

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY -

145. évf. 9. sz.

- 2014. SZEPTEMBER

ÁRA: 650 Ft

Előfizetőknek: 540 Ft

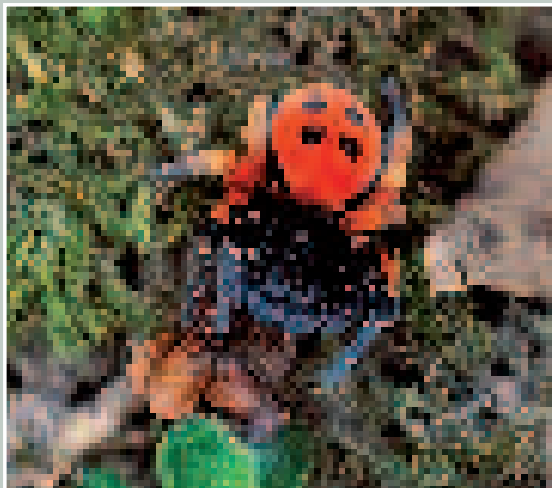
- EMBRIONÁLIS ÖSSEJTEK?
- A TOKAJI NAGY-KOPASZ
- NAGYVÁROSI SZITAKÖTŐK

- BIOMOLEKULÁRIS NANOTECHNOLÓGIA
- KÉPALKOTÁS KVANTUMPÖTTYÖKKEL
- GYERMEKKORI AGYDAGANATOK

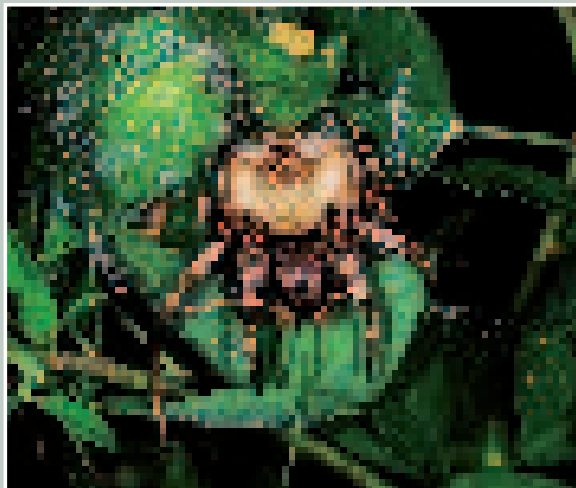
- SIMONYI KÁROLY EMLÉKÜLÉS SOPRONBAN

Nyolclábú ragadozók

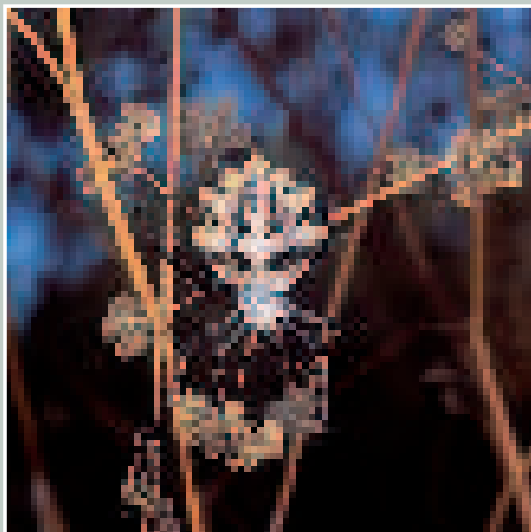
Védett pókjaink



Bikapók hímje



Óriás keresztspók



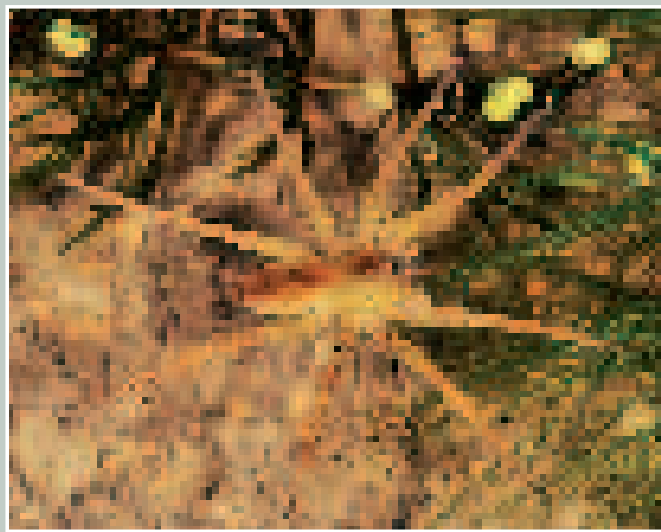
Karéjos keresztspók



Pokoli cselópók

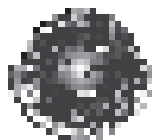


Szegélyes vidrapók



Parti vidrapók

Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN

MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNYI
TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
145. ÉVFOLYAMA



2014. 9. sz. SZEPTEMBER

Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi-díjas folyóirat



Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap,
a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala,
az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok
(OTKA, PUB-1 111142) támogatásával.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociá-
lis 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
Levél cím: 1444 Budapest 8., Pf. 256
E-mail-cím: termvil@mail.datanet.hu
Internet: www.termeszettvilaga.hu
vagy <http://www.chemonet.hu/TermVil/>

Felelős kiadó:
PIRÓTH ESZTER
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

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

Nyomtatás:
Infopress Group 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
hirlaplofizetes@posta.hu

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

Előfizetési díj:
fél évre 3240 Ft, egy évre 6480 Ft

TARTALOM

Németh Kinga–Gócza Elen: Össejtek-e az embrionális össejtek? A kutatás harminc éve.....	389
Németh Károly: Szaúd-Arábia, a vulkánparadicsom?.....	391
Beke Dávid: Kvantumpöttyök – biológiai képkalkotás.....	396
Both Előd: Szuper vagy nem a Hold?.....	399
Farkas Anna: Nagyvárosi szitakötők.....	400
Horváth Tünde: 5500 éves temetkezési halmok az orosz síkságon. Negyedik rész.....	404
Lente Gábor: Így érdemes kémiáról írni! (<i>OLVASÓNAPLÓ</i>).....	408
K. Szűcs Ferenc: Vízszintes fűrés és hidraulikus kőzetrepesztés. Negatív hatások a környezetre. Második rész.....	409
Biomolekuláris nanotechnológia a mindennapokban.....	412
Beszélgetések a tudományról	
Vonderviszt Ferenc biofizikussal beszélget Kapitány Katalin	413
<i>E számunk szerzői</i>	415
<i>HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSÉGEK</i>	416
Szili István: A Reichstag újjászületése.....	419
Szerényi Gábor: Nyolclábú ragadozók oltalom alatt.....	420
Babinszki Edit: Aranyvenyigék az óriás púpján. A tokaji Nagy-Kopasz.....	422
Kéri András: A Karib-tenger paradicsoma, a raizalok hazája.....	424
Hollósy Ferenc: A tettenérés küszöbén? Gyermekkori agydaganatok.....	426
Radnai Gyula: Másfél évszázada lappangó kéziratok. Bolyai Farkas fizikája és csillagászata (<i>OLVASÓNAPLÓ</i>).....	427
ORVOSSZEMMEL (Matos Lajos rovata)	429
FOLYÓRATSZEMLE	430
KÖNYVSZEMLE	432

Címképünk: A Reichstag kupolájának belseje (*Kapitány Katalin* felvétele)
Borítólapunk második oldalán: Nyolclábú ragadozók (*Szerényi Gábor* felvételei)
Borítólapunk harmadik oldalán: Szaúd-Arábia, a vulkánparadicsom (*Németh Károly* felvételei)

Mellékletünk: Wesztergom Viktorné: Simonyi Károly Emlékkülés Sopronban. A XXIII. Természet–Tudomány Diákpályázat cikkei (Foltányi Flóra, Horváth Henriett, valamint Fehér Krisztián írása) A XXIV. Természet–Tudomány Diákpályázat pályázati felhívása

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@mail.datanet.hu, 327–8960)
NÉMETH GÉZA (n.geza@mail.datanet.hu, 327–8961)

Tördelés: LewArt Design

Titkárságvezető:
LUKÁCS ANNAMÁRIA



NÉMETH KINGA – GÓCZA ELEN

Őssejtek-e az embrionális őssejtek?

A kutatás harminc éve

Az őssejtek különlegessége első sorban a folyamatos önmegújító képességükben rejlik. Szimmetrikus osztódásuk mellett aszimmetrikus osztódásra is képesek, melynek során a létrejövő két leánysejt közül az egyik ugyan olyan őssejt, mint amiből létrejött, a másik pedig egy már differenciáltabb fejlődési állapotban lévő sejt. Többféle őssejtípust különböztetünk meg.

A legkorábbi, teljességgel differenciálatlan sejt a *totipotens*, vagyis „mindent tudó” őssejt, ami embrionális és extraembrionális szövetek kialakítására egyaránt képes, így belőle egy teljes egyed létre tud jönni. Ilyen totipotens sejt a megtermékenyített petesejt. Az embriófejlődés megindulásakor a zigóta osztódni kezd, így az első néhány osztódás során létrejövő sejtek szintén totipotensek, vagyis minden egyes sejt képes egy teljes, külön embrió létrehozására. Ez az alapja az egypetéjű ikrek fejlődésének is, amikor az osztódó zigóta két sejtje nagyon hamar kettéválik. Ezt kihasználva, mesterségesen is létrehozhatók iker állatok: a kétsejtes embrió két blasztomerjét szétválasztjuk, majd egyenként recipiens nőtényi petevezetőjébe ültetjük, így genetikailag teljesen egyforma utódok hozhatók létre.

A blasztomerek tovább osztódnak, kompaktizálódik az embrió, és kialakul a hólyageszta (blasztociszta). A blasztociszta állapotú embriókban már jól elkülöníthető a belső embriócsomó (inner cell mass, ICM), és az azt körülvevő ún. trofektoderma-réteg (1. ábra). Az embriócsomót alkotó őssejtek *pluripotensek*, vagyis képesek a kifejlett egyed összes testi sejtjének és ivarsejtjeinek kialakítására is, míg az extraembrionális szövetek a trofektoderma-sejtekből jönnek létre.

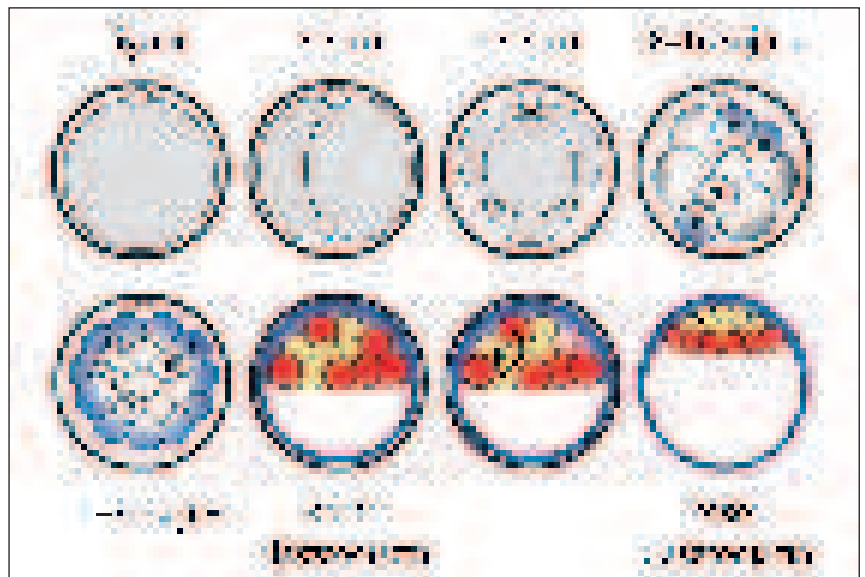
Eddig tehát láttuk, hogy vannak totipotens és pluripotens őssejtek, melyek különböző differenciációs állapotot képviselnek (2. ábra). Tudjuk azonban, hogy nemcsak az embrióban találhatóak őssejtek, hanem a felnőtt szervezet különböző szöveteiben is, melyek a csíralemezek szétválásakor keletkeznek, és az egyed egész élete folyamán megmaradnak. Ezek

az ún. multipotens őssejtek, melyek már kisebb differenciációs potenciállal rendelkeznek, vagyis bizonyos mértékben már elköteleződtek valamilyen irányba, azaz még mindig többféle sejtípus jöhet létre belőlük, de már nem akármilyen. Ilyen multipotens őssejtek például a vérképző (hematopoietikus) őssejtek, melyek a csontvelőben találhatóak, továbbá ilyenek a szinte minden szervünkben megtalálható mesenchymalis őssejtek is. A felnőtt vagy szöveti őssejtjeink jótékony munkáját nap

hogy bizonyos mértékű vérvesztéséget a szervezetünk magától képes pótolni. Beláthatjuk tehát, hogy az őssejtek mind előfordulásukat, mind funkciójukat tekintve igen sokfélék.

Az embrionális őssejtkutatás harminc éve

A legnagyobb érdeklődés, ugyanakkor a legnagyobb misztérium is az embrionális

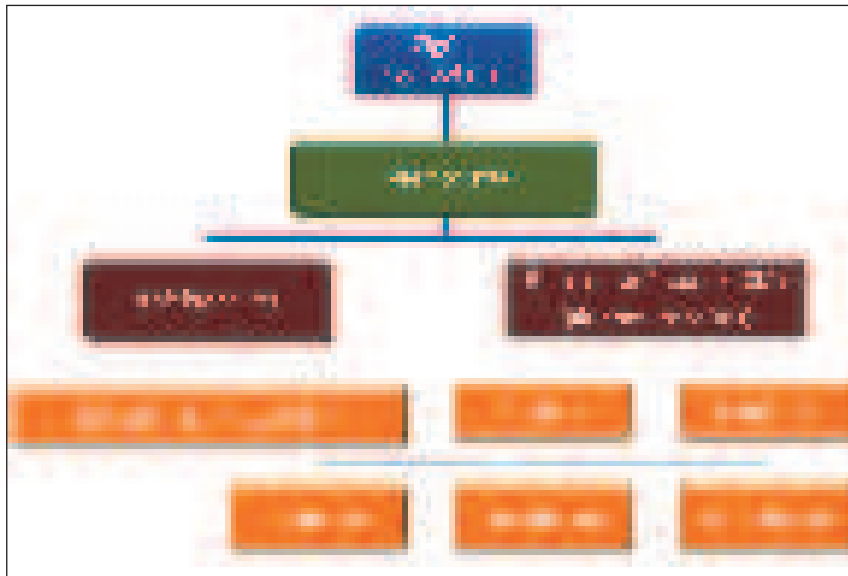


1. ábra. A blasztociszta kialakulásának folyamata. A megtermékenyítés után a zigóta gyors osztódásnak indul. Kettő és négy sejtjes állapotban a blasztomerek még jól elkülöníthetőek, majd a tizenhat sejtjes állapot körül az embrió kompaktizálódik és kialakul a korai blasztociszta, melyben elkülönül egy belső embriócsomó és az azt körülvevő trofektoderma réteg. A késői blasztociszta-állapot elérésekor a belső embriócsomó pluripotens sejtjei már részlegesen differenciálódtak, ezáltal két sejtípus alakul ki, az epiblaszt és az alatta elhelyezkedő hipoblaszt (Morris et al., 2013 nyomán módosítva)

mint nap tapasztaljuk. Ezek felelősek azon sejtjeink pótlásáért, melyeket napi életünk során elhasználunk. Ilyenek a bőrünkben található őssejtek, melyek a hámsérülés során elpusztult sejteteket pótolják, vagy a vérképző őssejtek, melyek gyakorlatilag folyamatosan képesek megújítani a vérünkben található sejteteket. Ezért van az,

melyek később talán a legnagyobb szerepe lehet a regeneratív orvoslásban, bár vizsgálatuk egyelőre inkább az alapkutatók körébe tartozik.

A legfontosabb különbség egy embrionális őssejt és egy testi sejt között az, hogy az embrionális őssejt korlátlan ideig



2. ábra. A különböző differenciációs potenciállal rendelkező sejtek leszármazása. A legkorábbi, teljességgel differenciálatlan sejt a totipotens őssejt. Ez az embrionális és extraembrionális szövetek kialakítására egyaránt képes, így belőle egy teljes egyed létre tud jönni. Ilyen totipotens sejt a megtermékenyített petesejt. A blasztociszta állapotú embrióban már elkülöníthető egy belső embriócsomó és a külső trofektoderma réteg. Az embriócsomót alkotó őssejtek pluripotensek, vagyis képesek a kifejlett egyed összes testi sejtjének, és ivarsejtjeinek kialakítására is, míg a trofektoderma sejtek az extraembrionális szöveteket hozzák létre

differenciálatlan állapotban tud maradni, önmegújulásra képes, és pluripotens, vagyis mindhárom embrionális csíralemez sejtjeinek kialakítására képes, és hozzájárul a magzat véglegesen differenciálódott sejtjeinek, így az ivarsejtjeinek kialakításához is.

Az embrionális őssejteket a blasztociszta állapotú embrió embriócsomójából (inner cell mass, ICM) nyerhetjük (3. ábra). Az így nyert sejtek megfelelő körülmények között *in vitro* korlátlan ideig fenntarthatók, s így belőlük pluripotens őssejt-vonal alapítható. Ezek a jellemzők teszik az embrionális őssejtet a mezőgazdaságban, és az orvos-biológiában egyaránt alkalmazott génsebészeti eljárások ideális eszközévé.

Több mint 30 évvel ezelőtt számoltak be először arról, hogy egér blasztociszta belső embriócsomójából nyert sejtekből sikerült embrionális őssejt-vonalat alapítani. Ezután majdnem két évtized telt el, mire emberi (mesterséges megtermékenyítés során megmaradt) embrióból is sikerült embrionális őssejt-vonalat létrehozni. Ezen kezdeti, blasztocisztaból létrehozott sejtvonalak alapítása óta, mára már egér és ember esetében is rendelkezésre állnak néhány-sejtes embrióból létrehozott sejtvonalak is.

Bár rágcslókból és főemlősökből már sikeresen alapítottak embrionális őssejt-vonalakat, más emlősállatok esetében ez

még mindig nem sikerült. Ahhoz, hogy gazdasági használatokból valódi embrionális őssejt-vonalakat alapíthassunk, muszáj tisztáznunk néhány alapvető kérdést. Ismernünk kell a meglévő embrionális őssejt-vonalak közti különbségeket, a beágyazódás előtti embriófejlődés menetét, a sejtek pluripotenciájának kialakításában és megtartásában résztvevő jelátviteli útvonalakat, valamint a sejtek optimális tenyésztési körülményeit.

A pluripotens sejtek jellemzői

A valódi embrionális őssejt-vonalakban lévő sejteknek rendelkezniük kell bizonyos speciális tulajdonságokkal, melyek elkülönítik őket a szövetspecifikus (multipotens) őssejtektől, és a véglegesen differenciálódott sejtektől. Legfontosabb, hogy az embrionális őssejtek korlátlan osztódásra képesek, és korlátlan ideig képesek megtartani differenciálatlan állapotukat, habár fontos megjegyezni, hogy az optimálistól eltérő körülmények között spontán eldifferenciálódhatnak. Ezen kívül, az embrionális őssejteket visszajuttatva az embrióba, képesek bekapcsolódni a normális embrionális fejlődés menetébe, mindhárom embrionális csíralemez sejtjeinek kialakítására képesek lesznek, így ivarsejtek is létrejöhetnek belőlük. A mesterségesen, tenyészetben fenntartott sejtvena-

lunk sejtjeiről elmondhatjuk, hogy valóban pluripotensek, amennyiben:

- *in vitro* körülmények között *embriócsomókat* (EB) hoznak létre;
- legyengített immunrendszerű állatba beültetve *teratómát* képeznek;
- *kiméra* utódok létrehozására képesek, bizonyítva, hogy az embrionális őssejtek részt vesznek az endo-, ekto-, és mezoderma szöveiteinek kialakításában, és ivarsejtek létrehozására is képesek;
- a tetraploid komplementáció során képesek a teljes embrió kialakítására.

Érdekes módon, csak a korai egérblasztocisztaból származó pluripotens őssejtek, illetve bizonyos indukált pluripotens őssejtek felelnek meg az összes kritériumnak.

Az embrionális őssejt-technológia jelentősége

Az embrionális őssejteket a már említett különleges tulajdonságaik teszik a használatokon alkalmazott mezőgazdasági, és orvos-biológiai módszerek felbecsülhetetlen eszközévé. Mezőgazdasági szempontból, az embrionális őssejt értékes génsebészeti eszköz lehet az állatállomány előnyös génekkel való javításához. Ennek egyrészt gazdasági jelentősége van, másrészt a betegségekkel szembeni ellenállás szempontjából is fontos. Nagy szerepe lehet a génmegőrzés területén is, továbbá az embrionális őssejtek jól használhatók az emlősök funkcionális genomikai kutatásaihoz is.

Orvos-biológiai szempontból is nagy jelentősége van a megfelelő őssejt-vonalak alapításának, hiszen ezek segítségével hatékonyan hozhatunk létre olyan modellállatokat, melyek segítségünkre lehetnek egyes humán betegségek vizsgálatában, illetve ezek kezelésében és gyógyításában.

A patásokból származó őssejt-technológia története

Kevesebb, mint egy évtizeddel az egér embrionális őssejt-vonalak alapítása után, *in vitro* termékenyített sertés blasztocisztaból is sikerült sejtvonalakot alapítani. Ezek a sertés embrionális őssejtek vélt sejtek azonban képtelenek voltak néhány *passzáznál* tovább megtartani az embrionális őssejt-jellegű állapotot, amely arra enged következtetni, hogy nem valódi embrionális őssejtek voltak. Ekkor merült fel először a kérdés, hogy ezek a sejtek pluripotensnek tekinthetők-e. Újabb tanulmányok már

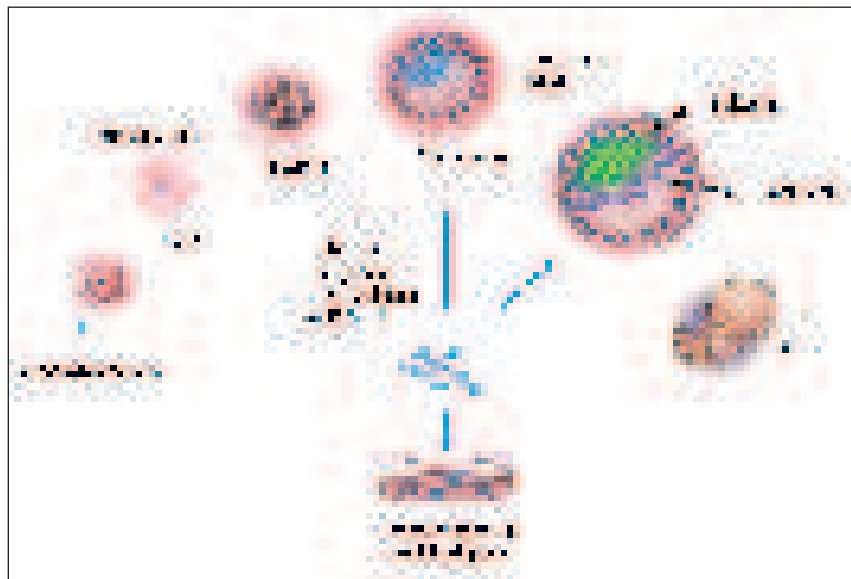


szarvasmarha, sertés, kecske, és juh *in vivo* és *in vitro* termékenyített embrióból származó embrionális-, vagyis inkább embrionális-jellegű őssejt-vonalakról is beszámoltak. Az egérrel és a főemlősökkel szemben, a patásokból származó embrionális őssejt esetében nem sikerült döntően bizonyítani, hogy folyamatosan osztódnak és differenciálatlan állapotban maradnak, valamint, hogy akár *in vitro*, akár *in vivo* képesek lennének mindhárom csíralemez sejtjeivé differenciálódni. Bár arról már beszámoltak, hogy kimérát képeznek, de ezekben az esetekben az embrionális őssejtteredeti szövetek csak nagyon kis százalékban voltak kimutathatóak. A patások embriócsomójából származó sejtek biztos, hogy

ai jellegzetességek összefüggésben vannak-e a pluripotens jelleggel?

- Melyik a legjobb időszak az embriócsomó izolálására?
- Milyen faktorok határozzák meg a pluripotenciát a patások embrionális őssejtjeiben?
- Milyen faktorokat kell tartalmaznia a tenyésztő médiumnak az embrionális őssejt pluripotenciájának és önmegújító képességének fenntartására?

Cikkünk következő részében azt mutatjuk be, hogy napjainkban meddig jutottunk ezen kérdések a megválaszolásával.



3. ábra. Az embriófejlődés főbb lépései. A sejtvonala alapításához legáltalánosabban a blasztociszta állapotú embrió embriócsomójában található pluripotens sejteket használjuk, de az utóbbi időben egyre több kutatás irányul az epiblasztból és hipoblasztból létrehozott sejttenyészetek vizsgálatára is (Wenceslau et al., 2013 nyomán módosítva)

pluripotensek, mivel új utód szöveinek létrehozására képesek. Mivel azonban a korai embrionális fejlődést irányító faktorokról rendelkezésre álló tudásunk jelenleg még elenyésző, így nem tudjuk megmondani, hogy az embrionális fejlődés során melyik az az optimális időpont, amikor a valóban pluripotens sejtet izolálhatjuk. Ennek az ismeretnek a hiányában nem lehet „valódi” embrionális őssejt-vonalat létrehozni. Ez a probléma nem egyedül a patásoknál létezik, mivel a sejtvonala-alapítás sikeressége rágcslók esetében is függ a genetikai háttértől. Haszonállatok esetében rengeteg a még tisztázandó kérdés:

- Az embrionális őssejtet meghatározó morfológiai és/vagy fiziológi-

Embrionális őssejt-e egy embrionális őssejt?

Míg az egér embrionális őssejtet *in vivo* termékenyített (majd a méhből kimosott) embriókból hozták létre, addig a humán embrionális őssejt-vonalakat az IVF (*in vitro* fertilisation) klinikákon, mesterséges megtermékenyítéssel létrehozott, de fel nem használt, kutatási célokra felajánlott embriók *epiblasztjából* alapították (3. ábra).

Eddig az egér embrionális őssejtéből létrehozott sejtvonala az egyetlen olyan őssejt-vonal, mely a pluripotencia mind a négy kritériumának megfelel. Jelenleg úgy gondoljuk, hogy ez annak köszönhető, hogy az egér embrionális

őssejt egy korábbi fejlődési állapotot képviselnek, ezeket „naív” embrionális őssejtnek nevezzük. Ezeket a sejteket LIF (leukémia inhibitor faktor, LIF) hozzáadása mellett tenyésztjük. Ezzel ellentétben, az egér embrionális csírákorongjának sejtjei már differenciálódottabb állapotban vannak, osztódásuk fenntartásához más növekedési faktorra, a bFGF-re van szükség. Ezek a sejtek ivarsejt kiméra létrehozására nem alkalmasak, ezeket „primed”, más néven „érett” állapotban levő embrionális őssejtnek nevezzük. Egérsejt esetében, ha a sejtek osztódását segítik, illetve inhibítormolekulák hozzáadásával (2i) a differenciálódást gátolják, a sejtek folyamatosan osztódó „alapállapotba” kerülhetnek. Ez az állapot elsősorban a sejtciklus G1 fázisban lévő sejtek arányával jellemezhető, mivel minél hosszabb idejű egy sejt esetében a G1 fázisban töltött idő, annál nagyobb az esélye annak, hogy a sejtek differenciálódni kezdenek (4. ábra).

Az alapján, hogy az egér epiblasztsejt-vonalak sejtjei, és a humán embrionális őssejt ennyire hasonlítanak egymásra, feltételezhető, hogy ezen humán sejtek a „primed” állapotú őssejtnek feleltethetők meg, míg a patások embrionális fejlődése lényegesen eltér ezekétől, ami azt sejteti, hogy a sejtvonala-alapítás kezdetekor talán más fejlődési állapotú embrióból kellene kiindulni.

Ezek egyelőre megválaszolatlan kérdések, ismeretük azonban nagyon fontos lenne a valódi pluripotens őssejt-vonalak sikeres létrehozásához.

Az elsődleges sejt kultúrák létrehozása

A haszonállatokból való embrionális őssejt-vonalak alapításakor az egyik alapvető tanácsatlanságot az okozza, hogy jelenleg nem tudjuk, mi lehet a megfelelő stádium az embrió izolálásához. Napjainkban elsősorban a korai blasztocisztát használják, de vannak, akik korábbi fejlődési állapotban lévő embriókból próbálnak embrionális őssejtet izolálni, melyek még valószínűleg „naív” blasztomereket tartalmaznak. Egyre több közlemény jelenik meg arról is, hogy a fejlődő patásembriókban, az egér, illetve a humán embrióktól eltérő génextpressziós mintázatot találtak. Ez a különbség lehet az oka annak, hogy gazdasági haszonállatokból még nem tudtak „naív” embrionális őssejt-vonalakat létrehozni, így át kell gondolnunk a sejtvonala-alapításakor alkalmazott módszereket.

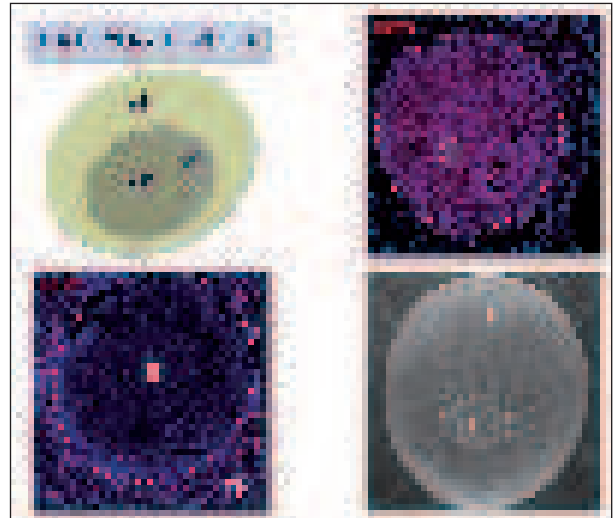
A valódi embrionális őssejtek felismerése

Patásokban ez olyan, mint a klasszikus „tyúk vagy a tojás” rejtély. Mivel nincs elfogadott standard patás embrionális őssejt, és sok következtetlenség van az eddig leírt markereket illetően, a „valódi” patás embrionális őssejtek mibenléte még nem tisztázott. Ahhoz, hogy tisztábban lássunk ezen a területen, egyre fontosabb az embrióban található pluripotens sejtek jellemzése és az újonnan alapított pluripotens sejtvonalak sejtfelszíni markereinek összehasonlítása. Az intézetünkben folyó nyúl embrionális és iPS-sejt vonal alapítási munka során is egyre nagyobb hangsúlyt fektettünk a nyülembriók fejlődésének vizsgálatára, és az embrionális fejlődés során szerepet játszó pluripotenciát meghatározó faktorok megismerésére (5. ábra).

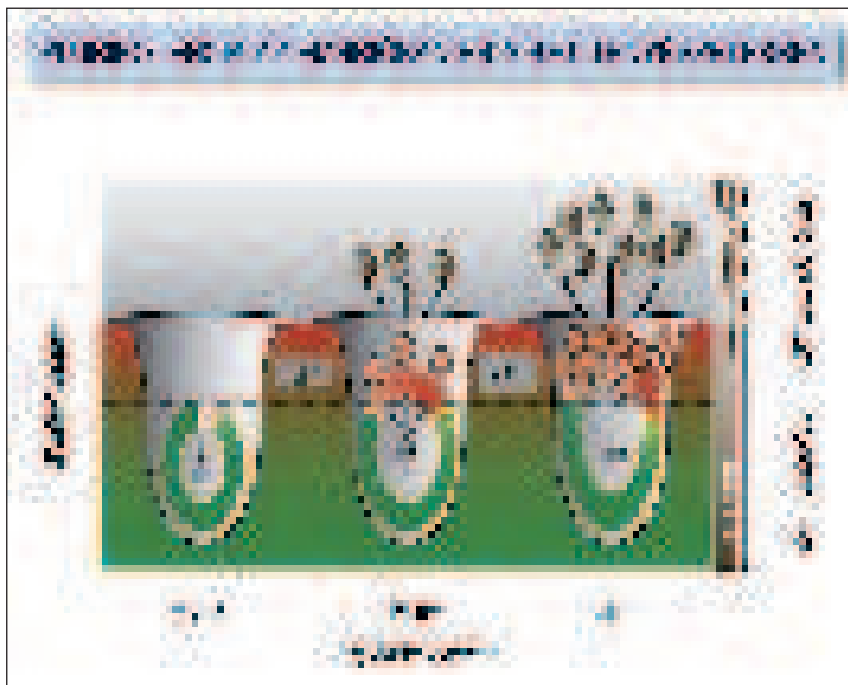
A legnehezebb feladat, hogy *in vitro* olyan körülményeket teremtsünk, amelyben az őssejtek megtartják differenciálatlan állapotukat, és képesek maradnak az önmegeújulásra. További problémát je-

Mit tanulhatunk az iPS-sejtektől?

A „naív” állapotú patás embrionális őssejtek létrehozása az utóbbi két évtizedben tehát végig sikertelen maradt. E tekintetben előrelépést jelenthet az, hogy gazdasági használatok esetében is sikerült iPS-sejteket létrehozni. A kezdeti mérföldkövet *Takahasi* és *Yamanaka* publikációja adta, melyben egérből származó szomatikus sejteket programoztak vissza embrionális-jellegű, úgynevezett iPS-sejtekké, négy transzkripciós faktor (Oct4, Sox2, Klf4, c-Myc) túlexpresszáltatásával. Az egér iPS-sejteknek megvannak az embri-



5. ábra. A hatnapos nyülembrióban három csíralemez van. A külső rétegben a trofoblaszt- (TB) sejtek találhatóak, az embrióblaszt (E) közepén látható, amiben már elkülöníthető az epiblaszt- (EP) és hipoblaszt- (HY) sejtek rétege. A TB-sejtek CDX2 transzkripciós faktort expresszálnak, az epiblaszt-sejtek OCT4 transzkripciós faktort (Saját felvételek)



4. ábra. Az embrionális őssejtek alap, naív és primed állapota, és a fenntartásukhoz szükséges FGF5, Nanog transzkripciós faktorok (Coronado et al., 2013 alapján)

lent a sejt vonal alapításakor alkalmazandó tápláló sejtréteg megválasztása, illetve a tápláló sejtek mennyiségének meghatározása. Valószínűleg ebben a munkában is sokat segíthet majd az indukált pluripotens őssejtek (iPS-sejtek) létrehozása, illetve fenntartása során szerzett ismeret.

onális őssejtekre jellemző alapvető tulajdonságai, vagyis teratómát képeznek, és ivarsejtkiméra-utódokat is létrehozhatnak. Azóta elfogadottá vált ez a technika, és sok más fajból is sikerült iPS-sejttenyészeteket létrehozni. Ám számos megválaszolható kérdés van még ezzel kapcsolatban, és egyre inkább úgy tűnik, hogy az iPS-sejtek

nem minden tekintetben azonosak a valódi embrionális őssejtekkel.

Az utóbbi évek tanulmányai azt mutatják, hogy a sertés iPS-sejtek kevésbé az egér, mint inkább a humán embrionális őssejtekre hasonlítanak. Ez is azt mutatja, hogy sertésekben a ma rendelkezésre álló pluripotens sejtek alapvetően „primed” állapotúak lehetnek. Néhány egértörzstől eltekintve, ugyanez igaz a többi emlősfajra is. Meg kell jegyezni, hogy a kis molekulák előre törése, melyeket target-specifikusan, a pluripotens állapot fenntartásához szükséges jelátviteli útvonalak befolyásolásához használnak, valamint a visszaprogramozó gének széles tárhaza lehetővé tette új, „naív” iPS-sejtek létrehozását. Bár az ilyen sejt vonalakban rejlő lehetőségek még feltérképezés alatt állnak, ezeknek a tanulmányoknak az ismeretében kijelenthető, hogy az embrionális őssejt-, és az iPS-technológia egymást kölcsönösen segítve hamarosan a gyógyászatban is alkalmazható eredményeket érhet el.

Bár az iPS-sejtek felhasználása széleskörű alkalmazási lehetőséget ígér, létrehozásuk körül még mindig sok probléma vetődik fel. Az egyik, hogy még ma is sok esetben beépülő retrovírus vektorokat használnak ahhoz, hogy az átprogramozott sejtekben folyamatosan expresszáldjon a transzgén. Ez a mutagenézis kockázatán felül, a pluripotencia gének folyamatos expresszióját is eredményezi, ami ezzel párhuzamosan az iPS-sejtek differenciálódási képességét is korlátozza. Az iPS-sejtek biztonságosabb alkalmazásának elősegítése érdekében indukálható vektorokat



kell alkalmazni, és a bevitt transzgént ki kell vágni a létrehozott iPS-sejtekből. A másik lehetőség, hogy a visszaprogramozást nem-beépülő vektorokkal végzik, ún. „össajt-fehérjék” használatával, vagy kis molekulák kombinációjával.

Megállapítható, hogy minden lehetséges buktatója ellenére, az iPS-technológia valós esélyt jelent arra, hogy a közeljövőben a gazdasági használatok esetében is létre tudjunk majd hozni pluripotens embrionális összejt-vonalakat. Az iPS-sejtek létrehozására szolgáló technológia fejlődésével ki lehet alakítani egy olyan módszert, mely esetében nem lesz szükséges az átprogramozó faktor beépülése, ezzel biztonságosan alkalmazható embrionális összejt-vonalakat lehet majd létrehozni gazdasági használatok, illetve a kihalással veszélyeztetett fajok esetében is.

Az írás az OTKA K 77913 számú pályázat keretében végzett kutatásokhoz kapcsolódik.

