika se mentes a kommunikációs zavaroktól, nem garantált a félreértésmentes megértés.

**Binzberger Viktor** cikke, eltérően a tanulmánykötetben található legtöbb írástól, nem az STS körüli vitákkal foglalkozik, hanem egy másik, bár kapcsolódó témakörrel. Car nap és Heidegger vitáját vizsgálja meg abból a szempontból, hogy hogyan folytatódik ez a mesterséges intelligencia kutatása körüli vitákban. Ezeknek a vitáknak a fő kérdése, hogy az emberi megismerés és gondolkodás kifejezhető-e szimbolikus eszközökkel. Ez tulajdonképpen mind a nyugati, mind a keleti filozófiát végigkísérő alapvető vita – megragadható-e az emberi gondolkodás emberi gondolkodás által – egy újabb fejezete.

#### Összegzés

A tanulmánykötet cikkei jó betekintést nyújtanak a „science studies” diszciplínákba, mind az átfogó „metaszinti” elemzések, de még inkább a kötetben található esettanulmányok példáján keresztül. Annál is inkább, mivel az esettanulmányok minden esetben általánosabb téziseket támasztanak alá, vagy azokkal kapcsolatos kérdéseket vetnek fel – vagyis megvalósul a tudománytörténet és a

tudományfilozófia együttműködése, ami a science studies egyik fő célkitűzése. A kötetet egy igen jó *angol nyelvű* analitikus (bő) tartalomjegyzék, valamint a szerzőkre vonatkozó információ egészíti ki, és teszi bizonyos mértékig hozzáférhetővé a nem magyar nyelven

olvasónak is. (*Binzberger Viktor – Fehér Márta – Zemplén Gábor szerkesztők: Értelmelem és történelem. Budapest: L'Harmattan Kiadó, 2006, 245 p.*)

Szekeres András Márk  
tudományos munkatárs, MTA-SZTAKI

### Alkalmazott filozófia kezdőknek és hala(n)dóknak

E sorok íróját sokszor világosították már fel nyájas és bölcs mosoly kíséretében, hogy a halállal való foglalatosság nem fiatal lányhoz illendő téma. Túl az ilyen helyre- és rendreutasítások lekezelő jellegén, szimptomatikusak is: azt fejezik ki, hogy a halál továbbra is tabu, és nemcsak fiatal lányoknak nem illik foglalkozni vele, hanem egyáltalán nem illik beszélni és gondolkodni róla. Így ahelyett, hogy a halál aktualitásának mindenkori hangsúlyozásával magyaráznám egy újabb halál-könyv megjelenését, inkább egyedülálló voltát emelném ki. A fenti attitűddel tudatosan szembe helyezkedő alkalmazott filozófiai kötet a *Halandóan lakozik szabadságában az ember*, amely a filozófiai, tudományos és mindennapi tapasztalat határmezsgyéjén mozog – akár csak a halál. Király V. István nemcsak elméleti, hanem egzisztenciális keretet is igyekszik teremteni a halál metafizikai tényként való elgondolása, mi több: felvállalása számára. Vagyis nemcsak egy komoly filozófiai kutatás eredményeit mutatja be, azaz nem pusztán tematizál, hanem provokatívan utánamegy, és utánakérdez annak, hogy miért oly igaz manapság is Camus paradoxális és megütőkötető helyzetjelentése, mely szerint, minden el lett már mondva a halálról, mégis úgy élünk, hogy nem veszünk tudomást róla.

A kötet két nagyszabású tanulmányt tartalmaz, hosszabb-rövidebb exkurzusokkal,

amelyekben a szerző a halál, a szabadság és a jövő egymáshoz küldő kérdéseit állítja kölcsönös összefüggésbe.

A halál oly sokat hangoztatott aktualitása alapvető ellentmondásosságot hordoz és hordozott mindig is magában, ugyanis kettős rejtettségben „aktuális”. Egyrészt a találó kifejezéssel thanato-pornográfiának nevezett hangos, látványos, trivialisáló halálmegjelenítések, képek és személytelen halálesetek által kerüli meg a halál valódi kérdését. Másrészt viszont a filozófia is hozzájárul az elrejtéshez, amennyiben felzárkózik a mesterkélts és mesterséges vigasz- és menekülésgyártó projektek közé/mögé.

