

# Természet Világa

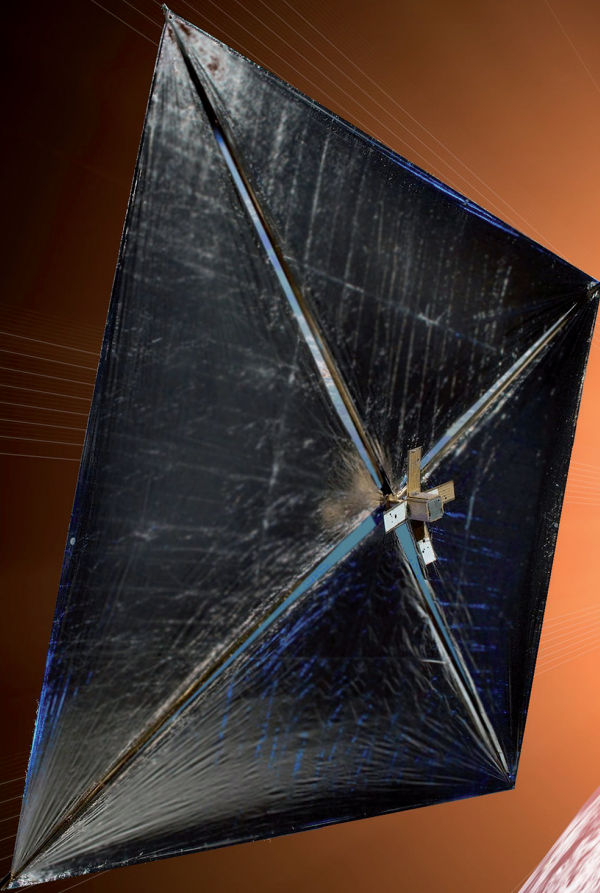
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

146. évf. 9. sz.

2015. SZEPTEMBER

ÁRA: 690 Ft

Előfizetőknek: 600 Ft



- BACILUSVADÁSZOK
- NAPVITORLÁSOK
- A TITOKZATOS PLÚTÓ

- A CSODÁLATOS ELME
- HALAK ÉS A FÉNY
- TUDÓSOK ÉS CELEBEK

■ A XXIV. TERMÉSZET-TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZATUNK CIKKEI



# Védett recésszárnyúak



Közönséges vízfátyolka



Foltosszárnyú partifátyolka



Kétfoltos hangyaleső

Keleti rablópille



Erdei hangyaleső

Négyfoltos hangyaleső





# Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ  
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben  
SZILY KÁLMÁN  
KIRÁLYI MAGYAR

TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY  
146. ÉVFOLYAMA



2015. 9. sz. SZEPTEMBER  
Magyar Örökség-díjas és  
Millenniumi-díjas folyóirat

ÚJ SZÉCHENYI TERV



OTKA



Szellemi Tulajdon  
Nemzeti Hivatala

Nemzeti  
Tehetség Program

Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap,  
a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala,  
az Országos Tudományos Kutatási Alprogramok  
(OTKA, PUB I-114505) támogatásával.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai  
Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.



A kiadvány a Magyar Tudományos  
Akadémia támogatásával készült.

Főszerkesztő:  
STAAR GYULA

Szerkesztőség:  
1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.  
Telefon: 327-8962, fax: 327-8969  
Levélcím: 1444 Budapest 8., Pf. 256  
E-mail-cím: termvil@titnet.hu  
Internet: www.termeszetvilaga.hu

Felelős kiadó:  
PIRÓTH ESZTER  
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

Kiadja  
a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat  
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.  
Telefon: 327-8900

Nyomtatás:  
iPress Center Hungary Zrt.

Felelős vezető:  
Lakatos Imre  
vezérigazgató

INDEX25 807  
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

*Korábbi számok megrendelhetők:*  
Tudományos Ismeretterjesztő Társulat  
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.  
Telefon: 327-8995  
e-mail: eltud@eletestudomany.hu  
*Előfizethető:*  
Magyar Posta Zrt. Hírlap üzletág  
06-80-444-444  
hirlapelofizetes@posta.hu

*Előfizetésben terjeszti:* Magyar Posta Zrt.  
*Árusításban megvásárolható* a Lapker Zrt. árusítóhelyein

Előfizetési díj:  
fél évre 3600 Ft, egy évre 7200 Ft

# TARTALOM

<b>Venetianer Pál:</b> Modern bacilusvadászok .....	386
<b>Gömöri András:</b> „Tudtam, hogy jó ötlet, érdemes lenne publikálni...” John F. Nash (1928–2015).....	388
<b>Lente Gábor:</b> Távolban egy napvitorla .....	392
<b>Kereszturi Ákos:</b> Nyomozás a meteoritok körül .....	395
A TIT Budapesti Planetárium programja a Kutatók Éjszakáján.....	398
<b>Both Előd:</b> Feltártul a Plútó titokzatos világa.....	399
<b>Nagy Jenő:</b> Madárösök a Kárpát-medencében .....	402
A halak és a fény. Beszélgetés <b>Juhász Lajos</b> tanszékvezetővel ( <b>Farkas Csaba</b> interjúja) .....	405
<b>Bencze Gyula:</b> Ahol egymás mellett él tudomány és vallás .....	408
<b>Dexler András–Kéri András:</b> A havannai Barrio Chino .....	409
<b>Turcsányi Gábor:</b> A galagonya .....	413
<i>HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSÉGEK</i> .....	416
<i>ORVOSSZEMMEL (Matos Lajos</i> rovata) .....	419
Újracsomagolják az MRI kontrasztanyagát. Beszélgetés <b>Tóth Imre</b> professzorral ( <b>Dombi Margit</b> interjúja).....	420
<b>Rezsabek Nándor:</b> A gyulafehérvári csillagda asztronómusai .....	422
<i>E számunk szerzői</i> .....	423
Tudósok és (vagy) celebek? (Összeállította: <b>Bencze Gyula</b> ) .....	424
<b>Szerényi Gábor:</b> Védett recésszárnyúak .....	426
<b>Pátkai Zsolt:</b> 2015 tavaszának időjárása .....	428
<i>FOLYÓIRATSZEMLE</i> .....	430
<b>Németh Géza:</b> Az erózió művészete.....	432

*Címképünk:* Napvitorla, Nap és a Föld – fantáziakép

(*NASA* és a *Planetary Society* felvételeinek a felhasználásával)

*Borítólapunk második oldalán:* Védett recésszárnyúak (*Szerényi Gábor* felvételei)

*Borítólapunk harmadik oldalán:* Az erózió művészete (*Németh Géza* felvételei)

*Mellékletünk:* A XXIV. Természet–Tudomány Diákpályázat cikkei: *Horváth Henriett:* Cikádor ciszterci monostorától a mai Bátaszék római katolikus templomáig; *Grób László:* Sokszínű élet a Perőc-oldalon; *Softic Nóra:* A kőbányai víztározó története; *Veres Kincső:* Táncoló vízcseppek.

*Both Előd:* Találkozás egy japán űrhajóssal.

A jubileumi XXV. Természet–Tudomány Diákpályázat pályázati kiírása

## SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: ABONYI IVÁN, BACSÁRDI LÁSZLÓ,  
BAUER GYÖZÖ, BENCZE GYULA, BOTH ELŐD, CZELNAI RUDOLF,  
CSABA GYÖRGY, CSÁSZÁR ÁKOS, DÜRR JÁNOS, GÁBOS ZOLTÁN,  
HORVÁTH GÁBOR, KECSKEMÉTI TIBOR, KORDOS LÁSZLÓ,  
LOVÁSZ LÁSZLÓ, NYIKOS LAJOS, PAP LÁSZLÓ,  
PATKÓS ANDRÁS, PINTÉR TEODOR PÉTER, RESZLER ÁKOS,  
SCHILLER RÓBERT, CHARLES SIMONYI, SZATHMÁRY EÖRS,  
SZERÉNYI GÁBOR, VIDA GÁBOR, WESZELY TIBOR

Főszerkesztő: STAAR GYULA

Szerkesztők:

KAPITÁNY KATALIN (yka@titnet.hu, 327–8960)  
NÉMETH GÉZA (n.geza@titnet.hu, 327–8961)

Tördelés: LÉVÁRT TAMÁS

Titkárságvezető:  
HORVÁTH KRISZTINA



VENETIANER PÁL

# Modern bacillusvadászok

A két világháború között hatalmas sikert aratott világszerte *Paul de Kruif* „Bacillusvadászok” című könyve. Fiatalok ezreiben ébresztette fel az orvosi kutatások iránti érdeklődést *Koch*, *Pasteur*, *Ehrlich* és a XIX. század többi korszakos zsenijének munkássága, amellyel megalapozták a tudományos mikrobiológiát. Noha az érdeklődés és az izgalom elsősorban a kórokozó baktériumokat és az ellenük folytatott küzdelmet kísérte, természetesen a mikrobiológia tudománya nem csak ezekről szólt. Hamar világossá vált, hogy a mikrobák kiterjedt birodalma az egész természet számára rendkívül fontos, amelyet később a leíró biológia sejttag nélküli szervezetei (prokarióta) néven különített el a valódi sejttaggal rendelkező (eukarióta) magasabb rendű organizmusoktól.

A XX. század második felének uralkodó biológiai diszciplinája, a molekuláris biológia megszületését és kibontakozását nagy részben köszönheti egy bélbaktérium, az *Escherichia coli* egy – nem kórokozó – törzsének, és e baktérium természetes ellenségeinek, a T2 és T4 bakteriofágoknak. A XX. század során, noha természetesen egyre nőtt az ismert prokarióta fajok száma és gyarapodtak a róluk szerzett ismeretek, az új fajok megismerése, jellemzése nagyrészt ugyanazokkal a módszerekkel történt, amelyeket a mikrobiológiát megalapozó „bacillusvadászok” dolgoztak ki. Ebben a megismerési folyamatban azonban döntő fordulatot jelentett az öröklési anyag, a DNS szerkezetvizsgáló módszerének (szekvenálás) kidolgozása a hetvenes években. Ennek volt köszönhető az – a közelmúltban elhunyt *Carl Woese* nevéhez köthető – felismerés, hogy a mikroorganizmusok egy jelentős csoportja (ezek elsősorban extrém körülmények között – pl. hőforrásokban – élő fajok) genetikailag alapvetően különbözik a baktériumok többségétől. Ezeket a fajokat azóta az élővilág harmadik nagy birodalmába sorolják, se nem prokarióták, se nem eukarióták, hanem archaeák (vagy: archeobaktériumok). Az archaeák megismerése és külön birodalomként történő azonosítása elsősorban csak elméleti érdekességet jelentett az evolúció kutatói számára. Az igazi nagy fordulat, a mikrobiológia második forradalma azonban ezután, az ezredforduló táján következett be. Ez a fordulat elsősorban annak köszön-



A Tara kutatóhajó

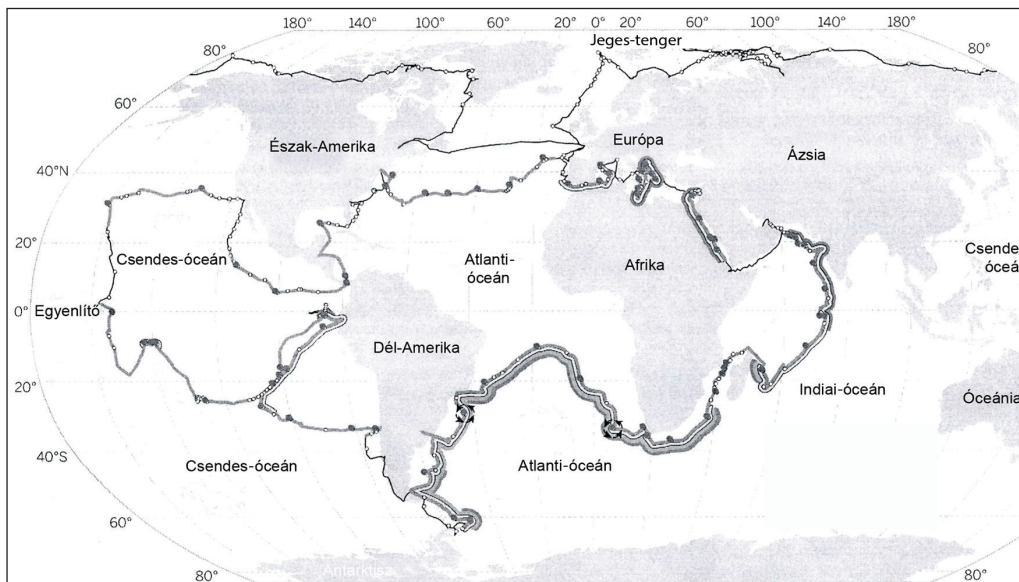
hető, hogy a DNS-szekvenálás módszerei nagyságrendekkel hatékonyabbá, olcsóbbá és gyorsabbá váltak. Ez vezetett ahhoz a megdöbbentő felismeréshez, hogy az addig ismert baktériumok és archaeák a Földön valóban élő mikroorganizmusoknak csak elenyésző kisebbségét reprezentálják. A fajok döntő többségét (a becslések 95–99% között ingadoznak) azért nem ismertük eddig, mert laboratóriumi körülmények között nem tenyészthetők, nem szaporíthatók. Akkor vajon hogyan lehet megismerni ezt az eddig láthatatlan, megismerhetetlen világot? E probléma megoldásának első látványos kísérlete *Craig Venter* nevéhez fűződik, aki elévülhetetlen érdemeket – és nagy vagyont – szerzett a Humán Genomprogram megvalósításában. Venter – akit egész életében végigkísért vitorlázási szenvedélye – nagyrészt saját költségén építette meg „Sorcerer(Varázsló)II” nevű kutatóhajóját, amellyel hosszú kutatóexpedíciót vezetett a Sargasso-tengeren, a bermudai partok mellett. Mintegy 1500 liter felszíni tengervizet gyűjtöttek össze, azt finompórusú szűrőn átszűrték és a szűrőn fennakadó anyagban mindenféle szelektálás, izolálás, illetve tenyésztési kísérlet nélkül, úgynevezett „sörétespuska-szekvenálást” végeztek, azaz megkísérelték meghatározni az összes ott található DNS információtartalmát. Az eredmény? Több mint egymilliárd bázispárnyi

nem redundáns (azaz: egymástól különböző) DNS-szekvencia, amely az ismert adatbázisokban lévőkhöz képest körülbelül 1,2 millió új génnek felel meg. Ez a módszer általában nem teszi lehetővé egy-egy faj teljes DNS-készletének meghatározását (pontosabban: az irtatlan mennyiségű információból mindössze két új faj teljes genomját tudták összeállítani), az azonban kiderült, hogy a meghatározott DNS-szekvenciák legalább 1800 különböző fajból származnak, és ezek 148, eddig ismeretlen, magasabb rendszertani egységét képviselik a mikrobák világának.

Venter 2003-as expedíciója óta azonban a szekvenálási módszer újabb rohamos fejlődése kibővítette az ilyen típusú adatgyűjtés lehetőségeit. Az a francia kikötőből induló nemzetközi expedíció, amely a Venteré után egy évtizeddel, a „Tara” nevű kutatóhajóval három éven át járt a világ körül, már 210 kutatópontra gyűjtött mintákat valamenynyí óceánból, a legkülönbözőbb éghajlatokon és mélységekben. A Tara-expedíció nemcsak baktériumokat és archaeákat gyűjtött, hanem vírusokat és kisméretű (2 mm-nél kisebb) eukariótákat is. Eredményeikről most májusban számoltak be a *Science* folyóiratban, öt nagy közleményben. Az adatmennyiség elképesztő: 7,2 bilión DNS-bázispár, több mint 40 millió gén, amelyek legalább 2,3 millió fajt képviselnek.



Különösen meglepő, hogy a Tara-expedíció adatai nagyon kevés átfedést mutatnak a VarázslóII egy évtizeddel korábban gyűjtött adataival. Ha az olvasót impresszionálja is ez a lenyűgöző információtömeg, azért feltehetően eszébe jut, hogy míg a klasszikus „bacilusvadászok” eredményei lehetővé tették a fertőző betegségek jó részének visszaszorítását, sőt végleges leküzdését, ezek az újonnan nyert ismeretek semmiféle gyakorlati eredményhez nem vezettek. Nos, nem egészen így áll a dolog. Ha egy eddig nem tenyészthető baktérium génállományát megismerjük, az felvilágosítást nyújthat a baktérium anyagcseréjéről, biokémiájáról, és ez az információ kulcsot adhat a tenyésztéshez. Így például a *Coxiella burnetti* nevű baktériumot (a Q-láz nevű influenzaszerű betegség kórokozóját) egy kutató négy éven át hiába próbálta laboratóriumban tenyésztetni. Génállományának megismerése azonban azt az ötletet adta, hogy ez a faj esetleg az alacsony oxigénkoncentrációt kedveli. És valóban, 5%-nál alacsonyabb oxigénkoncentrációnál sikerült a tenyésztés. Ennél is látványosabb sikert értek el egy Cambridge-i (az amerikai, massachusettsi Cambridge-ről van szó) startup vállalat fiatal kutatói. Egy iChip-nek nevezett kis készüléket terveztek, amelyben 384 miniatűr üreg volt féligáteresztő hártárával elválasztva a külvilágtól. Ezekbe az üregekbe egyetlen talajminta hígított adagjait tették, és az iChipet beázták annak a füves mezőnek a talajába, ahonnan az eredeti minta származott. A záróhártya lehetővé tette, hogy a talajban lévő molekulák bejussanak az üregekbe,



A Tara útja és a gyűjtési helyek

és táplálják az ott lévő baktériumokat. Egy hónap elteltével a mintákat bevitték a laboratóriumba és hagyományos agarlemez Petri-csészéken szélesztve megnézték, hogy észlelhető-e valamilyen antibiotikum-aktivitás. Tízezer minta átvizsgálása után sikerült azonosítani egy antibiotikumot termelő törzset, amelyet *Eleftheria terrae*-nek neveztek el és az új antibiotikum neve teixobactin lett. A teixobactin jelentősége nem egyszerűen az, hogy a nagyszámú ismert antibiotikumhoz egy új molekula csatlakozik, hanem az, hogy kiderült róla, hatásos a jelenleg legveszélyesebbnek tekintett *Staphylococcus aureus* más antibiotikumokra rezisztens törzsei (a kórházi fertőzések leggyakoribb kórokozói) ellen. További fontos jellemzője a teixobactinnak, hogy az eddigi vizsgálatok szerint a kórokozók nem válnak vele szemben rezisztenssé.

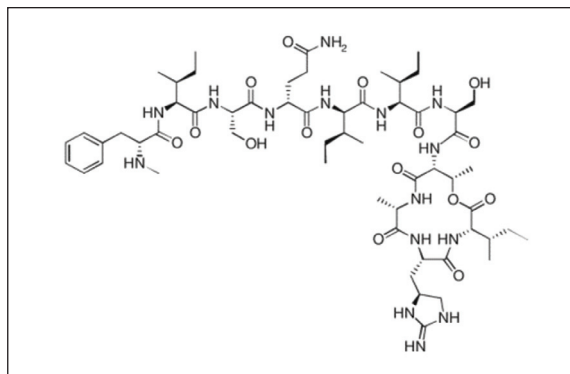
További fejlődést tesz lehetővé az, hogy ma már egyetlen sejtből is lehetséges a teljes DNS-szekvencia meghatározása, vagyis túl lehet lépni a Sörtespuska-technikán. *Jörn Piel* svájci kutató ezzel a módszerrel kezdett vizsgálni egy *Theonella swinhoei* nevű tengeri szivacsot, amelyről ismert volt, hogy tömegének 40%-át nem tenyészthető baktériumok teszik ki, amelyek számos biológiailag aktív anyagot termelnek. Piel csapata mintegy 1000 különböző baktériumot azonosított, és ezek közül egy, amelyet *Enthothionellának* neveztek el, volt a felelős

csaknem valamennyi bioaktív anyag termeléséért. Jelenleg folyik a küzdelem e faj tenyésztéséért.

Más kutatócsoportok az emberi mikrobióma felé fordultak. Már régen tudjuk, hogy az emberen, illetve az emberben tízszer annyi baktériumsejt lakozik, mint ahány sejtje van az emberi testnek. Ezt az 1–2 kilónyi élőlénytömeget nevezik emberi mikrobiómának és e mikrobióma teljes információtartalmának megismerése nagyrészt befejeződött. Egyes kutatók úgy vélik, hogy amint a Földet egységes komplex rendszernek kellene kezelni mint egy élőlényt (Gaia-hipotézis), úgy az embert is mikrobiómjával együtt. Világszerte intenzíven vizsgálják például, hogy a mikrobióma összetételében mutatkozó különbségek hogyan függenek össze a különböző betegségekre hajlamosító tényezőkkel, illetve fordítva, hogy egyes betegségek hogyan befolyásolják a mikrobiómát. E cikkben e kérdéskörnek csak egyetlen érdekes új fejleményét említeném. Úgy látszik, hogy az ember genetikai adottságai is befolyásolják a mikrobiómát. Kiderült ugyanis, hogy az ikrek mikrobiómája jobban hasonlít egymásra, mint a testvéreké, és az egypetéjű ikreké jobban, mint a kétpetéjűeké. Egy – egyelőre még csak kis egyszámú mintán végzett – kutatás szerint a számítógép billentyűzetéről, vagy az egeréről vett minta mikrobiológiai vizsgálata 80%-os biztonsággal alkalmas a gépet használó egyén azonosítására. Ha ez igaznak és általánosíthatónak bizonyul, hatékony új eszköze lehet a bűnügyi nyomozásoknak.

Mindenképpen izgalmas további fejlemények várhatók tehát korunk új bacilusvadászaitól. \*

A teixobactin szerkezeti képlete





GÖMÖRI ANDRÁS

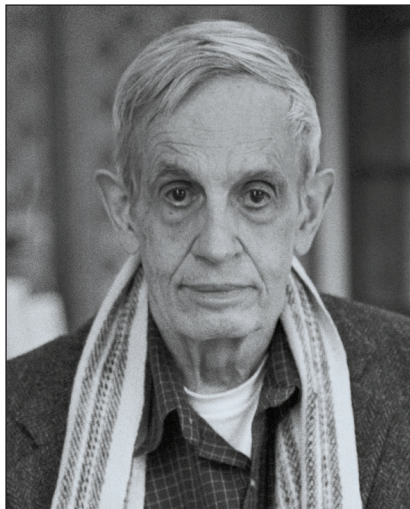
# „Tudtam, hogy jó ötlet, érdemes lenne publikálni...”

John F. Nash (1928–2015)

New Jersey egyik autópályáján, 2015. május 23-án hajnalban, előzés közben egy taxi vezetője elvesztette az uralmát az autója fölött és a jármű a védőkorlátnak ütközött. A sofőrt kórházba szállították, azonban mindkét utasa életét vesztette. A két utas John F. Nash, közgazdasági Nobel-díjas matematikus és felesége, Alicia. Egy különös életpálya ért véget ezen a hajnalon.

John Forbes Nash Jr. 1928. június 13-án született Bluefieldben, Nyugat-Virginia államban. Apja villamosmérnökként állást kapott az Appalachian Power Company-nél, ezért költözött ide feleségével, aki nyelvtanár volt, de házasságkötésük után már nem dolgozott. Fiuk születése után két évvel született lányuk, Martha.

Nash szülővárosában végezte általános- és középiskoláit. Szülei nagy igyekezettel próbálták fiukat a város társadalmában elfoglalt, viszonylag magas pozíciójuknak megfelelő úton terelgetni. Cserkészintézetbe, vasárnapi iskolába, tánciskolába küldték, sőt hűgától elvárták, hogy lánytársaságba vigye. A fiú nem szegült szembe szülei akaratával, de ezek a tevékenységek nem voltak kedvére valók. Kortársaival nemigen talált hangot, szívesebben volt egyedül, különféle, részben villamos szerkezeteket fabrikált, vagy olvasott. Szüleitől kapta a Compton Képes Enciklopédiát, amelyből visszaemlékezései szerint sokat tanult. Rendelkezése állt szülei, sőt nagyszülei könyvtára is. Középiskolás korában olvasta E. T. Bell „Men of Mathematics” című könyvét, amely az elmúlt idők leghíresebb matematikusainak életét és munkásságát ismerteti. Később úgy emlékezett, hogy sikerült bebizonyítania a könyvben olvasott kis Fermat-tételt. (Valóban, a könyv nem adja meg a bizonyítást,



John F. Nash  
(Forrás: a The Abel Prize honlapja)

azt – néhány támpontot nyújtva – az olvasóba bízva.) Valószínűleg ekkor találkozott először kedvére való, igazi matematikával.

Felsőfokú tanulmányait Pittsburgh-ben, a Carnegie Műszaki Főiskolán kezdte meg vegyész hallgatóként (noha korábban villamosmérnök akart lenni). Csakhamar kiderült, hogy a pipetta és a titrálás nem az ő világa, sokkal szívesebben időzött a matematikus-

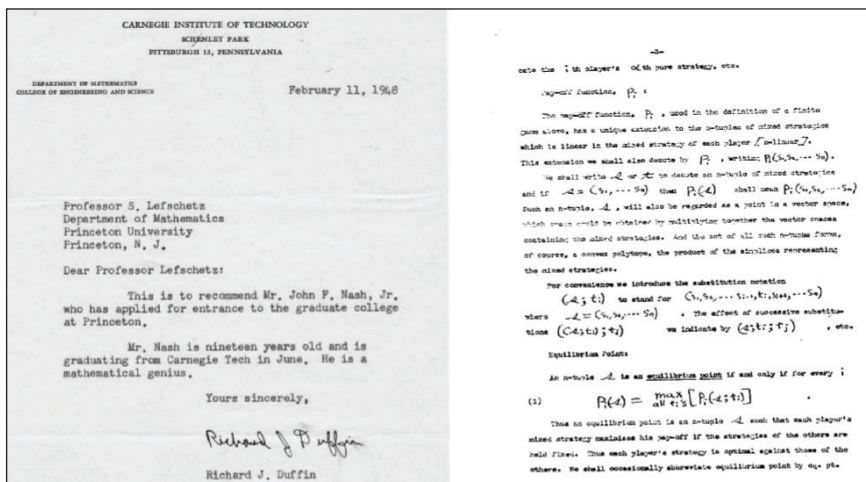
hallgatók és tanárai társaságában. Egyre többet járt az óráikra, állítólag előfordult, hogy amikor kedves tanára, Richard Duffin az órán elakadt egy bizonyításban, Nash segítette ki. Harmadévben aztán át is vette Duffin kurzusát. Végül matematikushallgatóként végzett a Carnegie-n, 1948-ban.

Édesapja szerette volna, ha a West Point katonai akadémián folytatja tanulmányait, de John alkátának ismeretében ezt még a családban is képtelenségnek tartották. Végül négy egyetemre vették fel PhD-hallgatóként, köztük a Harvardra és Princetont. Nagyobb presztízse miatt ő az előbbire szeretett volna menni, de az utóbbtól előnyösebb ösztöndíjajánlat érkezett, amit úgy értékelt, hogy ott többre tartják, és biztató levelet is kapott a Princeton egyik professzorától. (Későbbi életrajzírója szerint ez a professzor Solomon Lefschetz volt, saját visszaemlékezései szerint Albert Tucker.) Így tanára, Duffin ajánlólevelet írt számára Lefschetznek. Alighanem ez volt a világ legrövidebb ajánlólevele. Az alig ötsoros levélben néhány adat állt Nash-ről, az egyetlen minősítő mondat így szólt: „Ez a fiú egy matematikai zseni.”

Nash esetében a Princeton valószínűleg jó választás volt. A matematika tanszék igyekezett a PhD-hallgatókkal szembeni formális követelményeket a minimálisra csökkenteni. Órákra jární nem volt kötelező, vizsgázní

se nagyon, vagy ha igen, az általában üres formalitás volt. Az egyetlen kötelező az ún. alapvizsga volt, amelyet az első, vagy második év végén kellett letenni. Másfelől viszont a tanszék igen erős informális nyomást gyakorolt a hallgatókra, hogy valóban dolgozzanak. Ennek szellemében naponta el kellett jární a tanszéki teadélutánokra, ahol az összes tanár megjelent, és nagyrészt matematikáról és az azzal kapcsolata-

## Duffin ajánlólevele és az egyensúly definíciója Nash disszertációjában





tos hírekről, pletykákról volt szó. Így a tanárok minden hallgatót személyesen ismertek. Ha valakit nem tartottak alkalmasnak, azt egyszerűen eltanácsolták. Az informális szelekció másik módszere az volt, hogy a disszertáció írását csak az a hallgató kezdhette meg, akit egy tanár témavezetőként elvállalt. Lehet mérlegelni az ilyen gyakorlat előnyeit és hátrányait, de Nash számára valószínűleg kedvező volt. Néhány órára járt, a minimális követelményeknek eleget tett, de idejének nagy részét egyszerűen azzal töltötte, hogy gondolkodott. Vállalva a falat súrolva a folyosókon sétált, vagy valamelyik közös helyiség asztalán feküdt, vagy egy kis parkban körbe-körbe biciklizett – és gondolkodott. Ennek köszönhetően a Princetonban töltött évek (és az azt követő rövid időszak) életének legtermékenyebb korszaka lett.

Noha néhány évvel Neumann és Morgenstern alapvető játékelmélet-könyvének (Játékelmélet és gazdasági viselkedés) megjelenése után a játékelmélet még korántsem volt általánosan elfogadott diszciplína, Nash gondolkodásának középpontjában mégis ez állt, bár mással is foglalkozott. Járt egy játékelméleti kurzusra és 1949-ben már írt egy másfél oldalas tanulmányt, amelyet Lefschetz alkalmasnak tartott arra, hogy elküldje az Amerikai Tudományos Akadémia havonta megjelenő közlönyének, ahol 1950-ben meg is jelent „Egyensúly-pontok az  $n$ -szereplős játékokban” címmel. Ebben megadja az egyensúly definícióját, majd megmutatja, hogy bizonyos technikai feltételek mellett minden  $n$ -szereplős játéknak van egyensúlya.

Nash életében egyetlen közgazdasági kurzusra járt, még a Carnegie-n. Egy későbbi interjúban azt mondta, hogy a legnagyobb hatást a közgazdászok közül a kurzust tartó osztrák Bert Hoselitz tette rá. Visszaemlékezése szerint ekkor merült fel benne az az ötlet, amelyet azután Princetonban kidolgozott. A probléma lényege, hogy ha két szereplőnek meg kell egyeznie, hogyan oszthatnak el egy adott nagyságú, vagy értékű dolgot, akkor miben állapodnak meg, feltéve, hogy megegyezés hiányában csak adott eredményt érhetnek el (ami lehet nulla is). Nash megfogalmazott négy feltételt, melyeknek a megoldás eleget kell, hogy tegyen. Majd megmutatta, hogy egyetlen megoldás tesz eleget az összes feltétel-



Az 1994-es év közgazdasági Nobel díjasai, Harsányi János, John Nash és Reinhard Selten

nek. 1949 tavaszán írt erről cikket, amely „Az alku problémája” címmel 1950-ben megjelent az egyik legjelentősebb (ha nem a legjelentősebb) közgazdasági folyóiratban, az *Econometrica*-ban. A modellt azóta Nash-alkumodellként ismerjük, és noha később más alkumodellek is születtek, egyszerűsége miatt széles körben használják, leginkább talán olyan bonyolultabb közgazdasági modellekben, amelyeknek az alku csak egy mozzanata.

1949 nyarán Nash felkereste Albert Tucker professzort, hogy megkérje, legyen disszertációjának témavezetője. A nemlineáris programozás és az optimumszámítás kedvelői jól ismerik Tucker nevét (feltehetőleg párban Harold Kuhn nevével, aki Nash hallgatótársa és barátja volt). Még többen ismerik azonban azt a játékot, amelyhez Tucker talált ki kerettörténetet, és ő adta a játék nevét: a foglyok dilemmája. Nash végig bizonytalan volt abban, hogy elfogadnak-e egy játékelméleti tárgyú disszertációt, így mással is foglalkozott és más tanárokkal is jó kapcsolatban volt. Ezért Tuckert meglepte a kérés, de igent mondott. Hat hét múlva Nash letette dolgozatának első változatát. Nem sokat tudunk Tucker és Nash együttműködésének részleteiről, de valószínű, hogy Tucker tartalmi kérdésekbe nem szólt bele, de biztalmi tanítványát, hogy minél előbb fejezze be és álljon elő az eredményekkel. 1950 májusá-

ban elkészült az alig 27 oldalas, írógéppel írt dolgozat, melybe a képleteket a szerző kézzel írta (sőt, helyenként a gépelt szöveget is kézzel javította). Az irodalomjegyzék két tételből állt, az egyik Neumann és Morgenstern alapműve, a másik saját korábbi írása az  $n$ -szereplős játékok egyensúlypontjáról.

A dolgozatban Nash megkülönbözteti a kooperatív játékokat, amelyekben a szereplők kölcsönösen betartatható, költségmentes megállapodásokat köthetnek, így viselkedésüket összehangolva koalíciókat alakíthatnak, a nem-kooperatív

játékoktól, amelyekben ez nem lehetséges. A dolgozat az utóbbiakat tárgyalja, szemben Neumann és Morgenstern művével. (Noha Neumann is jelentős eredményeket ért el a nem-kooperatív játékelmélet területén, de a konstans összegű játékokra vonatkozóan.) Ezután megadja az egyensúly definícióját, megmutatja létezését és néhány tulajdonságát. Ezt az egyensúlyt az érdeklődők azóta is Nash-egyensúlyként ismerik és a legelemibb, bevezető játékelmélet kurzusok hallgatói is így tanulják. Negyvennégy évvel később ezért az eredményért kapott Nash közgazdasági Nobel-díjat (és több, mint ötven évvel később egy interjúban erről az ötletéről mondta a címben idézett mondatot). A dolgozathoz készült cikket 1951-ben „Nem-kooperatív játékok” címmel közölte az egyetem világhírű matematikai folyóirata, az *Annals of Mathematics*.

A végzést követő nyáron a RAND Corporation-nél dolgozva továbbfejlesztette alku-modelljét. Az új változatban a szereplők először fenyegetéseket fogalmaznak meg, melyeket a megállapodás meghiúsulása esetén beváltak. A modellnek így végtelen sok egyensúlya van, Nash azonban egy szellemes és máig használt gondolatmenettel megmutatja, hogy a szereplők a fenyegetést a legjobb végeredmény függvényében választják meg, és ebben az

esetben az eredmény azonos az eredeti Nash-alku modell eredményével. Dolgozatát „Kétszemélyes kooperatív játékok” címmel közölte az *Econometrica* 1953-ban. Ez volt utolsó hozzájárulása a játékelmélethez.

Úgy érezte (nem alaptalanul), hogy játékelméleti eredményei matematikusként nem hoztak számára kellő elismerést, ezért már 1950-ben el-

Balra az ifjú Nash házaspár, jobbra a filmben őket alakító Russell Crowe és Jennifer Connelly





kezdett az algebrai sokaságok elméletével foglalkozni. Még ebben az évben kimondott és bebizonyított egy fontos tételt, az erről szóló cikket 1951-ben közölte az *Annals of Mathematics*. Ez a munka kétségtelenül növelte tekintélyét matematikus körökben, de álmai nem váltak valóra, Princeton-ból nem kapott állásajánlatot, így az MIT-re (Massachusetts Institute of Technology) ment óraadónak. Tanárként ugyan nem különösebben jeleskedett, de folytatta kutatásait és jelentős eredményeket ért el, amelyek közül a legfontosabb a Nash-féle beágyazási tétel. Vannak matematikusok, akik ma is úgy gondolják, hogy ezek az eredmények jelentősebbek, mint Nash hozzájárulása a játékelmélethez. 1953-ban már felmerült, hogy az MIT állandó állást ajánl Nashnek, de javaslat ellenzői többségben voltak. Élete más területén azonban jelentős események történtek.

Egy rövid kórházi kezelés során megismerkedett Eleonor Stier ápolónővel, rövid kapcsolatukból született John David. Nash azonban nem vette feleségül Eleonort, aki egyedül nevelte fel fiát. 1953-ban Nash fizikushallgatóknak tartott egy kurzust. Az előadáson ott ült Alicia Larde, akinek azonnal megtetszett az ifjú tanár. Mindent megtett, hogy találkozhassanak, állást vállalt a zenei könyvtárban, ahova Nash rendszeresen járt. Kapcsolatuk 1955–56-ban vált szorosabbá és 1957-ben összeházasodtak. 1959-ben született fiúk, John Charles Martin.

1950 és 1958 között Nash az MIT-n tanított óraadóként, 1954-ig nyaranta a RAND Corporation-nél dolgozott, 1956-ban pedig Princetonban az egykor híres Felsőfokú Tudományok Intézetében (Institute for Advanced Study), amely ekkor már túl volt fénykorán. Sok időt töltött a Courant Matematikai Intézetben (New York University), ahonnan állásajánlatot is kapott, de inkább az MIT mellett döntött. Ebben az időszakban tizenöt publikációja jelent meg, köztük alapvető jelentőségűek. Ez csaknem a teljes életműve. Végül 1959 elején kapott állandó állást az MIT-n. Úgy tűnik, bizonyos szempontból későn.

Abban az évben környezete olyan mozzanatokat észlelt magatartásában, melyekről egy ideig nem tudták eldönteni, hogy egy extrém személyiség különös tréfái, vagy valamely nagyobb baj első jelei. E jelek sűrűsödése és súlyosbodása azt jelezte, hogy Nash beteg. Még abban az évben sor került első kényszerkezelésére a McLean Kórházban. A következő mintegy negyedszázad a betegséggel (egyész diagnózisok szerint paranoid skizofrénia) való küzdelemmel telt.

Kezdetben környezete reménykedett a gyors gyógyulásban. Felesége mindenben



Nash a film forgatásán Russell Crowe és a rendező, Ron Howard társaságában

segítette, azonban néhány év múlva belefáradt a küzdelembe és 1963-ban elváltak, de később is támogatta. Nash állapotában változtak a súlyosabb időszakok, amikor kórházi kezelésre szorult és a jobbik, amikor úgy tűnt, képes dolgozni. Az ilyen időszakokban kollégái, barátai segítettek, állást, ösztöndíjat szereztek számára. 1965–67 között írt két tanulmányt a parciális differenciálegyenletekről. Az egyik megjelent az *Annals of Mathematics*-ban és a másik is sokat hivatkozottá vált. Több jeles matematikus úgy vélte, hogy aki ilyen cikkeket ír, nem lehet beteg. Azután állapota rosszabbodott, majd a hetvenes évek elején ismét javult. Ekkor Alicia javaslatára újra összeköltöztek egy Princeton Junction-i házban, ahol a nemrég lezárult életük végéig laktak. 1978-ban egykori princetoni hallgatótársa, Lloyd Shapley javaslatára megkapta a Neumann János elméleti díjat (John von Neumann Theory Prize) a Nash-egyensúlyért, a díjátadásra azonban betegsége miatt nem tudott elmenni. A nyolcvanas években ez a fogalom a játékelmélettel foglalkozók és azt tanulók körében már alapfogalom volt, sokan mégsem tudták, ki az a John Nash. Többen úgy vélték, hogy halott, mások úgy tudták, elmebeteg van. Pedig ekkorra állapota jelentősen javult. A játékelmélettel foglalkozó Ariel Rubinstein 1988-ban meglepetten tapasztalta, hogy Nash nem tagja az Ökonometriai Társaságnak, amelynek minden jelentős matematikai közgazdász, köztük az összes akkori Nobel-díjas tagja. Ezért 1989-ben javasolta felvételét a „Fellow”-k közé, de ekkor még Nash állapotára hivatkozva elutasították. A következő évben már elsöprő többséggel javasolták. Valóban úgy tűnt, hogy ekkorra meggyógyult. Visszaemlékezése szerint a gyógyulás hosszú folyamata a hetvenes évektől tartott és nem annyira a gyógyszernek volt köszönhető, hanem annak, hogy megtanult uralkodni téveszméi fölött.

Már a nyolcvanas években felmerült, hogy

a közeljövőben közgazdasági Nobel-díjjal valamely játékelméleti teljesítményt ismerjenek el. (Pontosabban az Alfred Nobel Közgazdaságtudományi Emlékdíjjal, amelyet nem Nobel, hanem a svéd jegybank alapított fennállásának 300. évfordulóján, 1968-ban. Első díjazottjainak jelentősége azonban a díjat az eredeti Nobel-díj rangjára emelte, továbbá a többi díjjal együtt adják át minden év december 10-én. Ezért szokás általában közgazdasági Nobel-díjként emlegetni.) A díjról döntő bizottság – melynek tagjai jeles svéd közgazdászok – meglehetősen bizonytalan volt a játékelmélet közgazdasági relevanciáját illetően, ezért több irányban tájékozódtak, tapogatózdtak. A játékelméletben nevet szerzett Ariel Rubinstein készített számukra egy összefoglalót 1984-ben, melyben a terület legjelesebb képviselői között első helyen Nash-t említette. 1987-ben Jörgen Weibull, a jeles svéd közgazdász készített hasonló jelentést, és szintén fontos helyre sorolta Nash-t a játékelmélet művelői között. Két évvel később elment Princetonba is, hogy tájékozódjon és beszéljen Nash-sel. Viselkedését tekintve felemás benyomásokat szerzett, de tudományos teljesítményét illetően nem voltak kétségei.

1993-ban már világos volt, hogy a következő évben, Neumann és Morgenstern alapműve megjelenésének ötvenedik évfordulóján a díjat játékelméleti teljesítményért fogják odaítélni. Először arról kívántak dönteni, hogy a kooperatív, vagy a nem-kooperatív játékelméletben elért eredményt díjazák. Tudva, hogy ezzel arra érdemeseket kizárnak a jelöltek közül, végül az utóbbi mellett döntöttek. Közel egyöntetű vélemények szerint, ha nem így döntenek, akkor a díjra az a Lloyd Shapley lett volna a legesélyesebb, akit Neumann már az ötvenes években utódjának tekintett, és akivel Nash a princetoni tanulóévek alatt együtt dolgozott egy pókerjátékkal kapcsolatos problémán és az eredményeket egy példa erejéig felhasználta disszertációjában. Shapley munkásságáért 2012-ben kapta meg a díjat.

Jóval éleesebb volt a vita Nash személye körül. A bizottságban határozott ellenzője is volt, de végül hosszas vita után a jelöltek közé került. A döntés azonban csak akkor válik véglegessé, ha a Svéd Királyi Tudományos Akadémia testülete megszavazza. A szavazást közvetlenül a sajtótájékoztató előtt tartják, hogy elkerüljék az információk kiszivárgását. Általában rövid és formális eljárásról van szó, feltesznek néhány udvarias kérdést, majd megszavazzák a javaslatot. Nash esetében nem így történt. Az ellenzők olyan kérdéseket tettek fel, amik a jelenlévőkben kételyeket ébresztettek, szokatlanul hosszú és heves vita alakult ki. Végül a szavazás-



ra feszült légkörben került sor, Nash éppen hogy megkapta a szükséges számú szavazatot. A hír közzététele után fogadást rendeztek a Princetoni Egyetemen, ahol Nash is felszólt. Rövid és furcsa beszédet mondott, ami nem volt jó előjel. Azonban a díj átadásán és a kapcsolódó ceremóniákon – rációfólia a kétkedőkre – kifogástalanul viselkedett.

Visszaugorva az időben, 1961-ben Princetonban fontos játékelméleti konferenciát rendeztek. Nash itt találkozott először Harsányi Jánossal és Reinhard Seltennel. Több, mint harminc évvel később Stockholmban láthatta őket újra, ugyanis velük megosztva kapta a közgazdasági Nobel-díjat. Selten teljesítményének vázlatos ismertetéséhez meg kell említeni, hogy a Nash-egyensúly megkeresése nem mindig vezet azonnal megoldáshoz, például az olyan játékokban, amelyeknek több Nash-egyensúlya van. Ekkor az egyik lehetőség, hogy az egyensúlyi kritériumokon felül továbbiakat követelünk meg a megoldástól és azt az egyensúlyt tekintjük megoldásnak, amely ezeknek eleget tesz. Ilyen kritériumokból épül fel a részjáték-tökéletes (röviden tökéletes) egyensúly fogalma, amelyet elsősorban dinamikus (vagy szekvenciális) játékokban használnak. Ezt az egyensúlyt Reinhard Selten munkálta ki a hetvenes években és ezért kapta a díjat. A játékok egy különös – és talán elsősorban a közgazdaságtanban használt – osztálya az, amelyben van legalább egy olyan játékos, aki nem ismeri a játék megadásában, leírásában szereplő egyes paraméterek aktuális értékét, csak valószínűség-eloszlását. Ezek a nem teljes információs játékok. Ezekre dolgozott ki Harsányi megoldást jelentő egyensúlyfogalmat (Bayes-i egyensúly) a hatvanas évek végén és ezért kapta a díjat.

A szakoskos Nobel-előadásra Nash-t nem kérték fel, helyette az Uppsalai Egyetemen adott elő. Harminc év óta először tartott előadást, tárgyául a nem táguló világegyetem feltevésén alapuló fizikai elméleteket választotta. Jegyzetek nélkül, fejből beszélt, előadása világos, jól követhető volt. Még azokra is nagy hatást tett, akik a koncepcióval nem értettek egyet.

Ebben az időben Nash viselkedése kiegyensúlyozottá, sőt nyitottá vált. Megkereste olyan családtagjait, akikkel hosszú ideje semmilyen kapcsolata nem volt. Így elsősorban két fiát, John Davidet, akit édesanyja nevelt, és John Charles-t, aki skizofréniája miatt állandó kezelés alatt állt. Megkereste húgát, Marthát is, akivel huszonöt éve nem beszélt. 2001-ben újra összeházasodtak Alicia-val.

Régi álma teljesült 1995-ben, kutatóprofesszori állást kapott a Princetnonon, ráadásul minden kötelezettség nélkül. Nem tartott órákat, nem voltak hallgatói, azonban naponta bejárt és minden összejövetele, vitán, megbeszélésen, konferencián részt vett. Ennek

értékeléséhez tudnunk kell, hogy a hetvenes években, súlyos betegen sokszor kószált a Fine Hall folyosóin (ez az az épület, ahol a matematika tanszék helyet kapott). Néha telefirkálta a táblákat titokzatos jelekkel, máskor egy asztalnál ült, előtte összegyűrt papírdarabok. Akkoriban az egyetemen mindenki tudott, vagy hallott róla, legendává vált, a



Nash-emlékhely Bluefieldben

„Fine Hall Fantomja”-ként emlegették. Kutatóprofesszori kinevezése után ismét láthaták itt a tanárok és a diákok. A 2010-es évek elején princetoni diákok internetes oldalakon vitatkoztak arról, hogy ez az idős ember, aki kockás ingében ül az étkezőasztalnál, és papírszalvétából szendvicset eszik, vajon tényleg a híres John Nash. Voltak, akik eldicselkedtek azzal, hogy beszéltek vele, mások közös fényképet is közzétettek. Ez idő tájt Nash minden igyekezetével azon volt, hogy komolyan dolgozzon, és még valamilyen jelentős eredményt tudjon produkálni. Egy alkalommal felkérték, hogy pszichiátereknek adjon elő (rosszindulatú interpretációk szerint azért, hogy egyszer a pszichiáterek is lássanak egy gyógyult beteget). Itt kifejtette, hiába viselkedik úgy, mint bárki más, nem lehet gyógyulni nevezni, amíg nem képes komoly munkára. Máskor visszautasított egy komolyabb összeget, amelyet összes művei kiadására ajánlottak fel, ezzel is jelezve, hogy életműve nem lezárt. A Nobel-díjhoz írt önéletrajzában végén kifejti, hogy noha kevésbé valószínű, hogy egy hatvanhat éves matematikus még hozzátegyen valami jelentős addigi teljesítményéhez, ő azonban – minthogy helyzete nem tipikus – reménykedik ebben. Sajnos ez a reménye nem vált valóra. Nehéz tudomásul venni, de a hatvanas évek közepén – ekkor már harmincas éveit végén járt és súlyosan beteg volt – írt két tanulmánya után már semmi jelentőséget nem alkotott. Halála előtt fél évvel egy nála hatvan évvel fiatalabb kutatóval kezdett el dolgozni egy könyvön a matematika nyitott kérdéseiről. Ez a könyv azonban már nem készült el.

Egy amerikai gazdasági újságíró, Sylvia Nasar 1998-ban könyvet írt életéről „Egy csodálatos elme” címmel. A könyv igen sikeres lett, elnyerte a Könyvkritikusok Díját. 2001-ben Ron Howard filmrendező azonos címmel, fikciós elemekkel átszőtt játékfilmet forgatott Nash-ről. A főszerepet Russell Crowe, Alicia-t Jennifer Connelly alakította.

Nash többször megjelent a forgatáson, és egy 2004-es interjúban megemlítette a film és a valóság közötti eltéréseket, de ezeket indokoltan tartotta. A film négy Oscar-díjat kapott és igazán széles körben ismertté tette Nash nevét.

1959-ben a kanadai származású, amerikai matematikus, Louis Nirenberg megkapta a Böcher-díjat, a parciális differenciálegyenletekkel kapcsolatos eredményeiért. Nash akkor nem különösebben örült ennek, mivel maga is ezen a területen dolgozott. Több, mint ötven évvel később találkozhattak, amikor Oslóban átvették a Norvég Tudományos Akadémia által megosztva nekik ítélte Abel-díjat, az egyik legjelentősebb matematikai kitüntetést közös területük, a parciális differenciálegyenletek terén kifejtett jelentős tevékenységükért. A díjátadásról hazatérőben ült a Nash házaspár a már említett taxiba a repülőtéren, és hazaindultak. Ekkor történt a végzetes baleset.

Ma már a nem-kooperatív játékelméletben számos egyensúlyfogalmat használnak. Azonban mindegyik azon az elsőn alapul, amely elnevezésével ifjú megalkotójára fog emlékeztetni mindaddig, amíg lesznek, akik játékelmélettel foglalkoznak. ✂

## Irodalom

- A Nash-egyensúlyról bevezető szinten  
Gibbons, R.: *Bevezetés a játékelméletbe*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp. 2005. 14-18. o.
- Osborne M. J.: *An Introduction to Game Theory*, Oxford University Press, 2003. 19-22. o.
- Rasmusen, E.: *Games and Information*, Wiley-Blackwell, (4th ed.), 2006. 26-33. o.
- Nash életéről  
Simonovits, A.: „Egy csodálatos elme”, *Természet Világa* 130. évf. 12. sz. (1999. december) 558-560. o.
- Sylvia Nasar: *Egy csodálatos elme*, GABO Könyvkiadó, Bp. 2002.
- Nash önéletrajza  
„John F. Nash Jr. – Biographical”. *Nobelprize.org*. Nobel Media AB 2014. Web. 9 Aug 2015. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/economic-sciences/laureates/1994/nash-bio.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/1994/nash-bio.html)
- Nash-interjú  
„Transcript from an interview with John Nash”. *Nobelprize.org*. Nobel Media AB 2014. Web. 9 Aug 2015. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/economic-sciences/laureates/1994/nash-interview-transcript.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/1994/nash-interview-transcript.html)

LENTE GÁBOR

# Távolban egy napvitorla

A modern tudomány szerint minden anyagnak kettős természetű van: egyszerre mutat részecske- és hullámsajátságokat. A fény ebből a szempontból kivételesen fontos a fizikában, mert más hétköznapi jelenségekkel szemben mind a hullám-, mind a részecskesajátságát viszonylag könnyű tanulmányozni. A fény részecskesajátságainak egyike, hogy mechanikai nyomást fejt ki arra a felületre, amelyen elnyelődik vagy visszaverődik. A fizikusok ennek a hatásnak a leírására a Maxwell–Bartoli-tételt használják, amelynek gyakori formája egy adott felszín  $\vartheta$  beesési szögben érő fénynyaláb által kifejtett  $p$  nyomást adja meg:

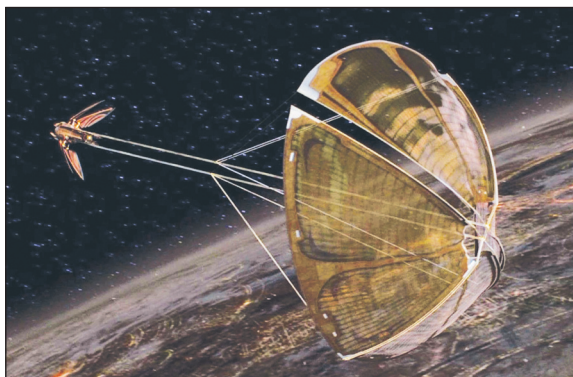
$$p = w(1 + r - d) \cos \vartheta \quad (E1)$$

A képletben  $r$  a felület fényvisszaverő képessége (tehát annak a valószínűsége, hogy egy adott foton visszaverődik róla), míg  $d$  az áteresztőképesség. Ezen  $r$  és  $d$  számok összege soha nem lehet nagyobb 1-nél, míg az  $1 - r - d$  különbség pontosan megadja egy beeső



1. ábra. Crookes-féle radiométer

foton elnyelődésének valószínűségét. Az E1 egyenletben egy mennyiséget nem definiáltunk még:  $w$  a fénysugár energiasűrűségének időbeli átlagértéke. Itt érdemes megemlíteni, hogy a térfogati energiasűrűség (energia/térfogat) és a nyomás (erő/felület) fizikai dimenziói megegyeznek.



2. ábra. Dooku gróf Napvitorlása a *Csillagok háborúja című* filmsorozat második részében

A fénynyomással kapcsolatban gyakran megemlített demonstrációs eszköz a Crookes-féle radiométer vagy más néven *fénymalom*. Ez lényegében egy vákuumba helyezett, tü helyére illesztett négykarú lapátos kerék, amelynek lapátjai egyik oldalukon kormozottak (1. ábra). A kerék napfény vagy mesterséges fény hatására is látványosan forgásba jön. Habár valójában a jelenség magyarázata meglehetősen bonyolult, és benne a lapátok két oldalán kialakuló hőmérséklet-különbség hatása a legfontosabb, a fénynyomásnak is van szerepe a mozgás létrejöttében. Fénymalmot először Sir William Crookes (1832–1919) brit fizikus és kémikus készített, miután felfigyelt arra, hogy a vákuumban végzett nagy pontosságú tömegmérést a közvetlen napfény megzavarja.