Irodalom

Bauer BK, Isom SC, Spate LD, Whitworth KM, Spollen WG, Blake SM, Springer GK, Murphy CN, Prather RS, 2010: Transcriptional profiling by deep sequencing identifies differences in mRNA transcript abundance in in vivo-derived versus in vitro-cultured porcine blastocyst stage embryos. *Biol Reprod* 83, 791–798.

Coronado DI, Godet M, Bourillout PY, Taponnier Y, Bernat A, Petit M, Afanassieff M, Markossian S, Malashicheva A, Iacone R, Anastasiadis K, Savatier P, 2013: A short G1 phase is an intrinsic determinant of naive embryonic stem cell pluripotency. *Stem Cell Res* ;10(1):118-31. doi: 10.1016/j.scr.2012.10.004. Epub 2012 Oct 29.

Evans MJ, Kaufman MH, 1981: Establishment in culture of pluripotential cells from mouse embryos. *Nature* 292, 154–156

Kang L, Wang J, Zhang Y, Kou Z, Gao S, 2009: iPS cells can support full-term development of tetraploid blastocyst-complemented embryos. *Cell Stem Cell* 5, 135–138.

Maraghechi P, Hiripi L, Tóth G, Bontovics B, Bősze Zs, Gócsa E, 2013: Discovery of pluripotency-associated microRNAs in rabbit preimplantation embryos and embryonic stem-like cells. *Reprod* 145, 421–437.

Martin GR, 1981: Isolation of a pluripotent cell line from early mouse embryos cultured in medium conditioned by teratocarcinoma stem cells. *Proc Natl Acad Sci USA* 78, 7634–7638.

Morris SA, Graham SJ, Jedrusik A, Zernicka-Goetz M, 2013: The differential response to Fgf signalling in cells internalized at different times influences lineage segregation in preimplantation mouse embryos. *Open Biol.* 3(11):130104.

Nagy A, Rossant J, Nagy R, Abramow-Newerly W, Roder JC, 1993: Derivation of completely cell culture-derived mice from early-passage ESCs.

Szójegyzék

- Totipotens összejt** – Olyan differenciálatlan sejt, mely az embrionális és az extraembrionális szövetek létrehozására is képes, így belőle egy teljes élőlény fejlődhet. Ilyen totipotens összejt például a megtermékenyített petesejt.
- Pluripotens összejt** – Olyan differenciálatlan sejt, mely képes mindhárom embrionális csiralemez sejtjeinek kialakítására, de az extraembrionális szöveteket már nem tudja létrehozni. Ilyen pluripotens sejtek alkotják a blasztociszta állapotú embrió belső embriósomóját, amelyből az embrió szövetei alakulnak ki, míg az extraembrionális szöveteket (pl. méhlepény, szikzacskó) a külső sejtek hozzák létre.
- Teratóma** – Olyan, rákos elváltozáshoz hasonló sejtburjánzás, melyben mindhárom embrionális csiralemezre jellemző sejtípus megtalálható. Az embrionális összejtek legyengített immunrendszerű egerekbe juttatva teratómát képeznek, ezzel bizonyítva pluripotens jellegüket, vagyis hogy a differenciálatlan sejtekből valóban létrejöhetnek mindhárom embrionális csiralemez sejtjei.
- Kiméra** – Amikor egy egyed szervezetében két vagy több embrióból, vagy szövetből származó, eltérő genotípusú sejt található.
- Tetraploid komplementáció** – Ha tetraploid (négyeszes kromoszómaszámú) embrió belsejébe, embrionális összejt vonalból származó, diploid sejteket juttatunk, és figyeljük az embrió fejlődését, azt tapasztaljuk, hogy az embriósomó, majd a fejlődő embrió sejtjei mind diploidok, míg az extraembrionális szövetek (pl. méhlepény) tetraploid sejtekből állnak. Ennek oka az, hogy a diploid sejtek sokkal gyorsabban osztódnak, így a belső embriósomó növekedése során kiszorítják a tetraploid sejteket. Ezzel a módszerrel egyetlen sejt vonal sejtjeinek felhasználásával sok olyan embrió hozható létre, melyek genetikailag teljesen egyformák (klónok), minden sejtjük a felhasznált diploid sejtekből származik.
- Passzázs** – Sejttenyésztéskor a tenyésztő edényt benőtt sejteket disszociáltat oldat segítségével leválasztjuk a felszínről, sejtuszpenziót készítünk belőlük, majd ezt a sejtuszpenziót egy új tenyésztő edénybe pipettázzuk, átpasszáljuk (átöltjük).
- Epiblaszt** – Az embriósomó az embrionális fejlődés során két részre különül, az epiblasztra, más néven primitív ektodermára, és a hipoblasztra, vagy más néven primitív endodermára.
- Expresszió** – Egy gén kifejeződése.
- LIF** – Leukémia inhibitor faktor.
- bFGF (FGF2)** – Fibroblaszt növekedési faktor.
- 2i** – Az eger embrionális összejt-vonalak pluripotenciájának fenntartásához két speciális inhibítort adunk a médiumhoz.
- Blasztomer** – Az egysejtes embrió osztódását követően a barázdálódó embriót felépítő sejtek.
- Morula** – Morulának, vagy „szedericsírának” nevezzük a 16–32 sejttes, már kompaktizálódott embriót.
- Blasztociszta** – Másnéven hólyagsíra, az emlősök beágyazódás előtti embrionális állapota. Az embrió belsejében egy folyadékkal telt üreg van (blasztocöl), és jól elkülöníthető az embriósomó, melyet pluripotens sejtek alkotnak. Az embrió külső sejttrétegét alkotó sejtek a trofektoderma-sejtek, melyekből az extraembrionális szövetek jönnek létre.
- Túlexpresszáltatás** – Egy gén kifejeződésének mesterséges felerősítése.
- Transzgén** – Egy egyedbe kívülről, valamilyen vektor segítségével mesterségesen bejuttatott gén.

Proc Natl Acad Sci USA 90, 8424–8428.

Nichols J, Smith A, 2009: Naive and primed pluripotent states. *Cell Stem Cell* 4, 487–492.

Okita K, Nakagawa M, Hyenjong H, Ichisaka T, Yamanaka S, 2008: Generation of mouse induced pluripotent stem cells without viral vectors. *Science* 322, 949–953.

Takahashi K, Yamanaka S, 2006: Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors. *Cell* 126, 663–76.

Telugu BP, Ezashi T, Roberts RM, 2010: Porcine induced pluripotent stem cells analogous to naive and primed embryonic stem cells of the mouse. *Int J Dev Biol* 54, 1703–1711.

Thomson JA, Itskovitz-Eldor J, Shapiro SS, Waknitz MA, Swiergiel JJ, Marshall VS, Jones JM, 1998: ESC lines derived from human blastocysts. *Science* 282, 1145–1147.

Wenceslau CV, Kerkis I, Lizier NF, Kerkis A, 2013: De-Differentiation of Somatic Cells to a Pluripotent State, *Pluripotent Stem Cells*, Dr. Deepa Bhartiya (Ed.), ISBN: 978-953-51-1192-4, InTech

Yu J, Hu K, Smuga-Otto K, Tian S, Stewart R, Slukvin II, Thomson JA, 2009: Human induced pluripotent stem cells free of vector and transgene sequences. *Science* 324, 797–801.

Zhao XY, Li W, Lv Z, Liu L, Tong M, Hai T, Hao J, Guo CL, Ma QW, Wang L, Zeng F, Zhou Q, 2009: iPS cells produce viable mice through tetraploid complementation. *Nature* 461, 86–90.

Zhou H, Wu S, Joo JY, Zhu S, Han DW, Lin T, Trauger S, Bien G, Yao S, Zhu Y, Siuzdak G, Scholer HR, Duan L, Ding S, 2009: Generation of induced pluripotent stem cells using recombinant proteins. *Cell Stem Cell* 4, 581–584.

NÉMETH KÁROLY

Szaúd-Arábia, a vulkánparadicsom?

Először gondoljunk Szaúd-Arábiáról egy sivatagos, olajban úszó egzotikus világra, de semmi esetre sem mint vulkánparadicsom jelenik meg előttünk. Erre még a tájékozott olvasó sem gondol, még ha a térképre tekintve látszik is, hogy az Arab-félsziget nyugati peremét mosó keskeny tenger, valójában az egyik legfiatalabb óceánunk, s annak fenekén Afrika és az Arab-félsziget között egy közel 2000 km-es vulkáni hegyvonulat rejtőzködik, hasonlóan más óceánközépi hátságok vulkánjaihoz. Nem is erre a vulkánláncra gondoltunk, hanem egy olyan, a felszínen levő, több ezer vulkánból álló vidékre, mely nemcsak geológiai érdekességként számottevő, hanem Medina városát is katasztrófával veszélyeztetett és veszélyezteteti is a jövőben. Pont e vulkáni veszélyforrások pontos megértésére alakult 2010-ben a szaúd-arábiai dzsiddai King Abdulaziz Egyetem, az új-zélandi Aucklandi Egyetem és a Massey Egyetem együttműködéséül egy nemzetközi tudományos projekt, a VORISA (Volcanic Risk in Saudi Arabia).

Az elmúlt évek intenzív kutatásai elsősorban a Harrat Rahat vidékét vizsgálták Medinától délre, de „felfedező jelleggel” kutatási programok indultak a Harrat Kishb, Harrat Hutaymah, Harrat Khyber és Harrat Uyanwir területére is. A következőkben rövid összefoglalást adunk az Arab-félsziget vulkánosságáról és néhány eddigi tudományos eredményről.

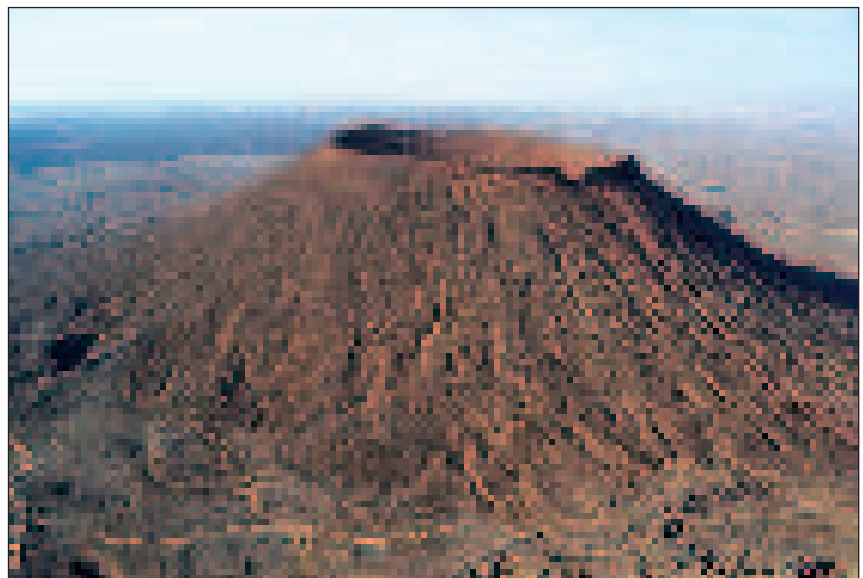
Lemeztektonikai különlegesség

Szaúd-Arábia területét legalább 180 000 km² területen fedi olyan vulkáni képződmény, mely a kainozoikumban született ún. alkáli olivin bazaltvulkanizmus során¹⁻⁴. Becslés szerint is legalább ezer, de valójában több ezer km³ vulkáni anyagot tartalmazhatnak ezek a mezők¹. Ezzel e vulkáni vidék a világ legnagyobb méretű alkáli olivinbazaltterületei közé tartozik. Legalább 13 önálló vulkáni mezőre bontható¹, melyek térben és időben jól elkülöníthetőek, bár az utóbbi idők kutatásai azt mutatják, hogy gyak-

ran egy-egy vulkáni mező sokkal inkább egy egymás „hegyn-hátán” települő vulkáni mezők sokasága, és önmagukban is hosszú, de bizonyos időszakokban intenzívebb vulkanizmusról tanúskodnak⁵. E vulkáni mezők a mai Vörös-tenger partvonalától egészen a prekambriumi kőzetekből álló Arab-pajzs keleti pereméig nyomozhatók⁶. Észak felé további fiatal vulkáni mezők sorakoznak Jordánián, Szírián át egészen Anatóliáig egy több ezer kilométeres vulkáni rendszert alkotva, nagy vonalakban követve az

ban született vulkáni mezők eredete kapcsolatban van a mai Vörös-tenger tengelyében levő óceánközépi hátságokhoz hasonló vulkáni folyamatokkal. Bár ez a gondolat tetszetős, valójában e két vulkanizmus csak nagy vonalakban hozható összefüggésbe.

Az afrikai kontinentális tábla alatt felhalmozódó szerkezeti feszültség és egy jelentős köpenyfeláramlási góc együttesen lehetett felelős azért, hogy az Arab-félsziget leszakadt az Afrikai-tábláról és megindult egy tipikus, hasadékvölgyekre jellemző, jórészt



Egy idősebb, már erózió marta salakkúp a Harrat Rahat középső részéről

Arab-mikrokontinens peremét a Holt-tenger melléki törérendszer mentén^{6,7}. Délen Jemenig követhető fiatal vulkánmezők, míg az Indiai-óceán partvidékén már szinte egybeolvadnak egy tipikus trappbazalt rendszerrel, melynek keletkezését az Arab-félsziget vulkánmezőinek létrejöttéhez képest inkább egy jelentős méretű köpenyfeláramláshoz kötik, hasonlóan az Etióp-félföldet alkotó kainozoikumai árbazaltokhoz⁸.

Az Arab-félsziget alatti vulkáni mezők eredete még nem tisztázott. Természetes magyarázatként adódik, hogy a félsziget nyugati peremén az oligocén kezdetétől több fázis-

bazaltos vulkanizmus⁶. A Vörös-tenger szünetését megelőzően a tájkép hasonló lehetett Afrika és Arábia között, mint amilyen ma a Kelet-afrikai-árokrendszer. A hasadérendszer tengelyében sok közzelél nyomult be, mindinkább szétfeszítve az egykori összefüggő kontinenst⁶. A hasadékvölgy Arab-tábla felőli oldalán, a mai Vörös-tenger tengelyét nagyjából követve törérendszerek nyíltak, melyekkel párhuzamosan születtek, szinte véletlenszerű eloszlásban, az Arab-félsziget kontinensbelseji hatalmas vulkáni mezői; ezek magmájának összetétele is jelentősen különbözött a Vörös-tenger medencéjét kiala-



A 641-es medinai vulkánkitörés feltételezett kúpjai Medina peremkerületében (A szerző felvételei)

kitő, tipikusan óceánközépi magmatizmusra jellemző magmáktól⁶. Úgy tűnik, hogy az a magma és folyamat, mely a Föld legfiatalabb óceánjának aljátát szülte és szüli ma is, egészen más, mint ami az Arab-félsziget nyugati peremének vulkáni mezeit létrehozta⁶. Az Arab-félsziget legidősebb vulkánjai 30–20 millió évvel ezelőtt születtek, és minden bizonnyal a Vörös-tenger hasadékvulkanizmusának kezdetét jelző magmatizmussal lehetnek kapcsolatban⁶. Ezt követően a vulkánosság szünetelt, majd úgy 10 millió évvel ezelőtt jelentős tevékenység volt, mely máig aktív egy 2000 km hosszú, közel észak–déli irányban elnyúlt zóna mentén^{4,6,7,9}. Ez az irányítottág kb. 15 fokkal eltér a mai Vörös-tenger hossz tengelye által kijelölt iránytól, jelezvén, hogy ez a vulkanizmus más okra vezethető vissza, mint ami a Vörös-tenger középvonalában zajlik⁷. A geofizikai adatok szerint e vulkáni zóna északi része egy jól kivehető észak–déli irányítottágú üledékes medencének a helyzetével esik egybe, melyet több vulkánmező is kitölt. A legtöbb vulkáni kőzet itt erősen alkáli jellegű és gyakran tartalmaznak köpeny-zárványokat¹¹, hasonlóan a Bakony-Balaton-felvidék, vagy a Kisalföld vulkánmezők közeteihez¹². A bazait és hawaiiit mellett azonban az Arab-félszigeten gyakoriak a szilíciumban gazdagabb kőzetek, pl. a fonolit, de találhatók itt káliumban dús benmoreitek, trachitok, sőt ritkán riolitok is¹⁰.

Salakkúpok, lávamezők

Az Arab-félsziget nyugati peremén a leggyakoribbak a különböző méretű, alakú és összetételű vulkáni salakkúpok és lávaföccskúpok¹³. Mivel az egyes mezők néha akár 10 millió év történetét is magukban foglalják, a kúpok a legváltozatosabb lepusztulási formákat mutatják. A Harrat Rahat, mely méretével az egyik legjelentősebb és az egyik legfiatalabb vulkánkitörésnek, az 1256-os medinainak is a helyszíne¹⁴, a salakkúpok változatos morfológiai képét mutatja. A terület gazdag pleisztocén–holocén salakkúpokban, melyek mai morfológiai képe alig mutat változást ahhoz képest,

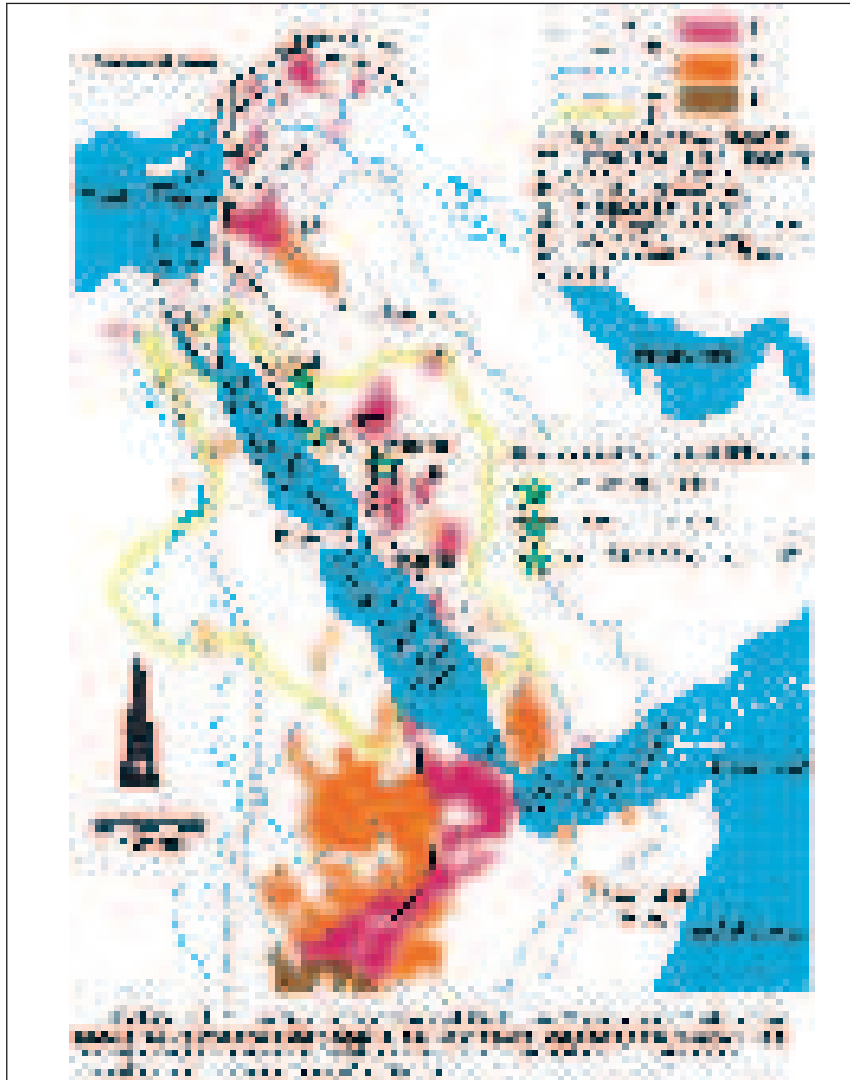
ahogy azok a születésük pillanatában kinéztek. Az eddigi kutatások szerint a Harrat Rahat salakkúpjai többnyire olyanok voltak, melyek főként lávaszőkökutakat produkáltak. Jelentős méretű salakkúpok kráterközeli régiója gyakran összesült a kráterben felgyülemelő lávató és az abba visszahulló lávaföccs hatására¹⁵. A folyamatos összesülés hatására gyakran a salakkúpok központi része mint egy erődítmény maradt fenn, míg a kráter belsejében lávpadok és -szinlok jelzik, hogy a kráterben gyakran változó szintű lávató lehetett. A lávatavak jelenléte igen gyakori a legtöbb salakkúp esetében. Az 1256-os medinai kitörés legnagyobb, jó 100 m magasságú kúpjai komplex kráterbelsőről tanúskodnak, és külső lejtőjükön gyakoriak a lávakitüremkedések. Több esetben a salakkúpba lávadóm épült, s az a kúp eredeti rétegeit megemelhette, jellegzetes felboltozódást kialakítva. Ez a vulkánmorfológia különösen jól kivehető savanyú, gyakran trachitos lávadómok felépítésében, melyek egy-egy korai salakkúp kráterében nőttek. Logikus kérdés, hogy ezek a savanyú lávadómok közvetlen a salakkúpok születése után, vagy azoktól függetlenül, sokkal később keletkeztek-e. A kérdés kulcsfontosságú a vulkánok monogenetikus vagy poligenetikus voltának eldöntésére¹⁶. Jelenleg úgy tűnik, hogy a legtöbb esetben a savanyú trachitdómok sokkal később, egy a salakkúp születésétől független vulkáni folyamat eredményének tekinthetők, jelezvén, hogy ily módon e vulkánok inkább két monogenetikus, kis térfogatú vulkán egymásra épülésének, mintsem igazi poligenetikus vulkanizmusnak az eredményei.

A Harrat Rahat legtöbb salakkúpja alapvetően olyan salakból épül fel, mely sokkal inkább lávaszőkökutakból származó hamu és lapilli méretű lávafoszlanókból áll, mintsem buborékos bazaltsalakból. Ez arra utal, hogy a kitörések során nagyobb lávaszőkökutak működtek. Ezt támasztja alá a tűzfüggöny-leírás az 1256-os medinai kitörésről, jelezvén, hogy lávaszőkökútsor működhetett legalábbis az 52 napig tartó vulkánkitörés kezdetén¹⁴. A medinai kitörés kúpjai produkálhattak akár 10 km magas kitörési

felhőt is a korabeli beszámolók értelmezése alapján, és egy közel 10 km átmérőjű hamusivatagot is létrehozta, mely ma a sivatagi forrásokban nem túl barátságos látvány¹⁴.

A Harrat Rahat északi területén valószínűleg volt egy, az 1256-os kitörésnél rövidebb ideig zajló kitörés is 641-ben, mely a leírások szerint robbanásos lehetett, de csak három napig tarthatott¹⁷. Ugyan a korabeli leírások nem elég pontosak annak eldöntéséhez, hogy hol lehetett ez a kitörés. A geológiai megfigyelések szerint a mai Medina központjától alig 13 km-re nyugatra található egy kb. 2 km hosszú, négy vulkánból álló kúpsor, mely csupán pár napig lehetett aktív¹⁷. A négy kúp különlegessége, hogy háromnak az alsó rétegsorában olyan vulkáni törmelékes kőzeteket lehet találni, melyek arra utalnak, hogy e három vulkán kezdeti működését a felnyomuló magma és a külső víz kölcsönhatásaként kialakuló freatomagmás robbanásos kitörések jellemezheték¹⁷. Harrat Rahat területén ez a három kis kúp az, ahol egyértelműen kijelenthető, hogy freatomagmatizmusnak szerepe lehetett a kezdeti órákban a vulkánok születésénél. Ennek fontos szerepe van a Medina városára leselkedő vulkáni veszélytípusok leírásában.

Medinát azonban a lávafolyások jobban veszélyeztetik. Ez idáig kevés hangsúlyt fektettek például a Harrat Rahat lávamezőinek leírására, keletkezésük megértésére¹⁹. Szinte minden szaúdi vulkánmező bazaltos lávafolyásai olyan típusok, melyek nem kategorizálhatók mint pahoehoe vagy aa látatípusok. Legtöbb esetben a két látatípus jegyeinek egyvelegét lehet látni¹⁹. A lávafolyások jelentős része elég vékony (pár méter vastag), szélesen szétterülő látatípus, melynek mozgása nyílt csatornában történt¹⁹. Néha a lávafolyások maguk alakították ki mozgásuk medrét. A lávamezők felszínén gyakran találkozunk jégtáblaszerű, meglehetősen kaotikus zónákkal¹⁹. A megszilárdult látatáblák azonban viszonylag egyenletes felszínű, gyakran mikropahoehoe felszínnel tarkított darabok. Az egykori kitörési központokhoz közel hatalmas lávadudorokat, bálnahátszerű



Az Arab-félsziget egyszerűsített geotektonikai térképe a jelentősebb kainozoikumi vulkánmezőkkel

felpúposodásokat, sima felszínű, több tíz méter átmérőjű táblákat láthatunk, melyek alatt akár több méter átmérőjű buborékok vagy lávaalagutak vannak, jelezvén hogy a forró olvadék a megszilárduló kéreg alatt szabadon mozoghatott. Természetesen egy több dm vastag lávakéreg kialakulásához több nap stabil állapotra vagy viszonylag nyugodt lávamozgásra van szükség. Ezzel szemben a látatáblákat tartalmazó felszín kialakulását egy hirtelen lezúduló látatömeg, folyamatosan és gyorsan mozgó lávafolyam segítheti elő. Ilyen értelemben a legtöbb lávafolyam az ún. *pahoehoe* és *aa* típusú látatípusok közé tehető, jelezve a láva gyors mozgását¹⁹.

A szaúdi lávamezők szinte minden láva felszínformát tartalmaznak. Láthatók különböző lávacsatornák, szinte megelevenedik a szemünk előtt, ahogy a gyorsan mozgó láva utat vág a lassan kergesedő

látatavon vagy gyönyörű láva tumulikat láthatunk, melyek a lávakéreg alatt áramló olvadék nyomásváltozásainak hatására kipréselt olvadékból épülhetett fel. Különösen hasadékok mentén, vagy látatavak peremén gyakoriak a hornitók, melyek ún. gyökér nélküli lávafröccs-kürtöknékné tekinthetők. Ezeket nem egy mélyből induló kőzettelér, hanem egy laterálisan felgyülemelő látatavest táplálja.

Szinte mindegyik szaúdi vulkánmezőn vannak olyan salak- vagy lávafröccs-kúpok, melyek alakja erősen megváltozott. A kúp növekedése során az annak talpán kiinduló lávafolyás mintegy „alámossa” a kúpot, mely ezáltal összeomlik. A legérdekesebbek azok az esetek, amikor egy lávafolyás a kúp hamuszórásával egy időben működik, hamuval fedve a frissen kiinduló lávafolyamot, mely a hamut annak eredeti helyétől távolabbra is viheti.

Lávadómok, kalderák vagy maarok

A szaúdi vulkánmezők talán legizgalmasabb és leglátványosabb tagjai a savanyú közetekből álló lávadómok. A Harrat Rahat és Khaybar az a két terület, ahol alapvetően benmoreit, mugearit és trachit lávadómok sokaságával találkozhatunk. A Harrat Kishb területén fonolit lávadómok gyakoriak. E lávadómok a Harrat Rahat fejlődésében 700 és 300 ezer évvel ezelőtti ciklusban játszottak kulcsszerepet⁵. E magmák keletkezéséhez idő szűkségettelik, mely egyrészt a magma kristályosodásával, ill. a környező szilíciumgazdag kéreg eredetű kőzetek beolvasztásával hoz létre viszkózus, viszonylag alacsony hőmérsékletű, és robbanásos vulkánkitörésekre igen alkalmas olvadékokat.

A Harrat Rahat területén egyaránt megtalálhatók a viszonylag kisméretű lávadómok egy-egy salakkúpba, vagy annak oldalába nyomulva, illetve a jelentős méretű trachit lávadómok, melyekhez különböző blokk- és -hamuár-üledékek is kapcsolódnak, jelezvén hogy e vulkánok lávadómjai gyakran össze is omlottak és izzófelhőket produkálhattak¹³.

A lávadómokkal kapcsolatban érdemes megemlíteni több 2–3 km átmérőjű krátert, melyeket korábban egyszerűen mint maarvulkánokat dokumentáltak. Maarvulkánok alapvetően a magma és a felszín alatti vizek robbanásos kölcsönhatásából keletkezett kráterek²⁰, így az őket körülvevő tufagyűrűk jellegzetes kőzettípusokat őriznek. A korábban maarvulkánoknak tartott kráterek nagy részéről bebizonyosodott, hogy azok sokkal inkább a savanyú magma illótartalmának hirtelen eltávozásával, ill. korábbi lávadómok szétrobbanásával összefüggésbe hozható robbanásos kitérések eredményei. Ezek a kráterek bizonyos szempontból mint minikalderák értelmezhetők. Néhány esetben azonban kijelenthető, hogy mint segítő tényező magma és víz kölcsönhatása is szerepet játszott néhány ilyen vulkán kezdeti működésekor.

A Harrat Rahat központi részén látványos vulkáni kráterek láthatók, szinte mindegyik piroklasztitból álló tufagyűrűvel és körkörösén mindent lefedő piroklasztár- és torlóár-üledékekkel¹³. A piroklasztár-üledékek különleges látványt nyújtanak, és elsősorban azokat könnyen durva felszínű lávafolyásoknak vélhetjük, vagy másodlagos, eróziós folyamatok során született vádi üledékek is összetéveszthetjük. Bebizonyosodott azonban, hogy e különleges üledékek nagy területeket fednek le és gyakran hatalmas méretű felhőlyagosodott trachitblokkokat, és még horzsakő lapillit is tartalmaznak. E blokk- és hamuárak keletkezésére leginkább egy a vulkán kráterében „felpezsgő”, annak peremén túlcorduló, sugárirányban lezúduló forró anyagtömeget kell elképzelni, mely akár 200 m/s sebességgel is mozoghatott. Eddigi kutatásaink szerint az e

kráterek körül felhalmozódott vulkáni üledékek java ilyen blokk- és hamuár-üledék, jelezvén, hogy ezen vulkánok nagyobbikjai többször is jelentős kitérészt produkálhattak, melyek a kráterperemtől akár 10 km távolságra is lezúdtatták a „túlsorduló” hamu-, lapilli- és blokk törmeléket.

A legnagyobb kiterjedésben nyomozható blokk- és hamuár-üledékek jellegzetes felszínformát hoztak létre a nagyméretű ignimbrittakarókhöz hasonló megjelenéssel. (*Piroklaszt ár* – horizontálisan mozgó, nagy szemcsesűrűségű vulkáni ár, ami általában magas hőmérsékletű, és a kitérés felhő gravitációs összeomlásából keletkezik; *ignimbrit* – olyan piroklaszt ár, mely főként horzsaköböl és vulkáni üvegszilánkokból áll; *blokk- és hamuár* – olyan piroklaszt ár, mely alapvetően finomszemcsés vulkáni hamuban szállított blokkokból áll és általában lávadómok összeomlásával vagy szétrobbanásával kapcsolatosan keletkezik).

Korábban e vulkánok nagy részét ún. monogenetikus vulkánoknak gondolták, melyek kis térfogatú anyagot produkáltak, viszonylag rövid idejű és egyszeri vulkánkitörések során. Kutatásaink jelen állása szerint úgy tűnik, hogy számos savanyú vulkáni központ inkább a klasszikus poligenetikus vulkánokhoz hasonló módon működött, bár tény, hogy e szaúdi vulkánok kisebb térfogatúak, és kité-

ria bőven kárpótolja a maarvulkánok „rajongóit” is. Az Al Wahbah maar a Harrat Kishb területén hihetetlen vulkáni felszínforma. Hatalmas, majd 300 m mély és kb. 2 km átmérőjű „lyuk” a sivatagban²¹. A kráter belső falát, annak alsó harmadát kőfolyások tagolják, de ettől függetlenül tökéletesen tárul fel a maar alatt található idősebb kőzetek rétegsora. A kráter belső falának javarészt paleozoikumi kristályos kőzetek adják, melyre legalább két, egyenként több mint 10 méter vastag, több egyedi takaróból álló láváréteg települ. A legfelső rétegből, szinte folyamatosan, egy vulkáni salakkúp települ. A salakkúp alsó része összesült lávafröccsokból áll, és annak tetején is bombákból és lapilliból álló rétegek nyomozhatók. A salakkúp felső rétegeire települ a maarkrátert körülvevő tufagyűrűt alkotó piroklasztit rétegsor. Jelenleg kutatás tárgya, hogy a salakkúp működése során annak kitérés stílus változott e meg, és a korábban a salakkúpot működtető magma hirtelen a felszín alatti vizekkel léphetett kapcsolatba hatalmas robbanást okozva, létrehozva a maarkrátert, vagy a maar kialakulása egyszerűen a salakkúp működését követő évezredekben lehetett, azaz a maar csak éppen ott született, ahol korábban egy salakkúp állt. Bár egy geokronológiai vizsgálat szerint a maar kora kb 20 000 évvel fiatalabbra tehető, mint a tufagyűrű alatt található lávárétegek²², e vizs-

a szokásostól²³ eltérő típusú maar. A maarok legtöbbször ugyanis a feláramló magma a felszín alatti vizekkel robbanásos kölcsönhatásba lépve létrehozta a maarkrátert, majd a kitérés előre haladtával a felszín alatti vízutánpótlás megszűnése során (ha még mindig van magmáutánpótlás) a kialakuló maarkráterben salakkúpokat vagy lávatavakat adó kitérészeket produkál²³, mely történet fordítottja az Al Wahbah maar esetében feltételezhető eseményeknek.

Ez a probléma több mint izgalmas, főleg akkor, ha más szaúdi területre is ellátogatunk. A Harrat Hutaymah vulkáni mező talán az egyik legizgalmasabb vulkánmező maar szempontból. Messze az Arab-félsziget belsőjében található, ahol igazi sivatagi klíma uralkodik. Ebből a szempontból önmagában is érdekes, hogy mit keresnek ott a maarok. A válasz kézenfekvő: a klíma nem mindig volt ilyen száraz. Erre már a 7000–4500 évvel ezelőtti időszakban is van példa¹, de valószínű, hogy a pliocén és pleisztocén több szakaszában is a maitól lényegesen különböző klímát kell elképzelnünk. A Harrat Hutaymah vulkánjainak koráról igen keveset tudunk, mindössze egyetlen koradat létezik, mely 1,8 millió évesre teszi a terület egyik legszebb maarkráterét a Harrat Hutaymah maart²⁴.

Vulkánveszély a sivatagban?

Igen, úgy tűnik, hogy van vulkánveszély az Arab-sivatagban... A történelmi feljegyzések, még ha több esetben is igen kuszán, de rögzítettek legalább három vulkáni katasztrófát az elmúlt 2000 évben. 2009-ben a Vörös-tenger partjától alig 50 km-re húzódó vulkánmezőn a Harrat Lunayyir területét több száz földrengés rázta meg, egy hasadék is nyílt, és mint később kiderült, a magma alig 500 m-re meg is közelítette a felszínre, egy „majdnem vulkánkitörés” történt²⁵⁻²⁷. Az is nyilvánvaló, hogy a legnagyobb vulkánmezők szinte mindegyikén találunk olyan vulkáni felszínformákat, lávamezőket, melyeket bármely tapasztalt szem kevesebb mint 10 000 évesnek vélne. Azaz, mindenképp szükséges az Arab-félsziget ún. intrakontinentális vulkánvidékeire figyelni, azok bármikor működésbe léphetnek. Az említett VORISA program e vulkáni veszélyhelyzeteket igyekszik pontosítani, a lehetséges jövőbeli kitérések mikéntjét a múltbeli események megértésén át mind pontosabban leírni. Az eddigi eredmények biztatóak. Úgy tűnik, hogy geofizikai módszerekkel sikerült azonosítani egy olyan felszín alatti zónát, mely magma jelenlétére utal, azaz talán a közeljövőben láthatóvá is lehet majd tenni, hogy hol van a magma, mely bármikor kitérhet. Addig is, a mind részletesebb leírások, kémiai vizsgálatok próbálják segíteni a szaúdi vulkánmezők működésének megérté-



A Jabal Al-Ufayriyah trachit kaldera és lávadóm központi krátere, eső után

rési mechanizmusukban egyszerűbbek, mint mondjuk az Andok klasszikus poligenetikus rétegvulkánjai.

Különleges maarvulkánok

Ugyan a Harrat Rahat korábban maarnak gondolt vulkánjainak legtöbbszöréről bebizonyosodott, hogy nem maarok, azért Szaúd-Ará-

giát koradatainak hibahátára, illetve a vizsgált kőzetek rétegtani helyzetének bizonytalansága megkérdőjelezi ezt az eredményt. A geológiai összefüggések azt mutatják, hogy a legfelső lávárétegekre és a velük egyidős salakrétegekre szinte folyamatosan települ a tufagyűrű rétegsora, jelezvén, hogy annak kialakulása a salakkúpot építő kitérés stílusának hirtelen megváltozása okozhatta. Ha ez így van, akkor az Al Wahbah kráter egy

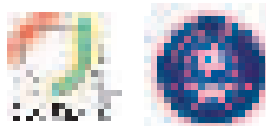
sét. Erre azért is van szükség, mert időközben Medina, a Harrat Rahat északi végénél egy közel 1,5 milliós nagyvárossá nőtt, déli peremterületei már az Arab-félsziget belsőjében ismert legfiatalabb és egyik legnagyobb vulkánkitörés, az 1256-os medinai kitörés megszálltult lávamezején növekednek. Úgy tűnik, hogy a Harrat Rahat északi területein koncentrálnak a legfiatalabb kitörési központok, és van esély arra, hogy egy jövőbeli kitörés elérje Medina modern városnegyedeit¹⁹. Mivel Medina medencében helyezkedik el, ami bővelkedik felszín alatti vizekben, ha a magma itt tör utat a felszín felé, adott az esély arra, hogy legalább a kitörések kezdetén freatomagmás robbanásos kitörések legyenek. Az iszlám egyik legszentebb városának érdekében is fontos lenne minél világosabban látni, hogyan is működnek az Arab-félsziget intrakontinentális vulkánjai. Az már csak extra eredmény, ha sikerülne az első vulkáni geoparkot komoly kutatások eredményeire alapozva létrehozni, mint ahogy azt a közelmúltban (részben a VORiSA projekt eredményeire is támaszkodva) javasolták¹³.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom a King Abdulaziz (Dzsidda) Egyetem Geológiai Veszélyek Kutatóközpontja munkatársainak, Prof. Mohammed Rashad H. Mouftinak, Dr. Nabil Nasr El-Masrynak, Dr. Atef Ali Qaddahnak, Dr. Mohamed F. Abdelwahednek és Dr. Essam Aboudnak, hogy lehetővé tették az alkotói kutatásbadságomat a szaúdi Harrat vidékeken. Abdur Rahman Sahafi és Adil Marzoghi hihetetlen szervezőképessége tette lehetővé és igazán emlékeztetése a sivatagi te-repmunkát, köszönet érte!