Mi az, ami elvesz a kettős elrejtettség között? Király V. István nemcsak kimutatja a halál kettős elrejtésének fenti paradoxonát, hanem az elrejtések közös gyökerére is rámutat: a filozófia általában a halált meghalás nélkül igyekszik elgondolni, míg a thanato-pornográfia a halál nélküli meghalást prostituálja. Márpedig a halál és a meghalás egyúvé tartoznak és elválaszthatatlanok – ezt hangsúlyozza a kötet *A meghalásról* című írása, kimutatva e felismerés gazdag filozófiai hozadékait.

A halál tüntető jelenléte és ugyanakkor ismételt tagadása közepette a filozófia feladatát sem lehet elgondolni anélkül, hogy feltárnánk a halál kérdésének összefüggését a filozófia önmeghatározásával. Éppen ez lesz a kötet egyik alapmotívuma, radikálisan kérdőre vonni a filozófiát a maga hagyományával

együtt annak a tudatosításnak a fényében, ami a kötet első esszéjének mottójaként is szerepel: ha halál nem volna, aligha filozofálna az ember (Schopenhauer). A gondosan árnyalt és mindig egzisztenciálisan motivált kérdezés arra mutat rá, hogy a meghalás nélkül elgondolt halál (ami hagyományosan különféle halhatatlanság-elképzelésekben körvonalazódik) mindig elszalasztja a halált azáltal, hogy menekülni akar tőle, és vigasztalódní felőle. Csak hogy a halál kérdésének (mert a halál elsősorban kérdés, a halandó és halandósága tudatában levő ember kérdése, nem pedig filozófiai probléma) komolysága és súlyossága nem engedheti meg, hogy a vele való foglalkozás elméleti/elmélkedő síkon maradjon – e kérdés helye nem lehet más, mint egy radikális, alkalmazott filozófiai, egzisztenciális szembesülés. A filozófiának nem lehet feladata a halál semmiféle elviselhetővé tétele és/vagy könnyítése, hanem csakis igazi súlyának felmutatása és felvállalása.

Király V. István nem egy újabb halál-fogalom vagy -kép előállításán munkálkodik – nem győzi elégszer hangsúlyozni, hogy a halál nem fogalom vagy kép, hanem metafizikai faktum és egzisztenciális tapasztalat – s ennek a felismerésnek minden következményét végiggondolja. A halált nem lehet fogalomra hozni vagy előállítani, mert éppen a halál az, ami bennünket megfog és előállít. Ezért a bevett tematikus-szövegelemzős megközelítés kérdéssé válik, hiszen nem a különböző halál-elgondolások megragadása érdeklí, és nem halál-fogalmakat keres, hanem élő gondolkodók szembesüléseit halálukkal. Éppen ezért radikálisan más irányú kérdéssel fordul a halál klasszikus vagy kevésbé ismert filozófiai, tudományos vagy hétköznapi elgondolásai felé: minden esetben a halál egzisztenciális megélése érdeklí, az, hogy hogyan gondolkod-

hat, írhat élő ember a halálról. A kérdés pedig elvezet, illetve beletorkollik a szabadság kérdésébe: szabadsága által válik az ember kitüntetett lehetőségévé a halál egzisztenciális megélése. Éppen ezért a szabadság kérdése sem maradhat pusztán teoretikus: azt firtatja inkább, hogy mi is lehet a gondolkodói feladat a szabadság esetében. A szabadságot a halál összefüggésében kérdezni azt jelenti, hogy annak ontológiai értelme körvonalazódik és hangsúlyozódik. Azaz a szabadság lekerül az „értékek listájáról”, és immár lét-jellemzőként teremt lehetőséget a „halandóvá váláshoz”.

Ha a halál nem választható el a meghalástól, a meghalás előtérbe állítása elvezet a halál mikéntjének kérdéséhez és – rendkívül izgalmas alkalmazott filozófiai exkurzusban – az eutanázia már-már divatosnak mondható témájához. Mint kitüntetett alkalmazott filozófiai momentum, az eutanázia épp a meghalásról szól, és ettől elválaszthatatlanul, az egyén és a tágabb közösség halandóvá válásáról.