A Nap, hasonlóan más csillagokhoz, igen sok fényt bocsát ki, ezért felmerül az ötlet, hogy ennek a fénynek a nyomását – a Földön vitorlázásra használt szélenergiához hasonlóan – akár űrhajók mozgatására is fel lehet használni. Félreértésre adhat okot, hogy létezik napszélnek nevezett jelenség is, de ez igazából nem a fény nyomására utal, hanem a Naptól kiáramló egyéb részecskékre: elektronokra, protonokra és alfa-részecskékre. Tehát a napvitorlázás igazából nem a napszelet, hanem a napsugárzás fénynyomását használná fel.

A fényenergia ilyen típusú felhasználásának lehetőségére már Jules Verne is utal 1865-ben írt *Utazás a Holdba* című regényében: „Mi azonban ráérős emberek vagyunk, nekünk semmi sem sürgős: a mi sebességünk nem haladja meg a 9900 mérföldet, s ez

a sebesség is egyre lassúdni fog. Kérdezem önöket: érdemes-e ezért annyira lelkesedni? Nyilvánvaló, hogy úgyis túlhaladjuk egyszer ezt a sebességet, ennél jóval nagyobb sebességet érünk majd el, valószínűleg a fény vagy a villamosság mozgatóerejének felhasználásával!” (19. fejezet, A népgyűlés)

Ezen sorok különlegessége, hogy Verne mindössze egyetlen évvel azután említi meg a fény mozgatóerejét, hogy James Clerk Maxwell (1831–1879) skót elméleti fizikus publikálta az elektromágneses sugárzásokról szóló, manapság a róla elnevezett négy egyenletben összefoglalt elméletét.

Svante Arrhenius (1859–1927), a Nobel-díjas kémikus 1908-ban megjelent, *Worlds in the making* című könyvében már tudományos alapossággal is megvizsgálta a fénynyomás felhasználásának lehetőségét csillagközi utazásra. A napvitorlázás tudományos-fantasztikus filmek alkotóinak a fantáziáját is megmozgatta: a *Csillagok háborúja* című filmsorozat második részének végén Dooku gróf űrhajója nyit ki egy látványos vitorlát (2. ábra), míg James Cameron nagy sikerű, *Avatar* című film-



3. ábra. Az *Interstellar Vehicle Venture Star* űrhajó az *Avatar* című filmben

jében az *Interstellar Vehicle Venture Star* nevű űrhajónak is van ilyen célt szolgáló, nagy felületű, tükröződő része (3. ábra).

Visszatérve a tudományos realitásokhoz: az E1 egyenletet érdemes részleteiben is elemezni. Minél jobban visszaveri a fényt egy felület (minél közelebb van  $r$  az 1-hez), annál nagyobb lesz a rá ható fénynyomás. Tehát az ideális vitorla egy minden ráeső sugárzást visszaverő, tökéletes tükör. A tel-



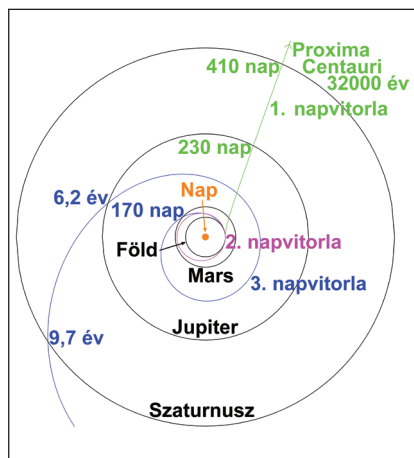
jes hajtóerőt a nyomás és a felület szorzata adja, ezért aztán ilyen céllal minél nagyobb tükröt érdemes készíteni.

Az E1 képletben szerepel a napsugárzás energiasűrűsége ( $w$ ): ez természetesen függ a Naptól mért távolságtól; értéke a Naprendszerben kifelé haladva gyorsan csökken. Részletes számítások szerint a Naptól  $l$  távolságban  $w$  a következőképpen adható meg:

$$w = P_{\text{Nap}} / (4\pi l^2 c) \quad (E2)$$

Az E2 képletben  $P_{\text{Nap}}$  mennyiség a Nap által egységnyi idő alatt kisugárzott energia, vagyis a Nap fényteljesítménye ( $3,85 \times 10^{26}$  W),  $c$  pedig a fénysebesség ( $3,00 \times 10^8$  m/s). A Föld átlagos távolsága a Naptól mintegy 150 millió km; ilyen távolságban a napsugárzás fénynyomása egy rá merőleges, tökéletesen tükröző felületre ( $r = 1$  az E1 egyenletben) nagyjából  $9 \mu\text{Pa}$  ( $9 \times 10^{-6}$  Pa), vagyis a Föld felszínén uralkodó légköri nyomásnál mintegy tízmilliárdszor kisebb.

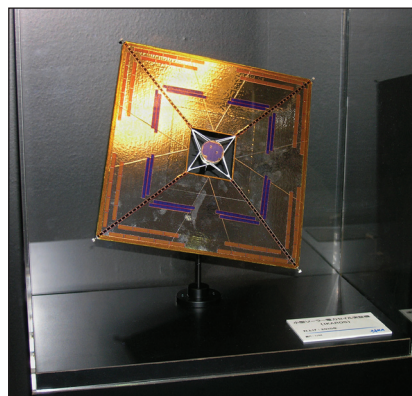
Mire elég ez a hajtóerő? Ez sok mindentől függ. Az első összehasonlítást talán a gravitációval érdemes megtenni. Az E2 képlet azt fejezi ki, hogy a fénynyomás a gravitációhoz hasonlóan a távolság négyzetével fordítottan arányosan csökken. A két törvény összehasonlításából viszonylag egyszerű kiszámolni, hogy egy 1 kg teljes tömegű napvitorlásnak ideális körülmények között  $650 \text{ m}^2$  tökéletesen tükröző



**4. ábra. Elméleti napvitorlázási pályák a Naprendszerben. 1. napvitorla: 10 kg tömeg és  $10\,000 \text{ m}^2$  felület (napsugarakra merőlegesen), 2. napvitorla: 1000 kg tömeg és  $100\,000 \text{ m}^2$  felület (napsugarakra merőlegesen), 3. napvitorla: 10 kg tömeg és  $10\,000 \text{ m}^2$  felület (napsugarakkal ideális szögben)**

felületre van szüksége ahhoz, hogy a Nap gravitációját éppen kiegyenlítsse. Azonban az 1 kg tömegnek magát a vitorlát is tartal-

maznia kell! Ha ezt a feltételt figyelembe vesszük, egy alumíniumból készített tükrő (amelynek egyébként igen kedvezőek a visszaverési sajátságai) vastagsága legfeljebb fél mikrométer lehet, amely nagyjából huszadrésze a ma az iparban előállított legvékonyabb alufóliának. Ugyanakkor még fél mikrométer is nagyjából 2000 atomnyi távolságot jelent, így elvi akadály a nin-



**5. ábra. Az IKAROS japán napvitorla (1: 64 méretarányú makett)**

csen akár még vékonyabb vitorla készítésének sem. Ha elképzelünk egy a Földről indított, 10 kg teljes tömegű űrszondát  $10\,000 \text{ m}^2$  (nagyjából egy focipálya méretével megegyező) felületű vitorlával, ez a Naprendszert majdnem egyenes vonalban el tudná hagyni, és bő harmincezer év alatt eljuthatna a legközelebbi csillag, a Naptól 4,24 fényévre lévő Proxima Centauri-ig (4. ábra, 1. napvitorla). Persze a Naptól eltávolodva a fénynyomás már annyira kicsiny értékre csökken, hogy egy ilyen űrhajó két-három év után akár be is vonhatná a vitorláját...

A Naprendszerben való mozgáshoz azonban egyáltalán nem szükséges az, hogy a gravitációt meghaladó erők hajtásuk az űrhajót. Képzeljünk el egy jóval nagyobb,  $1000 \text{ kg}$  tömegű űrszondát  $100\,000 \text{ m}^2$ -es vitorlával. Az  $1000 \text{ kg}$  talán nem tűnik soknak, de valójában a jelenlegi űrhajók tömegének igen nagy hányadát az üzemanyag teszi ki, amire egy napvitorlásnak nincsen szüksége. Az E1 egyenlet alapján azt gondolhatnánk, hogy a vitorlát mindig a napsugárzásra merőlegesen érdemes tartani, hiszen a beesési szög ekkor nulla, vagyis a fénynyomás és a hajtóerő így lesz maximális. Valójában ez azonban korántsem ideális: egy ilyen programozású szonda a Földről indulva még a Marsot is csak kb. 13 millió kilométerre tudná megközelíteni, elérni pedig nem lenne esélye (4. ábra, 2. napvitorla).

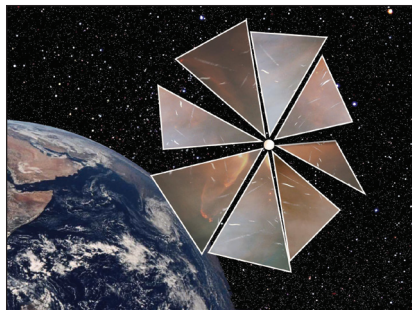
A Föld óceánjain közlekedő vitorlás hajók mozgásának érdekessége, hogy nem teljes hátszélben haladnak a leghatéko-

nyabban: az oldalszél kedvezőbb. Ugyan egészen más okokból, de ez a napvitorlásokra is érvényes: az ideális vitorla-beállítási szög pontosan félúton van az űrszonda mozgási iránya és a napsugárzás iránya között. Az előző gondolatmenetben elképzelt napvitorlás így programozva sokkal kisebb juthat (4. ábra, 3. napvitorla). A Szaturnuszig szűk tíz év alatt lehetne eljutni, ami első pillantásra talán soknak tűnik, de valójában a jelenlegi, üzemanyagot felhasználó meghajtáshoz képest még előrelépést is jelentene: a Cassini-Huygens űrszondának például 17 évre volt szüksége ahhoz, hogy elérje a gyűrűiről híres bolygót.

Ugyanakkor nem szabad feledni azt sem, hogy a napvitorlázás a Naprendszeren belüli mozgásra alkalmas, viszont a Föld felszínéről az űrbe juttatáshoz gyakorlatilag semmilyen segítséget nem jelent. Vagyis a napvitorlásokat is rakétákkal kellene kiszabadítani a Föld gravitációjából.

Természetesen a fénynyomás mozgató hatásának elvi lehetőségét a szakemberek nagyon régóta ismerik, és már jó néhány kísérlet is történt arra, hogy ezt felhasználják űrrepülés közben. A Vénuszt tanulmányozó Mariner-10 (1973–1975) és a Merkúr körül keringő Messenger (2004–2015) űrszondák a Naphoz viszonyított helyzetük, vagyis orientációjuk szabályozásához felhasználták a fénynyomást is, így üzemanyagot takarítottak meg, noha igazi vitorlával nem is szerelték fel őket. Ez a megoldás már csak azért is kézenfekvő volt, mert a két szonda közelebb került a Naphoz, mint a Föld, vagyis az E1 egyenletben  $w$  értéke emiatt is nagyobb volt. Az aszteroidakutatásban kiemelkedő szerepet játszó, sok üzemzavart átvészelő japán Hayabusa (2003–2010) űrszonda esetében a fény szerepe már nélkülözhetetlen volt a meghibásodok ellensúlyozására. A Himawari-6 (2005–, más néven MTSAT-1R) nevű, Föld körül keringő műholdon egy kisméretű napvitorla segíti a stabil pozíció fenntartását. 1993. február 4-én még a Mir űrállomás kozmonautái is végeztek ilyen jellegű kísérletet: sikerrel nyitották ki a Znamja-2-nek elnevezett, 20 méter széles napvitorlát, bár végül is a hajtóerő tesztelésére már nem került sor.

Az első komoly űrvitorlás a Japán Űrügynökség (Japan Aerospace Exploration Agency, Jaxa) IKAROS nevű szondája (5. ábra); ez a Földet 2010. május 21-én hagyta el.  $7,5$  mikrométer vastag, poliimid típusú műanyagból készült,  $14 \text{ m} \times 14 \text{ m}$ -es, négyzet alakú vitorláját 2010. június 3-án sikerrel nyitotta ki, s segítségével 2010. december 8-án elérte a Vénuszt. Az IKAROS így bekerült a Guinness Rekordok Könyvébe, mint az első olyan eszköz, amely a fény nyomását sikeresen használta bolygóközi utazásra. Ezzel a szonda



6. ábra. A Cosmos-1 tervezett felépítése

tudományos pályafutása igazából véget is ért, bár mozgását azóta is követik: jelenleg olyan Nap körüli pályán van, amelyen a keringési idő mintegy 10 hónap. Teljes eddigi működési ideje alatt az IKAROS mintegy 1500 km/h-val tudta megváltoztatni a sebességét a napvitorlának köszönhetően.

Alig néhány hónappal a japán példa után, 2010. november 19-én az amerikai űrkutatást koordináló NASA állította Föld körüli pályára saját kísérleti napvitorláját, amely a NanoSail-D nevet kapta. Ez egy úgynevezett CubeSat volt, amely teljes egészében befér egy 30 cm × 10 cm × 10 cm méretű dobozba, s tömege mindössze 4 kg. Az ilyen típusú műholdakat általában lelkes, és nagyon is hozzáértő amatőrök készítik, s nagyobb hordozórakétákkal mintegy mellékesen állítják pályára: egyik lényeges szerepük, hogy a rakéta által szállított tömeg egészen pontosan megegyezzen az előzetesen tervezettel. A NanoSail-D a Föld felszíné-



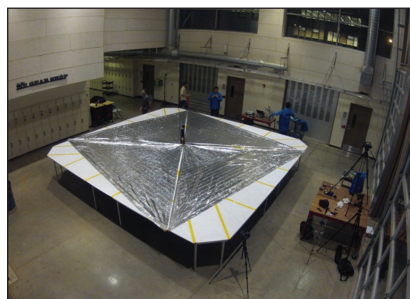
7. ábra. A LightSail űrszonda majdnem teljesen összecsomagolt állapotában

től 650 km-re keringett, napvitorlája pedig mintegy 10 m<sup>2</sup> felületű volt. Így a felszínen lévő nagyobb távcsövekkel fényképet is lehetett készíteni róla. A kísérletet nem tervezték túl hosszúra: az űrszonda a pályára állítás után 240 nappal visszatért a légkörbe és elégett, de előtte sok értékes információval gazdagította a napvitorlák tervezőit.

Persze nem minden eddigi kísérletet koronázott siker. A NanoSail-D első prototípusa 2008-ban a hordozórakéta üzemzavara miatt visszahant a Csendes-óceánba. A Carl

Sagan (1934–1996) által alapított amerikai Planetary Society különösen balszerencsésnek érezheti magát, hiszen 2001-ben és 2005-ben is rakéta-meghibásodás akadályozta meg, hogy a már megépített kísérleti napvitorlásuk eljusson az űrbe. 2005-ben duplán is fájdalmas volt a veszteség, mert a műholdnak (Cosmos-1) – a többi kísérlettelől eltérően – propellerszerű, lapátokból álló napvitorlát kellett volna tesztelnie (6. ábra).

A két kudarc ellenére a Planetary Society 2009. november 9-én (éppen Carl Sagan születésének 75. évfordulóján) újabb kísérlet előkészületeit jelentette be a sajtónak. A napvitorla ezúttal a LightSail-A nevet kapta. A NanoSail-D-hez hasonlóan CubeSat méretű műhold viszonylag gyorsan el is készült (7-8. ábra), de az űrbe juttatására hosszú időn át nem volt remény, mert egyetlen olyan rakétán sem volt neki hely, amely a Földtől elég távoli pályára tudta volna állítani. A

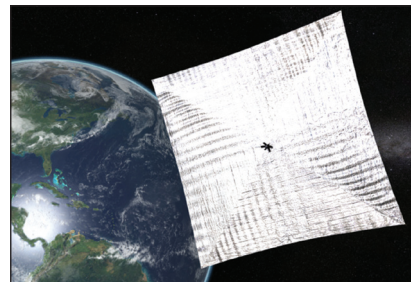


8. ábra. A LightSail napvitorlája a szerelőcsarnokban

földi tesztelés közben hibákat találtak a vezérlőrendszerben, ezek kijavításához pedig idő és mindenekelőtt pénz kellett. 2013-ban aztán végre a szerencse is rámosolygott egy kicsit a LightSail-re: a NASA egy olyan programot indított, amely során CubeSat-ok pályára állítását lényegében ingyen, az űrkutatás népszerűsítéseként végzi el. Így került a LightSail-A egy Atlas-V rakétára, amelyet 2015. május 20-án indítottak el a floridai Cape Canaveral-ből, s olyan pályára állt, amelyről az előzetes előrejelzések azt mutatták, hogy a vitorla kinyitása után is tartható néhány napig, s ez bőven elegendő a tervezett tesztek elvégzéséhez.

A korábbi tapasztalatok alapján talán nem is volt meglepő, hogy nem ment minden a tervek szerint. A földi irányítás nem sokkal a pályára állás után egy szoftverhiba miatt elvesztette a kapcsolatot az űrszondával. A problémát május 31-re sikerült részben megoldani, de a hibás szoftver helyett a próbálkozások ellenére sem sikerült javított verziót feltölteni. Június 7-én kissé akadozó kommunikációval kezdték el a vitorla kinyitását, amelyet aztán már nem gátoltak újabb üzemzavarok. A vitorla teljes felülete 32 m<sup>2</sup>, anyaga pedig egy Mylar márkanévű, a fényt nagyon jól visszaverő műanyag: lényegében

az üdítő-ásványvízes flakonok anyagaként közismert PET (polietilén-tereftalát) egy módosított változata. A teljes vitorla négy háromszögű darabból állt össze; kinyitott állapotban a róla visszaverődő napfény által okozott élénk felvillanások szabad szemmel is jól láthatóak voltak a földfelszínről. Június 10-re meggyőződtek arról, hogy a vitorla kinyitásának bonyolult művelete sikeresen be-



9. ábra. A LightSail 32 m<sup>2</sup>-es napvitorlája Föld körüli pályán

fejeződött (9. ábra). A várakozásoknak megfelelően feladatának befejezése után, június 14-én a szonda a légkörbe való visszatérés közben megsemmisült.

A napvitorlázás megvalósítása már eddig is sok kreatív embert foglalkoztatott, így biztosak lehetünk abban, hogy a jövőben is lehet majd hallani ilyen kísérletekről. A legközelebbi alkalomig már nem is kell olyan sokat várni: 2016 áprilisára tervezik a LightSail-A nagytestvérenek, a LightSail-1-nek a pályára állítását. ♣

## Irodalom

1. <https://www.mozaweb.hu/Extra-Videok-Fenymlom-147817>
2. Budó Ágoston, Mátrai Tibor: Kísérleti fizika III., Tankönyvkiadó, Budapest 1977
3. Jules Verne: Utazás a Holdba és Utazás a Hold körül, Kilényi Mária fordítása, Móra Ferenc Könyvkiadó, Budapest, 1976
4. Svante Arrhenius: Worlds in the Making, Translated by Dr. H. Borns, Harper & Brothers Publishers, New York and London, 1908
5. <http://global.jaxa.jp/projects/sat/ikaros/>
6. Dennis Normile, Science, 2005, Vol. 328, No. 5979, p. 677.
7. [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/smallsats/nanosaild.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/smallsats/nanosaild.html)
8. Louis D. Friedman, Planetary Report, 2002, Vol. 22, No. 2, p. 19
9. Amir Alexander, Louis D. Friedman, Planetary Report, 2004, Vol. 24, No. 6, pp. 6-11
10. Bill Nye, Planetary Report, 2005, Vol. 25, No. 2, pp. 6-7
11. Doug Stetson, Planetary Report, 2014, Vol. 34, No. 2, pp. 14-18.
12. Jason Davis, Planetary Report, 2015, Vol. 35, No. 1, pp. 6-11.
13. <http://sail.planetary.org/>



KERESZTURI ÁKOS

# Nyomozás a meteoritok körül

A jó detektív néhány apró, alig észrevehető nyom alapján egy egész történetet vázol fel: ki, mit és milyen körülmények között csinált a tett színhegyén. A jó bolygókutató sem tervez kevesebbet: egy apró kődarabból, esetünkben meteoritból próbálja felvázolni, miként születtek az egyes bolygók, milyen körülmények között alakult ki a Naprendszer. Sőt, arról is szerezhetők ismeretek, hogy mi történt mindezek előtt, milyen csillagok léteztek és milyen körülmények uralkodtak a Tejútrendszer azon szegletében, ahol a Naprendszer megszületett. Bár aprók, nehezen vizsgálhatók, és a korábbi események csak némelyike hagy nyomot bennük, alapos munkával fontos események rekonstruálhatók a meteoritok segítségével. Az alábbiakban néhány meteorittípus alapján azt tekintjük át, milyen kép rakható össze elemzésükkel a múltunkat illetően.

Mindezek megértéséhez fontos a meteoritok esetében használt korok definiálása. Egy-egy meteorit kisebb részei meghatározott időpontban kristályosodtak ki. Ezek között még akár a Naprendszer 4,6 milliárd éves koránál régebbi is lehet – egyes szemcsék még a csillagközi térben jöttek létre, noha korbecslésük rendkívül nehéz. A legtöbb alkotórész azonban a Naprendszer születésekor (az ósnapot övező felhőben) képződött, majd ezek később ütközésekkel összetapadtak. Ez az esemény a teljes közzettest keletkezési korát jelzi. Mindez többször is megtörténhet: újabb ütközésekkel szétdarabolódik, majd megint összeáll egy-egy objektum – nem meglepő, hogy a korbecslés igen nehéz feladat, tüzetes nyomozás szükséges az események pontos rekonstrukciójához.

A már összeállt testen azonban a későbbiekben is történhetnek változások. A belsejében felszabaduló hőtől megolvadhat, ilyenkor anyaga átkristályosodik, utána pedig a megszilárdult szemcsék „belső órája” újraindul – itt tehát az átalakulás korát látjuk. Ha elég nagy a test, ilyen olvadás többször is bekövetkezhet, például vulkáni hatásra. Többszöri olvadás elsősorban a legnagyobb objektumoknál, bolygóméretű testeknél lehetséges, bár vulkanizmus a Holdon és a Vesta kisbolygón is fellépett.

Mindezek után még egy további becsapódás kell, amitől a kérdéses meteorit anyaga kilökődik az űrbe – ezt nevezik kilökődési kornak. Innen kezdve a meteoritunkat (amit a Földre érkezése előtt még meteoroidnak hívunk) már nem veszi körbe a vele együtt összeállt anyag, ezért a kozmikus sugárzás és a

## Lenyomat a bolygóink előtti korokból

A kevésbé átalakult meteoritok (főleg az ún. szenes kondritok) viszonylag érintetlen állapotban a csillagközi térben született anyagokat is őriznek. Erről a témakörrel lapunk 2015. áprilisi számában részletesen is beszámoltunk. Kétségtelen, hogy az ún. preszoláris (tehát a Nap születése előtti időről szóló) ismeretek igen értékesek, azonban a mikroszkopikus szemcsék azonosítása és vizsgálata a meteoritokban is igen nehéz.

Az ilyen ősi összetevők speciális csoportjai azok a szerves anyagok, amelyek még a csillagközi tér jeges szemcséiben keletkeztek és erős deutériumdúsulással jelzik az ősi eredetet. Az viszont máig nem egyértelmű, hogy egy-egy meteorit szerves komponenseinek mekkora része ilyen preszoláris eredetű, és mekkora rész keletkezett később az összeállt testben cirkuláló vizes oldatok segítségével.

A szerves molekulák a szenes kondrit meteoritok néhány százalékos széntartalmának csak kisebb részét adják, amit nehéz a többi ásványtól elkülöníteni a részletes elemzéshez. Ahol ez sikerült, kiderült, hogy aminosavakban gazdagok a kozmikus látogatók, amelyekhez hasonlóak a földi élet keletkezését megelőzően bolygónkra is hullottak, talán elősegítve az élet megszületését. Ugyanakkor, ha megvizsgáljuk ezen szerves molekulák szerkezetét és összetételét, sok olyan aminosav is akad köztük, amelyek a földi élethez nem szükségesek. Emellett a bioszférában jellegzetes „balkezes” kiralitású aminosavakhoz képest a meteoritokban balos és jobbos szimmetriájú aminosavak egyaránt előfordulnak.

A szerves anyag esetenként apró globulák formájában koncentrálnak, amelyek részben szerkezetükben is őrzik a csillagközi jégben történt fotokémiai reakciótermékek halmazát. Ilyen apró szemcsék nemcsak a „klasszikus” meteoritokban akadnak, hanem az ún. IDP-k (interplanetary dust particle) belsejében is. Ezek üstökösökből származó szemcsék, és a földi felsőlégrétegből lassan ülepednek a felszín felé. Hasonló anyagot a Stardust-űrszonda is gyűjtött a Wild-2 üstökös mellett elhaladva.



**Vékonycsiszolat az NWA 8687 holdi meteoritból – a kicsi is nagy érték**  
(Kereszty Zsolt gyűjteménye)

Nap részecskesugárzása is szabadon éri. Mindez szintén nyomot hagy benne, amiből az becsülhető, mennyi időn keresztül keringett „védelem nélkül” a világűrben. Ha szerencsénk van, egy idő után a Föld légkörébe lép, jó esetben egy kis része túléli a felizzást, és meteoritként lehullik. Ez az esemény a lehullás idejét adja. Ezt követően is kell némi szerencse, hogy megtaláljuk, begyűjtjük – és ezután már elkezdhetjük a fenti történetet kinyomozni.

### Eltűnt bolygók nyomában

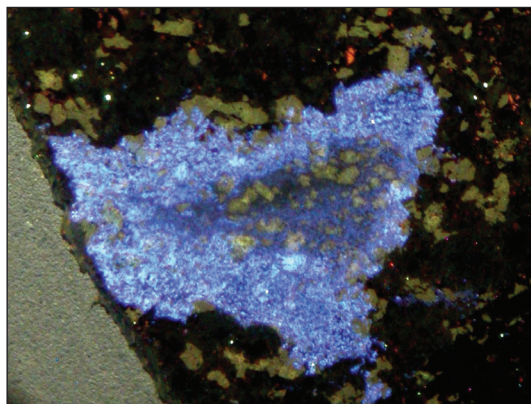
A legtöbb meteorit a kondritok csoportjába tartozik, amelyek a Naprendszer őanyagát kisebb-nagyobb átalakulással, de máig őrzik. Közülük is a legprimitívebbek és legfontosabbak a szenes kondritok. Az ilyen meteoritok apró, közel mm-es kerek kondrumokból és a közöttük lévő alapanyagból (mátrix) állnak. Minden kondrum egy magas hőmérsékleten megolvadt, majd lehűlt és megszilárdult „kőzetcsepp”, amit az ősnap aktivitása forrosított fel. Koszmos üledéknek is szokták nevezni anyagukat, mivel az apró, kerekded szemcsék az ősnap körüli anyagkorongban ütközéssel halmozódtak és tapadtak össze, egyre nagyobb testeket alkotva.

Noha kifejezetten ősi az anyaguk, enyhe átalakulás azért esetenként történt bennük is. Ez lehet vizes mállás, hőhatásra fellépett olvadás, vagy becsapódástól létrehozott töredezés és ásványok sokk-hatású átalakulása. Talán az első eset a legérdekesebb, itt feltehetőleg jég is kondenzálódott a halmozódó kozmikus üledék anyagába, ami a radioaktív fűtéstől megolvadt. Ebben főleg a rövidéletű <sup>26</sup>Al-izotóp játszott szerepet, amely elég gyorsan bomlik, de az ősi Naprendszerben jelentős arányban volt jelen. A gyors és intenzív fűtőhatása miatt a meglepően kis égitestek néhányszor 10 km-es átmérő felett már jelentősen felmelegedtek, és bennük víz cirkulált.

Az áramló meleg víz pedig látványosan átalakította az ásványokat, amelyekben vizes mállás lépett fel. Sok olivin ásványszemcse mállott el másodlagos ásványok sorát létrehozva. A vizes mállás sok szilikátásvány esetében exoterm kémiai reakcióval jár – azaz tovább melegíti a környezetet. Ennek nyomán forró vizes oldatok, sőt néhol feszítő hatású gőz is megjelent egyes meteoritok szülőégitestében. Nagy kérdés, hogy vajon ez szét is robbantott-e néhányat közülük? A modellek alapján több millió évig is fennmarhattak a folyékony halmazállapotú vízhez szükséges körülmények. Az ilyen vizes átalakulások olyan érdekes ásványokat is létrehozhatnak, mint a filloszilikátok (agyagásványok), amelyek érzékeny környezetindikátorok. Emellett oxidok, hidroxidok is létrejönnek – ugyanakkor, ha a melegedő környezetben egy kritikus érték fölé megy a hőmérséklet, vízvesztéssel tovább alakulhatnak az ásványok.

### Megolvadt ős-kisbolygók

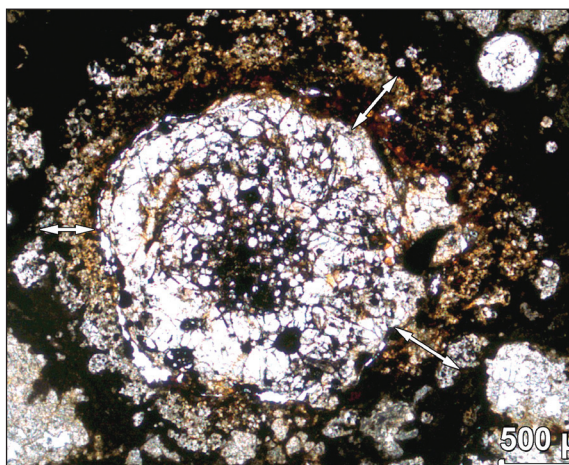
Amennyiben elég nagy egy ilyen ősi égitest (több 100 km átmérőjű), belsejében annyira meleg le-



**Hamisszínes katódlumineszcens felvétel az NWA 4964 meteorit részletéről. A kék színű kalciumban és alumíniumban gazdag ún. CAI-szemcse magas hőmérsékleten keletkezett nem sokkal a kondrumok előtt az ősi Naprendszerben (MTA CSFK)**

het, hogy sok ásvány teljesen lebomlik, és a nagy sűrűségű anyagok (például a vas) a mélybe süllyednek. A folyamattal egy sűrű, főleg vasból és nikkelből álló mag keletkezik az égitestben. Ha mindez később lehül, az olvadt fém megszilárdul. Ha az efféle objektumok egymással összeütköznek, szétdarabolódhatnak, némelyik töredékük vasmeteorit lesz, de akadnak köztük keverék kő-vas meteoritok is. Utóbbiak egy korábbi modell alapján a mag-köpeny határvidéken jönnek létre, ahol már az olvadt vassal szilikátásványok keveredtek. A feltételezések szerint az innen származó meteorikus testek ásványai alapján becsült hűlési sebesség igen széles skálán szóródik, ami arra utal, hogy némelyek egy nagyobb égitest mélyében lassan, mások viszont vékony „hőszigetelő” réteg alatt gyorsan hűltek. Utóbbi eset arra utal,

**Egy kondrum az NWA 5491 meteoritból, amelyet vastag, átalakulásos héj (nyilak) vesz körül (MTA CSFK)**



hogy sok hasonló meteorit az ütközések során szétdarabolódott, majd újra összeállt objektumból származhat.

Az ütközések és szétdarabolódások igen változatosá teszik a meteoritok eredetét és megbonyolítják nyomozásunkat. Általánosságban azonban kimondhatjuk, hogy az elsőként összeállt ún. szülőégitestek (amelyekből nagyságrendileg száz lehetett) egymással ütközve széttrótek (így keletkeztek a kisbolygó családok), majd az immár forráségitesteknek nevezett objektumok felszínét érő becsapódások révén még kisebb töredékek keletkeztek – utóbbiak jutnak meteoritok formájában a Földre.

A fentiekben leírt olvadási események miatt a híres vasmeteoritok a kondritoknál már jobban átalakult égitestekből származnak. Ezek tehát az előbb említett ős-kisbolygók differenciált képviselőinek darabjai. Az olvadás során vasmag keletkezett sok

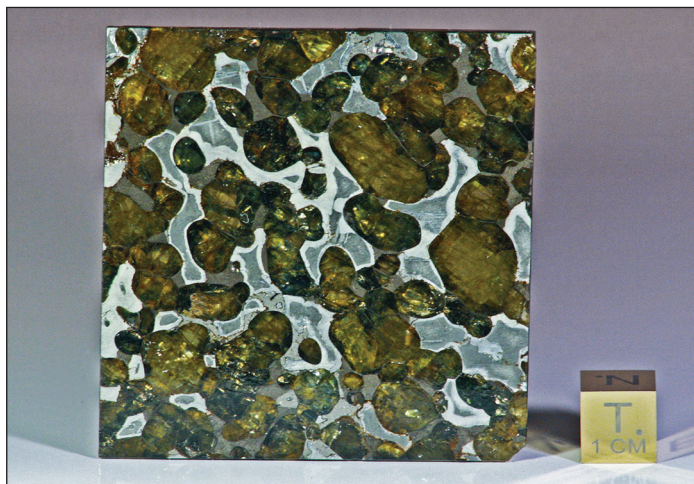
ilyen objektumban, ami jól megőrződő, lassan és gyengén málló meteoritok formájában található meg a Földön. Vas és nikkel anyaguk ősi égitestek magjának töredéke lehet. Kristályszerkezetük a szilárdulás jellemzőire utal, amiből a hűlési sebességük becsülhető. Általában több millió év alatt hűltek le teljesen. A becslések alapján a legtöbb vasmeteorit közel 1000 km-es ősi objektum(ok)ban jöhetett létre. Ugyanakkor sok kérdés még messze nem tisztázott. Nemcsak a szülőégitestek száma és átalakulásuk mértéke bizonytalan, hanem az események kronológiája sem elég tiszta még – egyes modellek alapján például a vasmeteoritok a kondrit meteoritoknál is idősebbek valamivel.

A vasmagot övező rétegek nehéz elemekben szegényebbek lettek, és sokféle szilikátásvány keletkezett itt. Az ilyen égitestek közül a leghíresebb a Vesta kisbolygó, és a róla érkezett HED meteoritok, ezek ugyanis egy kisbolygó bazaltos vulkáni tevékenységének nyomait őrzik. A három alcsoportra osztott közetek (howardit-eukrit-diogenit) a Vesta egykori lávafolyásainak eltérő mélységű részeit képviselik: az eukritek a felszín közelébe jutott lávából állnak, a diogenitek a mélyben megrekedt és lassan kihűlt közetet jelzik, a howarditok pedig becsapódások révén a kettő összekevert anyagát tartalmazzák.

### Meteoritok a szomszédból

Természetesen a Holdról is érkeznek meteoritok bolygónkra, a kísérőnket érő nagyobb becsapódások képesek kilökní azokat a világűrbe, majd jó





**A pallazitok csoportjába tartozó Brenham meteorit vékony kőzetszelete. A nagy sárga, átlátszó kristályok olivinásványok, az ezüstszínű, átlátszatlan rész közöttük vas-nikkel ötvözet**  
(Kereszty Zsolt gyűjteménye)



**A Domeyko vasmeteorit a lassú kihűléssel keletkező jellegzetes Widmanstätten-mintázattal**  
(Kereszty Zsolt gyűjteménye)

részük a Földre hullik. Ilyen meteoritok az elmúlt kb. 20 millió évben lökődtek ki, átlagosan 100 ezer évvel ezelőtt a Holdról. A holdi meteoritok anyaga amellet, hogy erősen átalakult a kondritokhoz képest, szokatlanul sok becsapódásos nyomot tartalmaz. Itt nemcsak sokkhatású töredezés ismerhető fel apró fragmentumok formájában, hanem sok üveges, a becsapódástól olvadt, majd gyorsan megszilárdult ásványszemcse („ásványcsepp”) is jellemző, amelyek cementként ragasztják össze a töredékeket. Ennek megfelelően a holdi meteoritok hosszú becsapódásos aprózódás, a regolitot átkeverő folyamat nyomát őrzik – tehát nem egy adott holdi kőzet mintájának, hanem sok holdi kőzet keverékének tekinthetők. Összetételük ennek ellenére arra azért rámutat, hogy a világos felföldi (terra) vagy a sötét lávasíkságok (mare) területéről származnak.

Noha szerkezetük üreges, azaz breccsás, az előbb említett megszilárdult olvadékcseppek jól összecementálják anyagukat, ezért élük túl gyakran a földi légköri belépést. A többszörös becsapódásos töredezés és olvadás nyomai esetenként részletesen is vizsgálhatók. A becsapódásos olvadás utáni újrakristályosodó ásványszemcsék magukba zárják az egyes elemeket, köztük izotópokat. A radioaktív izotópok és bomlástermékek segítségével pedig meghatározható, mikor történt az adott esemény. Ilyen elemzések alapján sikerült is igazolni a feltételezést, hogy kb. 3,6 milliárd évvel ezelőttig igen intenzív becsapódásos bombázás érte kísérőnket is, amely 4,5 és 3,8 milliárd év között erősen ritkult, majd átmenetileg kissé gyakoribbá vált – ám azóta viszonylag alacsony szintje jellemző. A bazaltos holdi meteoritok vizsgálata pedig

rámutatott, hogy a vulkáni tevékenység kísérőnk felszínén nem a kezdeti időszakban (valamivel 4,5 milliárd évvel ezelőtti összeállása után), hanem később, közel 3,0 milliárd évvel ezelőtt volt jellemző.

**Szerves anyag és víz nyoma a marsi meteoritokban**

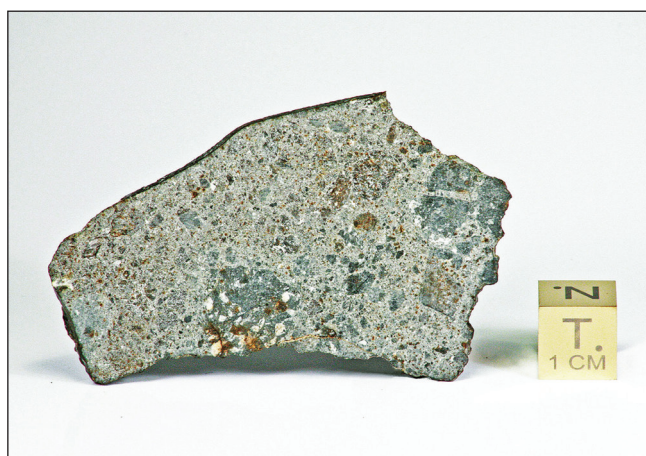
A NASA és az ESA már régóta tervezi, hogy mintát hoz a vörös bolygóról – a földi laborokban ugyanis sokkal több állapítható meg a Mars jellemzőiről a minták részletes elemzésével, mint amire a legjobb űrszondák képesek a vörös bolygón. Azonban, amíg mintahozatal nem történik, a marsi meteoritok révén is tanulmányozhatjuk a bolygót. Ezek a testek külső szomszédunk felszínéről egy-egy nagyobb becsapódással robbantak ki, majd véletlenül landoltak a Földön. Magmás és vulkáni kőzetek szövetét mutatják, részben felszíni lávafolyások, részben mélyebben megrekedt kőzetolvadék-testek megszilárdult darabjai.

A marsi meteoritok többnyire néhány millió évet töltenek a világűrben, mielőtt közülük egyesek a Földön landolnak – avagy légkörünkben elégnék. Korukat tekintve általában a bolygó

utóbbi 100–600 millió évről adnak hírt, de kivételesen a bolygóval majdnem egykorú darabjaik is azonosíthatóak. A napjainkban ismert közel 100 marsi meteorit feltehetőleg csak 6–10 különböző helyről robbant ki a bolygó felszínén. Jelentőségük egyrészt az, hogy a marsi magmás folyamatokra utalnak, és lehetővé teszik a bolygó jellegzetes kőzetanyagának pontosabb megismerését, ebből pedig a belső átalakulás mértékére következtethetünk. Miközben a Mars körüli keringő egységek és a felszíni roverkék a vörös bolygó mállott felszíni vörös anyagát elemzik, a meteoritok a felszín alatti régióról nyújtanak információkat.

Két terület van, ahol a marsi meteoritok kiemelkedően fontosak: az ősi víz és a szerves anyag kérdésköre. A

**A Vesta kisbolygó bazaltos lávaanyagának kis darabja az NWA 7488 meteorit formájában**  
(Kereszty Zsolt gyűjteménye)



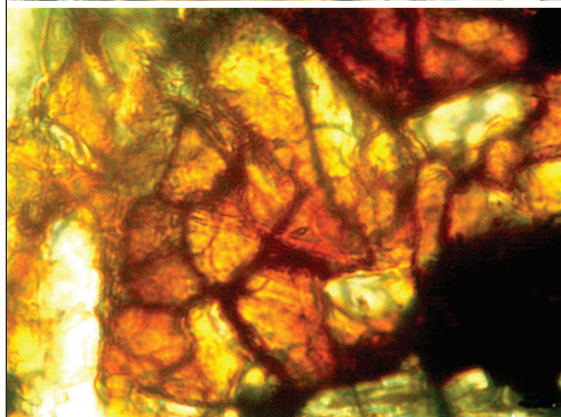
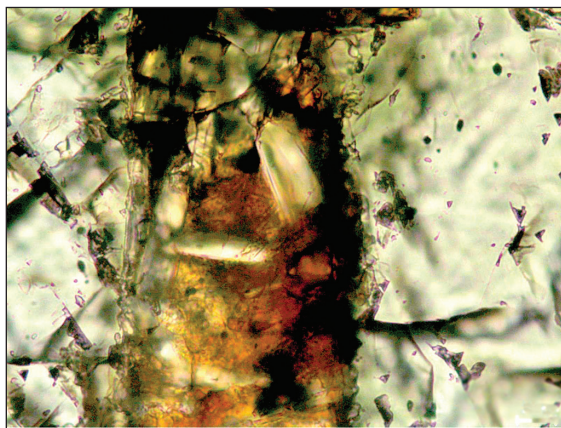




**Az Asuka-881757 holdi meteorit jól mutatja a korábbi becsapódások által összetöredezett breccsás szerkezetet (NASA, LPI)**

bolygón sokféle láthatóak egykori folyásnyomok, de mára száraz a vidék. Az ősi víz elemzésében a marsi meteoritok is segítenek, részben a bennük kivált ún. másodlagos ásványokkal, amelyek az egykori mállás hőmérsékletére, pH-

**Vöröses, vizes mállásnyomok a Yamato 593 marsi meteorit repedéseiben, amelyek egykor benne cirkulált forró vizes oldatoktól származhatnak (MTA CSFK)**



jára utalnak. Emellett az ásványokban kötött H<sub>2</sub>O-ban és OH-ban lévő deutérium-izotóp koncentrációjának változása alapján a bolygó ősi vízkészletének nagyságára, a világűr felé elveszett mennyiségre is következtethetünk. A meteoritok alapján a bolygó ősi vízkészlete nagyságrendileg 100–200 méter vastag rétegben boríthatta volna a Marsot, ha mind kicsapódik, és a bolygó szabályos gömb alakú lenne.

A marsi élet lehetőségének vizsgálatához fontos megállapítani, milyen és mennyi szerves anyag van vagy volt a bolygón. Egészen mostanáig (a Curiosity rover felfedező útjáig) csak a marsi meteoritokban találtak szerves komponenseket a kutatók. Ezek az ALH 84001 meteorit esetében vitára is okot adtak, mivel felmerült, hogy az biogén eredetű is lehet. A kérdést egyelőre nem sikerült tisztázni, de valószínűnek látszik, hogy akár élettevékenység nélkül is létrejöhetett. A marsi meteoritokban a szerves anyag egy része az izotópmérések alapján földi szennyezés, de jelentős mennyiség eredetileg is volt a vörös bolygón. Nagy kérdés, hogy ott helyben keletkezett, avagy meteoritok hozták az égitestre – erre talán a marsi meteoritok további vizsgálatának a helyszíni mérésekkel történő összevetése adhat választ. ◆

A cikkben bemutatott meteoritokhoz hasonló példányok a TIT Budapesti Planetárium *Égből pottyant kövek* kiállításán tekinthetők meg.

*Köszönetnyilvánítás*  
A cikkben bemutatott összefüggések háttérét adó munkát az MTA CSFK Asztrofizikai és Geokémiai Laboratóriuma, valamint a marsi Yamato 593 meteorit esetében az OTKA 105970 pályázat támogatta.



**Kutatók Éjszákja  
a TIT Budapesti Planetáriumban  
(X. kerület, Népliget)**

**2015. szeptember 25.**

### Program

#### KUPOLATEREM

16:00 – Idővándor (planetáriumi műsor)

17:30 – Láthatjuk a csillagok felszínét?

– előadás (Vida Krisztián, MTA

CSFK Konkoly Thege Miklós

Csillagászati Intézet)

19:00 – Égből pottyant kövek – a meteoritok nyomában – előadás, bevezető planetáriumi műsorral (Kereszturi Ákos, MTA CSFK Asztrofizikai és Geokémiai Laboratórium)

21:00 – Csillagászat a Világűrből – előadás (Frey Sándor, FÖMI Kosmikus Geodéziai Observatórium)

#### KÖRFOLYOSÓ

16:00 – 22:00 – A Puli Space Csapat interaktív bemutatója

16:00 – 22:00 – Égből pottyant kövek – meteoritkiállítás

16:00 – 22:00 – A világ éjszakai arcai – TWAN asztrofotó-kiállítás

17:00 – 19:00 – Csillagászati kézműves foglalkozás gyerekeknek

17:00 – 22:00 – Meg van írva? – A magzati életesemények hatása hosszú távú egészségünkre az EpiHealthNet projekt nemzetközi diákjaitól

#### UDVAR

16:00 – Távcsoves Nap-bemutató (napnyugtáig – derült idő esetén)

19:00 – Távcsoves csillagászati bemutató (csillagképek ismertetése, csillaglegendák, Hold – derült idő esetén)

#### NÉPLIGETI SÉTÁNY

15:00–17:00 – A Sétáló Naprendszer felfedezése – Bolygóvadászat a méretarányos Naprendszerben a Népliget sétányán



BOTH ELŐD

# Feltárult a Plútó titokzatos világa

**A** NASA űrszondája, a New Horizons 2006. január 19-én indult a Plútó felé (*Természet Világa* 2006. február). A szonda 2015. július 14-én 11 óra 49 perc világidőkor száguldott el a Plútó mellett, az égitest felszínétől kb. 12 500 km távolságban. Lapunkban nemrég előzetest adtunk a találkozásról (*Természet Világa*, 2015. július, rövid hírek), amely pontosan a tervek szerint zajlott le. Az első szenzációs felvételek órákon belül megérkeztek a Földre, amelyeket azóta újabbak követtek, bár mindez csak apró morzsa az összegyűjtött eredményekhez képest – azok Földre továbbítása még jó ideig eltart.

A szonda csaknem tíz év alatt 5 milliárd kilométert tett meg, mire úti céljához ért, az évtized azonban egyáltalán nem telt eseménytelenül. Amikor a küldetést tervezték, a Plútó még a Naprendszer legtávolabbi bolygója volt, és csak egyetlen holdját ismertük, a Charont, amelyik olyan nagy a Plútóhoz képest, hogy egyesek kettősbolygónak nevezték a párt. A New Horizons indítása előtt, 2005-ben a Hubble-űrtávcsővel (HST) újabb két holdat találtak a Plútó körül, amelyek a Nix és a Hydra nevet kapták (nem véletlenül: neveik kezdőbetűi a New Horizons nevére is utalnak, éppúgy, ahogy a Plútó nevének első két betűje a keresését a XX. század elején kezdeményező Percival Lowell emlékéét őrzi). A szonda indulása évében, 2006 augusztusában a Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) máig is vitatott döntésével úgynevezett törpebolygóvá minősített vissza a Plútót.



**1. ábra.** A legnagyobb megközelítés előtt három nappal készült képen a Plútó és a Charon közel azonos nagyságán kívül feltűnő a két égitest színe és felületi fényessége, fényvisszaverő-képessége közötti különbség. A képeket a nagy felbontású, de fekete-fehérben dolgozó LORRI kamera és a kisebb felbontású, de színes Ralph műszer adatait egyesítve hozták létre

*Forrás: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute*

2007-ben a szonda elrepült a Jupiter mellett, hogy annak gravitációs lendítő hatását kihasználva (hintamanőver) 4 km/s-mal megnövelje a sebességét, és így három évvel lerövidítse utazását. 2011-ben és 2012-ben ugyancsak a HST-vel két újabb holdat találtak a Plútó körül, amelyek szintén

**2. ábra.** A New Horizons néhány órával a közeli találkozás előtt, július 13-án készítette a képet, amikor a szonda már csak 450 ezer kilométerre volt a Plútótól. A kép középső és jobb oldali részét a feltűnően fényes, szív alakú, mintegy 1600 km kiterjedésű terület uralja, amely az égitest egyenlítőjén helyezkedik el (a kép felső részén a Plútó északi félgömbje látható). A világos területen szinte semmilyen felszíni alakzat nem figyelhető meg, ami arra enged következtetni, hogy fiatal képződményt látunk, vagyis a Plútó geológiailag aktív égitestnek tűnik

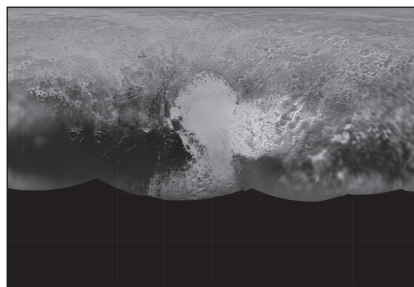
*Forrás: NASA/JHU-APL/SWRI*



az alvilági mitológiából kapták a neveiket: Kerberos és Styx. Megállapították, hogy a Plútó egy nagy és négy apró holdja ugyanabban a síkban kering. 2015 elején a szonda megkezdte a Plútó megfigyelését, bár a mérések oroszlánrésze a legnagyobb megközelítést körülvevő 48 órára koncentrált. A találkozás előtt 10 nappal még egy fedélzeti szoftverhiba okozott nem kis riadalmat, a hibát azonban még időben sikerült kijavítani, a legizgalmasabb órákban minden a legnagyobb rendben működött.

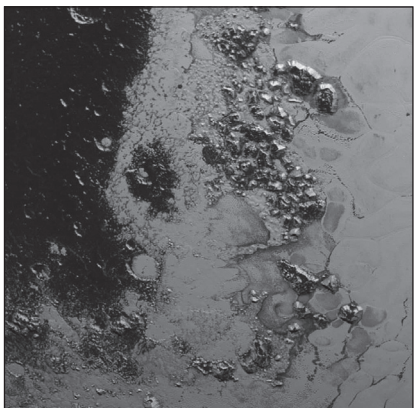
A célpontja felé közeledő szonda folyamatosan készítette a felvételeket a Plútó rendszeréről, amelyek alapján egyre nyilvánvalóbbá vált, mennyire különböző a két égitest (**1. ábra**). Nemcsak a kamerák dolgoztak azonban a szonda fedélzetén. Alan Stern, a New Horizons vezető kutatója már a legnagyobb megközelítés előtti napon bejelentette, hogy az infravörös spektrométerrel a Plútó (északi) sarkvidéken nitrogén- és metánjég jelenlétét mutatták ki. A nagy energiájú részecskék spektrométerével a Plútó napsütötte oldala fölött, az égitesttől 6 millió km-re nitrogénionokat mutattak ki. A semleges molekulák nyilván folyamatosan szöknek meg a Plútóról (ahol a szökési sebesség csak 1,2 km/s), majd a Nap ibolyántúli sugárzása vagy a kölcsönhatás a napszéllel ionizálja a nitrogént.

A felvételeken nemcsak a felszíni alakzatok tárultak egyre nagyobb részletességgel a kutatók szemé elé (**2. ábra**), hanem alkalmat adtak a Plútó pontos átmérőjének meg-



**3. ábra.** A Plútó fotografikus térképe a július 7–14. között készített, és július végéig a Földre továbbított képek alapján készült  
*Forrás: NASA/JHU-APL/SWRI*

mérésére. Eszerint a Plútó átmérője 2370 km (szemben a korábban csillagfedések alapján mért 2302 km-rel), a mérés bizonytalansága  $\pm 20$  km. Az eredmény azt jelenti, hogy mégis a Plútó a Kuiper-övben a legnagyobb átmérőjű égitest (az Eris 2336 km átmérőjű, a Plútó lefokozása mellett szóló érvek között annak idején az is szerepelt, hogy nem is a Plútó a legnagyobb égitest a Naprendszer peremvidékén), bár az Eris tömege 27%-kal meghaladja a Plútóét. A korábban mértnél nagyobb átmérő következtében a Plútó sűrűsége kisebb,  $2,05 \text{ g/cm}^3$  helyett csak kb.  $1,90 \text{ g/cm}^3$ , ezért a



**4. ábra.** A világos, szív alakú terület a délnyugati oldalán határoló hegyvonulat. Jobbra a kevés felszíni részlet mutató, világos síkság, balra pedig a kráterekkel sűrűn borított, sötét terület kezdődik. A legkisebb részletek 1 kilométeresek, a jeges hegycsúcsok magasságát 1–1,5 km-re becsülik  
*Forrás: NASA/JHU-APL/SWRI*

70%–30% kőzet/jég (főként vízjég) arány kissé a jég javára tolódik el. A nagyobb méretből az is következik, hogy a Plútó roppant ritka gázburkának alsó, csillagfedésekkor nem mérhető rétege vékonyabb a feltételezetténél.

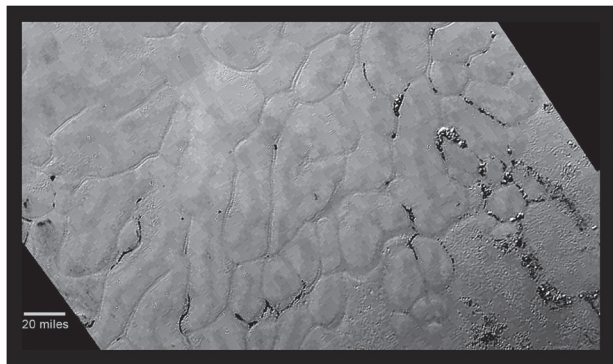
A július 7. és 14. között készített felvételekből összeállították a Plútó fotografi-

kus térképét (**3. ábra**). A Plútó több mint 6 nap alatt fordul meg a tengelye körül, a New Horizons viszont nagy sebességgel ( $13,8 \text{ km/s}$ ) száguldozott keresztül a rendszerén, ezért az égitest két oldaláról készült képek nagyon eltérő felbontásúak. A Charon felé néző oldalon a felbontás csak 40 kilométer (a térkép két szélén), míg a Charonnal ellentétes irányba forduló oldalon százszor jobb, 400 méter. (A Plútó és a Charon egymás körüli keringése ún. „kétszeresen kötött”, vagyis nemcsak a Charon fordítja mindig ugyanazt a félgömbjét a Plútó felé, hanem a Plútó is mindig ugyanazon oldalával néz nagy holdja felé, mintha egy súlyzó két golyójaként merev tengely kötné össze őket.) A később megérkező képekkel kiegészítve a térkép még finomodhat.