Irodalom

- Camp, V. E. & Roobol, M. J. The Arabian continental alkali basalt province. Evolution of Harrat-Rahat, Rahat, Kingdom of Saudi-Arabia. *Geological Society of America Bulletin* **101**, 71-95 (1989).
- Camp, V. E., Roobol, M. J. & Hooper, P. R. The Arabian Continental Alkali Basalt Province .2. Evolution of Harrats Khaybar, Ithnayn, and Kura, Kingdom of Saudi-Arabia. *Geological Society of America Bulletin* **103**, 363-391 (1991).
- Camp, V. E., Roobol, M. J. & Hooper, P. R. The Arabian Continental Alkali Basalt Province .3. Evolution of Harrat Kishb, Kingdom of Saudi-Arabia. *Geological Society of America Bulletin* **104**, 379-396 (1992).
- Al Kwatli, M. A., Gillot, P. Y., Zeyen, H., Hildenbrand, A. & Al Gharib, I. Volcanic evolution of the northern part of the Arabian plate in the light of new K-Ar ages and remote sensing: Harrat Ash Shaam volcanic province (Syria). *Tectonophysics* **580**, 192-207, doi:10.1016/j.tecto.2012.09.017 (2012).
- Moufti, M. R., Moghazi, A. M. & Ali, K. A. Ar-40/Ar-39 geochronology of the Neogene-Quaternary Harrat Al-Madinah intercontinental volcanic field, Saudi Arabia: Implications for duration and migration of volcanic activity. *Journal of Asian Earth Sciences* **62**, 253-268, doi:10.1016/j.jseae.2012.09.027 (2013).
- Stern, R. J. & Johnson, P. Continental lithosphere of the Arabian Plate: A geologic, petrologic, and geophysical synthesis. *Earth-Science Reviews* **101**, 29-67, doi:10.1016/j.earscirev.2010.01.002 (2010).
- Camp, V. E. & Roobol, M. J. Upwelling asthenosphere beneath western Arabia and its regional implications. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth* **97**, 15255-15271 (1992).
- Coulie, E. et al. Comparative K-Ar and Ar/Ar dating of Ethiopian and Yemenite Oligocene volcanism: implications for timing and duration of the Ethiopian traps. *Earth And Planetary Science Letters* **206**, 477-492 (2003).
- Trifonov, V. G. et al. New data on the Late Cenozoic basaltic volcanism in Syria, applied to its origin. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* **199**, 177-192, doi:10.1016/j.jvolgeores.2010.01.013 (2011).
- Moufti, M. R., Moghazi, A. M. & Ali, K. A. Geochemistry and Sr-Nd-Pb isotopic composition of the Harrat Al-Madinah Volcanic Field, Saudi Arabia. *Gondwana Research* **21**, 670-689, doi:10.1016/j.gr.2011.06.003 (2012).
- McGuire, A. V. Petrology of mantle xenoliths from Harrat Al Kishb - The mantle beneath western Saudi-Arabia. *Journal of Petrology* **29**, 73-92 (1988).
- Embey-Isztin, A., Scharbert, H. G., Dietrich, H. & Poulitidis, H. Petrology and geochemistry of peridotite xenoliths in alkali basalts from the Transdanubian volcanic region, West Hungary. *Journal of Petrology* **30**, 79-105 (1989).
- Moufti, R. & Nemeth, K. The intra-continental Al Madinah Volcanic Field, Western Saudi Arabia: A proposal to establish Harrat Al Madinah as the first volcanic geopark in the Kingdom of Saudi Arabia. *Geoheritage* **5**, 185-206 (2013).
- Camp, V. E., Hooper, P. R., Roobol, M. J. & White, D. L. The Madinah eruption, Saudi Arabia: magma mixing and simultaneous extrusion of three basaltic chemical types. *Bulletin of Volcanology* **49**, 489-508 (1987).
- Moufti, M. R., Nemeth, K., Murcia, H., Lindsay, J. M. & El-Masry, N. Geosite of a steep lava spatter cone of the 1256 AD, Al Madinah eruption, Kingdom of Saudi Arabia. *Central European Journal of Geosciences* **5**, 189-195, doi:10.2478/s13533-012-0123-x (2013).
- Németh, K. Monogenetic volcanic fields: Origin, sedimentary record, and relationship with polygenetic volcanism. *The Geological Society of America Special Paper* **470**, 43-66 (2010).
- Moufti, M., Németh, K., Murcia, H., Al-Gorrry, S. & Shawali, J. Scientific basis of the geoheritage and geotouristic values of the 641 AD Al Madinah eruption site in the Al Madinah Volcanic Field, Kingdom of Saudi Arabia. *The Open Geology Journal [Bentham Open]* **7** [DOI: 10.2174/1874262920130702001], 31-44 (2013).
- Bamoussa, A. O., Matar, S. S., Daoudi, M. & Al-Doaan, M. I. Structural and geomorphic features accommodating groundwater of Al-Madinah City, Saudi Arabia. *Arabian Journal of Geosciences* **6**, 3127-3132, doi:10.1007/s12517-012-0574-x (2013).
- Murcia, H. et al. Late Holocene lava flow morphotypes of northern Harrat Rahat, Kingdom of Saudi Arabia: implications for the description of continental lava fields. *Journal of Asian Earth Sciences* **84**, 131-145 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jseae.2013.10.002> (2014).
- Németh, K. Maarkonferencia Magyarországon. *Természet Világa, Budapest, (Természettudományi Közlöny)* **135**, 403-406 (2004).
- Moufti, M. R., Nemeth, K., El-Masry, N. & Qaddah, A. Geoheritage values of one of the largest maar craters in the Arabian Peninsula: the Al Wahbah Crater and other volcanoes (Harrat Kishb, Saudi Arabia). *Central European Journal of Geosciences* **5**, 254-271, doi:10.2478/s13533-012-0125-8 (2013).
- Wahab, A. A., Maaty, M. A. A., Stuart, F. M., Awad, H. & Kafafy, A. The geology and geochronology of Al Wahbah maar crater, Harrat Kishb, Saudi Arabia. *Quaternary Geochronology* **21**, 70-76 <http://dx.doi.org/10.1016/j.quageo.2013.01.008> (2014).
- Lorenz, V. On the growth of maars and diatremes and its relevance to the formation of tuff rings. *Bulletin of Volcanology* **48**, 265-274 (1986).
- Pallister, J. S. Reconnaissance geology of the Harrat Hutaymah Quadrangle, sheet 26/42A, Kingdom of Saudi Arabia. *USGS Open File Report* **85-125**, 1-82 (1985).
- Zobin, V. M., Al-Amri, A. M. & Fnais, M. Seismicity associated with active, new-born, and re-awakening basaltic volcanoes: case review and the possible scenarios for the Harraat volcanic provinces, Saudi Arabia. *Arabian Journal of Geosciences* **6**, 529-541, doi:10.1007/s12517-011-0379-3 (2013).
- Baer, G. & Hamiel, Y. Form and growth of an embryonic continental rift: InSAR observations and modelling of the 2009 western Arabia rifting episode. *Geophysical Journal International* **182**, 155-167, doi:10.1111/j.1365-246X.2010.04627.x (2010).
- Pallister, J. S. et al. Broad accommodation of rift-related extension recorded by dyke intrusion in Saudi Arabia. *Nature Geoscience* **3**, 705-712, doi:10.1038/ngeo966 (2010).

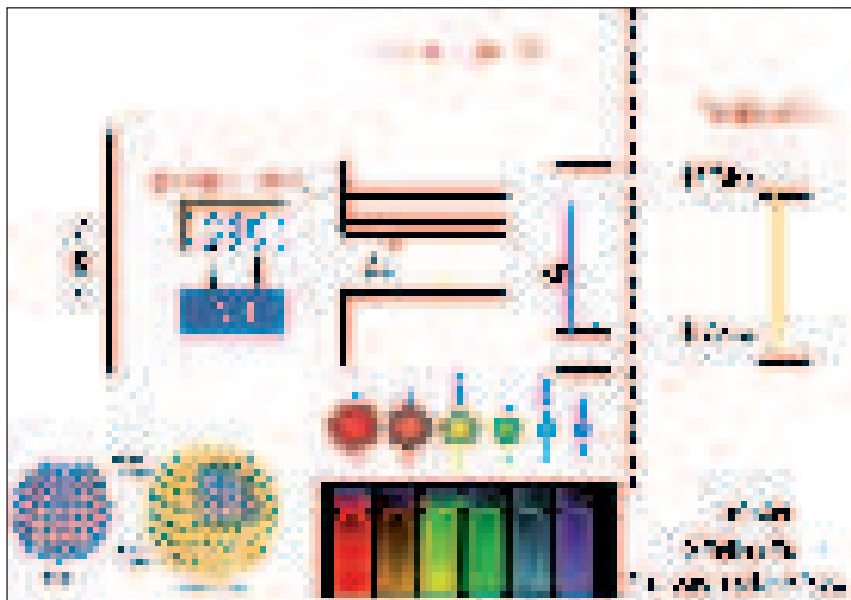


BEKE DÁVID

Kvantumpöttyök – biológiai képalkotás

A biológiai rendszerek vizsgálata során a képalkotási eljárások fontos szerepet játszanak az alkalmazott és az alapvető kutatásban is. Biológiai képalkotáson (bioimaging) olyan eljárást értünk, amely nem invazív technológiával képes biológiai folyamatokat akár valós időben megjeleníteni. A képalkotó eljárások fontos eszközei a molekuláris biológiának és az orvostudománynak, illetve egyre nagyobb teret nyernek a gyógyszerkutatásokban is. Az egyes eljárások különböznek érzékenységükben, felbontásukban, összetettségükben, a felvételek elkészítésének idejében és költségében, azonban ezek a technikák a legtöbb esetben kiegészítik egymást [1, 2]. Ilyen képalkotási eljárás például a diagnosztikában használt MRI, az ultrahangos készülék vagy a Röntgen, de használnak fluoreszcencián alapuló eljárásokat is.

A fluoreszcencián alapuló képalkotási eljárások előnye az egyszerűség, a nagy érzékenység és a nagy felbontás. A megfelelő lumineszcens festékpórá kiválasztása azonban nagy kihívást jelent a kutatók számára (a lumineszcencia általánosabb fogalom, ami magába foglalja a különböző fotonemisszióval járó emissziós folyamatokat, mint a fluoreszcencia vagy a foszforeszcencia). A fluoreszcens szerves molekulák – ilyen a tonikban lévő kinin – többségében kondenzált kettős kötésekkel tartalmazó szerves vegyületek. Sokáig ezek az anyagok jelentették az egyetlen lehetőséget a fluoreszcens festékpórák (dye), vagy más néven kontrasztanyagok kialakítására. Az előállításukra és kutatásukra komoly iparág épült ki, és mára ilyen szerves kontrasztanyagból a legkülönbözőbb színű és tulajdonságú festékek kaphatók. Hátrányuk viszont, hogy a gerjesztett állapotú molekulák hamar elveszítik lumineszcens tulajdonságukat, ezért csak rövid megvilágítási idővel használhatóak. Általában a szerves festékmolekulák keskeny hullámhossztartományban gerjeszthetőek, és széles tartományban emittálnak, ami megnehezíti több festék egyidejű használatát. A festékek érzékenyen



1. ábra. A kvantumpöttyök optikai tulajdonságai a kristályok méretével változnak. A kristályméret csökkenésével nő a tiltott sáv szélessége és a kristályok színe a vöröstől a kék felé tolódik, miközben egyre közeledünk a tömbi anyagi szerkezettől a molekuláris szerkezet felé

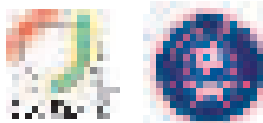
reagálnak a környezeti változásokra, például pH, hőmérséklet, koncentráció [3].

A szerves festékpórák alternatívájaként jelent meg a félvezető kvantumpöttyök (quantum dots – QDs) használata a biológiai képalkotásban. Ezek közül is jelenleg a vegyület-félvezetők, III–V vagy II–VI főcsoportbeli elemeket tartalmazó kristályok, például kadmiumszelenid (CdSe), indium-arszenid (InAs) használatosak elterjedten. A félvezető kvantumpöttyök alapvető tulajdonsága, hogy a kibocsátott fény hullámhossza arányos a nanokristály méretével. Ez az ún. kvantumbezártság (quantum confinement) jelensége, ami definíció szerint akkor lép fel, amikor az elektronok koherenciahossza összemérhetővé válik a kristály méretével [4]. A gyakorlatban ez azt eredményezi, hogy egy 5 nm átmérőjű CdSe nanokristály színe (abszorpciója és emissziója) más lesz, mint egy 3 nm-es CdSe kristálynak, mi-

közben pontosan ugyan azokból az atomokból épülnek fel, csupán a kristályt felépítő ionok számában különböznek (1. ábra).

Az előző példából látható, hogy az érintett mérettartomány a néhány, jellemzően 1–10 nm-es mérettartományt jelent, vagyis a nanoanyagok, a kolloidok világa. Annak is az alsó határa, ahol az anyagok tömbi tulajdonsága kezd megszűnni és közeledünk a molekulák tulajdonságaihoz. Ezeket a rendszereket „artificial atom”-nak (mesterséges atomnak) is nevezik, de előfordul a klaszter, nanoklaszter kifejezés is. Egy 2 nm átmérőjű nanokristály vagy klaszter körülbelül 1000 atomot tartalmaz – a szerkezetünkben levő fehérjék például ennél általában nagyobbak.

A szerves festékmolekulákkal szemben a szeretlen félvezető kvantumpöttyök előnyös tulajdonsága a nagyobb gerjesztési valószínűség, a nagyobb



kvantumhatásfok, aminek következtében fényesebben világítanak, nincs halványulás vagy kiégés, ezért hosszabban tartó biológiai folyamatok tanulmányozására nyílik lehetőség. Általában széles gerjesztési és szűk emissziós hullámhossztartomány jellemzi a kvantumpötytyöket, ezért kiválóan használható több, eltérő színű festék egyszerre.

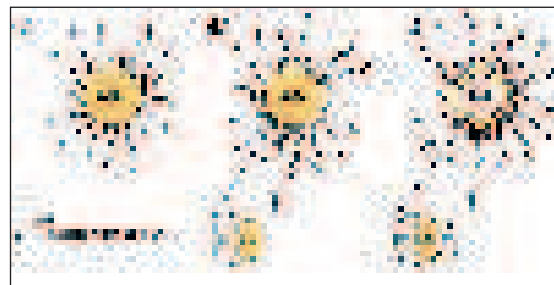
Bár a kvantumpötytyök számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek a szerves festékmolekulákhoz képest, hosszú expozíciós idők alkalmazására továbbra is csak korlátozottan van lehetőség. A kvantumpötytyök, bár nem égnek ki, de a fénykibocsátás során véletlenszerű fluktuációk lépnek fel folyamatos gerjesztéskor (intermittency in luminescence), vagyis a kvantumpötytyök villognak (blinking). További hátránya ezeknek a festékeknek, hogy alapvetően hidrofób határfelületekkel rendelkeznek, ezért a biológiai alkalmazáshoz további rétegek kialakítása szükséges a nanokristály körül. Ahhoz, hogy a kvantumpötyty felhasználható legyen biológiai képzőanyagokhoz, általában maghéjszerkezetű nanokristályt kell létrehozni, csökkentve ezzel a felületi hibákat, melyek káros hatással vannak a lumineszcenciára. A felületre továbbá szerves molekulákból álló újabb héjat alakítanak ki [5], melynek szerepe a további funkcionális előkészítése, a hidrophil jelleg növelése és a mérgező hatás csökkentése (2. ábra). Bár a 6 nm-es nanokristályok már vörös fényt bocsátanak ki, a szükséges héjak kialakításával a felhasznált festékpróba átmérője általában meghaladja a 20 nm-t, a festékpróba mérete és súlya az esetlegesen megcélzandó fehérjék tartományába esik, ezért befolyásolhatja a célmolekula mozgását vagy egyéb tulajdonságait. Ez sejtek vizsgálatánál is korlátozza a felhasználási területet, *in vivo* kísérleteknél pedig gyakorlatilag lehetetlenné teszi a festékanyag kiürülését az élő szervezetből. További korlátot jelent a kvantumpötytyöket felépítő elemek (In, Cd, As, Se, Pb) mérgező hatása. Bár a toxicitást a további rétegek nagymértékben csökkentik, nem lehet garantálni a mérgező ionok szervezetbe jutásának teljes gátlását, ami különösen az orvosi biológiai alkalmazás tényleges problémát.

A kvantumpötytyök előnyös tulajdonságai új kapukat nyitottak meg a biológiai rendszerek tanulmányozásában, hátrányos tulajdonságaik azonban erősen limitálják az alkalmazási lehetőségek számát. Nagyon sok kutatócsoport dolgozik a világban azon, hogy olyan festékanyagokat hozzanak létre, amelyek legalább olyan jók, mint az ionos vegyületfelvezető kvan-

tumpötytyök, de nélkülözik azok hátrányos tulajdonságait.

Az egyik ígéretes alapanyag a szilíciumkarbid (SiC) [6]. A SiC egy széles tiltottsávú indirekt félvezető, mely keménységéről és kémiai ellenállóságáról ismert. Kerámiaként és elektronikai rendszerek alapanyagaként is használják szilícium helyett. Kiváltképp akkor, ha extrém körülmények között kell megbízhatóan működni egy eszköznek [6], például radioaktív sugárzásnak kitett helyeken, vagy magas hőmérsékletű, illetve erősen korrozív környezetben. A tömbsi anyag biokompatibilitása már régóta ismert, fogtöméseket, csontimplantátumokat is gyártanak SiC-ből. A nanokristályok biokompatibilitását is számos kutatócsoport bizonyította már. A SiC nanokristályok stabil kolloidoldatot képeznek vízben és más poláris oldószerekben. Ez azt jelenti, hogy a tradicionális kvantumpötytyök két legnagyobb problémáját nélkülözi, mert a SiC nem mérgező és nem szükséges vastag burkot alkalmazni ahhoz, hogy vizes közegben, mint amilyen az élő szervezet, használható legyen.

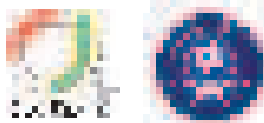
Bár a jelenlegi top-down technológiákkal – tömbsi anyag darabolásával – létrehozott SiC kvantumpötytyök méreteloszlása jóval nagyobb, mint az általában button-up módszerekkel, vagyis szintézissel előállított monodiszperz félvezető nanokristályoké (a SiC kvantumpötytyök átmérője 1 nm és 6 nm között oszlik el



2. ábra. A kvantumpötytyök általános felépítése. A nanokristályt egy vagy több szerves réteggel vonják be. A rétegek javítanak az optikai tulajdonságokon és segítenek a kristályok vizes közegben való alkalmazhatóságában

szemben a 0,2 nm-es méretbeli szórással is létrehozható CdSe kvantumpötytyökkel), ez nem okoz elkenődést az optikai tulajdonságokban, mert azokat a felületen levő kémiai csoportok sokkal inkább befolyásolják, mint a nanokristályok eltérő mérete miatti különbség a tiltott sávok energiájában. Szemben az ionokból felépülő, ezért ionos kötésekkel tartalmazó nanokristályokkal, mint amilyen a CdSe, a SiC-ban kovalens kötések vannak. Az

ionkristály határfelületén is kristályt alkotó ionok találhatóak, lényegében ugyanazokat az elemeket találjuk meg a kristály felületén, mint annak belsejében. A kovalens kötésekkel tartalmazó kristályokban ez nem így van. A felületen levő atomok SiC esetében maximum 3 kötéssel kapcsolódhatnak a kristályhoz (mert a Si és a C egyaránt négy kovalens kötés létrehozására törekszik). A negyedik, kötésre képes elektronpálya a kristály síkjából kifelé néz. Ha nem vákuum veszi körül a kristályt, akkor ez az elektron nem maradhat szabadon, nem lehet lógó kötés a felületen, hanem a környezetével reagálva új kötésekkel alakít ki, hogy minden egyes C- és Si-atom négy kötéssel rendelkezzen. Ha megvizsgáljuk a SiC kvantumpötytyöket alkotó kötésekkel például infravörös spektroszkópiával, akkor azt találjuk, hogy a Si-C kötés mellett még különböző C-O és Si-O kötésekkel tartalmaznak. Nevezetesen karboxilcsoportokat (COOH), alkohols csoportokat (C-OH, Si-OH) látnak, amelyek a nanokristály felületén helyezkednek el (3. ábra). Ezek a csoportok poláros és disszociációra képes csoportok, ezért érthető, miért „oldódik” jól a SiC vizes közegben, miért képez stabil kolloid rendszert, vagyis szolt. Ezek a csoportok arra is jók, hogy hozzánk kössük velük a kvantumpötytyöket ahhoz a molekulához, például fehérjéhez, vagy DNS-hez, amit vizsgálni szeretnénk. Így követhetővé válik például egy membránfehérje áramlása a sejt membránban, vagy idővel detektálhatóvá válnak a rákos sejtek anélkül, hogy az egészséges sejteket nemkívánatos sugárzásnak, vagy más toxikus hatásnak tennének ki. Ugyanakkor ezek a csoportok felelősek azért is, hogy a SiC kvantumpötytyök lumineszcenciájának a hullámhossza sokkal kevésbé függ a nanokristály méretétől, mint általában a kvantumpötytyöké. Nem véletlen az „artificial atom” kifejezés az ilyen kicsi nanokristályokra. Azt fejezi ki ugyanis, hogy a nanokristálynak saját, egyedi elektronszerkezete van, úgy mint egy atomnak vagy egy molekulának. Ha megváltoztatjuk a kristályban levő atomok számát, akkor változik az elektronszerkezet, ami felelős az anyag optikai tulajdonságaiért. De megváltozik az elektronszerkezet akkor is, ha megváltoztatjuk a nanokristályt alkotó atomok minőségét. A felületen levő oxigént és hidrogént tartalmazó csoportok ezt teszik és ezek a csoportok erősen befolyásolják a teljes rend-

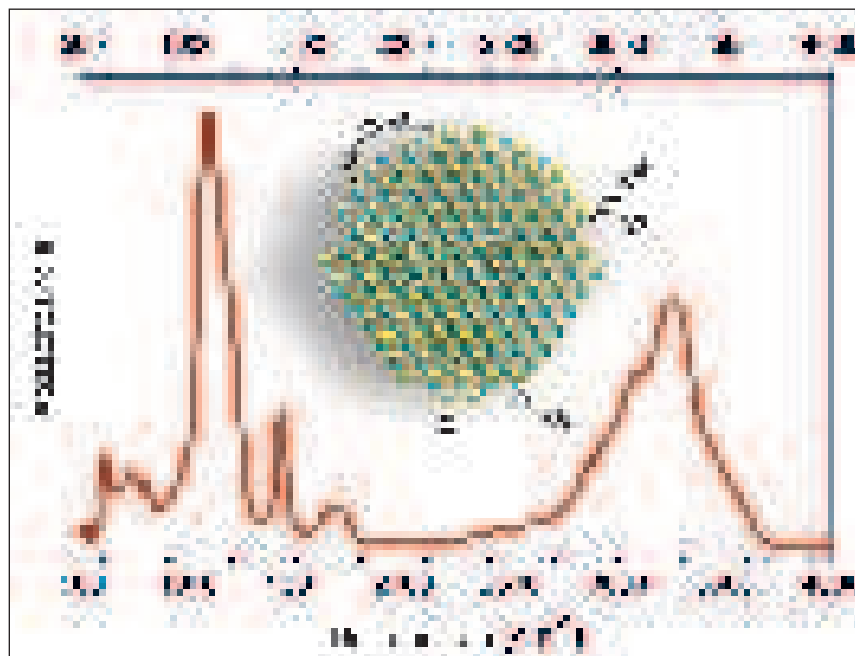


szer elektronszerkezetét. Míg a kristályt alkotó atomok számának a csökkentése azt eredményezi, hogy a tiltott sáv energiája megnő, ezért a nanokristály rövidebb hullámhosszú foton fog kibocsátani, addig a felületi csoportok épp ellenkező hatást fejtenek ki: csökkentik a tiltott sáv méretét és vöröseltolódást okoznak. A kristályméret csökkenésével nő a felület/térfogat arány, és ezzel együtt a felületi csoportok száma a nanokristály belsejében levő Si- és C-atomokhoz képest, és ezzel együtt nő azok optikai tulajdonságokra gyakorolt hatása. A két fizikai jelenség (a kvantumbezártág és a felületi állapotok számának a növekedése) ellentétes hatást fejt ki és részben kiegyenlítik egymás.

nanoszenzorként. Ez utóbbira szintén a felületi csoportok jelenléte miatt van lehetőség. A felületen levő karboxil- és alkohols csoportok ugyanis sav-bázis tulajdonságokkal rendelkeznek. A nem diszociált karboxilcsoport és a disszociált karboxil-ion nem egyformán változtat a SiC kvantum-pötty optikai tulajdonságain, vagyis kicsit más színnel világít a SiC savas, illetve lúgos közegben. Ennek köszönhetően, mint egy indikátor, egy nano pH-mérő, képes jelezni a pH változását a közvetlen környezetében. Ha belegondolunk, hogy a nanokristály mérete kb. 3 nm, akkor belátható, hogy a környezete is nagyon kicsi, ezért alkalmas például a sejten belüli pH-változás mérésére és vizualizálására. A sejten be-

ban az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont és az MTA Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet kollaborációjában hajtották végre, megmutatva, hogy a SiC kvantum-pöttyök a két-foton mikroszkópiás vizsgálatokhoz is kiválóan alkalmazhatóak. A két-foton mikroszkópban a gerjesztés nem a megszokott módon történik. Kisenergiájú fényforrásokkal alkalmazva legnagyobb valószínűséggel csak egy-foton gerjesztést tudunk elérni. Ez azt jelenti, hogy a gerjesztő fény, vagyis a foton energiájának nagyobb-nak kell lennie, mint a gerjeszteni kívánt rendszer alapállapota és gerjesztett állapota közötti különbség (tiltott sáv). Ezt az energiagátat le lehet győzni úgy is, hogy a gerjesztéshez szükséges energiát nem egyetlen nagy energiájú foton szolgáltatja, hanem több, kisebb energiájú foton energiája adódik össze. Egy ilyen esemény hatáskeresztmetszete (valószínűsége) általában igen kicsi és a fonsűrűség négyzetével arányos. A két-foton mikroszkóp sajátossága, hogy létre tudja hozni háromtest kölcsönhatáshoz, vagyis a két-fotonos gerjesztéshez szükséges fonsűrűséget. A gerjesztésre használt lézerek fókuszpontját a tér minden irányában lehet mozgatni, ennek köszönhetően egy két-foton mikroszkóp és egy jó lumineszcens jelölő anyag segítségével a vizsgált rendszer háromdimenziós reprezentációja hozható létre.

A fentieknek megfelelően, két-fotonos gerjesztés során nem UV-megvilágítást, hanem a szerkezetet nem károsító infravörös fényt használnak. A SiC esetében az ideális gerjesztési hullámhossz 830 nm és az emisszió 600–700 nm-es ablakban is nagyon jól mérhető, ahol már nem zavarja a mérést a háttér-fluoreszcencia (az egyes sejtalkotók gerjesztéséből származó ún. autofluoreszcencia). A két-foton mikroszkópiás vizsgálatok sikere, hogy megmutatták, a SiC kvantum-pöttyök alkalmasak a fluoreszcens markerek infravörös fényt használó két-foton mikroszkópiás vizsgálatokhoz is. Ennél a módszernél a pöttyök gerjesztése és emissziója is az ideális 600–900 nm-es ablakban van (4. ábra). Ebben a tartományban a legkisebb a szövetek elnyelése, ezért az ebbe a hullámhossz-tartományba eső fotonok hatolnak a legmélyebbre a szervezetben és természetesen ezek tudnak a legmélyebbről is kijönni, ezért ezt a tartományt biológiai ablaknak is nevezik. Két-foton mikroszkópiát alkalmazva a SiC kvantum-pöttyök is alkalmasak tehát arra, hogy velük komplex rendszereket, például ideghálózatokat vizsgáljanak, kihasználva a SiC kvantum-pöttyök kis méretét, biokompatibilitását és fotostabilitását.

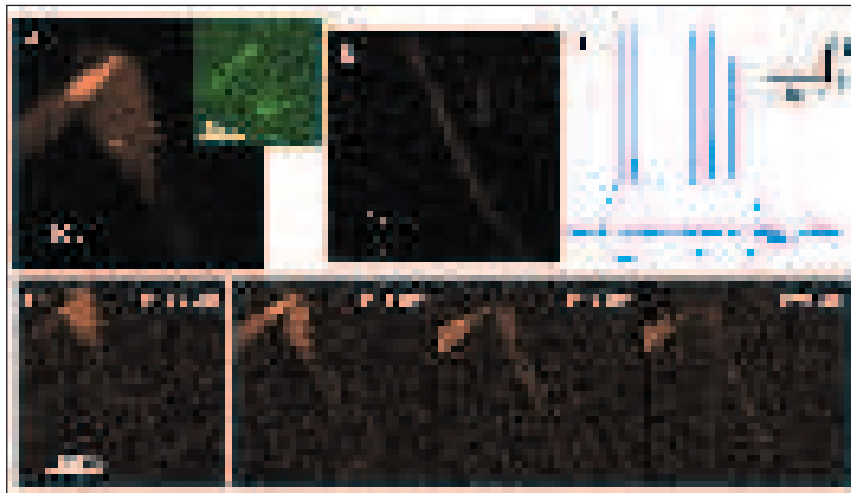
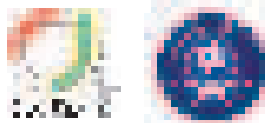


3. ábra. A SiC kvantum-pöttyök felületén különféle kémiai csoportok találhatóak, amit infravörös spektroszkópiás mérésekkel ki lehet mutatni. A felületi csoportoknak köszönhetően a SiC kvantum-pöttyök szerves molekulákat tartalmazó burok nélkül is stabilak vizes közegben

A SiC kvantum-pöttyökkel egy probléma van, és ez az általuk kibocsátott fény hullámhossza. A nanokristályok 400–500 nm-es hullámhossztartományban emittálnak és ehhez UV-gerjesztés szükséges. Az UV-gerjesztés nem előnyös biológiai rendszerek vizsgálatánál, mert károsíthatja a sejteket. Ráadásul nem alkalmazható nagyobb élő egyedek *in vivo* vizsgálatára, mert az UV-fény nem hatol elég mélyre a szervezetben, ezért erősen limitált ilyen formában a SiC kvantum-pöttyel történő komplett szervezetek vizsgálata. Sejtanyagcserében azonban több esetben is sikeresen alkalmazták már festékanyagként vagy

lülő pH, az intracelluláris pH (pHi) nem állandó érték, egyetlen sejten belül lokálisan is eltérő értéket vehet fel, de változik az egyes biológiai folyamatok során időben is, például anyagcseréje alkalmával, bizonyos transzportfolyamatoknál vagy apoptózis során. Az apoptózis (PCD) programozott sejthalált jelent többsejtű rendszerekben. Apoptózis játszik szerepet az embrió fejlődése során például az ujjak kialakulásánál. Hiánya rákos elváltozásokhoz vezet. A SiC kvantum-pöttyök pH-szenzorként való alkalmazhatóságát is ezen a folyamaton keresztül tesztelték.

A SiC kvantum-pöttyök lumineszcens markerként való alkalmazhatóságának másik sikeres demonstrációját hazánk-



4. ábra. CA1 piramidális neuronsejtek két-foton mikroszkópia felvételei SiC nanorészecskék injektálását követően. A megvilágítás 830 nm, az emissziós ablak 600–700 nm. A zöld betéti ábrát (balra fenn) 425–525 emissziós ablakkal vették fel. Jobbra fenn az akciós potenciál mérésének eredménye látható

A SiC kvantumpöttyök kutatása nagyon friss terület. Bár a nanokristályokat már korábban több csoport is előállította, intenzíven 2008 óta kutatják. Az eddigi eredmények megmutatták, hogy a SiC kvantumpöttyöknek van helye a biomarkerek sorában. Ígéretes alapanyag lehet a különféle biológiai képalkotásokhoz, nanoszenzorok gyártásához, de inertségét és optikai tulajdonságait más, optoelektronikai eszközökben, vagy az új generációs napelemekben is fel lehet majd használni. Addig azonban sok kérdésre kell választ kapni, és ha szükséges, az egyes tulajdonságokat tervezni, megváltoztatni, hogy a megcélzott alkalmazásra ne csupán használható, hanem valódi újdonságokkal szolgáló anyag legyen. Ennek a célnak az elérése érdekében alakult 2010-ben az MTA Lendület program keretében a SiC-al foglalkozó kutatócsoport *Gali Ádám* vezetésével a Wigner Fizikai Kutatóközpontban, melynek fő kutatási területe a SiC kvantumpöttyök optikai tulajdonságainak vizsgálata és tervezhetővé tétele annak érdekében, hogy SiC-ból a jelenlegieknél hatékonyabb és biztonságosabb festékpróba jöhesse létre. Belátható, hogy a SiC nanokristályok összetettsége miatt ez nem egyszerű feladat, de a SiC semmilyen mérettartományban nem egyszerű anyag. A cél elérése érdekében a kvantumfizikai számítások a kísérleti fizika és a kémia, biológia összehangolt, egymást segítő rendszere jött létre ebben a valóban interdiszciplináris kutatásban számos Magyarországi és külföldi kollaborációval támogatva. A kutatási eredmények és a SiC nanorendszerekkel foglalkozó kutatócsoportok rohamos ter-

jedése azt mutatják, hogy a SiC a jövő egyik fontos anyaga lesz, amivel érdemes foglalkozni.

Irodalom

- [1]: Gaetano D. Gargiulo (ed). „Applied Biomedical Engineering” Intech 2011 <http://www.intechopen.com/books/applied-biomedical-engineering>
- [2]: The Colored Revolution of Bioimaging <http://bigwww.epfl.ch/publications/vonesch0601.pdf>
- [3]: Brandizzi, Frederica; Fricker, Mark and Hawes, Chris. 2002. „A greener world: The revolution in plant bioimaging” *Nature Reviews Molecular Cell Biology* 3: 520-530 <https://www.msu.edu/~fb/Nature.pdf>
- [4]: Alivisatos Paul. A. 1996. „Semiconductor Clusters, Nanocrystals and Quantum Dots”, *Science New Series* 271(5251): 933-937 http://www.fer.unizg.hr/~download/repository/semiconductor_clusters_nanocrystals_and_quantum_dots.pdf
- [5]: Lijia Shao, Yanfang Gao and Feng Yan: *Semiconductor Quantum Dots for Biomedical Applications Sensors* 2011, 11, 11736-11751; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3252007/>
- [6]: Rosario Gerhardt (Ed): *Properties and Applications of Silicon Carbide*, InTech, ISBN: 978-953-307-201-2 <http://www.intechopen.com/books/properties-and-applications-of-silicon-carbide>
- [7]: Rebecca Cheung (Ed) *Silicon Carbide Micro Electromechanical Systems for Harsh Environments* Imperial College Press 2006 ISBN: 1860946240, 9781860946240 http://www.asianscientist.com/books/wp-content/uploads/2013/05/p426_chap01.pdf

Szuper vagy nem a Hold?

A nyári három, úgynevezett „szuperhold” kapcsán fellángolt a vita a jelenségről. A fogalmat 1979-ben alkotta Richard Nolle asztrológus, de nem a Hold látványa, hanem árapálykeltő hatása alapján. Köztudottan újholdkor és teliholdkor a Nap és a Hold együttes hatása miatt az átlagosnál nagyobb az árapály amplitúdója. Ha a Hold ugyanekkor földközélen is van, a hatás fokozódik. Nolle nem túl szabatos (és önkényes) definíciója szerint akkor beszélhetünk szuperholdról, ha a telihold és a Hold legnagyobb földközelsége nagyjából egybeesik. (A Hold ellipszis alakú pályán kering a Föld körül, átlagos perigeumtávolsága 362 ezer km, átlagos apogeumtávolsága 405 ezer km.) Szakszerűen a telihold vagy újhold és a perigeum egybeeséséről vagy közelségéről beszélhetünk, ami persze nem olyan hangzatos, mint a szuperhold. Elterjedtek olyan vélekedések is, hogy szuperhold idején az erősebb árapályhatás miatt nagyobb a földrengések, vulkánkitörések veszélye, ám ezt nem sikerült tudományosan bizonyítani (igaz, cáfolni sem). Mások szerint a szuperhold – legalábbis teliholdkor – nagyobbak és fényesebbnek látszik az égen az átlagos vagy éppen apogeumi teliholdaknál. A szuperhold látszó átmérője 15%-kal nagyobb az apogeumi Holdénál. Ez geometriai tény. Ha a két holdkorongot azonos léptékben egymás mellett ábrázoljuk, a különbség szembeötlő. (Az égen persze ezt nem érzékeljük, hiszen „emlékeztető” nem lehet a Hold látszó átmérőjét és/vagy fényességét a néhány hónappal korábbi teliholdéval összevetni.) Mindenesetre a jelenség nem tévesztendő össze az úgynevezett Hold illúzióval. Utóbbi azt jelenti, hogy a kelő vagy nyugvó Holdat nagyobb átmérőjűnek érzékeljük, mint amikor magasan jár az égen. Ez azonban optikai csalódás, a látóhatár közelében a Holddal együtt látott tereptárgyak hatása váltja ki a tudatunkban.