A kötet második esszéje halál és idő, pontosabban halál és jövő összefüggéseit állítja nagyon is sajátos összefüggésbe. Kiindulópontul egy eredeti Arisztotelész-értelmezés szolgál, amely során a kategóriák – és ezen belül az idő – kérdés mivolta kerül előtérbe, és ezáltal a kérdés egzisztenciális elsőbbsége a lényegmeghatározási kísérletekkel szemben. A kategóriák kérdőre fogják a létet, meg- és felmérik különböző vonatkozásaiban, de mindezt úgy, hogy közben nyilvánvalóan körvonalazódik a kérdés és a mérés maga, mint létmód (amit a relativitáselmélet és a kvantummechanika ontológiai relevanciával bíró vonatkozásaival is alátámaszt a szerző). A jövőről elmélkedve ugyanakkor alaposan kérdőre vonja a szavakat is, amelyekkel a jövőt fejezzük ki, vagy amelyekkel a jövőre utalunk – és kiderül, hogy a nyelv

sokszor tudja azt, amit a filozófiai retorika nem, és meglepő gazdagságú tanulságokkal szolgálhat (aki, akárcsak e sorok szerzője, például hajlamos túl sűrűn használni a *majd* szócskát, érdekes önismereti leckében is részesülhet). Akárcsak az első esszé, a második is egy kifejezetten aktuális és ugyanakkor filozófiailag is kitüntetett exkurzussal zárul: az eutanázia után a terrorizmus kerül alkalmazott filozófiai fókuszba, és pedig egyrészt a titok, másrészt a halál eszközösítése általi letagadásának összefüggésében.

A kötet kooriginálisként felmutatott kérdései ismételtelen túlmutatnak és túlulnak magán a kötetben is. A szerző egyetlen szöveget ír, írja Király V. István a bevezetőben, és valóban, gondolatai szervesen függenek össze előző köteteivel, és azok számára, akik tudnak olvasni a sorok között, utalnak a következő kötet(ek)re is. Mindez persze nem valamiféle pusztán következetes filozófiai érdeklődést tükröz, hanem megmutat és feltár, és pedig azt, hogy ezekben a kötetekben egymáshoz küldő és egymásból eredő kérdések gondolatnak végig rendkívüli komolysággal és elkötelezettséggel. Ahogy a kötet ajánlásában Fehér M. István írja: „Az egyéni hangvételi, színvonalas és elmélyült írások egzisztenciális érintettségükkel szervesen kapcsolódnak azokhoz a kérdésekhez, amelyek meghatározták a szerző kutatásait az elmúlt években.”

És valóban, ez a könyv nem holmi halál-felfogások vagy vigaszok leltára, egy percig sem igyekszik megnyugtanni az olvasót saját halálát illetően, hanem együttgondolkodásra készíti, és megnyitja a lehetőséget arra a nyugtalanságkeltés általi nyugalomra, amely Jaspers felismerése szerint a filozófia sajátja. Ugyanakkor provokatív kérdéseiből és a bevett tendenciákkal szembe(sz)álló megközelítésmódjából eredően sajátos olvasói élményt is nyújt, hiszen nagyon világosan és hangsúlyosan fejezi ki a filozófiai érintettséget. A szerző nem értekezik: a kifejezés módja és a kifejezett gondolatok olyannyira elválaszthatatlanok, hogy nem egy személytelen szöveget kapunk; mindvégig ott van a szerző a szöveg mögött, ő az, aki szintén meghal, aki kérdez és felszólít a kérdésre. Következtetési radikálisak és nem hagynak teret elrejtőzködésnek vagy eltussolásnak, mindenkit saját halálához és meghalásához küldenek. Minden sor mögött ott lüktet a felismerés és figyelmeztetés, hogy nem a halálról általában van itt szó, hanem a szerző és az olvasó létének metafizikai faktumáról. Izgalmas olvasmány nemcsak filozófusok, hanem halandók számára általában. (Király V. István: *Halandóan lakozik szabadságában az ember*. Pozsony: Kalligram, 2007, 311 p.)