A szív alakú terület északnyugati részét közepes magasságú hegyek választják el a kráterekben gazdag, sötét területtől (**4. ábra**), míg a világos terület közepén az árkokkal határolt 30–100 km kiterjedésű, szabálytalan alakú, sík cellák között legfeljebb alacsony dombok emelkednek (**5. ábra**). Ezzel szemben valamivel keletebbre komoly, 3,5 km magasságot is elérő, fiatal hegylancok magasodnak (**6. ábra**), ami az égitest kis átmérőjéhez képest számottevő magasság. A hegyek valószínűleg legfeljebb 100 millió évesek, ami jelentéktelen a Naprendszer 4,6 milliárd éves korához képest. A kutatók keresik a szokatlan geológiai aktivitás lehetséges okait (a Naprendszer más jeges holdjain a geológiai működést az árapályerők biztosítják, ez a Plútó esetén azonban szóba sem jöhet). A hegyek valószínűleg vízjégből állnak, mert a Plútó felszínén sokfelé megtalálható metán- és nitrogénjég nem elég szilárd az ilyen magas hegyek felépítéséhez.

A Plútó öt holdja közül a legnagyobb Charonról (**7. ábra**) és a két legkisebbéről, a Nixről és a Hydráról (**8. ábra**) készültek felvételek. A Charon északi pólusa sötét, a felszín többi része meglehetősen egyenletes színű. Az egyre jobb felbontású képeken kráterek és törésvonalak,

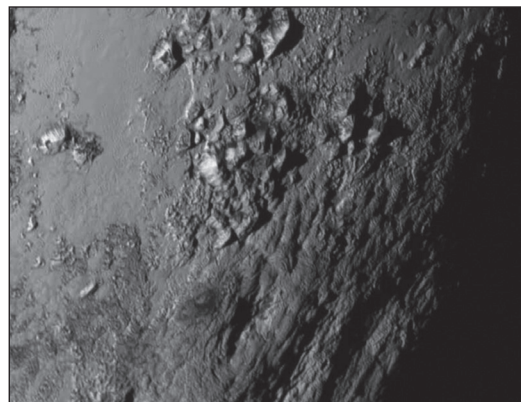
repedések tűntek elő. A legfeltűnőbb, a hold déli félgömbjén végigfutó hasadékvölgy hosszabb és jóval mélyebb, mint a Földön a Grand Canyon.



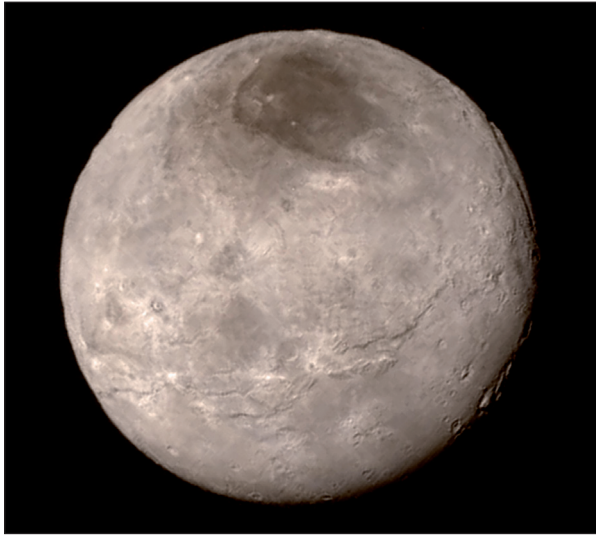
**5. ábra.** A világos, szív alakú terület középső részén elterülő, kráterektől mentes síkság korát legfeljebb 100 millió évesnek becsülik, de feltételezik, hogy azt még jelenleg is alakítják a geológiai folyamatok. A síkság szabálytalan alakú szegmensekből áll, amelyeket keskeny árkok választanak el egymástól, másutt kisebb dombok csoportjai látszanak  
*Forrás: NASA/JHU-APL/SWRI*

A Plútótól távolodó szonda búcsúzóul érdekes képet készített ellenfényben az égitest légköréről (**9. ábra**). Valószínűleg ebben a vékony és ritka gázrétegben keletkeznek a felszín tőrösésbarna árnyalatúra színező, bonyolult szénhidrogének. A modellek szerint a ködfátyolt az hozza létre, hogy a napfény ibolyántúli összetevője szétszakítja a Plútó légkörében jelen lévő metán molekuláit. A molekula-töredékekből összetettebb szénhidrogének épülnek fel, például a New Horizons által a Plútó légkörében ugyancsak kimutatott etilén és acetilén. Ezek a gázok a légkör hidegebb részén jégkristályokként kondenzálódnak, ez hozza létre a ködfátyolt, és az ibolyántúli sugárzás hatására ezekből képződnek a tholinoknak nevezett, az égitest felszínét színező, sötét szénhidrogének.

**6. ábra.** A 3,5 km magasságig emelkedő hegyek a Plútó egyenlítői vidékén  
*Forrás: NASA/JHU-APL/SWRI*







**7. ábra.** Meglepő felszínformákat mutat a Charon 466 ezer km távolságból. Az északi sarkvidéket talán szerves anyag vékony lerakódása színezi sötétre. Feltűnő a déli félgömb 1000 km hosszú törésvonala, míg egyes területek simának és krátermentesnek látszanak. A holdkorong peremén, jobbra fent húzódo kanyon mélységét 7–9 km közöttinek becsülik

*Forrás: NASA/JHU-APL/SWRI*



**9. ábra.** Izgalmas és látványos képet készített ellenfényben a New Horizons a Plútó légköréről hét órával a legnagyobb közelség idején, amikor a Nap a Plútó mögül világította meg a vékony (de a vártnál vastagabb) és ritka gázburkot

*Forrás: NASA/JHU-APL/SWRI*

A New Horizons kutatói egy internetes szavazás alapján a közönség véleményét is figyelembe véve részletes javaslatot nyújtottak be az IAU-hoz arra vonatkozóan, kikről és mikről nevezzék el a Plútó és holdjai felszíni alakzatait (az égitestek és felszíni alakzataik elnevezésének gyakorlatáról és érdekességeiről lásd: *Természet Világa*, 2012. december). A Plútó esetében például üreszközök, űrkutatók, a történelem híres felfedezői, illetve alvilági lények, helyek és utazók kategóriákban várták az ötleteket. A Charon esetében a fantázia szüleményeire helyezték a hangsúlyt, de egy-egy ésszerűnek látszó

kategóriát az apró holdak esetében is megjelöltek. A több tucat konkrét névjavaslatot tartalmazó listát július elején terjesztették be az IAU-hoz. Bár a sajtó máris használni kezdte a javasolt neveket, a névadás csak az IAU illetékes bizottságának döntése után válik hivatalossá (ezért cikkünkben kerüljük ezeket a megjelöléseket). A bizottság elnökének nyilatkozata szerint azonban jó eséllyel megszavazzák majd, hogy a feltűnő, fényes, szív alakú terület a Plútó felfedezőjének, Clyde Tombaugh-nak a nevét viselje.

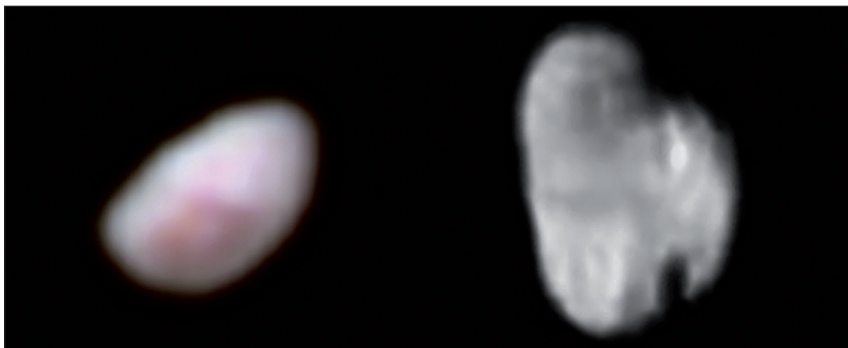
A New Horizons küldetése a Plútó melletti sikeres elrepüléssel még távolról sem ért véget. Egyrészt folyik az adatok

letöltése. Az óriási távolság miatt – hiába használják a NASA mélyüri követőhálózatának 70 méter átmérőjű rádiótávcsöveit a jelek vételére – az adattovábbítás lassan halad. A LORRI kamera egyetlen felvételének továbbítása például nem kevesebb, mint 50 percig tart. Az ízelítőként küldött első felvételek továbbítása után, szeptember közepén elkezdik a teljes tömörített adatmennyiség letöltését, ami két hónapot vesz igénybe. Ezután a szonda újra leadja az összes adatot, ekkor már tömörítetlenül, amihez egy teljes évre lesz szüksége.

Emellett a Kuiper-övet földi óriástávcsövekkel és a Hubble-űrtávcsövevel átvizsgálva már sikerült jelölteket találni a szonda következő célpontjára (*Természet Világa*, 2015. január, rövid hírek), a végleges célpont kiválasztásáról hamarosan megszülehet a döntés (ezzel együtt a kiterjesztett program finanszírozásáról is dönteni kell, mert az alapprogram 650–700 millió dolláros költségvetése a Plútónál gyűjtött adatok letöltésének végéig, azaz nagyjából 2016 végéig elég). Attól függően, melyik célpontot választják, valamikor az év végén vagy jövő év elején végre kell hajtani az ehhez szükséges pályamódosító manővert. Az odavezető út – bármelyik célpontra essék is a választás – már rövidebb lesz, mint amennyi ideig a Plútó elérése tartott. Akkor következik majd a küldetés második, remélhetően a Plútóhoz hasonlóan izgalmas állomása.

**8. ábra.** A Plútó két legkisebb holdja. A Nixről készült színes képen a vöröses folt keltette fel a kutatók érdeklődését. A szabálytalan alakú hold legnagyobb és legkisebb átmérője 42 és 36 km, a képen 3 km-es részletek különböztethetők meg. A Hydra legnagyobb átmérője 55 km, a képen 1,2 km-es részletek láthatóak

*Forrás: NASA/JHU-APL/SWRI*



NAGY JENŐ

# Madárósök a Kárpát-medencében

Az élőlényeket földrajzi elterjedésük alapján, amelyel a biogeográfia foglalkozik, több megközelítésben is vizsgálhatjuk. Egyrészt a jelenkori körülményeket előtérbe helyezve, az aktuális elterjedési területekhez kapcsolódó tényezőket és azok változásait vehetjük szemügyre, másrészt a jelenből a múltbeli történésekre következtethetünk, s nem utolsósorban az ősmaradványok alapján teremthetünk kapcsolatot a múlt és a jelen állatföldrajzi összefüggései között. Az inkább leíró, tényszerű ismertetéseket egyre inkább felváltják a történeti megközelítésű elemzések, amelyek gyakran valószínűségeken alapuló feltételezésekre épülnek. A madarak elterjedésével, eredetével kapcsolatos kérdések megválaszolásához a fenti szempontokat egyaránt érdemes felhasználni. A jelenlegi állapotok tanulmányozása ugyanis a madarak valós elterjedésének korlátaira, a limitáló tényezőkre világíthat rá a különböző földrajzi területeken, míg a múltbeli események hatásainak tanulmányozása nehezen ad választ arra, hogy miért épp ott találhatóak meg a fajok, vagy épp ott miért nem.

Ha különböző léptékű időbeosztásban szemlélődünk, más-más fő hatással találkozunk, melyek mind a múltban, mind a jelenben befolyásolták és befolyásolják a madarak elterjedését. Ilyenek (1) a földrészek több millió vagy tízmillió évek alatt lezajló mozgásai; (2) az eljegesedések és egyéb nagyléptékű klimatikus viszontagságok több tízezer év alatt lejátszódó, gyakran ciklikus folyamatai; (3) a rövidebb klimatikus változások és emberi beavatkozások az utóbbi évszázadokban, évtizedekben. Ha például a tigris (*Panthera tigris*) elterjedését vizsgáljuk, és feltételezzük, hogy jelenlegi áréája a közelmúltban lejátszódó folyamatok eredménye, akkor ebben az esetben a földrészek mozgása csekély mértékben meghatározó. Amennyiben a ragadozókat (Carnivora) mint nagy filogenetikai egységet állítjuk a kö-



**Az Elopteryx nopcsai comb- és csüdcsonttöredékei Szentpéterfalváról**  
(Mészáros Ildikó felvételei)

zépontba, akkor már a lemeztektonikai mozgások lényegessé válnak. Így nem mindegy, hogy a megválaszolandó kérdést milyen rendszertani szinten és mekkora időléptékben tesszük fel, mert ezáltal más-más nagyságrendű biogeográfiai, fajkeletkezési folyamatot vizsgálunk. A negyedik században például a fajok elterjedésének alakulását a glaciális-interglaciális (lehűlési-felmelegedési) klímacyklusok befolyásolták leginkább.

## A megkövesült madarak

A madarak evolúciós és biogeográfiai történetisége kapcsán felmerülő kérdések megválaszolásához részben a kőületekből nyerhetünk információt. Fossziliának a valaha élt, napjainkra már kihalt élőlények megkövesedett maradványait nevezzük –

## Az Elopteryx csüdcsontja



ilyen képződményekre utaló kifejezést már az ókorban is használtak. Ha minden családból, minden földrészről lennének ismert korú kőületeink, akkor megfelelő adatsor állna a rendelkezésünkre ahhoz, hogy kiderítsük, mely fajok honnan származtak, melyek azok a legfőbb forrópontok, amelyek a fajkeletkezés bölcsői lehetnek, hogyan emelkedtek fel egyes csoportok, kerekedtek mások fölé, míg végül valamilyen oknál fogva kipusztultak. Röviden: lehetőségünk adódna arra, hogy a madárvilág kialakulását, hódítását és egyes csoportok hanyatlását pontosan feltérképezzük. Az

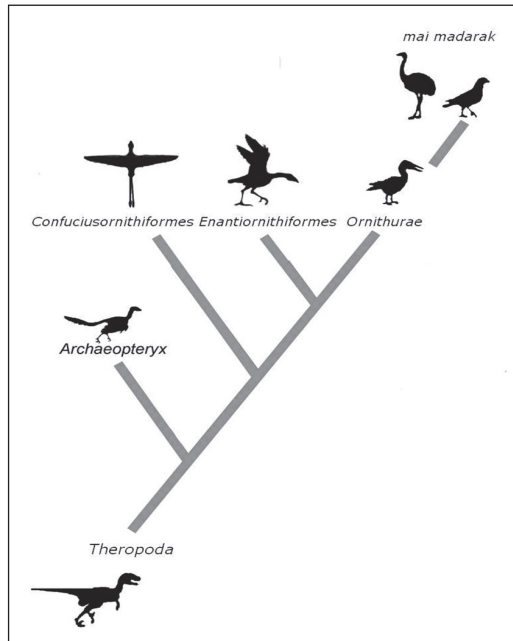
elérhető madárkőületek azonban korántsem alkotnak teljes képet. Ez azért alakulhatott így, mert a madár-csontok kisebb sűrűségűek, törékenyebbek, mint más gerincesek csontjai, ezért nehezebben képződik belőlük kőület. A Földön valaha élt madárfajok csontjainak csak nagyon kevés százaléka maradhat fent fosszilis formában.

A madárkőületek legnagyobb része olyan helyeken található, ahol tetemeik viszonylagos biztonságban voltak, például a dögevők elől elrejtve. Az egykor vízben, mocsarakban, homokban elpusztult egyedek maradványai; a barlangokban, illetve az emberek lakta területeken, ahol a madarakat megették és csontjaikat eldobták – ott nagyobb valószínűséggel lelhetők fel. Például a kréta időszakban (145 és 65 millió évvel ezelőtt) Észak-Amerika belső területeit tenger borította, így a mai Préri-táblán a sekély vizekhez kötődő életmódú búvárfélék, csérfélék rokonságához tartozó madarak maradványai könnyebben fennmaradhattak. Az adott kőzetrétegben talált fossziliáról mindekelőtt három információt biztosan le tudunk írni: (1) az élőlény különböző pontoságú rendszertani besorolását rendtől akár egészen fajig; (2) egy közelítőleges időintervallumot; (3) pontos egykori földrajzi elhelyezkedést.



A madártani leletek tanulmányozása három szempontból is fontos. Először is, a legtöbb ma élő rend, család esetében feltételezhető, hogy már a korai harmadidőszaktól kezdődően vagy azt megelőzően is léteztek, amikor a mai földrészek részben még összeköttetésben álltak egymással, illetve egymáshoz viszonyított elhelyezkedésük eltért a maitól. Erre a feltételezésre alapozva magyarázzuk például a struccalakúak (*Struthioniformes*) diszjunkt, vagyis több egymástól elkülönült földrajzi területen fellelhető elterjedését. Továbbá a leletek elhelyezkedése azt is jelzi, hogy az egyes családok, amelyek ma csupán kisebb földrajzi régiókban fordulnak elő, egykor sokkal szélesebb körben lehettek elterjedtek. Erre a keselyűk esetében több bizonyíték is van. Az újvilági keselyűfélék (*Cathartidae*), illetve az óvilági keselyűformák (*Aegyptiinae* és *Gypaetinae* alszaladók az *Accipitridae* családon belül) elterjedési területei napjainkban nem fednek át, holott a fosszilis adatok alapján mindkét világrészen megtalálhatóak voltak korábban. Harmadszor, a szigeteken talált leletek bizonyítják, hogy az ember megjelenése után madárfajok ezrei tűntek el. A madarak biogeográfiájának, egykori lehetséges elterjedésének vizsgálati eredményeit ez utóbbi hatás nagymértékben befolyásolhatja, hiszen rejtett változásokat foglalhat magában, melyek korábban nem jelentek meg. Bizonyos szigetlakó fajok, csoportok esetében igen nagy jelentőségűnek tekinthetők ezek a hatások. Az utóbbi ezerötven évben igen sok volt az elsősorban európaiak által kolonizált szigetek száma. A túlzott vadászat, a behurcolt élőlények a szigetek növény- és állatfajainak tömeges és gyors kiszorításához, kipusztulásához vezettek. Az elmúlt négy száz év kihalt madárfajainak 91%-a (127-ből 116 eltűnt) egykor szigeteken élt. Mindehhez hozzászámítható az a lehetséges több száz faj, amelyek az 1600-as évek előtt haltak ki a gyarmatosító ember megjelenésének következtében. A szigeti endemizmusok kisméretű populációi sokkal érzékenyebbek az említett hatásokkal szemben, mint a nagy kontinensek populációi.

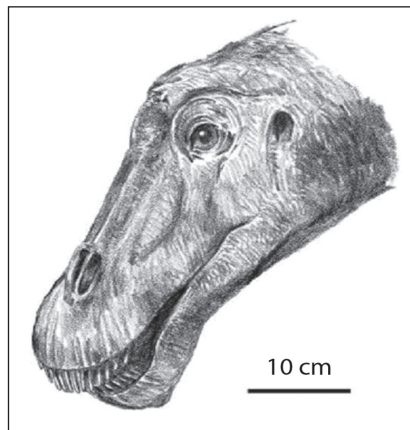
Itt érdemes még néhány gondolat erejéig megállni. Ha a fossziliákból sikerül genetikai mintát kinyernünk, akkor a jelenkori fajokhoz viszonyított rokonsági kapcsolatokat, leszármazási vonalakat is fel tudjuk térképezni. Egy jól behatárolt csoport esetében, ahol több-kevesebb meghatározott korú, azzal rokonságban álló fajtól származó kövületet lehet azo-



**A madarak eredetének egyszerűsített ábrája**  
(Dyke és Kaiser 2010 alapján)

nosítani, sokkal részletesebben feltérképezhető annak evolúciós történetisége is. Az élő és a kihalt élőlénycsoportok közöttlen molekuláris biológiai összehasonlítás alapján leszármazási kapcsolatok vizsgálatára az elmúlt negyed évszázadban egy új tudományterület, a filogeográfia alakult ki.

**Magyarosaurus dacus fejének rekonstruált rajza** (Mértékvonal = 10 cm, Weishampel és Jinou 2011 nyomán)



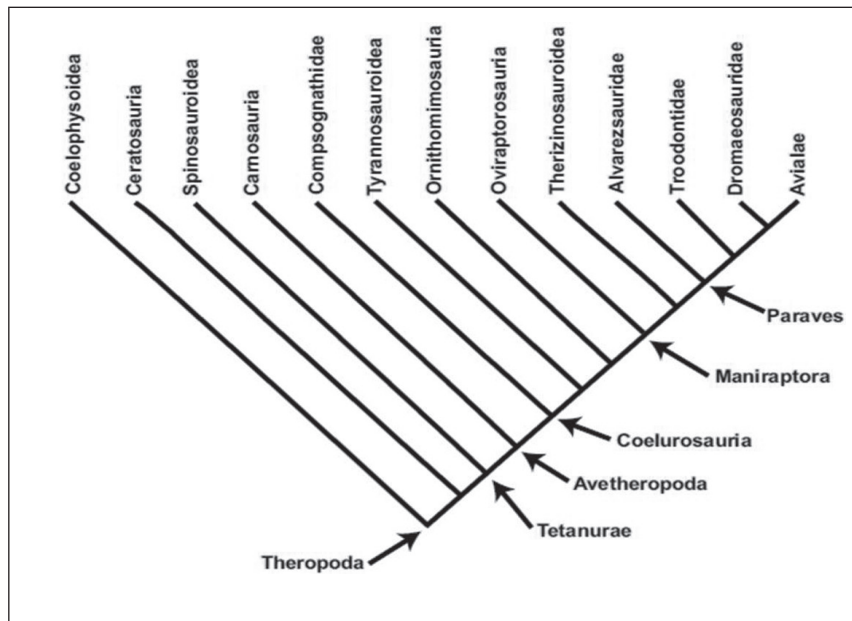
A Kínában és Mongóliában talált leletek több ponton is megváltoztatták a madarak eredetéről alkotott korábbi elképzeléseket. A ma élő madarak a két lábán járó theropod (Theropoda) dinoszauruszok egyenes ági leszármazottai. Ezt számos csonttani és életmódbeli

hasonlóság megerősíti, arról nem is beszélve, hogy az ide tartozó dinoszauruszoknál jelentek meg először a tollak, illetve a tojások olyan testtartásban történő kiköltése, amely a mai madarakra jellemző. Tehát a madarak már több mint százmillió éve uralják az eget, míg például az emberi nem, a *Homo* csupán kétmillió éve jelent meg először a Földön.

**Erdély leleteinek nyomában – a madarak ősei**

Erdély területén a legjelentősebb őslénytani leletek a Hátszegi-medencében találhatóak. Csontoshalaktól, gyíktól, kétlábúktól kezdve a krokodilokon és emlősökön át egészen a madarakig találtak már itt fossziliákat, melyek a késő kréta faunájának gazdag mintájául szolgálnak. *Báró Nopcsa Ferenc* (1877–1933) nevét és munkásságát minden őslénykutató ismeri, hiszen a birtokán megtalált dinoszaurusz-csontokból kiindulva az őshüllők kutatásának egyik máig meghatározó személyisége volt. Nemzetközi hírnevet szerzett, sőt napjainkig is bőségesen idézik tanulmányait. Nevéhez kötődik többek között a madármegencéjük közül a *Telmatosaurus transylvanicus* és a *Zalmoxes robustus*, a páncélos *Struthiosaurus transylvanicus* és a hüllőmegencéjük rendjébe tartozó *Magyarosaurus dacus* megtalálása és leírása.

Nopcsa báró jegyezte le az első hagyományos értelemben vett (azaz nem-madárszerű) theropod dinoszauruszt Erdélyben a Réz-hegységtől délre, Nagybárod közelében (a Hátszegi-medencétől 150 km-re, északnyugatra) fogmaradványok alapján. Ez a *Megalosaurus hungaricus* a ma élő madarakat és azok közel rokon, kihalt őseit magában foglaló nagy leszármazási vonal távolabbi rokonainak öregcsaládjába (*Spinosauroidea*) tartozó faj. 1913-ban azonban *Charles W. Andrews* a Nopcsa Ferenc által a Hátszegi-medencében gyűjtött és a londoni British Museumban őrzött csontmaradványok között olyan példányokat talált, amelyeket a madarak rokonsági körébe sorolt, nem pedig a *Megalosaurus*hoz. Az Andrews által elnevezett *Elopteryx nopcsai*-t leírja egy késő kréta-kori pelikánnak gondolt a combcsont felső végének és a tibiotarsus (lábzárcsont és néhány lábtöcsont összenövése) alsó végének maradványaiból határozta meg. A leletek későbbi vizsgálata után azonban már úgy vélték, hogy a kövületek inkább a *Bradycneme draculae* és *Heptasteornis andrewsi* két egykori, hatalmas mére-

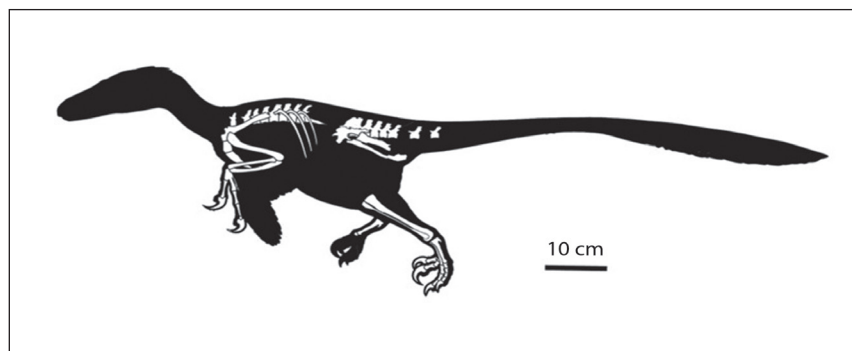


**A theropod dinoszauruszok rokonsági kapcsolatai. Kiemelt jelentőségű a Maniraptora csoport, melyből leszármaztathatóak a ma élő madarak**  
(Weishampel és Jinou 2011 alapján)

tú bagolyfajhoz tartozhatnak. Brodkorb munkássága nyomán azonban mind az *Elopteryx*-et, mind a *Bradycneme*-t, mind a *Heptasteornis*-t kizárták a madarak közül a méretük (inkább kisebb troodontid vagy dromaeosaurid dinoszauruszok lehetnek), illetve a közetréteg kora alapján, melyben találták őket. A '90-es évektől kezdődően számos olyan kövületet ástak ki, melyek egyértelműen

a *Velociraptor* és rokonai mellett a madarak leszármazási vonalát is magában foglalja. Így semmiképp sem tekinthető késő krétai pelikánnak, úgy, ahogyan a *B. draculae* és *H. andrewsi* sem tekinthető bagolynak (előbbi inkább maniraptor, míg utóbbi alvarezsaurid lehetett).

Az egyik legfrissebb maradvány Sebes környékéről került elő, amely az eddig ismert rokon fajoktól sokban különbö-



**Balaur bondoc sematikus rajza, a megtalált csontmaradványok feltüntetésével**  
(Mértékvonal = 10 cm, Weishampel és Jinou 2011 ábrája Csiki és mtsai. 2010 nyomán)

bizonyítják, hogy ezeken a területeken több troodontid és dromaeosaurid, illetve egyéb, a madarakkal is közelebbi rokonságba állítható csoport képviselője alkotta a késő kréta faunáját. Kiderült, hogy az *E. nopscai*-nak olyan jellegei vannak, melyek alapján a *Maniraptora* csoportba helyezhető. Ez a csoport különösen fontos abból a szempontból, hogy

zött. A *Balaur bondoc* mellső végtagjai rövidek voltak, míg járásra használt végtagjai meglehetősen hátul helyezkedtek el. Lábain dupla karmokat viselt, szeméremcsontjai összenöttek. A Kárpát-medencei madárszerű ősmaradványok sokféle értelmezésében – szerencsés esetben – új utakat nyithatnak meg a filogenetikai vizsgálatok, melyek segítségével

letisztultabb képet kaphatunk az egykor élt fajok rokonsági és leszármazási viszonyait illetően.

**Köszönetnyilvánítás**

Köszönetemet kívánom kifejezni mind azoknak, akik a kéziratához fűzött hasznos tanácsaikkal hozzájárultak annak színvonalasabbá tételéhez, különösképpen: Kordos Lászlónak és Varga Zoltánnak, akik szakmai tudásukkal rendkívül sokat segítettek. Továbbá köszönöm Gareth Dyke-nak, hogy felhívta figyelmem a témára.

**Irodalom**

Brett-Surman, M. K., Holtz, Jr., T. R., Farlow, J. O. és Walters, B. 2012. The complete dinosaur. *Indiana University Press, Bloomington*

Csiki, Z. és Grigorescu, D. 1998. Small theropods from the Late Cretaceous of the Hateg Basin (Western Romania) - An unexpected diversity at the top of the food chain. *Oryctos 1: 87-104*

Csiki, Z., Vremir, M., Brusatte, S. L. és Norell, M. A. 2010. An aberrant island-dwelling theropod dinosaur from the Late Cretaceous of Romania. *Proceedings of the National Academy of Sciences 107: 15357-15361*

Dyke, G. J. és Kaiser, G. W. 2010. Cracking a developmental constraint: egg size and bird evolution. *Records of the Australian Museum 62: 207-216*

Feduccia, A. 1974. Another Old World vulture from the New World. *The Wilson Bulletin 86: 251-255*

Griffiths, C. S., Barrowclough, G. F., Groth, J. G. és Mertz, L. A. 2007. Phylogeny, diversity, and classification of the Accipitridae based on DNA sequences of the RAG-1 exon. *Journal of Avian Biology 38: 587-602*

Haddrath, O. és Baker, A. J. 2001. Complete mitochondrial DNA genome sequences of extinct birds: ratite phylogenetics and the vicariance biogeography hypothesis. *Proceedings of the Royal Society of London B 268: 939-945*

Nagy, J. és Tökölyi, J. 2014. Phylogeny, historical biogeography and the evolution of migration in accipitrid birds of prey (Aves: Accipitriformes). *Ornis Hungarica 22:15-35*

Newton, I. 2003. The speciation and biogeography of birds. *Academic Press, London*

Ösi, A. 2008. Enantiornithine bird remains from the Late Cretaceous of Hungary. *Oryctos 7: 55-60*

Posadas, P., Crisci, J. V. és Katinas, L. 2006. Historical biogeography: a review of its basic concepts and critical issues. *Journal of Arid Environments 66: 389-403*

Weishampel, D. B. és Jinou, C. 2011. Transylvanian dinosaurs. *The Johns Hopkins University Press, Baltimore*



# A halak és a fény

Beszélgetés Juhász Lajos tanszékvezetővel

Sok halfaj kedveli a fényt, s nappal aktív, más halfajoknak viszont a sötétség nyújt megfelelő fényviszonyokat. Számatalan halfaj kültakarója tükröszerűen, erősen fényvisszaverő, ezeket a napfénytől átvilágított vízben nehezebben veszik észre a ragadozók – a tükröző testfelület optikai rejtőzést biztosít számukra. Más fajok viszont figyelemfelhívásra, egymás közötti vizuális kommunikációra használják például testfelszínük fénylő foltjait. Akadnak halak, melyek ragyogását „kémiai fény” okozza, és vannak, amelyek még baktériumokat is „befognak” és „nevelnek”, hogy azok biolumineszcens fénye odavonzza táplálékállataikat. A fény és a halak „viszonyáról” Juhász Lajost, a Debreceni Egyetem Természetvédelmi Állattani és Vadgazdálkodási Tanszékének vezetőjét, a Magyar Haltani Társaság alelnökét kérdeztük.

– A halak is érzékszerveikkel tájékozódnak, ezek egyik legfontosabbja a szem, ami a fény segítségével történő optikai információszerezést teszi lehetővé. Mi jellemzi a halak látását?

– A legtöbb halfajnak van szeme, ami a gerincesekre jellemző hólyagszem. A látással történő tájékozódás elsősorban azoknál a halfajoknál lényeges, amelyek a víz olyan mélységeiben élnek, ahová még a fény teljes spektruma vagy annak része lehatol. A víztest átlátszósága függ a víz fizikai jellemzőitől, a vízben lebegő hordalék és plankton mennyiségétől, a vízmélységtől. A balatoni strandokon a fürdőzők által folyamatosan felkevert aljzat anyaga miatt a vízben lévő tárgyak alig 15–20 cm-es mélységig láthatók, viszont a nádasok mentén akár 2 méterig is tisztán leláthatunk a vízbe. A Föld legtisztább tengerében, a Sargasso-tengerben



A szivárványos ökle irizáló csíkja interferenciajelenséget mutat (Kalotás Zsolt felvétele)

a víz átlátszóságának mérésére szolgáló Secchi-korong (fekete-fehér kontrasztal ellátott körlap) még akár 60 méter mélyen is észrevehető. Összességében elmondható, hogy 300–500 méteres vízmélységben már állandó félhomály uralkodik, ettől mélyebben pedig a teljes sötétség a jellemző. A különböző fiziko-kémiai tulajdonságú vizek eltérő hullámhosszúságú fényt nyelnek el. A legtöbb halfaj megvilágított vizekben él, ahol a fényt érzékelni lehet. A halak hólyagszeme más gerincesek szeméhez hasonló, de mint a gerincesek törzsfejlődésének egyik ősibb csoportja, a szemük

A kűsz fénylő, ezüstös színét kis törésmutatójú testszövet és nagy törésmutatójú guaninkristályok periodikusan egymásralapolt rétegei adják (Juhász Lajos felvétele)



kevésbé fejlett, mint a madaraké vagy az emlősöké. A szemlencse szabályos gömb alakú. Alakja nem, csak a recehártványhoz (retinához) képest a helyzete változhat egy izomcsoport segítségével. A halretinában a fényérzékeny sejteket (fotoreceptorokat) ugyanúgy a fényerősség (fényintenzitás) érzékelésére specializált pálcikák és a színlátást biztosító csapok alkotják, mint más gerincesekben. A halak szemében a retina mögött kialakult egy biológiai tükrő, a fényvisszaverő *tapetum lucidum* réteg, ami a gyenge fénybeli látást segíti. E tükrőréteg jellemző más, sötétben aktív állatfajok szemére is, mint például az éjszakai

életmódot folytató ragadozó emlősökre. Ha erős fény vetül a szemre, az csillogva visszatükröződik a szem fénytörő közegeinek határfelületeiről. Ez például a cápánál különösen kifejezett, de szemtükrük fényvisszaverő guaninkristályai elé fényelnyelő, sötét festékréteget képesek vonni, amivel megakadályozzák szemfenekük tükrözését, amikor vadásznak, vagy pihennek, hogy a szemük csillogását ne lássák más állatok. Néhány hal érzékeli az ultrabolya fényt is. A színpompás korallszírti halak színlátása igen jó, egyes fajok társaikat ultrabolya mintázatuk alapján is képesek felismerni. A halak színlátását ugyancsak bizonyítja az is, hogy számos faj nászruhában kifejezetten élénk színűvé válik, vagy valamelyik testrészének a színe változik. Ilyen például a tuskés pikó, a sziámi harcoshal vagy a szivárványos ökle.

A legtöbb hal szeme oldalálló, melyek siklást tesznek lehetővé. Néhány halfaj szemei a fej síkjából kidüldednek; ekkor akár térlátás is kialakulhat, mint például a sebes pisztrángnál. Ismertek olyan halfajok is, amelyek szeme fölfelé néz, ilyen például hazánkban a harcsa, a felpillantó küllő vagy távolabb élő gébfajok.



**A lápi póc testszíne nagyban függ élőhelyének környezetétől**  
(Kalogász Zsolt felvétele)

A halak éleslátása csak néhányszor 10 centiméterre vagy 1–2 méterre korlátozódik, ezért rövidlátók. A ragadozó halak látása élesebb, hiszen a zsákmányszerzés sokszor az áldozat vizuális megközelítésén alapszik. A hazánkban élő halfajok közül a csuka vagy a sebes pisztráng kiváló látása emelhető ki. A fényben gazdag parti szakaszokon, a sekély vizekben élő halaknak a legfejlettebb a képlátó-képessége. A nagyobb mélységben élő fajoknak a látással szemben más érzékszervei fejlettebbek. Elvileg a megvakult hal is képes életben maradni, hiszen a vízáramlások érzékelésére kifejlesztett oldalszerve és a szaglása kompenzálhatja az elveszett látó funkciót. Ismertek olyan fajok is, amelyek másodlagosan vakok, mert a szemük helyén csak néhány fényérzékeny sejt marad kifejlődésük után. A Mexikó vizes barlangjaiban élő vaklázac erre a legjobb példa, ami kedvelt akváriumi díszhal. Az állandó sötét környezetben élő fajnak az evolúció során teljesen eltűnt a látószerve.

– *Milyen szerepe van az ellenség megévesztésében és a táplálékhalhoz való köz-elkerülésben a halak fényvisszaverő pikkelyeinek?*

– A kültakaró színe és mintázata minden fajnál a túlélést segítheti. A testfelszín színét kémiai anyagok (festékek) és a szerkezeti színek (például fényinterferencia, -elhajlás) adják. A látható szín attól függ, hogy a kültakaró képletei milyen hullámhosszúságú fényt nyelnek el, vagy vernek vissza, és a visszaverődő fényhullámok interferencián erősítik vagy gyengítik egymást, valamint attól is, hogy milyen a fényvisszaverő rétegek egymáshoz viszonyított távolsága. A testfelszín eltérő szerkezete következtében az azonos hullámhosszúságú fénysugarak a test különböző pontjain más-más optikai hatást kelthetnek, mint például a nászruhá szívértékes ökle oldalán.

A halak színvilágának változatos-ságát döntően azok a szerves vegyületek határozzák meg, amelyek az anyagcsere során keletkeznek és halmozódnak fel a halak bőrében, mint pigmentanyagok (kromatofor sejtek). A test színét meghatározó színanyagok közül a barna és a fekete színeket a melanofor pigmentek adják, mint

például a fekete törpeharcsánál. A sárga árnyalatokat a xantofil, a narancsvörös színt az erytrofil pigmentek okozzák, például a vörösszárnyú keszegnél is. A pikkelyek közismert ezüstös csillogását (iridoforák) a pikkelyekbeli guaninkristályok adják.

A halak színei megfelelnek a környezetének, amelyek változásait a halak színei is követik. A szemek által észlelt fényerősség-változásokat (sötét-világos, nappal-éjszaka) színalkalmazkodás (adaptáció) követheti. A vizuális kommunikáció, az agresszió vagy éppen a félelem okozta színváltozások mind az optikai ingerek észlelésén, a látószervek működésén keresztül történhetnek, amelyek alapja a neuroendokrin rendszer szabályozása.

Ha például egy szívárványos pisztráng az egyik szemére megvakul, akkor a látóideg a központi idegrendszer felé folyamatosan a külső sötétséget kódoló elektromos ingerületet továbbít. A látóidegek kereszteződése miatt egy idő után a sérült szemmel ellenkező testoldal egészen besötétedik. Más fajok, mint egyes sügérfélék, akár a teljes testszínüket is megváltoztathatják, amit saját fajtársaikkal vagy más halfajokkal történő kommunikációra is felhasználhatnak. Ritkábban a fajra jellemző színezettől eltérő egyedek is megjelenhetnek. Ez főként genetikai okokra vezethető vissza. Ha a kültakaróból teljes mértékben hiányoznak a színanyagok, a halaknál is előfordulhatnak fehér, albinó egyedek, melyek azonban gyorsan kiszzelekednek a rejtőszín hiányában.

Ismertek olyan halegyedek, amelyek testszínében a sárga (xantorizmus) szín dominál,

ilyen például a jászkeszeg sárgás változata, az arany orfa vagy a fekete (melanizmus), illetve a vörös szín (eritrizmus).

Az akvaristák az utóbbi évtizedekben tudatos tenyésztéssel (mesterséges szelekcióval) számos díszhalaként tartott faj színváltozatát tenyésztették ki. Ezek olyannyira elterjedtek, hogy az eredeti színű példányok számos faj esetében drágábbak, mint a különböző színváltozatok. Jó példa erre a mexikói kardfarkú hal. A vad, zöldes színű példányok szinte már hozzáférhetetlenek, szemben a különböző színes egyedekkel.

Különleges jelenség az alampia, ami eredetileg fényteleniséget jelent. Ekkor az alap pigmentek megtalálhatók a bőrben, viszont a guaninkristályok hiányoznak, ezért a bőr áttetsző lesz, láthatóvá téve a véreket.

– *Kedvelik-e a fényt, vagy inkább fénykerülők a halak? A horgászok például általában azt tapasztalják, hogy erős nappali fényben a halaktivitás csökken.*

– Szeretik is a fényt, meg nem is. Számos halfaj nappal, a jól megvilágított vízben jóval aktívabb, mint az éjszakai sötétben. Nappal táplálkoznak, zsákmányukat látásuk segítségével szerzik. Jó példa hazánkban erre a domolykó, amely a víz felett repülő rovarokra nappal vadászik akár a vízből is kiugorva, akárcsak a pisztrángfélék. A balin is szívesebben ront a csillogó testű kűszök közé nappali fényben, mert ekkor zsákmányszerzése eredményesebb lehet. A horgászok tudják a legjobban, hogy süllyőre viszont éjszaka érdemes horgászni, vagy harcára is nagyobb a fogási esély éjjel. A zsákmányt annak mozgása, vízben keltett áramlása vagy illatanyagai alapján érzé-



**A nappal fényes-kék kültakarójának árnyalatait számos kémiai színanyag (festék) adja** (Juhász Lajos felvétele)

kelik, kevésbé a látásukkal. A nappal aktív színpompás korallszirti halak nagy része az éjszaka beköszöntével álcázza magát vagy elbújik. Söt, egyes halfajok még kissé oldalukra is dőlnek, mintegy alvó pozíciót felvéve. A papagájhalak még nyálkával is bevonják testüket éjszákára, így védekezve



a ragadozók ellen. Ezzel szemben megélnék az éjszakai ragadozóhalak, például a murénák, a fűrészkesztyűsügerek vagy a lámpáshalak. Utóbbiak biolumineszcens fényt kibocsátó szerveikkel világítják meg környezetüket, vagy ilyen fényforrásaik aktiválásával tévesztik meg ellenfeleiket.

– *A halak észreveszik-e a rájuk veszélyt jelentő ragadozó madarakat?*

– A vízfelszínen, a víz és levegő határfelületén a fény megtörik. Torzításmentesen a felszín fölé kizárólag függőleges irányban lehet kilátni a vízből. Más látószögben a fénytörés miatt ugyan látszanak a parton lévő tárgyak, de tényleges helyzetükhöz képest jelentősen eltolódva. Az úgynevezett határszögnél nagyobb szögben a víz alól a kitekintés lehetetlen, mert a vízfelszín tükrözi a teljes fényvisszaverődés jelensége miatt megakadályozza a kilátást. Ezért annak a horgászknak, aki a partközelségbe dobja be az úszós készségeit, jobban kell vigyáznia mozgására, mint annak, aki fenekező szerelékét távolabbra dobja a vízbe. Ugyanis az ember csak a közelben lévő halak számára észlelhető, távolabbról már kevésbé vagy egyáltalán nem a fénytörés torzító hatása miatt. Viszont a halakra vadászó madarak számára sem egyszerű feladat a zsákmány helyzetének pontos felmérése. Megfigyelhető, hogy a háléző madarak leggyakrabban a vízfelszínre merőlegesen csapnak le a kiszemelt hálézőzatra, mert ekkor a fénytörés hiányában a hal helye pontosabban kiszámít-

gyobb magasságból vízbe csapódó madarak mozgásukat folyamatosan korrigálják az esélyesebb zsákmányolás érdekében.

– *Van, amikor a hal a levegőből szerzi táplálékát. Egyes fajok egyedei kiugranak a vízből a levegőben szálló rovar után, a lövőhal pedig vízszögével „lelővi” zsákmányát: a vízfelszíni fénytörés ellenére pontosan találja el a levegőben a rovar. Mi kell ahhoz, hogy ilyen pontosan „bemérje” táplálékát?*

– A jávai lövőhal mintegy arasznyi vagy azt alig meghaladó méretű hal, amely Délkelet-Ázsiában és Ausztráliában brakkvizekben él. Különleges életmódjáról nevezetes állat, amely részben a vízfelszín felett élő rovarokkal táplálkozik. Azokat a rovarokat szemeli ki, amelyek egy víz fölé behajló vékony ágra vagy levélre szálltak. Szája felső állású. Zsákmányozási technikája igen különleges. Szájából vízszögben présel ki és lő a kiszemelt rovarra, amely a váratlan vízlökettől a vízfelszínre esik és a hal egyből zsákmányul ejti. A célzást és a vízlövést megelőzően a hal fejlett látásának köszönhetően szemeli ki áldozatát. Lassú mozgással a vízfelszín közelébe úszik, majd a vízszint alatt körülbelül 45°-ban tartja testét, ezt követi a vízszög kilövése. Ezt segíti barázdás felszíni szájpaplása, erőteljes nyelve, aminek csúcsa ostor-szerűen elvékonyodik, míg töve vastag. A szájjüreg így csőszzerű képletet formál, amelyben a kopolyúfedők és a szájpaplás izomzatának együttes összehúzódása révén nyomás keletkezik és ennek következménye a kilövellő vízszög. Ahhoz, hogy a célzás pontos legyen, a hal az áldozata alá úszik (ha teheti), és a vízfelszínre merőlegesen célozza meg azt. A merőleges vízszögrel

egyszerű ebben a régióban. Néhány hal a fényt választja segítségül ehhez. Talán a legismertebbek közülük a bizarr, emberi szemmel szépnek egyáltalán nem mondható horgászhalak. Nemcsak az élőhelye, de az életmódja is különleges némelyik horgászhalnál. Például az európai horgászhal háléba kerülő példányai mindig nőstények – sokáig nem értették, hogy miért. Később derült ki, hogy a jóval kisebb hímek, ha egy nőstény példánnyal találkoznak, fogukat a



**A horgászhal a fején levő világító nyúlványról kapta a nevét** (Reprodukció az Amerikai Nemzeti Akváriumból, Baltimore)

nőstény oldalába mélyesztve egyszerűen „összenőnek” vele, később már csak mintegy parazita kinövés maradt az egykor önállóan mozgó híméből. Más horgászhalfélékre ez nem jellemző. Az viszont igen, hogy a fejükön egy hosszú, előre ívelő nyúlvány, egy apró „lámpás” van, ennek fényénél lát a sötét környezetben. A világítószerv fényét biolumineszcencia okozza, aminek számos példája ismert a természetben. A kibocsátott fény szolgálhat védekezésre, a ragadozók távoltartására, de éppúgy a zsákmány megszerzésére is, ahogy azt a horgászhalak teszik. Egyes halfajok viszont a tájékozódásukat könnyítik meg fénykibocsátással.

A horgászhal különleges nyúlványának végén a baktériumok által keltett fényre a mélytengeri állatok csaknem úgy reagálnak, mint a rovarok a lámpafényre. A hal ráadásul mozgítja is ezt a nyúlványt, még inkább csalogatva a lehetséges prédát. Miután a zsákmány megközelítette a horgászhalat, az elfogás már egyszerűnek tűnik.

Akárhogy is nézzük, fény nélkül nehezebb az élet, a sötét környezet sokkal nagyobb fokú alkalmazkodást, specializációt tételez fel a fényben élőkkel szemben. Talán a halak különleges világánál megismerése is megerősíti bennünk a fény fontosságát.

Az interjút készítette: FARKAS CSABA



**A korallszirtek halainak feltűnő színei nappal érvényesülnek** (Juhász Lajos felvétele)

ható. Érdemes megfigyelni a hazánkban a nagyobb vizek felett csapongó küszvágó csérek vadásztechnikáját, aminek során a madár a magasból szinte mindig függőlegesen csapódik a vízbe, de a zsákmányozás így sem mindig sikerül. A jégmadár is azért ül szívesen a víz fölé behajló ágra, mert így függőleges irányt véve csaphat le a vízben úszó kishalra – nagyobb a zsákmányolás esélye, mintha laposabban próbálna prédához jutni. Ekkor a hal helye a valóságban más, mint ami a levegőből látszik. A na-

tudja kiküszöbölni a fénytörés okozta helytorzítást.

– *Egyes mélytengeri halak és egyéb állatok kommunikációra és a táplálék odacsalogtatására speciális fényt használnak. Hogyan jön létre ez a fény?*

– A több száz vagy akár több ezer méter mélyen élő mélytengeri halak általános élettere a teljes sötétség. A tájékozódás vagy éppen a zsákmányozás nem túl

## Ahol egymás mellett él tudomány és vallás

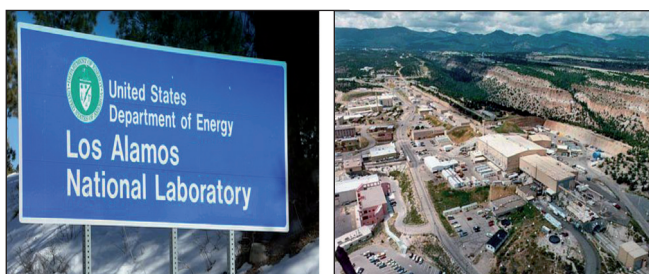
A tudomány és vallás viszonya sok írás témája. A tudománnyal foglalkozók többségének álláspontja szerint, amit legrövidebben *Stephan Jay Gould* fogalmazott meg a *Skeptical Inquirer* folyóiratban: „a tudomány és vallás két magisztérium, amelyek nem vetekednek egymással és nem mondanak ellent egymásnak. A tudomány a saját területén az igazsággal foglalkozik, míg a vallás területe az etika.”

Szentágothai János professzor, az MTA néhai elnöke szerint: „A vallások, ha helyesen fogják fel saját elveiket és tanait, arra a kérdésre próbálnak választ adni, hogy mi az értelme, mi a célja az ember létének. A tudomány ezekkel a kérdésekkel eleve nem tud mit kezdeni. Nemhogy nem tudja megválaszolni, de feltenni sem tudja őket.”

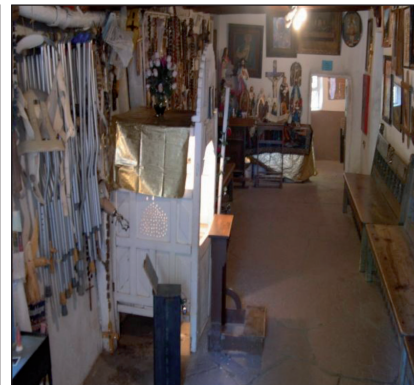
Einstein híres mondását is érdemes felidézni: „A tudomány vallás nélkül sánta, a vallás tudomány nélkül vak.”

A világ talán egyetlen helye, ahol a tudomány és vallás békésen (és látványosan) megfér egymás mellett, az Egyesült Államok Új-Mexikó állama. Köztudott, hogy az első kísérleti atomrobbantás Új-Mexikóban történt a Jornada del Muerto sivatagban, 1945. július 16-án, és az is ismeretes, hogy a közeli Los Alamosban van a híres *Los Alamos Nemzeti Laboratórium*, a nukleáris kutatások fellegvára. Los Alamos az állam fővárosától, Santa Fe-től 56 kilométerre nyugatra fekszik a Pajarito-fennsíkon, 2230 méter magasságban. Az már jóval kevésbé ismert, hogy Los Alamostól 38 kilométerre található Chimayo, az „amerikai Lourdes”, a gyógyulni vágyó betegek zarándokhelye, ahol az 1816-ban épült katolikus kápolna, az *El Santuario de Chimayo* sekrestyéjében csodatevő, gyógyító homok van, ami fizikai és lelki betegségeket egyaránt gyógyít. Ez a zarándokhely évente 300 ezer

### A Los Alamos Nemzeti Laboratórium

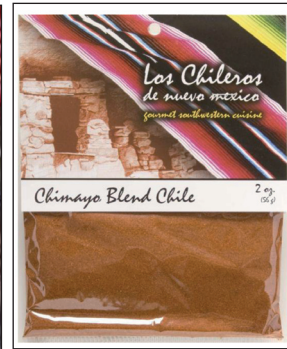


El Santuario de Chimayo és az eldobott mankók



látogatót vonz, egytizedük húsvétkor keresi fel. A helyszínen rengeteg csodás gyógyulás történt, egy külön szobában tárolják a gyógyultak távozók mankóit és egyéb gyógyászati segédeszközeit.

E sorok írója hosszabb időt töltött Új-Mexikóban a University of New Mexico Fizikai Tanszékén. Többször ellátogattam Los Alamosba és közös kutatásokat is végeztem a Laboratórium kutatóival. Bár ma már kevesen élnek a régi idők tanúi közül, a magyar szó említése azonnal felidézi Teller Edét, és harcát Robert Oppenheimerrel a hidrogénbomba ürügyén. Mások azt említik fel, hogy Teller elhozatta Los Alamosba zongoráját, és bár kiváló zongorista volt, éjszakai koncertjeinek nem igazán örültek szomszédai. Az ottaniak talán azt rójják fel neki, hogy személyes harca során konkurenciát teremtett Los Alamosnak a *Lawrence Livermore Laboratórium* létrehozásának kiharcolásával.



### A híres piros chili Chimayóból

Los Alamos és Chimayo tehát békésen megférnek egymás mellett, bár a fizikusok viccesen megjegyzi, nehéz munka lehet sekrestyésnek lenni a Santuarióban, mert a gyógyulni

vágyó zarándokok rohama után talicskával hordhatja be kintről a gyógyító földet a sekrestyébe! Chimayo azonban nem csak a Santuarióról híres. A bennfentesek szerint itt terem a legjobb chilipaprika, az ottani

konyha nélkülözhetetlen nyersanyaga, ezért a Los Alamos-i kutatók gyakran járnak ide bevásárolni. Magam is ott szereztem be több kiló piros chili port!