(Megjegyzés: Felmerült a kérdés, hogy létezik-e egyáltalán a szuperhold. Természetesen létező jelenségről van szó, bekövetkezte kiszámítható, különösen, ha a definíciója szabatosabb lenne. Legfeljebb arról lehet vitatkozni, megérdemel-e a jelenség önálló nevet. Ez viszont ízlés dolga, nem tudományos kérdés. Az ellenzők szerint nem, mert a jelenség nem látható. Nos, szabad szemmel valóban nem látható, de műszerrel kimérhető – a tudományban nem ez az egyetlen jelenség, amelyik csak műszerrel észlelhető, mégis önálló neve van. Beszélhetünk persze a Nap-Föld-Hold rendszer szizigiumának és a Hold perigeumának közeli egybeeséséről, de talán könnyebb szuperholdnak nevezni, tudva, mit takar a megnevezés. És végül: bár látni nem fogjuk, de azért jövőre is lesz szuperhold, különösen szeptember 28-án hajnalban, amikor a Hold alig 357 ezer km-es földközelségét csak egy óra választja el a teliholdtól.)

(www.skyandtelescope.com, 2014. augusztus 7. – B.E.)

FARKAS ANNA

Nagyvárosi szitakötők

Bár egy nyári, fővárosi Duna-parti séta célja a legritkább esetben a szitakötők megfigyelése, jobban belegondolva, nem is nagyon szoktunk itt összeakadni röpdős képviselőikkel. Így, ha netán arra vetemednénk, hogy szitakötőket keressünk a budapesti folyóparton, számíthatunk az olyan segítőkész megjegyzésekre – például a helyben táborozó horgászoktól –, miszerint „itt olyanok nem is élnek”, és útbaigazítást is kaphatunk arról, hogy hol érdemes inkább próbálkoznunk. És valóban, a nagyvárosi környezetben igencsak valószínűtlennek tűnik e látványos és remekül röpdülő szárnyas rovarok vízszegély menti járőrözése. Még inkább igaz ez a belvárosban, ahol a part a legkevésbé nevezhető természetesnek, és ahol az alaposan kiépített, kőszórással kísért vízszegély menti látványba legfeljebb galambok és sirályok illenek bele. Márpedig szitakötők itt is élnek, ráadásul nem is akármilyenek: a folyami szitakötők (Odonata: Gomphidae) családjának képviselői, amelyek mindegyike védett hazánkban, pénzben kifejezett természetvédelmi értékük pedig igen tekintélyes, 5000 és 50 000 forint közötti.

Ennek a szitakötőcsaládnak négy képviselője fordul elő Magyarországon: a sárgás szitakötő (*Gomphus flavipes*), a feketelábú szitakötő (*Gomphus vulgatissimus*), a csermelyszitakötő (*Onychogomphus forcipatus*) és az erdei szitakötő (*Ophiogomphus cecilia*). Lárvaik áramláskedvelők, így főként kisebb-nagyobb vízfolyásokban fordulnak elő. Folyóink, így a Duna mentén gyakran a nagyszitakötők (Anisoptera alrend) egyedüli képviselői, mellettük csupán néhány jóval kisebb, karcosabb testű és gyengébb röptű kisszitakötőfaj (Zygoptera alrend) található meg, mint a sávós szitakötő (*Calopteryx splendens*) vagy a széleslábú szitakötő (*Platycnemis pennipes*).

A hazai folyamiszitakötő-fajok populációinak mérete a múlt század végére Nyugat- és Közép-Európában jelentősen csökkent élőhelyeik, a nagy folyók vízminőségének romlása miatt, sőt sok területről teljesen eltűntek. A vízminőség javulásával ez a folyamat megállt, így a folyami szitakötők több európai folyóban újra megjelentek. Ennek ellenére továbbra is védelemre szorulnak, és például az Európai Unió Élőhelyvédelmi Direktívája a sárgás

szitakötőt és az erdei szitakötőt a fokozottan védett fajok közé sorolja. Hazánkban szerencsére népes állományaik élnek, így a magyarországi populációk európai viszonylatban is jelentősnek tekinthetők.

A folyami szitakötők vízben fejlődő lárvaik az aljzatba ássák be magukat, és onnan lesből vadásznak a legkülönbözőbb táplálékszervezetekre (pl. planktonikus rákok, rovarlárvák, férgek, halivadékok vagy akár más szitakötőlárvák): a lényeg, hogy a zsákmány mozogjon, és megfelelő méretű legyen. Fejlődésük kimondottan lassú, nálunk mintegy két-három évet vesz igénybe. Szárazföldi imágóik közepes termetűek, feltűnő, fekete alapon sárga vagy zöld

időszakban, szép időben, a reggeli-délelőtti órákban a folyóparton, a vízszegély menti néhány méter szélességű sávban a talajt és a növényzetet (adott esetben például a belvárosban a mesterséges tereptárgyakat) alaposan átvizsgálva, jó eséllyel bukkanunk éppen imágóvá vedlő folyami szitakötőre.

Kalandok a vízparton

A frissen vedlett szitakötők rendszerint rövid időn belül szárnyra kapnak, és nekivágnak első röptüknek, az úgynevezett szüzrepülésnek, ám üres lárvaőröket (ezt nevezik exuviumnak) a parton hátrahagyják. Ezek az

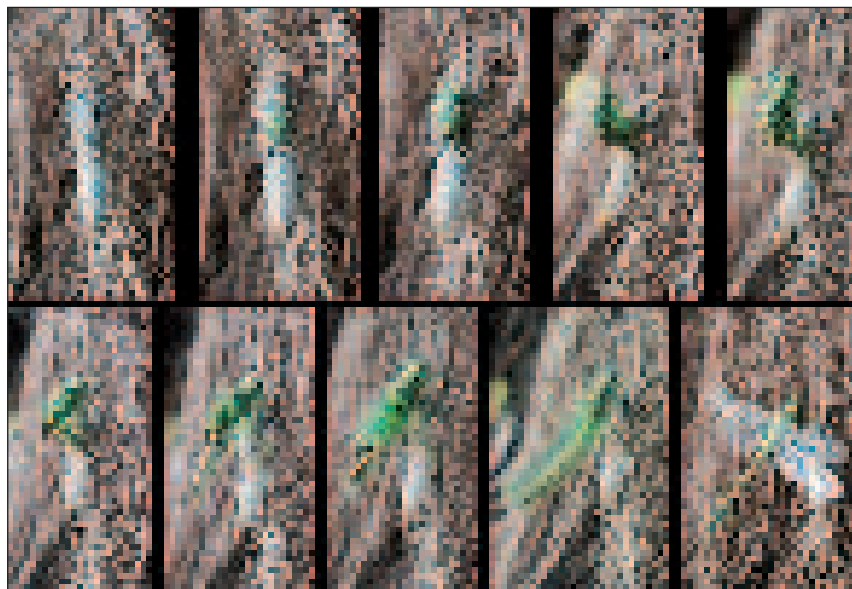


Az utolsó lépések a parton (sárgás szitakötő lárvája)

mintázattal. Élőhelyeiken igen nagy egyed-számban lehetnek jelen (így például a Dunán egy 20 méter hosszúságú partszakaszon a kirepülési időszakban naponta akár több mint 100 folyami szitakötő is kirepülhet!), mégsem szoktunk találkozni velük, és ez nemcsak a városi környezetben igaz, hanem a természetes folyószakaszok mentén is. A kifejlett egyedek ugyanis meglehetősen félénkek és óvatosak, ráadásul a víztől messze el is kóborolnak, ami miatt a kirepülés után igencsak nehéz rájuk találni. Ebből adódóan legegyszerűbben akkor figyelhetjük meg őket, amikor lárvaik a partra másznak, majd ott szárnyas imágóvá vedlenek (a szitakötők közvetlen vedlése átváltozással fejlődnek, nálunk nincs bábállapot). Ez lényegében csupán megfelelő időzítés és kellő elszántság kérdése: a kirepülési

exuviumok a tudomány számára igen fontosak, hiszen rendkívül informatív nyomként szolgálnak: kedvező időjárási körülmények között a lárvaőrök hosszú időn (akár heteken) keresztül a helyükön maradnak, összegyűjtésük pedig nem csupán a fajok jelenlétéről tájékoztat, hanem egy sor egyéb információt is nyújt a kirepülés jellemzőiről (például a mennyiségi viszonyokról, a kirepülés mintázatáról, a kirepüléskori ivararányról és halálozásról). Ehhez nincs más tennivalónk, mint adott hosszúságú partszakaszon a lárvaőröket a teljes kirepülési időszakban rendszeresen összegyűjteni. Bár ez a feladat elsőre pofonegyszerűnek tűnhet, könnyű erre rácsafolni. Először is, ezek a nem éppen természetes (testhosszuk legfeljebb 3–4 centiméter) lárvaőrök a parton koránt sem olyan feltűnőek, mint azt mi szeretnénk, hanem ki-

Folyami szitakötők a Duna budapesti szakaszán



Az imágóvá vedlés folyamata a sárgás szitakötőnél

Az előbbi körülményekkel megbirkózva, gyűjtéseim során a Duna budapesti szakaszán, dacára a szitakötők szempontjából számos kedvezőtlen tényezőnek (pl. vízszennyezés, a medret és a parti sávot érintő beavatkozások, intenzív hajóforgalom), mind a négy hazai folyami szitakötő előkerült. Vagyis nemcsak a két gyakori *Gomphus*-faj (a sárgás és a feketelábú szitakötő), hanem az országszerte jóval ritkább előfordulását, a Dunából pedig mindezidáig csupán nagyon kevés példányban kimutatott csermelyszitakötő és erdei szitakötő is megtalálható a fővárosi folyószakaszon. Bár ez utóbbi fajoknak csak egy-két egyede került elő, előfordulásuk ellentmond annak az elképzelésnek, miszerint a városi környezet jelentette zavarás elsősorban a ritka fajok számára kedvezőtlen, és így leginkább azok eltűnéséhez vezet. Ugyanakkor az uralkodó sárgás szitakötő szembeütően kisebb népszerűségben volt itt megtalálható (egy 20 méteres partszakaszon átlagosan csupán 14 egyed repült ki), mint a Duna Budapest fölötti, sokkal inkább természetes szakaszain (itt egy 20 méteres partszakaszra átlagosan 393 szitakötő jutott, ami egyes részekben akár több százszoros egységsszámbeli különbséget is jelenthet!), ami jól jelzi a városi környezet kedvezőtlen hatását. Ráadásul a fővárosban belül is markáns különbségek adódtak: a sárgás szitakötő csekélyebb számban került elő az erősen módosított, kiépített és kőszórásos szakaszokon, mint a viszonylag természet közeleli helyeken. Így a kirepülési időszakban egy teljes hónap leforgása alatt egy 20 méter hosszúságú partszakaszon átlagosan az Erzsébet és a Margit hídnál csupán egy, illetve hét, míg Csepelen és a Római parton 119, illetve 30 sárgás szitakötő nyomaira bukkantunk. Mindezek tetejébe a kisebb egységsszámok és a természetes kirepüléskori veszteségek mellé a nagyvárosban jelentős antropogén tényezőknek tulajdonítható halálozás is járul.

válóan elrejtőznek a növényzetben, megbújnak a kövek között, vagy uszadéknak álcázzák magukat. Ráadásul a lárvák olykor igen tekintélyes távolságot tesznek meg a parton, mielőtt nekifognának a vedlésnek (nem egyszer 10–13 métert), míg máskor még a vízben vagy annak közvetlen közelében választanak aljzatot, ami miatt jókora területet kell alaposan átvizsgáljunk a lárvabőrök megtalálásához. További nehezítő körülményt jelentenek a terepviszonyok, hazai folyóink partja ugyanis csak ritkán lapos és könnyen járható, a módfelett meredek és sűrűn benőtt szakaszokon pedig nem árt dzsungelharcos-sá edzenünk magunkat ahhoz, hogy a lárvabőröket összeszedegessük. Mindemellett ahhoz, hogy megbízható adatokhoz jussunk a kirepülés jellemzőiről, érdemes a gyűjtést legfeljebb néhány naponta megismételni (hogy minél kisebb legyen például a szél, az eső vagy a vízszintemelkedés miatti veszteség az exuviumszámban), ami, figyelembe véve az egyes szitakötőfajok hetekig vagy akár hónapokig is elhúzódó kirepülését, lassuk be, nem kevés elfoglaltsággal jár. Eből adódóan, bár a lárvabőrök mennyiségi gyűjtésén alapuló vizsgálati módszer természetvédelmi szempontból mindenképp a legelőnyösebb, hiszen nem igényli élő állatok befogását, mégis alig akad nálunk bárki, aki erre vállalkozna.

A hosszú távú és rendszeres gyűjtőmunka – vagyis látszólag céltalan vízparti mata-tás és motoszkálás – a fővárosban cseppet sem minősül szokványos tevékenységnek. Hasonlót legfeljebb a vas különböző megjelenési formái és a sörös dobozok iránt érdeklődők végeznek.

Így számolnunk kell azzal, hogy miközben szorgosan keressük a szitakötőket, különös viselkedésünk miatt a kíváncsiságunk

esetleg súlyos elmeháborodottságot feltételezünk rólunk. Sőt: némiképp viseltes és koszos, gumicsizmás terepi öltözékünk miatt a belvárosban egyenesen rászorulóknak vélhetnek minket, így aztán olyan hasznos információkban részesítenek, hogy hol jutunk meleg ételhez, tiszta ruhához és szálláshoz. Ezeket a kellemetlen pillanatokat valahogy át kell vészelnünk, ha lehet, zokszó és időrabló magyarázkodás nélkül. Mindazonáltal egy kedves helybéli hajléktalan biztató megjegyzése, miszerint aki keres, az talál is, a budapesti folyóparton minden várokozászon felül igaznak bizonyult. Egyrészt viszonylag szép számban kerültek elő szitakötők, annak ellenére, hogy az előzetes gondolkodás szerint nem illenek bele a nagyvárosi környezetbe. Másrészt a fővárosban egyéb bizarr találatok is sűrűn előfordulnak. A vízszegély menti kövezeten keresgélve annyi zöld-ségfélélt sodor elének a víz, hogy egyetlen gyűjtés alkalmával komplett tavaszi levest el lehetett volna készíteni belőlük. Bár ez gusztus dolga... Ijesztőbb hordalék volt az állati eredetű koponyák sora (kutya, szarvas és hód – már amennyire a nem is apró részletekből azonosítani lehetett). Balszerencsémre, egyszer még egy teljes vad-disznótetem is boldogított, ami, sejtethetjük, nem éppen illatos, és nem is mutatósságnak a gyűjtőmunkához. Mégis, mindent felülmúlt az az emberi koponya, amely a Margit híd tövében árválkodott a kövek között, megrendítően ép állapotban, leszámítva egy apró lyukat a halántékban. Nosza, rögvést riasztottuk a rendőrséget, amely a hívást köszönettel vette, a koponyát pedig gondosan bezacskózta. Legnagyobb bánatomra, a vizsgálódásukat követően az eredménybe már nem avatott be.

Mitől döglök a szitakötő?

Bár a szitakötők kirepülése kifejezetten rövid időszak mind a lárvák, mind az imágók életéhez képest, mégis a leginkább veszélyekkel teli, amelyben igen tekintélyes lehet a halálozási arány. Ez a fokozottan kockázatos periódus a víz elhagyásától a frissen vedlett imágó első röptéig tart, mi-alatt a szitakötő rendkívül sérülékeny, és csaknem védtelen a ragadozókkal, fajtársakkal és a kedvezőtlen fizikai tényezőkkel szemben egyaránt. A partra mászó lárvá ugyan még képes aktív védekezésre, a szárazföldön viszont esetlen, s nehézkes



Szentől szemben: csermelyszitakötő frissen vedlett imágója

mozgása miatt védekezése legtöbbször sikertelen. A lárvá kedvezőtlen környezeti feltételek esetén akár a vedlést is késleltetheti, erre azonban csak korlátozott ideig, maximum egy-két napig képes. Miután már rátalált a megfelelő kirepülési aljzatra és lárvális kutikulája felrepedt, mindaddig, míg imágólabái valamelyest meg nem keményednek, az állat helyváltoztató vagy védekező mozgásra képtelen, és ebből adódóan teljesen védtelen. Ezután veszély esetén már ismét kész védekezni, menekülni, akár összecsomagolt szárnyakkal vagy szárnyai kibontása közben is. Gyenge kutikulája miatt azonban elég lehet egyetlen hangya harapása vagy néhány esőcsepp, hogy maradandó deformációkat szenvedjen, ami röpképtelenséghez, közvetve pedig halálozáshoz vezethet. A szitakötő így csupán a kutikula megkeményedésével, kirepülésre készen állva, majd felszállva kerülheti el nagyobb eséllyel a veszélyeket.

Az imágóvá vedlés folyamata viszonylag rövid, ha viszont ehhez hozzászámítjuk a lárváknak az aljzatkeresésre szánt idejét, valamint a röpképes imágóknak a tényleges röptükig (szűzrepülésig) eltöltött idejét, akkor ez a kockázatos időszak – különösen kedvezőtlen időjárási feltételek mellett – meglehetősen hosszú lehet. Így nem meglepő, hogy a szitakötőknél a kirepülés során felépő mortalitás jelentős, rendszerint 3–30% között alakul.

A folyami szitakötők kirepüléskori halálozásában természetes körülmények között egyrészt fizikai tényezők, főként kedvezőtlen időjárási körülmények (pl. erős szél, nagyobb esőzések) játszanak szerepet, amelyek könnyen okoznak az ilyenkor leginkább sérülékeny szárnyakban deformációkat és sérüléseket. A zord időjárási tényezőkkel szembeni legjobb stra-

tégia a kirepülés késleltetése, így például egy-egy zápor, zivatar közeledése esetén a lárvák sokszor türelmesen kivárják (akár a parton, akár a vízbe visszamászva) annak elvonulását, és ezzel a vedlés szempontjából kedvezőbb feltételeket. Ugyanakkor a folyami szitakötők kirepüléskori halálozásának legnagyobb hányada rendszerint a ragadozóknak tudható be, amelyek között számos állatcsoport (pl. vízi és szárazföldi ízeltlábúak, kételtűek, hüllők, halak, madarak) képviselői szerepelhetnek. A ragadozók körében a legfőbb predátorok kétség kívül a madarak, amelyek közül bizonyos fajok (pl. barázdabillegető, feketeigó) képviselői céltudatosan keresik az éppen vedlő folyami szitakötőket, és igen jelentős (akár 25%-os) veszteséget okozhatnak a kirepülő populációban. A szitakötőket leginkább zsákmányoló énekesmadarak a szitakötő szárnyait szabályosan leválasztják, és általában a kirepülés helyén hátrahagyják, így a gazdátlan szárnyak számlálása lehetőséget nyújt az általuk okozott mortalitás mértékének becslésére. Ezzel szemben más, inkább csak alkalmi predátornak tekinthető madárfajok (pl. tőkés réce, dolmányos varjú) nem hagynak maguk után nyomokat, hanem a zsákmányt teljes egészében elfogyasztják. A madarak mellett egyes ízeltlábúak lokálisan ugyancsak nagyobb halálozást okozhatnak a kirepülő szitakötők körében. Ilyenek a hangyák, amelyek a kirepülési aljzatot keresgélő lárvákat, az éppen vedlő egyedeket

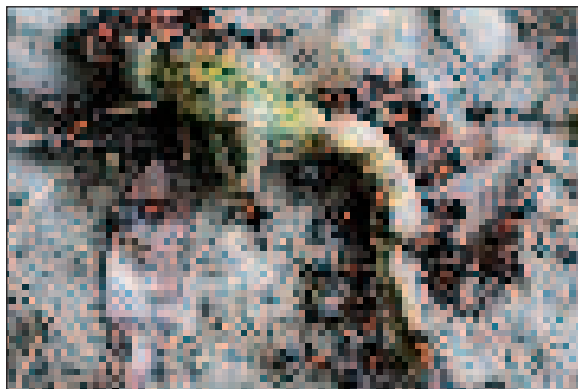
és a közel röpképes imágókat egyaránt megtámadhatják. Amennyiben a kiszemelt zsákmány egy szitakötőlárvá, az potroha csapdosásával és meneküléssel próbál szabadulni az elsőként támadó néhány hangyától. Akadálymentes terepen a lárvá meglehetősen gyors menekülésre képes, vagy akár a vízbe is visszamászhat, ami a legbiztosabb megoldás arra, hogy a hangyák meghátráljanak. A lárvá azonban a parton gyakran ütközik számára nehezen áthidalható tereptárgyakba, miközben újabb hangyák csatlakoznak a társaikhoz, míg a szitakötőlárvá már képtelen ellenállni a támadásnak. A lárvák kemény kutikulája hosszan ellenáll ugyan a harapásoknak, és az állat sokáig szinte sértetlen marad, idővel a hangyák a kutikulát megbontva hozzáférnek a lágyabb részekhez. Egy ilyen támadásból az imágók jóval kisebb eséllyel szabadulhatnak ki, mint a lárvák. Friss kutikulájuk ugyanis annyira gyenge, hogy dacára a sokszoros méretbeli fölénynek, az imágót néhány jól irányzott harapással akár egy-két hangya is leterítheti. A darazsak (elsősorban a *Vespa*- és *Vespa*-fajok) ugyancsak meglepően könnyen legyűrik a náluk jóval természetesebb frissen vedlett folyami szitakötők imágóit. Ez különösen horrorisztí-



Ami az utolsó vedlés után marad: az exuvium (erdei szitakötő)

kus eseménysor, ami rendszerint azzal veszi kezdetét, hogy a darázs a kiszemelt szitakötő potrohát precízen teljes egészében leválasztja. A szitakötő ezt intenzív szármozgatással igyekszik elkerülni, ami azonban legtöbbször hasztalan. Sőt, még potrohától megfosztva, megcsontkítva is kitart és védekezik, és majd csak a későbbi támadások alkalmával halálozik el. A darázs ugyanis mindig újabb és újabb rohamot indít, amelyek során a szitakötőről kisebb darabokat hasít le, és azokat darabonként hordja el. Egy hálószerű póknak ennél jóval egyszerűbb a dolga, nála az ügyesen megmunkált háló ejti el a szitakötőt, mikor az a vedlés végetével felreppen.

A városi környezetben az előbbi, természetes okokra visszavezethető halálozást antropogén eredetű mortalitás súlyosbíthatja. Sőt, a budapesti Duna-szakaszon a kirepüléskori veszteség legnagyobb részben ilyen emberi tényezőknél, mégpedig elsősorban az intenzív hajóforgalomból adódó gyakori hullámverésnek, továbbá kisebb arányban a taposásnak volt tulajdonítható.



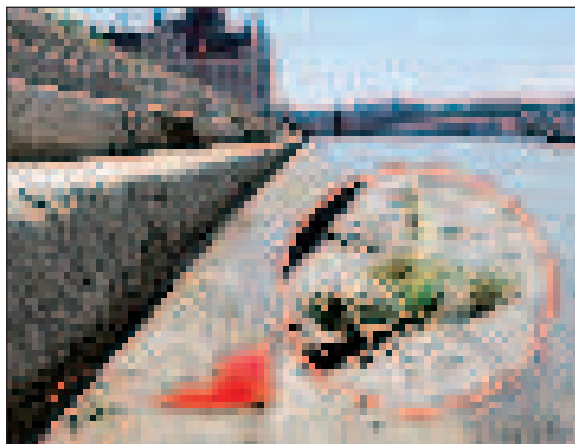
Tömegben az erő: avagy fölényes hangyatámadás a sárgás szitakötő imágója ellen

A hullámverés gyakran a vedlésre készülő lárvákat zavarja meg, ami nem jár súlyosabb következményekkel. Amennyiben a lárvák érzékelik a víz veszélyes közelségét (pl. elborítják a hullámok), rendszerint tovább mászik a partra, és messzebb választ aljzatot. Ha pedig a hullámzás visszasodorja a vízbe, akkor később gond nélkül újra partra mászik. Ha viszont a lárvabőre már felrepedt, mindaddig, amíg megkapaszkodik (ez a sárgás szitakötő esetében átlagosan 15 percig tart), az állat helyváltoztatásra, védekezésre képtelen és felettebb sérülékeny. Miközben a torát és a fejét igyekszik kiszabadítani, a hullámok az állatot eláztatva hiúsítják meg a továbbvedlést, ami így gyors pusztuláshoz vezet. Később, mikor már csak a potroha révén rögzül a bőrhöz, vagy a szárnyait bontja és szárítja, a hullámverés rendszerint súlyos szárnydeformációt eredményez, amihez egyéb sérülések is társulhatnak, vagy ritkábban közvetlen, fulladásos halállal jár. Előbbi esetben a röpképtelenség egyrészt nagymértékben megnöveli a predáció valószínűségét (ráadásul a sérült állatok hasznavehetetlen szárnyaikat próbálgat-

va jobban fel is kelthetik a ragadozók figyelmét), másrészt – ragadozók hiányában – éhezésből, kimerültségből adódóan önmagában is gyors pusztuláshoz vezet. A megkapaszkodást követően az imágók mutatnak ugyan némi védekező viselkedést a hullámzással szemben (pl. igyekeznek a víztől távolabb mászni, vagy repülésre készülve szárnyaikat rezegtetik, mikor a víz a testüket éri), ezt meglepően esetenként és legtöbbször sikertelenül teszik.

Az előbbieknél alapján nyilvánvaló, hogy intenzív hajóforgalom esetén, amennyiben a kirepülés a vízszegélyhez közel történik – ahogyan ez a sárgás szitakötő esetében lenni szokott –, kicsi az esélye a sértetlen, röpképes imágóvá vedlésnek. Olyan pórul járt szitakötővel is találkoztunk, amely a vedlése során háromszor, három különböző vízi járműtől szenvedett el hullámverést. Így a fővárosi Duna-szakaszon végzett

vizsgálatomban a sárgás szitakötőnél a természetes okokra visszavezethető mintegy 15%-os mortalitáshoz 13–21%-os antropogén eredetű, leginkább hullámverésnek tulajdonítható halálozás adódott hozzá. Ezen belül is a hullámzás okozta mortalitás aránya nagyobb volt a módosít-



Tipikus nagyvárosi szitakötő, hullámoktól áztatva (sárgás szitakötő)

tott partszakaszokon, ugyanis a kövezésen és a kiépített lépcsősoron vagy partfalon a lárvák a vízszegélyhez közelebb vedlettek imágóvá, mint az alapvetően lapos lefutású és természetserű partszakaszokon, és így jobban ki voltak téve a hullámverésnek.

Budapest jól ismert szépségei közé – habár nem annyira szembetűnőek, mint

például a közismert és népszerű turista-célpontok – bátran felsorolhatjuk a folyami szitakötőket is. Megfigyelésük, megismerésük érdekes kaland minden természetkedvelő számára, és bár a városi környezetben számos veszély fenyegeti ezeket a látványos rovarokat, remélhetőleg még sokáig lesz lehetőségünk találkozni velük a fővárosi Duna-szakaszon mentén.

A kutatást a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- Askew, R.R. (2004): The dragonflies of Europe. Second edition. – Harley Books, Colchester, 308 pp.
- Corbet, P.S. – Brooks, S.J. (2008): Dragonflies. – HarperCollins Publishers, London, 454 pp.
- Dijkstra, K.-D.B. (edit.) (2006): Field guide to the dragonflies of Britain and Europe. – British Wildlife Publishing, Gillingham, 320 pp.
- Európai Unió Tanácsa (2006): A Tanács 2006/105/EK irányelve (2006. november 20.) a környezetvédelem területén elfogadott 73/239/EGK, 74/557/EGK és 2002/83/EK irányelveknek Bulgária és Románia csatlakozására tekintettel történő kiigazításáról. – Az Európai Unió Hivatalos Lapja 49/L363: 368–408.
- Farkas, A. – Mérő, T.O. – Móra, A. – Dévai, Gy. (2014): Urban dragonflies: data on the Odonata fauna of the Danube at Budapest. – Acta Biologica Debrecina Supplementum Oecologica Hungarica 32: 23–29.
- Farkas, A. – Móra, A. – Dévai, Gy. (2013): Adatok a Duna szitakötő-faunájához (Odonata) a Szentendrei-sziget közrefogó fő- és mellékágnál végzett felmérések alapján. – Studia odonatologica hungarica 15: 107–120.
- Farkas, A. – Móra, A. – Dévai, Gy. (2012): A *Gomphus flavipes* és a *G. vulgatissimus* (Odonata: Gomphidae) kirepüléskori mortalitása a Dunán. – Acta Biologica Debrecina Supplementum Oecologica Hungarica 28: 65–82.
- Suhling, F. – Müller, O. (1996): Die Flußjungfer Europas – Gomphidae. In: Die Neue Brehm-Bücherei 628. – Westarp Wissenschaften & Spektrum Akademischer Verlag, Magdeburg & Heidelberg – Berlin – Oxford, 237 pp.



HORVÁTH TÜNDE

5500 éves temetkezési halmok az orosz síkságon

Negyedik rész

A cikksorozat első három részében a Kárpát-medence területén élő őshonos, késő rézkori Boleráz-Baden kultúrákról írtam, a harmadik részben az Alföld területén a Boleráz-Baden tömbbe ékelődött idegen eredetű, a keleti sztyeppéről érkezett kurgán alá temetkező nomádokat mutatom be.

Ahhoz, hogy a keletről érkezett népek eredetét lokalizálni tudjuk, kereteket kell adnunk a keresésnek. Térbeli, időbeli, ökológiai és kulturális kereteket, vagyis a főbb kérdések a következők: Hol találhatóak ezek a kultúrák? Mikortól éltek ott, és milyen körülmények között? Milyen életmódot folytattak?

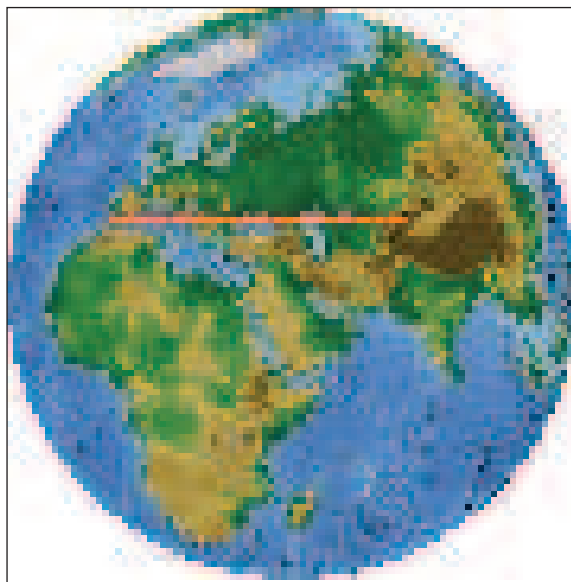
Préri, sztyeppe – végtelen rónaság és puszta. *Grassland* – és fűtenger. Minden nemzet, amelynek földjén nagy kiterjedésű füves síkság található, megalkotta a maga legjobban kifejező szavát erre az egyedi földrajzi jelenségre, amely már nevében is hordozza legjellemzőbb tulajdonságait (vö. puszta/pusztítás, kihaltság). Mert ilyen térségek nem mindenütt találhatóak (1. ábra). Szigorúan Európa területét nézve, nagy síkságok vannak ugyan országunk területétől nyugatabbra és északabbra is, de nem ilyen eredeti füves vegetációval. Nem elég, hogy egy sík terület alacsonyan (alföld) vagy éppen magasan (felföld/magasföld) legyen, további feltételek is szükségesek ahhoz, hogy ilyen vegetáció alakuljon ki rajtuk. Az egyik közös pont a területet fedő talaj, amely valamilyen típusú csernozjom. A másik az éghajlat, amely alapvetően kontinentális, bár az átlaghőmérsékletben komoly különbségek lehetnek: a Kárpát-medence jóval melegebb éghajlatú a keleti sztyeppéknél. A harmadik feltétel a geobotanikai megoszlás, amely az általunk vizsgált elsődleges sztyeppe-zónában az ún. Pontic-Pannon provinciába tartozik. Ahol nem teljesül valamennyi feltétel, ott nem tiszta a sztyeppeövezet, hanem erdős sztyeppe vagy félsivatag és egyéb kevert vegetáció alakul ki.

A nomád kultúrák elsődleges kialakulási centruma (Fekete-, Azovi-, Kaszpi-tengerek

vidéke a Dnyeszter, Dél-Bug/Boh, Dnyeper, Don folyók alsó folyásával, és az Azovi-tengerbe torkolló Manych/Manücs és Kubán folyók) mindig a sztyeppeövezeten belül található. A másodlagos (pl. a Don-Volga–Urál térsége, és a Dnyeszttertől nyu-

A negyedik feltétel – szerintem – az adott terület paleohidrológiai és csapadékeloszlási tulajdonságaival van összefüggésben. Bármennyire is száraznak tűnik elsöre, tartósan sztyeppe és rajta nomád emberi kultúra csak akkor alakul

ki, ha a terület vízellátottsága kielégítő ember, és legfőképp állat számára. Hihetetlennek hangzik, de az Alföld területe még a mély-sztyeppe-zónában, tehát a Hortobágy szikén is egészen sokáig megfelelt ennek a feltételnek: időszakos, de tavasszal igen bővizű és sűrű vízhálózata volt, fás ligetei, és a Tisza áradásaira is számítani lehetett rendszeresen. A középkorban a tatárjárás, majd a törökvesz, és az ún. kis jégkorszak (a XIV. századtól a XIX. századig) változtatta meg gyökeresen ezt a világot azzal, hogy a területen járó névtelen erek, kisebb állandó folyók (pl. Hortobágy, Berettyó, Árkus) vízhozamát elapasztotta vagy teljesen megszüntette,

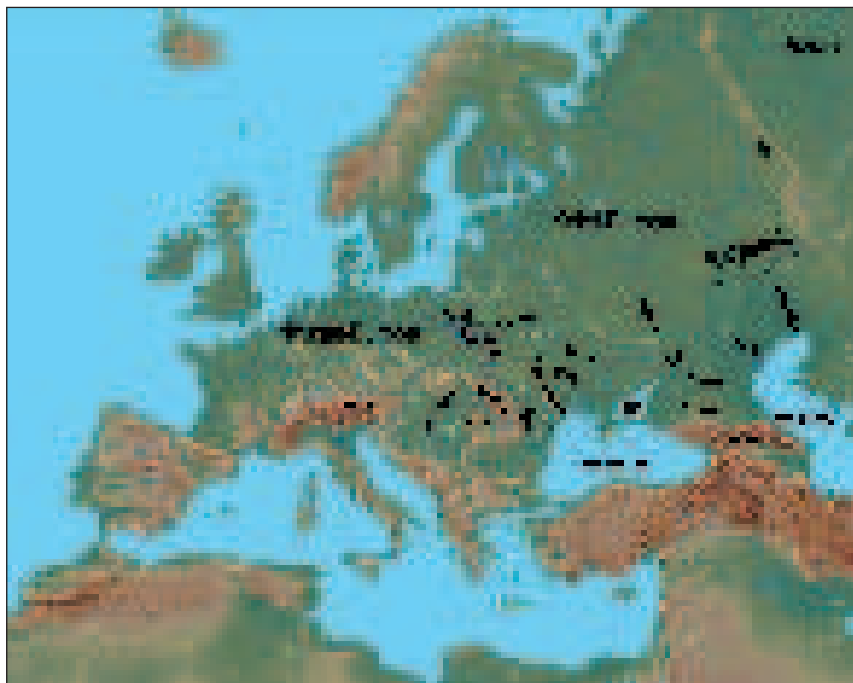


1. ábra. A Föld vegetációs térképe. Piros keretben Eurázia tanulmányban érintett területe

gatra a Prut, Szeret, és az Al-Duna, valamint az Alföld térsége) és harmadlagos (az Urálon túli terület, amely már Ázsia) kirajzási centrumok már engedékenyebbek voltak ebben a tekintetben: megtelepülés látható az erdős sztyeppe (pl. a magyar Alföld, Duna-delta), a félsivatag, sivatag (Kaszpi- és Azovi-tengerek közti vidék, Tarim-medence) és a magasföldök (Kaukázus előtere) zónájában is (2. ábra).

te, és a vidéket a pusztulás és a pusztítás miatt elnéptelénítette. A Tisza szabályozása és a modern gazdálkodás csak tovább rontottak ezen a helyzeten, ezért a mai állapotok alapján már el sem lehet képzelni az Alföld őskori képét.

A folyók járása nemcsak azért fontos, mert földrajzi tananyag, amit ki lehet kérdezni vizsgán. A természetben élő ember úgy kötődik a víz járásához, mint



2. ábra. Az európai sztyeppzóna és a tanulmányban szereplő fontosabb földrajzi kifejezések. Fekete vonal: Nyugat- és Kelet-Európa fiziógráfiai határa. Erősebb kék színnel kiemelve a határt jelző folyók

egy mai ember a navigációs műholddal ellátott, minden másra is alkalmas okostelefonjához: ha már használja, létezni sem tud nélküle. Az ilyen típusú mondasok, mint „Ki a Tisza vizét issza, vágyik annak szíve vissza” nemcsak afféle parasztróciák, hanem valóságos konyhai hímszövegek, hanem igaz és valóságos érzéseket közvetítettek. A vezetőes ivóvíz elterjedése előtt az emberek többségét talajvízből táplálkozó ásott kutak látták el: minden lehelő, tanyán és portán állt egy víznyerés céljából és kezdetleges hűtőgépgyanánt. Minden háztartás a maga kútjából fakadó víz ízét szokta meg, tartotta a világon a legfinomabbnak, és nem cserélte volna el semmi másra, még a szomszéd kútéra sem. Az erek, fokok, folyók látták el a vízzel és komplex ökoszisztémájuk, partvonaluk élelemmel az itt élőket: hallal, kagylókkal; hínárral, fával, tehát tüzelővel, szerszám- és építőanyagokkal, madarakkal, tojással, és tollal a nyílveszőkhöz, fűvel az állatok számára. Ugyanakkor tájékozdási pontként szolgáltak és völgyük felvonulási útként is, megkönnyítették a szállítást, vagy éppen megnehezítették és elválasztották egymástól a nem jó viszonyt ápoló izgága szomszédokat.