Lippai Cecília  
CEU-doktorandusz



## CONTENTS

<i>On the Earth System Science Relations of the Climate and Environment Changes</i>	
<i>Guest Editor: József Ádám</i>	
József Ádám: Introduction .....	654
Ernő Mészáros: Formation of Life; Relation between Atmospheric Composition and Climate .....	656
Géza Császár – János Haas – Annamária Nádor: Climatic Changes in the History of the Earth .....	663
Artla Vörös – József Pálffy: Rapid Climate Changes and Their Effects on the Evolution ...	688
József Szilágyi – János Józsa: Climate Change and the Hydrologic Cycle .....	698
Lóránt Földváry: The Effect of Global Climate Change on the Gravity Field and Its Detectability by Satellites .....	704
Ádám Kertész: Land Degradation and Desertification .....	715
<i>Study</i>	
István Klinghammer: The Science of Cartography .....	725
<i>Academy Affairs</i>	
Report on the 178 <sup>th</sup> General Assembly of MTA .....	736
Szilveszter Vizi E. : Six Years in the Palace of Truth and Beauty .....	742
Rezső Solymos: Széchenyi Memorial Day Sopronpuszta–Sopron–Nagyecenk .....	750
<i>Interview</i>	
Master of Combinatorics and Walking László Bán's Interview with Endre Szemerédi .....	753
<i>The New External Members of the Hungarian Academy of Science – I.</i>	
Gábor Hulkó .....	762
János Petőfi .....	764
Miklós Vető .....	766
<i>Obituary</i>	
Gyula Krocskó ( <i>István Mihály Szabó</i> ) .....	768
<i>Outlook (László Jéki – Júlia Gimes)</i> .....	770
<i>Book Review</i> .....	774

## 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 téma-összefoglaló, magas szintű ismeretterjesztő, illetve egy-egy tudományterület új eredményeit bemutató tanulmányokat; a társadalmi élet tudományokkal kapcsolatos eseményeiről szóló beszámolókat, tudománypolitikai elemzéseket, szakmai szempontú könyvismertetőket.

2. A kézirat terjedelme szöveges tanulmányok esetében általában nem haladhatja meg a 30 000 leütést (a szóközökkel együtt, ez kb. 8 oldalnak felel meg a MT füzeteiben), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat, képeket is tartalmaz, a terjedelem 20–30 %-kal nagyobb lehet. Beszámolókat, recenziókat esetében a terjedelem ne haladja meg a 7–8 000 leütést. *A teljes kéziratot .rtf formátumban, mágneslemezen és 2 kinyomtatott példányban kell a szerkesztőségbe bekiüldeni.*

3. A közlemények címének angol nyelvű fordítását külön oldalon kell csatolni a közleményhez. Itt kérjük a magyar nyelvű kulcsszavakat (maximum 10) is. A tanulmány címe után a szerző(k) nevét és tudományos fokozatát, a munkahely(ek) pontos megnevezését és – ha közölni kívánja – e-mail-címét kell írni. A külön lapon kérjük azt a levelezési és e-mail címet, telefonszámot is, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

4. Szöveg közbeni kiemelésként *dölt*, (esetleg *félkövér* – semibold) betű alkalmazható; ritkítás, VERZÁL betű és aláhúzás nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kell megadni.

5. A rajzok érkezhetnek papíron, lemezen vagy email útján. Kérjük azonban a szerzőket: tartsák szem előtt, hogy a folyóirat fekete-fehér; a vonalas, oszlopos, stb. grafikonoknál tehát ne használjanak színeket. Általában: a grafikonok, ábrák lehetőség szerint minél egyszerűbbek legyenek, és vegyék figyelembe a megjelenő olda-

lak méreteit. A lemezen vagy emailben érkező ábrákat és illusztrációkat lehetőleg .tif vagy .bmp formátumban kérjük; értelemszerűen fekete-fehérben, minimálisan 150 dpi felbontással, és a továbbítás megkönnyítése érdekében a kép nagysága ne haladja meg a végleges (vagy annak szánt) méreteket. A közlemény szövegében tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

6. Az irodalmi hivatkozásokat mindig a közlemény végén, abc sorrendben adjuk meg, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve). Ha azonos szerző(k)től ugyanabban az évben több tanulmányra hivatkozik valaki, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Kérjük, *fordítsanak különös figyelmet a bibliográfiai adatoknak a szövegben, illetőleg az irodalomjegyzékben való egyeztetésére!* Mivel a Magyar Tudomány nem szakfolyóirat, a közlemények csak a legfontosabb hivatkozásokat (max. 10–15) tartalmazhatják.