Új-Mexikóban tehát, akit a tudomány érdekel, meglátogathatja Los Alamost, ahol a nukleáris kutatások eredményei mellett az orvostudomány számára hasznos diagnosztikai módszereket is kifejlesztettek. Aki azonban gyors gyógyulásban, csodában reménykedik, félóra alatt eljuthat Los Alamosból a *Santuario de Chimayo* szentélybe, ahol a csodatevő homok segítségével, ha szerencséje van, szó szerint „kezébe veheti a gyógyulását”. Aki pedig nem kíván beavatkozni a tudomány és vallás vitájába, még mindig élvezheti a csodálatos chimayói chilit!

BENCZE GYULA



DREXLER ANDRÁS – KÉRI ANDRÁS

# A havannai Barrio Chino

Azok, akik Havannába készülnek, és nemcsak a szokásos idegenforgalmi látványosságokra kíváncsiak, feltétlenül keressék fel a kubai főváros kínai negyedét, amely különös színtelt e történelmi városban, s csak a legkritikább esetben szerepel az útikönyvekben.

A történet kezdete a XVIII. század végéig, a haiti forradalomig (1791) nyúlik vissza. A feketék győzelmének hatásától félve a kubai hatóságok a fehér lakosság számának növelését tűzték ki célul, mivel az 1792 és 1846 közötti népszámlálási adatok szerint az afrikaiak számban felülmúlták őket.

A kapitalista fejlődés gátjává vált a rabszolgaikon alapuló munka, ezért 1817. szeptember 23-án az Egyesült Királyság és Spanyolország aláírta a rabszolgaság részleges felszámolását tartalmazó szerződést, melyért cserébe az ibériai ország 400 ezer font kártérítést kapott. 1835. június 28-án már a rabszolgaság eltörléséről, 1846. március 2-án a rabszolga-kereskedelem betiltásáról állapodtak meg. Az előbbire a gyarmatokon egészen 1886-ig kellett várni. Munkaerőből óriási hiány keletkezett: az őslakos indiánok már rég kihaltak, a fekete rabszolgákból már nem volt elég. Kuba kezdetben polinéziaiakat, indiaiakat és törököket szeretett volna behozni az ültetvényekre, de egy sem érkezett közülük. 1844-ben ügynököket küldött Kínába, hogy felmérje az ottani munkások importjának lehetőségét, s megkezdődhetett a yucataní maják, valamint a jobb sorsra

vágyó spanyolok (galiciaiak, kanári-szigetiek) behozatala is. Eleinte a spanyol király tiltotta a spanyolok kivándorlását Kubába, de 1854 májusában a madridi kormány már lehetővé tette, hogy a munkaerő hiányát pótlandó, szabad embereket vigyenek öt évre a szigetre dolgozni. Még ugyanabban az évben meg is érkezett az első 500 fős galiciai csoport. E kísérlet azonban hamarosan kudarcot vallott, akárcsak az 1848-tól néhány éven át a Yucatán-félszigetről behozott maja kontingens. A velük való rossz bánásmód miatt az indiánok behozatalát is megtiltották.

Kína elmaradott, feudális ország volt, ahol az európaiak által kulinak nevezett földművesek nagy szegénységben éltek, éheztek, s emiatt sokszor éhséglázadások törtek ki. Ráadásul az ország bezárkózott a világ elől. A felkeléseket és a nép nyomorát kihasználva, az angolok számos kínait küldtek a karibi világban lévő gyarmataikra (Jamaica, Trinidad, Barbados) földet művelni. Akárcsak korábban a rabszolga-kereskedelem, a kínaiakkal való emberkereskedelem is gyorsan virágzásnak indult. Az első

kínaiak a kontinensen. A Liang dinasztia krónikája szerint (Liang Shu) Huei Shen szerzetes 499-ben a mai Mexikó területére érkezett, közel ezer évvel korábban, mint Kolumbusz Kristóf.



A Chang Társaság épülete

A kínai temető bejárata



földművesek nagy számban érkeztek a szigetre mindössze néhány tucat ázsiai (Fülöp-szigeteki) élt csak. Az ázsiaiak kulcsszerepet játszottak a rabszolgaság felszámolásában és az új gazdasági modell beindulásában még akkor is, ha foglalkoztatásuk nem mindenütt volt sikertörténet. Persze, nem ők voltak az első

A spanyolok az első 300 kínaiával 1847. január 2-án kötöttek szerződést. Az ajánlat túlságosan is csábító volt: a cukornád- és a kávéültetvényeken napszámot kapnak (8 órás munkáért havi 4 pesót), amiből maguknak kell fedezniük ételmeztetésüket, szállásukat és ruházódásukat. Aki nyolc év alatt össze tudott gyűjteni annyi pénzt, hogy kifizesse a visszaút költségeit, hazatérhet. De nem tért haza senki sem. Ehhez járt még évente a két váltás ruha, egy gyapjúing és egy gyapjútakaró. Valójában rájuk is a rabszolgákra vonatkozó munkarend volt érvényben. Az első szállítmány az Oquendo nevű fregattal érkezett (1847. június 3.). A több mint 300 főből 206 túlélő szállt partra 142 napi utazás után Reglában, ahol elszállásolták őket. Ezzel vette kezdetét az új rabszolgaság. Tíz nappal később már a Duke of Arguile nevű hajó is befutott 365 fővel. Az átkelés közben a kínaiak közel 20%-a elhunyt.

1848 és 1874 között 140 084 kínai indult el hazájából, s közülük útközben 15.880 veszítette életét. Hasonló arányban haltak meg betegségek és az erőltetett munka következtében is. A hivatalos adatok szerint ebben az időszakban 124 873 kínai eladását regisztrálták, de ha a kaliforniaiakat és az illegálisan behozott kínaiakat is beleszámítjuk, könnyen elérheti a 150 ezer főt.

A havannai Fernández Shimper & Cia szerződésben állt egy kínaiakat importáló amerikai vállalattal: a kikötőbe érkező egészséges ázsiaiakra 200 dollár volt, míg a betegekért és az öregekért 100 dollárt fizettek, akiket azután a társaság 340 dollárért adott tovább. A kínaiak utaztatása 150 dollárba került Havannáig. Az ő bérük volt a legalacsonyabb az országban. Julio Le



A Lung Kong Társaság épülete

Riverend kubai történész szerint rosszabbul bántak velük, mint a rabszolgákkal.

Az ázsiaiak már nem rabszolgaként érkeztek, mint az afrikaiak, sem gyarmatosítóként vagy misszionáriusokként, mint az európaiak, vagy, hogy gazdasági és pénzügyi kontrollt szerezzenek, mint egyes japánok. A XIX. századi belső zavaros kínai helyzet és a kapitalista termelési mód terjeszkedéséhez szükséges olcsó munkaerő iránti kereslet volt a kivándorlás kiváltó oka. Kezdetben az volt a cél, hogy pénzt keressenek és utána hazatérjenek, de a szerződéses munka valójában félrabszolgaságot jelentett, ami szinte lehetetlenné tette a visszatérést.

1855 körül néhány kínai, a nyolc év letelte után, szabad munkásként dolgozott tovább, mert nem volt elegendő pénze a hazatéréshez. 1860-tól, a második hullámban már megérkeztek az első szabad kínai bevándorlók is Kaliforniából – ők voltak a „kaliforniaiak” – és a Zanja környékén telepedtek le. Nekik már nagyobb pénzügyi háttérük és üzleti hajlamuk volt. Földet, befektetési lehetőséget kerestek. Fellendítették a kereskedelmet és megvetették a Kínai Negyed alapjait. Üzleteikben szabad kuliakat foglalkoztattak. Velük együtt érkezett a kínai kultúra, klánokat alapítottak. A kaliforniaiakról nincsenek statisztikai adatok. 1875-ig számukat öt ezer főre becsülik. Ők hozták be többek között a *charada* és *yaquis* nevű játékokat és a *mahjongot* (dominóféle, amit ma is játszanak), bordélyokat nyitottak, ahova kínai nőket importáltak egykori

házajukból és az Egyesült Államokból. Az 1860-as években megjelentek az első kifőzdék, zöldségárudák, mozgóárusok. Az első étkezdét (1858) Chung Leng hozta létre a Zanja és a Rayo utcák sarkán. Az első étterem 1874-ben nyílt meg s 1870-ben megalapították az első ázsiai árucikkeket importáló házat, ami Ley Wong, Youy Shan és Lang Tong bankárok tulajdona volt. 1867-68-ban megalakult az első három, kölcsönös segítségnyújtásra alakult kínai társaság, hogy összefogja sorstársait. Ma 12 társaság működik, ahol a kínaiak leszármazottai vezetőnevek szerint csoportosulnak.

A Kubába érkező kínaiak jelentősen átférmálták Havanna képét és életét. Az addig *chino*-nak, azaz kínainak nevezett néger és mulatt házasságból született leszármazottak elnevezése eltűnt.

Különösen érdekesen alakult az általuk beszélt nyelvi környezet. A három legnépesebb közösség a *jakka*, a *min* és a *yue* nyelvjáráshoz tartozott. A jakka anyanyelvűek Fujian provinciából, Amoy kikötőjéből jöttek, de a Fülöp-szigetektől is, s nem integrálódtak teljesen a kínai közösségbe, amely többnyire a kantoni *yuét* beszélt. Ráadásul az utóbbiak a kereskedelemben még a jakkák riválisai is voltak. A Fülöp-szigeteki kínaiak szigetelődték el a leggyorsabban, s alakították meg saját társaságukat, a Yi Sen Tongot (Második Szövetség). Jöttek *fulok* vagy *jolok* is, akik a kantoniak számára érthetetlen dialektust beszéltek. Ők gyorsan megtanultak spanyolul és ezt a nyelvet használták a többi kínaiakkal való kommunikálásra.

A kantoniak voltak a legnépesebbek, s az egész kontinensen 1847 és 1875 között ők voltak többségben. A kantoni nyelv lett a közvetítő nyelv a különféle *yue* dialektust beszélők között. A Kínai Negyedben kialakult egy „köztés zargon”, mely még ma is él. Megkezdődött az interkulturális hibridizmus kialakulása, a transzkulturációs folyamat. A Kínai Negyed Sanghai és Alhambra nevű színházaiban, a komikus darabokban feltűnnek az életvidám négerek, a kocsmáros gallegók, a mozgóárus kínaiak, a szép mulatt lányok, azaz Kuba faji szintézise. Itt születik a XVII–XVIII. századi *jácara* kiváltására a *guaracha*, a kubai népzene megjelenésének egyik formája. Megjele-

nik San Fan Con népi kultusza is, ami sem Kínában, sem a katolikus szentek között nem szerepel, de a *santerók* (a santeria vallás papjai) átvették, mint Changót (a tűz, mennydörgés, villámlás, tánc, zene, dobok, férfiszépség, háború istene), akinek katolikus párja Szent Borbála. San Fan Con oltárát, képét ma is megtaláljuk a Lung Kong Társaságnál, a Kínai Negyedben. A Regla de Ocha\* számos kosártartójában is rálehetünk a kínai szentképre. A kaliforniaiak sokat tettek a negyedért: harcművészeti iskolákat alapítottak (pl. wushú), kínai nyelvű újságokat jelentettek meg, az elsőt 1877-ben, amikor már a második színház, a Sun Yen is megnyílt. Anyaországbeli és egyesült államokbeli kínai operatársulatokat hívtak vendégszerepeltetni, kínai zenekarokat és kórusokat alakítottak. Általuk a kubai zene három hangszerrel is gazdagodott: a jelzőkürttel, a kínai dobozzal és egy dob félével. Gasztronómiai örökségük sem múlt el nyomtalanul: tőlük van a sült rizs, a kínai leves és a chop suey. 1878-ban a Galiano utca 116-ban nyitották meg azt a házat, amely az ópium-



Kínai kapu

importját bonyolította Han Tay Lon & Cia néven. 1893-ban pedig megkezdte működését a Chung Wah Casino.

Az egyszerű, szegény kínaiak között az 1850-es években – kilátástalan helyzetük miatt – nagyon magas volt az öngyilkosok aránya: 100 ezer lakosra 500, míg a rabszolgáknál 35, a fehérekénél 5,7 fő jutott és ezzel Kuba ekkor a világon a szomorú első helyet foglalta el. A kínaiak közül – a négerekhez hasonlóan – sokan a hegyekbe menekültek és szabadon élték a

\* Ocha rend, ami Kuba összes hívőjét tömöríti. Ocha vagy oricha: joruba isten, istenség



cimarronok\*\* életét. A szökötték aránya (*marronaje*) 5–7-szer magasabb volt közöttük, mint a rabszolgák között: 8380 főt említenek, ami az aktív szerződötetett kínaiak 20%-a. Illegális gyerekimport hálózat is működött.

A behozott kínaiak 46,5%-át (1872) Matanzas, Cárdenas, Colón terjeszkedő cukornádültetvényeire irányították. A do-



A Wushu iskola

hánytermő vidékeken, mint pl. Pinar del Río dohányföldjein csak kevesen dolgoztak, mert ott szakértelmet igénylő munkákra volt szükség. Kézművesként, házi személyzetként (szakács, háziszolga) is dolgoztak. Sanyarú helyzetük miatt 1868-ban tömegesen csatlakoztak a spanyolok ellen Carlos Manuel de Céspedes forradalmához, a Tízéves Háborúhoz (1868–1878). A kulikat importálók az olcsó munkaerő biztosítása érdekében beengedték azokat a kínaiakat is, akik hazájukban politikai foglyok voltak, s akik részt vettek a XIX. század közepi nagy forradalmi megmozdulásokban. Sarkallta őket nyomorúságos helyzetük és múltjuk, melyen mindenáron változtatni akartak, s a lehetőséget a Függetlenségi Háborúban (1895–1898) vélték meglelni. A csatározások bizonyos pillanataiban a kínaiak alkották a felkelők egynegyedét. A háborúk segítették beilleszkedésüket a kubai társadalomba. Számos kuli és kaliforniai harcolt a spanyolok ellen. Az előbbieket azért, hogy megszűnjön végére félrabszolga helyzetük, az utóbbiak pedig, a kreol polgársághoz hasonlóan, a gazdasági helyzetük megerősítéséért és a nagyobb szabadságért. Az elesettek obeliszkjén ma is olvasható, hogy „Nem volt egyetlen kubai kínai dezertőr, nem volt egyetlen kubai kínai áruló.”

1874-ben Chin Lan Pin mandarin érkezett a szigetre, hogy a kuli helyzetét megvizsgálja. Eça de Queiroz, aki később a portugál realizmus leghíresebb képviselője, írója lett, országa konzuljaként mu-

\*\* Szökött rabszolgák neve.

tatta meg a kínai küldöttek honfitársai tarthatatlan helyzetét. 1877-ben a kínai uralkodó különmegbízottjának jelentése nyomán felfüggesztették a szerződéses munkát, de nem az emigrációt. 1898 és 1902 között, a kubai függetlenséget közvetlenül megelőző amerikai katonai megszállás évében, Washington megtiltotta a bevándorlást. Leonard Wood Kuba katonai kormányzója rendelettel fékezte az ázsiaiak beáramlását. A forradalom (1959) előtti évtizedekben a pénzen vett bevándorlás jelent meg. A XIX. század során összesen több mint 500 ezer kínai került Amerikába, közülük 173 662 (34,7%) a karibi világba.

A Kínai Negyed a Városfalon kívüli negyed volt (Barrio Extramuro), mert a mai Zanja (jelentése árok, vízműosás) utca helyén folyt a víz a városba, a jó minőségű földek öntözésére, ahol még cukornádát is termesztettek. A falon kívüli területeken öntözőcsatornákat építettek, állatokat legeltettek. A kulik a szerződéses időszak letelte után olyan helyet kerestek letelepedésre, ahol kertet művelhettek, mint pl. a mai Forradalom terének (Plaza de la Revolución) helyén. A kínai kertek vonzották a havannaiakat, akiknek egy része idejárt zöldségféléket vásárolni. Később, a Zanja eltűnésével és beépítésével a kínai földművesek a havannai agglomerációban telepedtek le (pl. Calabazar, Bejucal).

A XX. század dereka a Kínai Negyed virágkora. Ekkor éri el legnagyobb kiterjedését, ahol a San José/Zanja (É) – Galiano/Avenida de Italia (K) – Reina/Avenida Simón Bolívar (D) – Escobar/Belascoain (Ny) utcák határolják. Itt élt egykor Latin-Amerika legnagyobb kínai közössége.

A Kínai Társaságok kis központok voltak, ahol vezetéknev és származás, azaz régiók szerint csoportosultak. Szerencsejátékban utaztak, s 1930-tól saját rádiójuk volt, de már nem volt idő arra, hogy televíziójuk is elinduljon. Mivel kínai nő nagyon kevés volt, a helyiekkel – feketékkel és fehérekkel – kötöttek házasságot. A Kínai

Negyed gyakorlatilag önálló, öngazgató miniatűr társadalommá vált. Létrejöttek a titkos és féltitkos társaságok, az üzlet-, étterem- és szórakoztató negyedek, kínai nyelvű mozik és színházak működtek. A kaliforniaiak klánja megteremtette a nyilvánosházak, játékbartlangok, ópiumszívók rendszerét.

Az éttermek, kifőzdék a havannai szegények mentevárai voltak. Az ún. *puesto de chino* olyan parányi boltféle volt, amely elfért egy kapualjban. Többek között fagyaltot, sült tőkehalat és babot (*frijol carita*), sült malangát és banánt (*mariquita*) árultak itt. A 30-as években az éhezõ emberek ezeket a boltokat „életet adó házaknak” (*casas de socorro*) nevezték, ahol a napi egyszeri falathoz jutottak.

A kínaiak beáramlása, még ha nem is egyenletes, de állandó volt. Különösen az 1920 és 1930 közötti időszakban volt számottevő annak ellenére is, hogy a gazdasági világválság miatt őket bocsátották el elsőként a munkahelyeikről. Ez is készítette 1935 februárjában a kubai munkaügyi minisztert arra a javaslatára, hogy úzzék ki őket az országból. Azonban a Pearl Harbor-i (1941) támadás után a japánok váltak a fő célponttá. A XX. század közepén mintegy 40.000 kínai élt Kubában. 1958-ban a Kínai Negyedben 16.000 főre tehető a létszámuk.

Kínai bank és klinika is működött a negyedben. Az 1940–1950-es években, a „csúcsidőszakban” a fő üzlet- és szórakoztatóközpont a San Nicolás utca volt, a Zanja és a Dragones utcák között. A



Pekingi étterem a Zanja utcában

forradalom előtti évben, 1958-ban négy mozi működött: az Aranyas, amely még kínai operadarabokat is bemutatott, a Pacifico, a Nuevo Continental és a La Gran China, melyek mára eltűntek.

A Kínai Negyed közepén láthatjuk a Virgen de la Caridad del Cobre-t (a Cobrei Kegyelmes/Irgalmas Szűzanya), a negyed



Éttermek a Cuchillo utcában

védőszentjét a nevével viselő templomban. A Guadeloupei Szűznek a kápolnájában pedig, félig elrejtve (az oltár melletti kisajtón kell bemenni), egy kínai istent ábrázoló faliszőnyeget találunk, amit katolikus papok hoztak az anyaországból. Nem transzkulturációról van szó, mert a hívő kínai benne a Caridadi Szűzet látja. Mások meg Ochúnt, a joruba panteon istenét, akit a katolikus Szűz testesít meg.

Az 1893 óta működő saját temetőjük a Kolumbusz Kristóf Nekropolisz közelében található. Kubai régészek 2014-ben találták meg, s tárták fel annak a kínai temetőnek a maradványait a Havannától 45 km-re található Marielben, amely mintegy 290, az 1847-es első hullámban érkező kínai kuli földi maradványait őrzi, s feltételezhetően egész Amerika legrégebbi kínai temetkezési helye.

A kínai hatás a művészetekben és az irodalomban is érződik: José Martí „Un funeral chino” (Kínai temetés) írása, a mulatt-kínai Regino Pedrosa költő versei, akárcsak Wilfredo Lam festő, vagy Pedro Eng naiv festő képei ezen örökség továbbívói. Ez utóbbi Kuan-jint, a buddhista mitológia egyik legfontosabb alakját, katolikus istenség ikonjaként ábrázolja, aki egy

### Virgen de la Caridad del Cobre templom



pálmafa felett tűnik fel, ami Kuba emblemikus fája. A karibi ország mai kultúrájában az interkulturalitás és a szinkretizmus számos eleme keveredik, köztük a kínai is.

A forradalom győzelme (1959) után, néhány hónapon belül a Kínai Negyed kiürült. Az úti cél Kalifornia volt, az a vidék, ahonnan egykoron üzletemberek érkeztek. A negyed elvesztette kulturális és gazdasági bázisát.

1989-ben a Kínával való szorosabb kapcsolatok és a turizmus fejlesztése miatt a kubai kormány a negyed felélesztését tűzte ki célul, s ez lett a világ egyetlen olyan kínai negyede, amelyből egy dolog hiányzik csak – a kínaiak. Megnyitották a felújított El Pacífico éttermet – amely Hemingway kedvenc kínai étterme volt – az ugyancsak felújított és sétálóutcává alakított Cuchillo utca végén. A berendezést a kínaiak adták, hogy autentikus legyen. A felszolgálók egy része kínai lezszármazott, fekete és kínai szülők gyermekei.

1998-ban rendezték meg Havannában a Tengerentúli Kínaiak Első Fesztiválját (Primer Festival de Chinos de Ultramar) kanadai, egyesült államokbeli, francia, perui, chilei és román résztvevőkkel. Az ötnapos rendezvényen dominóverseny, harcművészeti bemutató, oroszlántánc és gasztronómiai bemutató volt a program. A terv továbbra is a Kínai Negyed felélesztése és újra a turizmus szolgálatába állítása volt. Felavatták a Kínából érkező ajándékok, a negyed bejáratához felállított 13,4 m magas és 19 m széles kínai kaput, s ezzel zárult a „150 éves kínai jelenlét Kubában” (1997) megemlékezés sorozat. Az eseményekre érkező látogatók között voltak a világ legnagyobb kínai negyedéből, San Franciscóból érkező kínaiak is, azaz a „kaliforniaiak”. Havannában minden év júniusában megemlékeznek az első kínaiak érkezéséről, s kínai kultúrát bemutató kiállításokat, műsorokat rendeznek.

A havannai Kínai Negyed Centro Habana területben, eredetileg 29,5 hektáron terült el. Az 1940–50-es években nagy élet volt itt: éttermek, olcsó fondák (étkezdék), zöldségárusok, fagyizók, moso-

dák, fodrászatok, patikák, ékszerboltok, műhelyek, szénárusok, mozik és színházak kínálták magukat a főként amerikai turistáknak. Ma ismét megköszönhetjük itt a helyi specialitásokat: pao, tapones, chaumin jan choi, maripositas. A Peking éttermet a Zanja utcában, 2001-ben teljesen felújítva nyitották meg újra.

A Kínai Negyed ma már csak a nevében az, valójában kubaiak lakta, a korábban kisebb kiterjedésű (a Zanja, Rayo, Lealtad, Dragonés utcák által határolt) terület, néhány felújított kínai épülettel, újra felfedezett egykori tériókkal.

A '90-es évek közepén, pontosabban az 1993-tól megjelenő magánvállalkozásoknak köszönhetően, a főváros leglátogatottabb éttermei voltak a kínaiak, felülmúlva a negyed. Emellett még külön engedélyük is volt arra, hogy 50 főt kiszolgáljanak, miközben mások – a törvény szerint – csak 12 székes étterme-



Virgen de la Caridad del Cobre templom szentélye

ket tarthattak fenn. Emellett a magánéttermek (*paladar*) számára tiltott ételeket (rák, languszta, marhahús) is felszolgáltathattak. A 2008-ban bekövetkezett törvénymódosítás – amely már minden magánétterem számára engedélyezte az 50 széket, s feloldotta a termékkorlátozást – megszüntette a negyed versenyelőnyét, korábbi privilégiumait. A város minden részén megjelentek a minőséget is nyújtani tudó, versenyképes magánéttermek. Emiatt a negyed bevételét és híret adó kínai éttermek látogatottsága jelentősen megcsappant. A korábbi dinamizmus pedig nem hatott ki az infrastruktúrára, nem fejlesztették a lakókörnyezetet, az épületeket – néhány kivétellel – nem újították fel, számos rossz állapotban lévő, sokszor omladozó ház tarkítja a városrész utcáit. Ezek következtében sajnos mára már teljesen leállt a negyed fejlődése, de az arra járók még érezhetnek valamit egykori hangulatából. A kuriózumokra vágyók pedig fellelhetik rejtett titkait.



TURCSÁNYI GÁBOR

# A galagonya

**H**azánkban minden évben megválasztják az Év rovarát, emlőst, fáját, gombáját, halát, hullójét, kétlélűjét, madarát és vadvirágát. 2013-ban a Magyar Gyógyszerésztudományi Társaság Gyógynövény Szakosztályának vezetősége is csatlakozott ehhez az év élőlényeit kijelölő kezdeményezéshez: az első évben a máriatövis, tavaly az orvosi citromfűvet, idén pedig a galagonyát választotta *Az év gyógynövényének*. Németországban ez utóbbi 1990-ben kapta ugyan ezt a kitüntetést.

A galagonya név, a máriatövisvel és az orvosi citromfűvel szemben, nem csupán egy fajt, hanem egy egész növénynemzetséget takar. A nemzetség a rózsafélék (*Rosaceae*) családjának, azon belül pedig az almafélék alcsaládjának (*Maloideae*) tagja. Az északi félteke mérsékelt éghajlati övében legalább 200, a legújabb tudományos vizsgálatok által is igazolt faja él. Cirkumpoláris elterjedésű, vagyis fajai az egész északi félteke extratropikus területén előfordulnak. Áréájának súlypontja és legnagyobb formagazdagsága Észak-Amerikában, azon belül is a keleti részeken van. Európában valamivel 20 fölé tehető a galagonyafajok száma. Legközelebbi, hazánkban is előforduló rokonaik a birs, a körték, az almák, a berkenyék, a fanyarka, a madárbirs és a naspolya. Magyarországon a galagonyának négy faja terem vadon: az egybibés galagonya (*Crataegus monogyna*), a fekete galagonya (*C. nigra*), a hosszúcsészés galagonya (*C. calycina*) és a kétbibés vagy cseregalagonya (*C. laevigata*). A fekete galagonya a Duna menti ártéri ligeterdők fekete termésű, ritka, védett növényfaja. Legészakibb előfordulását a Csepel-sziget déli részéről ismerjük. A hosszúcsészésű galagonya, valószínűleg ritkasága miatt, nem



**Egybibés galagonya piros színű almáskaterméséi**

kellőképpen feltárt előfordulását. Az egybibés galagonya az ország egész területén gyakori, míg a kétbibés galagonya szórványos megjelenésű és az Alföld területén kifejezetten ritka. A galagonyafajok egymással könnyen hibridizálódnak, így meghatározásuk gyakran nehéz (hazánkban Kerényi-Nagy Viktor dolgozta föl nemrég az alakkört). A hibridek gyakran poliploidok a nemzetség alapfajaira jellemző diploid formákkal ellentétben. A hexaploid formák sokszor megtermékenyítés nélküli csiraképzéssel, ún. apomixissal

hoznak létre a növény terjesztésére alkalmas magvakat. A fekete galagonya előfordulási helyein megtalálható egy az egybibés galagonyával alkotott hibridje, a Degen-galagonya (*C. × degenii*). Ennek morfológiai tulajdonságai a két szülőfaj között átmenetiek. Elterjedt a kétbibés és az egybibés galagonya hibridje is, a hibrid galagonya (*C. × media*).

Különleges hír, hogy az újabb tudományos kutatások alapján a naspolya (*Mespilus*) nemzetség fajait is a galagonyák közé sorolják, ugyanis a génszekvenálásokat követő klaszteranalízisek alapján azok legalább a *C. brachyacantha* fajjal egy kládot alkottak. Ez a felfedezés a szakembereket nem lepte meg, ugyanis a két nemzetség morfológiai hasonlóságai mellett ismerték nemzetséghibridjeiket is. A hibrideket a két nemzetség nevéből képzett *Crataemespilus* tudományos névvel jelölték. Szintén érdekesség, és földtörténeti okokkal, vagyis az Észak-Amerika és Kelet-Ázsia közötti, még kb. 10 000 évvel ezelőtt is létező szárazföldi összeköttetéssel magyarázható, hogy az északnyugat-amerikai galagonyafajok szorosabb rokonságot mutatnak a kelet-ázsiaiakkal, mint az északkelet-amerikaiakkal. A nemzetség fajainak többségétől genetikailag legtávolabb az európai fajok vannak.

A galagonya név délszláv eredetű. Ezt bizonyítja, hogy a nemzetség neve szerbül és horvátul gloginja, bolgáruul glogina, szlovénul gloginja, macedónul pedig glogina. Az Őrségben viszont, valószínűleg a német népi elnevezés, a Saubirne fordításaként, a disznókörté elnevezés honosodott meg. Helyenként az Isten gyümölcse, az istenalma, a túskefa, illetve a szamártövis név terjedt el. A nemzetség tudományos neve, a *Crataegus*, egy földközi-tengeri galagonyafaj, a francia vagy

**Késő tavasszal a galagonya virágai fehérre színezik az erdőszéleket**



azaról galagonya (*C. azarolus*) ógörög nevéből, a *krataigosból* (κράταιγος) származik. A *krataios* (κρᾰταίος) szó az ókori görögök nyelvén szilárdat jelent, és a növény kemény fájára utalhat.

A galagonyák lombhullató cserjék vagy kisebb fák. Utóbbi esetben lombkoronájuk gyakran gömb alakú. Hosszú életűek: nem ritka a 300 éves és 15 m magasra növő egyed, de ismertek 700 évesnél idősebb példányok is. Törsarjakat gyakran, gyökérsarjakat nehezen képeznek. Száruk sűrűn elágazó, ágas-bogas és ágtevisekkel rendelkező. Kérgük zöldesbarna, szürkésbarna vagy barna színű, kezdetben sima, az idősödő növények törzsén pikkelyesedő és berepedező, majd hullámosra váló. Fájuk tömör, kemény. Leveleik szórt állásúak, egyszerűek, rendszerint tagoltak (többnyire 3–5 karéjjal, hasábbal vagy osztattal), de némelyik fajon tagolatlanok. A levél széle gyakran fűrészelt. A levélalagnál a levéllemez kialakulása után is megmaradó zöld páhlya van. Fehér, rózsaszín, esetleg pirosodó virágaik kétivarrúak. Csésze- és szíromlevélből 5-5, porzólevélből pedig 20 számolható meg 1-1 virágban. 1–5 termőlevelük egymással látszólag összenőtt (pszeudocönokarpikus termőtáj) és alsó állású magházú. A fiatal galagonyavirágoknak egérvizeletre, illetve rothadó húrra emlékeztető szaguk van. Ezért is hozták összefüggésbe a szagukat a „fekete halállal” vagy más néven pestissel, és a virágzó galagonyaágakat a házak belső tereiben nem is tartották szívesen. A megporzásukat végző rovarokat ez a dögszag vonzza. (A rossz szaggal kapcsolatos véleményeknek ellentmondani látszik, hogy mások, a galagonyavirágokat szagolva, szexuális vonzalmat kiváltó illatot éreznek; ez adta az alapját annak, hogy a virágos galagonyaágakban az újjáéledés jelképét és a házasság, a hűség, valamint a csecsemők megvédésének eszközét látták.)

A virágok sátorozó összetett fűrtvirágzatot (bugát) alkotnak. A hazai fajok fő virágzása májusra esik. Termésük ún. almácskatermés, mely körülbelül 1 cm hosszúságú áltermés. Ez tulajdonképpen egy a vacokhúsbá ágyazott, 1–5 csontkemény terméscsontfalú termésből kialakuló terméscsoport. A kemény terméscsontfalak miatt a terméscsoportot csontálmának is nevezték. A legtöbb faj termésének színe piros, de előfordulnak sárga, kék, illetve fekete terméshéjú fajok is. A kemény, ellenálló terméseket az azokat fogyasztó állatok nem képesek megemészteni, így a növényt ezek is terjesztik az ürülékükkel. A hazánkban előforduló fajok termésének húsa általában száraz, lisztes és csak kevés fajnál húsos. A termések, pontosabban terméscsoportok októberben érnek meg.

Ahhoz, hogy szaporításra fölhasználják őket, a vacokhúst le kell választani róluk, és csak 2 télen át tartó hidegkezelést követően, tehát a betakarítást követő 18. hónapban kerülhet sor tél végi vetésükre. A galagonyafajok közötti hibridizáció miatt azonban mindig ügyelni kell arra, hogy a szaporítani kívánt fajról származzon a beporzást eredményező pollen. Ha ennek elérésére nincs lehetőségünk, vegetatív szaporítással kell biztosítanunk az utódok szülőikkel való megegyezését. Mivel dugvánnyal szinte lehetetlen a galagonyát szaporítani, az oltás marad megoldásnak.

A galagonyák nyíltabb erdők és cserjések fajai. A talaj és a vízellátás tekintetében nem igényesek; ellenállnak a szárazságnak, és elviselik a nedves környezetet is. A direkt napfényt viszont kedvelik, így előszeretettel telepednek meg szabadon, nyitott erdőkben vagy erdőszéleken. Utóbbi előfordulásaik jelzik, hogy a félárnyékok is elviselik. Kertekbe és parkokba is gyakran ültetik őket. Egyes vidékeken a táj és a tájkép alakításában történelmi távlatokban is kiemelkedő jelentőségük. Nagy-Britanniában például szövevényes lombkoronájuk és ágteviseik miatti áthatolhatatlanságukat évszázadokon át arra használták, hogy sövényeket alakítottak ki belőlük. Erre különösen alkalmasak tette őket gyors növekedésük, valamint az, hogy mennél erősebben visszavágják az emberek vagy visszarágják a marhák, annál sűrűbbé alakul a lombzatuk. A galagonya más népeknél való hasonló hasznosítására utal a német Heckendorn, Weissheckdorn és Hagedorn elnevezés is.

A galagonyák ellenségei a levéltetvek, a gubacsatkák és az *Erwinia amylovora* nevű baktérium, mely a tüzelhalás nevű betegséget okozza.

A hazai gyógynövényellátásban kiemelkedő szerepet játszó két galagonyafaj az egybibés és a kétbibés galagonya. Az egybibés galagonya fénykedvelő, viszonylag gyorsan növő faj. Mintegy 500 m-es tengerszint feletti magasságig, nem nagyon kitért élőhelyeken fordul elő. Talajban nem válogatós, ha annak átszellőzöttsége számára elégséges. Csak a magas vízállást nem tűri. Fája halvány krémbarna színe, finom szemcsézettége és nagy-

fokú keménysége miatt jól használható faragott és esztergályozott tárgyak készítésére. Tekintettel azonban arra, hogy az összes faanyag közül a legmagasabb hőmérsékleten ég, kiváló tűzifa és faszénalapanyag is. Nyersen fogyasztott termései az emberben enyhe gyomorpanaszokat okozhatnak. Megfőzve viszont, különösen más gyümölcsökkel keverve, a termésekből és a virágokból zselé, bor, mártás vagy vitaminokban gazdag ivólé készíthető. Szűkös időkben a lisztte őrölt galagonyatermésekből előállított püré vagy süttött kenyér az éhezéstől óvta meg az embereket. Az egybibés galagonya leveleit és virágrügyeit is ették. Magvait kávépótlóként is használták. A faj a természetes táplálékhálózatokban nagyon fontos szerepet tölt be. Több száz rovarfaj, köztük nagyszámú lepkefaj



Az egybibés galagonya sátorozó összetett fűrtvirágzatai és mélyen tagolt levelei

táplálékául szolgál. Legalább 50 azoknak a lepkefajoknak a száma, amelyek hernyója galagonyával táplálkozik. Virágait a mogyorós pele, nektárját számos beporzó rovar fogyasztja előszeretettel. Termései többek között a pinyeteket, az örvös galambot, valamint a kismélsők közül az erdei egeret, a sárganyakú erdeiegeret, a mókust és az erdei pocokot táplálják. A rigók és a csonttollúak nagyon fontos téli táplálékai. A növények sűrű, tövises lombzata a madarak egyik legkiválóbb fészkelő- és búvóhelye.

A kétbibés galagonya ember általi hasznosítása, faanyagának tulajdonságai és a természetben betöltött szerepe majdnem teljesen megegyeznek az egybibés galagonyaéval. Levelei azonban kerekesebbek és hegyes vállúak. Bibéinek száma 2 vagy 3. Terméscsoportjai egynél több termést tartalmaznak. Jobban tűri az árnyékolást, mint az egybibés galagonya, aminek következtében elsősorban öreg, mindenekelőtt tölgyek által alkotott erdőkben talál-



ható meg. Kedveli a nehezebb talajokat. Az egybibés galagonyával képzett hibridje a két faj közötti átmeneti levélformát mutatja, virágaiban pedig 1 vagy 2 bibe van.

A hazai fajok mellett léteznek más, főleg melegebb éghajlatú országokban olyanok, amelyek gyümölcse nagyobb és ízletes. Ilyen a kuszaágú galagonya (*Crataegus arnoldiana*), a francia galagonya (*C. azarolus*), a *C. baroussana*, a *C. durobrivensis*, a *C. ellwangeriana*, a *C. illinoensis*, a *C. missouriensis*, a görög galagonya (*C. schraderana*), a soktövös galagonya (*C. succulenta*), valamint a varádcislevelű galagonya (*C. tanacetifolia*).

A galagonyákat Dioszkoridész már az időszámításunk szerinti 1. évszázadban említi gyógnövényekként. Az is ismert,

hatva – szabályozzák. Tágítják és ellazítják a vérereket, ezáltal csökkentve a vérnyomást, és mégis enyhén stimulálva a szívizmot, ezáltal növelve a pulzust. Ez a terhelést leveszi a szívizomról, annak általános működési hatékonyságát javítva. Így a szív terhelhetősége is növekszik. A galagonyák kémiai alkotói közül leghatékonyabbak az oligomer proantocianidinek; ezek hatását a többi szívre ható alkotó tovább erősíti. A proantocianidinek mellett ilyen kiegészítő vegyületek a szaponinok, a glikozidok (közöttük a szívglikozidok), a cseranyagok, a flavonoidok, a triterpének, az aszkorbinsav, a kondenzált tanninok, a fenolsavak és a kardiotonikus aminok. A proantocianidinek, antioxidáns hatásukkal, az érkárosodások kijavításában is közreműködnek.

A galagonya szívgyógyszerként való használatával elkerülhetőek azok a problémák, amelyeket a gyűszűvirág-származékok vagy más, hasonló hatóanyag-tartalmú szerek szervezetben való felhalmozódása okoz. Jelentős előnye alkalmazásának, hogy vegyületei nem lépnek kölcsönhatásba más gyógyszerekkel. Anyagai csak több hetes vagy hónapos fogyasztást követően fejtik ki hatásukat, de a kezelés akár több hétre is megszakítható, mert annak jótékony következményei csak lassan múlnak el. A galagonya vagy az abból készült gyógyszerek túladagolása azonban szívritmiához vezethet és veszélyesen alacsony vérnyomás kialakulását is okozhatja.

A galagonyák anyagai az ismertettek mellett nyugtató hatást gyakorolnak az idegekre, ezzel csökkentve a stresszt, a mellkasi nyomást és fájdalmat. A szívritmuszavarokat is enyhítik. Hosszan ható gyógyszerei a más betegségek által okozott vagy az idős, illetve fáradt embereknél előforduló általános szívgyengeségnek. Használhatók megelőzésre folyamatos terhelés alatt álló emberek esetében vagy gyógyszerelésre szívinfarktusból való felépülés ideje alatt. Jótékony hatásúak az egész koszorúérrendszerre, és csökkentik a szívbetegségekhez nagymértékben hozzájáruló koleszterol szintjét a szervezetben. Javítják a periféri-

ás vérkeringést, miáltal javul a végtagok és a fej vérellátása. A páfrányfenyő (*Ginkgo biloba*) anyagaival kombinálva különösen hatékonyak a memória javításában. Az emésztőrendszerben megrekedt étel megmozgatására, zsíros ételek emésztésére és vizelethajtóként is alkalmasak.

A növények virágzó hajtásait májusban takarítják be. Árnyékban, gyorsan kell megszáritani őket, hogy elkerüljék az elszíneződésüket. A terméseket ősszel gyűjtik. Ezek szárítását is gyorsan és árnyékban kell végezni, hogy gombabevonat kialakulását elkerüljék. Gyógyászati célra a növények virágaiból, leveleiből és terméseiből teát, alkoholos kivonatot vagy más preparátumot készítenek.

A galagonyákat, gyógyászatban és sövényként való hasznosításuk mellett, más célokra is igénybe veszi az ember. Fajaikból számos kertészeti kultúrtaxonot állítottak elő, melyeket előszeretettel telepítenek díszítő céllal. Léteznek piros és telt virágú, valamint oszlop formájú kultúrtaxonjaik is. Rendkívül alkalmasak bonszai-fák előállítására. A galagonyafajok kiváló oltóalanyai a gyümölcsfáknak, közülük is elsősorban a naspolyának és a körtének. Nagy-Britanniában a galagonyát vízvédelmi területek betelepítésére is ajánlották. A nem keserű levélű fajok egyes saláták készítéséhez is felhasználhatók. Kínában a terméseket édességek előállításához is alkalmazzák. A növények rendkívül kemény faanyagából szerszámnyeleket készítenek.


A galagonyáknak a hiedelmek gyakran igen ellentmondásos szerepet tulajdonítottak a természetben, illetve az ember életében. Nem véletlen, hogy a galagonyát az egyensúly és a kettősség, illetve az ellentétek egysége jelképeként tartják. Régi európai mítoszokban például szoros kapcsolatba hozták őket az év naposabbik felének, vagyis a természet újjáéledésének beköszöntével. Ezt bizonyítja, hogy egyik régi angol neve Mayblossom, ami májusi, leginkább május 1-jei virágzást jelent. Ugyanakkor mások a galagonyát a tél és a sötétség jelképeként tartották. Ebből ered, hogy a britek még a XX. században is megszagattott ruháik rongyait babonából a kutak és a források közelében található galagonyabokrok ágaira aggatták. Egyes vélemények szerint Jézus töviskoszorúját is galagonyából készítették, jóllehet valószínűbb, hogy annak a tövisesvérfű (*Sarcopoterium spinosum*), a krisztustövis (*Paliurus spina-christi*) vagy a közönséges zsidótövis (*Ziziphus spina-christi*) volt az alapanyaga. A töviskoszorú-mitosszal összekapcsol halálfelelem is okozhatta, hogy sokan nem vittek be virágzó galagonyaágot a házukba, sőt, még csak nem is vágta le a galagonyaágot.



Öreg galagonyafa berepedezett törzse ágtövisekkel  
(A szerző felvételei)

hogy a régi kínai orvoslás, sőt később az észak-amerikai indián törzsek is hasznosították a gyógyításban ennek a növény-nemzetségnek a fajait. Leveleik, virágzó fiatal hajtásaik és terméseik kivonatai szív működést szabályozó és erősítő hatásúak. Jelentős a szerepük a kezdődő kardiovaszkuláris betegségek gyógyításában. Alkalmasak a krónikus szívelégtelenség kezelésére. Különösen azoknak ajánlható a fogyasztásuk, akiknek a gyenge szív működése magas vérnyomással társul. Hatóanyagaik a vérnyomást párhuzamosan két helyen – a koszorúerekre és a szívizmokra

Az ókori Dél-Európában a galagonyának mágikus védőképességet tulajdonítottak. A görög menyasszonyok például galagonyaaágat vittek az oltárhoz, azt Hérának, a házasság és hűség istennőjének szentelve. Egy ókori római legenda azt tartotta, hogy Cardea, az ajtózsánér istennője nem engedte be a gonosz szellemeket a küszöbön keresztül a csecsemőkhöz, ha egy galagonyaaágat akasztottak az ablakba vagy a bölcső fölé. Miután megtisztították az ajtófélfát és a küszöböt egy számócafa (*Arbutus unedo*) gallyával, egy anyakocát áldoztak fel, vele a csecsemőt szimbolizálva. Ezután akasztották föl a galagonyaaágat az ablakba. Cardea mítosza Toszkánában tovább élt egészen a XIX. századig egy Carradorának nevezett jótékony boszorkány formájában. Az ókori elképzeléshez hasonló, róla szóló fáma szerint a babát megbetegítő vérszívó boszorkányokat a számócafának és a galagonyának a gazda által vörös rongyba tekert és az ajtóbejáróba vagy az ablakba fölakasztott ágaival üzte el. A galagonya az ősi briteknek is többet jelentett egy egyszerű, a birtok határát jelző és az állatok elcsatangolását megakadályozó élő kerítésnél. A galagonyasövény határvonal volt az ismert, biztonságos belső terület és az azon kívül eső, babonákkal és mítoszokkal övezett vadon között is. Talán erre a határvonalszerepre, vagyis az ismert és az ismeretlen összekapcsolására vezethető vissza az a walesi hagyomány, amely szerint Olwen istennő, sétálva az üres Univerzumban, galagonyaszirmokból kitaposott nyomával hozta létre a Tejútat. Nem lehet véletlen, hogy a „gyógyításban” is először a galagonyát az ismeretlen, vagyis az ártó szellemek, démonok elleni védelemre használták. Ezért a britek galagonyamotívumokkal amuletteket készítettek, melyeket az ajtóik fölé akasztottak vagy magukon viseltek. A galagonya a német hagyományokban is hasonló szerepet töltött be. Ágai közé rongyokat és hajtincseket dugtak, hogy ezekkel bírják a köztük megbújó tündereket a jelzett cselekedet elkövetője iránti jótéteményekre. A bölcsők galagonyafából való készítésével pedig azt kívánták megakadályozni, hogy gonosz manók elcseréljék a csecsemőket. Dél-szláv népek hitvilágában a galagonya halálos veszedelmet jelent a vámpírokra, ezért belőle készített karókkal készültek azok agyonverésére, ha megjelenének.

A galagonya a magyar irodalomban *Weöres Sándor* munkássága révén vált népszerű növényé. „A galagonya” című híres gyermekverse mellett, melyet a növény piros termései ihlettek, „Borzas galagonya ágán” címmel is írt költeményt. 

## VILÁGREKORDER GYORSÍTÓ

A gyorsítóval végzett neutrínókísérletek kulcsfontosságú eleme a neutrínókat létrehozó részecskenyaláb intenzitása. Minél több részecske van a nyalábban, annál nagyobb annak az esélye, hogy a neutrínók kölcsönhatása a detektorban lesz megfigyelhető. Az amerikai Fermi Nemzeti Gyorsító Laboratóriumának (FNAL) kutatói világrekordot értek el a nagyenergiájú neutronkísérletükben. A Main Injector részecskegyorsítóban 521 kilowatt teljesítményű részecskenyalábot hoztak létre. A világ minden részéből több mint 1000 fizikus fogja használni ezt a nagy intenzitású nyalábot a neutrínók és a rövid élettartamú müonok vizsgálatára, amelyek az Univerzum építőkövei. A rekord nyalábin-tenzitás a CERN részecskegyorsítóinak a neutrínókísérletekhez szolgáltatott 400 kilowattnál kicsit nagyobb nyalábin-tenzitását múlja felül.

A világrekord beállítása az első lépés a Fermilab gyorsító rendszere számára, mivel az évek során fokozatosan növelik a nyaláb intenzitását. A következő cél a laboratórium kétféldes Main Injector gyorsítója számára a laboratórium különböző kísérleteihez 700 kilowattos nyaláb szolgáltatása. Végso célként a Fermilab a következő évtizedben a gyorsító rendszer korszerűsítésével az 1000 kilowatt nyalábin-tenzitást szándékozik elérni.

A Fermilab-ban jelenleg négy neutrínókísérlet folyik: a MicroBooNE, MINERvA, MINOS+ és az eddigi legnagyobb, a NOvA, amely a Fermilab Chicago külvárosában lévő helyszínéről az 500 mérföldre lévő Minnesota állambeli Ash River neutrínódetektorába küld részecskéket. A laboratóriumban a világ minden részéből érkező fizikusok dolgoznak, és javasolt otthona lesz a *Long-Baseline Neutrino Facility and Deep Underground Neutrino Experiment*-nek, más néven a *DUNE*-nek. A cél a különböző neutrínók tömegével és tulajdonságaival kapcsolatos alapvető kérdések, valamint a neutrínóknak a Világegyetem fejlődésében betöltött szerepének vizsgálata. A Fermilab még két kísérletet készít elő a müonok vizsgálatára, amelyek az Univerzum kezdeti pillanatainak titkaira vethetnek fényt.

(<http://www.fnal.gov>, *Science Daily*)

## HA EGY NAGY ÜSTÖKÖS A NAPBA ÜTKÖZNE...

Az elmúlt években a NASA SOHO megfigyelő állomása hetente három vagy még több üstökösöt figyelt meg, amelyek

nagyon közel haladnak el a Nap mellett. Ezeknek a „napsúroló” üstökösöknek a kisebb példányai nem sokáig maradnak fenn. Nem a Nap külső rétege, a napkorona olvasztja fel őket, amikor súrolják a Nap szélét. A napkorona, bár nagyon forró, túl vékony ahhoz, hogy sok hőt át tudjon adni. Ehelyett a Nap sugárzásának intenzív fénye hatására szublimálódik a jég gázzá, amely az ürbe jut és végül az üstökös széttörését okozza. A nemrég felfedezett üstökösök azonban sokkal közelebb jutnak a Naphoz, mint ez korábban előfordult. 2011-ben a *Lovejoy* üstökös ténylegesen áthaladt a napkoronán, és bár szerkezete meggyengült, nem esett szét. Az *ISON* üstökös is túlélte egy hasonló találkozást 2014-ben. De mi történik, ha egy üstökös nemcsak súrolja a Napot, hanem becsapódik annak alsó atmoszférájába? Ennek megvan a lehetősége, mivel a Nap elég nagy céltábla és sok üstökös száguldozik az ürben.

A John Brown, Skócia főcsillagásza vezette kutatócsoport kiszámította ennek valószínűségét. Ahhoz, hogy az üstökös elérje a Nap alsó atmoszféráját, tömegének legalább  $10^9$  kilogrammnak kell lennie – az alsó határ durván százszor kisebb, mint az *ISON* vagy a *Lovejoy* üstökös tömege. Ha az üstökös elég nagy és elég közel halad el, a Nap gravitációs terének hatására sebessége több mint 600 km/sec értéket is meghaladja. Ennél a sebességnél az üstökös összelapul, szinte palacsinta alakú lesz, mielőtt felrobban ultraibolya- és röntgensugárzás kibocsátása közben, amit a modern műszerek képesek detektálni. A robbanás annyi energiát bocsátana ki, mint egy napkitörés, de sokkal kisebb területre koncentrálna. Az üstökös által átadott impulzustól a Nap szinte „csengeni” kezdene, a keletkező visszhang pedig végigtérjedne a Nap teljes atmoszféráján.

Brown elismeri, hogy a munka ez ideig teljesen spekulatív – egyrészt, mert még nem figyeltek meg Napba csapódó üstökösöt, másrészt az ütközés fizikai következményei miatt. A legfontosabb, hogy ismeretes: külső behatásra az üstökös hajlamos-e szétesni. Egy ilyen esemény talán százévente egyszer fordulhat elő, de érdemes megvizsgálni egy ilyen jelenség lehetőségét, amely a múltban már biztosan megtörtént és a jövőben is meg fog történni. 1994-ben a *Shoemaker-Levy 9* üstökös Jupiterbe csapódása nagy meglepetés volt a bolygókutatók számára, akik kételkedtek abban, hogy ilyen események előfordulhatnak emberi időskálán. A számítások más naprendszerekre is érvényesek lehetnek, ahol a fiatal csillagokat sokkal több üstökös bombázza, mint amivel a Napnak kell szembenéznie.

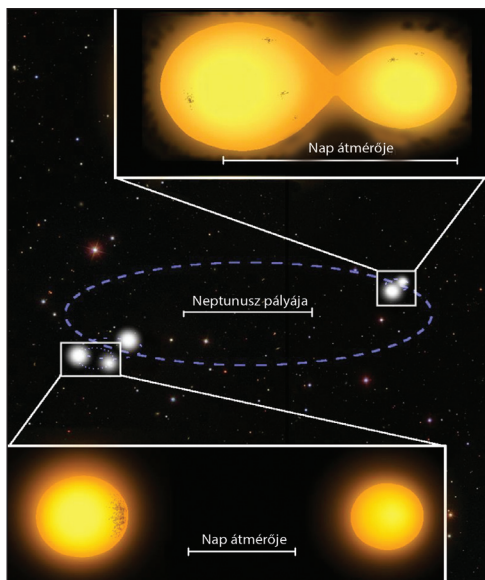
(<https://www.newscientist.com/>)



## KÜLÖNLEGES ÖTÖS CSILLAG-RENDSZER

A kettős és többes csillagrendszerek viszonylag gyakoriak, a Naphoz hasonló csillagok mintegy felének van kísérője. Jól ismert például a Szíriusz és fehér törpe kísérője, vagy a Naphoz legközelebbi csillag, az Alfa Centauri hármas rendszere. A háromnál több csillagból álló rendszerek azonban viszonylag ritkák. A brit Open University kutatói Marcus Lohr vezetésével 2013-ban olyan négyes rendszert találtak a Nagy Medve csillagképben, amelyet két fedési kettős pár alkot. (A fedési kettősök egymás körüli keringési síkja a látóirányunk közelébe esik, ezért a csillagok keringés közben váltakozva eltakarják egymást.) A felfedezés már önmagában is érdekes volt, idén azonban a csoportban egy ötödik csillagot is felfedeztek.

Az ötös rendszer korát 9–10 milliárd év közöttinek találták. A két kettős nagyjából azonos keringési síkjából arra következtettek, hogy az egész rendszer együtt keletkezett, egyetlen összehúzódó, ún. protosztelláris korongból, amely a keletkezés folyamata közben darabokra szakadt.