Európa hatalmas kontinens: a nyugati és keleti felének fiziógráfiai határvonalát jórészt vizek, folyók vonala rajzolja ki a Balti-tenger–Bug–Dél-Bug–Fekete-tenger mentén. Ez a határ egyes régészeti kultúráknak soha nem jelentett akadályt:

a Gödörsíros, a Cucuteni–Tripolje, a Gömbamforás, és a Zsinegdíszes kultúrák úgy átlélik, mintha nem is lenne. A Vonaldiszes és a Tölcséres szájú edények népe a határon imbolyog oda-vissza kis távolságban, mint aki nem tud két világ közt választani. Másoknak viszont komoly akadályt jelentett, ha földrajzilag nem is, feltehetően mentálisan, vagyis életmódjában. Sem a Katakombasíros-, sem a Gerendaváz-síros kultúrák nem jutottak át rajta (3. ábra). A kultúrák határa gyakran esett egybe vagy ért össze egymással kontaktzónaként egy-egy fontosabb nyersanyag-elérhetőség határán, ill. expanziójuk éppen egy fontos nyersanyag megszerzése miatt történt (4. ábra). A Tripolje–Cucuteni ÉK-i és a Tölcséres szájú edények keleti irányú terjeszkedése és találkozása például éppen a keleti kovák lelőhelyével esik egybe.

A vizek, amelyek a hajózással megkönnyítették a szállítást, a legfontosabb kereskedelmi útvonalak részét alkották. A híres római kori Borostyánút bizonyos részei – amelynek egy szakasza Szombat-hely–Sopron térségében vágta el az országot – már a bronzkor óta léteztek, de voltak más, Európát átszelő borostyánutak is. Hasonló útvonal mutatkozik ki a Boh-Bug–Wieprz–Visztula–Neman, a Dnyeper/Ingul–Dnyeper–Pripjátj–Bug–Visztula–Neman, esetleg Dnyeper–Berezina–Neris–Neman folyók mentén, amelyek a Fekete-tenger vidékét kötik össze a

Balti-tengerrel, tehát egy vertikális tengely mentén vágják át a kontinensünket. Ezeket már a vaskorban forrásokban és mítoszokban emlegetik (vö. *Pontus Euxinus*=Fekete-tenger, *Tanais*=Don, *Borysthenes*=Dnyeper, *Hypanis*=Dél-Bug/Boh; az Argonauták útja a Don/Donyecen Kolkhiszba, a mai Örményországba). Ezen a vonalon terjed minden korszakban a legértékesebb áru jó része (pl. az átfürt köjogarak, majd a borostyán, arab dirhemek stb.). Ejtsünk szót az ázsiai rész Selyemútjáról is, amelynek bizonyos szakaszai már a Kr.e. 3. évezredben léteztek: a Katakombasíros közösségek egy része már biztosan bekapcsolódott a távolsági kereskedelemben. A kereskedelmi utak többek annál, hogy értékes árucikkeket adnak-vesznek élelmes kereskedők, és ebből haszonra tesznek szert, másokat agyafürtan kihasználva. Létezésük emberek, tárgyak és ismeretek utazását teszi lehetővé. A konkon pedig megélnék még páran, ahogy az már lenni szokott.

A karavánutak fosztogatása nem alantás munka, csak a kultúráink közti távolság és a mai erkölcsi normák állítják be annak. Míg a vámpontokon álló rablótáborok a középkori Európa lovagi elitjét alkották, és a rablótáborból olyan nemesi családok virágoztak ki, amelyek Európa ma is létező arisztokratái, a névtelen nomádokat ma csak koszos tolvajként aposztrofálják. Európa műveltségének alapját az antik görögök adják, de kevesen hangsúlyozzák azt a tényt, hogy a görögöket a maguk fénykorában kortársaik hazug, dörszölt és minden hájjal megkent emberekként tartották számon. Ez azonban akkor korántsem számított sértésnek, sőt, a görögség karizmáját, szerencsét, életrealitását, az Odüsszeusz-archetipusú kereső/kereskedő kalandort szimbolizálta. Az akkori világ egyik legismertebb közmondása volt, hogy „amit egy görög kereskedő mond, azt soha nem szabad elhinni”, vagy egy másik: „úgy hazudik, mint egy görög”.

A nomád kultúrákban született meg elsőként a férfikultusz, a harcos réteg, a harci kocsi, és maga a harc tudománya, amivel a nyájukat őrizni kellett. Nem túlságosan nehéz feladat az éj leple alatt állatokat hajtani el más tulajdonából: a középkori szegénylegények is ezt az egyszerű, de kifizetődő és lenyomozhatatlan munkát választották, ha más nem adódott. Egy barom értéke a középkori oklevelek szerint olyan nagy volt, hogy házat lehetett venni rajta, ha eladták. Ha megtartották – gondoskodtak róla, hogy az eredeti tulajdonosok ne ismerjék fel az állatot – már egy juh vagy kecske fedezni tudta egy család életfenntartását. Ugyanez a virtus nem játszható el a földművelő társadalmakban: olyat ugyanis még senki nem hallott, hogy egy búzame-



zöt valaki az éj leple alatt ellopott volna. Ez több okból is lehetetlen: éjszaka nem lehet aratni, a learatott terményt nem lehet észrevétlenül egy éj alatt elszállítani stb. Megállapítható, hogy az állatlopás a nomád társadalmakban eleve determinált, míg a földművelő társadalmakban nem kivitelezhető olyan terménymennyiséget rabolni, hogy az észrevétlen maradjon. Dézsma van helyette, vagyis szervezett, fentről szabályozott adó, ami a nomád szabad társadalmakban elképzelhetetlen. Cserébe pedig városfalak és biztonság. A valamit- valamiért egyszerű elve, csak itt is, ott is másképp nyilvánul meg.

Az eurázsiai sztyeppézóna hatalmas tér: 5000 mérföld a Dunától a kínai Nagy Falig. Európa és Ázsia választóvonalá az Urál-hegység, amelynek déli része valójában már a dombság nevet se igazán érdemli ki magasságát tekintve. Az itt létrejött nomád kultúrák évezredek óta élnek itt. A nomád szó a görög *nomas* szóból jött létre: jelentése vándorlás legelőt keresve. Ahogy a tudomány fejlődik, úgy egyre többfajta „nomadizmus” létezik. A terület jellegét tekintve beszélnek sztyeppeti, félsivatagi, sivatagi, sarkvidéki és hegyi nomádokról. Ez már önmagában egy érdekes jelenség, ugyanis bizonyos fokú változási képességről árulkodik: a különböző típusú földrajzi életterek eltérő ökológiai *niche*-ket jelentenek, amelyhez a nomád nép képes alkalmazkodni. A gazdálkodás jellegét nézve szarvasmarha-, juh-, rénszarvas- és lótartó nomádokról értekeznek, van-

nak, akik nomádoknak csakis a lótartókat nevezik. A gazdálkodás módját és ciklusait tekintve van meridionális, vertikális, éves, évszakonkénti, éjjeli/nappali transzhumáló, külterjes, belterjes-istállózó nomadizmus. A nagy kutatók a nomadizmus egy-egy meghatározó karakterét ragadták meg, és emelték ki ezekkel az osztályozásokkal. Ha azonban általánosan, de minden meghatározó kicsi és nagy tulajdonságával együtt szeretnénk leírni, azt mondhatnánk: a nomadizmus jelensége gyakran megszakadó periódusok az emberiség történetében, egy hosszú és lassú történeti folyamatban, amely gyors oszcillációkat, változásokat is tartalmaz, tehát egy relatívan statikus állattartó életforma, amely kis változásokra hajlandó és képes is.

Az orosz síkságon az első halom alá temetkező, állattartó népcsoportok Kr.e. 4200–4000 körül bukkannak fel. Az első kurgán-építők állítólag az Okkersíros horizonthoz tartozó Suvorovo–Novodanyilovka csoport tagjai voltak a Prut folyó torkolatánál, akik a Szrednyij Sztog kultúra elítjét alkották. Ez

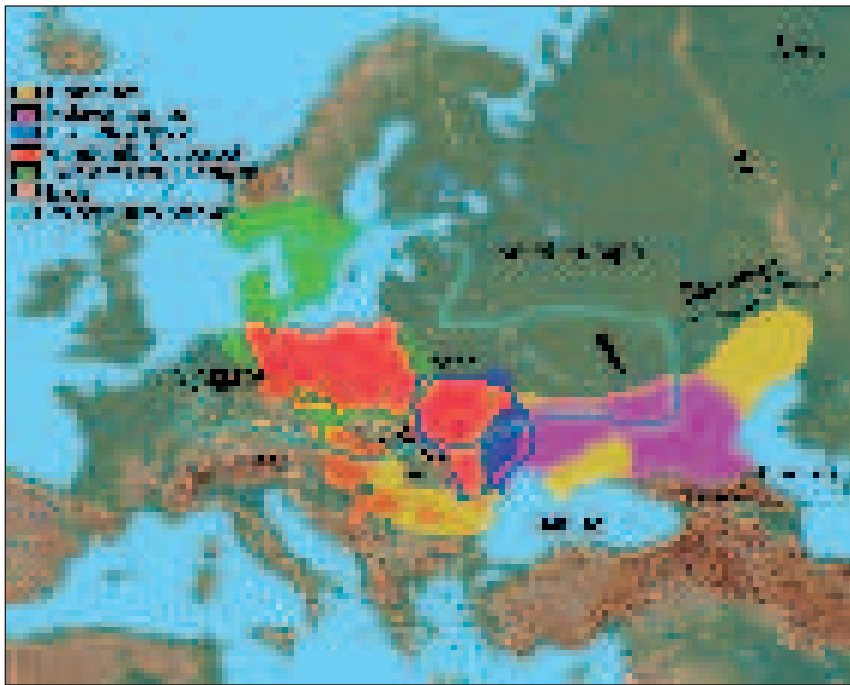
ma radiokarbon dátumok a Dnyeszter alsó folyásánál Kr.e. 3700, a Dnyepernél Kr.e. 3700–3500 időpontokat mutatnak.

A nomadizmus felbukkanó jelensége az északi féltekén feltehetően külső nyomásra adott, elsőként sikeres emberi adaptáció volt. Kr.e. 4200-tól hosszú évszázadokon át romló éghajlat következett be, amely nem kedvezett a földművelésnek. Különösen Kr.e. 4120–4040 és 3960–3821 között látunk drasztikus periódusokat, amely a tradicionálisan földművelő kultúrákat is választás elé állította: ekkor kezdődött a Tripolje–Cucuteni műveltségi paraszti civilizációjának expanziója ÉNy–É-i irányban, és az erősített településeik kora. Ekkor szűntek meg a balkáni, évszázadok óta virágzó tell-kultúrák. Nyugat-Európában a középső rézkor végének időszaka pedig egyre erőteljesebb állattartással, szórványos és gyér, fejletlen települési hálózattal, a kultúrák általános hanyatlásával írható le. Keleten pedig egy új jelenség bukkant fel: a vándorló nagyállattartás.

Hány kurgán állhat a keleti sztyeppéken? Soha nem számolta senki. Az 1996-os Kunhalom-project 1672 kurgánt térképezett fel Magyarországon területén, és törvényileg védettnek nyilvánította őket. Bár a munkát nem régészek készítették, ezért lehet köztük néhány korban nem odaillő objektum, a szám többé-kevésbé helytálló. V. Shilov egy 1985-ös munkájában 799 sírt és 316 feltárt kurgánt számolt össze az Alsó Don–Alsó Volga–Észak-Kaukázus térségében. Nincs szó a fel nem tárt halmokról, és arról sem, hogy ez a terület közel 30%-a lehet az eredeti teljes elterjedési területnek.

Az elsőként sikeres új túlélési stratégia sajnos nem tartott sokáig. Orosz kollégáink megállapították, hogy rövid időn belül, néhány száz év alatt az óriási nyájak túllegetetésével az elsődleges centrumban probléma lépett fel. Nem az emberiség száma szaporodott túl, hanem az állatoké, és a természet nem tudta a vegetációt olyan ütemben pótolni és visszaállítani, ahogy a nyájaknak erre szükségük volt. Erre az újabb külső nyomásra reagáltak úgy a közösségek, hogy hasonló ökológiai feltételeket keresve nyugati és keleti irányban szétarajzottak. Ez magyarázhatja azt, hogy Kr.e. 3350 körül már a magyar Alföldön, de az Urál előterében is kurgán-temetkezések bukkannak fel: elkezdődött a Gödörsíros kurgánok időszaka, amelyhez még túlélő eneolitikus kultúrák is keveredtek.

A sztyeppén a korai eneolitikum (Kr.e. 4550–4100/4000) időszakát, benne az Okkersírosokkal, egy hiátus követi, amikor nem léteztek kultúrák ezen a hatalmas területen. Az éghajlati romlás következtében Kr.e. 4100/4000–3800/3700 közötti üresedést a középső eneolitikumban a



3. ábra. Fontosabb régészeti kultúrák a vizsgált Kr.e. 3400–2400 közötti időperiódusban

bizonytalan adat, ugyanis a halmokat későbbi népcsoportok is újrahásználták temetkezési és egyéb céllal, ezért a kurgán emelésének eredeti időpontját a későbbi bolygatások néha teljesen megsemmisíthetik. Jóval valószínűbb, hogy kurgánokat az ún. Pre-Gödörsíros kultúrák kezdtek el építeni, és az Okkersírosok még sík temetőket létesítettek. Halmot eleve csak fejlett és szervezett társadalmak építenek, ugyanis az ehhez szükséges közösségi munkát csak így lehet biztosítani. A legkorábbi kurgánokból szár-

pre-Gödörsíros kultúrák töltik ki K.r.e. 3800/3700–3500/3400 között, majd elkezdődik a késő eneolitikum, ahol ezekkel a kultúrákkal egy időben felbukkannak az első Gödörsírosok K.r.e. 3500/3400–3000/2800 között. A kora bronzkor K.r.e. 3000/2900–2300/2200, a Gödörsírosok időszaka, de már 2900/2800-tól Katakombasírosok is felbukkannak.

A datálás kritikus pontja a régészetnek, és soha nem éri el azt a finomságot és pontosságot, amit szeretnénk. A Kaszpi-tenger körüli felsivatagos környezetben például a sajátos körülmények miatt a radiokarbon dátumokat erős korrekcióknak kellett alávetni, ami azt eredményezte, hogy az eredetileg 24 dátum alapján K.r.e. 3300/2900–2500 közé keltezett Katakombasírosokat az effektek bekalkulálása után K.r.e. 2600–2350 közötti precízebb intervallumba lehetett beszorítani. Remélhetőleg ilyen utómunkálatok több területen lejártszódnak majd, és így az együtt élő kultúrák között a lehetséges interakció szorosabb keretek közé lesz illeszthető.

Bár a Gödörsíros és a Katakombasíros kultúrák területileg és időben részben átlapolják egymást, sok különbség mutatkozik köztük. A kalmük sztyeppén a Gödörsírosok évszakonként vándoroltak a folyóvölgyek és a belső sztyeppe platói mentén 15–50 km-es távolságban. Ugyanitt K.r.e. 2600–2350 közt a Katakombasírosok egy éves ciklust alakítottak ki É–D-i vertikális tengely mentén, amely néha az 50–100 km-es távolságot is elérte. Sirmellékleteik gazdagabbak, köztük távoli luxus importcikkkel. A vonulási útvonaluk gyakran keresztezett nagy kereskedelmi útvonalakat (vö. Selyemút nyugati vége).

Az orosz sztyeppén a Dél-Urál előterében, a Buzuluk folyó mentén a Selyemút nagy régészfelfedezője, *Sir Stein Aurél Márk* végzett szisztematikus kutatásokat az 1900-as évek elején. Mi orosz együttműködés keretében vettünk részt itt expedíción 2007-ben. Az Orenburgi Állami Pedagógiai Egyetem Régész Tanszéke a buzuluki kurgánmezőn végzett feltárásokat, amelybe a terepen mi is bekapcsolódhattunk. Az Urál előterében a Gödörsírosok, hasonlóan a Kárpát-medencéhez, másodlagos központot alakítottak ki. A sírmező több száz halomból állt, koruk változó: még középkor-újkoriak (kírgiz/kazah) is voltak köztük. A halmok magassága jóval kisebb volt a magyarokénál, átlag 1,5 méteres, bár itt is vannak egyedülálló, vagy a sírmezőkön belül elhelyezkedő nagyméretű halmok. Érdekes módon, nem ezek alatt kerülnek elő a leggazdagabb mellékletű temetkezések. Feltehetően a halott rangját ez esetben a neki állított emlékmű nagysága szimbolizálja, nem az értéktárgyai, személyes vagyona. A Gödörsíros kurgán temetkezése szinte a lyukashalmi mása lehetett



4. ábra. Nyersanyagok természetes előfordulása: 1. fekete: réz; 2. szürke: borostyán; 3. sötétebb szürke: volhíniai, dnyeszteri és pruti, ún. keleti kovafélék

volna. Ellenben a halomba hordott föld olyan típusú csernozjom talaj volt, hogy még az ásó is alig vitte, és a sírt káspengével kellett szabályszerűen kiszurkálni a földből. Gépeket egyáltalán nem alkalmaztak ezen az ásatáson, más kurgánoknál viszont földgyalival legyalulták a kurgántestet a temetkezés föltájáig. A táj és az expedíció legérdekesebb színterületeit az emberi szennyeződéstől és jelenléttől mentes érintetlen táj és a lassan évszázadok óta, még ma is változatlanul nomádként ott élő kírgiz lovasok felbukkanása okozta, akik a villódzó, égbé törő gázfáklyák lobogó fényénél hol fel, hol pedig eltűntek a szemhatáron.

A Donon túli keleti, és az attól nyugatra fekvő Gödörsíros tömb közti alapvető különbség, hogy a keleti rész inkább juhtartó, és életmódjában nomádabb, míg a nyugati tömb közelebb került a nyugat-európai hagyományos paraszti társadalmakhoz (pl. a Gömbamforás, Cucuteni–Tripolje, Baden, Zsinegdíszes kultúrákhoz), amelyek hatottak rá. Ezen a területen inkább szarvasmarhatartó a Gödörsíros közösség, és még települései, és azon belül háztartási leletei, így például saját kerámiaja is van. Más-különbön minden ugyanaz: mintha három egyforma diorámát rakhának egymás mellé, az elsőn a Fekete-tenger vidéke, a másodikon az Elő-Urál, a harmadikon pedig a magyar Alföld felirattal.

Az írás az OTKA PD 73490 számú pályázata alapján készült.

Irodalom

- D. W. Anthony 2007. Horse the Wheel and Language. How Bronze-Age riders from the Eurasian Steppes shaped the Modern World. Princeton University Press, Princeton and Oxford.
- Routes between the Seas: Baltic–Bug–Boh–Pont from the 3rd to the Middle of the 1st Millenium BC. Eds: A. Koško – V. I. Klochko, Baltic-Pontic Studies Volume 14, 2009.
- A. N. Gei 2006. Novotitarovszkaja kultura. Rosszjizskaja Akademija Nauk Insztitut Arheológii, Moszkva.
- E. E. Kuzmina 2008. The Prehistory of the Silk Road. University of Pennsylvania, Philadelphia.
- M. Levine – Y. Rassamakin – A. Kislenko – N. Tatarintseva 1999. Late prehistoric exploitation of the Eurasian steppe. McDonald Institute Monographs, Cambridge.
- N. L. Morgunova – D. S. Khokhlova 2006. Kurgans and Nomads: New Investigations of Mound Burials in the Southern Urals. Antiquity 80, 303–317.
- N. I. Shishlina 2001. Early Herders of the Eurasian Steppe. Expedition 43:1, 21–28.

Így érdemes kémiáról írni!



Középiskolás korom második kedvenc kémiakönyve (Verne Gyula *Rejtelmes sziget* című regénye verhetetlen volt ebben a kategóriában), a *Rendszertelen bevezetés a fizikai kémiába* a hidrogén ürgyén, a szokványosnak aligha nevezhető címet viselte. Mind a mai napig élénken él emlékezetemben az egyik ábra, amelynek itt csak a feliratát idézem fel: „Az entrópia antropomorf és mindig nő.”

A könyv szerzőjének, Schiller Róbertnek a neve akkoriban alig-alig mondott nekem valamit, mégis megjegyeztem. Annyira, hogy egy szűk évtizeddel később, amikor először találkoztam vele személyesen egy akadémiai munkabizottsági ülésen, rögtön tudtam, hogy a neves íróról van szó (bár kétkeltem, hogy ő maga bármikor is magára venné ezt a jellemzést). Megtudtam, hogy a tudományos előadásokhoz való hozzájárulásai legalább annyira szellemesek és lényegre törőek, mint az írói stílusa. Volt szerencsém tankönyveiből tanulni (pl. *Statisztikus mechanika vegyészeknek*), és lenyűgözve hallgattam előadását arról, hogy Nesszosz sokat emlegetett vére az irodalmi leírások alapján akár káliumpermanganát és kénsav elegeként is elképzelhető. S persze megtudtam azt is, hogy a Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpontjában dolgozik kutató professor emeritusként. Rendszeres szerző a Természet Világa folyóiratban, 2012-ben megkapta a Tudományos Újságírók Klubja által adományozott Az év ismeretterjesztő tudósa díjat, s ugyanekkor egy magyar csillagász által felfedezett kisbolygót is róla neveztek el.

Az idén tavasszal nagy örömmel hallottam arról, hogy középiskolás korom emlékezetes olvasmánya, amely eredetileg a Műszaki Könyvkiadónál jelent meg 1987-ben, lényegében újabb kiadást ért meg *Hidrogén, az elemek királya. A kémia születésétől az energetika jövőjéig* címmel a Typotexnél.

A könyv öt fejezetből áll. Az első (A természettudomány felé) mindenekelőtt a kémia önálló tudománnyá válásának történetét meséli el Paracelsus, Robert Boyle és a kémia francia atyja, Antoine Laurent Lavoisier életének és munkájának felelevenítésével. A flogisztonelméletéről, amelyet napjainkban leginkább nevetségessége miatt említenek kémiatanárok, megtudhatjuk, hogy valójában mind megalkotni, mind

megcáfolni nagyon jelentős intellektuális erőfeszítés volt. A történeti szál a könyv további részeiben is erős marad, ami aligha véletlen: a pedagógia és pszichológia is jól ismeri azt a jelenséget, hogy az egyes emberek tanulási módja nagyon hasonló ahhoz, ahogy maga a tudomány kifejlődött a történelmi korok alatt. A második, a könyv felét kitevő fejezet (Kémia és fizika között) középpontjában már a fizikai kémia áll. Komoly dolgokról esik szó: ideális gázokról, kinetikus gázelméletéről, a termodinamika főtételeiről, a hidrogénatom és a hidrogénmolekula szerkezetéről és a kvantummechanika alapjairól is. A stílus mégis könnyed és olvasmányos marad, az érvek megértéséhez csupán egy kis egészséges kíváncsiság szükséges, nem pedig bármiféle jelentős előzetes ismeret. A szerző folyamatosan emlékezteti olvasóját arra, hogy a valóság tudományos modelljei nem keverendők össze magával a valósággal, s egy jelenség több, különböző mélységű és pontosságú tudományos értelmezése nagyon is jól megfér egymás mellett.

A harmadik fejezet (Merre és milyen gyorsan) a kémia egyensúly és a reakciókinetika fogalmait vezeti be, s itt a műtrágyagyártás gyakorlati jelentősége miatt az ammónia szintézise válik központi kérdéssé. Ennek kapcsán szó esik láncreakciókról és felületeken lezajló kémiai reakciókról is. A negyedik fejezet (Úrvegytan) a kozmoszról szerzett kémiai ismereteket ürügyként felhasználva bemutatja a spektroszkópiai módszereket, illetve a feketetest-sugárzás jelenségét, s megtudhatjuk azt is, hogy az alagúthatásnak köszönhetően nagyon alacsony, az abszolút nulla fokhoz közeli hőmérsékleten is lejátszódhatnak kémiai reakciók.

Ami miatt égetően időszerű volt újra kiadni a könyvet, az az ötödik fejezet (Hidrogén és energia), amelyet a szerző az eredeti, 1987-es verzióhoz képest jelentősen kiegészített. Az 1980-as években a hidrogéngazdaság szót még nemigen ismert senki, azóta viszont a hétköznapiakban is annyira elterjedté vált, hogy Oláh György Nobel-díjas kémikus ennek a mintájára, de egyfajta ellenpontjaként alkotta meg a metanolgazdaság kifejezést. A hidrogéngazdaság a hidrogén energiahordozóként való, széles körű felhasználását jelenti. Az még nem világos, hogy a világnak pontosan mikorra kell leszoknia a benzin és

földgáz jelenlegi ütemű felhasználásáról, de illúzió lenne azt gondolni, hogy az addig hátralévő időt évszázadokban lehetne mérni. Már manapság is léteznek hidrogénnel üzemelő autók, akár robbanómotoros, akár tüzelőanyag-elemes elektromos kivitelben, s sok nagy autógyártó jelentős erőfeszítéseket tesz ezek továbbfejlesztésére. A világ legokosabb emberei is izgalmas és fontos kérdésnek tartják, hogyan lehetne hidrogént felhasználni az energiagondok megoldására, a világ vezető üzletemberei pedig hosszú távon hasznot sejtene az ilyen munkába manapság tett befektetések eredményeként. Ezen világ gondolkozásának tudományos hátterébe enged betekintést az ötödik fejezet, s szakszerű, de olvasmányos, helyenként humoros stílusa azért is nagyon lényeges, mert sajnos manapság a média szerkesztői inkább a tudományos sarlatánokat tartják hírértékűnek.

Schiller Róbert könyvét ajánlom mindenkinek, akit érdekel a minket körülvevő világ működése. Megismerhetjük belőle a természet néhány olyan törvényét, amelyek valóban törvények és emberi fogalmak szerint nagyon demokratikusak is: felismerni lehet őket, megsérteni nem, függetlenül attól, hogy valakinek mekkora tekintélye, háza, autója, jövedelme van, s attól is, hogy milyen eredményt ér el politikai választásokon.

Középiskolás emlékeim entrópiáról szóló ábráját sajnos nem találtam meg az újabb kiadásban. De minden mást igen, amitől az eredeti mű jó volt. Nagyon remélem, az új kiadás a nálam jóval fiatalabb generációknak is megtanítja majd, hogy a fizikai kémiai nemcsak hasznos és érdekes, hanem nagyon is emberi és időnként akár még szórakoztató is lehet. De a könyvnek van üzenete a már tanári vagy oktatói korosztályba tartozók számára is: a szerzőtől megtanulhatjuk, hogyan érdemes és kell úgy kémiát tanítani, hogy ne csak a száraz tudást, hanem a tudomány iránti lelkesedést és elkötelezettséget is továbbadhassuk a következő nemzedéknek. ☞

(Schiller Róbert: *Hidrogén, az elemek királya. A kémia születésétől az energetika jövőjéig*. Typotex Elektronikus Kiadó Kft.

URL: http://www.typotex.hu/konyv/schiller_robort_hidrogen)

LENTE GÁBOR

K. SZÜCS FERENC

Vízszintes fúrás és hidraulikus kőzetrepesztés

Negatív hatások a környezetre

Második rész

Míg egy ország kormánya szempontjából a hidraulikus kőzetrepesztés által nyert energiaforrás gazdaságilag előnyös, sokan úgy vélik, hogy a környezeti negatív hatás felülmúlja a nyereséget. A vízszintes kútfúrást körülvevő felszíni terület, amit a fúrásnál és a hidraulikus kőzetrepesztés munkálatainál használnak, sokkal nagyobb a függőleges kútpadénál – egy hektár töredékétől kb. 1,2 hektárig a vertikális fúrás esetén, 1,2 hektártól 2,4 hektárig a vízszintes kútnál.

Több hatás is érinti a vízkészletet a hidraulikus kőzetrepesztés során. A szükséges vízmennyiség beszerzése kiszivattyúzást és szállítást igényel a forrástól (folyó, fűrt kút) a telephelyig. Az igényelt víz mennyisége rendkívül nagy, és a forráseredet-re gyakorolt hatása annak a nagyságától függ. A repesztésnél a vízhez adott vegyi adalékok egy része mérgező hatású.

A repesztés után a felszíni visszafolyás tipikusan 10–14 nappal kezdődik a nyomás leállítását követően. Ezt követően indul meg a gáz/olajtermelés. A kútfúrásban használt folyadékok kb. 30–50%-a tér vissza a felszínre, amikor a nyomást csökkentik vagy leállítják. A hozzáadott vegyi anyagokon kívül ezek a folyadékok tartalmazhatnak fémeket, savakat és a természetben előforduló radioaktív termékeket a kút mélyéből. Ezt a folyadékot (flowback water) a pad területén tárolják, majd részben kezelik és esetenként újra felhasználják a következő hidraulikus repesztéshez. A helytelen kezelés és szállítás szivárgást okozhat, ami szennyezheti a környezetet.

Több tanulmány foglalkozik a vízmennyiséggel, ami szükséges egy átlagos hidraulikus repesztésű agyagpala gázkút műveleténél szükséges. Legtöbbször a Marcellus formációt vizsgálták, ami a legnagyobb területű nem-konvencionális termelőhely az Egyesült Államokban. A függőleges kutak, melyek hidraulikus repesztést is alkalmaznak,



1. ábra. A devon korszak paleogeográfiája

60 000–300 000 liter vízmennyiséget használnak. Ezzel szemben a horizontális kút munkálatai 7,6 milliótól 35 millió literig terjedő vízmennyiséget igényelnek. Ezért a víznyomásos kőzetrepesztés a leggyakrabban kritizált környezeti hatás. A víz beszerzése általában folyókból történik, de fűrt kutat is használnak. A vízgűjtő medence tartalmának a nagymennyiségű használata negatív hatással lehet az ökosziszterre és a folyásirányú területekre is. A legfrissebb eredmények (Laurenzi, I. J. & Jersey, G. R., 2013) azt mutatják, hogy egy átlagos Marcellus agyagpala kút életciklusa alatt 846 L/MWh édesvizet (80% c. i.) használ. A víznyomásos repesztés működése az édesvíz teljes felhasználásának a 6,3%-át képezi az életciklus folyamán.

Agyagpala gáz vagy földgáz főképpen metánból (CH_4) áll, de tartalmaz változó mennyiségű alkánt ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$), mint etán, propán, bután, valamint még kisebb mennyiségű gázokat, mint CO_2 , N_2 és H_2S . Habár a földgáz több száz méterrel a talajvíz alatt

fordul elő, beleszivároghat az ivóvízbe is. Egyetlen kőzetrepesztési hely csekély légszennyeződést okoz. Viszont ezek a padok közel állnak egymáshoz és összességükben több száztól több ezer négyzetkilométeres területet borítanak.

Az agyagpala gáz termelés folyamán kiáramlott üvegházgáz mennyisége nagyon vitatott. Howart et al (2011) az állítják, hogy a metánkibocsátás agyagpala gázból 30–100 százalékkal magasabb, mint konvencionális gázból. Szerintük az agyagpala szén-lábnyoma (kibocsátás/ fűtőanyag alacsony fűtőértéke) 20–100 százalékkal magasabb mint a kőszéné egy 20 évi idő horizonton. Ellenkezőleg, Laurenzi és Jersey (2012) tanulmányai alapján egy átlag Marcellus gáz életszakasza 466 kg $\text{CO}_2\text{eq}/\text{MWh}$ üvegházgáz-kibocsátást eredményez. Hidraulikus repesztési munkálatok csupán az üvegházgáz-kibocsátás életciklusának az 1,2 %-át teszi ki. Néhány tanulmány szerint a kőzetrepesztéses agyagpala gáz CH_4 -emissziója kevesebb, mint a kőszéné, de több, mint a hagyomá-

nyos gáz esetén. Az agyagpala kitermelése folyamán kibocsátott metángáz-kiáramlás 41–49%-kal alacsonyabb, mint a kőszénből termelt elektromos energia emissziója. Viszont az agyagpala gáz termelés áramlása 2–3%-kal magasabb, mint a konvencionális csőgáz CH_4 -fejlesztés (Foster és Perks,

tása ismeretterjesztő filmek formájában is megjelent az Egyesült Államokban. A legismertebb Fox Josh „Gasland” (Gázföld) című filmje, melyben a dramatikus jelenet a házi vízcspából folyó víz lángra lobbantása. A vízben feloldott gáz metán és állítólag a hidraulikus kőzetrepesztés szennyeződé-



2. ábra. Keresztvágású jointok az Oatka patakban.

2012). Összehasonlítva az egyesült államokbeli kőszént a Marcellus gázzal, ez utóbbi szén-lábnyma 53%-a (80% c. i.) a kőszénének. Meg kell jegyezni, hogy az életciklus üvegházgáz- kibocsátása nagyban függ a kút életidejétől. Laurenzi és Jersey (2013) szerint a Marcellus édesvíz-felhasználása a kőszénének az 50%-a. E szerint, a kőszéntüzelésű energia kiváltása a gáztüzeléssel, lényeges üvegházgáz-csökkenéssel és édesvíz-megtakarítással járna. Másrészt, a metán élethossza a légkörben tudvalevőleg sokkal rövidebb, mint a szén-dioxidé: – 15 év félidő (half-life), szemben 150 évvel –, de a metán sokkal eredményesebben blokkolja a kíméno hőszugárzást. Egy másik gázcsoporthoz, ami légszennyeződést okozhat, a nagy gőznyomású illékony szerves vegyület (VOC), pl. a benzin és az izopropil alkohol. Ezeket a vegyületeket használják adalékokként a kőzetrepesztés-folyadékhoz is. A VOC-k ezekből a folyadékokból és légsűrítő gépekből erednek. Ózon (szmog) képződik, amikor VOC-kat napfény hatására éri.

A hidraulikus kőzetrepesztés bírálói gyakran tulajdonítanak szeizmikus jelenségeket a nagymennyiségű víz nyomásának, amit a kútba préselnek. Geológusok viszont tudják, hogy földrengés csak akkor történhet, ha a munkálatok közelében létezik egy vetődés, ami feszült állapotban van. Ezen kívül, az injekciós kút kapcsolatban kell, hogy legyen a vetődéssel és folyamatos víznyomás szükséglettel ahhoz, hogy a vetődés elmozduljon.

Zaj- és látásszennyeződés ugyanúgy létezik a víznyomásos repesztés műveleteinél, mint bármely ipari munkálatnál. Lehetséges krónikus egészségi problémák felkuta-

si következménye. Több kutató elítéli a filmet és ennek van tudományos eredménye is. Ugyanis kétfajta földgázt lehet megkülönböztetni: biogén és termogén. A biogén gázt mikrobák termelik közel a föld felszínéhez és gyakran mocsaras helyeken. A gáz zömmel metán. A termogén gáz hő és nyomás eredménye és könnyű és nehéz szénhidrogének keveréke (metán, etán), ami többnyire agyagpala üledékben alakul ki mélyen a felszín alatt. A következmény az, hogy a biogén metán fiatal, míg a termogén metán öregebb. Gázkromatográf műszerrel meg lehet különböztetni a termogén csőszívárgást a biogén gáztól. Fox tartott egy tanúságtételt is az amerikai Kongresszus Albizottsága előtt a „Hidraulikus Hasadás Felelőssége és a Vegyi Tudatosság Törvénye” megvitatását illetően. Viszont, a víznyomásos hasadást felmentették a „Biztonságos Ivóvíz Törvénye” alól.

A Marcellus agyagpala, az Egyesült Államok új gáztermelési példája

A Marcellus geológiai képződmény egy New York állambeli kisvárosról kapta nevét 1839-ben., ahol a formáció a felszínre bukkan. A kisvárost viszont a híres római hadvezérről, Marcus Claudius Marcellusról (Kr. e. 268–208) nevezte el egy a klasszikus történelemben jártas tanácsstag. A képződmény megtalálható a felszín alatt Pennsylvania, New York, Ohio és Nyugat-Virginia államokban, valamint kis mértékben Virginia, Maryland és Tennessee területe alatt. A Marcellus aljának a mélysége 910 és 2750 méter között fekszik. Az agyagpala képződé-

mény vastagsága 15 és 75 méter között változik. Közép-Pennsylvaniában, a legvastagabb, de vékonyodik északra, nyugatra, délre és eltűnik Kelet-Ohio, Nyugat-Virginia nyugati részén és Délnyugat-Virginiában. A formáció 250 000 km^2 területet foglal el, ezért is nevezik szuperóriásnak. Részben a Marcellus alatt fekszik egy másik, területileg szintén óriási agyagpala gáztermelő kőzet, az Utica formáció. Ez azt jelenti, hogy mindkét réteg gázát és olaját el lehet érni ugyanazon kútpadról. A Marcellus formáció fekete agyagpala, helyenként mészkőrétegekkel és pirit-, valamint szideritkoncentrációval. A rétegződés közepesen fejlett és mint a legtöbb agyagpala, könnyen válik a rétegződési sík mentén.