7. Az irodalomjegyzéket abc sorrendben kérjük. A tételek formája a következő legyen:

• Folyóiratcikkek esetében:

Alexander, E. O. and Borgia, G. (1976). Group Selection, Altruism and the Levels of Organization of Life. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **9**, 499–474

• Könyvek esetében:

Benedict, R. (1935). *Patterns of Culture*. Houghton Mifflin, Boston

• Tanulmánygyűjtemények esetén: von Bertalanffy, L. (1952). Theoretical Models in Biology and Psychology. In: Krech, D., Klein, G. S. (eds) *Theoretical Models and Personality Theory*. 155–170. Duke University Press, Durham

8. Havi folyóirat lévén a *Magyar Tudomány* kefelevonatot nem küld, de az elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelés során végzett, apró változtatásokat a szerző egy adott napon a szerkesztőségben ellenőrizheti.

tesen hatott, Magyarországnak nemzetiségi és egyházi viszonyaitól lényegesen különbözött: látjuk, hogy Erdélynek Magyarországtól elszakadása jogtörténeti tekintetben igen fontos következményeket vont maga után, mellyeket szemmel tartani jelen vizsgálataimnak egyik fő feladata lesz.

### III. Magyarország' törvényhozása és jogrendszere Werböcztől fogva 1848-ig.

A' jogtörténet más alpnézetekből indulván ki, mint a' fennálló jognak dogmaticus tárgyalása, e' helyen bátran túlléphetünk azon határon, mellyet az előbbi királyi curia' praxisa vont, 's melly a' magyar jog' újabb commentatorai által talán kelletlenül nagyobb szigorral és lelkiösmérettel tartatott meg mindenha. A' jogtörténet egyébiránt a' tulajdonképi történettől is különbözik, a' mennyiben t. i. nem annyira a' nemzetnek vagy státusnak joglétét illető tényeket halmozza össze; mint inkább csak a' divatozó jogrendszernek kifejlődését vizsgálja, 's annak mulékony és maradandó elemeit elkülönözvén, a' fennálló jogot történeti előzményeinek fejtegetése által világosítja fel.

Ekkép az én feladatom is közelebb meghatározatván, vizsgálataimban *általán* az országnak közönséges jogát, egyes részei, kerületei és helységei' municipalis jogaitól megkülönböztetem; az *előbbit* illetőleg pedig Magyarországnak Werböczy ótai törvényhozását és jogrendszerét *három történeti korszak* szerint tárgyalom, mellyeknek *elseje* 1514-től 1723-ig; *másodika* 1723-tól 1790-ig; és *harmadika* 1790-től 1848-ig terjed; és mellyeknek mindenkében a' *törvényhozást, a' törvénykezést és jogpraxist*, és a' *jog' doctrinalis tárgyalását* külön tekintem.

#### A) Magyarországnak Werböczy ótai közönséges joga

(Jus commune Regni).

*Első korszak 1514—1723.*

##### I. Törvényhozás.

A' törvényhozást az ország' alkotmányos rendszerénél fogva az országgyűlés gyakorolta. De miután az 1514-ki országgyűlés Werböczy' akkor elkészült Hármaskönyvének megvizsgálására tíz tagot küldvén ki a' maga kebeléből, ezeknek jelentésére a' 63-dik czikkben ezt végezte: „Quod Jura Regni Regia Majestas statim perlegi facere, et perfecta confirmare, confirmataque et sigillata ad singulos Regni Comitatus remittere dignetur“; — miután továbbá II. Ulászló király ugyanakkor előre bocsátván: „Nobis in praesenti Conventu et Congregatione Generali universorum Praelatorum, Baronum et Regni hujus Nobilium constitutis, iidem Praelati, Barones ac Nobiles universi nostrum accedentes in conspectum, quendam