**A csillagpályák a szokatlan ötös rendszerben, középen összehasonlításképpen a Neptunusz pályájának átmérőjével. A kinagyított részleteken a két csillagpár szerkezete látható a Nap átmérőjéhez képest – © Marcus Lohr**

Az ábrán az ötös rendszer méretarányos képe látható, a Naprendszer, illetve a Nap nagyságához viszonyítva. Az egyik pár összeérő rendszert alkot, vagyis a két csillag olyan közel van egymáshoz, hogy mindkettő kitölti a rendelkezésére álló (és a

társ gravitációs hatására torzult alakú) ún. Roche-burkot, középen összeérnek, ahol anyag áramolhat át egyik csillagról a másikra (az ilyen rendszerek régóta ismertek). Ennek a kettősnek az egymás (pontosabban a közös tömegközéppont) körüli keringési ideje 6 óra. A másik pár csillagai távolabb, kb. 3 millió km-re vannak egymástól, ún. szeparált rendszert alkotnak, keringési idejük 31 óra. A két pár távolsága 21 milliárd km. Lohr és munkatársai szerint az ötödik csillag valószínűleg a szeparált kettőstől jobbra helyezkedik el, ezt azonban még nem sikerült bizonyítani. Az ötödik csillag nem hoz létre fedéseket, ennek létezésére a színképek részletes elemzése alapján jöttek rá. (A rendszer égi mechanikailag is érdekes, mert a két szoros párból álló tag négyes rendszer égi mechanikailag stabil, az ötödik komponens jelenléte azonban megzavarja ezt a képet. Ugy tűnik azonban, hogy nem nagyon, máskülönben a rendszer nem létezhetne évmilliárdok óta.)

(www.skyandtelescope.com, 2015. július 16.)

## A LEGFÉNYESEBB SZUPERNOVA

Májusban új, valószínűleg minden eddig ismertnél fényesebben ragyogó szupernóvát találtak egy távoli galaxisban. A csillag maximumában 572 milliárd Nap fényességével ragyogott. A felfedezést egy szupernóvák automatikus keresésére felállított kis távcső tette (All Sky Automated Survey for SuperNovae), ezért jelölése ASASSN-15lh. A 14 cm átmérőjű ikertávcső Chilében, a Cerro Tololo csúcson lévő obszervatóriumban működik. A felfedezést később több más, a déli félgömbön működő távcső, többek közt a dél-afrikai 10 méter átmérőjű SALT távcső is megerősítette, illetve ezekkel elvégezték az objektum alapos vizsgálatát.

A színképi vizsgálatok eredménye szerint az égitest vöröseltolódása  $z = 0,2326$ , ami kb. 2,8 milliárd fényév távolságnak felel meg. A színképből hiányoznak a hidrogénre jellemző vonalak, ami azt jelenti, hogy a csillag még felrobbanása előtt, heves csillagszél formájában elveszítette hidrogénben gazdag, külső rétegeit. A mérések szerint az objektum a szuperfényes szupernóvák osztályába tartozik, ezek a ritka égitestek 10–100-szor fényesebbek a „közönséges” szupernóváknál, továbbá azoknál nagyobbak és forróbbak is.

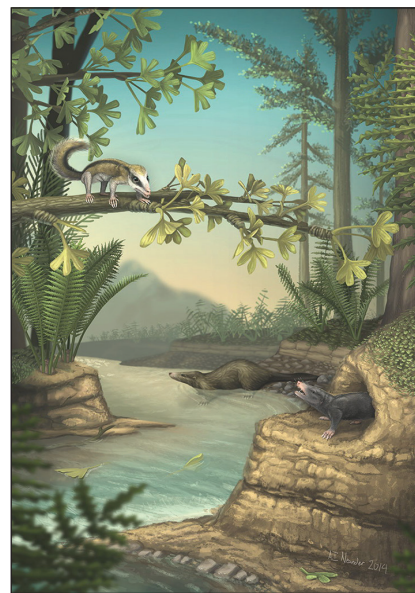
A közönséges szupernóvák fényének forrása legnagyobb részt a radioaktív nikkel-56, amely még a csillag nukleáris üzemanyagának kimerülése és az ezáltal előidézett gravitációs kollapszus előtt épül fel a csillag belsejében. A Ni-56 bomlása során gammasugárzás keletkezik, ez forróítja fel és gerjeszti világitásra a környező

anyagot. Minél több a csillagban a radioaktív nikkel, annál fényesebb a szupernóva. A hidrogénben szegény, szuperfényes szupernóvák azonban túlságosan gyorsan halványodnak el ahhoz, hogy fénylésük forrása teljes egészében a nikkel-56 radioaktív bomlása lehessen. A rendkívüli fényességet eredményező mechanizmus mibenléte egyelőre ismeretlen, a csillagászok csak remélik, hogy a most felfedezett objektum részletes vizsgálata közelebb visz a folyamat megértéséhez.

(www.skyandtelescope.com, 2015. július 12.)

## A JURA KÖZEPÉN ROBBANTOTTAK AZ EMLŐSÖK

A korai emlősök a dinoszauruszok mellett jelentek meg és terjedtek el a földtörténeti középkorban. A korábbi feltételezések szerint ezek a kistermetű állatok főleg



éjszakai rovarrevők voltak. Az utóbbi két évtizedben azonban számos új mezozoos emlősfajt írtak le a paleontológusok, amelyek nagyon változatos táplálkozásra és mozgásra tanúsítottak (előkerültek például siklórepülő, beásódó, vagy úszó formák is). Ausztrál és brit kutatók legújabb eredményei szerint az emlősök evolúciója kiemelkedően gyors volt a jura időszak közepén. Azt vizsgálták, hogy egymillió éves szakaszokban hogyan változott az emlősök fogazata és csontváza.

Eredményeik alapján a jura időszak közepén tízszer gyorsabb volt az evolúciós változás (átlagosan 8 változás évmilliónként), mint az időszak végén. A leggyorsabb változásokat az elevenesülő emlősöknél (Theria) tapasztalták. Az evolúciós robbanás okait még nem sikerült megfejteni, de a környezeti változások mellett arra

gyanakodnak, hogy az emlősök ekkor értek el példányszámban egy kritikus tömeget az akkoriban uralkodó hullők árnyékában. Később viszont, amikor már sikeresen meghódítottak számos új környezetet és nagyon változatosá váltak, akkor az evolúciós folyamatok ismét lelassultak.

(*Current Biology*, 2015. július 16.)

## 125 MILLIÓ ÉVES GYÍKEMBRÍÓ

A paleontológusok pici fosszilis tojásokat találtak Thaiföld északkeleti részén, alsó-kréta folyóvízi ártéri üledékekben. Kezdetben azt feltételezték, hogy az alig verébtojás méretű ősmaradványokban egy primitív madárfaj, vagy esetleg egy kisméretű dinoszaurusz félig kialakult csontváza rejtőzik. Szinkrotron röntgensugarak segítségével (Grenoble, Franciaország) fizikai sérülés nélkül be tudtak pillantani a 125 millió éves tojás belsejébe. Speciális 3D-s képalkotó szoftver alkalmazásával rekonstruálták a csontokat, és virtuálisan összerakták a csontvázat. Több hónapig tartott, míg valamennyi csont rekonstrukciója elkészült, amelyek közvetlenül a kikelés előtti állapotban fosszilizálódtak, így a csontváz viszonylag kifejlett állapotban volt. Óriási meglepetésre kiderült, hogy egy ősi gyík embriója rejtőzik a tojásban.

A részletes vizsgálatok szerint a tojások a lábatlangyík-alakúak (*Anguimorpha*) egyik korai faját képviselik. Ebbe a csoportba tartoznak a lábatlan gyíkok, a komodói sárkányok és a kihalt moszaszauruszok. Ez az új lelet jelentősen befolyásolja a gyíkok korai evolúciójával kapcsolatos elméleteket. A gekkók kivételével a ma élő gyíkok lágyhjú tojásokat raknak, míg a thaiföldi leletek egyértelműen kemény, elmeszesedett héjú tojásokra utalnak. Eddig úgy tűnt, hogy a gekkók vezettek be valamilyen evolúciós újítást a gyíkok között, de a jelek szerint éppen ők azok, akik kitarították őseik tojáskelési módszere mellett.

(*PLoS ONE*, 2015. július 15.)

## AZ ÚJ EMBERI ŐS LUCYVEL EGY IDŐBEN ÉLT

Az ember családfája egy új rokonnal bővült. Yohannes Haile-Selassie, a Clevelandi Természettudományi Múzeum kutatója és csapata felfedeztek egy eddig nem ismert, 3,3–3,5 millió évvel ezelőtt élt ősi emberfélé. Az etiópai Afar-régió területén megtalált felső és alsó állkapcsot az új fajnak, az *Australopithecus deyiremedan* tulajdonítják. Ez az emberféle a híres Lucy, azaz az *Australopithecus afarensis* mellett élt. Az új faj megdönthetetlen bizonyítéka annak, hogy 3 millió évet megelőző idő-

szakban egymással közeli rokonságban álló több korai emberi faj létezett egymás mellett.

Az *A. deyiremeda* Lucytól a vastag zománcreteggel bevont fogainak alakja és mérete, valamint az alsó állkapocs robusztus felépítésében különbözik. Először fogai viszonylag kisebbek, ami arra utal, hogy másfajta étrenden élt. Az etiópai maradványokkal bebizonyosodott, hogy legalább két, ha nem három korai emberfaj élt egy időben egymással szoros földrajzi szomszédságban. A kutatók korábban úgy vélték, hogy a 3–4 millió évvel ezelőtti időszakban egyszerre csak egy ősember-típus volt jelen, melyből idővel újabb faj fejlődött ki. Fontos kérdések még válaszra várnak, például az, hogy az egy időben, és azonos földrajzi területen élve a korai emberfélék fajai hogyan osztották fel a területet és a rendelkezésre álló erőforrásokat.

(*sciencedaily.com*, 2015. május 27.)

## ÉTRENDRVÁLTÁS AFRIKÁBAN

Ahogy a fűfélék egyre jobban elterjedtek Afrikában, a legtöbb nagyemlős-csoport erre a táplálékra tért át az utóbbi négy millió év során, bár közben néhány faj kihalt, vagy visszaállt a bokrok, fák leveleinek fogyasztására. Olyan volt ez, mintha egy városban az ember egy teljesen új éttermet kezdene kipróbálni, mondja a kutatás vezetője, Thure Cerling (Utah Egyetem). Szinte az összes növényevő emlős kipróbálta. A folyamat kb. 2 millió éve csúcsosodott ki, de amelyek máig fűevők maradtak, azok a szarvasmarhafélék, a bivaly, a juh, a gnú, és néhány antilopfaj. A jelen nem feltétlenül kulcs a múlt megértéséhez. Napjainkban a elefántok és olyan antilopok, mint a kudu, a nyársas antilop, a víziantilop vegyes táplálékra élnek, aminek többsége azért fű. A fűevő ázsiai elefántok, melyek 2 millió éve még bőséggel éltek Afrikában, ott kipusztultak, de Ázsiában sikeresen túléltek és főleg fűk, bokrok leveleit legelik.

A kenyai Turkana-medencében találták a egyes táplálkozás legnagyobb változottságát a 4,1–2,35 millió év közötti időszakban. Ezt követően, kb. 1 millió évvel ezelőttig sokkal több legelő állat volt, mint manapság. Az utóbbi egymillió év során igen sok fűlegelő állat tért át a lombevésre, vagy csak kihalt.

A mintegy három évtizedes terep munka során kerekén 1800 kelet- és közép-afrikai, ma is élő növényevő szőrét, fogzomancát, csontkollagént vizsgálták meg. A minták múzeumokból, vagy megölt állatok tetejéről származtak. Elemezték továbbá 900 olyan növényevő fogzomancát, amelyek a 4,1 és 1 millió év közötti időszakban éltek. Szénizotóp-vizsgálattal állapították meg,

hogy az illető állatok milyen jellegű táplálkozást folytattak. Az utóbbi 10 millió évben a fűfélék produktivitása hatalmas mértékben nőtt. A növényevők jó része kipróbálta a fűféléket, volt, akiknél bevált, mások vagy visszazoktak a lombevésre, megint mások kihaltak. Ilyen pl. a fűevő zsiráf. A korabeli disznófélék közül egyedül a máig fűevő varacskos disznó maradt fenn.

(*Science Daily*, 2015. augusztus 3.)

## MÉGSEM VOLT ÉRINTETLEN AMAZÓNIA

Az első európaiak, akik behatoltak Amazónia őserdeinek sűrűjébe, városokról, utakról és termőföldekről számoltak be, amiket a nagyobb folyók mentén láttak. Akadt olyan település is, ami csaknem huszonöt kilométer hosszan húzódott háztól házig, írta Gaspar de Carvajal, az egyik konkviztádor krónikása 1542-ben. A földek termékenyek és ugyanolyan kinézetűek, mint Európában, tette hozzá. Az ilyen történeteket sokáig vitatták, vagy csak a fantázia szüleményeinek tartották, nem utolsósorban azért, mert a nyüzsgő városokról soha többé nem írtak, nem beszéltek. Most azonban úgy tűnik, hogy a krónikásnak mégiscsak igaza volt. Mai szemmel nézve az érintetlennek tűnő őserdőket, a vadon teljesen másként nézhetett ki.

Ami ma a Föld legnagyobb trópusi esőerdeje, nagyjából 500 évvel ezelőtt még buzgó emberi tevékenység színhelye volt, legalábbis ezt támasztják alá azok a bizonyítékok, amiket a manausi székhelyű Amazonas-kutató intézet munkatárai tártak fel. Miután feltűntek az európaiak, az őslakókat betegségek és tűzfegyverek kezdték tizedelni, vagy visszavonultak a sűrű vadonba, településeiket pedig visszafoglalta az őserdő. Az utóbbi időkben folyó erdőirtás és a távérzékelés nyomán lassan megmutatkoznak ezeknek a hajdani civilizációknak a nyomai. Kiderült, hogy az 1500-as éveket megelőző időkben a dzsungel egyáltalán nem volt érintetlen. A régészek kiderítették, hogy a folyók mentén csakugyan voltak akár tízezres lélekszámú városok is, ahol intenzív földmunkákat folytattak, utakat, csatornákat építettek, és sokféle növényt termesztettek; maniokát, kukoricát, tököt, és különféle gyümölcsöket. Mi több, még trágyázták is a földeket komposztanyagokkal. Az ilyen „sötét földek” összterülete akár a 150 ezer négyzetkilométert is elérte, de ezeket már régen visszavette az őserdő. Amazóniát az európaiak érkezése előtt becslések szerint mintegy 50 millióan lakták. Az intenzív emberi tevékenység legidősebb nyomait 3000 évesre teszik.

(*New Scientist*, 2015. július 23.)



# Orvosszemmel

## AZ ÉTRENDEN A FOGÁSOK SORRENDJE IS SZÁMÍT

New Yorkban a Weill Cornell Medical College munkacsoportja *Louis Aronne* professzor vezetésével azt tanulmányozta, hogy ugyanazoknak az ételeknek más sorrendben történő fogyasztása milyen módon és mértékben változtatja meg a vércukor- és inzulinszintet. A kutatók hat cukorbeteg nőt és öt férfit vizsgáltak, akik átlagosan  $4,8 \pm 2,4$  éve álltak cukorbetegség miatt kezelés alatt: metformin-terápiát kaptak. Életkoruk  $54 \pm 9$  év volt, testtömegindexük  $32,9 \pm 5$  kg/m<sup>2</sup>. A vizsgálati alanyok ugyanazokat az ételeket



kapták az első vizsgálati napon, majd egy hét múlva is, de már más sorrendben. A diéta élesztővel készülő fehér olasz kenyér, narancslé, csirkemell, fejes saláta és paradicsomsaláta volt sovány salátaöntettel, valamint vajon párolt brokkoli.

A résztvevőktől az első vércukorméréshez reggel, 12 órával az utolsó étkezés után vettek vért. Az első vizsgálati napon először kenyeret és narancslét kaptak a résztvevők, majd 15 perc múlva fehérjét, zöldséget és zsírt. Vércukormérést evés után 30, 60 és 120 perccel végeztek. Egy héttel később az ételsort megfordították: először a fehérjét, a zöldséget és a zsírt tálalták, a szénhidrátot

csak 15 perccel később. Amikor a szénhidrát előtt kapták a vizsgálati alanyok a zöldséget és a fehérjét, a vércukorszint a 30., 60. és 120. percben 29%-kal, 37%-kal, illetve 17%-kal bizonyult alacsonyabbnak ahhoz képest, amikor az ételsor a szénhidráttal indult. Az inzulinszint is rendre alacsonyabb volt, ha a résztvevők zöldséget és fehérjét fogyasztottak először.

Aronne professzor kiemelte: „...ahelyett, hogy azt mondanánk betegeinknek, hogy ezt vagy azt ne egyék, mondjuk a következőt: egyszerűen változtassák meg a fogások sorrendjét, és figyeljék, mennyi inzulinra van így szükségük. Ezzel nagy lépést tehetnek egészségük hosszú távú javítása felé.”

## A SZAPORA SZÍVMŰKÖDÉS MEGJÓSOLJAA CUKORBETEGSÉGET?

A cukorbetegség világszerte az egyik leggyakoribb népbetegség. Az Egyesült Álla-



mokban átlagosan minden tízedik felnőtt cukorbeteg, kezelésük összköltsége meghaladja a 220 milliárd dollárt. Ehhez hozzáadódik még 6,7 millió nem diagnosztizált cukorbeteg, akik nem kapnak terápiát, de szövődményeik költsége a nyilvántartottakénak többszöröse. Korábban a 80 millió diabéteszt kezelő Indiában élt a legtöbb cukorbeteg, de ma már Kína áll az első helyen 92 millió diabéteszessel. Nem véletlen tehát,

hogy a kínai orvosokat is foglalkoztatja a cukorbetegség megelőzésének kérdése.

*Xiang Gao* professzor vezetésével egy kutatócsoport 73 357 kínai felnőtt nyugalmi pulzusszámát és éhomi vércukorszintjét vizsgálta 4 éven keresztül. A szívfrekvencia mérését minden alkalommal ötperces nyugalmi fekvés után készített 12-elvezetéses EKG alapján végezték. A 4 esztendei megfigyelés során 17 463 prediabéteszt és 4649 cukorbetegét találtak.

A 4 év során megvizsgált személyek valamennyien a Kailuan Szénbányák dolgozói voltak, ezért a munkacsoport nem is állítja, hogy ez a csoport a kínai lakosság reprezentatív mintája volna. Adataikat azonban összevetették hét, korábban megjelent dolgozat eredményeivel, melyekben 97 653 férfi és nő szerepelt. Ott is hasonló összefüggés mutatkozott: a gyors szívű emberek a lassúbbhoz viszonyítva 59%-kal gyakrabban bizonyultak cukorbetegnek. Az eredmények és a szakirodalomban észlelt hét, hasonló

eredménnyel járó megfigyelés alapján a kutatók feltételezik, hogy a szaporább pulzussal élőknek nagyobb esélyük van a cukorbetegségre, a prediabéteszre, vagy arra, hogy a prediabétesz tényleges cukorbetegséggé súlyosbodjék, hiszen a tízzel nagyobb perkenkénti pulzusszám 23%-kal növelte a cukorbetegség esélyét. Ez arra utal, hogy a gyorsabb szívfrekvencia megbízható preklínikai jele (markere) vagy kockázati tényezője lehet a diabétesznek. (A marker a kérdéses kórállapotnak nem okozója, csak megjelenésének nagyobb valószínűségét jelzi, hangsúlyozzák a kutatók.)

*Forrás: Weborvos*

## Ajándék CD az októberi számunkban!

Folyóiratunk következő havi számában ajándék CD-vel kedveskedünk olvasóinknak. Az októberi számunkban megtalálhatják az *Európával a világűrben* különszámunk cikkeit tartalmazó CD-t.



# Újracsomagolják az MRI kontrasztanyagát

Beszélgetés Tóth Imre professzorral

A vérszérumban lévő természetes kationok és anionok gyorsíthatják egyes, az MRI-vizsgálatok kontrasztnövelő anyagaként használt nyílt láncú gadolínium-(Gd) alapú komplexek bomlását, s ezzel növelik az erősen toxikus gadolíniumion szervezetben belüli kiszabadulásának esélyét – erre a megállapításra jutott a Debreceni Egyetem Kémia Intézetének Tóth Imre emeritus professzor vezette „Ritka(föld)fém” kutatócsoportja. E tény bizonyítása azért érdemel figyelmet, mert néhány évvel ezelőtt MRI-vizsgálaton átesett páciensek egy kis százalékánál a gadolínium feldúsulásával összefüggésbe hozható új betegséget, az NSF-t (Nephrogenic Systemic Fibrosis) diagnosztizáltak. E betegek szervezetéből sokkal lassabban ürült ki a kontrasztanyag, mint az egészségesekéből. Az is kiderült, hogy akik többször is kaptak egy bizonyos Gd-tartalmú kontrasztanyagot a vizsgálatok során, azoknál gadolínium-dúsulás volt megfigyelhető. Nem meglepő tehát, hogy a Gd-tartalmú kontrasztanyagok iránti bizalom megingott. A debreceni kutatócsoport jelenleg mangán(II)-ionnal folytat kísérleteket a gadolínium kiváltására. Tóth Imre professzort a kutatás eredményeiről kérdeztük.

– A ritkaföldfém-kutatásoknak fél évszázados hagyománya van a Debreceni Egyetemen, a ma is aktívan dolgozó Brücher Ernő professzor kezdte el ezeket a vizsgálatokat az ötvenes évek végén. Célja a radioaktív ritkaföldfém-izotópok elválasztása volt, majd az MRI berobbanásakor, a múlt század hetvenes éveinek végén, ő lett a ritkaföldfém aminopolikarboxilát-komplexek kémiaiájának, mindenekelőtt a bomlás-kinetikájának az egyik legkeresettebb szakértője a világon. Kutatócsoportjuk büszkén vállalja, hogy valamennyien a Bücher-iskola követői, amit az is bizonyít, hogy vizsgálataik középpontjában az MRI-hez kontrasztanyagként használt fémionok állnak. Ezek közül külön figyelmet érdemel a gadolíniumion ( $Gd^{3+}$ ). Milyen tulajdonságai alapján használható kontrasztanyagként ez az ion?

– Az MRI-vizsgálat során háromdimenziós hidrogénképet készítenek a szervezetről. Ez azért lehetséges, mert az élő szervezet, a szövetek nagyon nagy mennyiségű vizet tartalmaznak. A bökkenő csak az, hogy a sejtközi vízből



**„A mangán jelen van az emberi szervezetben, ami rendelkezik azokkal a mechanizmusokkal, amelyekkel el tudja távolítani a mangánból a felesleget, így kisebb a toxicitás veszélye”**

származó jel nem hordoz érdemi anatómiai információt. Ahhoz, hogy a lágy szövetekről az orvos számára használható kép készülhessen, csökkenteni kell a protonok relaxációs idejét, vagyis azt az időtartamot, ami alatt a rendszer visszatér gerjesztett állapotból alapállapotba. Az MRI-kép úgy keletkezik, hogy a minta különböző pontjain eltérő relaxációs időt mérnek. A relaxációs idő csökkentését paramágneses ionokkal – az esetek túlnyomó hányadában  $Gd^{3+}$ -ionnal – érik el. Az ion azért alkalmas arra, hogy az MRI-vizsgálatok kontrasztanyaga legyen, mert ennek a legnagyobb a paramágnesessége, ugyanis hét párosítatlan elektront tartalmaz. Emiatt ragyogó kontrasztnövelő hatása van, ami orvos-diagnosztikai szempontból kiváló tulajdonsága az ionnak. A gond csak az, hogy rendkívül toxikus. Annyira, hogy ha a  $Gd^{3+}$ -ionokat pusztán vízmolekulákkal körbevéve vinnék be a szervezetbe, akkor nagyon jó képet kapnánk ugyan, csak éppen a beteg nem bírná ki a vizsgálatot. A mérgező hatást úgy lehet kiküszöbölni, hogy molekuláris szinten „becsomagoljuk”, komplexbe köt-

jük az iont. Ez a kémikus feladata: olyan fémkötő ligandumot kell szintetizálni, ami megőrzi a kontrasztnövelő hatást, ám a toxicitás minimalizálása érdekében nagy stabilitással köti meg a fémiont. A létrejövő komplex kinetikailag inert kell, hogy legyen. Ez azt jelenti, hogy a molekula bomlása, a  $Gd^{3+}$ -ionok felszabadulása rendkívül lassú, így aztán a kontrasztanyag hamarabb ürül ki a szervezetből, mintsem koncentrációja a toxikus szintet elérhetné.

– Ha a fémion komplexbe zárt, hogyan képes kifejteni kontrasztnövelő hatását?

– Itt a kulcskérdés az, hogy legyen a komplexben úgynevezett belső szférás vízmolekula, ami a paramágneses fémion közelébe kerül, ugyanakkor gyorsan cserélődik a környezetében lévő szöveti vízzel. Egy  $Gd^{3+}$ -ion belső szférájában lévő vízmolekula másodpercenként több mint százezerszer cserél helyet egy oldószer-molekulával, tehát ez rendkívül gyors folyamat, ezért tudja a paramágneses hatást a vízmolekula közvetíteni a szöveti vízhez. Vagyis a belső szférából folyamatosan kilép a víz, és a helyére jön egy másik, harmadik, sokadik. A szöveteket körbe vevő vízből másodpercenként több-százezer vízmolekula fordul meg ennek a paramágneses centrumnak a közelében. A vízcsera sebességét a relaxációs hatás szempontjából optimalizálni kell, nem úgy van, hogy minél gyorsabb, annál jobb. Ez is a kémikus feladata, ezt a sebességet is befolyásolja például a „csomagoló anyag”, a ligandum szerkezete.

– Mennyire tesznek eleget e feltételeknek a gadolínium-tartalmú készítmények?

– A gadolínium-komplexek felezési ideje az emberi szervezetben 1,5 óra, ami azt jelenti, hogy ezen idő alatt a kontrasztanyag fele hagyja el a vesék közreműködésével a szervezetet. Így 5-ször, 6-szor másfél óra, vagyis 9–10 óra alatt maradéktalanul kiürül a kontrasztanyag a szervezetből. Ám sok-sok millióból néhány száz esetben – a nagyon rossz vesefunkciójú betegeknel – ez nem így történik, náluk a kiürülési idő akár negyven óránál is több lehet. Néhány száz esetben azt tapasztalták, hogy a gadolínium kiszabadult a komplexből, s ennek következtében NSF alakult ki. Ez a tény nagymértékben visszavetette a gadolínium-kontrasztanyag vizsgálatokat, megrendült a bizalom. (Sajnos, az újabb



vizsgálatok azt mutatják, hogy az agyban is történhet MRI-vizsgálatokkal összefüggésbe hozható gadolínium-dúsulás.) Ezen előzmények kapcsán vizsgáltuk meg a gadolínium-komplexeket. A vizsgálatok során bizonyítottuk, hogy a forgalomban lévő kontrasztanyagok közül a nyílt láncú ligandumok, mindenekelőtt a dietilén-triamin-pentaacetát (rövidítve a dtpa) egy származékának, a dtpa-bisz-amid ligandumnak a komplexe az, amelynek bomlása a kívánatosnál gyorsabb. Ezzel szemben a makrociklusos, négy nitrogént egy dodekán-gyűrűben és négy karboxilát oldalláncot is tartalmazó DOTA ligandum komplexe nagy stabilitású, nem mutat felgyorsult bomlást a vérben jelenlévő karbonát-, citrát-, foszfát-, kalcium-, réz- vagy cinkionokkal való kölcsönhatás miatt sem. Sajnos egyértelműen kimutatható, hogy a nyílt láncú ligandumok komplexeinek a bomlása a vérérumban jelenlévő természetes ionok hatására jelentősen felgyorsul. Ez azt jelenti, hogy a bomláskinetikai vizsgálatainkkal azt sikerült bizonyítani, hogy a nyílt láncú ligandumok gadolínium-komplexeiből olyan betegeknek, akiknél a rossz vese funkció miatt hosszabb kiürülési idővel kell számolni, nagyobb eséllyel szabadulhat ki a toxikus  $Gd^{3+}$ , mint a makrociklusos változatokból.

– Mennyiben újszerű az önök megközelítése?

– A kontrasztanyagok engedélyezése során mindig nagyon részletes vizsgálatokat végeznek, ám ezek a vizsgálatok eddig nem terjedtek ki a vérérumban található ún. endogén ionok hatásának vizsgálatára olyan szempontból, hogy ezek hogyan befolyásolják a komplexek bomlásának sebességét. Mi ezeket a vizsgálatokat végeztük el.

– Önök nemcsak a gadolínium-komplexei bomláskinetikájával foglalkoznak, hanem azon is gondolkodnak, milyen más fémion helyettesíthetné ezt a ritkaföldfémeket a kontrasztanyagokban. Ennek kapcsán mangánionokkal kísérleteznek. Miért lehet jó jelölt a gadolínium kiváltására a mangán?

– Azért, mert öt párosítatlan elektront tartalmaz. Ez ugyan kevesebb, mint a gadolínium 7 hasonló elektronja, de még mindig nagyon jó paramágnesességet eredményez. Az is mellette szól, hogy esszenciális nyomelem, vagyis jelen van az emberi szervezetben. Ez pedig azt jelenti, hogy a szervezet rendelkezik azokkal a mechanizmusokkal, amelyekkel el tudja távolítani a felesleget. Így kisebb a

toxicitás veszélye. A mangán mellett szóba jöhet például két vasion, a  $Fe^{2+}$  vagy a  $Fe^{3+}$  is. Ezekkel is folynak kutatások, de mi főleg a  $Mn^{2+}$ -vel dolgozunk, aminek az is oka, hogy a gadolínium(III)-komplexekkel szerzett tapasztalataink itt bizonyos részben felhasználhatók. Persze nem lehet úgy mangán-komplexet szintetizálni, hogy egy az egyben úgy járunk el, mint a gadolínium esetében, hiszen az előbbi átmeneti fém, míg az utóbbi ritkaföldfém, így számos tulajdonságuk nagyon különböző. Nemcsak a paramágnesesség mértékében térnek el egymástól, hanem a „csomagolásukhoz” szükséges ligandumokban



MR-készülék

is. További gond, hogy a  $Mn^{2+}$  oxidatív közegben könnyen  $Mn^{3+}$ -á oxidálódik, és ez utóbbi ion már lényegesen kisebb paramágnesességgel rendelkezik, ami azzal jár, hogy elvész a kontraszt-növelő hatás. Mivel a Gd 8-as, 9-es koordinációs számmal rendelkezik (azaz ennyi atom kerülhet a belső szférájába), viszonylag egyszerű megoldani, hogy vízmolekula is legyen a komplexben. Ez a  $Mn^{2+}$ -nél csak 6–7, így a vízmolekula „benntartása” sokkal nehezebb. A mangán javára írható viszont, hogy sokkal olcsóbb, és könnyebben hozzáférhető, mint a gadolínium. Itt jegyezném meg, hogy a ritkaföldfémek alkalmazásának jövőjét számottevően veszélyezteteti Kína monopolhelyezete. Kína ugyanis stratégiai nyersanyagnak tekinti a ritkaföldfémeket, és az utóbbi időben lényegesen csökkentette az eladott mennyiséget. Mangán viszont nemcsak Kínában van, hanem a világon szinte mindenhol. (Magyarországon például Úrkút környékén található nagymennyiségű mangán-karbonát.) Vagyis ez a fém nagyon

könnyen hozzáférhető, ez is potenciális előny akkor, amikor az optimális kontrasztanyagot keressük a tömegesen végzendő vizsgálatokhoz. Csoportunk most új ligandumokat szintetizál, olyanokat, amelyek képesek a már körülírt kívánalmaknak megfelelően komplexben tartani az  $Mn^{2+}$ -t és a kontraszt-növelő hatásuk is jó. Vizsgáljuk az új komplexek stabilitását, képződés-, és bomláskinetikáját, szerkezetét. Ezeket az ismereteket használjuk a várakozásaink szerint egyre jobb, újabb és újabb generációs mangán-kontrasztanyagok fejlesztéséhez.

– Van már kész kontrasztanyaguk, amit érdemes kísérleti állatokon kipróbálni?

– Igen, sőt egy vegyületcsaládot most szabadalmaztatunk, a szabadalmi eljárás február elején indult. A szabadalmi oldalon alá helyezett anyagok ciklohexán gyűrűt tartalmazó etilén-diamin-tetra-acetát analógok. Ez valójában egy merevített vázú ligandum. Vizsgálataink során ugyanis azt tapasztaltuk, hogy a ligandum vázának merevítése lassítja a bomlást. Ha pusztán etilén-diamin a váza a tetra-acetát-származék, nagyon flexibilis molekulát kapok, de ha ciklohexán gyűrűbe van foglalva, akkor egy lényegesen merevebb molekula jön létre. Ez pedig a komplex inertségének növelése szempontjából rendkívül kedvező tulajdonság. Természetesen nemcsak ez az egy módja van a molekuláris szintű

„merevítésnek”, ezért több anyagot szintetizáltunk és vizsgáltunk meg. Ezek egy részéről azt is be tudtuk bizonyítani, hogy lényegesen jobb a relaxivitásuk, a kontraszt-növelő hatásuk, mint az eddig ismert egyéb mangán-komplexeké.

– Milyen a vízcseré sebessége a mangánkomplexei esetében?

– A mangán-komplexei is nagyon gyors, az optimális vízcseré-sebesség más, mint a gadolínium-komplexei esetében. Ennek beállítása, egyáltalán a víztartalom biztosítása a mangán-komplexei szintetizálásának az egyik legkényesebb pontja. Ha a kötőerősség növelése érdekében túlzottan megnöveljük a ligandum kötőatomjainak, a donatoratomoknak a számát, akkor ezek elfoglalhatják az összes vízmolekula helyét. Márpedig, ha nincs vízmolekula, akkor kontrasztos kép sincsen. A komplexeknek amellet, hogy tartalmazniuk kell a vízmolekulát, nagyon jó vízdoldhatósággal is rendelkezniük kell, mert csak az ilyen tulajdonságú oldatot tudjuk könnyen bejuttatni a véráramba.

– Újabbban kezd kialakulni egy olyan komplex kutatási, gyógyítási, diagnosztikai, klinikai szakma, amit teragnosztikaként szokás emlegetni. Mennyiben van köze az önök kutatásának az ezt jellemző újszerű szemlélethez?

– A fémionokat kötő ligandumok alapvetően hasonlóak, akár mangánt hordoznak, akár gadólińiumot, akár valamilyen radioaktív fém izotópját kívánják célba juttatni velük. A teragnosztikai szemlélet a mi esetünkben azt jelenti, hogy olyan vegyületpárt szintetizálunk, aminek liganduma azonos, a hordozott fémion azonban különböző. Erre a molekulára akaszthatunk még olyan célba juttató vektort – antitestet, peptidet –, amely szelektíven oda viszi a molekulát, ahol az orvos vizsgálni, gyógyítani akar. Nagyon sok rákos szövet bizonyos molekulákból túltermel, ezeknek a felületén ezek a molekulák sokkal nagyobb koncentrációban vannak jelen, mint az egészséges sejtek közelében. Ha egy olyan vektormolekulát kötünk a fémkomplexünkre, amelyik megkeresi ezeket a biomolekulákat, akkor célba tudjuk juttatni azokat. Vegyületpárunk egyikével – például egy mangán-tartalmúval – fel lehet deríteni a kisméretű daganat helyét a szervezetben, és egyúttal ki lehet próbálni, valóban célba viszi-e a ligandum a fémiont. Majd ugyanezzel a ligandummal be lehet küldeni a szervezetbe például egy béta-sugárzó izotópot, amivel szelektív molekuláris sugárterápiát lehet végezni. Ennek nagy előnye, hogy a daganat roncsolását végző sugárzás nem a bőrön keresztül jut a szervezetbe, nem pusztít el egészséges szöveteket út közben. További előny, hogy a radioizotópot aszerint lehet megválasztani, hogy mekkora tumort kell elpusztítani: amíg nagyobb a tumor, nagyobb hatósugarú izotóp adható, utána pedig kisebb hatósugarú is elég. Ez már nem csak sci-fi, napi valóság kezd lenni. Mi ugyan nem dolgozunk radioizotópokkal, csak stabilisakkal, de például az egyre divatosabbá váló gallium-68 PET-vizsgálatokhoz a szükséges háttérvizsgálatokat el tudjuk végezni nem sugárzó izotópokkal is. (Van viszont kutatási célú Ga-68 generátor az egyetem orvosi karán.) Meg tudjuk nézni ezen komplexek stabilitását, képződéskinetikáját, szerkezetét. Mindezzel segíteni tudjuk a radiokémikust abban, hogy mindezt a sugárzó izotóppal gyorsan és hatékonyan meg tudja csinálni. A ligandum képződésének kinetikája ugyanis a rövid felezési idejű sugárzó izotópok használhatóságának egyik kulcskérdése, így folyamatos vizsgálódást, kutatást igényel.

Az interjút készítette: DOMBI MARGIT

## A gyulafehérvári csillagda asztronómusai

Andrássy István és Mártonfi József  
évfordulójára

A történelmi és szakrális szempontból is fontos erdélyi nagyvárosról, Gyulafehérvárról szólva nem feledkezhetünk meg a tudományos vonatkozásokról: 1794-ben a híres-neves egyházi bibliotéka, a *Batthyáneum* tetején csillagvizsgáló létesült.

*Batthyány Ignác* még kanonokként és nagyprépostként szemtanúja volt az *Eszterházy Károly* egri főpap által megálmodott csillagásztorony, a *Specula 1776*. évi felépítésének és berendezésének. *Mártonfi József* később erdélyi püspök 1781-ben tett javaslatot *Batthyánnak*, hogy tudós társaság alapítása helyett (*Hell Miksa* példáját követve) konkrét lépéseket csillagvizsgáló létesítése ügyében tegyen. *Batthyánnak* 1792-ben, immáron erdélyi püspökként sikerült megszereznie a katonai kezelésben levő egykori trinitárius templomot és zárdapületelet. A zárdát papi szemináriummá alakította, az istenházának pedig könyvtári funkciót adott. Ennek tetején a bécsi egyetemi csillagvizsgáló hírneves magyar asztronómusának, a magyarországi obszervatóriumok létesítésében kulcsszerepet játszó *Hell Miksának* a segítségével megszületett a gyulafehérvári csillagvizsgáló.

Az előrelátó püspök a tudományos intézmény asztronómusát, *Mártonfi (Mártonffy) Antalt* (1740 és 1750 között – 1799. november 19.) már évekkel korábban, 1788-ban Bécsbe küldte, ahol *Hell* szárnyai alatt alapos matematikai és csillagászati ismeretekre tett szert. Maga az épületegyüttes három fő részből állt. Az alsó szinten helyezkedett el a könyvnyomda és a műhelyek, és itt tárolták a matematikai és természettudományi vonatkozású eszközöket. A középső traktus volt a könyvtár, a *Batthyáneum*, mely számtalan értékes csillagászati kötetet is tartalmazott, de ez az emelet adott otthont a csillagász szolgálati lakásának is. Az obszervatóriumot az egykori templom párkányzata fölé emelték. Az épület dór oszlopos homlokzatának keleti

és nyugati oldalán két kisebb torony állt. A műszerek egy részét itt, a többi a csillagda termeiben állították fel. A megfigyelések során kinyitották a termék fa zsalugátereit és méretes ablakait. A belső teret márvánnyal borították és gazdagon díszítették. A falakra dekoratív keretekben ókori természetűdősök portréit festették, a csillagászat XVI–XVII. századi forradalmának főszereplőit, *Kopernikuszt*, *Keplert* és *Tycho Brahét* mellszobrok formájában ábrázolták. A középső nagyterem freskói a csillagászzal összefüggő tudományokat, a kronológiát, a geográfiát, a geometriát, a náutikát, az optikát – az ekkor már egyértelműen az áltudományok közé sorolt – asztrológiát, a meteorológiát, vala-



A gyulafehérvári csillagda (A szerző felvétele)

mint az architektúrát szimbolizálták. A csillagvizsgáló épületében volt meridiánvonal és camera obscura, azaz sötétkamra. A műszerek listáján lencsés és tükrös távcsövek, meridiánkör, kvadráns, héliométer, nap- és egyéb óraszerkezetek, valamint különböző meteorológiai eszközök, hőmérő, barométer, higrométer szerepeltek.

A gyulafehérvári csillagda működésének első időszaka – sajnálatos módon – igen rövid volt. *Mártonfi Antal* ugyanis a tényleges égboltmegfigyelések megkezdésekor, 1799-ben hirtelen elhunyt. Utódja nem volt, így a tudományos kutatások érdemben nem indulhattak meg. Mindehhez hozzájárult az a tény,



hogy egy esztendővel korábban Batthyány Ignác püspök is távozott az élők sorából, így (első) bőkezű tudománypártoló mecénását elvesztette az intézmény. Az utókor szerencséjére a csillagász-kanonok Mártonfi Antal még 1798-ban papírra vetett művében (*Initia astronomica speculae Batthyianianae*



Mártonfi József

*Albensis in Transilvania*) részletesen leírta az obszervatórium létrehozásának körülményeit, annak építészeti kialakítását és berendezését, és a korszak legmagasabb szintjén álló műszerezettségeket.

Antal testvérét, Mártonfi (Mártonffy) Józsefet 1746. január 15-én a Csík széki Csíkszentkirályon keresztelték meg (a dátum a kor szokásainak megfelelően vélhetően azonos a születés időpontjával). A korán árvaságra jutott tehetséges ifjú a csíksomlyói ferenceseknél és a kolozsvári a jezsuitáknál tanult. Immáron jezsuita tanárként Budán, Bécsben, Kolozsváron (itt már természettudományos tárgyat, mennyiségtant) oktatott. Az egyházi ranglétrán folyamatosan emelkedett: az erdélyi katolikus nevelő- és tanintézetek igazgatója, kanonok, majd 1799-től erdélyi püspök. Az asztronómiát négy esztendőn keresztül Bécsben tanulta. Jelentős szerepe volt az 1805-ben felépült (új) kolozsvári csillagvizsgáló történetében: finanszírozta az építést, saját költségén felszereltette, gondoskodott fenntartásáról és hagyatékának egy része erre fordítódott. Kolozsváron maga is végzett észleléseket, valamint a gyulafehérvári intézet műszereket kölcsönzött erdélyi társintézménynek. A gyulafehérvári csillagda második időszakát az ő támogatói tevékenysége határozta meg: megőrizte eszközeinek állagát, komoly szerepet vállalt az épületfenntartásban (például jelentős summát költött az épület tetőszerke-

zetének javítására). Mártonfi József püspök pontosan kétszáz esztendeje, 1815. március 3-án Gyulafehérváron hunyt el.

Az obszervatórium XIX. század közepe időszakát a 125 esztendeje elhunyt *Andrássy István* kanonok neve fémjelezte. 1802. november 25-én az egykori Udvarhely széki Lövétén született. A középiskolát a székelyudvarhelyi katolikus főgimnáziumban végezte, teológiát Gyulafehérváron tanult, majd a bécsi papnevelő intézetben, a Pázmáneumban képezte tovább magát. Pályáját a gyulafehérvári líceum tanáraként kezdte, erdélyi állomáshegyeken káplánként és plébánosként szolgált, de volt könyvtáros is. Az égboltra nem csak laikusként tekintett. 1848–1849-ben Budán, valamint Bécsben tanult asztronómiát. A ranglétrán előlépve 1850 és 1860 között ő töltötte be a Batthyáneum igazgatói posztját. 1851-től az obszervatórium csillagász-kanonokjaként végzett tudományos munkát. Bár az elavulttá vált csillagda szakmai nivójában ekkor sem következett be érdemi emelkedés, az eszközök állagmegóvása, az idő- és meteorológiai mérések a kialakult helyzet ismeretében már önmagukban is öröndetesnek nevezhetőek. *Andrássy István*, 1890. január 5-én Gyulafehérváron címzetes apátként halt meg.

A csillagda épülete ma is áll. Dacol az idővel. Tetején jól látható az asztronómia görög istennőjének, *Uránianak* címzett felirat. A napisajtóból is jól ismert, évtizedek óta tisztázatlan tulajdonjogi viszonyok, tulajdonjogi viták nemzetközi szintű bírósági döntéseket generáltak. Mindeközben a Batthyáneum el van zárva a látogatók elől. A könyvtárban csak kutatók munkálkodnak, banolyolt engedélyezési procedúra után bejutva. Reméljük, ha nem is tudományos kutatóközpontként, de az egi obszervatóriumhoz hasonló műemlékcsillagvizsgálóként a gyulafehérvári obszervatórium is megnyílna egyszer a nagyközönség számára.

REZSABEK NÁNDOR

## Irodalom

- Vass József: Mártonfi József. In: Vasárnapi Újság 1858. febr. 21. pp. 85–86.  
 Az egi püspöki líceumi és a gyulafehérvári püspöki csillagvizsgálók. In: Kelényi B. Ottó: A magyar csillagászat története. Budapest, 1930. Stephaneum nyomda r. t. pp. 16–22.  
 A kolozsvári és gyulafehérvári csillagda kapcsolata. In: Heinrich László: Az első kolozsvári csillagda. Bukarest, 1978. Kriterion Könyvkiadó. pp. 76–78.  
 Rezsabek Nándor: A gyulafehérvári csillagvizsgáló. In: Keresztény Élet 2009. szept. 27. p. 9.  
*Andrássy István; Mártonfi Antal; Mártonfi József (csík-mindszenti)*. In: Szinyei József: Magyar írók élete és munkái. <http://mek.oszk.hu/03600/03630/html/index.htm>  
*Andrássy István, Andrásfi; Mártonfi Antal; Mártonfi József, csík-mindszenti, SJ*. In: Magyar katolikus lexikon. <http://lexikon.katolikus.hu>

## E számunk szerzői

DR. BENCZE GYULA, a fizikai tudomány doktora, Budapest; DR. BOTH ELŐD csillagász, Budapest; DR. DREXLER ANDRÁS, Magyarország kubai nagykövete, Havanna, Kuba; DOMBI MARGIT tudományos újságíró, Debrecen; FARKAS CSABA újságíró, Szeged; DR. GÖMÖRI ANDRÁS, egyetemi docens, Budapesti Corvinus Egyetem, Közgazdaságtudományi Kar, Budapest; DR. KÉRI ANDRÁS főiskolai docens, Budapesti Gazdasági Főiskola, Budapest; DR. LENTE GÁBOR egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Kémiai Intézet, Debrecen; KERESZTURI ÁKOS PhD, tudományos munkatárs, MTA CSFK Asztrofizikai és Geokémiai Laboratórium, Budapest; DR. MATOS LAJOS szivgyógyász, Szent János Kórház, Budapest; NAGY JENŐ biológus, MTA-ELTE-MTM Ökológiai Kutatócsoport, Budapest; PÁTKAI ZSOLT meteorológus, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest; REZSABEK NÁNDOR tudománytörténeti szakíró, Budapest; DR. SZERÉNYI GÁBOR ny. gimnáziumi tanár, Érd; DR. TURCSÁNYI GÁBOR Pro Natura Díjas botanikus, növényökológus, a Szent István Egyetem természetvédelmi alapszakának ny. vezetője, Budapest; DR. VENETIANER PÁL akadémikus, MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Biokémiai Intézet, Szeged.

## Októberi számunkból

*Bencze Gyula*: Egyedül három test ellen. Beszélgetés *Ludvig Dmitrijevic Fagyejev* akadémikussal  
*Gulyás László*: Molekuláris ütközések dinamikája  
*Gecse Zsuzsanna*: A borsodi barna szén, és ami mögötte van  
*Szigeti Krisztián–Osváth Szabolcs*: A kinetikus képalkotás és a röntgen forradalma  
*Tömpe Péter*: Uroszkópia. Labordiagnosztikai módszerek régen és ma  
*Németh Géza*: Búcsú Afrikától  
*Fehér Dóra–Jordán Ferenc*: Cápák a rendszerben  
*Abonyi Iván*: Az atombomba története

# Tudósok és (vagy) celebek?

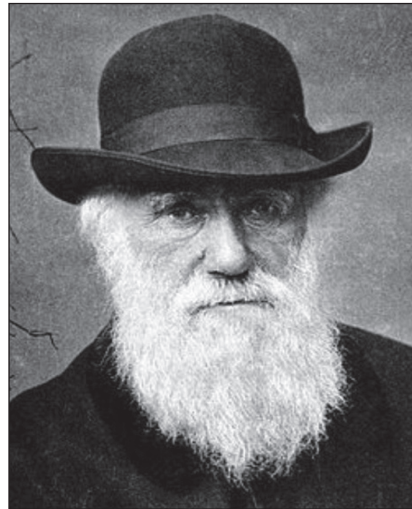
A *Skeptical Inquirer* magazin „*A Brief History of Scientific Celebrity*” (A tudományos híresség rövid története) címmel érdekes cikket közöl Declan Fahy tollából. A szerző a washingtoni American University Kommunikációs Tanszékének tanára, aki a Dublin City Egyetemen szerzett doktori fokozatot kommunikációelméletből. Első könyve, a „*The New Celebrity Scientists: Out of the Lab and into the Limelight*” (Rowman & Littlefield, Lanhan, MD and London, UK, 2015.), nemrég jelent meg. Ebből válogatott össze szemelvényeket a *Skeptical Inquirer* számára Declan Fahy.

A cikk a következő kijelentéssel indul: „*A tudományt egy maroknyi, érthetően fogalmazó, a médiát jól ismerő tudós személyesíti meg, akik új gondolkodásra ösztönöznek, tudományos vitákat vezetnek, a nagyközönség ismereteit bővítik, társadalmi reakciót mozgósítanak, és alakítják a véleményeket. Milliók számára ezek a tudományos hírességek (celebek) jelenítik meg a tudomány arculatát.*”

A tudósok közül az első igazi híresség Charles Darwin volt, akinek *A fajok ere-*

vá eljutott, gyűjtötte a róla szóló verseket, dalokat és egyéb megnyilvánulásokat. Hírneve ezért bejárta a társadalmat. Az evolúcióval kapcsolatban feltétlenül meg kell még említeni, hogy az anglikán egyház hevesen bírálta és elutasította Darwin fő művét, azonban mintegy kétszáz évvel születése után, 2008. szeptember 14-én kiadott nyilatkozatában azért (utólag) bocsánatot kért tőle!

Ahogy Fahy fogalmaz: „*A nagy természettudós megmutatta, hogy a hírnév, a tartós hírnév, soha nem csupán a nagy eredmények elkerülhetetlen következménye, még ha olyan megrázkódtató is, mint A fajok eredete. A világnak tudnia is kell az eredményről...*”



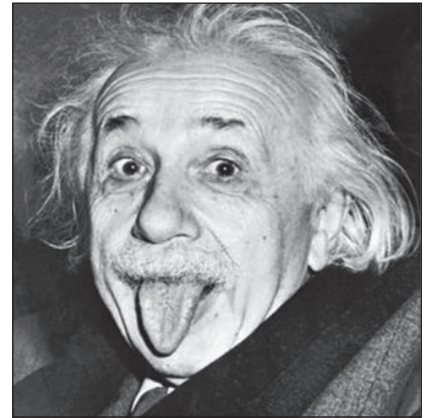
Charles Darwin

*Ez sehol nem látható olyan világosan, mint a huszadik század legikonikusabb tudósa, Albert Einstein fizikus esetében. A tömeges kultúrájában ő személyesítette meg a tudományt, és az elme határtalan hatalmának globális szimbólumává vált.*”

Einstein valóban igazi médiasztár lett, de különösen akkor került a figyelem középpontjába, amikor 1921-ben az Egyesült Államokba látogatott. Abraham Pais tudománytörténész, Einstein korábbi kollégája szerint „*Einstein, minden idők legjobb tudományának létrehozója saját személyében is a média kreációja, amennyiben ő már közszereplő és az is marad*”. Híres, nyelvtöltető fénycépe ma már sok fiatal pólólingét díszíti!

Mióta a XX. század elején Einstein behatolt a popkultúrába, a tömegmédiá drámai módon kiterjeszkedett.

„*A század elején a média volt a közélet középpontja, és óriási volt a hatalma. A legtöbb felnőtt számára a média volt a tudománnyal kapcsolatos legtöbb elgondolásnak és információknak a forrása. A*

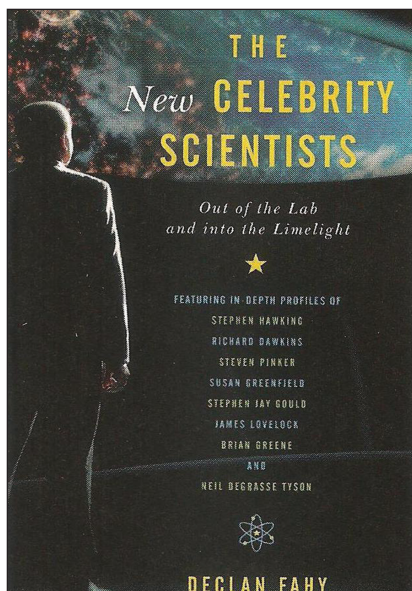


Albert Einstein

*média számtalan formában terjesztette az információt, alakította a közvéleményt, megmutatta, hogyan működik a világ, hogyan lehet a világról élményt szerezni, hogyan szerveződik a társadalom, és mindezeket a témákat hogyan kell szemlélni és megérteni.*”

A média az egyénekre összpontosított, és kialakult a tudós egy új típusa, a médiahíresség! Ezek a tudósok felkeltették az emberek figyelmét, és a társadalom számára a tudomány szószólói lettek. A hírnevük azonban nemcsak a közvélemény előtt tette őket celebritássá, hanem a tudományos közösségen belül is „*hatalmat adott nekik*”. Mivel személyiségükkel képesek voltak mind a közvéleményt, mind pedig tudományos kutatás egyes részleteit befolyásolni, ezért valójában a tudományos hírességek egy új tudományos elitet alkotnak. Ez azonban sok esetben feszültségek forrása lett a tudományos közösségen belül, akik nem nézték jó szemmel a „*mediatudósok*” szárnyalását.