A Marcellus formáció a devon időszakban, 390 millió évvel ezelőtt ülepedett le az Appalache-medencében az Akádia-hegység eróziója következtében (1. ábra, módosítva Blakey, R. 2008 után). A sötét színből és az agyag-szilt szemcsékből arra lehet következtetni, hogy a leülepedés egy tengerparttól távoli mély medencében történt ahol a plankton organizmusok a víz alacsony oxigén tartalma miatt elkerülték a felbomlást. Ebben az organikus anyagban gazdag környezetben a szerves anyagok földgázzá váltak, míg a szedimentumból agyagpala lett a későbbi lerakódások súlya következtében. A Marcellus gáz termogenetikai, mivel a szerves anyagok átváltozását a magas hőmérséklet és nyomás okozta. Ez a „sütés” (cooking) az eredeti szénmolekulákat metánná alakította át. Az összenyomódott üledékes kőzetet „szoros” agyagpalának (tight shale) is hívják. Az apró szemcsék és a nyomás alacsony átlagporozitást (2–18%) és vízáteresztő képességet ($0,2 \times 10^{-8}$ – $5,5 \times 10^{-8}$ milliDarcy) eredményeztek a Marcellusban. Néhány milliméter nagyságú piritásvány-lencsék találhatóak az agyagpalában, ami kis mértékben – de nem elégségesen – megemeli a porozitást és permeabilitást.

A Marcellus képződmény másik fizikai jellegzetességei a természetes kőzetrepedések. Közel 400 millió év múlt el, mióta az Akádia-hegység hordalékai iszapként és szerves anyagokként leülepedtek az Appalache-medencében. Ez idő alatt kontinensek tolódtak az alanti lemezekre, hegységek formálódtak és más tektonikai mozgások (földrengések, vulkánkitörések) befolyásolták a Marcellus formációt. Az átalakulás folyamata szerves anyagokból földgázzá, nyomást gyakorolt a kőzetbe bezárt folyadékokra, ami párhuzamos repedéseket okozott a kőzetben, mérhető elmozdulás nélkül. Ezeket a repedéssorozatokat az angol szakirodalomban „joint” névvel illetik. A lemezek összeütközése az Allegheny hegységképződés (ami 350 millió évvel ezelőtt kezdődött) idején továbbá érintette a repedés sorokat, különösen a kontinentális peremeken.

Ezért van az, hogy a Marcellus agyagpalát több joint-formáló erő befolyásolta, mint a legtöbb hasonló kőzeteket. A Marcellus agyagpala jointjai merőlegesek a rétegződési síkra. Két különböző irányú hasadási joint sorozatot lehet megkülönböztetni: J_1 és J_2 (Engelder, T., 2004). A J_1 jointok kelet-északkeleti irányban fekszenek, míg a J_2 repedések észak-északnyugati irányúak. Ez utóbbiak kevésbé fejlődtek és távolabb vannak egymástól, mint a J_1 esetében (2. ábra, Engelder T., 2004). A J_1 joint repedések tágabbak, míg a J_2 repedési sorok részben el vannak dugulva a kicsapódott ásványok (pl. mészkő) miatt. A nyitott repedések elősegítik a nagyobb mennyiségű gáz termelését.

Az utóbbi 400 millió évben különböző közetrétegek borították a Marcellus képződményt, amikből több lepusztult az Allegheny hegyképződés idején. Ennek következtében a Marcellus agyagpala közelebb került a felszínhez, és a csökkenő súly egy harmadik,

maték (stressz) síkjára merőlegesen nőnek. Tehát a repedések alapjában függőlegesek. Viszont amikor a repedések közelebb kerülnek a felszínhez, a vertikális stressz orientációja változik és vele együtt a víznyomásos repedések iránya is, és megközelítheti a horizontális is.

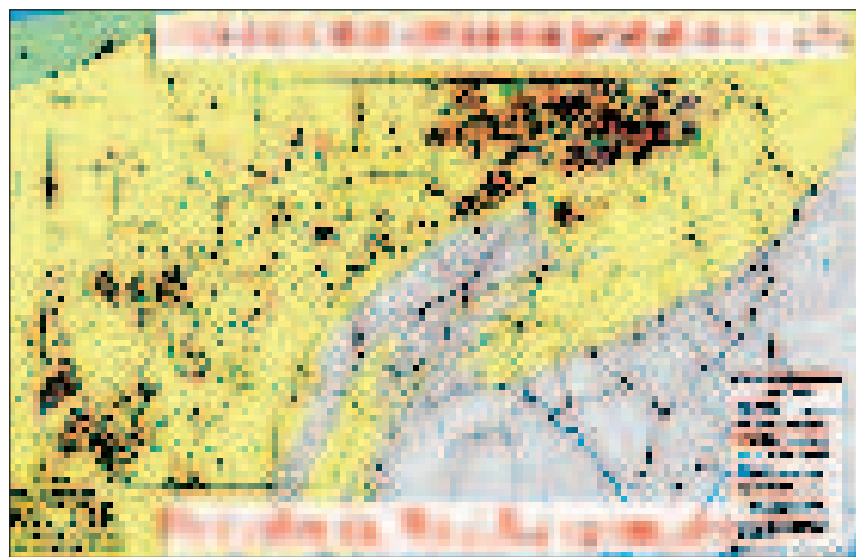
A Marcellus képződmény nem teljesen agyagpala, hanem mészkő- és homokkőrétegek is előfordulnak. Ezeket a fő formációtól különböző rétegeket az angol irodalom a litológia szóval jelöli. A különböző litológiáknak megvan a sajátos fizikai jellemük és mindegyik eltérően reagál a hidraulikus nyomásra, ami a repedéseket okozza. A különböző szárazföldi és tengeri körülmények befolyásolják a szemcse nagyságát, az ásványszemcséket cementelő anyagot, valamint az agyagpalában található szerves anyagok mennyiségét. Mindez hatással van a repedések irányára. Például, a Marcellusban több mészkőréteg található, amiknek a repe-

lió köbméter között változik. Ebből a jelenlegi technológiával kitermelhető rész kb. 10 százalék, ami még mindig rendkívül sok és emelkedik. Az egész Egyesült Államok jelenleg 0,6 trillió köbméter földgázt használ fel évente. Viszont eddig 19 nagy agyagpala-medencét fedeztek fel a geológusok Amerikában, ilyen pl. a Bakken, Észak-Dakota államban.

Konvencionálisnak nevezik azt az olajat, ami rendelkezésre áll, tradicionális és kevésbé költséges technológia alkalmazásával kitermelhető, mint például Szaúd-Arábiában vagy Nyugat-Texasban. A konvencionális elmélet szerint, minden szénhidrogén energiaforrás átmegy egy felfedezési fázison, egy csúcstermelésen, mielőtt a termelési érték kezd hanyatlani. Végül az „öregkorban” eléri a gazdasági határvonalat és a szivattyúkat leállítják. Ez vonatkozik az összes szénhidrogénre, a különbség csak a határvonalak idejében és formájában mutatkozik. Általában a kisebb, a parttól távoli és a mélyvízi termelőterületek gyorsabban hanyatlanak, mint a nagy szárazföldi és sekélyvízi fosszilis energiaforrások. Jelenleg, a világ konvencionális (nem-hidraulikus repesztő) csúcson túli olajtermelése 4,4 és 6,7 százalék között csökken évente. Ez azt jelenti, hogy mielőtt emelni tudjuk a napi kitermelést, az új olajmezők nagy része a középkorú és kiöregedett kutak termelésének a megtartását kell hogy fedezze.

Figyelembe kell venni viszont a nagy, nem-konvencionális agyagpala gáz-olajtermelését is, aminek jelenleg tanúi vagyunk. Meg kell jegyezni, hogy a gyors ütemben megindult nem-konvencionális olajtermelésnek, a fejlett technológia mellett, gazdasági oka is van: az olaj ára emelkedett és a nehezen kitermelhető energiaforrás magasabb költsége is gazdaságossá vált. Ide tartozik a hidraulikus repesztéssel kifejlesztett gáz/olaj, a mi előreláthatólag nagyon fontos szerepet fog játszani a XXI. században. Az olaj/gáz tartalék (meglevő, jelenlegi technológiával kitermelhető és anyagilag megvalósítható) 2011-ben 15 százalékkal emelkedett a horizontális és hidraulikus repesztési technológiának köszönhetően. Pennsylvania államban (119 283 km²) a vízszintes, víznyomásos repesztő kútúrásra adott engedélyek száma a Marcellus agyagpala övezetben öt év alatt meghaladta az 50 ezret és állandóan emelkedik (3. ábra).

A jelenlegi hidraulikus repesztés sikere túlságos optimizmust válthat ki a különböző országok kormányzatából és a szakemberek egy részéből. Pedig tanulhatunk az 1980-as évek ellenkező, túlzott borúlátásából a szénhidrogén energia csúcspontját és a „szakadékok” illetően. Újabb elemzések azt mutatják, hogy az olajtermelés nem ér el egy csúcst vagy egy sima platót, majd hanyatlást (4. ábra).



3. ábra. Vízszintes, víznyomásos repesztő kútúrás-engedélyek (53.857), 2007-2012.

űn. felengedő (release) joint sorozatot – J_2 – okozott (Lash, G. G. és Engelder, T., 2007). Viszont ezek nem találhatóak a Marcellus agyagpala mélységében, csak a felszínhez közel, ugyanis az erózió csak a föld felszínén hatékony.

A J_2 sorozatok tehát természetes repedések. Víznyomásos repedések viszont emberi beavatkozással jönnek létre. Ezeket akkor lehet létrehozni, amikor a folyadék nyomása a kőzetben felülmúlja a külső nyomást a kőzeten. A Marcellus agyagpalára függőleges nyomás nehezedik a rajta levő formációk súlya miatt. Ezen kívül a Marcellus ki van téve horizontális, minden irányból jövő nyomásnak is a lemeztékonikai erők hatása miatt. A Marcellus formációjában a vízszintes nyomások gyengébbek a függőleges nyomásnál. Hidraulikus repedések a minimum fő nyo-

dési határvonala nagyobb, mint az agyagpaláé. Ezért a mészkő korlátozza a függőleges repedések növekedését és azokat átírányíthatja közel vízszintessé a két kőzet közötti síkon (gyengeségi szint). A kőzet modulusa is nagyban befolyásolja a hidraulikus kőzetrepesztést. Ha a modulus nagy, a kőzet merev és a repedések hosszasak és vékonyak. Kevésbé merev kőzetnél a repedések szélesebbek, de függőlegesen rövidebbek. A Marcellus fekete agyagpala, általában kevésbé merev, mint a nem repesztett szürke agyagpala. Mindezt figyelembe kell venni a vízszintes hidraulikus repesztésnél (Engelder and Lash, 2008).

Jelenleg a Marcellus agyagpalában rejtőző földgáz/olaj mennyiségéről nincsenek pontos adatok. Különböző becslések szerint a kőzetben levő gáz térfogata 7,4 és 13,7 tril-

Feltehetően a globális olajtermelés több évtizedig egy hullámozó platót fog mutatni, miután lassan csökken. Azon kívül, a profil nem lesz egy egyszerű logisztikus vagy harang alakú görbe, mint Hubbert jósolta, hanem aszimmetrikus (Hirsch, R., 2007).

Az olajcsúcs idejének meghatározása egy sor változótól és több állandóan módosuló feltételezésektől függ. Mivel az olaj véges, nem-megújuló termék, ami egyre fogy, az értékét a megmaradt mennyiség befolyásolja. A csökkenés tehát fontos tényező. Viszont a kereslet egy másik meghatározó körülmény. A fejlődő országok, mint Kína, India és Brazília, nagyban befolyásolják az olaj árát. A harmadik fontos tényező a technológia fejlődése. Például a hidraulikus repesztés nemcsak új, hanem számos olyan olajmezőt is nyitott fel, amit a múltban kitermeltek vagy túl költségesnek tulajdonítottak. Nagyon nehéz a csúcs

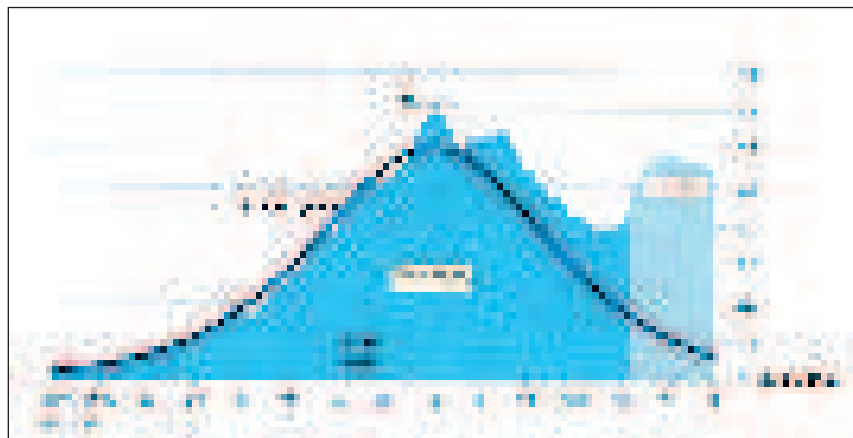
Hubbert, M. K. (1956). Nuclear Energy and The Fossil Fuels, Spring Meeting of the Southern District, American Petroleum Institute, San Antonio, TX.

Duncan, R. C. (2000). The peak of world oil production and the road to the Olduvai Gorge. Geological Society of America, Pardee Keynote Symposia, pgs. 13, Reno, NV.

Engelder, T. (2004). tectonic implications drawn from differences in the surface morphology on two joint sets in the Appalachian Valley and Ridge, Virginia. Geology, v. 32, p. 413-416.

Engelder, T. and Lash G. G. (2008). Systematic joints in devonian black shale: A target for horizontal drilling in the Appalachian Basin. American Association of Petroleum Geologists, Bulletin.

Forster, D. and Perks, J. (2012). Climate impact



4. ábra. Hubbert-olajcsúcs (USA) és az agyagpala gáz/olaj termelés

idejét megmondani a geológiai bonyolultság, a mérés problémái, az ár hullámozásai, a kereslet változásai és a politikai befolyások miatt. Mindennek ellenére a Hirsch-jelentés (2007) szerint a csökkenés hatása globális lesz, szociális, politikai gazdasági és környezeti következményekkel. Ez a jóslás drámai, hasonló Duncan (2000) prognózisához.

Viszont a kőkorszak nem azért múlt el, mert a Homo sapiens kifogyott a kőből, hanem azért, mert a bronzban és a vasban jobb helyettesítést találtak. Lehetséges, hogy a nem-konvencionális víznyomások repesztés ad egy átmeneti időt, amíg kifejlődnek a megújuló energiaforrások? A horizontális fúrás és hidraulikus kőzetrepesztés által nyert gáz/olaj mennyiségét 30–40 évre becsülik. Jelenleg ez csak feltételezés, mert a jóslás nagyon nehéz dolog – különösen ha a jövőről van szó. ☞

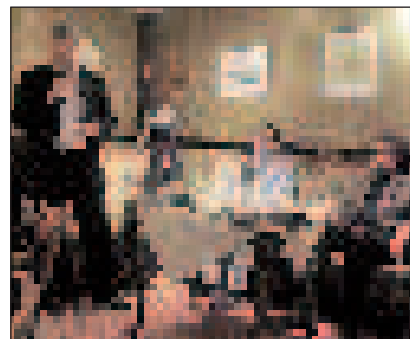
Irodalom

Blakey, R. (2008). Paleogeography and geologic evolution of North America. Global Plate Tectonics and Paleogeography.

of potential shale gas production in the EU. American Economic Association.
 Helms, L., (2010). Horizontal Drilling, DMR Newsletter, vol. 35, No. 1.
 Hirsch, R. L. (2007). Peaking of world oil production: Recent forecasts. U.S. Department of Energy.
 Howart, R. W., Santoro, R., Ingraffea, A. Methane and the greenhouse footprint of natural gas from shale formations. Clim. Change, 106, 679 – 690.
 K. Szűcs, F. (2007). A kőolaj hajnala, aranykora és alkonya. Természet Világa, 138 évf. 1. sz. p.13-16.
 Lash, G. G. (2007). Jointing within outer arc of a forebulge at the onset of the Alleghanian Orogeny. Journal of Structural Geology, v. 29, p. 774-786.
 Maurenzi, I. J. and Jersey, G. R. (2013). Life cycle greenhouse emissions and freshwater consumption of Marcellus shale gas. Environmental Science and Technology. American Chemical Society.
 Marcellus Shale, (2012). Issue Number 6, January, pgs. 6, Ithaca, N.Y.

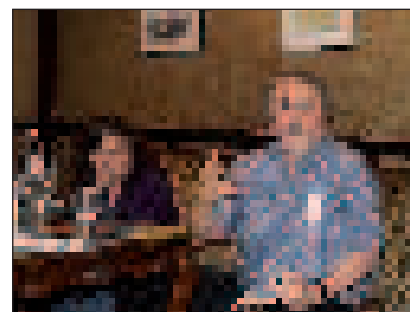
Beszélgetések a tudományról

A Tudományos Újságírók Klubja az idén újraindította tudományos kávéházi esték sorozatát, ahol tudományos újságírók beszélgetnek neves kutatókkal tudományról, kutatásról, ismeretterjesztésről, pályafutásukról, a világ dolgairól...



A tudományos kávéházi esték megnyitóján Dürr János, a Tudományos Újságírók Klubjának elnöke köszöntötte a vendégeket, majd az Univerzum nagy kérdéseiről Kiss László csillagászzal Lukácsi Béla tudományos újságíró beszélgetett

A tudományos újságírók rendezvényének (melynek helyszíne a Hadik kávéház) vendégeiként köszönthettük Kiss László akadémikust, csillagászt, az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet tudományos igazgatóhelyettesét, Rosivall László orvosprofesszort, a Semmelweis Egyetem Kórélettani Intézet igazgatóját és Kordos László paleontológust, a Nyugat-magyarországi Egyetem Földrajz- és Környezettudományi Intézetének munkatársát.



Mi köze a vesének a párválasztáshoz? Erről a kérdéstről beszélget Rosivall László professzorral Gimes Júlia, a Magyar Rádió munkatársa (Trupka Zoltán felvételei)

Biomolekuláris nanotechnológia a mindennapokban

Beszélgetés Vonderviszt Ferenc biofizikussal

– A Pannon Egyetem Műszaki Informatikai Kar Bio-Nanorendszerek Kutatólaboratóriumának vezetőjeként nemrégiben vehette át a Millenniumi Díjat. Az elismerés odaitélésének indoklása a következőképpen szól: „A Bio-Nanorendszerek Kutatólaboratórium tevékenységében alapvető szerepet játszik a fehérjékből felépülő önszerveződő szupramolekuláris rendszerek szerveződési és működési elveinek kutatása, a felismert törvényszerűségek bio- és nanotechnológiai alkalmazása. Más műhelyekkel közösen új szenzorelveken alapuló diagnosztikai eljárások kifejlesztésén dolgoznak a környezet és élelmiszerbiztonság, valamint az egészség megőrzése érdekében. A kutatások egyik kiemelt célja olyan mesterséges receptorok előállítására, amelyek egyrészt számos alkalmazásban helyettesíthetik a manapság általánosan használt monoklonális ellenanyagokat – azokat az immunfehérjéket, melyek egyazon immunsejt-telepben termelődnek –, másrészt polimerizációs képességükönél fogva különféle szupramolekuláris szerkezetek építését teszik lehetővé. Jelentős eredményeik születtek a flagellin fehérjékből felépülő molekuláris, önszerveződő gépezetek, a baktériumok mozgásszerveinek kialakulására és működésére vonatkozóan. Tulajdonságaik megértése technológiai szempontból is fontos feladat, hiszen segítségünkre lehet saját molekuláris gépezeteink kifejlesztésében. Az alaputatási eredmények gyakorlati alkalmazására eljárást dolgoztak ki felületi kötőrétegek létrehozására a flagelláris filamentumokból. Mesterséges flagellin-alapú nehézfémkötő receptorokat állítottak elő, amelyek bioszenzorok érzékelőelemeiként alkalmasak az ivóvizek nehézfémekkel való szennyezettségének kimutatására. A sikeres kutatás-fejlesztési tevékenység eredményeit a közelmúltban elfogadott két hazai szabadalom is tükrözi.”

A Pannon Egyetem Műszaki Informatikai Karán Ön teremtette meg a fehérjealapú nanotechnológiai kutatások feltételeit és hozta létre a Bio-Nanorendszerek Kutatólaboratóriumot, ha jól tudom, a Ja-



Vonderviszt Ferenc

pánban eltöltött kutatóévek után. Mikor is volt ez pontosan? Magyarországon úttörő kezdeményezés volt akkoriban bio-nanotechnológiával foglalkozni, önálló laboratóriumot létrehozni?

– Japánból hazatérve, 1998-ban először az akkori Veszprémi Egyetem Mérnöki Karán a Molekuláris Biofizikai Kutatólaboratóriumot hoztuk létre, ahol az élő szervezetekben található fehérjékből felépülő önszerveződő nanogépezetek tanulmányozásával foglalkoztunk. Kutatásaink során egyre inkább előtérbe került az élő rendszerekben működő molekuláris gépezetek tanulmányozása során felismert alapelvek és törvényszerűségek nanotechnológiai alkalmazása. Néhány év elteltével, 2003-ban adódott lehetőség az akkor megalakult Műszaki Informatikai Karon Bársony István professzor úrral közösen a Nanotechnológia Tanszék megalapítására, amely az első ilyen tanszék volt Magyarországon.

– Mennyire tekinthető új technológiának a nano- és bio-nanotechnológia? Mi hívta életre őket?

– A nanotechnológia az ezredforduló tájékán indult robbanásszerű fejlődésnek, amikor az Egyesült Államok kormánya felismerte a benne rejlő rendkívül ígéretes technológiai lehetőségeket és kiemelten

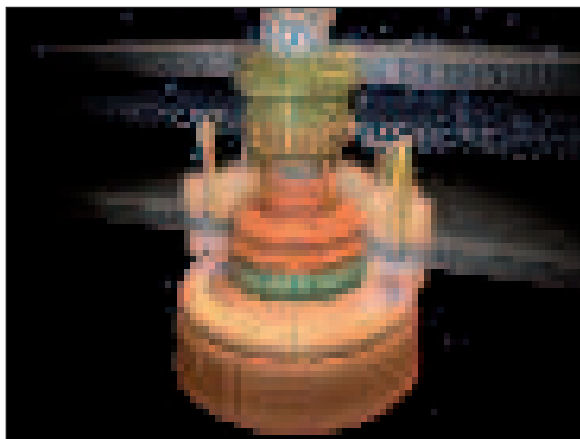
Millenniumi Díj – 2014

A Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatalának elnöke, Bendzsel Miklós április 25-én, a Robert Capa Kortárs Fotográfiai Központban adta át a Millenniumi Díjakat immár tizenharmadszor. Ez alkalommal a Delta Alapítvány, a Magyar Fordítótárs Alapítvány, a Magyar Nemzeti Múzeum Történeti Fényképtára, valamint a Pannon Egyetem Műszaki Informatikai Kar Bio-Nanorendszerek Kutatólaboratóriuma részesült az elismerésben.

támogatni kezdte a kapcsolatos kutatásokat. Mára a nanotechnológia korunk egyik legdinamikusabban fejlődő tudományterületévé vált. Legfőbb újdonsága nem önmagában a parányi méret, hanem az a gyökeresen újfajta megközelítési mód, hogy alulról építkezve, atomokból és molekulákból hozunk létre működőképes rendszereket. Az élő szervezetek pontosan ezt a szerveződési elvet követik, bennük alapvetően fehérjékből és nukleinsavakból álló molekuláris gépezetek működnek. Az élő szervezetek sikere, sokszor lenyűgöző tulajdonságai jól mutatják, hogy milyen lehetőségek rejlenek a nanotechnológiában.

– A laboratórium az Egyetem Nanotechnológiai Tanszékén belül működik, amelynek tanszékező egyetemi tanára, vagy teljesen függetlenül? Mekkora „stábul” folyik a laboratóriumban a kutatás? Vizsgálati területeik sokszínűségét látva – gondolom – munkatársai a legkülönbözőbb tudományterületek művelői közül kerülnek ki...

– Szervezeti átalakítások miatt 2009-ben az önálló Nanotechnológiai Tanszék megszűnt, azóta a Műszaki Informatikai Kar Műszaki Kémiai Kutatóintézetének keretében Bio-Nanorendszerek Kutatólaboratórium néven folytatjuk tevékenységünket. Csoportunkban jelenleg négy kutató és 1–2 hallgató dolgozik. Található közöttük molekuláris biológus, környezet-



A flagelláris motor felépítése. A különböző színek különböző fehérjeegységekből felépülő részegységeket jelölnek

mérnök, vegyész, jómagam pedig biofizikus vagyok. A nanotechnológiára valóban jellemző a különféle tudományterületek intenzív együttműködése és egymást megtermékenyítő hatása.

– *Biofizikusként fehérjealapú kutatásokkal már régóta foglalkozik. A bakteriumok flagellumainak, közismertebben ostorainak, azaz mozgásszervük szerkezetének kutatásában elért eredményeiért már 1992-ben Akadémiai Ifjúsági Díjat kapott. E téma ma is kiemelt fontosságú laboratóriumuk vizsgálataiban. Mi mindent sikerült azóta feltárni e bakteriális flagellumok szerkezetéről, az önszerveződő szupramolekuláris rendszerekről? Milyen fontos működési elveik kutatása, feltárása? Az eredmények gyakorlati alkalmazására is van lehetőség?*

– Az Akadémiai Ifjúsági Díj elnyerését követő években japán együttműködés keretében sikerült meghatározni a flagelláris filamentumok atomi precizitását, megértettük kialakulásuk pontos mechanizmusát. A flagellumok egyik fontos tulajdonsága az önszerveződő képesség, ami azt jelenti, hogy az alkotó fehérjeegységek megfelelő körülmények között spontán módon képesek összeállni működőképessé szerkezetté. Ez nyilván technológiai szempontból is rendkívül fontos tulajdonság. Sikerült megértenünk a flagelláris filamentumokat felépítő flagellin fehérjék önszerveződő képességének molekuláris mechanizmusát, ami lehetővé tette, hogy más hasznos fehérjéket is felruházzunk ezzel a képességgel és ezáltal kiterjesszük nanotechnológiai alkalmazási lehetőségeiket.

A flagellumok talán legizgalmasabb része egy sejtmembránba ágyazott, fehérjékből felépülő parányi motor, ami a filamentumokat forgatja. Ezt a csupán 50 nm átmérőjű nanogépezetet protonok hajtják, és akár 100 ezres percenkénti fordulat-

szám elérésére is képes. Bár messze vagyunk még a flagelláris motor precíz működési mechanizmusának megértésétől és gyakorlati alkalmazásától, mindenképpen fontos látni, hogy fehérjékből akár ilyen molekuláris gépezetek is építhetők, s remélhetőleg egyszer majd a szolgálatunkba állíthatók.

– *Diagnosztikai eljárások kifejlesztésén is dolgoznak a környezet- és élelmiszerbiztonság, valamint az egészség megőrzése érdekében. Többek között mesterséges receptorok előállításán fáradoznak. Melyek e területeken a legígéretesebb eredményeik?*

– Néhány gyógyászati vagy környezetvédelmi szempontból fontos célmolekula esetén sikerült létrehozni az önszerveződésre képes flagellin alapú receptorok prototípusát, amelyek képesek stabil filamentáris nanoszerkezeteket formálni, felületükön sok ezer példányban hordozva az adott célmolekula felismerésére képes kötőhelyeket. Ezeket a nanoszálakat egy szenzor felületére fektetve érzékelő réteget hozhatunk létre, amelyre egy parányi mintát cseppentve, az abban lévő kimutatni kívánt anyagok felületi kötődése megváltoztatja a réteg elektromos, optikai vagy egyéb fizikai tulajdonságait. Az MTA Természettudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézetének NanoBioSzenzorika Lendület Csoportjával együttműködésben olyan újfajta elven működő optikai bioszenzorok kifejlesztésén dolgozunk, amelyek alkalmazhatók lehetnek nagy érzékenységű helyszíni orvosi diagnosztikai vagy környezetvédelmi analitikai vizsgálatok végzésére is.

– *Milyen a nemzetközi viszonzás kutatásainak? Milyenek az együttműködési lehetőségeik hazai és külföldi egyetemekkel, intézményekkel?*

– Kutatásaink iránt élénk érdeklődést tapasztalunk, bár a nemzetközi viszonzást nem gondolom kiemelkedőnek. Új irányokat próbálunk. Ha majd egyre többen csatlakoznak hozzánk és követnek minket, áttörésre akkor számíthatunk. Kutatásaink több akadémiai kutatóintézetrel – MTA Természettudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézetével és Enzimológiai Intézetével, valamint az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetével – szoros együttműködésben végezzük. Nemzetközi szinten japán, osztrák és angol partnereink vannak.

– *A kutatómunka mellett részt vesz az egyetemi hallgatók oktatásában, sőt a doktoranduszképzésben is. A PhD-hallgatók is bekapcsolódhatnak a kutatólaboratórium munkájába?*

– 2007-ban megalapítottuk a Molekuláris- és Nanotechnológiák Doktori Iskolát, amelynek azóta is vezetője vagyok. Doktori iskolánk kiemelt feladatának tekinti, hogy hallgatóival magas színvonalon megismertesse a mikro- és nanoszerkezetek tervezésének, előállításának és jellemzésének legújabb módszereit, továbbá betekintést nyújtson a biológiai makromolekulák nanotechnológiai alkalmazási lehetőségeibe. Fontos cél a kutatói utánpótlás kinevelése. Természetesen laboratóriumunkban is örömmel fogadunk egyetemi hallgatókat és doktoranduszokat, de sajnos közel sem jönnek annyian, mint amennyit mi szeretnénk.

– *Mekkora az Önöknél folyó kutatások műszerezettségi igénye? Terepen is folytatnák kutatásokat vagy csak a laboratóriumokban?*

– Csak laboratóriumi kutatásokat folytatunk. A nanotechnológiai kutatások általában rendkívül drága műszereket igényelnek. Mi elsősorban molekuláris biológiai és biofizikai kísérleteket folytatunk, amelyek eszközigénye mérsékeltebb. Laboratóriumunk rendelkezik a kutatásainkhoz szükséges legfontosabb berendezésekkel, például PCR, ultracentrifuga, mikrokaloriméter, kettős polarizációs interferométer. Ezeket kezdetben japán támogatásból sikerült beszerezni, aztán a későbbiekben egyre inkább hazai pályázati forrásokra is támaszkodhattunk. Ha alkalmanként nagyműszerekre (pl. elektronmikroszkóp) van szükségünk, akkor ezek akadémiai partnereinknél rendelkezésre állnak.

– *Kutatásaik finanszírozásáról eddig nem beszélgettünk...Miből, honnan tudják előteremteni évről évre a vizsgálataikhoz a szükséges pénzüsszeget?*

– Sajnos egyre nagyobb nehézséget okoz a kutatások anyagi fedezetének előteremtése. Bár manapság összességében az EU-támogatások jóvoltából a kutatásfinanszírozásra több pénz áll rendelkezésre, a források elosztásában bekövetkezett változások nem igazán kedveznek nekünk. Az utóbbi években jellemzően nagy összegű pályázatokat írnak ki. Önálló pályázáshoz túl kicsik vagyunk, hagyományos együttműködő akadémiai partnereink pedig a központi régióban vannak, akikkel együtt adminisztratív korlátozások miatt nem pályázhatunk. A következő időszakban új – elsősorban regionális – partnerek bevonásával mindenképpen előre kell lépni a pályázati források sikeres megszerzése területén.

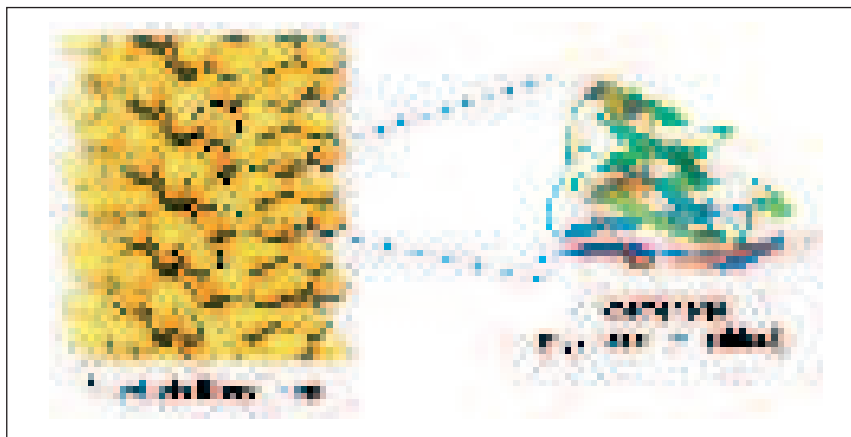
– Szabadalmaztatott eljárásaik is vannak már. Melyek ezek?

– Tudatosan törekszünk az alapkutatások során elért eredmények gyakorlati alkalmazására. Az utóbbi években három eljárást is szabadalmaztattunk, amelyek mindegyike a bakteriális flagellumokkal kapcsolatos kutatásainkra épül.

Egyik szabadalmunk egy olyan eljárást ír le, amely lehetővé teszi a flagelláris filamentumokat felépítő flagellin fehérjéből különféle célmolekulák (pl. betegségekre jellemző anyagok vagy környezetvédelmi szempontból fontos vegyületek) hatékony felismerésére és megkötésére képes mesterséges receptorok előállítását. A flagellin alapú receptorok különösen előnyös tulajdonsága, hogy polimerizációs képességüknél fogva belőlük kívánt méretű szálcs nanoszerkezetek (nanorudak) hozhatók létre, amelyek felületén több ezer példányban megjelenik a célmolekulát egyértelműen felismerni képes kötőhely, rendkívül nagy kötőhelysűrűséget és az adott célmolekula hatékony megkötését eredményezve. Ezek a

túl. Szabadalmaztattunk egy olyan eljárást, ami a flagelláris exportrendszer révén képes a baktériumokban nagy mennyiségben termeltetett idegen fehérjék kijuttatására a sejtekből, s így azok a sejt-kultúra folyadékából működőképes formában könnyen izolálhatók.

Végezetül egy jelenleg elbírálás alatt álló szabadalmi beadványunk pedig arra kínál megoldást, hogy miként használható fel a flagelláris filamentumok önszerveződő képessége a biotechnológiában alkalmazandó multienzim rendszerek előállítására. Az enzimek olyan fehérjék, amelyek különféle kémiai folyamatokat irányítanak és gyorsítanak fel, nem ritkán akár sokmilliárdszorosára. Kidolgoztunk egy eljárást, amelynek segítségével be tudunk építeni enzimeket a flagellin fehérje belsejébe oly módon, hogy mind az enzimek katalitikus aktivitása, mind a flagellin polimerizációs képessége megmaradjon. A flagellinalapú enzimekből filamentáris enzim-nanoszerkezetek építhetők, amelyek akár többlépéses reakcióhálózatok katalizálására is alkalmasak le-



A flagelláris filamentum kis darabjának térszerkezete. A filamentum több ezer flagellin alegységből épül fel. Az alegységek külső (bekeretezett) részét cseréltük ki olyan kötőfehérjékre, amelyek képesek különféle célmolekulák hatékony felismerésére és megkötésére

filamentáris receptorstruktúrák a környezeti monitorozásban, az élelmiszerbiztonsági vizsgálatokban, valamint az orvosi diagnosztikában széles körben használható biológiai szenzorok és diagnosztikai chipek ideális alapeleméül szolgálhatnak.

Manapság számos gyógyászati vagy biotechnológiai szempontból fontos fehérjét baktériumok segítségével állítanak elő. Sokszor okoz azonban problémát a termeltetett fehérjék elválasztása a baktériumok több ezer féle saját fehérjéjétől. A bakteriális flagellumok a sejten kívül helyezkednek el, komponenseiket a flagelláris exportrendszer juttatja ki a filamentumok belső csatornáján keresztül,

ezáltal alkalmazási lehetőségeket kínálnak a biotechnológiákban.

– *Egy elismerés, mint most a Millenniumi Díj, alkalom az ünneplésre, az összegzésre, de egyben kihívás is, ami további tervezésre inspirál...*

– Jóleső érzés, hogy munkánkat figyelemreméltónak találták. Ezúton is köszönöm a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala kitüntető elismerését. Csendben ünneplünk, nagyratörő terveink nincsenek. Egyszerűen csak szeretnénk nyugodtan dolgozni, s a megkezdett úton haladni tovább.

Az interjút készítette:
KAPITÁNY KATALIN

E számunk szerzői

DR. BABINSZKI EDIT geológus, tudományos főmunkatárs, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet Földtani Kutatási Főosztály, Budapest; BEKE DAVID PhD, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont Szilárdtestfizikai és Optikai Intézete Budapest; DR. BOTH ELŐD csillagász, a Magyar Űrkutatási Iroda igazgatója, Budapest; FARKAS ANNA PhD, Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola, Debrecen; DR. GÓCZA ELEN tudományos főmunkatárs, Mezőgazdasági Biológiai Kutatóintézet, Állatbiotechnológiai Intézet, Alkalmazott Embriológia és Össejt Kutató Csoport, Gödöllő; DR. HOLLÓSY FERENC klinikai kutatási munkatárs, Contract Research Organisation, Budapest; DR. HORVÁTH TÜNDE régész, PhD, MTA Bölcsészettudományi Kutatóközpont Régészeti Intézete, Budapest; KAPITÁNY KATALIN szerkesztő, Természet Világa, Budapest; DR. KÉRI ANDRÁS főiskolai docens, Budapesti Gazdasági Főiskola, Budapest; DR. K. SZÚCS FERENC geológus, a Slippery Rock University of Pennsylvania ny. professzora, Egyesült Államok; DR. LENTE GÁBOR egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Kémiai Intézet, Debrecen; DR. MATOS LAJOS szívgyógyász, Szent János Kórház, Budapest; DR. NÉMETH KÁROLY geológus, Massey Egyetem, Palmerston North, Új-Zéland; NÉMETH KINGA biológus, Mezőgazdasági Biológiai Kutatóintézet, Állatbiotechnológiai Intézet, Alkalmazott Embriológia és Össejt Kutató Csoport, Gödöllő; DR. RADNAI GYULA fizikus, egyetemi docens, ELTE Fizikai Intézet, Budapest; DR. SZERÉNYI GÁBOR ny. középiskolai tanár, Érd; DR. WESZTERGOM VIKTORNÉ, dékáni hivatalt vezető, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.