Erre jó példa *Carl Sagan* bolygókutató esete, aki az 1970-es években vált a legjobban ismert tudóssá. Vonzó külsejű, „*telegén*” személy volt, aki a képernyőhöz szegezte a nagyközönséget. A 70-es évek végére már ismert személyiséggé vált mint tudományos ismeretterjesztő művek Pulitzer-díjas szerzője. A televízióban a Johnny Carson showban nézők százez-



Declan Fahy könyve

dete c. munkája, amelyben az evolúció elméletét megalapozta, igen gyorsan eljutott a társadalom szinte minden rétegéhez. Ő maga is sokat tett azért, hogy „*hírességgé*” váljon, sokszorosított fényképe mindenho-



reit ismertette meg a csillagászat rejtelmivel. Nem véletlenül kapta a sajtótól a „tudomány mutatványosa (showman of science)” vagy az „ismeretterjesztők hercege (prince of popularizers)” beceneveket. Népszerűsége természetesen sokmillió dolláros bevételhez is juttatta életrajzírói szerint. Az emberek ámulattal figyelték sárga Porsche 914 márkájú gépkocsiját, amelynek rendszámabláján a PHOBOS név, a Mars egyik holdjának neve szerepelt. A stúdiót sokszor izgatott nők rohmozták meg, akik mind őt akarták látni, és bárhová ment, aláíráskérők serege vette körül. Nincs más modern tudós, aki ilyen gazdagságra, hírnévre és ismertségre tett volna szert!

Ez a hírnév azonban sokat ártott is neki. A tekintélyes Harvard Egyetem megtagadta tőle a „tenure”-t, azaz az életre szóló professzori kinevezést, amit csak kiemelkedő tudósok kaphatnak meg. Az Amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia (National Academy of Sciences) pedig nem volt hajlandó tagjává választani. A jelöléseket elbíráló tudósok szerint ő nem igazi tudós, csak tudománynépszerűsítő, aki több időt tölt a Tonight Show stúdiójában való szerepléssel, mint a bolygók megfigyelésével. Egyesek szerint ez a döntés némileg igazságtalan, mivel tévésztársága előtt Sagan valódi tudományos tevékenységet folytatott.



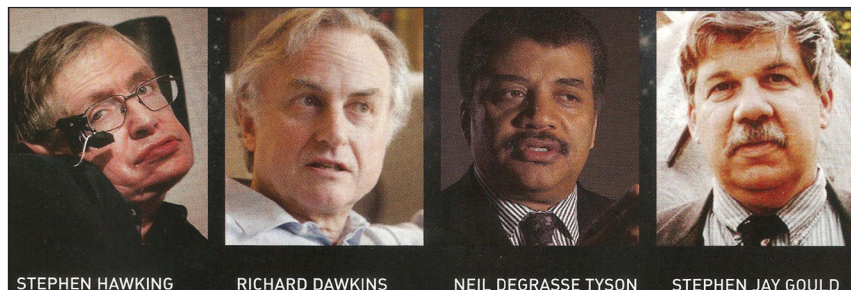
Carl Sagan és Johnny Carson

Ezt a jelenséget Michael Shermer tudománytörténész és ismeretterjesztő „Sagan-effektusnak” nevezte el, amikor egy tudós médiahirnévének nagysága fordított arányban áll tudományos munkásságának minőségével.

Mióta 1996-ban Sagan elhunyt, a tudósokat a média a hírességek szokásos nyelvi fordulataival jellemzi. 1997-ben a *Vogue* magazin kijelentette, hogy „a komoly tudomány elragadó lett”, a *Current Biology* folyóirat szerint a tudósokat „stílusos és szexi” egyéneknek ábrázolják. Az *Independent* véleménye szerint a XXI. század fordulójára a tudományt már „médiá-szupersztárok uralják”. Eb-

ben a kulturális légkörben, ahol a hírnév kulturális valutává válik, amerikai és brit tudósok egy maroknyi csoportja uralja a tudományról kialakított közvéleményt, bestseller ismeretterjesztő műveket publikál, ezoterikus témákról, mint pl. kvantumfizika, szóló könyvekre hat számjegyű előlegeket kapnak, tévés showműsorok rendszeres szereplői, magazinok oldalain szerepelnek fényképek és esetenként már a parlamentben is lobbiznak. Ilyen tudományos sztárokkal foglalkozik Fahy új könyve, akár itt érdemes egy rövid listát bemutatni:

*Stephen Hawking* kozmológus, aki az 1988-ban publikált, *Az idő rövid története*



c. könyve megjelenésével a kozmológia ismereteit olvasók millióihoz juttatta le, a róla szóló *A mindenség elmélete* c. film pedig világszerte ismertté tette.

*Richard Dawkins* tudományos ismeretterjesztő, aki műveivel elnyerte az „Evolúció professzor” becenevet, az evolúció lelkes népszerűsítője, és a vallás könyörtelen kritikusa.

*Neil deGrasse Tyson*, a New York-i Hayden Planetárium igazgatója, aki gyakorlatilag átvette Sagan örökségét, az Egyesült Államok tudományának és úrkutatásának nem hivatalos (kéretlen) szövegírója, a közvélemény egyik formálója.

lógia professzora. Kutatási területe a pszicholingvisztika és a tudat.

*Brian Greene* elméleti fizikus, a húr-elmélet egyik népszerű képviselője, aki egyformán képes a tudományos körökben és a nagyközönség előtt is érdeklődést kiváltani, akinek tudománynépszerűsítő tevékenysége nem hatott hátrányosan tudományos státuszára.

*Susan Greenfield*, a Lincoln College, Oxford szinaptikus gyógyszerész professzora, tudományos ismeretterjesztő tevékenységéért nemesi címet (baronet) kapott 2001-ben, és ennek köszönhetően a brit Lordok Háza tagja. 2006 óta az edinburgh-i Heriot-Watt Egyetem

kancellárja. Fő kutatási területe az agy fiziológiája. Főképpen ismeretterjesztő tevékenysége miatt ismert, beceneve a „miniszoknyás médiasztár”. Egyik nagyvitatott kiváltó kijelentése, ami hozzájárult hírnevének kialakulásához: „*A technikai fejlődés mellékhatásaként a gyerekeknek egy olyan nemzedéke jön létre, akik képtelenek önállóan gondolkodni, és együtt érezni másokkal.*”

*James Lovelock*, a Gaia elmélet megalkotója, független tudós, „a környezetvédelmi mozgalom intellektuális guruja”, aki a globális felmelegedést sokkal nagyobb veszélynek tekinti, mint más tudósok.



*Stephen Jay Gould* (1941–2002), néhai paleontológus, evolúcióbíológus és tudománytörténész, az evolúció elméletének népszerűsítője, a kreacionizmus elleni küzdelem élharcosa, aki megpróbálta a vallást és tudományt kibékíteni.

*Steven Pinker*, a „rock and roll külső tudós hosszú göndör hajjal és cowboyizmával”, kognitív pszichológusa, a Harvard Egyetem pszicho-

A fenti rövid lista valóban elgondolkodtató, és elkerülhetetlen a kérdés, kik is ők: celebek vagy tudósok? Az már csak szükségszerű következmény, hogy azonnal az is felmerül: hazánkban vannak-e és kik azok a celeb tudósok, akik a közvélemény előtt a tudomány (médiá által kiválasztott) képviselői?

Öszeállította: BENCZE GYULA

# Védett recésszárnyúak

A Földünket benépesítő rovarvilág az evolúció sikertörténetének – szó szerint is érthető – kézzelfogható bizonyítéka. A több milliós fajszámot felvonultató rendkívül formagazdag csoport nem hiányzik egyetlen szárazföldi és édesvízi ökológiai rendszerből sem. Vannak (legalábbis hallomásból) mindenki által ismert csoportjaik, ilyenek a bogarak, a lepkék, a hártýásszárnyúak (darazsak, méhek, hangyák) vagy a kétszárnyúak (legyek, bögölyök szúnyogok). Ezek gyakran felkeltik az amatőr gyűjtők érdeklődését is, és a nemzetközi rovarbörzék kedvelt és keresett „áruí”. Ugyanakkor a csoportok között akadnak olyanok is, amelyek a rovarvilág számkivetettjeinek tekinthetők. Ezek általában aprók vagy közepes méretűek, vagy ha nagyobbak is, nem feltűnők, rejtett életmódot folytatnak, ezért ritkán kerülnek a szemünk elé. Kevés kutató foglalkozik velük, a nagyközönség pedig alig vagy egyáltalán nem hallott róluk.

Hazai gerinctelen faunánk egyik ilyen csoportja a régebben egy rendbe összegyűj-



A kétszínű fogólábú fátyolka éjjel aktív

Ennek ellenére még így is többféle fejlődési irányt mutató rovarcsoportok maradtak egyben, míg nem az 1900-as évek második felére a maradék recésszárnyúakat is három azonos taxonómiai értékű kategóriára osztották fel: a vízfátyolkák (Megaloptera), a tevenyakú fátyolkák (Raphidioptera) és a recésszárnyú fátyolkák (Neuroptera – más irodalomban Planipennia) rendjeire. A védett állatfajok listáját tartalmazó 13/2001. (V. 9.) KÖM rendeletben ebből a csoportból ma már 17 fajt találunk.

A vízfátyolkák törekeny testű, sötét tónusú rovarok. Két pár nagy felületű hártýás szárnyuk sűrűn erezett, ez biztosítja a repüléshez szükséges merevséget. Lárvaik két évig vízben fejlődnek. Egyedfejlődésük teljes átalakulás, bábjuk szabad báb. Hazánkban mindössze négy fajuk él, közülük egyik sem védett. Leggyakoribb képviselőjük a barna vízfátyolka (*Sialis flavilatera*), amely hazai vizeink mellett, elsősorban patakpartokon sokfelé előfordul. Májustól nyár derekájig repül.

A tevenyakú fátyolkák – vagy röviden csak tevenyakúak – nevüket az imágók erőteljesen megnyúlt első torszelvényéről kapták. Két pár szárnyuk a vízfátyolkákhoz hasonlóan igen sűrűn erezett, egyforma nagyságú, azonban világos. Mind a lárvaik, mind a kifejlett rovarok ragadozók, kisebb rovarokra vadásznak a fák és a bokrok ágain, levelein. A hazánkban fellelhető 14 tevenyakú fátyolkafaj közül csak egy védett, A déli kurta-tevenyakú (*Inocellia braueri*) fátyolka. Mediterrán elterjedésű, amely a Kárpát-medencében is előfordul. Nagyobb erdők lakója, június-júliusban rajzik. A gyakoribb rokon fajoktól jellemző világos fej- és tormintázata alapján különíthető el.

A recésszárnyú fátyolkák a legnépesebb csoport a három rend közül. A Magyarországon honos fajok száma eléri a százötzet. Ebből 3 áll törvényes védelem alatt. Közülük az önálló családba sorolt fogólábú fátyolkák mindhárom hazánkban élő képviselője: a kétszínű fogólábú fátyolka (*Mantispa styriaca*), a füstösszárnyú fogólábú fátyolka (*M. perla*), valamint a mediterrán fogólábú fátyolka (*M. aphavexelle*) a listán szerepel. A csoport jellegzetessége, hogy első pár lábuk az imádkozósáská (*Mantis religiosa*) vagy a botpoloska (*Ranatra linearis*) első lábaihoz hasonlóan fogólábbá módosult, és a zsákmányszerzés eszköze lett. Ebből következik, hogy az imágók ragadozók. Meglehetősen falánkak, meleg erdők tisztásainak szegélyfáin üldögélve várják az arra tévedő, náluk is kisebb rovarokat, és ha valamelyik a közelükbe kerül, villámgyors mozdulattal csapnak le rá. Főleg alkonyatkor aktívak. Jól repülnek, de leginkább csak párkeresés céljából kelnek szárnyra. Éjszaka a mesterséges fényforrások erősen vonzzák őket, ezért ahol élnek, a rovarászok fénycsapdáinak állandó vendé-



A kétszínű fogólábú fátyolka élőhelye a Vértesben

tött recésszárnyúak (Neuroptera) társasága. A név Linnétől származik, aki a *Systema Naturae* 1758-as kiadásában először alkalmazta ezt az elnevezést. Igaz, egy kalap alá vett minden olyan – a mai ismereteink szerint – egymástól fejlődéstaniilag messze álló rovarcsoportot, amelyeknek két pár sűrűn erezett hártýás szárnya van. Így nála még ebben szerepeltek például a kérészek, a szitakötők, az álkérészek és a tegzesek is. Később tisztult a recésszárnyúak köre, kikerültek belőle az ősi felépítést mutató kérészek és „álrecésszárnyúak” néven a szitakötők, később az álkérészek, majd a lepkékkel rokonságot mutató tegzesek is.



Rozsdás hangyaleső

gei. Ritkaságuk a lárvaik életmódjával is összefügg, azok ugyanis a farkaspókok (*Lycosa*) parazitái. A lerakott tojásokból kikelő apróságok azonnal vándorútra kelnek és addig vándorolnak, míg egy *Lycosa* nemzetséghez tartozó nőtény farkaspókot nem találnak, melynek a potroha végén lévő petecsomójába rágják bele magukat. A sikeresen bejutott lárva valamennyi pókivadékot elpusztítja, mire kifejlik.

Merőben más megjelenésűek a rablópillék. Első pillantásra lepkékre emlékeztetnek, erre utal magyar nevük is. Szárnyuk ugyan-





**Párizsi keleti rablópillék. A sárgavirágú növényekben gazdag gyepekben testének és szárnyainak színekombinációja tökéletes rejtőzést biztosít számára**

is tarka, és hosszú csápjuk is bunkós, akár a nappali lepkéké. Ha azonban közelebről megsejleljük egy példányukat, azonnal szembetűnnek a különbségek. Szájszervük ugyanis nem pödörnyelv, hanem erőteljes rágó szájszerv, amelyből arra következtethetünk, hogy ugyancsak ragadozó életmódot folytatnak. Táplálékszerző stratégiájuk azonban más, mint a fogólábú fátyolkáké. Nem üldögélve várják a jó szerencsét, hanem aktív vadászok. Kiválóan repülnek, és lerohanva fogják el zsákmányukat, amelyet újra letelepedve fogyasztanak el. Nászrepülése igen jellegzetes. Rendszerint több hím is a levegőben csap le a felrepülő, még nem pározott nőstényre és hosszas üldözés kezdődik. Végül a leggyorsabb és a legügyesebb hímé lesz a pázás joga, amely néha a fák ágain, leveleken, legtöbbször azonban a fűbe leszállva történik. A pár hosszabb ideig is összekapaszkodva marad, ilyenkor a leginkább kitétek a rájuk vadászó madaraknak. Nem véletlen hát, hogy a pár rendszerint



**A keleti rablópillé élőhelye a Vértesben**

olyan helyre száll le a fűbe, amely sárgán tarkállik a nyíló virágoktól, mert így testük és szárnyuk sárga-fekete színekombinációja tökéletes mimikrinek bizonyul. Hazánkban egy fajuk él, a keleti rablópillé (*Libelluloides macaronius*), amely fokozottan védett, törvényes eszmei értéke 100 000 forint. Bokorerdőkkel szegélyezett száraz gyepek, erdei tisztások lakója. Ritka. (Egy régi adat egy

másik faj, a *L. libelluloides* előfordulását is bizonyítja, de abból több példány azóta sem került elő hazánkból.)

A több családdal is képviselt fátyolkák közül egy faj került fel a védettségi listára, a foltosszárnyú partifátyolka (*Osmylus fulvicephalus*). Hegyvidéki patakjaink mentén előforduló ritka recésszárnyú. Könnyen felismerhető vörös fejről és a szárnyainak felületén lévő számtalan apró fekete foltról, amelyek az üldögélő rovar háztetőszerűen összecusokott szárnyainak szabályos mintázatot adnak. Alkonyatkor rajzanak. Ragadozók, ám az imágók élete igen rövid, a pázást követően gyakran úgy pusztulnak el, hogy egyetlen zsákmányt sem ejtenek. Annál aktívabbak vízben élő lárvaként. Több évig tartó fejlődésük alatt a víz fenekén, az iszapon vagy a köveken mászkálva férgek, rákokra, apró lárvákra vadásznak.

Végül essék néhány szó a legismertebb recésszárnyúakról, a hangyalesőkről. Tíz hazai fajuk érdemelte ki a védelmet, amelyet elsősorban élőhelyeik visszaszorulása tett indokolttá. Nagy természetük, első pillanatban gyenge röptűnek tűnnek, ám ha hálával el akarja őket fogni valaki, könnyen kifognak rajta. Mind az imágók, mind lárváik falánk ragadozók. Nevüket a lárvák sajátos táplálékszerzéséről kapták. A lárvák ugyanis homokba, laza erdei talajba, lakott területeken akár az út porába meredek falú fogótöl-



**Kunsági hangyafarkas**

cséreket ásnak, amelynek alján üldögélve várják a véletlenül arra vetődő apró rovarokat, leginkább hangyákat. A fogótölcsér szélére tévedő hangya megcsúszik és a tölsér meredek oldalán az aljába szánkázik, ahol a megbújó hangyaleső-lárva hatalmas rágói várják. Ettől eltérően csak a pusztai hangyaleső (*Acanthaclisis occitanica*) viselkedik. Lárvája ugyanis nem készít fogótölcsért, hanem a homokfelszín alatt él, a talajba ássa be magát. Miután ezzel végzett, lábaival elsimítja maga felett a homokot és vár. Odavetődő áldozatát behúzza a homokba és ott fogyasztja el. Annyiban más a párducfol-

tos hangyaleső (*Dendroleon pantherinus*) életmódja is, hogy lárva hegyvidékeink erdeiben, odvas fák fűrészporában él és azokba építi fogótölcsérét.

A hazai hangyalesők szinte minden száraz biotópban előfordulnak. Kedvelik a napsütötte, ritkás növényzettel borított élőhelyeket. A kunsági hangyafarkas (*Myrmecaelurus punctulatus*), a homoki hangyaleső (*Myrmeleon incospicuus*), a



**Kunsági hangyafarkas élőhelye a Kiskunságban**

kis hangyaleső (*Neuroleon nemausiensis*) és a rozsdás hangyaleső (*Creoleon plumbeus*) a nyílt vagy félig zárt homoki gyepek lakója. A négyfoltos hangyaleső (*Distoleon tetragrammicus*) és a kétfoltos hangyaleső (*Megistopus flavicornis*) nagy ökológiai valenciájú, szinte urbanizálódtak. Jól megtalálják magukat a nagyvárosokban is, kertekben, néha még játszótéren is megtaláljuk fogótölcséreiket. Mivel a kifejlett rovarok alkonyatkor aktívak, még a lakásokban is megjelen-



**A foltosszárnyú partifátyolka élőhelye a Zempléni-hegységben (A szerző felvételei)**

hetnek riadalmat keltve, ha a nyári melegben a nyitott ablakon át a fényre repülnek, pedig teljesen ártalmatlanok. Az erdei hangyaleső (*Myrmeleon formicarius*) és az északi hangyaleső (*Myrmeleon bore*) erdei fajok. A számukra alkalmas élőhelyeken nagy számban élnek. A Zempléni-hegység vörösfenyő-fenyő-csarabos-nyíres fenyérein néhol százával találni fogótölcséreiket.

SZERÉNYI GÁBOR

## 2015 tavaszának időjárása

PÁTKAI ZSOLT

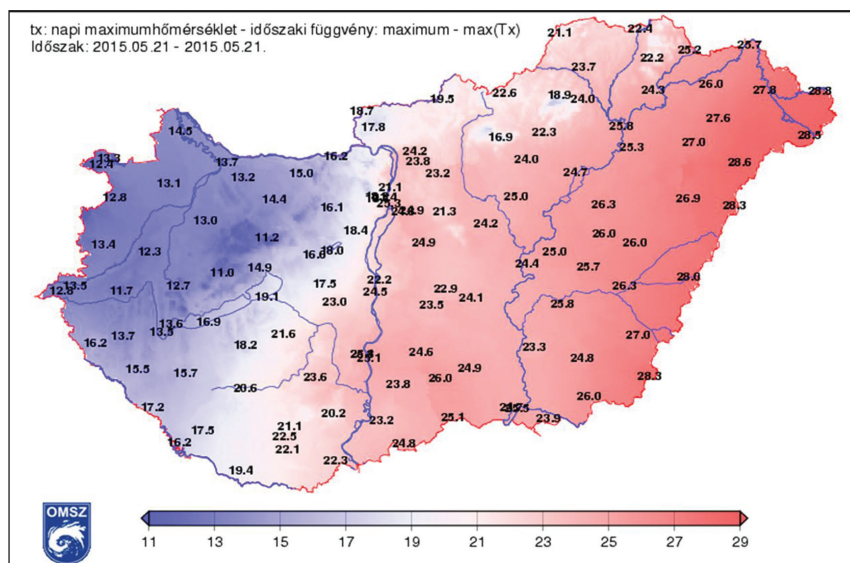
Száraz idővel kezdődött az idei tavasz, de május végére, amikor az aszály már súlyossá kezdett válni, megérkezett a várt csapadék, így a jelentős terméskiesés veszélye egyelőre elhárult. Az alábbiakban a száraz időn túl az egyéb fontos, illetve érdekes időjárási eseményeket ismertetjük.

## Március

A hónap első dekádjában még télies hideg idő volt, amit március 2-án egy nyugat felől átvonuló hidegfront és a mögötte beáramló hideg, száraz levegő okozott. A frontot egyébként csupán a déli megyékben kísérte jelentősebb (10–15 mm) csapadék. Átvonulását követően anticiklon erősödött meg a térségben, amely néhány napig alig változtatta helyzetét. A magasnyomást kitöltő száraz, hideg levegőben éjszakánként ország-szerte fagyott, sőt 7-én és 8-án néhol erős fagy ( $T_{min} < -5\text{ °C}$ ) is előfordult. Ennek eredményeként március 7. a hónap, s egyben a tavasz leghidegebb napjának adódott 2,6 °C-os átlaghőmérsékletével és a Zabarón mért -10,2 °C-kal.

Március 11-én ismét egy hidegfront vonult át fölöttünk, amely később a Fekete-tenger térségében lelassult, visszahajló okklúziós felhőzete pedig kelet felől hazánk fölé is benyúlt. Ugyanakkor ez a felhőzóna jelentős csapadékkal nem járt – inkább csak az északi, északkeleti megyékben esett ekkor az eső. A ciklon néhány nappal később feloszlott, eközben Észak-Európa térségében egy hatalmas kiterjedésű anticiklon épült ki, hazánk ennek a déli peremén helyezkedett el. A hűvös, keleties áramlás miatt a levegő hőmérséklete nem emelkedett számottevő mértékben egészen március 23-ig. Emellett ez a kontinentális légtömeg száraz is volt, így kisebb csapadék is csak elvétve fordult elő. Nem meteorológiai jelenség, de érdemes megjegyezni, hogy március 20-án a késő délelőtti időszakban részleges napfogyatkozás volt látható hazánk területéről. A derült ég kiváló lehetőséget adott a sugárzási mérésekre. A beérkező direkt nap sugarzás kevesebb, mint a felére csökkent a fogyatkozás időtartama során.

Március 23–24-én napkeltekor és napnyugtakor észrevehető volt, hogy jóval bágyadtabb a nap fénye, és koszosabb a levegő, mint általában szokott lenni. Az utólagos elemzés azt mutatta ki, hogy az a légtömeg néhány nappal korábban a Kelet-európai-síkság nyugati része fölött volt még, ahol ez idő tájt sokfelé végeztek tarlóégetést. Az égésből



1. ábra. A csúcshőmérséklet országos eloszlása 2015. május 21-én

származó füst maradványai még napokkal később is rontották a látási viszonyokat – ám akkor már a Kárpát-medence térségében.

A „bágyadt napsütésnek” a március 25-én délies forduló áramlás vetett véget, a légtömegcsere hatására kitisztult a levegő. A következő napok során egyre melegebb levegő áramlott térségünk fölé. Hatására a napi középhőmérséklet három nap alatt mintegy 8 fokkal emelkedett (5 °C-ról 13 °C-ig). Ekkor mértük a hónap legmagasabb hőmérsékletét is (24,1 °C, Sátoraljaújhely, március 27.). A hónap utolsó néhány napjában ismét frontok vonultak át felettünk, többfelé esett több-kevesebb eső. A legtöbb napi csapadék is ehhez az időszakhoz köthető (24 mm, Ják, március 26.). Szeles volt az idő, különösen 27-én fűjt a Dunántúlon és a fővárosban nagy területen viharos északnyugati szél.

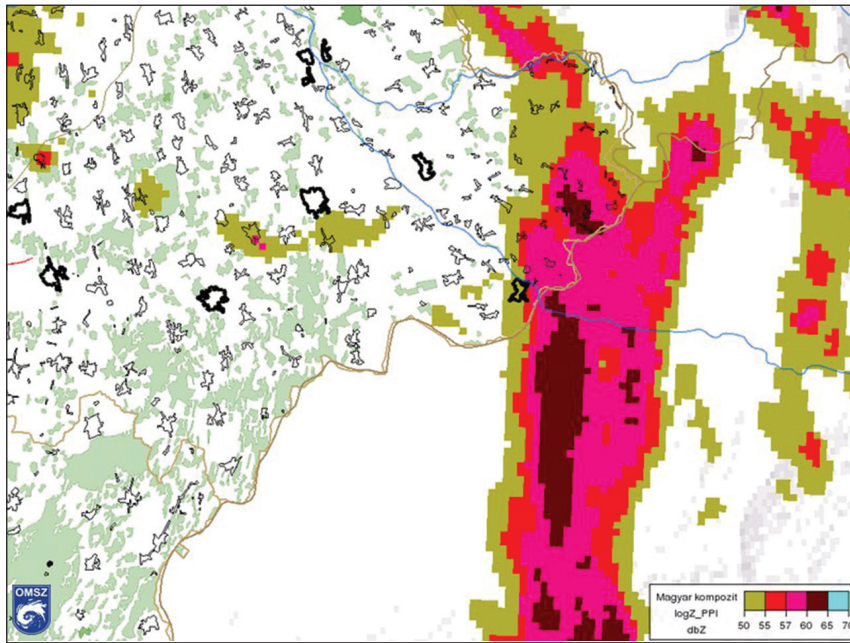
Március középhőmérséklete nyugat-keleti eloszlásban 1–1,5 °C-kal melegebbnek adódott az 1981–2010-es időszak átlagánál. A hőmérsékleti szélsőértékeket már korábban említettük. A legkevesebb csapadék Sátoraljaújhelyen (6 mm), míg a legtöbb Mátraszenti-mén (61 mm) hullott. Ugyanakkor az átlaghoz viszonyítva a Balaton keleti medencéjének térsége, valamint Fejér megye bizonyult a legszárazabbnak, itt csupán 20–30%-a hullott a sokévi átlagnak; az átlagértéket csak a dél-alföldi határvidék mentén érte el a csapadék mennyisége.

## Április

„Bolondos” idővel kezdődött a hónap, az első dekádban egymást követték a frontok, néhány helyen hódarazapó, jégdarazapó is előfordult. Ekkor még gyakoriak voltak az éjszakai fagyok, napközben pedig a 20 °C-ot sem érte el a csúcshőmérséklet. Az időszak során a középhőmérséklet olykor 4–5 °C-kal az átlag alatt alakult. Változott a helyzet a hónap középső harmadában, ahogy egy anticiklon helyeződött fölénk több napra. Folyamatosan melegeedett a levegő, megszűntek a fagyok. A felmelegedési periódus legmelegebb napján, április 16-án Osló településen 29,2 °C-ig küszört fel a hőmérő higanyszála, ami egyben a hónap legmagasabb hőmérsékletét is jelentette.

Az átlaghoz képest 6–7 °C-kal melegebb időt egy hidegfront érkezése szakította meg április 17-én. Ekkor következett be a hónap első jelentősebb csapadékhullása, szinte ország-szerte esett, bár csupán néhány mm. Az éjszakai fagyok ismét visszatértek egy-két nap erejéig. Szerencsére nem tartott sokáig a késő tavaszi hideg, mert a későbbiekben ismét anticiklon befolyásolta a légköri folyamatokat, ez pedig sok napsütéssel, és melegebb idővel járt. A végre tartósan enyhe időben a gyümölcsfák és növények virágzása szinte egy időben indult meg. Egyes területeken olyan intenzív volt a növények pollenszórása, hogy a földet jól észrevehetően beterítette. A hetek óta tartó





2. ábra. A 2015. május 25-én átvonult zivatarok legerősebb radarjeleinek eloszlása. Az 50 dBZ feletti értékek már valószínűleg jeget okoztak, 60 dBZ felett pedig pusztító jégeső sújtotta az érintett területeket

száraz idő egyelőre nem okozott még komoly gondokat a mezőgazdaságban, mert a talaj mélyebb rétegei teljes mértékben telítettek voltak az őszi, téli csapadék következtében.

A hónap legvégén ismét légtömegcsere történt, a 28-án érkező hidegfront nem csupán több fokos lehűlést, hanem országsszerte legalább néhány mm csapadékot is hozott magával. Ugyanakkor Baranya megye déli részén egy tartósan fennálló intenzív csapadéközóna alakult ki, így ott jelentős mennyiségű csapadék hullott. Mérőállomásaink közül Karapancsa 42, Kémes 51, Drávaszabolcs pedig 57 mm-t jelentett.

Száraznak bizonyult az idei április, hiszen az ország nagy részén nem érte el a 15 mm-t a havi csapadékösszeg. Az országos átlag 11 mm-nek adódott, ami jelentősen elmarad a 44 mm-es sokéves átlagtól. A legszárazabb területek a Duna-Tisza közén, valamint az Északi-középhegységben voltak, a legkevesebb havi csapadékot a Pest megyei Tura jegyzi (1,7 mm), a legtöbb pedig Drávaszabolcsra esett (60 mm). Mint látható, a drávaszabolcsi csapadékmennyiség 95%-a egy nap alatt hullott le, a maradék 3 mm pedig a hónap többi napján oszlott el. A hónap legalacsonyabb hőmérsékletét Zabaron regisztráltuk (-7,0 °C, április 4.), a legmagasabb hőmérsékletet már korábban említettük.

### Május

A tavasz leginkább változékony és legcsapadékosabb hónapja május volt. Az egész hónapot jellemezte a rendszeres fronttevékenység.

Olykor ezek a frontok gyorsan átvonultak térségünk felett, a hónap vége felé azonban tartósabban fölöttünk maradtak.

A hónap első két dekádjára a gyors frontátvonulás volt a jellemző. A hőmérséklet néhány fokos ingadozással a sokévi átlag körül változott. Bár országos átlagban május 6-a adódott a legmelegebbnek, mégis a hónap legmagasabb hőmérsékletét – 32,3 °C-t – május 19-én regisztráltuk az Alföldön található Dévaványán.

Május 6-án egy hidegfront átvonuláshoz kapcsolódóan egy hosszú életű heves zivatar (szupercella) okozott károkat több dél-alföldi településen. A zivatar a Balaton nyugati medencéjében kezdett megerősödni, majd Somogy és Tolna megyén is áthaladt. Legfejlettebb állapotát Bács-Kiskun és Csongrád megyékben érte el, a Paks-Soltvadkert-Szentes vonal mentén 90 km/h-s szélrohamokat és jégverést okozott, csak Békés megye fölül érve csitult el a vihar.

Ezen időszak során a csúcshőmérséklet már szinte végig meghaladta a 20 °C-t, gyenge fagy csupán Zabaron volt május 1-én. Több alkalommal fordult elő csapadék, ezek közül a legtöbb május 13-án esett, országos átlagban mintegy 7 mm. Ennek jelentős része a Dunántúlon hullott, míg északkeleten egyáltalán nem volt csapadék.

A hónap utolsó harmadában kiadós esőzések és felhőszakadások alakultak ki. Ennek oka az volt, hogy egy hidegfront az Alpok fölött átbukva hullámot vetett, majd egy önálló ciklon fejlődött ki a fronton. Ez a ciklon, mivel eléggé délre került, csak lassan mozgott, és több napon át a Kárpát-

medence térségében örvénylett. Több jelentős időjárási esemény is ehhez az időszakhoz kapcsolódik.

Országsszerte kiadós csapadékkal járt a több napos ciklontevékenység, amely a már-már súlyossá váló aszályt egy csapásra megszüntette. A legtöbb csapadék 22-én esett, ekkor országos átlagban 16 mm hullott. A május 19–26. közötti egy hét során országosan mintegy 40–80 mm csapadékot regisztráltak, csupán a Nagykunság, a Hortobágy és a Nyírség egyes részein mértek ennél kevesebbet. A csapadék zöme a Dunántúlt és a Dél-Alföldet áztatta, ezen belül is kiemelten a Dél-Dunántúlon esett a legtöbb, 60–80 mm, sőt Babócsáról 119 mm-ről érkezett jelentés. Nem csupán az eső mennyisége volt jelentős, hanem a nyugati és keleti területek közötti hőmérsékletkülönbség is: napokon keresztül 12, 18 °C különbség állt fent a Kisalföld és a Tiszántúl között (1. ábra). A talaj telítődése következményeként kisebb árhullámok is elindultak a nyugat-magyarországi folyókon, de komoly gondot nem okoztak.

Még egy eseményre érdemes felhívni a figyelmet ebből az időszakból. Május 25-én a Tiszától keletre rendkívül labilis egyensúlyi állapotúvá vált a levegő. Ekkor egy hatalmas méretűre hízott szupercella alakult ki a Szilágyság fölött, majd észak felé haladva átvonult a Szamosköz térségén is. A vihar útját szélrohamok és pusztító jégverések kísérték mind Erdélyben, mind a Szamosközben (2. ábra). Az érintett magyarországi 21 településen a károk összértéke meghaladta az 5 milliárd (!) forintot, amely annak fényében különösen jelentős, hogy ez a károkozás mindössze egyetlen zivatarfelhőhöz volt köthető.

A hónap utolsó néhány napjára megnyugodott az időjárás, ám a magasban hideg levegő érkezett fölénk. Bár a leghidegebbet május 1-jén Zabaron mértük (-0,8 °C), országos átlagban a május 29-i hajnal bizonyult a leghűvösebbnek az 5,6 °C-os átlagértékkel, így nem csoda, hogy gyenge talaj menti fagy is előfordult ezen a napon.

Május hőmérsékleti szélsőértékeiről már beszéltünk, a csapadékot tekintve pedig a legtöbbet Babócsán (156 mm), míg a legkevesebbet Tápíószelén (29 mm) regisztrálták. A legnagyobb 24 órás csapadékösszeget Murakeresztúron mértük május 22-én (57 mm). Havi átlagban az ország délnyugati kétharmad részén az átlag 100–250%-a, míg északkeleten kisebb körzetektől eltekintve csupán 60–90 %-a hullott.

Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy bár a tavasz kissé szárazabb volt, mint az átlag, mégsem alakult ki súlyos aszály. Nagyobb területet érintő, szélsőségesnek nevezhető időjárási esemény sem volt az időszak során, bár egy-egy zivatargóc lokálisan nagy pusztítást végzett.

# LEBE

DAS MAGAZIN FÜR NATUR & THERAPIE

(2015. 1.)

## A FIATALSÁG KÚTJA

Az asztaxantin az egyik legesodálatsabb természetes anyag. Eredetileg a zöld algából származik, amely a karotinoidok családjából származó vörös színezéket táplálék- vagy vízhiányra, erős napsugárzásra vagy rendkívüli hidegre adott stresszreakcióként bocsátja ki. A táplálékláncon keresztül kerül az állatokba, valamint az emberbe, ott akár fel is halmozódhat. A flamingók például az asztaxantinnek köszönhetik tollaik csodálatos rózsaszín színét.

Az asztaxantin hatásai lenyűgözőek. Látványos példája ennek többek között a lazac. Amikor a tenger felől az árral szemben az ivás helyére, a forrásvidékre vándorol, hihetetlen távolságokat tesz meg. Útja során gátak, vízesések sem jelentenek nekik akadályt. Honnan veszi azonban mindehhez az erőt? Sokak szerint az asztaxantinből.

A lazac ragadozó, nem pedig algaevő. Hogyan jut akkor asztaxantinhoz? A krillből, vagyis e parányi garnélarák fajtából, amelyből utazása megkezdése előtt bőségesen fogyaszt. A krill pedig mikroalgákkal táplálkozik a tengerben, amelyek a vörös színt állítják elő. Így jut a lazac a táplálkozási láncban keresztül asztaxantinhoz, amely izmaiban nyomokban felhalmozódik. A lazac azonban nemcsak az összehasonlíthatatlanul gyönyörű színt köszönheti neki, hanem a gyengítő oxidációs folyamatokat is megakadályozza, melyek intenzív izomtevékenység során fokozottan előfordulnak. Ez teszi a lazacot a folyók bajnokává. Ettől lesz erőteljes, célratörő, fáradhatatlan.

A krill életerejé ugyancsak lenyűgöző. Óriási rajokban él, a legnagyobb állatpopulációt képviseli. Rendkívüli gyorsasággal szaporodik, jól viseli a táplálékhiányt, túri a fagyos hideget, még az antarktiszi télben is téli álmat szlik és mindezt gond nélkül túléli.

Sokáig azt gondolták, hogy mind a lazac, mind a világítórák rendkívüli erejüket az omega-3 zsírsavnak köszönhetik, az teszi anyagcseréjüket rugalmasá. Részben valóban ez lehet az oka, ám nem teljes egészében. A bennük felhalmozódott asztaxantin legalább annyira jelentős.

Ennek megértéséhez fontos tudni néhány alapvető dolgot. Oxidációs folyamatok állandóan zajlanak szervezetünkben életünk folyamán, és azok tehetők felelőssé azért, ha a test működése csökken, ha a javítások, regenerálódások már nem optimálisan mű-

ködnek. Ezek egy része természetes, más része viszont befolyásolható. Az oxidációt olyan szabad gyökök, rendkívül aktív atomok, illetve molekulák váltják ki, melyekből hiányzik egy elektron. Ezért egy tetszőleges szomszédos molekulától ellopnak egy elektront, majd a megkurtított molekula ugyancsak egy másik szomszédos molekulától szerez egy újabb elektront, és így tovább. Az antioxidánsok ezeknek a megsemmisítő folyamatoknak az ellenőrizetlen láncolatát akadályozzák meg, mivel lehetőségük van a szabad gyökökre elektront leadni. Így a szabad gyök stabilizálódik, úgyszólván méregtelenítődik. Ugyanakkor az antioxidáns maga válik szabad gyökké, ám ez kevésbé agresszív. Mégis szükséges, hogy másik antioxidáns regenerálja. Ez az úgynevezett elektronszállító lánc több állomáson keresztül folytatódik, míg a sorban az utolsó tag is nem regenerálódik.

Ha a természetes táplálékból, vagy táplálék-kiegészítőkből nincs elegendő antioxidáns, amelyek a fenti folyamatot csillapítják, vagy az oxidációs terhelés elhatalmasodik, a testünk oxidációs stresszbe kerül. A körülbelül 10 000 támadásból minden sejtre naponta akár 80 000 támadás is juthat. A szervek, illetve az erek regenerálása és javítása ilyen fokú támadásnál már nem történik meg hiánytalanul.

A sejtek belsejében található az energianyerés, az anyagcsere-működés és a DNS központja. Ezeket a foszfolipidekből álló burok, a sejtmembrán védi.

Az elektromágneses terék, a környezeti mérgek, helytelen táplálkozás, stressz, gyógyszerek, alkohol, nikotin, drog, sugárzás, túlzott sportolás – csak néhány példa a szabad gyökök túlzott képzésére. Ahhoz, hogy megakadályozzuk őket abban, hogy a sejt belsejébe jussanak, a sejtmembránnak zsírban oldódó antioxidánsra van szüksége, ilyen például az asztaxantin, melyet a vízben oldódó antioxidánsok regenerálnak, ezért fontos a gyümölcsben, zöldségben gazdag táplálkozás.

A szabad gyökök azonban nem csak negatív hatásúak lehetnek. Szervezetünk a szabad gyökök hatását akár célzottan is bevetheti, mégpedig úgy, hogy saját maga állítja elő a baktériumok, vírusok, mérgek és krónikus betegséggócok elleni fegyverként. Ezért emelkedik meg gyulladásos megbetegedésekben a szabad gyökök értéke. A természetes anyagokkal szerzett tapasztalatok azonban azt mutatják, hogy a szervezet regenerálódási erejére még a természetes anyagok használata esetén is szükség van.

A szervezetnek tehát gyakran egyidejűleg oxidációval és gyulladással is fel-

kell venni a harcot és az asztaxantinnek éppen ez az elsődleges hatása. Nagy valószínűséggel az asztaxantin a természet legerősebb gyulladáscsökkentő szere.



(2015. július 22.)

## ÓRIÁSI UGRÁS A SETI SZÁMÁRA

A bejelentés július 20-án a Royal Society Londonban tartott rendezvényén hangzott el, a témában érintett neves tudósok jelenlétében. Eszerint Jurij Milner, a pályáját elméleti fizikusként kezdő orosz üzletember 100 millió dollárt adományozott a Breakthrough Díj Alapítványnak, hogy abból az elkövetkező tíz évben Breakthrough Listen (magyarul talán „áttörés a hallgatódzásban” lehetne a neve) összefoglaló néven SETI projekteket finanszírozzanak. (A SETI a Search for Extraterrestrial Intelligence, azaz a földönkívüli értelem keresése jelentésű betűszó. A különböző SETI projektek immár bő fél évszázada futnak, teljesen eredménytelenül, jóllehet egy-egy új műszer vagy módszer bevezetésekor időről időre elhangzanak a fogadkozások, miszerint az eredmény már csak karmajátványra van. – a szerkesztő megjegyzése)

A Breakthrough Listen keretében azt tervezik, hogy a felajánlott 100 millió dollár körülbelül harmadából 10 évre megvásárolják a Nyugat-Virginiában lévő Green Bank-i 100 méteres rádiótváscső megfigyelési idejének 20%-át, valamint jelentős mennyiségű észlelési időt vásárolnának az ausztráliai Parkes rádiótváscső 64 méteres antennáján, megsegítve ezzel az anyagilag nehéz helyzetben lévő két rádiócsillagászati obszervatóriumot. Az alap további harmadát új, érzékenyebb vevők és processzorok fejlesztésének támogatására kívánják fordítani, amelyekkel 1 és 10 gigahertz között több milliárd keskeny frekvenciasávot lehetne egyszerre vizsgálni. Ez a tartomány lényegében átfogja azt a teljes rádióspektrumot, amely átjut a Föld légkörén, és amelyet nem nyom el a kozmikus háttérzaj. A pénz harmadik harmadából egyetemi hallgatókat és csillagászokat vonnának be a projektbe, akik az érdemi kutatómunkát végeznék.

A rádiócsillagászati projektet két, egymással ellentétes stratégia mentén kezelik megvalósítani. Az első a „célzott keresés”. A rádiótváscsővel a hozzánk legközelebbi egymillió csillagot akarják



megvizsgálni. Feltételezik, hogy ezek közt legalább egynek a bolygórendszere rádióhullámokat kibocsátó civilizációt hordoz, amelyik azonban nem akarja különlegesen nagy energiájú jelekkel felhívni a figyelmet saját létezésére. A projekt vezetői szerint a Breakthrough Listen a legközelebbi ezer csillag esetében a repülésirányító radarok folyamatosan kisugárzott jelével azonos teljesítményű rádiósugárzás kimutatható lenne. A másik stratégia követésekor a nagyon távolról érkező, nagyon nagy intenzitású jeleket keresik, vagyis „széles égbolt” néven átfogó keresést indítanak. Ennek keretében végigpásztázzák majd a Tejútrendszer fősíkját, sőt a 100 legközelebbi galaxis felé is fűlelnének, ezáltal több tízbillió, potenciálisan egy civilizációt életető csillagot vonnának be a kutatásba. Ilyen galaktikus távolságból csak az úgynevezett „szupercivilizációkat lehetne észrevenni. Ha ez utóbbi keresés nem vezetne eredményre, akkor azt a kutatók bizonyítéknak tekintenék arra, hogy nem léteznek efféle „szupercivilizációk”.

A tervek szerint a Breakthrough Listen keretében a kutatást kiterjesztik az optikai tartományra is. Az eddiginél alaposabban átvizsgálják a Lick Observatórium 2,4 méteres, automatikus bolygókereső távcsövével gyűjtött adatokat, hogy azokban a Naprendszer felé irányított lézerekre utaló nyomokat keressenek. A projektnek nem csak az optikai részében kell hatalmas adatmennyiséget kezelni. Ebben számítanak azokra az önkéntesekre, akik a SETI@home és a majdani, ehhez hasonló akción keresztül rendelkezésre bocsátják számítógépeik fölös kapacitását.

A 100 millió dolláros program bejelentésével együtt meghírdették a Breakthrough Message (üzenet) kezdeményezést. Igaz, szerényebb összeggel, „mindössze” 1 millió dollárral. Ebből az összegből ötletpályázatot finanszíroznának, amelyben arra keresnek a választ, hogy ha a Breakthrough Listen keretében sikerülne rátalálni egy idegen civilizációra, akkor válaszoljunk-e a jelzésre, és ha igen, akkor mit. A projekt kezdeményezői azt mindenesetre hozzátették (véltetően a projektben részt vevő és a bejelentések is jelen lévő Stephen Hawking kedvéért), hogy addig nem fognak semmilyen, magunkra felhívó jelzést kisugározni, amíg le nem folytatnak egy széles körű (globális) vitát arról, jó ötlet-e ilyen extra jelzéssel tudatni a jelenlétünket.

Az elhangzottakhoz a Sky and Telescope hozzáfűzi enyhén kételkedő véleményét. Eszerint nem kellene felfűtött várakozással tekinteni a projektre. A Breakthrough Listen tervezői azt állítják, hogy a jelenlegi és a közelmúltbeli erőfeszítésekhez képest 100-szorosára gyorsítják a SETI-kutatást. (Persze ha az eredmény is az ed-

digi 100-szorosára nő, attól az még nulla marad... *A szerk.*) Guillermo Lemarchand (Buenos Aires-i Egyetem) 2004-ben végzett számításait idézik, amelyek szerint a lehetséges frekvenciákat, égi irányokat és számos más tényezőt figyelembe véve be kell ismernünk, hogy az eddigi SETI próbálkozások csak a kozmikus szénakazal  $10^{-14}$  részét (százbilliomod részét) vizsgálták át, hogy abban az idegen civilizáció üzenetét jelentő tüt megtalálják. Ugyanakkor a saját karrierjüket építő tudósok éppúgy, mint a kutatásokat támogató államok vagy befektetők évek, vagy legfeljebb évtizedek, nem pedig évszázadok múltán szeretnék látni a munka/befektetés eredményét. A SETI iránti lelkesedés a menetrendszerűen bekövetkezett kiábrándulások, az eredménytelenség miatt hullámzó. Az emberiség még nem érett a nagyon hosszú időléptékű projektek megvalósítására. A cikkirő azonban hozzáteszi az optimista végszót, miszerint talán a Breakthrough Listen segít elindulni ebbe az irányba – legalább a SETI területén.



(2015. július 28.)

## SZÉNNYELŐ SIVATAGOK

Az emberiség köztudottan óriási mennyiségű szén-dioxidot bocsát ki a légkörbe a fosszilis tüzelőanyagok elégetésével és az erdőpusztítással. E mennyiség nagyjából 40 százaléka a légkörben is marad, kb. 30 százaléka az óceánokba kerül. A kutatók úgy vélik, hogy a maradék szén a növények veszik fel, de a mérések azt mutatják, hogy e maradék szénnek nem a teljes mennyiségét veszik fel a növények. Akkor hát hová tűnik a hiányzó szén?

Egy új kutatás azt valószínűsíti, hogy e szén jó része igen meglepő helyen, a Föld sivatagai alatt tűnik el, mégpedig az öntözés során. Egy kutatócsoport egyik kínai sivatagi vidéken vizsgálta a vízfolyást és arra jutottak, hogy a légköri szén elnyelik a haszonnövények, onnan belekerül a talajba, ahol a talajvíz szállítja tovább. Ez a folyamat felgyorsult, amióta – nagyjából 2000 éve – azon a vidéken elkezdődött a földművelés. A felszín alatti természetes víztározók nagy mélységben a sivatagi felszín alatt tárolják az így bekerülő vizet, mely onnan nem tud kiszökni.

Az új kutatás becslései szerint a mezőgazdasági művelés miatt évente nagyjából tizenkétszer annyi szén kerül a felszín alatti tárolórétegekbe, mint azt korábban feltételezték. Ezek a felszín alatti tárolók összességé-

ben akkora területre terjednek ki, mint Észak-Amerika. Yan Li kínai geokémikus szerint ezeket a víztározó rétegeket olyan vastag homok fedi, hogy a bennük levő víz alighanem sosem tér vissza a légkörbe. Ezek alapján új modelleket alkothatnak arra vonatkozóan, hogy megbecsüljék a Föld szén-egyenlegét, bealkumulják újabb klímodellekbe és végső soron következtetéseket vonhatnak le a klímaváltozásban betöltött szerepére.

Sok a hiányzó láncszem a szénelnyelésben, de a sivatagi természetes víztároló rétegek valószínűleg a fontosak közé tartoznak. Ezért is lényeges, hogy a földművelők és a vízgazdálkodással foglalkozó szakemberek megismerjék, hogy mekkora szerepet töltenek be a szén tárolásában az erősen öntözött sivatagi vidékek, mert így jótékonyan, gyakorlati lépésekkel avatkozhatnak be abba, hogy mennyi szén juthat be a felszín alatti tárolórétegekbe. Li és munkatársai azt próbálták kideríteni, hol vannak azok a helyek, ahol a többszín bejut a felszín alá. Vízmintákat vettek és elemeztek ki Kína Xinjiang tartományában, a Tarim-medencében, kb. akkora területen, mint Venezuela. Ezen a vidéken a hegyekből lefutó folyók, patakok vizét a hegylábi térségekben, sivatagos területeken használják öntözésre. Minden vízmintában megmérték a szén mennyiségét és kiszámították a szén korát, hogy megtudják, mennyi ideig volt a víz a felszín alatt. A kutatás során kiderült, hogy a vízben oldott szén-dioxid mennyisége megkétszereződik, ha öntözött földeken szűrődik át. A kutatók szerint a levegőben levő szén-dioxidot a sivatagban természetesen növényzet veszi fel. Ennek a szénnek egy része a növények gyökérzetén keresztül a talajba kerül. Ugyanakkor a mikrobák további szén-dioxidot bocsátanak ki a talajba, miközben cukrokat bontanak le. Egy száraz sivatagi környezetben ez a gáz a talajon keresztül a légkörbe távozik. A megművelt területeken viszont a gyökerek és mikrobák által kibocsátott szén-dioxidot felveszi az öntözővíz.

Az ilyen száraz vidékeken, ahol vízszűkében vannak, a természetik túllöntözik a földjeiket, hogy természetüket megvédjék a sóktól, amik a gazdálkodáshoz használt öntözővízből a párolgás után visszamaradnak. A túllöntözés ezeket a sókat, a vízben oldott szén-dioxiddal együtt bemossa a talajba, ahol egyre mélyebbre kerülnek.

Bár a széntemetésnek ez a folyamata természetesnek tűnik, a kutatók becslése szerint a Tarim-sivatag alatt elnyelődő szén mennyisége éves szinten tizenkétszer akkora a mezőgazdasági tevékenység következtében, mint természetes módon. Azt is kiderítették, hogy a felszín alatti tárolórétegekbe jutó elnyelt szén mennyisége akkor ugrott meg igazán, amikor a Selyemút fénykorában a környező településeken megkezdődött a földművelés.

Miután a szénben gazdag víz a farmok és a folyók közelében bejut a tárolóretegekbe, a sivatag egyéb térségei felé veszi az útját a felszín alatt, és évezredekig ott is marad.

Számítások szerint a Tarim-medence alatt mintegy 20 milliárd tonna szén tárolódott el a történelem folyamán vízben oldott állapotban, ennek a víznek a mennyisége pedig kb. tízszer akkora, mint az amerikai Nagy-tavakban levő vizé. És ez csak egyetlen sivatag! A tanulmány szerzői szerint a Föld sivatagai alatti víztározó rétegekben 1 trillió tonna szén van megkötött állapotban, ami kb. a negyedével több, mint amennyit a növényzet megköt.

## biology letters

(2015. július 8.)

### MIÉRT HALTAK KI AZ ICHTHYOSAURUSOK?

A dinoszauruszok korának is nevezett földtörténeti középkorban a mai delfinekhez hasonló nagyméretű halgyíkok (Ichthyosaurusok) uralták a Föld tengereit. A rendelkezésre álló ősmaradványok alapján szinte valamennyi tengeri környezetet meghódították, gyakoriak voltak a partok közelében és a nyílt vizekben egyaránt. Egy új vizsgálat szerint azonban ahogy nőtt a verseny, az Ichthyosaurusok területet és fajokat veszítettek, mielőtt fokozatosan kihaltak volna.

Az Ichthyosaurusok kihalása már hosszú ideje izgatja a kutatók fantáziáját. A halgyíkok valószínűleg szárazföldi hüllőkből alakultak ki, amelyek körülbelül 248 millió évvel ezelőtt kezdték meghódítani a tengereket. Kezdetben évmilliókon keresztül csak a partok mentén fordultak elő, később viszont meghódították a nyíltvízi környezeteket is. Az Ichthyosaurusok mintegy 90 millió évvel ezelőtt tűntek el, vagyis már 25 millió évvel azelőtt kihaltak, hogy a dinoszauruszokat eltüntető aszteroida becsapódott a Föld felszínébe.

De ha nem az aszteroida, akkor mi pusztította ki az Ichthyosaurusokat? A kutatók megvizsgálták milyen speciális környezeteket foglaltak el a különböző fajok. A legtöbb korábbi tanulmányban az állatok által elfoglalt ökológiai fülkét egyetlen tulajdonság, nevezetesen a fogak alakja alapján határozták meg. Az új kutatás során ennél több tulajdonságot is figyelembe vettek, így a fogak alakja mellett például a halgyíkok testméretét és az állatok táplálkozási stratégiáját.

Miután megvizsgálták 45 különböző halgyík nemzetséget, a kutatók hét különbö-

ző kategóriába (ökotípusba) sorolták be az Ichthyosaurusokat. A *Cartorhynchus* nemzetség annyira egyedi tulajdonságokat mutatott, hogy egyedül alkotott egy külön ökotípust. Ez egy kistermetű, sekélytengerekben élő forma volt, amely a tengervízből szívta be a táplálékát. Egy másik ökotípus a kora- és középső-triászban élt nemzetségek nagy részét foglalja magába. Ezek 2 méternél kisebb állatok voltak, robusztus és tompa fogakkal, ami arra utal, hogy kemény héjú gerinctelen állatokkal táplálkoztak (korallak, csigák, kagylók). Nem volt megnyúlt a testük, így valószínűleg nem a nyílt vizekben éltek, ahol nagy távolságokat kell úszva megtenni. Az *Eurhinosaurus* és *Excalibosaurus* nemzetségek is külön ökotípust alkottak a kardhal-szerű állkapcsaikkal, melyekkel felhasították áldozataikat. A hosszúkák testalkatuk alapján a nyílt tengerekben élhettek, távol a partoktól.

Soha nem volt mind a hét ökotípus jelen a tengerekben egyszerre, de kora-jura korban, amikor az Ichthyosaurusok virágkorukat éltek világszerte, öt ökotípus egyidejű jelenléte utalnak az ősmaradványok. A középső-jura idejére viszont csökkent az ökotípusok száma. A nagyon specializált táplálkozást folytatók, mint például a kardhal-szerű *Eurhinosaurus*, valamint a csúcsragadozók közé tartozó *Temnodontosaurus* kihaltak, és csak két ökotípus maradt, melyek a nyílt tengerekre voltak jellemzők. Az egyik megmaradó ökotípus olyan halgyík nemzetségeket tartalmazott, melyeknek nagy teste volt, és robusztus fogai a csontos halak, és a keményhéjú fejlábúak (ammoniteszek) összeroppantására. A másik ökotípus inkább delfinszerű volt, és a kis fogaival inkább puhatestű táplálékot fogyasztott, például a szintén a fejlábúak közé tartozó tintahalakat.

Az Ichthyosaurusok végül az ún. cenoman-turon kihalási esemény során tűntek el a kréta időszak közepén (90 millió évvel ezelőtt), a spinosaurusokkal (ragadozó, úszó dinoszauruszok), a plesiosaurusokkal (hosszúnyakú tengeri hüllők) és a tengeri gerinctelen fajok egyharmadával együtt. A kutatók szerint a halgyíkok könnyen áldozatul estek a kihalási hullámnak, mivel már csak két ökotípusuk létezett abban az időben. A lassú ökológiai háborúban fokozatosan visszaszorultak egyetlen ökológiai fülkébe, amit aztán egyre nehezebb volt megtartani. Egyelőre tisztázatlan, hogy miért veszítették el a korábbi ökológiai fülkéiket, de valószínűsíthető, hogy olyan fajok cserélték le őket az elérhető forrásokért folytatott küzdelemben, amelyek jobban alkalmazkodtak az adott környezethez. Az Ichthyosaurusok egyre inkább specializált életmódra kényszerültek, és végül nem tudtak visszatérni legalább az átmeneti életmódokhoz, vagy testtípusokhoz, amelyek korábban jellemezték őket.

## Az erózió művészete

Nemigen találunk olyan építészeti-képzőművészeti alkotást, amit a természet létre ne hozott volna a maga eszközeivel, elsősorban az erózió legkülönfélébb változataival. A tömerdek példa közül csak néhányat mutatunk be, annak illusztrálására, hogy egymástól távoli helyeken, eltérő anyagokban mennyire hasonló formákat farag ki a szél, a víz, az aprózódás. Az *1. kép* a Utah állambeli Arches Nemzeti Parkban készült, ahol kétezer sziklaablak, ív keletkezik (majd pusztul el) a képlékeny sós rétegekre települt homokkőben a csapadékvíz, az aprózódás és a szél hatására. Egészen más tényező, a tengeri abrázió, a hullámverés alakította ki a *3. képen* látható sziklaívet a dél-ausztráliai Port Campbell Nemzeti Parkban, itt azonban mészkőben és a rétegei közé települt, könnyebben pusztuló iszapkőben. Sokkal nehezebb kinyomozni a jégben kialakuló hasonló formák eredetét (*2. kép*, Grönland). E hatalmas „ablak” létrejöttében az olvadáson kívül szerepet kaphatott a szél, de maga az olvadékvíz is. A gleccserjég ugyanúgy nem egyenmő, mint a kőzetesetek – vannak kevésbé tömörödött, sötétebb törmelékcsávokkal átjárt részei is, ahol a jég könnyebben megadja magát a pusztító erőnek. Hogy az *5. képen* (szintén Grönland) látható két jéggomba hogyan keletkezhetett, szintén nehéz megállapítani, ám kifaragásukban minden bizonnyal a hullámverés játszott a főszerepet. Egyértelműbb a helyzet a *4. képen* bemutatott, ősi homokkőből kialakult kőgombával (Libia, Akakusz-hegység), melynek kifarmálásában az aprózódás mellett a szél a fő szobrász; a szél kergette közetsemcsék legnagyobb és legkeményebb darabjai a felszín közelében haladnak, ezért koptatják jobban, gyorsabban a sziklák alját. A *6. kép* egy még fejlődésben levő saharai kőgombát ábrázol (Egyiptom, Bálnák völgye). Bár első látásra az itteni homokkő felszíne aránylag egyenmő, valójában nagyon eltérő keménységű rétegekből áll, márpedig az erózió (jelen esetben a szél) nagyon változatos; ott pusztít a legerősebben, ahol a legkisebb ellenállásba ütközik. *7. és 8. képeink* egymástól sok ezer kilométerre készült, a formák mégis hasonlóak. Előbbi a Utah állambeli Bryce-kanyon egy részletét mutatja, ahol a szél és a csapadékvíz mellett a fagyaprózódás is nagy szerepet kap, végül is szélsőségesen kontinentális vidéken járunk. A vasos kőbátyák, karcsú kőoszlopok, éles gerincek éppúgy homokkőben (csak éppen egészen más fejlődéstörténetűben) alakultak ki, mint a *8. képen* látható madagaszkári Isalo Nemzeti Park nedves és száraz évszakokkal jellemzett trópusi környezetben formálódó alakzatai.

Kép és szöveg: NÉMETH GÉZA



# XXIV. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

## Cikádor ciszterci monostorától a mai Bátaszék római katolikus templomáig

HORVÁTH HENRIETT

Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja

Szülvárosom, Bátaszék a Dunántúl déli régiójában, Tolna megye déli részén fekszik. A körülbelül 6000–7000 fős település földrajzilag a Szekszárdi-dombság vonalától egészen a Duna másik oldalára átnyúló Sárköz tájegység része, 20 kilométeres körzetében négy nagyobb város fogja közre: Szekszárd, Baja, Bonyhád és Mohács.

### A templom és a romkert madártávlatból

Városom legnevezetesebb épülete, illetve műemléke a központban álló Nagybaldogasszony római katolikus templom, mely 82,5 méteres magasságával az ország második legmagasabb templomaként ismert. Kiemelkedő méreteivel már messziről meghatározza településünk látképét. A templomkertben a város közel kilencszáz éves múltjának egyik legfontosabb emlékét őrzi a ciszterci romkert. Hazánk első ciszterci apátságát 1142-ben II. Géza király alapította. A néhány évvel ezelőtti régészeti ásások nyomán, a plébániatemplom udvarán feltárták a hajdani monostortemplom alapfalait. A korabeli apátság alapjain ma már embermagasságúra falazott téglaszlopok állnak. Évek óta már nemcsak a templom, hanem a romkert is közkedvelt színtere a házasságkötéseknek.

Sajnos azonban néhány évvel ezelőtt az a hír kezdett elterjedni a bátaszékiek között, hogy a templom tornyának faszerkezete meggyengült. 2012 novemberében a szakemberek hivatalosan is megerősítették a tényt, hogy a 36 m magas toronysüveg siskája megbillent, állapota veszélyes, ezért a templomot egy időre be kell zárni. Mi, helyiek szomorúan vettük tudomásul, hogy a szokásos reggeli és vasárnapi miséket sem



A Tolnai-Sárköz déli része Bátaszékkal az 1800-as évek elejének térképén

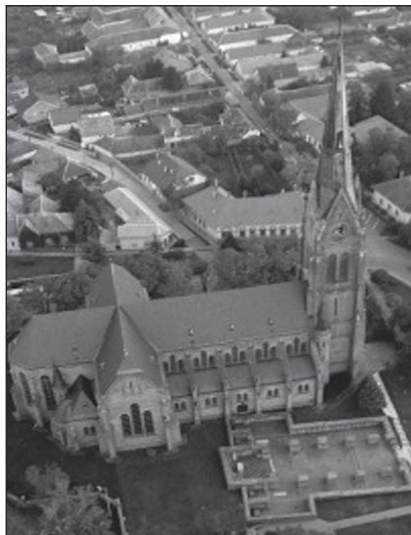
engedték már a templomban megtartani. A felújítást viszont nem lehetett azonnal elkezdeni, mert a szükséges összeg nem állt a város rendelkezésére. Ma már folynak a munkálatok, de mielőtt a helyreállítás folyamatát ismertetem, szeretném előtte bemutatni templomunk történetét.

### A ciszterciek évszázadai

Talán sokak számára ismeretlen a településünk, pedig Bátaszéken és környékén a régészeti kutatások során hosszú időre visszamenően találtak emberi életre utaló nyomokat. Írásos és tárgyi emlékek kerültek elő már a vaskorból az itt élő népcsoportról, a keltákról. Őket később a rómaiak leigázták, és a terület a Provincia része lett. A kutatások eredményei szerint a római uralom felbomlása után különböző népcsoportok követték egymást

a vidéken, többek között szarmaták, hunok, avarok, frankok, szlávok is. Szilárd államot azonban csak Szent István király idején, azaz a IX. század végén megérkező magyarság hozott létre. Ebből a régészeti anyagban igen gazdag korból előkerült tárgyi emlékek megtekinthetők a bátaszéki Csanády-gyűjteményben, mely az ország egyik legnagyobb régészeti magángyűjteménye. A kiállítást Csanády György helyi körzeti orvos (1930–1996) hozta létre több évtizedes gyűjtőmunkája eredményeként. A saját otthonában kiállított, több tízezer darabból álló emléktárgyakat kezdetben hobbiból, később már tudatosan gyűjtötte össze a városunk közelében található őskori település régészeti anyagából, melyek közt megtalálhatók kőkorszaki eszközök, a lengyeli kultúra fennmaradt tárgyai, a rézkor-bronzkor emlékei, dunántúli mészbetétes edények, vaskori tárgyak; a kelták, a római kor, és végül környékünk középkori és török kori emlékei is. Ezen kívül két természet rendezte be a Tájházbán Bátaszék környékének néprajzi örökségéből is, illetve a településen valaha virágzó kismesterségek (mézeskalácsütők, kékfestők, fazekasok) által használt tárgyakból, eszközökből.

A honfoglalás idején ebben a térségben megjelenő magyarság a mai Bátaszék központjában hozta létre települését, akik keresztény hitre térve templomot is építettek maguknak. Temetőjük a templom melletti Szent István tér alatt található. A település később elpusztult. 1142-ben II. Géza Ausztriából ciszterci szerzeteseket telepített ide, a régi falu helyére. Ők a ciszterci rend előírásai szerinti elrendezéssel, annak megfelelően monostort építettek maguknak. (A ciszterci egy római katolikus szerzetesrend,



A templom és a romkert madártávlatból

Nursiai Szent Benedek rendjének egyik ága.) A Duna és a Sárvíz mocsaras vidékén fekvő terület megfelelő helyszínt biztosított a letelepedők számára, akik a vidék lecsapolásával, a föld megművelésével és a mezőgazdaság beindításával tették lakhatóvá azt. Ők alapozták meg a vidék szőlő- és borkultúráját is. Településüket Cikádornak nevezték el. 1242-ben a tatárok felgyújtották a várost és a monostort is. A templom csak 100 év múlva épült újjá, melynek alaprajzát megtartották, de a gótikus stílusnak megfelelő díszesebb boltozást kapott. (Ennek maradványait őrzi a mai romkert.)

A XV. század elején – Zsigmond királynak köszönhetően – bencések teleptek



Kőkorszaki tárgyak a Csanády-gyűjteményben



Néprajzi tárgyak a Csanády-gyűjteményben

le a monostorban, akik eltérő rendi szokásaik miatt más nevet kezdtek használni lakhelyükre. Ők a Szék nevet vezették be. Tehát Cikádor és Szék településnevek egyaránt előfordultak a város történelmében. A XV. század végén viszont Mátyás király egyesítette a széki apátságot a településtől mindössze néhány kilométerre fekvő Bata bencés apátságával, így ezt követően nevezték el a mezővárost Bataaszéknek. A török ostrom azonban gyorsan véget vetett a

„virágzó monostori életnek”. A török megszállók ugyanis a monostort erődítménnyé, a templomot dzsámivá alakították át. Bataaszék ismét elpusztult, a település teljesen elnéptelenedett.

### Újjászületés a török idők után

A törökök kiűzését követően a legfőbb feladat a környék újbóli benépesítése lett. Kezdetben szerbek, majd később németek betelepítésével próbálkoztak, akiknek 3 év adómentességet adtak és a romok helyén



A romkert az emlékoszloppal napjainkban

helyreállították nekik a középkori templom oltárát. Mellettük a bádgosok, a takácsok, a csizmadiák, a bogárnok és egyéb helybéli iparosok munkájának köszönhetően a település fejlődésnek indult, és a XVIII. század közepére már jelentős mezővárosná fejlődött. Lakossága meghaladta a 2000 főt, mely elsősorban németekből, magyarokból és szerbekből állt. A XVIII. század végére 3000 főre, a XIX–XX. század fordulójára pedig már 7000-re emelkedett a lélekszám.

A középkori monostor helyén álló, többször átépített templom a XIX. század közepére olyan rossz állapotba került, hogy 1842-ben már új templom építését tervezték a Bataaszéken élők, de a munkálatok csak jóval később kezdőd-

hettek meg. Közben a város **gazdagsági fejlődése** töretlennek bizonyult és az 1870-es évektől vasúti csomóponttá is vált. A templom építésének előkészítése csak az 1890-es évek közepén kezdődött meg. A helyén álló régi apátsági épületek lebontása után 1899. július 4-én kezdődött meg az építkezés. Az alapárkokat néhol 8–10 m mélyre ásták, majd a falakat még ebben az évben elkezdték építeni. 1900-ban került tető alá az építmény, de statikai hibák miatt a szak-

emberek a templom összeomlásától tartottak. A teherviselő tartóoszlopok repedezni kezdtek, emiatt újjá kellett építeni őket. A neogótikus stílusú templom végül 1902 májusára készült el.

A két vesztés világháború következményei Bataaszéket sem hagyták érintetlenül. A baranyai és bácskai részek visszacsatolása



A templom egy korabeli képeslapon

után 1921-ben a helyi szerb kisebbséget kitelepítették. A II. világháborút követően a település közel 4000 sváb származású lakosát költöztettek át Németországba, helyükre bukovinai székelyek és felvidékiek, kisebb számban délvidekiek jöttek. A leirtak velejárujaként az 1940-es évek végére **Bataaszék lakossága nagyrészt kicserélődött**. Így él ma együtt Bataaszék különböző helyekről származó népessége és közösen építi azt a települést, amely 1995-ben visszakapta városi rangját.

### A Nagyboldogasszony-templom

A több mint 100 éves templomunk az elmúlt évtizedekben többször is megújult. Az 1980-as években újjáépült a teljes tetőszerkezet, megújult a belső festés, az oltárok is. A szépen faragott padok és egyéb fatárgyak egy pécsi asztalos műhelyében készült művészi alkotások, amelyek anyaga tömör tölgyfa cirbolyafaragással és dús aranyozással. A templom belső festését egy szabadkai festőművész, **Blaskovits Bátor Mihály** műhelye végezte. A képek közül kiemelkedik a főhajó ablakai alatt elhelyezkedő apostol mellképsorozat és a főbejárat timpanonjának az Atyaistent ábrázoló freskóképe. Az oszlopfőkre kerubokat festettek, a szentélyt, illetve a keresztházakat díszítő hat képből álló festménysorozatot pedig **Krikler József** festőművész készítette.





**A templom belső tere. Számos helyen jól láthatók a különböző növényeket ábrázoló stilizált díszítések**

Külön figyelmet érdemel a templom orgonája, amelyet a pécsi Angster cég készített. 2200 darab síp alkotja: közülük a legnagyobbak 10 méter magasak, míg a legkisebbek fél hüvelyk nagyságúak, súlya összesen 100 mázsa.

A templom értékes üvegablakait *Walter Gida* budapesti műépítész, üvegfestő készítette 1915-ben. A középső három üvegablakra a szentháromság személyei kerültek.

Ezt a hatalmas építményt a plébános vezetésével a hívők minden korban igyekeztek megfelelően karbantartani. Ennek ellenére a gyakori beázások miatt a tornyot tartó gerendák olyan mértékben elkorhadtak, hogy a toronysisak stabilitása meggyengült, megdőlt és életveszélyessé vált. Az 1990-es években végzett vizsgálatok is figyelmeztettek a torony statikai problémáira, amelyek már akkor megmutatkoztak. A gondokról



**Az orgona**

szakvélemény, a szükségesnek tartott felújításról költségvetés készült, de a plébánia önerőből nem volt képes a munkákra, az egyházmegye pedig nem kapott támogatást, így a felújítás évről évre halasztódott.

### A gondoktól a megoldásig

A 2012 tavaszán újból elvégzett statikai vizsgálat során kiderült, hogy a torony állapotja rosszabb, mint amire számítottak, és sürgős beavatkozásra van szükség. A tartógerendázat fél év alatt 12 centimétert süllyedt. A templom környékét a lakók

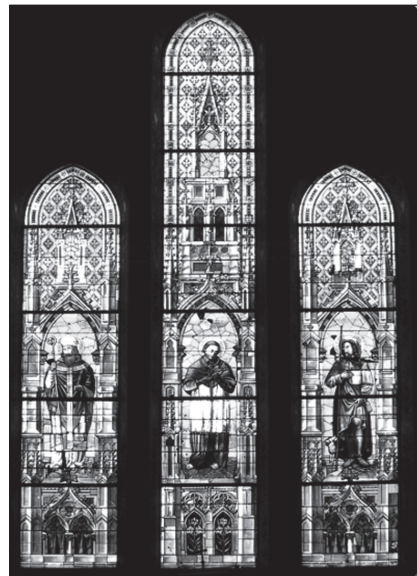
biztonsága érdekében le kellett keríteni és a harangot sem kongathatták már meg. A felújítás becsült költsége továbbra is messze meghaladta az egyházközség kereteit, ezért a munkát ismét el kellett halasztani. Az egyház pályázatot nyújtott be a torony megerősítésére, a város pedig gyűjtést kezdeményezett azért, hogy a pályázathoz szükséges önerőt finanszírozzák. Sajnos a pályázaton nem sikerült nyerni. Tovább súlyosbította a helyzetet, hogy 2012 őszén egy villámcsapás miatt túlfeszültség ke-

letkezett az elektromos rendszerben, ami károsította az elektromos berendezéseket, többek között a riasztót, az orgonát, a harangvezérlést stb. A templom fenntartása nehéz feladattá vált, melyet a nem várt kiadások tovább nehezítettek. Az egyházközség ezért a helyi lapban, illetve különböző fórumokon kérte a lakosság, illetve egyéb támogatók további segítségét, miközben egyre sürgetőbbé vált a veszélyes állapot megszüntetése. 2013 januárjában végül sikerült ideiglenesen egy vasszerkezettel belülről megerősíteni a tornyot, így a közvetlen életveszély elhárult. Ennek a mintegy 25 millió forintos költségét a pécsi egyházmegye vállalta. A felújítás tervezése folyamatban volt, közben a város polgárai, a Bátaszékről elszármazottak (sokan Németországból is), a besigheimi testvérváros diákjai és más támogatók is gyűjtésbe kezdtek. Sajnos pályázati forrásokra továbbra sem lehetett számítani, de a város szerencsére nagyon sok külső segítséget és támogatást kapott. Például a pécsi Liszt Ferenc Zeneakadémia diákjai összefogva jótékonyági koncertet szerveztek Pécsen a templomunkért, a besigheimi diákok pedig saját készítésű süteményeket árultak Besigheim utcáin, hogy a befolyt összeget templomunk felújítására adományozzák. Hihetetlen és megható volt ez a hatalmas összefogás!

Időközben az újabb vizsgálatok megerősítették, hogy a belülről megtámasztott torony ugyan közvetlen veszélyt már nem jelent, de a faszerkezete annyira elkorhad, hogy felújítása

nem lehetséges. Egyetlen megoldás maradt: a bontás és új torony építése. A szakemberek javaslatára a több mint 30 méter magas tornyot 2014 áprilisában 55 millió forintos költséggel lebontották. „*Döbbenetes, fájdalmasan szívbemarkoló élmény volt, még akkor is, ha tudtuk, hogy elkerülhetetlen.*” – mondta *Udvardy György* megyéspüspök. A tornyot 6 méteres darabokra vágták és daruval egyenként emelték le és bontották szét a földön, majd a helyét egy ideiglenes tetővel zárták le.

A homokkődíszeket sajnos nem sikerült sértetlenül leemelni, ezért restaurálni kell őket. „*Rövid időre hozzá kell szoknunk a látványhoz. Városunk jelképe, templomunk egy időre torony(sisak) nélkül marad.*” – jelentette be a Pécsi egyházmegye püspöke. Ezt követően a templom déli bejáratát megnyitották, így a szakrális hely ismét használhatóvá vált. Az utolsó munkafázis a toronysisak újjáépítése és visszahelyezése lett volna, amelyhez akkor még a fel-



**Festett üvegablakok**

ajánlott pénzadományokkal együtt sem állt rendelkezésre a szükséges fedezet.

Az új toronysisak tervezése a leemelt sisak pontos felmérése után kezdődhetett el. Az építés idejére a templomot ismét lezárták. Az új toronysisak elemeit a munkások a templom előtti téren szerelték össze.

### „Omega Oratórium” a bátaszéki templomban

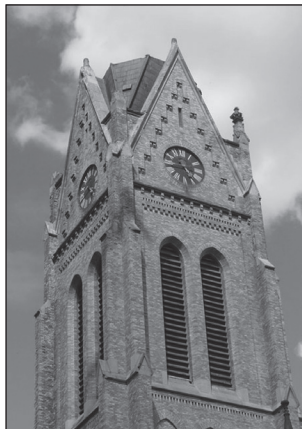
A torony elbontásakor a rézborításon, illetve egyes faelemeken, zsindeleken az egykori templomépítők kézjegyeit találták meg a bontást végző szakemberek. Így találtak rá *Kóbor Ignác* kézírására

### „Omega Oratórium” a bátaszéki templomban





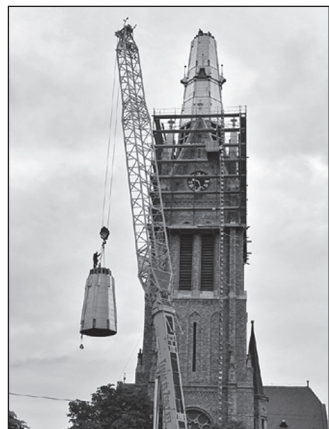
**Szükségessé vált a torony bontása**



**Torony nélkül**



**A közbenső sisakelemek**



**A torony feldaruzása  
(Makovics Kornél felvételei)**


is, aki a bátaszéki születésű Kóbor János (az Omega együttes frontembere) egyik felmenője volt. Innen jött az ötlet, hogy egy jótékonysági koncertre kérjék fel az együttes tagjait, akik tavaly augusztusban örömmel tettek eleget a felkérésnek. Az „*Omega Oratórium*” névre keresztelt koncert szervezői a torony nélkül maradt templomban várták az érdeklődőket. A produkcióban a zenekar tagjain kívül az óbudai Danubia Szimfonikus Zenekar és a nyíregyházi Cantemus Vegyeskar is fellépett. A szervezőket is meglepte, hogy a közel 1500 néző pillanatok alatt zsúfolásig megtöltötte a templomot. A hangverseny első fellépője *Zsikó Zoltán* népdalénekes, a zeneművészeti egyetem hallgatója volt az Omega együttes „*Fegyverkovács balladája*” című számával, melyet orgonakísérettel adott elő. A koncert páratlan sikert aratott, hiszen az Omega együttes – templomi előadásra átdolgozott – legendás dalait eddig még senki nem hallhatta, különösen nem ezerötszáz ember énekével „*megtámogatva*”. Eközben a restaurátorok is végezték a feladatukat, és a toronyban levő homokkő épületdíszeket felújították. Ez utóbbira azért volt szükség, mert a toronysisak felhelyezésénél az épületdíszeknek tartószerepük is van. Ha ezeket nem javítanák meg, akkor beázási pontokat jelentenének a későbbiek során. Mivel műemlék épületről van szó, a munkák megkezdése előtt sokféle engedélyt is be kellett szerezni, többek között az Országos Műemlékvédelmi Tervtanácsnak is jóvá kellett hagyni a terveket. Az engedélykészerzése kisebb csúszást is eredményezett a munkák során, így a tervezett időpont helyett október végére várható a kivitelezési munkák befejezése. A toronysisak földön elkészített hat elemét – ahogy a lebontás esetében is történt – óriásdaruk segítségével emelték a helyükre.

A toronysisak teljesen új építmény, de formája, méretei megegyezők a lebontott szerkezetével. A felújítás részeként a homokkődíszeket restaurálták. A sisak elemeinek felhelyezését követően még nagyjából 2–3 hét szükséges az összeszerelési munkákhoz, amelyek most is folynak. Az új toronysisak végösszege várhatóan mintegy 200 millió forint lesz, amelyhez 2013-ban az Emberi Erőforrások Minisztériumától 30 millió forintot sikerült elnyerni, az adományokból pedig közel 15 millió forint gyűlt össze. A beruházáshoz szükséges fennmaradó részt a Pécsi egyházmegye biztosította.

#### A torony utómunkálatai



#### Befejezés

A bontási és újjáépítési munka Bátaszék minden lakója számára végig nyomon követhető volt. A hosszú ideig torony nélkül álló „csonka” templomunk szomorú látványt nyújtott, de nagy élmény volt számomra is végigkísérni a munkafolyamatot és napról napra látni, ahogy haladnak a munkálatok. Nem lehet szavakkal elmondani azt az érzést, amikor végre helyére került az utolsó toronyelem is a kereszttel... A helyi lakosok összefogásának és az önzetlen támogatóknak köszönhetően ismét jó állapotban és szép környezetben pompázhat a város fölé emelkedő gyönyörű templomunk. Jó volt látni és a mindennapokban tapasztalni azt az összefogást, amelynek eredményeképpen a településem arculatát markánsan meghatározó épület leglátványosabb része, a torony megújult. A helyi sajtóban *Bognár Jenő* polgármester és *Herendi János* plébános mondtak köszönetet mindazoknak, akik adományaikkal vagy valamilyen módon hozzájárultak a templom felújításához, amelynek sorsát, jövőjét nagyon sok ember tekintette szívügyének. 

*Az írás diákpályázatunkon a Természettudományos múltunk felkutatása kategóriában II. díjat kapott.*

#### Irodalom

- [1.] A Pécsi Egyházmegye ezer éve 1009–2009 (Szerkesztette: Sümei József)
- [2.] Kaczián János: Bátaszék története (1992)
- [3.] BÁTASZÉK Kisváros tájak és kultúrák találkozásában (Szerkesztette: Bátaszék Város Önkormányzata)
- [4.] Cikádor folyóirat archívuma (Bátaszék Önkormányzatának lapja)
- [5.] A római katolikus templom – Bátaszék honlapja
- [6.] A Duna mente katolikus templomai – Csa Tolna Egyesület honlapja
- [7.] Magyarországi kolostorok és templomok



# Sokszínű élet a Perőc-oldalon

GRÓB LÁSZLÓ

Gödöllői Református Líceum Gimnázium

**S**ok helyen hallani mostanság a biodiverzitásról és annak védelméről, megőrzéséről. A mai ember sokszor csak elsuhan a természet rejtett szépségei mellett, és nem gondol arra, hogy ez néhány év múlva mivé lesz. Ha nem őrizzük meg ezeket az értékeket, nem biztos, hogy megmaradnak. Vajon a következő nemzedékek is meg tudják-e majd csodálni a természet azon kincseit, amelyek úgy vesznek körül minket, hogy észre se vesszük azokat?

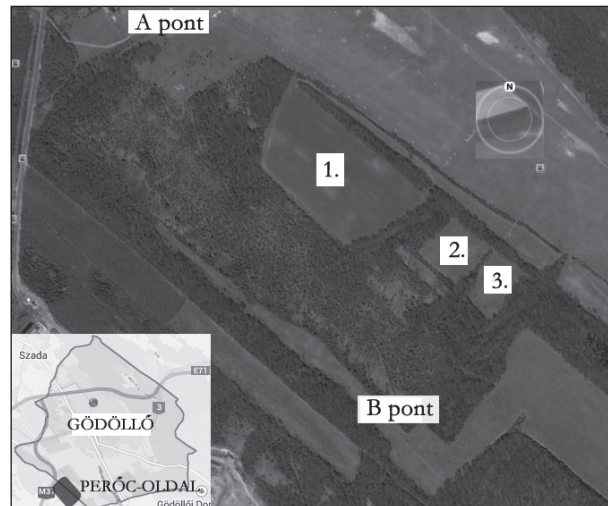
A biológiai sokszínűség változását, csökkenését okozó hatások vizsgálatát bárki elvégezheti. Ehhez elegendő, ha lakóhelye mellett talál egy olyan területet, ahol korábban természetközeli gazdálkodás folyt, legeltetés, kaszálás stb., majd a társadalmi változások, az urbanizáció miatt ezzel felhagytak. Ilyen területet Gödöllő mellett találtam, a Perőc-oldalt, ami valaha községi legelőterület volt, a környékbeli gazdák egy közösen fogadott juhászt alkalmazva itt legeltették állataikat. 1933-ban a Perőc-oldal volt az egyik helyszíne a Gödöllőn megrendezett cser-



1. ábra. Fekete kökörcsin

kész-világtalálkozóknak. Manapság a fekete kökörcsin (1. ábra) jelentős állományának is köszönheti ismertségét, védettségét.

Mi fogad minket ma a területre érve (2. ábra)? Legelésző birkák kolompolása helyett felszálló repülőgépek motorzaja. Az egykori legelő lankáit vendégmarasztaló galagonyás borítja, amelyben az egykor használt út a semmibe vész. A Perőc-oldal legnagyobb hosszúsága 990 m és átlagos szélessége 440 m. A 43,5 hektáros terület löszel és homokkal borított talaját száraz és félszáraz gyep, cserjések (főként galagonya) és lassan erdőszülő foltok borítják. [1] Az egységes legelőt három szántónak



2. ábra. Légifelvétel és térkép a területről

használt rész töri meg. A 2. ábrán halványan látható az A és B végponttal jelölt, a beerdősülés miatt ma már járhatatlan út. A területen felgyorsította a szukcessziós folyamatot az egyre alább hagyó, mára pedig teljesen megszűnt legeltetés.

A terület 2004-ben Natura 2000-es minősítést kapott. Az Európai Unió által létrehozott Natura 2000 olyan összefüggő európai ökológiai hálózat, amely a közösségi jelentőségű természetes élőhelytípusok, vadon élő állat- és növényfajok védelmének keresztül biztosítja a biológiai sokféleség megővését, és hozzájárul a kedvező



3. ábra. Homoki szalmagyopár

természetvédelmi helyzetük fenntartásához, illetve helyreállításához. [2] A terület Natura 2000-es minősítését elősegítette 2001-ben a Vácrátóti Botanikus Kert, valamint a Gödöllő Dombvidék Tájvédelmi Körzet munkatársai által elvégzett növénytársulástani felmérés. [1]

De mit is takar a biodiverzitás? Milyen ismeretekkel kell felvérteznie magát annak, aki a címben említett sokszínű élettel, annak megőrzésével szeretne foglalkozni? Természetesen ismernie kell az adott területen található élőlényeket, vagyis rendelkeznie kell rendszertani előismeretekkel. Fel kell fedeznie a fajokat és az őket körülvevő környezet kölcsönhatását, vagyis ökológiai szemlélettel is rendelkezniünk kell. Nem árt, ha genetikai, természetvédelmi, mezőgazdasági, és erdő-

szeti ismereteink is vannak. Bátran kijelenthetjük ezek után, hogy a biodiverzitás rendkívül nehezen kutatható, ám annál érdekesebb tudományterület. [3]

A biodiverzitás az életjelenségek többféle szintjén is vizsgálható. Itt beszélhetünk genetikai, taxon és ökológiai diverzitásról is. [3]

A sokszínűség nyomon követhető az örökítő anyag molekuláiban, így beszélhetünk genetikai diverzitásról. Ez a fajon belüli sokszínűségről, vagyis egy tulajdonság (gén) változásainak felméréséről és vizsgálatáról szól. [3]

A következő fokozat a taxondiverzitás: ami egy területen, lehetőleg azonos társulásban megtalálható élőlények rendszertani sokféleségét vizsgálja. Jelen kutatásom során főként ezzel foglalkoztam.

Végül, de nem utolsósorban elkülöníthetünk ökológiai diverzitást is, ez a társulásokat létrehozó populációk közötti kölcsönhatások sokrétűségével horizontális és vertikális tagolódással, valamint ezek időbeli változásának sokszínűségével foglalkozik. [3] Az ökológiai sokszínűség lehet funkcionális, ami a területen található élőlényeknek az ökoszisztémában betöltött szerepét, kölcsönhatásaik számát vizsgálja, és lehet szerkezeti, amely a társulások ökológiai fülkéinek számával arányos.

A taxondiverzitás matematikai vizsgálatát a Shannon-függvény teszi lehetővé:

- $Sp_i \lg p_i$ .

A képletben a  $p_i$  az adott faj relatív gyakoriságát jelenti, ami egy 0 és 1 közötti szám lehet. A gyakoriságot megszorozva annak tízes alapú logaritmusával negatív számot kapunk, ezért praktikus okokból az ösz-



4. ábra. Agárkosbor

szesített eredménynek a mínusz egyszerezését vesszük. A taxondiverzitás szélsőséges esetekben akár nulla is lehet, ha a vizsgált területen egyetlen fajt találunk ( $p_i = 1$ ). A másik szélsőséges eset az, amikor a vizsgált területen megtalálható összes élőlény más-más fajhoz tartozik. Ebben az esetben az összes fajra igaz, hogy relatív gyakoriságuk egyenlő és minimális nagyságú, ezért ennek a mínusz egyszeres logaritmus (mivel a taxondiverzitás egynél kisebb szám) maximális. [3]

A sokszínűséget azonban nem lehet csupán matematikai úton kimutatni, hiszen sok egyéb tényezőt (pl. az előforduló fajok természetvédelmi értékét) nem vesz számításba a Shannon-képlet. Ugyanígy a terület jelenlegi állapotát sem képes pontosan jelezni, hiszen a búzavirág és a mindenütt előforduló parlagfű és akác is egyel növeli a fajok számát. Megfigyeléseim alkalmával próbáltam figyelembe venni a fajok által képviselt értékeket is.

A terület vizsgálata során a tavaszi aszpektust 10 naponként felkerestem, és az általam megfigyelteteket összevettem a 2001-ben elvégzett társulástani felméréssel. Figyelmemet elsősorban az indikátorfajok, valamint a védett fajok megtalálására összpontosítottam. A több mint egy évtizedes elvégzett felméréshez hasonlóan megtaláltam az összes védett növényt a területen, amelyek aránylag kis százalékát (~5%) adták az egész növényállománynak, de sok helyen fellelhetőek voltak a terület bejárása során. Különösen gyakori volt a homoki árvalányhaj, a dunai szegfű, a homoki szalmagyopár (3. ábra) és a borzas len. Továbbá foltokban megtalálható volt a tavaszi hérics, a nagyzezerjófű, a söm-

rös és agárkosbor (4. ábra), valamint a Janka-tarsóka (5. ábra), és a már említett fekete kökörcsin (1. ábra).

A 2001-ben elvégzett felmérés fajlistájának segítségével részletesebb képet alkothattam a terület változásáról, a degradáció mértékéről és a szukcessziós folyamat sebességéről. A területen talált 251 növényfajt természetvédelmi értékeik alapján rendeztem, majd borítási arányukat összesítettem (1. diagram). [4] (Az értékek százalékban értendők.)



5. ábra. Janka-tarsóka

E terület érdekessége, hogy növényfaunája alapján a Natura 2000 egyetlen élőhelytípusába se lehet egyértelműen kategorizálni.

A leggyakoribbak az úgynevezett kísérőfajok voltak, melyeknek képviselői például az egybibés galagonya (6. ábra), az édeslevelű csüdfű, a magas gubóvirág (7. ábra). Ez utóbbi indikátornövény, jelzi a terület háborítatlanságát, ami – habár csak helyenként fordul elő – pozitív jelnek tekinthető. Hasonlóan jelző növény a homoki pimpó, ami az egykori legeltetést bizonyítja.

Továbbá magas a természetes zavarástűrők és a gyomnövények aránya. Ez az arány szintén az egykori legeltetés bizonyítéka, a terület egyes részein megfigyelhető e növényfajok rendkívül magas aránya, feltehetőleg az állatok régi

delelőhelyei. Ilyen területet találtunk a repülőtér hangárjai felett. Ezekeken a talaj magas nitrogéntartalma miatt megjelennek a nitrogénkedvelő növények, például a nagy csalán, a földi bodza és a ragadós galaj, de jellemzően megváltozik a gyeper színézete is, kirajzolva így a juhnyáj egykori pihenőhelyét (8. ábra). Az egykori delelőterületet a raklap környékén lehet látni.

Megemlítendőek továbbá az állományalkotó fajok, ide tartoznak többek között egyes sásfajok, a karcsú fényperje és egyéb nem védett füvek, továbbá a tölgyfajok (cser- és molyhos tölgyek). Pionír növényekből összesen hat fajt tartanak számon, többek között a terjőke kígyósziszt és a sármányvirágot. Valószínűleg a terület nyílt sziklagyep jellege miatt jelenhettek meg. Nem jelentős ugyan, de érdemes megemlíteni egy adventív fajt is: a kanadai aranyvesszőt. Bár a dombvidék sajnos jelentős mértékben fertőzött ezzel a fajjal, a Peróc-oldalon szerencsére csak a terület felső részén (2. ábra, B pont környékén) találkozunk aranyvesszővel.

Kutatásom során nem tapasztaltam jelentősebb eltérést a 13 évvel ezelőtti feljegyzésektől. Egyedül a cserjés (főként galagonya, elvétve boróka, vadkörte, akác, sóskaborbolya, vadrózsa) terjeszkedett viszonylag nagymértékben. E folyamat dinamikájáról kaptam részletesebb képet a területen előforduló cserjék évgyűriinek vizsgálatával. Fűrészszel vágtam ki az említett növényeket, több helyen mintát véve, a statisztikai adatgyűjtés folyamatának megfelelően. (Előzőleg engedélyt kértem a Gödöllő Dombvidék Tájvédelmi Körzet munkatársától.) Azt a következtetést vontam le, hogy a legfrissebben megjelent cserjék (szinte kizárólag egybibés galagonyák) átlagosan 6,5 évesek, ami megerősíti a

6. ábra. Egybibés galagonya







7. ábra. Magas gubóvirág

legeltetés felhagyásáról ismert adatokat. A galagonyák egy másik része jóval idősebb (~50-60 éves) volt, ezeket feltételezhetően a terület tagolása céljából sávosan telepítették. Sokkal régebben van jelen a foltokban megtalálható közönséges boróka, aminek a juhok jelenléte kedvezett, hiszen a záródó erdő leárnyékolását nem viseli el, így a szukcesszió során eltűnik a területről. Az akác gyors ütemű terjedése a területet tagoló mély horhosok felől indult meg, nagyjából 11-12 éve bukkant fel a vízmosásokból.

A területen megfigyelhető szukcessziós folyamat záró társulása a mérsékelt éghővre jellemzően a lombhullató erdő lesz. E folyamat kezdeti szakasza néhol már megfigyelhető, néhány fafaj, főként csertölgy megjelenésével. Ez egyirányú változás, amelynek során a folyamatosan betelepülő élőlények megváltoztatják a környezeti feltételeket, ami további vál-



8. ábra. A juhnyáj egykori pihenőhelye

tozásokat okoz. A területen fellelhető vegetáció egy, a dombságok határvidékére jellemző élőhelytípust alkot, a Natura 2000 besorolás szerint a szubpannon sztyepp, illetve a pannon homoki gyep egyaránt jellemző a Perőc-oldalra [5]. Sok jellemző faja eltűnhet a szukcessziós folyamat során, ami elkerülhetetlenül az ökológiai diverzitás csökkenéséhez vezet.

A folyamat megállításáért, illetve visszafordításáért tett intézkedések közül a legegyszerűbb megoldás a területen való újbóli legeltetés lenne, ami sajnos nem megoldható a gazdasági körülmények miatt. A jelenleg egyetlen kivitelezhető megoldás a cserjeirtás, ami azonban még nem kezdődött meg a birtokviszonyok rendezetlensége miatt.

Továbbá a területen megfigyelhető egy ellentétes folyamat, amiért legnagyobb részt a terület melletti repülőtér, és az emellett eltörpülő autóforgalom a felelős.

Ezeken a helyeken nőtt a biodiverzitás a mesterséges beavatkozásnak köszönhetően, de ez újabb természetvédelmi problémákat von maga után.

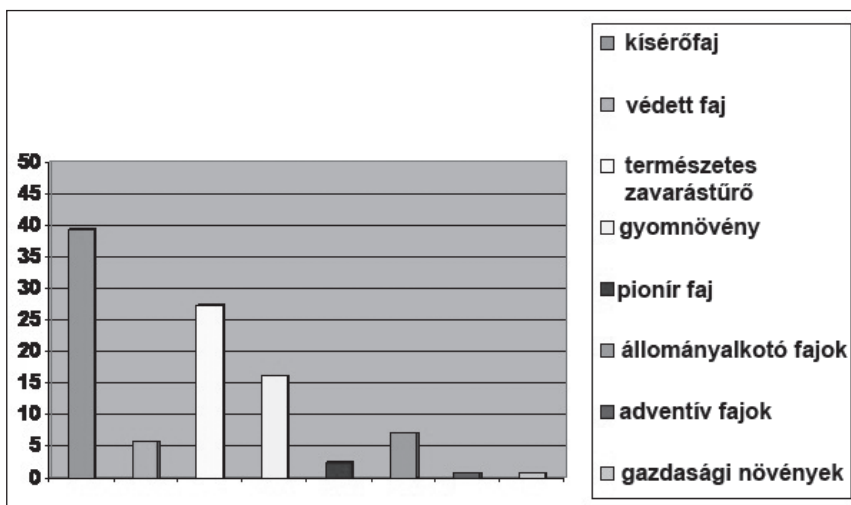
Remélem, képesek leszünk megőrizni e táj szépségét, változatosságát, hogy felüdülést nyújtson a mai rohanó világunkban az embernek. ☞

#### Köszönetnyilvánítás:

*Köszönettel tartozom a munkámat nagyban elősegítő Szénási Valentinnak, a Gödöllői Tájvédelmi Körzet munkatársának, és felkészítő tanáromnak, Horváth Zsoltnak, aki nélkül a pályázat nem születhetett volna meg, végül Czeglédi Noéminek, a Gödöllői Városi Múzeum munkatársának, aki szintén sokat tett azért, hogy e cikk létrejöhesse.*

*Az írás diákpályázatunkon az Önálló kutatások, elméleti összegzések kategóriában III. díjat kapott.*

1. diagram



#### Irodalom

- [1] Virágh, K. – Kun, A. – Aszalós, R. – Krasser, D. (2001): A Gödöllői Dombvidék Tájvédelmi Körzet és a bővítésre tervezett területei erdőssztyepp mozaikjainak botanikai és természetvédelmi felmérése és értékelése. Vácrátót, MTA-ÖBKI
- [2] <http://www.termeszetvedelem.hu/?pg=menu> 2090; letöltve: 2014.5.15.
- [3] Standovár, T. – Primack, R. B. (2001): A természetvédelmi biológia alapjai. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- [4] <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/novenytan-novenytan/ch23s18.html>; letöltve: 2014.10.27.
- [5] Haraszthy L. (szerk.) (2014): Natura 2000 fajok és élőhelyek Magyarországon. Pro Vértes Közalapítvány, Csákvár

# A kőbányai víztározó története

SOFTIC NÓRA

Zrínyi Miklós Gimnázium, Budapest

**A**zért választottam ezt a témát, mert iskolám és a víztározó is Kőbányán található. Ezen kívül maga a víztározó is lenyűgöző, így érdekelni kezdett a története.

A víz nélkülözhetetlen és pótolhatatlan eleme az életnek. Mivel még manapság is tapasztalható a vízhiány a Föld egyes területein, nem szabad pocskolnunk a vizet, ami kiváltság számunkra. A régebbi időkben is fő szempontnak számított, hogy ivóvíz közelébe települjenek le az emberek. A Duna mellett élőkkel is ugyanígy volt ez. Erről tanúskodik több kőkori és bronzkori lelet is. Már Krisztus előtt is létezett egy város, kelta nevén Ak ink (Bő víz). A város fejlődése igazán csak a II. században, a rómaiak megjelenése után indult meg. A város latin neve Aquincum volt, ahol több mint hatvan ezer ember élt. Egy ilyen nagy létszámú lakosság ellátása komoly feladat volt, fontos mechanikai berendezéseket igényelt. A rómaiak a vizet a forrásokból és a hegyoldalból fakadó forrásvízből gyűjtötték össze, és ólom- vagy agyagcsövekben, gravitációs úton továbbították, majd csatornákon keresztül szállították különféle irányokba. Háromfelé ágazott a víz: a közutakat, fürdőket és a magánházakat látták el vízzel. Ezt aqueductus-hálózatnak hívták.

Ennek a vezetéknek egy szakasza rekonstruált állapotban térségünk legrégebbi vízvezeték-emlékének számít. A római kori vízellátó rendszer mintegy 300 évig működött, de a népvándorlás következtében rengeteg pusztítás érte.

Az Árpád-korban is működni kellett valamilyen vízellátásnak, erről azonban csak 1416-ból található az első írásos emlék. Buda ekkor már királyi székhely volt. Egy dokumentum szerint Zsigmond király 1000 rajnai forintot fizetett egy csökövácsnak, amiből a Duna szűrt vizét járgánnyal hajtott szivattyú segítségével felvezette a várba. Mátyás király idejében a város részére 1746 után épült vízvezeték, itt érdekes módon a „római rendszert” alkalmazták, azaz a csörgők állandóan folytak, nem zárták el, és nem tárolták a vizet. Ebben az időben pedig már a rendszerben medence; az Orbán-téren, a Vári medence építésekor fedezték fel a középkori „nyomáscsökkentő” medence maradványait. Ha létezett is a nyomáscsökkentő medence, a nyomás akkor is elég nagy volt, körülbelül 8 bar. Ez komoly teherbírást követelt a csökötések és a vezetékek anyagától, emellett szükség volt felkészült szakemberekre is.

A rendszer kitűnő minőségű forrásvizet szolgáltatott, de a város vízigényét nem elégítette ki. A török időkben is tovább működött,



Vízfordó

ám jelentős fejlődés nem történt, ők inkább a fürdők építését, fejlesztését hajtották végre. A budai vár 1686-os visszafoglalásánál az ivóvízrendszer tönkrement. Az is feltehető, hogy az ostromlók szándékosan tették tönkre, stratégiai okokból. Egy XVII. századi feljegyzésből kiderül, hogy a középkorban Pestnek is volt vízvezetéke, a Ludovika téren lévő Illés-kút tiszta vizet vezették a városba.

Buda 1686-os visszafoglalása után kezdődtek el az újjáépítések, beleértve a vízellátás helyreállítását is. Az 1700-as évekre sikerült helyreállítani és üzembe helyezni az Ulászló-kori vízművet. 1688-ban *Everling Eberhardt* katonai orvos javaslatot tett az elpusztult svábhgyi rendszer újjáépítésére, a munkálatok csak 1718-ra fejeződtek be. A városkutak az ő emlékének tiszteletére nevezték el Doktor-kútnak. A Zsigmond-kori vízmű helyreállítása 1750-ben a nagyszabású palotaátépítéssel egy időben zajlott, a vízművet a kor legkiemelkedőbb tehetsége, *Mikovinyi Sámuel* mérnök rekonstruálta a régi helyén, de új szerkezettel. 1777-ben megkezdtek a három vízmű megnagyobbítását és korszerűsítését. Ennek főbb okai, hogy II. József császár Budára helyezte a kormányhatóságokat, bár a város már a török kiűzése óta főváros volt, és ténylegesen ez lett az ország

Vízfordás Pesten 1840 körül



igazi kormányzati központja. Így újabb feladatok ellátása vált szükségessé. A híres feltaláló, *Kempelen Farkas* feladata volt, hogy megújítsa a dunai vízmű szivattyút.

A XIX. századra fokozottabbá váltak a budai vízellátási problémák, kisebb intézkedések és munkálatok történtek, de semmi érdemleges, emellett a lakosság száma is megsokszorozódott, a panaszok pedig egyre csak fokozódtak. A pesti oldalon nem volt vízvezeték a török hódoltság óta. Az Illés-kút és vezetékei helyreállításáról is szó volt, ám ez egy ilyen nagy lélekszámú és gyorsan fejlődő városnak még így sem lett volna elegendő. A fő probléma

itt nem a vízhiány volt, hanem, az hogy a keletkező szennyvíz elvezetésére nem volt megfelelő csatornahálózat. Nagy gondot jelentett, hogy mindenütt az állattartással járó trágyadombok voltak, amelyek szintén szennyezték az ivóvizet, így ez visszatérő járványokat okozott. 1854-ben volt egy súlyos kolerajárvány. Ennek hatására inkább a még tiszta Dunából származó vizet áruoltak lajtos kocsival ivóvíz gyanánt.

Rengeteg terv készült és sokan jelentkeztek a vízmű megépítésére, ám pénzhiány miatt ezek nem valósultak meg. *Bürgermeister Antal* volt az, aki „áttörést” ért el a geológiai feltárásoknál és a minőségi vízterületek felkutatásában. Fontosnak tartotta felmérni a „helyi viszonyokat, mert csak így lehetett szerinte sikeres egy vízvezetési építkezés”. Ezzel jelölte ki a fejlesztési irányokat. 1856-ban vették üzembe a budai nagyvárosi vízművet, így ez volt az első kísérlet a „közüzemi vízellátásra.”

A vízmű, amely a vár vízellátásáért volt felelős, az *Ybl Miklós* által tervezett épületben kapott helyet. Itt valósult meg az első gőzüzemű szivattyúzás. Itt jegyezték fel először vízvesztési adatokat, a hálózatba táplált víz 80 százaléka kárba ment. Az általános értelemben vett közüzemi vízellátás azonban üzleti kérdések miatt elhúzódott, a részvénytársaságokat nem sikerült megalapítani, voltak, akik városi vállalatként akarták létrehozni és üzemeltetni a vízművet. Azonban 1866-ban újabb kolerajárvány tört ki, így ez sürgetővé tette a vízmű megvalósítását.

1867. szeptember 24-én a városi közgyűlés úgy döntött, hogy a vízműveket közközlésen építteti meg, és házilag üzemelteti, ezzel egy híres szakembert bíztak meg. A munkát *William Lindley* kapta meg, aki 1868. január 20-án érkezett Pestre. Lindley elkezdte tanulmányozni a vízellátási lehetőségeket, és február 1-jén





**William Lindley (1808–1900)**

javaslatot tett. Mellette feltűnik még *Wein János*, aki 1869-től segédkezett a tervezésben és az építésben. Lindleyvel ellentétben, Wein a természetes szűrés híve volt. Lindley mesterséges szűrésű vízmű építését ajánlotta Pesten, mivel az általa épített eddigi vízművek is mesterséges szűrésűek voltak. Emellett javasolta Kőbányán egy nagy gyűjtőmedence megépítését.

A rendelkezésére álló összeg és Bürgermeister érvelése miatt az olcsóbb, ideiglenes megoldás a kutas víztermelés megépítésére vállalkozott. A város vízigénye napi 1850 köbméter volt. Lindley 9100 köbméteres kapacitással tervezte és építette meg a vízművet, a mai parlament helyén, a Flotillenplatzon. Az építkezés 5 hónapig tartott, ám ez nem befolyásolta a minőséget, ami szintén kifogástalan lett, a mai napig jól működik. Egy időben épült ekkor:

– a flotillenplati vízmű a víznyerő galériával és a gőzgépes szivattyúzással;

– Kőbányán téglából a 2×11500 köbméteres medence, amit olasz kőművesmesterek irányításával építettek meg;

– a fővezeték és a fogyasztókat kiszolgáló elosztóhálózat.

Bár Pest, Buda és Óbuda ekkor még nem egyesült, azonban innen számítjuk a Fővárosi Vízművek fennállását. Ám az ideiglenes vízmű nem úgy vált be, ahogyan azt remélték. A

### Kőbányai medenceépítkezések



vízmű nagy összeget emésztett fel, de mivel a fogyasztók száma növekedett, egy idő után kénytelenek voltak a Duna vizét keverni az ivóvízzel, ami a víz minőségének jelentős romlását okozta. Ezután Lindley a sajtó cél-táblája lett, és a szakemberek is ellene fordultak. 1872 nyarán vizsgálat indult, amelynek során a Vízvezetéki Bizottmány maga elé idézte Lindleyt. A Bizottmány előtt Lindley egy általa 1868-ban összeállított nyomtatványt mutatott be.

A Bizottmány tagjait igazán kellemetlen meglepetés érte, mivel minden úgy történt, ahogyan az a jelentésben volt. Ez arra engedett következtetni, hogy nem olvasták el a jelentést, amit viszont senki sem vallott volna be. E dokumentumnak köszönhetően Lindleyt felmentet-



### A kőbányai víztorny

ték a természetes szűrés „vádja” alól.

Az 1890. augusztus 10-i kőbányai újság egy halálesetről tudósított, amely a víztározónál történt: egy asszony holtestére bukkantak. Felmerült a kérdés, hogy mennyire is felügyelik az emberek számára való ivóvizet, ha egy halott kerülhetett a medencébe.

Az igazgatóság víztisztítást rendelt el, amit az emberek joggal találtak furcsának, mivel a lakosság külön kérésére sem szoktak elrendelni víztisztítást, így az érthetetlennek tűnt. Az 1905. október 15-i kőbányai újságban megjelent a kőbányai vízmű elkészültéről szóló hír, ami arról számol be, hogy a kőbányai vízműtelep első medencéjét Lindley angol mérnök építette 1867-ben. Az újság beszámol még két medencéről és a harmadik medencéről, ami akkor épült meg Zielinszky Szilárd mérnök tervei szerint.