Októberi számunkból

Chris Hadfield: Egy űrhajós tanácsai földlakóknak

Tömpe Péter: Tudománytörténeti könyvritkaság

Halmos László: Magyarország tengerei, a szikes tavak

Telbisz Tamás: Víz, jég, ember a karszton, Montenegróban

Schiller Róbert: Egy mondat Platón és Planck között. 450 éve született Galilei *Venetianer Pál:* Mutasd meg a DNS-ed, megmondom az életkorod!

Rezsabek Nándor: A magyar csillagászat doyenje: Guman István

MÉGSEM LÉTEZŐ EXOBOLYGÓ

Az utóbbi évtizedben gombamód szaporodtak a Naprendszeren kívüli bolygók, az exobolygók. A felkapott területen dolgozó csillagászok egymással versengve adtak számot az újabb és újabb felfedezéseikről. Egyesek talán kissé túl is lóttek a célon. Különösen érdekesnek találják a több bolygót tartalmazó rendszereket. Ezért került az exobolygóra vadászó csillagászok célkeresztjébe a Gliese 581 jelű vörös törpecsillag. A csillag mindössze 20 fényévre van tőlünk, mérete 30%-a, hőmérséklete 60%-a a Napénak. Első bolygóját (Gliese 581 b) 2005-ben fedezte fel egy svájci vezetőségű csoport az Európai Déli Observatóriumok (ESO) HARPS spektrográfiájával. 2007-ben megtalálták a *c* és *d*, 2009-ben pedig az *e* jelű bolygót. Érdekes, hogy mind a négy bolygó közelebb kering csillagához, mint a Merkúr a Naphoz. Egy másik csillagászcsoporthoz az ESA műszereivel végzett méréseket kiegészítette a Hawaii-szigeteken található Keck-távcső adataival, ennek alapján az *f* és *g* jelű bolygó felfedezését is bejelentették. Azt is megállapították, hogy a *g* jelű bolygó átmérője 1,2-1,4-szerese, tömege pedig csak 3,1-szerese a Földének, ráadásul a csillag ún. lakható zónájában kering. Ám az *f* jelű bolygó létezését soha nem erősítették meg, néhány hónappal később pedig az is kiderült, hogy a „Földhöz leghasonlóbbnak” kikiáltott Gliese 581g sem létezik. Maradt tehát az eredeti négy bolygó, eddig legalábbis.

Roman Balujev (Pulkovói Observatórium, Oroszország) a *d* jelű bolygó létezését is kétségbe vonta. Arra gyanakodott, hogy a csillag légkörében megjelenő sötét foltok megtéveszthetik az észlelőket, a csillag korongja előtt átvonuló bolygó látványát keltve. Gyanúját azonban nem sikerült bizonyítania. A Gliese 581d továbbra is az érdeklődés középpontjában maradt, mert a mérések szerint elnyúlt pályája nagyobb része a lakható zónába esett. Legújabbban azonban Paul Robertson (Penn State Egyetem) és munkatársai a csillag tevékenységét a hidrogén-alfa emissziója alapján vizsgálták. A H-alfa emisszió forrásai azok a hidrogénatomok, amelyeket a csillag mágneses terében mozgó elemi részecskék találhatnak el. Minél erősebb a csillag mágneses tere, annál erősebb a H-alfa emisszió, ugyanakkor annál erősebb az egyéb csillagaktivitás is. Utóbbi miatt a csillag felszínének különböző területein kifényesedések léphetnek fel, amelyek miatt a csillag tényleges helyétől eltolódva látszik. A látszólagos eltolódás hasonló lehet ahhoz a valódihoz, amit a csillag körül keringő bolygó okoz. Megállapították, hogy a bolygó jelenlétére utaló jel erőssé-

ge korrelációt mutat a csillag aktivitásával, továbbá a *d* jelű bolygó vélt keringési periódusa (66 nap) éppen fele a csillag tengelyforgásából adódó aktivitásingadozás periódusának. Mindez arra utal, hogy a *d* bolygó létezésére utaló jel forrása maga a csillag, vagyis a *d* bolygó nem (sem) létezik. A példa bizonyítja, hogy a csillagok nem ismert vagy nem kellőképpen figyelembe vett aktivitása könnyen megzavarhatja az exobolygók felfedezését célzó, nagyon érzékeny, kifinomult méréseket. (*www.skyandtelescope.com*, 2014. július 3.)

A REKORDER POLIPANYA



Úgy gondolja, hogy egy újszülött elveszi az idejét? Nos, akkor mit szólnon az a polipmama, amely négy és fél éven át rakta le a petéit, és ezzel e téren világrekorder az állatvilágban. A peterakó állatok gondozzák és óvják a petéiket a potenciális ellenségekkel szemben, ezzel kívánván biztosítani, hogy sikeresen kikeljenek. A nőstény polipok emellett rendszeresen fűjnek vizet a petéikre, hogy minél több oxigénhez juttassák őket.

Bruce Robinson és munkatársai (Kalifornia, Monterey Bay Aquarium Kutatóintézet) 2007-ben mélytengeri állatok kutatása közben lettek figyelmesek egy nőstény polipra egy tenger alatti kanyonban, a Monterey-öböl közepén. A *Graneledone boreopacifica* fajhoz tartozó egyed mintegy 1400 méteres mélységben egy sziklás párkányon védte kerekén 160 petéjét, melyek mindegyike akkoraforma volt, mint egy kis olajbogyó. A következő négy és fél évfolyamán a kutatók tizennyolc alkalommal tértek vissza ugyanerre a helyre és minden alkalommal ott látták ugyanazt a nőstény polipot (külső jegei alapján jól be lehetett azonosítani), ugyanazon a helyen. Végül, amikor 2011-ben ismét arrafelé kutattak, már csak a kikelt peték tokjait találták ott. Ezzel a polip rekordot döntött; az eddigi csúcstartó egy mélytengeri garnélarák volt, mely húsz hónapon át hordozta a petéit.

A maratoni gondozás nem volt sétagalopp. Miközben az áttetsző peték egyre nagyobbra nőttek, a polipmama egyre többet

veszített a súlyából, bőre elhalványult és lötytyedté vált. A kutatók azt is megfigyelték, hogy a polip csekély figyelmet szentelt a környezetében elhúzó zsákmányra. Robinson szerint nem elképzelhetetlen ugyan, hogy a petéi őrzése közben táplálkozott, de ez nem jellemző a polipokra. Még sosem figyeltek meg olyan polipmamákat, amely magára hagyta volna a petéit. A nagyjából 3 fokos tengervíz segítette a túlélésben azzal, hogy lelassította az életfolyamatait. Végül azonban az anya mégiscsak feláldozta az életét az utódaiért. A peterakás a nőstény polipoknál az életük végső fázisa, amikor szervezetük minden energiáját utódaik fennmaradására összpontosítják.

Olyan szélsőséges körülmények között, mint a mélyóceán, a peterakó állatok kétféle stratégiát követhetnek. Vagy milliónyi petét raknak és magukra hagyják őket, vagy pedig keveset, de azokat gondosan őrzik. Ez az evolúciós stratégia jól bevált a *G. boreopacifica* esetében. A faj az egyik legnagyobb számban előforduló és legtovább élő polip a mélyóceánban.

(*New Scientist*, 2014. július 31.)

A SZUPERPINGVIN

Felejtjük el a császárpingvint és köszöntsük a szuperpingvint. Egy újonnan talált fosszília nyomán kiderült, hogy az Antarktisz egykor otthont adott a valaha volt legnagyobb pingvinfajnak. Két méter magas volt, súlya pedig elérte a 115 kilogrammot. A *Palaeudyptes klekowskii* 37-40 millió évvel ezelőtt élt. Ez lehetett a pingvinek aranykora; 10-14 fajuk élt együtt az antarktisi partokon, mondja Carolina Acosta Hospitaleche, az argentinai La Plata Múzeum munkatársa, aki nemrégiben az Antarktisz-félsziget közelében levő Seymour-szigeten végzett ásatásokat. 40 millió évvel ezelőtt ez a régió melegebb volt a mainál, körülbelül olyan lehetett az éghajlata, mint ma a Tűzföldnek, Dél-amerikai legdélibb csücskében. A feltárás helyén ezrével kerültek elő pingvincsontok. Az év elején a kutatóknak az eddigi legteljesebb csontozatát tárta fel a *P. klekowskii*-nak, habár csak körülbelül tucatnyi csontja került elő, főleg szárny- és lábcsontok. Később azonban előkerült két nagyobb csont is, az egyik a szárny része, a másik pedig a boka- és lábfejcsontrésze volt. A csontok viszonylagos nagyságából következtettek az egykori madár méreteire, miszerint szinte pontosan 2 méteres volt. Ez közel a kétszerese a jelenlegi legnagyobb pingvinfaj, a császárpingvin magasságának, ami átlagosan 1,1 méter, az utóbbi súlya pedig csak

45 kg. Az eddigi legnagyobb méretű ismert fosszilis pingvinfaj nagyjából másfél méter magas lehetett. Azt Peru területén találták és kb. 35 millió éve élt.

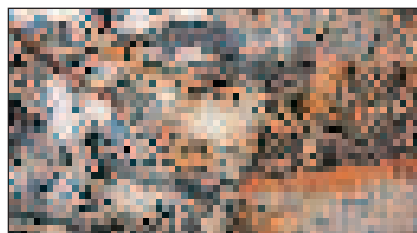
A nagyobb testméret a pingvinek körében olyan előnyökkel járt, hogy tovább és mélyebben tudtak a tengerben tartózkodni, mint a kisebbek, vagyis tovább vadászhattak. A *P. klekowskii* a feltevések szerint akár 40 percet is eltölthetett egy levegővel a víz alatt.

(*New Scientist*, 2014. augusztus 1.)

A LEGMÉLYEBB LYUK

A szovjetek 1970 és 1994 között, a hidegháború korszakában nagy geológiai vállalkozást folytattak: az űrverseny után azon a téren is meg akarták előzni az Egyesült Államokat, hogy ők fúrják a legmélyebbre a földkéregben – amilyen mélyre csak tudnak. Helyszínül a Kola-félszigetet választották ki. Az akkor szerzett ismereteket még manapság is elemzik.

A fúrás megkezdése előtt a geológusoknak elég homályos ismereteik voltak a földkéreg összetételéről, úgyhogy a vállalkozás rengeteg új és érdekes adattal szolgált. Az egyik legmeglepőbb felfedezés az volt, hogy a felszín alatt kb. 3 és 6 km között nincs átmenet a gránit és a bazalt között, inkább csak még több gránitot találtak. Korábban a geofizikusok csak a földrengéshullámok adataira támaszkodhattak, amelyek szerint az említett mélységtartományban diszkontinuitás van, ami átmeneti kőzet típusokban nyilvánulhat meg. A fúrás elemzése ezt az elképzelést megcáfolta (valójában a diszkontinuitást a kőzetek metamorfózisa okozta). Még meglepőbb volt, hogy a kőzetek erősen töredezték voltak és vízzel telítettek. Ekkora mélységben a korábbi adatok alapján nem vártak szabad vizet. A kutatók azt is tapasztalták,



Ilyen ma a fúrás helye

hogy a fúrólyukból kiáramló iszap és sár szinte „forrt” a hidrogéntől. A hidrogén ilyen nagy koncentrációjú jelenléte is meglepte a kutatókat.

A legeslegmeglepőbb felfedezés viszont az volt, hogy a felszín alatt kb. 6 kilométeres mélységben több mint

kétmilliárd éves mikroszkopikus planktonszervezetek fossziliát találtak meg, melyek összesen 24 fajba sorolhatók be. Mielőtt újabb titkok derülhettek volna ki, a fúrást abbahagyták, miután 1989-ben elérték a 12 261 méteres mélységet. Tervezték a további mélyítést is, azonban a hőmérséklet a várt 100 Celsius-fok körüli érték helyett elérte a 180 fokot. Úgy számoltak, hogy a tervezett végső mélységben, 15 ezer méter körül már 300 fok lenne a hőmérséklet, ami már meghaladta volna a fúrófej képességeit. (A jelenlegi mélységi rekordot egyébként egy katarai szénhidrogén-kutató fúrás tartja, 12 290 méterrel.)

A kolai projektet 2005-ben állították le végleg. A lyukat egy rozsdálló fémlap zárja le, mintha csak végérvényesen bedugaszolták volna és a felszín alatti világ titkaira végső pecsét került volna.

(*www.mnn.com*, 2014. május 31.)

NÖVÉNYVÉDŐ SZEREK KESERÍTIK A FÖLDIGILISZTÁK ÉLETÉT

Egy új tanulmány szerint a haszonnövényekre permetezett növényvédő szerek elősegítik a növekedést, az alattuk lévő talajban élő földigilisztákra viszont pusztítólag hatnak. A férgek a normál súlyuknak csak a felét érik el és a szaporodásuk sem üti meg a nem permetezett talajban élő társaik szintjét.

Egy dán-francia kutatócsoport megállapította, miután olyan földigilisztákat tanulmányoztak, melyeket több generáción keresztül növényvédő szer hatásának tettek ki, hogy ezek a szerek közvetlenül hatnak a viselkedésre és az élettani tulajdonságokra.

Az állatok méregtelenítő módszereket fejlesztettek ki, hogy fennmaradjanak a rovarölő szerrel permetezett talajban. A folyamat igen energiaigényes, amiért viszont nagy árat kell fizetniük. A permetezett talajban élő férgek számban és testméretben lemaradnak fajtársaik mögött. Egyik magyarázat szerint energiájuk nagy részét arra fordítják, hogy megszabaduljanak a mérgeanyagoktól, ezért kevésbé sikeresek a szaporodásban.

Claudia Wiegand és kutatócsoportja a kísérletek során az *Aporrectodea caliginosa* faj viselkedését tanulmányozták. A laboratóriumban kétféle talajban élő férget vizsgáltak. Az egyik talajmintát a helyi biogazdaságból, a másikat a közeli, hagyományosan művelt, 20 éve már gombaölő szerekkel kezelt termőföldről hozták. Ez utóbbiban a nemzetközileg is használatos Opus® szer maradványait mérték, melynek szintje megfelel

az átlagnak. Permetezéskor a növény a vegyszernek csak kis hányadát szívja fel. Akár 70 % is veszendőbe mehet, melynek nagy része a talajba kerül.

A laboratóriumban megfigyelhették, hogy a gombaölő szernek kitett férgek hogyan alkalmazkodtak a mérgezett környezethez. Több generáció alatt fejlesztették ki méregtelenítő módszerüket.

A vegyszerek fokozták mind az alkalmazkodott, mind a nem alkalmazkodott férgek anyagcseréjét. A nem alkalmazkodott férgek glikogén energiaraktáiraikat sokkal gyorsabban használták fel. Ezzel szemben, kizárólag az alkalmazkodott férgeknek figyelhették meg, hogy náluk a méregtelenítő mechanizmusra utaló aminosav- és fehérjetartalom emelkedett. Táplálkozási aktivitásuk is fokozódott, feltehetőleg a megnövekedett energiaigény ellensúlyozására.

A nem permetezett talajban gyakran 2-3-szor több földigilisztát élt, mint a permetezettben, talán azért, mert ez utóbbiban az energiájukat a méregtelenítésre fordították a szaporodás helyett. A biotalajban élő férgek átlagos testsúlya 0,6 g, míg a hagyományosan műveltben 0,3 g volt.

(*Science Daily*, 2014. március 25.)

UV-REKORD A FÖLDÖN

Az ózonréteg láthatatlan szűrője nélkül aligha lenne élet a Földön, ugyanis csak a háromatomos oxigénmolekula sztratoszférában való felhalmozódása tartóztatja fel az energiában gazdag UV-sugárzás nagy részét. Ezeknek a sugaraknak a kisebb része azonban átjut a szűrőn, és erősségétől függően akut, vagy tartós egészségkárosodást okozhat. A valamivel hosszabb hullámú UV-A sugárzás elősegíti az agresszív szabad gyökök képződését a bőrben, melyek sejtkárosodást, majd hosszú távon bőrrákot idézhetnek elő. A rövidhullámú UV-B sugárzás ugyan nem hatol mélyen a bőrbe, de gyorsan okoz leégést és DNS-károsodást a bőrsejtekben, mely végül ugyancsak bőrrákhoz vezethet.

Mivel a sugárzás erőssége nem mindenhol és nem mindenkor egyforma, a mindenkori UV-értéket világszerte doziméterrel ellenőrzik. 2003–2004-ben, a bolíviai Andokban, 5900 és 4300 méteres magasságban két ilyen dozimétert telepítettek. A csekély páratartalom, a nagyon tiszta levegő és a trópusok fölött egyébként is vékonyabb ózonréteg miatt az itt mért UV-értékek lényegesen magasabbak, mint Közép-Európában. Az UV-index itt elérheti a 11 feletti értéket, s ezzel olyan határ fölött

van, amikor nem ajánlott védekezés nélkül a szabadban tartózkodni. 2003 decemberében azonban eddig még soha nem tapasztalt rekordot mértek itt a kutatók: néhány napon belül az UV-B sugárzás egészen 43,3 értékig emelkedett és a következő napokban is magas maradt. Ezek az értékek elég magasak ahhoz, hogy embereknél, állatoknál és növényeknél károsodást okozzanak, különösen, ha ismétlődnek.

De mi okozhatta ezt a rekordértéket? Ennek megállapítására elemezték ennek a periódusnak az időjárásadatait, s a napaktivitásra vonatkozó információkat is figyelembe vették. A kutatók szerint egyszerre több faktor játszott közre, amelyek egyrészt gyengítették a védelmező ózonréteget ezen a vidéken, másrészt erős UV-sugárzást okoztak. Így a mérési időt megelőző időszakban a mérési helyszíntől nyugatra és északra a kiterjedt erdőtüzek gázokat és lebegő anyagokat szabadítottak fel, amelyek elősegítik a sztratoszférában az ózon leépítését. Eppen az Andok peremén képesek ugyanis a felszálló légtömegek lebegő anyagokat a magasabb légrétegekbe vinni. Ehhez társult még egy kozmikus összetevő is: rövidebb idővel erős plazmakitörés volt a Napon, amely nagy mennyiségű energiagazdag sugárzást és részecskéket röpített a Föld irányába. Ez a bombázás hozzáadódik az ózonréteghez, és oda vezet, hogy több UV-sugárzás jut a földfelületre.

Az aggodalmat keltő UV-rekord tehát különböző faktorok kombinációjának eredménye, de bármikor újra előfordulhat. A napviharok és erdőtüzek gyakoriak, valamint a klímakutatók szerint a trópusok fölött az ózonréteg a következő években, évtizedekben a globális felmelegedés miatt tovább vékonyodik, tehát az ilyen UV-rekordok még gyakoribbak lehetnek.

(www.wissenschaft.de, 2014. július 9.)

A VÁLOGATÓS FEKETE ÖZVEGY

Újabb kutatások szerint a fekete özvegy pókfaj hím egyedei a jól táplált szűz nőstény fajtársakat részesítik előnyben. Emily MacLeod és Maydianne Andrade, a Torontói Egyetem munkatársai többféle kísérletben azt találták, hogy a hímek sokkal gyakrabban párnának a megfelelő tápláltsági állapotú, korábban még nem párosodott nőstényekkel. A fekete özvegy hímek a nőstények által kibocsátott feromonokból képesek következtetni a tápláltságra és a szüzességre. MacLeod szerint eddig egyetlen más pókfajnál sem bizonyították be, hogy a hím pókok preferenciája

a jól táplált társak iránt feromonok segítségével történik. A pókok nem látható vagy hallható jelek, hanem a szaglás útján érzékelik ezt, gyakran igen nagy távolságról. A hímek talán azért keresik a jólakott nőstényeket, mert egy gömbölyded nőstény valószínűleg több utódot képes létrehozni soványabb társánál. Azok a nőstények, melyek sok ételmezt vesznek magukhoz, jóval több tápanyagot képesek a peteképzésre fordítani. Nemcsak egészségesebbek, hanem termékenyebbek is, mivel több petezsákot hozhatnak létre.

A hímek társválasztásának másik oka egyszerűen a túlélés lehet. Amikor a nőstény sok zsákmányt szerez, akkor kevésbé valószínű, hogy pározottságát is bekebelezi.

A kutatók Észak-Amerika nyugati részén, többek között Kanada egyes részein is honos *Latrodectus hesperus* fajra irányultak. Ez a faj általában nem hajlamos a kannibalizmusra, de a hímek sokkal kisebbek a nőstényeknél, ami azt jelenti, hogy ha egy nőstény éhes, akkor a táplálék utáni vágya jóval nagyobb lesz, mint a párzása. A természetben szokatlan, hogy a hímek válogatósak legyenek, mert nagyobb árat fizetnek érte. La-



Fekete özvegy hímje

boratóriumi körülmények között megengedhetik maguknak, hogy szelektáljanak, a természetben azonban kockázatos sok időt, energiát és erőforrást a párválasztásra pazarolni.

(sciencedaily.com, 2014. április 23.)

ÖSSZEOMLIK A NYUGAT-ANTARKTISZI JÉGMEZŐ?

Egyre jobban vékonyodik a nyugat-antarktisi jégmező, ami a globális tengerszint több méteres emelkedéséhez elegendő vizet zár magába. A kutatók a különféle elméletek alapján már figyel-

meztettek arra, hogy akár összeomlás is bekövetkezhet, de csak kevés határozott előrejelzést adtak.

A Washingtoni Egyetem munkatársai részletes topográfiai térképek és számítógépes modellezés segítségével megállapították, hogy a folyamat már megkezdődött. A gyors mozgású Thwaites-gleccser valószínűleg évszázadokon belül el fog tűnni, emiatt a tenger vízszintje 60 cm-rel emelkedne. A gleccser jégdugóként vagy biztosítószőgként tartja meg a jégmező többi részét, ennek teljes olvadásakor viszont a globális tengerszint akár 3–4 méterrel magasabb is lehet.

Sok elmélet látott már napvilágot a tengeri jégmezők stabilitásával kapcsolatban, és sok kutató úgy véli, hogy a folyamat már el is indult. A jó hír az, hogy bár az összeomlás hirtelen változást jelent, a legrosszabb esetben ez 200, a legrosszabb szerint, pedig akár 1000 év alatt mehet végbe. A rossz hír az, hogy a folyamat valószínűleg elkerülhetetlen.

Korábban, amikor észlelték, hogy vékonyodik a jég, nem tudták megállapítani, hogy később magától, vagy valamilyen visszahatás miatt lelassul-e a gleccserek mozgása. A modellszámítások szerint az időben előrehaladva a visszahatások gyorsítják a folyamatot; nem találtak olyan mechanizmust, mely valóban stabilizálná a jeget. A korábbi, összeomlással fenyegető figyelmeztetések alapja egy leegyszerűsített modell volt, mely szerint a jég egy befelé lejtő medencében foglal helyet. Az antarktisi szárazföldnek azonban bonyolult a domborzata. A kutatók egy új fejlesztésű radarral térképezték fel a jég alatti alapkőzet pontos topográfiáját. Ennek alakzata határozza meg a jégmező hosszú távú stabilitását.

Összevetették ezen adatokat a jégfelszín gyorsaságára vonatkozó saját mőholdas méréseikkel. A számítógépes modellel reprodukálhatták, mennyi jeget veszített a gleccser az utóbbi 18 évben. A modellt különféle, óceán okozta olvadási mennyiségekkel futatták. A gleccser a szárazfölddel jelenleg egy 600 méter mélyen lévő lapos zátonyon találkozik. Amint a jég pereme visszahúzóódik az öböl mélyebb része felé, a gleccserjég meredekebbé és instabilabbá válik, majd a tengerbe omlik. Amint a lapos rész túlmeleg, a jégveszteség felgyorsul.

A szimulációk szerint az olvadás néhány száz évig alig 1 mm tengerszint-emelkedést okoz évente, majd robbanásszerűen beindul a folyamat. A Nem modellezték az összeomlás végső, kaotikus szakaszát, de a megmaradt jégmező várhatóan néhány évtized alatt teljesen eltűnik. (sciencedaily.com, 2014. május 5.)



A Reichstag újjászületése

Bár jőmagam a rendszerváltást és a fal lebontását követően többször is megfordultam Berlinben, a Reichstag épületét csak kívülről és messziről láttam. Hiába: szűkre szabott időm minden figyelmet Berlin két, egymással vetélkedő állatkertjére fordítottam. A napokban azonban kedves ismerősöm pár képet mutatott az 1999-ben újjászületett Reichstag épületéről. Ami nem egyszerűen egy helyreállított történelmi és építőművészeti emlék, turisztikai célpont, nem is csak a német parlament épülete, hanem... Úgy gondolom, a nálunk tapasztalható tájékozatlanság oszlatása érdekében szólnom kell róla.

De ne siessünk a dolgok elébe. Előbb ismerjük meg az épület történetét dióhéjban, és csak azután lépünk be a szemet-szájat kápráztató, átadása óta már nemcsak a közeljövőt, hanem az élenjáró jelent képviselő építészeti-technikai csodák birodalmába. Ahol az ülésteremben a szemünk láttára, anélkül, hogy azt zavarni tudnánk, a német parlament mindennapi tevékenysége zajlik.

A homlokzatán „A Német népek” ajánlást viselő Reichstag neoreneszánsz épülete nem éppen demokratikus társadalmi környezetben született. 1894-ben ugyanis, az épület tervezése idején (*Paul Wallot*), a birodalmi eszme megszállottjaként *II. Vilmos* császár uralkodott. Maga a Német Birodalom a Napóleonnal kezdeményezte egyesítő folyamat végeredményeként mindössze 23 évvel korábban (1871-ben) alakult ki. Sokáig úgy tűnt, a tervezést követő 40. évben (1933) örökre megpecsételődött az épület sorsa: ekkor a nácik provokatív szándékkal felgyújtották, és a belseje teljesen kiégett. Ezt követően csak 1945-ben jutott jelképes szerephez: a Berlint elfoglaló szovjet katonának (egy propagandafilm megrendelésére) a Reichstag homlokzatára tűzték ki a vörös zászlót. Mint tudjuk, maga az egyesült Németország sem tartott száz évig. A romosodó, csak alkalmi politikai rendezvények színteréül szolgáló épület újjászületését – adáz viták következményeként – végül az újraegyesítés hozta meg. Még hozzá minden korábbi állapotát felülmúló módon. Nézzük csak, miben különbözik az idén 15. újjászületés-napját ünneplő Reichstag a régitől!



A Reichstag épülete

Bárki szemléli is a két épület főhomlokzati látványát, azonnal szembeötlik a legfőbb különbség. A régi épület funkciótlan (díszítő szerepű) kupoláját ugyanis egy multifunkciós üvegekupola váltotta fel. Az átalakítást *Norman Foster* nemzetközi pályázatot elnyert elképzelési nyomán és útmutatására hajtották végre. Az acélváz kupola belső héja mentén spirális rámpák haladnak felfelé, bármely pontjukról kitűnő rálátást biztosítva az egyébként sík területen lévő Berlinre. A kupola felé haladó látogatót mást is láthat: gigantikus üvegfalak mögött magát az üléstermet és a benne ülésező parlamentet! Az ülésterem fölé nemcsak a kupola borul, hanem annak közepétől egy felfelé ívelő fordított kúp is: tükrök csillogó-villogó felfelé törekvő szökökútja. E látszólag díszítő szerepű alkotás nappal a külvi-

lág fényét vetíti az ülésterembe, éjszaka viszont (ha éppen éjszaka is üléseznek) kivetíti a megvilágító xenonlámpák fényeit a kupolára. Ugyanez a rendszer egyúttal az ülésterem szellőztetésének is fontos eleme: a meleg levegőt fel és kivezeti a kupola irányába, miközben alul a friss levegő pótlódik. Ez természetesen nem oldja meg a fűtést, de az újjáépült Reichstagban e téren is élenjáró megoldásokat alkalmaznak. Berlin alatt 300 m mélységben olyan vízréteg található, amit hőtároló szerepkörben hasznosítanak. Nyáron a felszín felől melegítik, télen pedig a tárolt hőt az épület fűtéséhez felszabadítják. Mindez tetemes energiamegtakarítást, és főleg a szén-dioxid-kibocsátás csökkentését eredményezi. A nyári hűtéshez egy másik, felszín közeli vízréteg hideg vizét használják.

Szólni kell még a múlt emlékeinek megőrzéséről is. Ezt a célt szolgálja a kupola alján körbefutó tablósor is, ahol az épület történetéről, kiemelten a háborús szerepköréről, illetve az újjáépítésről láthatunk nagyméretű képeket. Természetesen az épület szerves részeként vannak tárgyi emlékek is. A régi falak azonban annyira megrongálódtak, hogy statikai szerepüket legtöbbször már képtelenek biztosítani. Mégis (más megerősítési lehetőségeket kihasználva) jó néhányat meghagytak belőlük: mementóként őrzik a háborús sérülések nyomait.

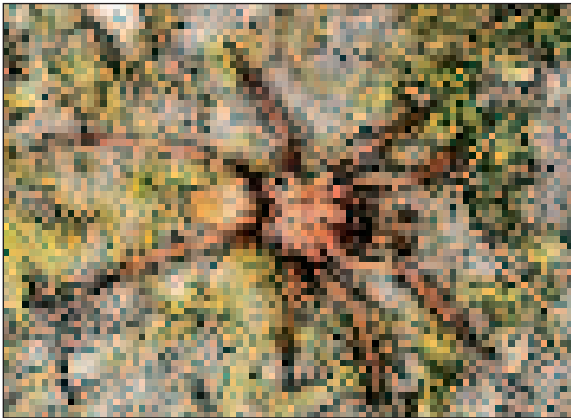
SZILI ISTVÁN

Az angol *Norman Foster* a fény építész, a „zöld építész” élenjáró képviselője. Az ő tervei alapján épült többek között az új Wembley Stadion Londonban, a pekingi repülőtér, az új londoni városháza, az ugyancsak londoni Swiss Re irodaház, a frankfurti Commerzbank székház, sőt még egy híd is a Temze fölött. Tervezőirodája számos európai város rendezési tervének elkészítésében játszott szerepet Béctől Szentpétervárig.

Nyolclábú ragadozók oltalom alatt

SZERÉNYI GÁBOR

Az Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal 1/1982. (III. 15.) rendelet 2. számú mellékletének megjelentetésekor felemás érzések kerítették hatalmába az embert. Egyfelől az öröm érzése, mert a már jóval régebben védett növények és madarak mellett végre törvényes oltalom alá került 154 gerinctelen állatfaj, másrészt egy csepp szomorúság is, mert a kiválasztás bizony elég furcsára sikerült. Nem került a listára a rovarok közül például egyetlen hártvány szárnyú sem, és a pókok népes csoportját sem képviselte egy sem. A korrekcióra majd húsz évet kellett várni. A Környezetvédelmi Minisztérium 13/2001(V.9) rendeletének hatálybalépését követően 15 pókfajunk már védelmet élvezett. Ez a lista 2012-ben egy további fajjal bővült, így ma már a számuk 16. Érdemes



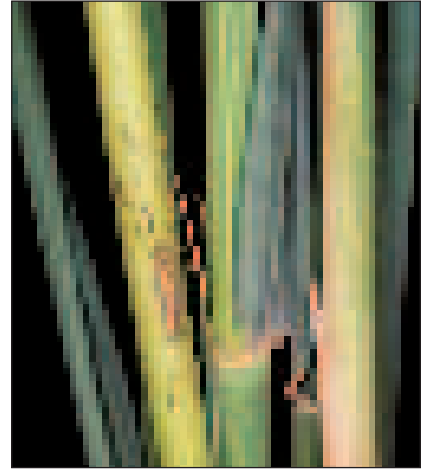
Magyar aknáspók

közelebbről is megismerkednünk velük, mert amellett, hogy faunisztikai és állatföldrajzi szempontból értékes pókokról van szó, nem egynek közülük az életmódja is különleges és figyelemre méltó.

Védett pókjaink között több is ún. *tárnázó* faj. Ezek közös jellemzője, hogy a talajba függőleges tárnákat készítenek, és ebben töltik idejük nagy részét. Nem építenek klasszikus fogóhálót, a pókfonalak azonban így is fontos szerephez jutnak a zsákmányszerzésben. A magyar aknáspók (*Nemesia pannonica*) függőleges aknáját sűrű pókfonállal béleli ki, majd kerek fedőt is készít rá. A fedél fonalaiba beleszemezők, avardarabkák és ezért szinte észrevehetetlen a kutató szem számára. A tárnáját a

pók csak éjszakára nyitja ki, akkor is csak alig résnyire, annyira, hogy kibújhasson rajta. Vadászati stratégiája a kerekhálót szövő fajokéval egyezik meg, mert lesben állva várja a csapóajtó alatt a jó szerencsét. Az arra tévedő apró rovarokat zsákmányolja, villámgyorsan csap le rájuk úgy, hogy közben a negyedik pár lába közül az egyikkel a tárna hálójába kapaszkodik. A magyar aknáspók annyiban magyar, hogy *Herman Ottó* írta le a tudomány számára 1879-ben egy Zimonyban gyűjtött példány alapján. Hazánkon kívül azonban a Balkánon is él. A meleg, száraz, déli fekvésű élőhelyeket kedveli, sziklagyepeken és hegylábi löszterületek lazább talajába készíti tárnáját. Bár első ránézésre nem is gondolnánk, a trópusi madárpókok egyetlen hazánkban is élő rokona.

Hasonlóan föld alatti tárnákban élnek a torzpók is. Hatalmas csáprágók „torzsa” teszik testüket, fejtoruk (előtestük) aránytalanul nagy a potrohukhoz képest. Közös jellemzőjük, hogy akár 50 cm-t is meghaladó függőleges tárnákat készítenek, amelyeket pókfonálból álló fogóharisnyával bélelnak ki. A harisnya szára a tárna falához simul, alsó vége is zárt, ez tekinthető a pók lakókamrájának. Napközben itt tartózkodik, és itt vannak egyedfejlődésük során az ivadékok is. A harisnya feje mintegy arasznyira túlnyúlik a tárnán és a talajon fekszik, a zsákmányszerzésben van szerepe. Ha egy parányi rovar keresztülmászik rajta, a háló fonalainak rezgését a pók érzékeli, előrohan a lakókamrájából és a harisnya falán keresztülmárva ejti el zsákmányát. Három fajuk él nálunk, mindhárom természetvédelmi oltalom alatt. A Közép-Európa középső és déli területin előforduló kővi torzpók (*Atypus muralis*) középhegységein déli fekvésű sziklagyepeinek ritka lakója. Az Európán kívül Észak-Afrikában is honos tölgyes torzpók (*Atypus affinis*) és a hozzá megszólalásig hasonló, európai elterjedésű szurtos torzpók (*Atypus piceus*) gyakoribbak, bár rejtett életmódjuk miatt ritkán kerülnek az ember



Nádi állaspók

szeme elé. Inkább csak tavasszal és késő ősszel, akkor is csak a hímek, mert ők hagyják csak el a lakócsöveiket. Ökológiai valenciájuk tágabb, nem ragaszkodnak a száraz gyepekhez – bár ott is előfordulnak –, hanem melegebb erdőkben, tölgyesekben, sőt gyertyánosokban is élnek. Jellemzően kolóniaképzők, egy négyzetméteren a tárnák száma akár két számjegyű is lehet.

Tárnázó pók az elsősorban száraz, meleg sziklagyepekre jellemző bikapók (*Eresus cinnaberinus*) is – bár magam a Bükk-fennsíkron nedves töbörreten is belefutottam. Neve a hímek potrohának négy fekete pettyel díszített bikavadítóan vörös színére utal, a nőstények egyszínű feketék. Tárnája jóval sekélyebb a már említett fajokéhoz képest – inkább gödörszerű –, bélelő hálójá pedig a talaj felszínén szélesen kiterjed, fogóhálónak alakul át.

Függőleges tárnákat vájnak a talajba hazánk legnagyobb méretű pókjai, a cselőpók is. A szongáriai cselőpók (*Lycosa singoriensis*) elsősorban a szikes puszták lakója, ezen kívül száraz kopáros élőhelyeken is előfordul. Legnagyobb termetű hazai fajunk, teljes testhossza – a csáprágó hegyétől a potroha végéig – a 45 mm-t is elérheti, és akkor még nem vettük figyelembe a hosszú lábait. Egy alkalommal az úton keresztülszaladó hatalmas nőstényt első pillantásra egérnek néztem. Napközben a tárnákban tartózkodnak, a nőstények gyakran közvetlenül a tárna szájadékában ücsörögnek hátukon a pa-



Kövi torzpók

rányi utódokkal. Alkonyat után indulnak vadászni. Testvérfaja a pokoli cselőpók (*Lycosa vultuosa*), melynek mérete alig valamivel kisebb, és színe sötétebb tónusú. Élőhelyei hasonlóak, de gyakrabban fordul elő kevésbé száraz és kötöttebb talajon is. Néha kertekben is megjelenik, nem kis rémületet keltve. A cselőpók a torzpókhoz hasonlóan kolóniaképzők, rendszerint több tárnát találunk egymás mellett.