Említést tesznek a 31 méter magas víztornyról, amely 1903-ban épült, hogy a vizet a medencéből szivattyúzzák át ebbe. A víztorny tetőjén van a 350 köbméter vizet befogadó medence, a két régebbi medencéből szivattyúzzák át a vizet ebbe. Az alacsonyabb helyeket a két medence látja el vízzel, a magasabbban fekvőket viszont a kőbányai



### A kőbányai víztározó szökőkútja

medence. A víztornyot azonban a későbbiekben felrobbantották, mert az építkezések útjában volt, és már használaton kívüli is volt. A cikk említést tesz még a gellérthegyi medencéről is, amely kicsivel magasabb, mint a kőbányai.

1968. december 22-én felrobbantották a víztornyot. A víztornyra is lényegében a vízellátás miatt volt szükség, hogy Kőbánya magasabb területein élőkhez is eljusson a víz. Mivel a torony igen magas volt, kilátóvá is át lehetett volna építeni. Érdekeség, hogy a kőbányai telep egy arborétum területén van, ahol különböző növények és ritka rovarok fejlődhetnek ki a hely érintetlensége és a víz hatására.

Az építkezések 1970-ben zajlottak, bővítésként szolgáltak a már meglévő medencéhez. A bővítés során 4 egyenként 5000 köbméteres medence került a víztorny helyére.



### A kőbányai víztározó

A víztározó igazán impozáns, lenyűgöző látványt nyújt szemlélői számára. A szökőkutak gyönyörű díszítő elemei a helynek, ezeken keresztül töltődik fel a víztározó.

A vizet napjainkban is a víztározókból nyerjük, a Duna megtisztított vizét isszuk, ami fűrt kutakon, különböző vezetékeken és vezeték-hálózatokon keresztül jut el hozzánk, fogyasztókhoz.

(Forrás: *A Kőbányai Helytörténeti Múzeum anyaga*)

*Az írás diákpályázatunk Természettudományos múltunk felkutatása kategóriájában különdíjat kapott.*

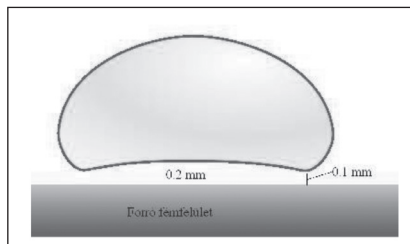
# Táncoló vízcseppek

VERES KINCSŐ

Bolyai Farkas Elméleti Liceum, Marosvásárhely

**K**épzeljünk el egy fizikust, aki védőfelszerelés nélkül forró, olvadt ólomba mártja a kezét, és sérülések nélkül teszi ezt. Hogyan lehetséges ez? Van e tudományos magyarázata?

Sok tudós figyelt meg ehhez hasonló jelenséget, és szerettek volna magyarázatot kapni rájuk. Idővel rájöttek, hogy minden ilyen jelenségre a magyarázat a Leidenfrost-jelenség,



1. ábra. A forró fémlapra cseppentett víz „táncol” a felületen

amit 1732-ben Herman Boerhaave figyelt meg elsőként, de tanulmányozója Johann Gotlob Leidenfrost német doktor és teológus volt, aki először az 1756-ban kiadott „Ertekezés a közönséges víz néhány tulajdonságáról” című könyvében írta le a jelenséget. Később róla nevezték el a Leidenfrost-tünetet is. Felfedezése után hosszú ideig nem foglalkoztak a jelenséggel, de ahogy fejlődött a technológia, egyre fontosabb szerepet kapott. Így részletesebb leírásokat az 1990-es évektől napjainkig publikált dolgozatokban lehet találni róla.

## Miről is szól a jelenség valójában?

Azt mutatja be, hogy ha vizet (vagy bármilyen más folyadékot) cseppentünk egy forráspontjánál jelentősen melegebb fémfelületre, akkor

A felület anyaga	Leidenfrost-pont(°C)
Ezüst	157
Grafit	310
Bronz	222
Réz	250
Rozsdamentes acél	280-310
Alumínium	235
Arany	<184

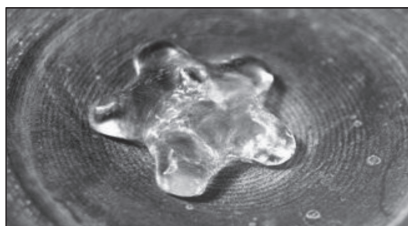
2. ábra. Néhány fém Leidenfrost-pontja

a vízcseppet egy gőzréteg veszi körül, ami hőszigetelőként viselkedik, és lassítja a folyadékcsepp forráspontra való hevülését, így annak párolgását is. Ennek következtében a víz hosszabb ideig marad a forró fémfelületen, és lebeg 0,1 mm-re a felszíntől. Ezért van az,

hogy a forró fémlapra cseppentett víz egy ideig „táncol” a felületen (1. ábra).

A fémlap hőmérsékletének növelésével a vízcsepp élettartama előbb növekszik, majd csökkenni kezd. Azt a hőmérsékletet, ahol a legtöbb ideig marad meg a folyadék, Leidenfrost-pontnak nevezik, ami ebben az esetben (vízre nézve a szakirodalom szerint) 310 °C. Ez az érték függ a felülettől is. Ezekre néhány példát a táblázatban láthatunk (2. ábra).

A Leidenfrost-tünet fordítottja, amikor hideg vízbe 200 °C-os fémgolyót helyezünk, ami a vízcsepphez hasonlóan vizgőzt képez maga körül.



3. ábra. Forró fémlapon a nagyobb vízcsepp különböző formákat ölthet

Ha nagyobb vízcseppnél lép fel a jelenség, a vízcsepp elkezd rezegni, és különböző formákat ölthet. Ez azonban függ attól is, hogyan csepegtetjük a folyadékot. A 3. ábrán láthatunk egy képet erről.

Hogyan is hajtotta végre tehát a fizikus a mutatványát? A Leidenfrost-jelenségnél fellépő elméletet használva, a fizikusunk a mutatvány előtt gondosan vízbe áztatta a kezét, a lényeg ugyanis abban rejlik, hogy a forró ólomból a kézbe áramló hő a kéz felületén a víz elpárolgatatására fordítódik, a víz tetemes párolgáshője



5. ábra. Tűzön járás

pedig megvédi a kéz bőrfelületét a forró ólomtól. Természetesen a bemejtés is és a kéz kihűlése is a kellő gyorsasággal végzendő (4. ábra).

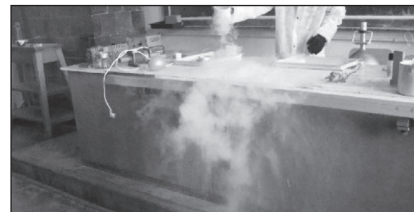
Egy másik példa a tűzön járás próbája: végsősétnél a frissen gereblyezett 600–700 °C-os parázsszönyegen. Sok elméleti fejtegetés és tudományos vizsgálat született arról, hogy

miért képes minden ember sértetlenül megtenni 4–5 lépést ilyen extrém hőmérsékletű felületen (5. ábra). Ennek tanulmányozá-



4. ábra. A víz párolgáshője megvédi a bőrt a forró ólomtól

sára 1930-ban a londoni egyetem fizikusai két tűzön járást is szerveztek. A vizsgálatok azt állapították meg, hogy a tűzön járásnak nincs köze a hűtés vagy a természetfeletti erőkhöz. A jelenség azzal magyarázható, hogy a fa hővezető képessége alacsony, a lábak és a parázs közti érintkezés ideje megfelelően rövid ahhoz, hogy megakadályozza az égési sérülés kialakulását a talpon.



6. ábra. A cseppfolyós nitrogén szobahőmérsékleten elpárolog

A Leidenfrost-jelenséghez hasonló reakcióval találkozunk a cseppfolyós nitrogén esetében is, amikor a folyékony nitrogén szobahőmérsékletre kerül. Mivel a cseppfolyós nitrogén légköri nyomáson -195,8 °C-on forr, ezért szobahőmérsékletű közegbe kerülve rögtön elpárolog (6. ábra).

Meghökkenítő mutatvány az is, ha folyékony nitrogént fúj ki a szájából a kísérletező anélkül, hogy a felforró nitrogén megégetné a száját.

A jelenség matematikai leírását a hővezetés egyenleteivel lehet elvégezni.

A hővezetés az energia térbeli terjedésének az a formája, amikor a hő egy közeg egyik – magasabb hőmérsékletű – részéből annak má-



sík része felé „áramlása” során a közeget alkotó részecskék elmozdulása nem számottevő, illetve rendezetlen. (Például az egyik végén melegített rúd másik vége is felmelegszik, az energia a rúd melegebb végétől hővezetéssel jut a másik végéhez.)

A szilárd testekben lejátszódó hővezetési folyamatokat a legtöbb esetben az okozza, hogy azok a felszíni hőmérsékletüktől eltérő hőmérsékletű folyadékkal (gázzal) érintkeznek.

Fourier törvénye szerint egy homogén testben a hőáram a csökkenő hőmérséklet irányába mutat, arányos a terjedési irányú, hosszegységnyi hőmérséklet-változással és az erre az irányra merőleges keresztmetszettel.

A jelenség tanulmányozására és szemléltetésére két aránylag egyszerű kísérletet lehet otthon is elvégezni, azonban ha pontosabb adatokat szeretnénk kapni, komolyabb műszerekre is szükségünk van.

### A víz és az alkohol Leidenfrost-pontjának meghatározása

A kísérletnél fellépő nehézségek, hogy pontosan kell mérni a hőmérsékletet, a vízcseppek térfogatát és az időt, ezért egy homokfürdőt kell készítenünk: egy fémlábost megtöltünk homokkal, amibe egy másik félgömb alakú edénykét és egy állványt állítunk, hogy rögzíthessünk egy higanyos hőmérőt. A hőmérő mérési tartománya 0–360 °C, a beosztásai 2 °C-onként vannak. A félgömb alakú rozsdamentes acél edénykébe pipetta segítségével de-ionizált vizet csepegtetünk. A vízcseppek élettartamát perccel és másodperccel is mutató stopperrel mérjük.

A kísérlet során a vízcsepp a hőmérséklet növekedésével egyre gyorsabban párolog el, majd egy adott hőmérsékleten fellép a Leidenfrost-tünemény, amikor a vízcsepp körül a magas hőmérséklet miatt vízgőzréteg keletkezik, és a vízcsepp lebegni kezd, majd a lebegő vízcsepp élettartama a Leidenfrost-ponton túljutva megint csökkenni kezd.

A kísérlet többször is elvégeztem, hogy mérési hibát tudjak számolni. Azonban mindig eltérő eredményeket kaptam, amíg nem stabilizáltam a vízcseppek nagyságát (egy pipetta segítségével a vízcseppeket egyenletesen tudtam csepegtetni, amelyek 0,05 ml térfogatúak voltak). Az eredmények a mérési táblázatban láthatóak és grafikonon is ábrázoltam (7–8. ábra). A párolgási idő folyamatosan

csökken, majd 290 °C-nál a csepp kettéválik, és fellép a Leidenfrost-jelenség, ekkor az elpárolgási idő nőni kezd. A pirossal jelölt adatok azokat a cseppeket jelentik, amelyeknél fennáll a Leidenfrost-tünemény teljes mértékben. Az elpárolgási idő a Leidenfrost-ponton (az én méréseim alapján 335 °C-on) túljutva újból csökkenni kezd, sajnos a rendelkezésemre álló műszerek hiányossága miatt nem tudtam a kísérletet tovább folytatni.

Ugyanezt a kísérletet alkohollal is elvégezhetjük. Mivel az alkohol forráspontja alacsonyabb (70 °C), mint a vízé, a Leidenfrost-pontja is alacsonyabb hőmérsékletnél lép fel. A vízcsepp lebegése, mivel nagyon kicsi a csepp és a felület közötti távolság, szabad szemmel nem látható. Azonban, ha megvilágítjuk és kivetítjük az árnyékát, jobban megvizsgálhatjuk az így kapott képet.

### A gázok hővezetésének bemutatása

A Leidenfrost-jelenség során fellépő vízpárolgás és gázáramlás szemléltetésére a következő kísérletet végezhetjük el.

Ugyanezt a félgömb alakú rozsdamentes acél edénykét használjuk, mint az előző kísérletben, de ezúttal megfordítjuk, hogy a gázok áramlását ki tudjuk vetíteni egy vetítőlámpa segítségével. Amikor fellép a Leidenfrost-jelenség, és a vízcsepp táncolni kezd a felületen, meg kell állítanunk, hogy ne peregjen le a felületről. Ezt egy kötötti segítségével érhetjük el, amit közvetlenül az edény fölé helyezünk. A vizet piros tintával színezzük meg, hogy jobban látható legyen.

Amikor fellép a Leidenfrost-jelenség, a kivetítőt lehet látni, ahogyan a vízcsepp lebeg, és fenntartják a gőzök. Fényképezőgéppel ezt elég nehéz megörökíteni, mert a fényviszonyok miatt a gőz alig látszik a képeken.

A jelenséggel napjainkban többen is foglalkoznak, mivel az iparban negatív hatásai és veszélyes következményei vannak, amelyeket megpróbálnak kiküszöbölni.

### Hőáramlási folyamatok atomreaktoroknál

Az atomerőművi biztonsági elemzések szempontjából napjainkban is az egyik leginkább kutatott terület az erőműben lejátszódó áramlási folyamatok vizsgálata. Az egyik különösen fontos területet a reaktortartályon belüli keveredési folyamatok jelentik, ezek ugyanis meghatározzák a reaktor aktív zónájába

jutó hűtőközeg hőmérsékletét, amely kihat a reaktivitás változásaira is. A másik fontos terület a forráskrizisek elkerülése, mivel ezek a berendezések tönkremeneteléhez vezethetnek.

Az ezeket a folyamatokat kutató tudományágot termohidraulikának nevezik, és számos kutatásról beszámoló dolgozatot találhatunk ezzel kapcsolatban. A legnagyobb problémát a Leidenfrost-jelenséghez hasonló folyamat megjelenése okozza. Amikor ugyanis a hűtőfolyadékot hirtelen hőmérséklet-változás éri, gőzbuborékok keletkeznek a fűtött felületen, így gőzdugók alakulnak ki, amelyek forráskrizishez vezethetnek. Amikor a buborékok leválnak a felületről, befolyásolhatják a fali hővezetést is. Egy ilyen hőáramlási folyamatot láthatunk a képen is.

### Az acél edzése

Az acél egyik edzési módszere a hirtelen lehűtés. Vastag munkadaraboknál annak megfelelően hosszú hűtési szakasz szükséges, hogy az egész munkadarab teljesen átédződjön. Gyakorlatilag a darabok olaj- vagy vízfürdőbe kerülnek. Leghatékonyabb a vízzel való edzés, mert az jó hővezető. Bemerüléskor azonban kezdetben egy rossz hővezetésű vízgőzréteg keletkezik a munkadarab felszínén (ez a

Hőmérséklet (°C)	120	160	190	200	220	230	240	250	260	270	280
Idő (perc)	2,10	1,19	1,00	0,40	0,36	0,30	0,25	0,23	0,17	0,16	0,17

Hőmérséklet (°C)	290	300	310	320	330	335	340	345	350	355	360
Idő (perc)	1,05	1,24	1,26	2,09	2,06	2,13	2,11	2,05	2,00	1,50	1,43

8. ábra. Mérési táblázat

Leidenfrost-jelenség). Figyelmet kell fordítani arra, hogy a munkadarab bemerítésekor teljes felületén biztosítva legyen az egyenletes érintkezés a folyadékkal.

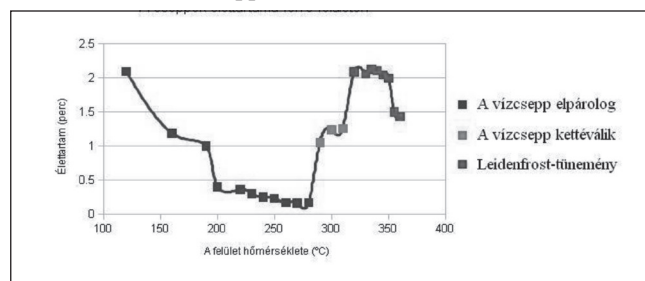
Mindezek bizonyítják a természet sokszínűségét, ugyanis ez a jelenség a mindennapjainkban több helyen előfordul, mint gondoljuk és látványossága ellenére az iparban számolnunk kell hátrányaival is.

*Az írás az Önálló kutatások, elméleti összefoglalások kategóriában II. díjat kapott.*

### Irodalom

- Máthé Enikő: Kísérletek: Levegőben lebegő vizsgáló, Firka folyóirat, 2006-2007-es évfolyam, 4. szám)
- Természettudományi Lexikon, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967, 4. kötet
- <http://hu.wikipedia.org/wiki/Leidenfrost-t%C3%BCnem%C3%A9ny>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Johann\\_Gottlob\\_Leidenfrost](http://en.wikipedia.org/wiki/Johann_Gottlob_Leidenfrost)
- J. D. Bernardin: „The Leidenfrost point: Experimental Study and Assessment of Existing Models” (ASME, 1999) <https://engineering.purdue.edu/BTPFL/BTPFL%20Publications/81.pdf> (az internetes oldalt 2012.05.06-án néztem meg)

7. ábra. A cseppek élettartama forró felületen



6. Jearl Walker: "Boiling and the Leidenfrost Effect" (Cleveland State University)  
[http://darkwing.uoregon.edu/~linke/papers/Walker\\_leidenfrost\\_essay.pdf](http://darkwing.uoregon.edu/~linke/papers/Walker_leidenfrost_essay.pdf) (2012.05.06)
7. [http://www.tuzonjaras.com/tuzonjaras\\_biztonsag.html](http://www.tuzonjaras.com/tuzonjaras_biztonsag.html) (2013.11.19)
8. <http://konyv.uw.hu/tuzonjaras.htm> (2013.11.19)
9. <https://www.crystec.com/kllthsth.htm> (2013.11.19)
10. Fenntartható Atomenergia Technológiai Platform: „Stratégiai kutatási terv” (2011)  
[http://szanto.web.kfki.hu/faetp/dl/faetp\\_sra.pdf](http://szanto.web.kfki.hu/faetp/dl/faetp_sra.pdf) (2013.11.19)
11. Dr. Aszódi Attila: Atomreaktorok termohidraulikája  
[http://energetika.13s.hu/pub/\\_atom-energetika\\_szakirany\\_/Reaktorok%20termohidraulikaja/Aszodi\\_TH\\_08\\_forras-kondenzacio-2008.pdf](http://energetika.13s.hu/pub/_atom-energetika_szakirany_/Reaktorok%20termohidraulikaja/Aszodi_TH_08_forras-kondenzacio-2008.pdf) (2013.11.19)
12. Nukenerg: Pályázat végbeszámoló: „Új nukleáris energiatermelési módszerek technológiai elemeinek fejlesztése” (2005–2012)  
[http://www.rmki.kfki.hu/~zoletnik/NUKENERG/NUKENERG\\_vegbeszamolo.pdf](http://www.rmki.kfki.hu/~zoletnik/NUKENERG/NUKENERG_vegbeszamolo.pdf) (2013.11.19)
13. Nukenerg: Pályázat beszámoló: „Új nukleáris energiatermelési módszerek technológiai elemeinek fejlesztése” (2010–2012)  
[http://www.rmki.kfki.hu/~zoletnik/NUKENERG/nukenerg\\_beszamolo\\_2012.pdf](http://www.rmki.kfki.hu/~zoletnik/NUKENERG/nukenerg_beszamolo_2012.pdf) (2013.11.19)
14. Gróf Gyula: Hőközlés: Ideiglenes jegyzet (Budapest, 1999)  
[ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/muszaki\\_hotan/Hokozles\\_jegyzet.pdf](ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/muszaki_hotan/Hokozles_jegyzet.pdf) (2013.11.20)  
 Külön köszönet Péter Katka kutató fizikusnak.

## Találkozás egy japán űrhajóssal

Nem mindennapi élményben lehetett része annak a 36 diáknak, akik idén részt vettek a Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) Űrtáborában. A tábor résztvevői ugyanis a számtalan szakmai program egyikeként ellátogattak az ENSZ bécsi központjába. Az ottani űrkutatási állandó kiállításon nem

űrrepülésével összesen 754 órát, azaz több mint egy hónapot töltött a világűrben. Ő volt az első japán űrhajós, aki űrsétát végzett.

1997-ben a Columbia űrrepülőgép fedélzetén járt először a világűrben (STS-87 küldetés). A 16 napos út során két űrsétát is végzett, az első alkalommal társával egy meghibásodott napmegfigyelő műholdat kellett befogniuk. Miután a robotkarral sikertelenül próbálkoztak, Takao Doi a lassan forgó műholdat kézzel megfogta és bevezette az űrrepülőgép rakterébe. Második űrrepülését 2008 márciusában az Endeavour űrrepülőgép fedélzetén hajtotta végre (STS-123 küldetés). Ekkor szállították az űrbe a Nemzetközi Űrállomás japán moduljának (Kibo) első elemét, amelyet sikeresen az ISS-hez kapcsoltak.

Miután 2009-ben visszavonult, az ENSZ Bécsben működő Világűrirodájának munkatársa lett, mint az ENSZ űrkalkalmazási szakértője.

albizottság ülései zökkenőmentesen folynak, minden dokumentum – az ülések előtt és után egyaránt – határidőre elkészüljön. Ott volt a látogatáson az erdélyi származású *Czárán Lóránt* is, aki szintén a Világűriroda munkatársa. A magyar csoportot elkísérte a látogatásra e sorok írója is, aki jelenleg a Világűrbizottság Tudományos és Technikai Albizottságának elnöke.

A diákok láthatták az ENSZ állandó kiállításának legbecesebb darabját is, egy eredeti holdkőzetet. A plexibe öntött, 160 grammos



**Az idei Űrtáborot Bacsaárdi László, a MANT főtítkára (lapunk szerkesztőbizottságának tagja, diákpályázatunk egykori sikeres résztvevője) és Zombori Ottó táborvezető nyitotta meg**

akárki volt az idegenvezetőjük. A diákok találkozhattak *Takao Doi* japán űrhajóssal, ő mutatta meg nekik a Nemzetközi Űrállomás (ISS) ott kiállított makettjét, miközben beszámolt az ISS fedélzetén szerzett élményeiről, majd válaszolt a táborozók számtalan kérdésére.

Takao Doi a hivatásos japán űrhajósok első csoportjának volt a tagja. A Tokiói Egyetemen 1978-ban, illetve 1980-ban kapta repülőmérnöki diplomáját (BSc, MSc), majd 1983-ban ugyanott a repülő- és űrmérnöki tudományokból doktorált. Az amatőr csillagászként is tevékenykedő Doi 2004-ben az amerikai Rice Egyetemen csillagászatból is doktori fokozatot szerzett. A Japán Űrügynökség (akkor még NASDA) 1985-ben választotta ki űrhajósjelöltnek. 1990–1992 között, majd 1995-ben a NASA Johnson Űrközpontjában kapott űrhajóskiképzést. Két



**Az Űrtábor 36 résztvevője az előadások többségét a Nyugat-magyarországi Egyetemen hallgathatta meg**

(Az ENSZ bécsi központjában rendszeresen tartanak idegenvezetést az odalátogató csoportoknak, a magyarok számára azonban különleges megtiszteltetés volt, hogy személyesen találkozhattak az egykori kétszeres japán űrhajóssal.)

Rajta kívül üdvözölte az Űrtábor résztvevőit *Niklas Hedman*, aki a Világűrirodában a konferenciaszervezési részleg vezetője. Ő a felelős azért, hogy az ENSZ Világűrbizottsága és a két



**Az űrtáborozók az ENSZ bécsi központja állandó kiállításán a Világűriroda munkatársai társaságában**

kődarab 3,9 milliárd éves breccsa, egy jóval nagyobb, 5854 grammos kő darabja. A mintát *James Irwin*, az Apollo-15 űrhajosa a holdbéli Spur kráterben, 1971. VIII. 1-jén gyűjtötte, és 2002. VI. 11. óta látható a kiállításon. Megnézhetők a Világűriroda emlékkönyvében az első férfi és női űrhajós, *Jurij Gagarin*, illetve *Valentyina Tyereskova* eredeti aláírását. A bejegyzés 1963-ban született, amikor a két űrhajóst fogadta az ENSZ akkori főtítkára.

A táborozók az űrkutatási kiállításon emellett több hordozórakéta, valamint műhold, űrhajó és űrszonda makettjét is megnézték. Ott áll a kiállításon annak a kínai holdjárónak az életnagyságú makettje is, amelyet Kína 2013 decemberében juttatott el a Holdra. Benézhettek az egyik ülésterembe, az egyik folyosón pedig láthatták azt a két Nobel-békedíjat, amelyeket 2005-ben a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA), és akkori igazgatója, az egyiptomi *Mohamed el-*





**Az ENSZ űrkutatási kiállításán a táborozókat Takao Doi japán űrhajós, az ENSZ Világűriroda űralkalmazási szakértője, Both Előd, az ENSZ Világűrbizottság Tudományos és Technikai Albizottságának elnöke és Niklas Hedman, a Világűriroda konferenciaszervezési részlegének vezetője fogadta**

Baradei kapott „azokért az erőfeszítésekért, hogy megelőzzék az atomenergia katonai célú felhasználását és biztosítsák a lehető legbiztonságosabb békés célú felhasználást.” (A bécsi ENSZ Központ egyébként rendszeresen fogad látogatókat, előre bejelentett csoportokat éppúgy, mint kijelölt időpontokban egyéni látogatókat, akiket vezető kalauzol végig a létesítményen. Természetesen ezeknek a látogatóknak nem része a találkozás az ott dolgozó japán űrhajóssal...)

A táborzárón elmondott és leírt véleményükben többen is életük nagy élményének nevezték, hogy találkozhattak a japán űrha-



**Takao Doi japán űrhajós kétszer is járt a Nemzetközi Űrállomáson (ISS), mielőtt a Világűriroda egyik vezetője lett**

jással és eredetiben láthattak egy Nobel-díjat. Ha már eljutottak Bécsbe a táborozók, akkor az ENSZ-es program után megnézhették a Természettudományi Múzeum világhírű meteoritgyűjteményét, az ásványtárat és a múzeum más érdekességeit. A bécsi kiránduláson kívül azonban más szakmai programokon is részt vehettek. Meglátogatták az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpontja Geodéziai és Geofizikai Intézetét, ahol az intézmény vezetője és munkatársai számoltak be az ott folyó kutatásokról. Sok más, neves előadó, űrkutató szakember „házhoz jött”, tőlük az űrkutatás aktuális kérdéseiről hallhattak, például a Csurjumov–Geraszimenko-

üstökösön napokkal korábban feléledt Philae leszállóegységről, vagy az éppen a tábor ideje alatt a Plútó mellett elrepülő amerikai űrszondáról. A tartalmas programot az egész héten átívelő csapatfeladat megoldása, játékos vetélkedők, soproni városnézés és Fertő-tavi strandolás tette teljessé. Az erdei túra sem csak öncélú kirándulás volt, hanem gyakorlati ismerkedés a műholdak egyik legfontosabb alkalmazási területével. A táborozóknak – a lapunk diákmellékletéből jól ismert Lang Ágota tanárnő fáradhatatlan előkészítő munkájának köszönhetően – a közkedvelt geoládázás célirányosra gyengített változatként műholdas navigációs eszközökkel kellett a soproni Széchenyi István Gimnázium tanárnoje és diákjai által elrejtett „atomokat” megtalálni.

A Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) 1994 óta minden nyáron megrendezi –elsősorban középiskolás diákok számára – az Űrtábort. A tábor *Abonyi Ivánné*, a MANT akkori főtitkárhelyettese hozta létre azzal a szándékkal, hogy megismertesse a fiatalokat az űrkutatással. A program, a lebonyolítás évről évre egy kicsit változott, fejlődött. Az elmúlt űrtáborok szervezésében közreműködők lelkes munkája nyomán több száz fiatalnak tudtuk megmutatni az űrkutatás varázslatos világát. Az elmúlt évek során a táborozók felejthetetlen élményekkel gazdagodtak, a megszerzett ismereteiket később számos helyen tudták kamatoztatni. Életre szóló élmények és barátságok kialakulása mellett a diákok a hét során elismert hazai űrkutatási szakemberektől hallhatnak exkluzív előadásokat, miközben egy saját szakmai feladattal is foglalkoznak. A tábor szerves része ugyanakkor a környék megismerése és a nyár pillanatainak élvezése, akár túrázva a hegyekben, akár egy tóparton strandolva.

Ma már elmondható, hogy az egykori táborozók közül néhányan hivatásunknak választották az űrkutatást. Az 1998-as győri űrtáborról például beszámolt a Kisalföld című megyei lap is, és megszólaltatta az egyik diákot, *Hirn Attilát* is. Ő most az idei űrtáborba elismert hazai űrkutató szakemberként jött vissza, hogy a Rosetta program legújabb eredményeiről tartson előadást. Az 1998-as és 2000-es táborok résztvevője volt diákként lapunk szerkesztőbizottságának tagja,

**Kicsik és nagyok egyaránt érdeklődéssel nézték a tekintélyes méretűnek számító holdkőzetet az ENSZ kiállításán**



*Bacsárdi László* is, aki 2005-ben Sopron Ifjú Tehetsége, 2008-ban pedig Magyar Űrkutatásért emlékérem kitüntetésben részesült. 2009 óta a Magyar Asztronautikai Társaság főtitkára, és ebben a minőségében az idei tábor főszervezője volt. Egyúttal a Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar Informatika és Gazdasági Intézet igazgatójaként az idei tábor házigazdájának szerepét is betöltötte.

Az idei tábor július 12–18. között Sopronban, a Nyugat-magyarországi Egyetemen tartottuk, a tábor vezetője *Zombori Ottó* csillagász volt. Az esemény fő támogatója a SES Astra, a világ vezető műholdas távközlési vállalata volt. A táborozáson 36 diák vett részt, az ország minden részéből, sőt a határon túlról is, Kárpátaljától Olaszorszáig.

A tábor szervező Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) jogelődje 1956-ban alakult. A szervezet az űrkutatás iránt érdeklődő és az űrtevékenységgel aktívan foglalkozó hazai szakembereket tömöríti. Küldetése alapítása óta változatlan, legfontosabb célkitűzései az alábbiak: terjeszteni az űrhajózási-űrkutatási ismereteket; egységes magyar szaknyelv kialakítása az asztronautikában; foglalkozni az ifjúsággal, és erősíteni azt az elvet, hogy az űrtan nemcsak az űrhajózást jelenti, hanem jelen van mindennapi életünkben: a katasztrófa-előrejelzéstől kezdve

**A táborozók GPS-vevőkkel, kis csoportokban speciális, „egyszer használatos geoládákat” kerestek a Sopron környéki erdőkben**



a termésbecslésen és a műholdas helymeghatározáson át az orvos- és jogtudományig egyaránt. A társaság szakmai programok (konferenciák, szemináriumok, találkozók) szervezése mellett minél szélesebb közönséghez szeretne szólni, a fiataloktól az idősekig egyaránt. Az általános és középiskolás fiatalok számára pályázatokat, programokat, a felsőoktatásban tanulók számára ifjúsági szakmai fórumot, világűrklubot szervez, rendszeres kiadványokat jelentet meg.

Az idei űrtábor további képei a MANT honlapján láthatóak ([www.mant.hu](http://www.mant.hu)), ugyanitt jelenik majd meg a diákpályázat felhívása és a jövő évi táborra vonatkozó információk, utóbbi várhatóan a hagyományoknak megfelelően valamikor július első felében lesz, helyszínéről még nem született döntés.

BOTH ELŐD

# A XXV. jubileumi Természet–Tudomány Diákpályázat kiírása

## Útmutató a diákpályázat benyújtásához

Pályázatunkon indulhat bármely középfo-  
kú iskolában 2015-ben tanuló vagy végző  
diák, határainkon belülről és túlról. Kérjük  
pályázóinkat, hogy dolgozataikat az aláb-  
biak figyelembevételével készítsék el.

A pályázat terjedelme **8000–20 000 betű-  
hely** (karakterszám, szóközökkel együtt) le-  
gyen, tetszőleges számú illusztrációval. A  
kéziratot három kinyomtatott példányban  
kérjük benyújtani. A nyomtatott változattal  
együtt a pályázatot **CD-n** (vagy DVD-n) is  
kérjük, a szöveget Word formátumban, a  
képeket, ábrákat külön fájlban (JPG vagy  
TIFF). Eltérő betűtípussal, vagy idézőjelek  
között kell szerepelnie a nem önálló szöve-  
geknek, pontosan megjelölve a felhasznált  
forrást, még az oldalszámot is.

A pályázat tartalmazza készítője ne-  
vét, lakcímét, e-mail-címét, telefonszá-  
mát, iskolája pontos címét irányítószám-  
mal együtt és felkészítő tanára nevét  
és elérhetőségét. A borítékra írják rá:  
Diákpályázat, valamint azt is, hogy me-  
lyik kategóriában kívánnak indulni. A  
dolgozatok benyújtásának (postai fel-  
adásának) határideje mindegyik kategó-  
riában **2015. november 2.** A pályázat  
beadható személyesen (Budapest, VIII.  
Bródy Sándor utca 16.), vagy postán (1444  
Budapest, 8. Pf. 256.).

### PÁLYÁZATI KATEGÓRIÁK

#### Természetudományok múltunk felkutatása

1. Az iskolájához vagy lakóhelyéhez, kör-  
nyezetéhez kapcsolódó jelentős múltbeli tu-  
dós személyiségek – például tanárok, az isko-  
la volt növendékei, akikből neves természet-  
tudósok lettek – életútjának, munkásságának  
bemutatása (eredeti dokumentumok felkuta-  
tásával és felhasználásával). Évfordulós pá-  
lyázatunkra szívesen várunk dolgozatokat a  
2015. év neves évfordulós személyiségeiről  
is. Közülük felsorolunk néhányat:

– 150 éve hunyt el Bugát Pál, a TIT alapítója;

– 300 éve született Maróthi György ne-  
ves debreceni tudós, matematikus, csilla-  
gász, a zeneelmélet kutatója, nevét viseli  
a debreceni kórus;

– 200 éve született Markusovszky  
Lajos, az Orvosi Hetilap megindítója,  
kórházat is elneveztek róla;

– 250 éve született a vízügy ne-  
ves szakembere, Szeged tudósa, Vedres  
István;

– 250 éve született Besse János, a  
Kaukázus és Kelet-Ázsia kutatója, föld-  
rajzi utazó;

– 150 éve hunyt el Semmelweis  
Ignác, az anyák megmentője, nevét vi-  
seli a budapesti orvosegyetem;

– 150 éve született Chernel István, a  
madártnak első nagy hazai monográfiá-  
jának megírója, aki elsőként írt hazánk-  
ban a sísportról is;

– 125 éve született Csapody Vera bo-  
tanikus, nagyszámú botanikai munka il-  
lusztrátora;

– 100 éve született Benedek István  
orvos, pszichiáter, író, orvostörténész,  
Benedek Elek unokája, Benedek  
Marcell fia, nevéhez nagyszámú műve-  
lődéstörténeti könyv fűződik;

– 100 éve hunyt el Sötér Kálmán mé-  
hésheti szakíró, alapvető monográfiák  
szerzője;

– 75 éve hunyt el Terkán Lajos csillagász.

2. A dolgozat írójának tágabb környeze-  
téhez kapcsolódó tudományos vagy mű-  
szaki intézmények története, tudóstársas-  
ságok története, eredeti dokumentumok  
bemutatásával.

3. A természet- és műszaki tudományok  
valamelyik ágában tárgyi emlékek be-  
mutatása (laboratóriumi kísérleti esz-  
közök, régi tudományos könyvek, régi  
tankönyvek, kéziratban maradt leírás-  
ok, muzeális ritkaságok, ipari műem-  
lékek – hidak, malmok, bányák –, víz-  
ügyi emlékek, botanikus kertek, csil-  
lagvizsgálók stb.).

4. Pályadíjak:

1–1 db I. díj 30 000–30 000 Ft  
2–2 db II. díj 20 000–20 000 Ft  
3–3 db III. díj 10 000–10 000 Ft,  
valamint számos különdíj.

5. Különdíj-felajánlás a Természet-  
tudományos múltunk felkutatása kategóriá-  
ban: a Budapesti hullámvasutak és angol-  
parkok története témakörben.

Pályázni lehet a XIX–XX. század  
fordulója idején létrehozott népi szó-  
rakoztató parkok, egységek terveinek,  
működésének, magvalósulásának vagy  
éppen megszüntetésének leírásával, fel-  
tárásával; vagy a hullámvasutak céljá-  
nak, szerkezetének, felépítésének, mű-  
ködésének, lebontásának, vonzerejének,  
sikerének titkaival; esetleg nemzetközi  
előzményeinek, illetve várható jövőjé-  
nek összehasonlításával, elemzésével.

Pályázati javaslat, hogy a már nem  
létező népligeti hullámvasút története is  
feltárásra kerülhetne.

E különdíjnál legfeljebb három pá-  
lyamunka díjazható 30 000 Ft összér-  
tétkben. Az ide beérkező cikkeket is a  
főkategória zsűrije bírálja el. (A különdíj  
*Rosivall László* professzor felaján-  
lása a jubileumi pályázathoz.)

#### Önálló kutatások, elméleti összegzések

Önálló kutatáson a természeti értékek, je-  
lenségek megismerése érdekében a diák  
által végzett kutatások bemutatását értjük.  
Előnyben részesülnek az egyéni, fiatalos,  
önálló gondolatokat, innovatív megköze-  
lítéseket tartalmazó, élvezetes és szakszerű  
beszámolókat.

Az elméleti összegzéseknek is önálló ku-  
tatásokon kell alapulniuk. Azoknak javasol-  
juk, akik örömmel mélyednek el a rendelkezésükre álló megbízható és naprakész ada-  
tok végeláthatatlan tárházában, és képesek  
onnan elővarázsolni, bemutatni a Természet  
Világa olvasóinak a tudomány újdonságait.

A sikeres pályázat feltétele, hogy  
a pályázók a könyvtárakban, a világhá-  
lónak révén, a laboratóriumi-gyakorlati láto-



gatások alkalmával és más módon szerzett értesüléseiket a származás pontos megjelölésével forrásként használják fel, és ott kerüljek el a saját alkotás látszatát. Kérjük, hogy a diákok és a felkészítő tanárok a Természet Világát tekintsék a dolgozat első nyilvános megmértetési lehetőségének.

### A pályázat feltételei

1. Alapvető követelmény, hogy a cikkek olvasmányos, stilisztikai és helyesírási szempontból kifogástalanok legyenek. Kérjük a felkészítő tanárokat, szíveskedjenek e tekintetben is útmutatást adni tanítványaiknak. Ne feledjük, hogy a diákpályázat cikkírói pályázat is, ezért a dolgozatokat úgy kell megírni, hogy annak tartalmát a természettudományok iránt érdeklődő, de a témában nem járatos olvasók is megértsék. A pályamunkák végén kérjük a felhasznált irodalmat és forrásmunkákat megjelölni. A szó szerinti idézetek forrásának fel nem tüntetése etikai vétség, és a dolgozatnak az értékelésből való kizárásával jár.

2. A pályázatokat a szerkesztőbizottságból, a szerkesztőségéből és szakértőkből felkért bizottság bírálja el.

#### 3. Pályadíjak:

- 1–1 db I. díj 30 000–30 000 Ft
  - 2–2 db II. díj 20 000–20 000 Ft
  - 3–3 db III. díj 10 000–10 000 Ft,
- valamint számos különdíj.

A pályázat díjait 2016 márciusában adjuk át a nyerteseknek, akiknek nevét folyóiratunkban és honlapunkon közzétesszük. A bírálóbizottság által színvonalasnak ítélt írásokat 2016-ban lapunkban folyamatosan megjelentetjük. A kiemelkedő pályamunkák diák szerzőinek a feldolgozott témában történő további elmélyüléséhez szerkesztőbizottságunk tagjai és más felkért szakemberek nyújtanak segítséget. Kérjük tanár kollégáinkat, hogy tehetséges diákjaikat bátorítsák a pályázatunkon való részvételre, s tanácsaikkal nyújtsanak segítséget a témák kidolgozásához és feldolgozásához.

### A kultúra egysége különdíj

A *Simonyi Károly* akadémikus által alapított különdíjra a 2015-ben középiskolai intézményekben tanuló magyarországi és határainkon túli diákok pályázhatnak. Ez a különdíj a kiíró szándékai szerint a humán és a természettudományos kultúra összefonódását hivatott elősegíteni. Olyan pályamunkákat várunk elsősorban, amelyek egy természettudományos eredmény és valamilyen művészi alkotás vagy

humán tudományos eszme közti kapcsolatokat tárják fel. Megmutatkozhatnak ezek akár egy alkotó életében, akár egy gondolat kialakulásában.

#### Ajánlott témák:

1. Az európai kultúra egysége egy magyar művész vagy tudós életművében.

2. Kísérletek a művészi hatás, a művészi élményadás és a fizikai-matematikai törvényszerűségek kapcsolatának felderítésére (festészet-színelmélet, szobrászatsztatika, zene-matematika, építészet-fizika, kémia, biológia stb.).

3. Egy huszadik századi polihisztor. Olyan, már nem élő ember életének és munkásságának bemutatása, akinek tevékenységében, illetve műveiben megvalósult a kultúra egysége. Érdemes külön figyelmet fordítani a természettudományok történetének kutatóira, valamint azokra, akik születésének vagy elhunytának centenáriumáról is megemlékezhetünk az adott évben. (2015-ben például Sain Mártonra, illetve Kármán Móra emlékezhetünk, 2016-ban pedig Simonyi Károlyra, Kovács Mihály piaristára, illetve Konkoly Thege Miklósról és Zemplén Győztről.)

A három ajánlott kérdéskörön túl a fiatalok természetesen bármely más önállóan választott témával is pályázhatnak. Az egyéni ötleteket, a jól kivitelezett új kezdeményezéseket a bírálóbizottság örömmel veszi.

A feldolgozás módját, a pályamű tartalmát és formáját a pályázók szabadon választhatják meg.

A kultúra egysége különdíjra pályázókra egyebekben a Természet–Tudomány Diákpályázat pontokba foglalt feltételei érvényesek.

Díjazás: I. díj: 25 000 Ft, II. díj: 15 000 Ft, III. díj: 10 000 Ft.

### Szkeptikus különdíj

*James Randi*, a világhírű amerikai szkeptikus bűvész ebben az évben is különdíjat ajánlott fel annak a pályázónak, aki a parapszichológia vagy a természetfölötti témakörben a legkiemelkedőbb pályaművet nyújtja be a Természet–Tudomány Diákpályázatra.

A különdíjra az alábbi ajánlásokat tette:

A résztvevőkre a hagyományos pályázati kategóriák szerinti elvárások érvényesek életkor, lakhely stb. tekintetében.

Alapszempontok a díjazott pályázat kiválasztásához: a) a tiszta érvelés, b) át-

gondolt, komoly előadásmód, c) bizonyítékok megfelelő megalapozottsága, d) a kísérleti adatok bemutatása (ha a pályázó használ ilyet).

A bírálóbizottság döntését a fenti szempontok, illetve bármilyen egyéb saját szempont figyelembevételével hozza meg, de a kiválasztás nem történhet aszerint, milyen következtetésre jutott a pályázó, bármennyire is úgy érzik a bírálók, hogy a következtetés nem helytálló. Mindaddig, amíg a pályázó a tudomány által elfogadott módszerek és eljárások alapján jut a végkövetkeztetésig, a bírálóbizottságnak el kell azt fogadnia.

Felajánlásom a hagyományos díjjal együtt is odaitélhető, amennyiben a bizottság azt úgy látja helyesnek.

Küldőjammal szeretnék hozzájárulni a magyar diákok kritikai gondolkodásának fejlődéséhez.

A szerzők szíves hozzájárulásával mindent el fogok követni, hogy a díjnyertes, valamint még néhány arra érdemes pályaművet lefordíttassam és megjelentessem egy színvonalas amerikai folyóiratban.

### Matematikai különdíj

*Martin Gardner* amerikai szakíró, a matematika kiváló népszerűsítőjének emlékét őrzi ez a különdíj. Különdíjára az alábbi irányelvek vonatkoznak.

A középiskolások pályázhatnak bármilyen, a matematikával kapcsolatos önálló vizsgálódással. Itt nem valamilyen új tudományos eredményt várunk, hanem olyan egyéni módon kigondolt és felépített ismeretterjesztő dolgozatot, amelyben a pályázó elemző áttekintést ad az általa szabadon választott témakörből.

#### Néhány javasolt téma:

1. Egy ismert vagy újonnan kitalált játék matematikai háttere.
2. Önálló kérdésfelvetés, sejtések megfogalmazása és ezek „jogságának indoklása”.
3. Egy matematikai módszer vizsgálata és alkalmazása egymástól távol eső területeken.
4. Váratlan és érdekes összefüggések, és ezek magyarázata.
5. A matematika valamely kevésbé ismert problémájának története.
6. Variációk egy témára: egy feladat vagy tétel kapcsán a kisebb-nagyobb változtatásokkal adódó problémacsalád vizsgálata.

7. Legnagyobb, legérdekesebb matematikai élményem, történetem (órán, versenyen, olvasmányaimban, előadásokon stb.).

A leírtak csak mintául szolgálnak, a pályázók teljesen szabadon választhatják meg a feldolgozás keretét és módszerét, a pályamű tartalmát és formáját egyaránt. A bírálóbizottság örömmel vesz minden egyéni ötletet és kezdeményezést.

Fontos, hogy a dolgozat stílusa színes, olvasmányos legyen, és megértése ne igényeljen mélyebb matematikai ismereteket.

Díjazás:

I. díj 25 000 Ft,  
II. díj 15 000 Ft,  
III. díj 10 000 Ft.

### Orvostudományi különdíj

*Ernst Grote*, a Tübingeni Egyetem agysebészeti tanszékének professzora az orvostudomány témakörében különdíjat tűz ki a Természet Világa Diák pályázatán a következő irányelvek alapján.

1. Pályázhatnak a középiskolák tanulói önálló, másutt még nem publikált tanulmányokkal, amelyeknek az orvostudomány múltját és jelenét, nagyjainak életét és életművét, az orvostudománynak az egyéb tudományokhoz való viszonyát, eszközeinek fejlődését vagy bármely más idevágó, az orvosi tevékenység művészeti megjelenítését (szépirodalom, festészet, film, tévéfilm és sorozatok) és annak elemzését, szabadon választott témakört dolgoznak fel, akár hazai, akár külföldi vonatkozásban.

2. A díj odaítélésénél előnyben részesülnek az egyéni megközelítésű, elmélyült búvárkodásra utaló, olvasmányosan megírt pályaművek.

3. A cikk feldolgozásának módját és formáját a pályázók szabadon választhatják meg.

4. A különdíj nyertese a diák pályázat általános kategóriájának nyertese is lehet.

Díjazás:

I. díj 90 euró,  
II. díj 60 euró,  
III. díj 30 euró.

### A Magyar Vese-Alapítvány orvostudományi jubileumi különdíja

A különdíjra pályázni lehet a XXI. század kiemelkedő orvostudományi eredményeinek, kihívásainak, a jövőbeli orvoslás várható változásainak bemutatásával, elemzésével. Fontos, hogy a pályamunka önálló és innovatív elképzeléseket, gondolatokat tartalmazzon. Az alábbi néhány témajavaslat csak gondolatébresztő segítségként szolgál, azaz bármely szabadon választott témát, amely a jelen, illetve a jövő egészségügyét érinti, fel lehet dolgozni.

1. Életfolyamatok láthatóvá tétele (imaging)
2. Egészséges emberek – egészséges társadalom
3. Hogyan csökkenthető a legfejlettebb társadalmakban is gyakori orvosi hibák?
4. Személyre szabott orvoslás a jövőben
5. Számítógépek átvehetik-e az orvosi diagnosztikai és gyógyítási feladatokat?
6. Egészségmegőrzés a robotok világában
7. A rehabilitáció határai vagy határtalan rehabilitáció
8. A mesterséges intelligencia szerepe az orvostudományban
9. Orvosi ellátás az űrhajóban
10. Hálózati orvostan

Díjazás:

I. díj 25 000 Ft,  
II. díj 15 000 Ft,  
III. díj 10 000 Ft

### Biofizikai-biokibernetikai különdíj

*Varjú Dezső*, a magyar származású biofizikus, a Tübingeni Egyetem egykori biokibernetika tanszékének (emeritus) professzora biofizikai-biokibernetikai különdíjat tűz ki a Természet Világa Diák pályázatán a következő irányelvek alapján:

1. Pályázhatnak a középiskolák tanulói önálló biofizikai-biokibernetikai témájú dolgozattal.

2. Javasolt témák: az érzékszervek és az idegrendszer működésének biofizikája, az állati és növényi mozgástípu-

sok elemzése, az állatok magatartásának kvantitatív (számszerű) vizsgálata, matematikai modellek a biológiában, az élő szervezetek és a környezet kölcsönhatása, a biofizikai vizsgálati módszerek fejlődésének története, híres biofizikus kutatók pályafutásának ismertetése.

3. Olyan dolgozatokat is várunk, amelyek a biológiában használatos valamilyen fizikai elven alapuló vizsgáló és mérő berendezések működését, felépítését ismertetik (például ultrahangos, lézeres, röntgenes vizsgálatok vagy szöveti metszetek készítése).

4. A különdíj nyertese a diák pályázat általános kategóriáinak valamelyik nyertese is lehet.

5. A dolgozat ismeretterjesztő stílusú, olvasmányos legyen; megértése ne igényeljen túl mély fizikai, matematikai, illetve biológiai ismereteket. A feldolgozás módját, a pályamű tartalmát és formáját a pályázók szabadon választhatják meg.

Díjazás:

I. díj 90 euró,  
II. díj 60 euró,  
III. díj 30 euró.

### Metropolis különdíj

*Nicholas Metropolis*, görög származású amerikai elméleti fizikus és matematikus alapítványt hozott létre a számítástechnika alkalmazásai iránt érdeklődő tehetséges fiatalok részére. A Los Alamosban (Egyesült Államokban) működő Metropolis Alapítvány diák pályázatunkon a legjobb eredményt elérő középiskolásokat és felkészítő tanáraikat díjazza, valamint a legaktívabb iskoláknak előfizet a folyóiratunkra. A különdíj Nicholas Metropolis emléket őrzi.

A Metropolis-díjra pályázó középiskolás diákoktól a szakmai zsűri azt várja el, hogy választ fogalmazzanak meg arra, a természettudományok területén milyen segítséget nyújthat a számítógép, a számítógépes szimuláció. A díj odaítélésénél előnyben részesülnek az önálló gondolatokon alapuló, egyéni megközelítésű, konkrét kutatómunkával összeállított, ugyanakkor olvasmányosan megírt pályaművek.

A Metropolis-díjban a diák pályázat más kategóriáiban benyújtott dolgozatok is részesülhetnek, olyanok, amelyek számítógépes alkalmazásokat mutatnak be, számítógépes szimulációt használnak.

### A Természet Világa szerkesztősége és szerkesztőbizottsága



# Az erózió művészete



1. kép



2. kép



4. kép



3. kép



5. kép



6. kép



8. kép



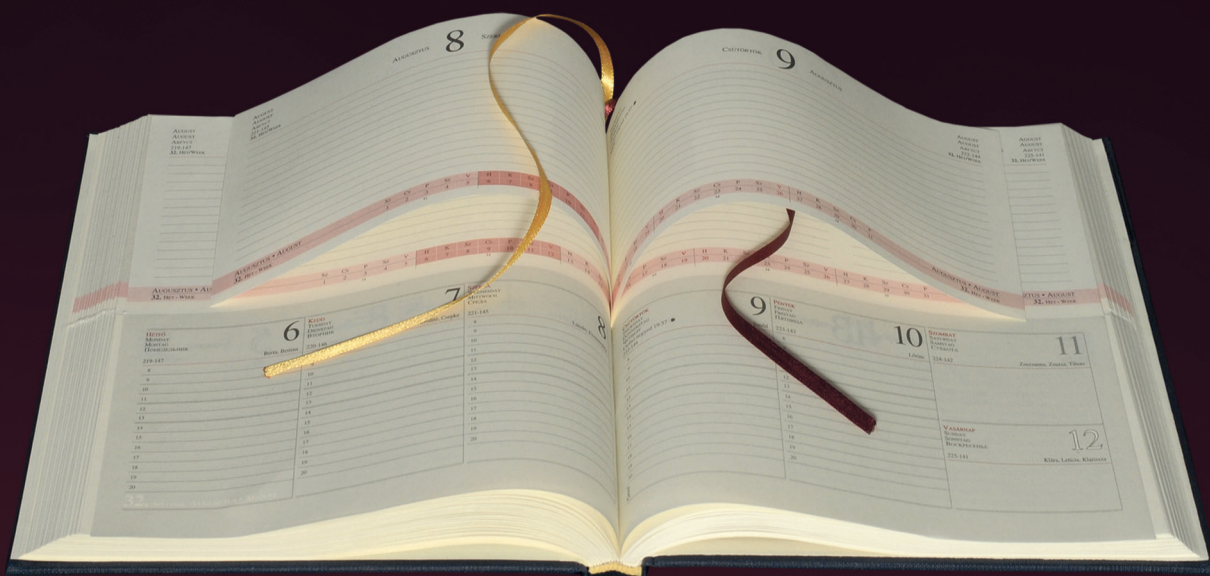
7. kép



# CHRONOS®

NAPTÁRGYÁRTÁS FELSŐFOKON

nka  
Nemzeti Kulturális Alap



CHRONOS KIADÓ ÉS MÁRKABOLT  
1124 BUDAPEST, APOR VILMOS TÉR 5. · TEL: 224-7380

e-mail: [naptar@chronos.hu](mailto:naptar@chronos.hu)

[www.chronos.hu](http://www.chronos.hu)

A MINŐSÉGET KÉPVISELJÜK



## Lanybook®

fehér színű, FSC tanúsítvánnyal ellátott,  
különleges kivitelű jegyzetfüzetek szinte  
minden igényt kielégítő választékban

[www.lanybook.hu](http://www.lanybook.hu)

## IVORY

elefáncsont színű, FSC tanúsítvánnyal  
ellátott, igényes kivitelű jegyzetfüzetek  
rendkívül széles választékban

[www.ivory.hu](http://www.ivory.hu)



9 770040 371316



15009