Kerek hálót szövő keresztesek

A „klasszikus” kerek fogóhálót szö-



A kövi torzpók élőhelye a Villányi-hegységben

vő keresztespókok közül a karéjos keresztespók (*Argiope lobata*), valamint az óriás keresztespók (*Araneus grossus*)

élvez törvényes védelmet. Előbbi az alföldi törpe fehérynáras homokpuszták jellemző lakója. Hálóját alacsonyan a nyárfák ágai közé, vagy a gyeper növényei között feszíti ki. Az óriás keresztespók hatalmas méretével tűnik ki, potroha akár egy ötförintos nagyságát is elérheti, elől a szélein, a fejtor irányába mutató két jókora kicsúcsosodással. Mintája is jellegzetes, a két potrohbütyök között egy szabályos világos gyűrűvel határolt barna folt található. Szintén melegkedvelő, a szubmediterrán

élőhelyek szórványosan előforduló ritkásága. A karéjos keresztespókhoz hasonlóan a hálóját alacsonyan, általában sűrűn álló cserjék ágai közé feszíti. A háló fonalai igen erősek, egy alkalommal egy sebes acsa maradványait találtam az egyikben.

Védett pókok vizes élőhelyeken

Védett pókjaink között a vizes élőhelyeket kedvelő higrofil fajok is akadnak. Közülük – hála *Kertész György* biológus kiváló televíziós mesesorozatának – az eurázsiai elterjedésű búvárpók (*Argyroneta aquatica*) a legismertebb. Földünkön ez az egyetlen valóban vízben élő pókfaj. Jelentéktelen külsejű, mintegy 5–6 mm testhosszúságú barnás színű pók. Vizinövényekkel sűrűn benőtt kisebb-nagyobb állóvizek, tavak, holtágak lakója. A lélegzéséhez szükséges friss levegőt a növények közé pókfonálból szőtt „búvárharangjába” a testén viszi le. Potroha rendkívül dúsan szőrözött. A szőrszálak és negyedik pár lába segítségével képes a levegőt a vízfelszínről apró buborékokat formájában a harangba szállítani.

Szoros kapcsolatban állnak a vízzel a védelem alatt álló vidrapók is. Hazánkban két eurázsiai elterjedésű fajuk él, a vízhez szorosan kötődő parti vidrapók (*Dolomedes plantarius*), és a vizes élőhelyeken élő, de a vízparton, és a növényzetes is gyakran tartózkodó szegélyes vidrapók (*Dolomedes fimbriatus*). Mindkét faj nagyszerűen kihasználja a víz nagy felületi feszültségét és kiválóan fut a víz felszínén, amelyet nagy felületű, dúsan szőrözött lábfejeik tesznek lehetővé. Könnyedén lebuknak azonban a víz alá is, sőt gyakran vadásznak halivadékokra a vízben. A szegélyes vidrapók igen változatos megjelenésű, a színe lehet egészen világos, sárgás vagy zöldes, de lehet sötétbarna, sőt feketés is. Bármilyen színű is azonban, a fejtor és a potroh szegélyén mindig jól megfigyelhető az attól elütő sárgás vagy fehér szőrsáv. A

parti vidrapók ez a szegély hiányzik, vagy legalább is kevésbé fejlett.

Nagyobb tavaink nádasiban vagy a parti növényzónában él három különleges életmódú ritka, védett állaspók-fajunk. Közülük a nádi állaspók (*Tetragnatha striata*) a vízben álló nagy nádasok szegélyeinek lakója. Teste – akár a többi állaspóké – karcsú, lábai pedig különlegesen hosszúak. Pihenéskor és rejtőzködéskor ezeket hosszan előrenyújtja. Testhossza 10–15 mm, zöldessárga színe tökéletes rejtő szín. A nádasok peremén a szabad vízfelület felé néző kerek fogóhálót sző, és főleg árvaszúnyogokat zsákmányol. Nappal azonban hiába keresnénk a jellegzetes, kevés sugárfonálból álló, közepén „gyárilag” lyukas hálót, azokat a pókok csak alkonyatkor készítik el, egy éjjel használják csak, pirkadatkor elfogyasztják (fehérjetakarékosság!), hogy azután következő este újat szőhessenek. A nappalt a nád szárához, leveleihez simulva, vagy a nádlevél hüvelyébe bújva, rejtőzködve töltik. Csáprágóik közelről nézve félelmetes szerszámok, ezeknek azonban a párzásban nagyobb szerep jut, mint a zsákmányszer-



Szongáriai cselőpók (A szerző felvételei)

zésben. A hasonló megjelenésű, kicsúcsosodó potroháról azonban könnyen felismerhető testvérfaj, a rejtett állaspók (*Tetragnatha shoshone*) életmódja hasonló, ökotápusza azonban más, mint amit élőhelyválasztása jelez. Kitér a konkurencia elől, hálóját a ugyanis nádasok (ember számára legalábbis) szinte megközelíthetetlen belsejében készíti. A harmadik védett állaspókfajunk a farkos állaspók (*Tetragnatha reimoseri*). Egyedei a vizek parti régióiban élnek, a vízi növényzet közt, vízszintes állású fogóhálót szőnek.

Már csak a teljesség kedvéért is említsük meg még az újonnan védelem alá került európai álkalóz pókot (*Trebacosa europaea*), amely a hazai pókfauna egy nemrég magtallát új tagja. Rokonsági köre Észak-Amerikában él, nálunk nedves vízparti régióban, nádas talaján találták. ☼

Aranyvenyigék az óriás púpján

A tokaji Nagy-Kopasz

Tokaji-hegy, Nagy-hegy, Kopasz-hegy, Nagy-Kopasz... számos név, amely mind ugyanazt a helyet jelöli: a Tisza és a Bodrog összefolyása fölé magasodó hegyet. Az Eperjes-Tokaji-hegység Alföldre előretolt bástyája 400 méterre emelkedik a környező táj fölé. A tetejéről csodálatos kilátás nyílik a síkságra. E hegynek azonban nem csak neve van sok, legendája is! Szép, szimmetrikus kúpjának köszönheti mesebeli eredetét, az egykori tűzhányó lankáin termő szőlőnek és a belőle készült, évszázadok óta kedvelt bornak pedig aranyban gazdag legendáit...

„Büszke is a Hegyaljára a lábainál lakó zempléni magyar és csinált mithoszt, hogy vele a tokaji hegykúp születése titkát megfejtse. ... E szerint a régi istenek, mikor a mesebeli óriásokkal torzsalkodtak, lekapták egyik gigász hátáról a púpot és oda dobták a nagy magyar síkság szélébe, a hol a Tisza meg a Bodrog ölelkeznek. És mivel olimposzi eredetű hegy az, a miatt terem a púpján olimposzi nektár, amelynek csillogó arany csöppjeibe ambra illatot a szellők szárnya a délibábos Alföld rónáiról hoz.” – írta a hegy eredetéről Hanusz István 1900-ban. Ha azonban a kialakulására ennél tudományosabb magyarázatot szeretnénk, akkor nem kell az óriások koráig visszamennünk az időben. Vagy jóval korábbra kell visszaugranunk? Ezt csak az óriások kronológiájához értők tudhatják... Mi azonban most hagyjuk az idők végté-



Szabó József „Tokaj-Hegyalja földtani s szőlőművelési térképe” (1865) – részlet

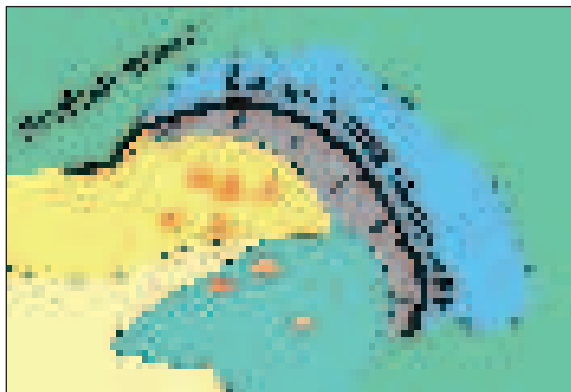
A dátum ismerős. Igen, a dinoszauruszok kihalásának idején járunk. Ha olyan szerencsések lennénk, hogy a világűrből rápillanthatnánk a bolygónkra, akkor már felismernénk a mai kontinensek körvonalait, bár azok még nem a jelenlegi helyzetüket foglalják el. Az egyik legfeltűnőbb és számunkra talán legfontosabb különbség az Afrika és Európa közötti térség: itt még egy kisebb-nagyobb szigetekkel tagolt óceán helyezkedik el. Nézzünk a dolgok mélyére! Tektonikailag az Afrikai és az Európai-közetlemez között, a Pennini-óceán medencéjében több kisebb, a két nagy lemezről korábban leszakadt lemezdarab, úgynevezett mikrokontinens „sodródik”.

A következő évmilliók során Afrika folyamatosan közeledik az Európai-lemez felé, ami miatt a közöttük lévő tér egyre szűkül. Az óceáni közetlemez a kontinentális lemez alá tolódik, a mikrokontinensek pedig próbálnak a maradék helyeken „kényelmesen elhelyezkedni”, forognak, moccanak

az egyre kisebb térben. Végül a Pennini-óceán bezárul és ezt követően a kontinentális közetlemezek feszülnek egymásnak. Összetűközésüket követően kezdődik meg az Alpok hegláncjának kialakulása.

Az Alpoktól keletre valószínűleg még 40 millió évvel ezelőtt is egy óceáni medence helyezkedett el, amely irányába kisebb kontinentális mikrolemezek tudtak „kiszökni” a még mindig egymáshoz közeledő Afrikai- és Európai-lemez szorításából. Eközben az óceáni lemez a kelet felé mozgó kontinentális lemez alá tolódott. Mivel a nagy sűrűségű óceáni közetlemez gyorsabban süllyedt lefelé, mint amilyen sebességgel a kontinentális lemez alá bukott, ezért az óceáni lemez „magára húzta” a kontinentális. Mivel ez utóbbinak a másik, nyugati vége fixen rögzített volt, ezért fokozatosan elvékonyodott. Ezen az elvékonyodó közetlemezen egy medence jött létre: ez a ma is létező Pannon-medence és ez a körülbelül felére vékonyodott kőzetburok (litoszféra) az oka annak is, hogy hazánkban a Föld belseje felé hatolva a hőmérséklet gyorsabban emelkedik, mint általában máshol.

A közetlemez elvékonyodásának fő időszaka körülbelül 10–16 millió éve volt. Ekkorra tehető a Kárpát-Pannon térség vulkanológiailag legaktívabb időszaka is. A kettő természetesen nem független egymástól, hiszen az elvékonyodó litoszféra hatásá-



A Kárpát-Pannon térség ösföldrajzi rekonstrukciója a 15–18 millió évvel ezelőtti időszakra. Sárga – az Afrikai-lemezről leszakadt mikrolemez, zöld – az Európai-lemezről leszakadt mikrolemez, kék – óceáni lemez, piros – vulkánok (Fodor L. és munkatársai, valamint Harangi Sz. nyomán)

lenébe vesző, istenekkel torzsalkodó gigászokat és hogy megértsük a teljes történetet, utazzunk vissza a földtörténeti időben körülbelül 65 millió évet!



Nagyszöllő – kőre rajzolta, metszette: Keleti Gusztáv
(forrás: Szabó J., Török I. (1867): Tokaj-Hegyaljai Album)
– részlet

ra az asztenoszféra anyaga felemelkedett és a kisebb mélységben uralkodó kisebb nyomás miatt elkezdődött a magmaképződés. Ráadásul az elvékonyodást kiváltó húzás hatására könnyebben keletkeztek repedések a szilárd kéregben, amely megnyitotta az utat a magma előtt a felszín felé. Ehhez a folyamathoz köthető az az andezites-dácitos vulkáni működés is, amely körülbelül 16,5 millió éve kezdődött, és amelynek tűzhányói megtalálhatók a Kárpátok íve mentén a Visegrádi-hegységtől a Vihorlátot át egészen a Csomádig.

Ennek a vulkáni ívnek az egyik része a Tokaji-hegység is, melynek legdélibb tagja a Nagy-Kopasz. Itt 10–13 millió évvel ezelőtt is zajlottak még vulkánkitörések. Körülbelül ennek az időszaknak a végére emésztődött fel teljesen az óceáni lemez és ütköztek egymásnak a kontinentális kőzetlemezek, melynek következtében elkezdődött a Kárpátok kiemelkedése.

A Tokaji-hegység többi tagjától morfológiailag különálló tokaji Nagy-Kopasz egy egykori kiterjesztési központ, amelyet már Kubinyi Ferenc felismert, amikor 1845-ben azt írta, hogy a Tokaji-hegy csúcsán beomlott kráterhez hasonló nyílás van. A magányosan álló, szétterült, szabályos dácit lávadóm Szabó József 1865-ös térképén is jól látszik. A tipikus rétegvulkán szakaszos működés eredményeként alakult ki.

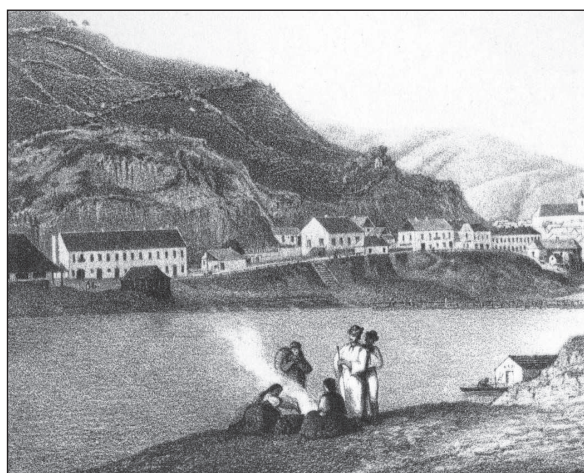
A Nagy-Kopasz dácitjának ugyan kevésbé jó tulajdonságai vannak, mint a Tokaji-hegység legkedveltebb építőanyagának, a riolittufának, de a hegy földrajzi helyzetéből adódóan a legsokeoldalúbb szállítási lehetőségei a Nagy-Kopasz bányáinak voltak. Ennek köszönhető, hogy az 1800-as évek elején elkezdődött bányászat pár évtized múlva, az alig 20 km²-nyi területen már 25 kisebb-nagyobb kőbányában folyt. A dácit legintenzívebb kiemelése a XIX. századi folyószabályozó, gátépítő, vasútépítő munkák idejére tehető.

A bányászat mára visszaszorult, a felhagyott bányaudvarokat azonban nem csak a geológusok látogatják szívesen! A legszebb, leglátványosabb talán a Tarcál fölötti Fűhrer-, későbbi nevén Citrom-bánya

visszamaradt gödre, amely egy tengerszemet rejt. Az egykori fejtéssel egy körülbelül 10 méter magas és 50 méter széles lávanyelvet termeltek le. A hegy keleti lábánál felhagyott Patkó-bányában pedig augusztusban megnyitotta kapuit a Fesztivál-katlan.

A Tokaj név hallatán természetesen még a geológusoknak sem a kőbányászat jut eszébe, hanem Hegyalja folyékony aranya, a bor, melynek különleges íze és zamata többek között a hegy vulkáni kőzeteinek is köszönhető. Folyékony arany, hiszen se szeri, se száma azoknak a legendáknak, melyek a tokaji borokat közvetlen kapcsolatba hozzák az arannyal. Galeotto Marzio, Mátyás király udvari krónikása például ezt írta: „A magyar hegyekben aranyérc, a homokban arany szemcsék, a tokaji szőlőkön aranyvenyigék találhatók.”

A szőlők és az arany kapcsolatára az



Tokaj – kőre rajzolta, metszette: Keleti Gusztáv (forrás: Szabó J., Török I. (1867): Tokaj-Hegyaljai Album) – részlet

egyik legérdekesebb magyarázat Paracelsus, svájci vegyész nevéhez fűződik. A legendás aranyvesszők híre hozzá is eljutott és eljött, hogy megfejtse azok titkát. A szőlőtőkék között aranyat ugyan nem talált, de a borok kóstolgatása közben az alábbi következtetést vont le: „A hegyaljai szőlő azért a legnagyobb mértékű növény, mert ott a vegetáliák a mineráliákkal társulnak, s a napfény, mint aranyfőnyel megy a tőkén és a gyökereken át a kőzetbe...” Bár a kissé talán pityókás vegyész magyarázata tetszetős, a Tokaji-hegységben található arany-erzüst ércesedés természetesen a terület vulkanizmusához kötődik: a magmából gőzök és oldatok áramlottak fel, amelyek-

ből az ércsványok a már megszilárdult kőzetek hasadékaiban kiváltak.

Arról, hogy a borvidékre kik és mikor telepítették az első szőlőket, biztosat még ma sem tudnak a kutatók. Lehetséges, hogy még a kelták ültették az első tőkéket, de vannak, akik úgy vélik, hogy a honfoglaló magyarok honosították meg itt a szőlőművelést, hiszen Hegyalját a szőlőműveléshez leginkább értő törzs harcosai, a kabarok szállták meg. Míg mások szerint a XIII. században Franciaország északi részéből betelepülő vallonok hozták magukkal a szőlőművelés tudományát. De bárki is telepítette be az első tőkéket, az biztos, hogy nem azok voltak az első szőlők ezen a tájon!

A szőlő ugyanis ezen a vidéken őshonos. A körülbelül 30 millió éves szőlőmaradványok közül a *Vitis teutonica* maradványai Mád és Tállya környékén, a mai nemes szőlőfajták közös ősenek tekintett ősszőlő, a *Vitis tokaiensis* levelének lenyomata Erdőbényén került elő. A *Vitis sylvestris* nevű, természetes folyópartokat kedvelő ősszőlő pedig mind a mai napig vadon él a vidéken. Ezek az ősszőlők persze egyáltalán nem hasonlítottak a mai lédús, zamatos, illatos borszőlőkre. Valószínűleg kemény, zöldbogyós, keserűs, savanyú levű vad gyümölcsök lehettek.

Azt tehát nem tudjuk, hogy ki telepítette az első nemes szőlőtőkéket a vidékre, és hogy ki készítette az első tokaji aszút. Hogy az aranyló nedű pontosan minek köszönheti páratlan ízét, illatát, zamátát, az pedig egy másik történet. Ha kíváncsiak rá, keressék fel a pincéket és hűsükben hallgassák meg a borászok történeteit! Egy azonban biztos: Tokaj folyékony aranya nem csupán színéről kapta nevét. Értékét jól jelzi, hogy amikor Károlyi Sándor grófnak választania kellett a tokaji vár ostroma és a fel-

vidéki bányavárosok elfoglalása között, ezt mondta: „Az egyetlen tokaji hegy többet ér minden bányánál.”

BABINSZKI EDIT

Irodalom

- Baráz Cs., Kiss G. (szerk.) 2007: A Zemlényi Tájvédelmi Körzet – Abaúj és Zemlényi határán. Bükk Nemzeti Park Igazgatóság, Eger
- Harangi Sz. 2011: Vulkanok – A Kárpát-Pannon térség tűzhányói. GeoLitera, Szeged
- Haraszt Gy. 2006: Tokaji borok. Kossuth Kiadó Zrt.

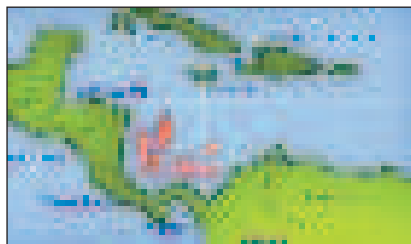
A Karib-tenger paradicsoma, a raizalok hazája

A Kolumbiához tartozó San Andrés, Providencia és Santa Catalina alkotja szigetcsoporttal nem bánt bőkezűen a sors, mert szinte mindenből kimaradt. Még azt sem tudjuk biztosan, hogy „felfedezték-e”, s „történelmét” is csak később kezdte. Kolumbusz második útját emlegetik (1496), de a valószínűbbnek tűnő negyediket (1502) sem látják igazoltnak. Nem tartoznak az Antillák szigetivéhez, az indiánok sem népesítették be, és a karibi szigetvilágról szóló írások is alig említik. A mindössze 44 km² területű megyéhez – a 70 ezer lakosú San Andrés (26 km²), az 5 ezer lakosú Providencia (17 km²) és a 200 lakosú Santa Catalina (1 km²) – tartozik még hét kisebb lakatlan korallsziget, atoll is, amely további 8,5 km²-t jelent; értük a történelmi idők óta Nicaragua és Kolumbia pereskedik.

San Andrés (13 km hosszú és 3,5 km széles) fiatal üledékes kőzetekből felépülő, lapos, vízfolyások nélküli, kókuszligetek borította sziget, amely egy tenger alatti hegy csúcsaként emelkedik ki 85 m-re. *Providencia* kristályos kőzetekből felépülő 550 méter magas, a miocén korban kialudt andezitvulkán (legmagasabb pontja El Pico). Dús erdőségek borítják. Mangrovés partvidékét korallzátony veszi körbe, amely Ausztrália és Belize után a harmadik leghosszabb a világon. Ma a béke szigete, melyről a festői Szerelmesek hídján (Malecón de los Enamorados) átsétálva érhetjük el a parányi, 133 m magas *Santa Catalinát*, az egykori kalózfészket, mely a 150 m széles Aury-csatorna felett épült.

A nicaraguai miszkító indiánok évszázadok óta ismerték a szigetcsoportot, de a közép-amerikai partoktól való távolsága (kb. 200 km) és a hajózást nehezítő tengeráramlatok miatt nem telepedtek le. Hivatalosan 1510-től spanyol birtok, de őket sem érdekelték. A térségben portyázó angolok fedezték fel stratégiai jelentőségét és elhatározták, hogy elfoglalják. 1629-ben puritánok érkeztek a szigetekre, akik az általuk elnevezett Providencián és Santa Catalinán telepedtek le. (San Andrés a Henrietta nevet kapta.) A karibi angol gyarmatokról hozott és az itt menedékre lelő szökött rabszolgákkal fakitermelésbe, dohány- és

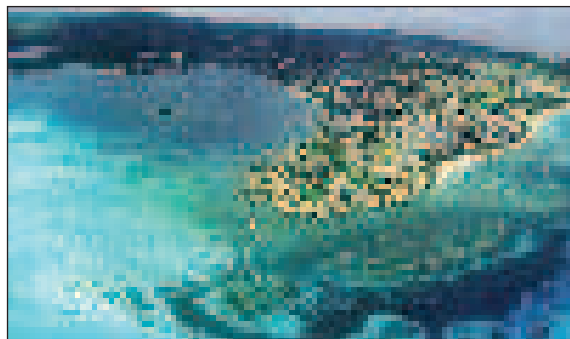
gyapottermesztésbe kezdtek, s ezzel elindult a területért folyó harc a két rivális között. Alig hogy az angolok megvetették lábukat a karibi szigeteken, 1639-ben itt tört ki fennhatóságuk alatt az első rabszolgafelkelés. A földbirtokosok rosszul



bántak a rabszolgákkal, akiket meglepett a lázadásuk, mert Providencián mindössze 90 fekete jutott az 500 fehérre. A felkelést a túlerő leverte, de ez hívta fel az angolok figyelmét arra, hogy birtokaikon tudatosan megtervezzék a fehérek-feketék arányát. 1670–80 között Henry Morgan, a hírhedt kalóz San Andrésen építette ki bázisát, s lett ettől kezdve híres rablótanya. (A legenda szerint itt rejtette el kincsét, amit olykor még napjainkban is keresnek.) A Panamából Yucatán-szoroson át Havannába tartó, gazdag rakományú spanyol galeonok útján fekvő szigetekre vágyott a foguk a reménykeltő zsákmány érdekében. De itt készültek fel a közép-amerikai hódításokra is, hogy egyre nagyobb területeket birtokolhassanak a kontinensen.

A spanyolok időről időre átmenetileg kiszorították őket, de nem volt könnyű bejutni Providencia kikötőjébe, mert az öböl bejárata olyan szűk, hogy csak egy hajó fért be rajta. Az angolok paradicsomát virágzása idején (XVIII. sz.) – ahol egy fehérre egy fekete jutott – 14 erőd védte, amikor a Cartagenából indult spanyol hajóhad Pimienta tengernagy vezetésével, csellel végleg bevette. A korábban bebörtönzött spanyol papokat kiszabadították, míg az angol férfiakat bezárták.

A nőket viszont hajóra rakták és Londonba küldték. Lakói Angliához, majd később az Egyesült Államokhoz akartak csatlakozni, de 1782-től a szigetcsoport végleg spanyol kézre került, s az 1786-os Versailles-i spanyol-angol szerződés ezt meg is erősítette. Sok helybéli azt kérte, hogy maradhasson, s hűséget fogadott a spanyol királynak. A szigetek így tarthatták meg szoros kapcsolatukat az Antillák angol nyelvű világával és az ugyancsak angol kézen lévő Moszkítópart indiánjaival. A nyugodt időszakot átmenetileg a függetlenségi háborúk időszakára szakította meg. 1818-ban Louis Aury vezetésével franciák foglalták el, és Simón Bolívar spanyolok elleni függetlenségi harcának támogatására rendelkezésre bocsájtották. A francia halálával és Bolívar győzedelmes felszabadító harcával együtt a szigetek Nagy-Kolumbiához csatlakoztak (1821). A mind a mai napig tartó nicaraguai-kolumbiái területi

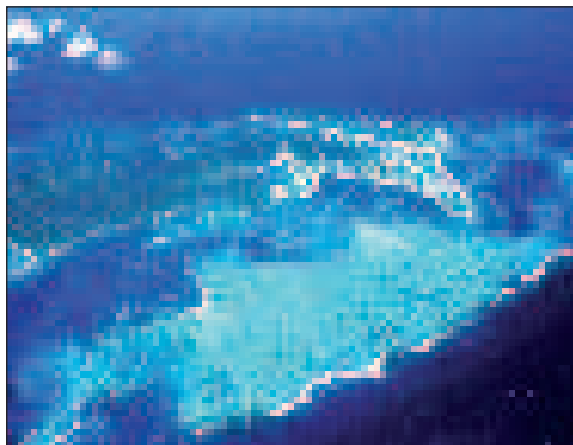


San Andrés

viszályt innen fakad, mivel a szigetcsoport a közép-amerikai ország kontinentális talpától, míg a dél-amerikai országtól 775 km-re fekszik.

A XIX. században a dél-amerikai országtól elszigetelt, álmos világ köszöntött be. Talán az egyetlen jelentős esemény – a függetlenségen túl – 1845-ben a baptista egyház megjelenése és templomának felépítése volt, amely a *raizal kultúra* kialakulásának fő elindítójává vált.

A XX. század – Panama elvesztése (1903) után – a kolumbianizáció kezdete. A szigeteken bevezették a spanyol nyelv



Providencia

vet és katolikus misszionáriusok jelentek meg. Ennek kulcsmozzanata 1953, amikor is Rojas Pinilla tábornok szabad kikötővé nyilvánította San Andrés-t, s ezzel a kontinensről elindította a bevándorlók hadát, köztük pl. a kolumbiai arabokét. A sziget gazdasági élete fellendült, kereskedelmi és idegenforgalmi központtá vált, melynek következtében a helyi társadalom két részre szakadt: a raizalokra (azaz a helyiekre) és a kontinensről érkezőkre (akiket *pañak*nak neveztek el). A szegregáció és a túlnépesedés komoly problémává vált. Az utóbbi a sziget eltartható képességét mára megrendítette. A kolumbiai fővároson kívül itt a legnagyobb a népsűrűség. Az 1991-es alkotmány vett véget a helyiek elnyomásának, s a kisebbségek védelmét írta elő. Ekkor született a *raizal* szó is, amikor önálló kisebbségként, „bennszülött” népként ismerték el őket. A protestáns raizalok közül sokan katolikussá és háromnyelvűekké váltak. Az általuk beszélt kreol angolt – korábban *bende*, ma *sanandresano* a neve – sokáig a szegények nyelveként tartották. (A *sanandresano* a XX. században bevándorló népcsoportok összefoglaló neve is.) Tilos volt használni az iskolában és a templomban. Ez annyiban segítette őket, hogy az iskolában megtanultak spanyolul, a templomokban pedig csak az angolt, a liturgia nyelvét használhatták. Ma támogattott nyelv a raizal. A Moszkító-parton beszélt kreol nyelvhez hasonlít leginkább. Angol alapon kb. 7–10% spanyol és afrikai nyelvek (kwa, twi, ewé, ibo, mende, mandinga) keverékéből született. Saját nyelvtani szerkezete van és a mai angoltól igen eltér. Napjainkban kb. 72–100 ezer főre teszik az e nyelvet használók számát. Kolumbiában hivatalosnak számít ott, ahol ezt beszélik. Az iskolákban a spanyol mellett az angolt is tanulják, ahol az oktatás zöme kétnyelvű. Ma a szigetek lakosságának közel felét ők alkotják,

bár az egykori telepések és kalózok közvetlen leszármazottai csak a 20%-át képezik. További érdekessége e népcsoportnak, hogy nem minden raizal fekete. Az angol elem számos területen erősebb – pl. zene, gasztronómia –, mint az afrikai. Míg a Karib-szigeteken általában kávéznak, itt a teaivás van vagy maradt szokásban. Ők lettek a „bennszülött” népcsoport. Élénk színű házuk fából épül, melyet a tradicionális antillai brit birtokokról hoztak magukkal, s így keverednek bennük az angol és az afrikai hatások. Településeiket San Andrés belsejében találjuk: Laguna és La Loma. Ez utóbbiban épült fel a legrégibb templom (1847), a baptistáké, s lett a raizalok zöme e vallás követője. A bevándorlók többsége ugyan kolumbiai,

ma már a múlté. A kutak kiszáradtak, a vízhiány pótlására tengervíz-sótalanítót építettek, s lajtos kocsik szállítják a vizet oda, ahol még nem épült ki a vezetékrendszer. Az idegenforgalmi főszezonban még így is nehéz kielégíteni az igényeket. A fő bevételi forrásuk a szabad kereskedelem mellett a turizusból és halászatból származik. Ez utóbbi is visszaesett, mert az Amerikai Egyesült Államok halászhajói letarolták vizeiket és komoly ökológiai károkat is okoztak a korallvilágban. A sziget névnapján, november 27–30. között rendezik meg minden évben a nagy nemzetközi eseményt jelentő Kókusz Karnevált. A mindössze 80 km-re északra fekvő Providencián a környezetkímélőbb ökoturizmus terjedt el bungalókkal, hegyvidéki túrákkal, tengerparti lovaglással és különös élményt jelent a mangroveerdőkben kajakozni. Itt nincsenek nagy szállodák, éjszakai szórakozóhelyek, boltok sora. Ez a nyugalom szigete, ahol érdemes a helyi konyha specialitásait is megismerni, amely a kókuszon,



Santa Catalina

de jöttek a világ minden tájáról, ezért találunk mecsetet és zsinagógát is, na meg az ország két egyetemének kihelyezett tagozatát.

San Andrés – amely sokáig csak másodlagos szerepet töltött be Providencia mögött – nemzetközi repülőtere (Gustavo Rojas Pinilla) és kikötője ontja a turistákat. Ma már több mint 400 ezren keresik fel a szigetcsoportot. Az azonos nevű székhelye körül luxusszállodák épültek. Az egykori kalózok paradicsomából a turisták paradicsomává lett. Egykori virágzó mezőgazdasága (kókusz, avokádó, cukornád, mangó, narancs, jukka, banán)

a jukkán, a banánon és a tenger gyümölcsein alapul. Ilyen a *rondón*, mely szabadtéren készül: kókusztejben halat, rákot, kagylót főznek jukkával és *ñaméval*. A *coco loco* nevű koktélljuk az egyik legjobb, de legerősebb is. Ez rumból, vodkából, tequilából és kókusztej keverékéből készül. Külföldieknek nem ajánlják e meleg klímán. Könnyen a fejükbe szállhat már egy pohárral is.

2011-ben az UNESCO az egész szigetvilágot, a Karib-tenger paradicsomát a világ természeti örökségének nyilvánította.

KÉRI ANDRÁS

A tettenérés küszöbén?

Gyermekkori agydaganatok

HOLLÓSY FERENC

A gyermekkori agydaganatok (medulloblasztómák) kialakulásának megértésében és a daganatos megbetegedés új kezelési irányainak kijelölésében nagy jelentőségű hírről számoltak be az Európai Molekuláris Biológiai Laboratórium Heidelbergi Rákkutató Intézetének (DKFZ, Németország) kutatói közös együttműködésben a Sanford-Burnham Orvostudományi Kutatóintézet (San Diego, USA) tudósaival a *Nature* online hasábjain.

Mint ismeretes, a medulloblasztóma a gyermekkorban előforduló rosszzindulatú agydaganatok leggyakoribb típusa. Az agydaganatok nagyjából 18%-a sorolható ide, és ezen megbetegedések 70%-a 10 éves kor alatt következik be. Leginkább 4–8 éves korban jellemző, de bármikor kifejlődhet. Előfordulása a fiúkban kétszer gyakoribb, mint lányokban. A gyógyulási esély nagyban függ attól, hogy a medulloblasztóma melyik altípusa alakult ki: a klasszikus (*dezomoplasztikus*), a nagysejtes (*anaplasztikus*), a ritka *medullomioblasztóma* vagy a szintén ritka *melanotikus*. Amíg a *klasszikus* és a *dezomoplasztikus* altípusoknál a teljes gyógyulás esélye megfelelő kezelés esetén elérheti a 70%–80%-ot, addig a *nagysejtes* vagy *anaplasztikus* altípusoknál erre csekélyebb az esély (30%–65%).

A sejt- és molekuláris biológia fejlődésével olyan tényezők váltak ismertté, melyek fontos szerepet játszanak a medulloblasztóma rizikócsoportok szerinti besorolásában (TrkC, c-myc amplifikációja, 17-es kromoszóma rövid karjának deléciója, ErbB2-receptor). A medulloblasztómák létrejöttének kiváltó oka azonban jórészt ismeretlen. Ezért jelent nagy előrelépést az a medulloblasztómák harmadik nagy alcsoportját megcélzó vizsgálat, melynek során megállapították, hogy a daganat kialakulása azokkal a különböző nagyméretű DNS-átrendeződésekkel kapcsolatos, melyeknek együttes hatása megegyezik a különböző kromoszómákon található specifikus gének együttes hatásaival.

Máig az egyetlen gén, amely bizonyítottan fontos szerepet játszik a medulloblasztómák ezen csoportjának kialakulásában, a MYC gén. Ez a gén önmagában mégsem képes a medulloblasztómák kialakítására, olyan egyedi jellemvonásai vannak, mint a fokozott áttétképző képesség és a többi gyermek-

kori agydaganattípushoz képest jóval rosszabb életkilátás.

Jan Korbel munkacsoportja az EMBL több más csoportjával együttműködésben további új, a daganat kialakulásáért felelős gén keresésébe kezdett. A kutatást nagyban megkönnyítette az a genomikai adatbázis, mely a medulloblasztóma genomjának nagyszámú szekvenciáját tartalmazta. „Nagyon meglepődünk, amikor kiderült, hogy az MYC mellett még két további rokon gén (*GFIIB* és *GFI1*) is részt vesz a folyamatokban –



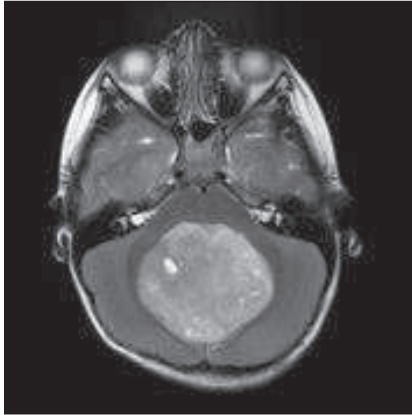
Gadolinium-kontrasztos MRI felvétel egy medulloblasztómás négyéves gyermegről (Forrás: *Nature Clinical Practice Oncology* (2007) 4, 295-304 doi: 10.1038/ncponc0794)

mondta Korbel. Megfigyeléseink hasznosak lehetnek más daganatfélések kutatásánál is, mivel ezeket a géneket rendszerint nem vizsgálják szolid tumorokban.”

A kutatók ahelyett, hogy a szokott módon az egyes gének működésében bekövetkezett változásokat vizsgálták volna, azokra a gének között elhelyezkedő DNS-szekvenciákra összpontosítottak, melyeket a nagyméretű DNS-átrendeződések a leginkább érintettek. Azt ta-

lálták, hogy az egyes betegekből származó DNS-szakaszok igen különböző módon rendeződhetnek át, például génduplikációval, delécióval, inverzióval, sőt még igen komplex DNS-génszerkezeti változással (DNA-shuffling) is. E sokféle genetikai változásnak mégis akadt egy közös vonása: a *GFIIB* gén olyan aktív, úgynevezett enhancer (génkifejeződést erősítő hatású) DNS-szekvencia közelébe került, melytől a génműködés drámai módon fokozódott. Vagyis az történt, hogy a nagyléptékű DNS-kicserélődés során a *GFIIB* olyan új helyre került, mely aktiválta az egyébként kikapcsolt gént. A kutatók úgy vélik, hogy éppen ez az a lépés, ami a tumorképződéshez vezet. „Szolid tumorokban ilyen eseménnyel még sosem találkoztunk – mondta Paul Northcott (DKFZ), bár a jelenség bizonyos hasonlóságot mutat azokkal a folyamatokkal, amelyeket már a 80-as évek óta ismerünk a leukémiákban.” A *GFIIB* gén egyik vizsgált esetben sem volt érintett. Ezzel szemben sok mintában a hasonló szerepet betöltő rokon gén, a *GFI1* igen. A *GFIIB* és a *GFI1* különböző kromoszómákon található, meglepő módon mégis az történt, hogy a DNS-átrendeződéskor a *GFI1* egy másik kromoszóma génkifejeződést fokozó (enhancer) szekvenciája mellé került. Az eredmény ugyanaz lett: a gén aktiválódott és a tumorképződés beindult.

A *GFIIB* és a *GFI1*-nek a medulloblasztóma kialakulásában betöltött szerepét tisztázandó, a heidelbergi kutatók összefogtak az amerikai Sanford-Burnham Orvostudományi Kutatóintézet Robert Wechsler-Reya kutatócsoportjával. Laboratóriumukban olyan genetikailag módosított idegi összejáratot állítottak elő, amelyben az MYC-n kívül mind a *GFIIB*, mind a *GFI1* gén megtalálható volt és bekapcsolt állapotban. Miután a módosított összejárat egészséges egerek agyába juttatták, csakhamar agresszív, áttétképző agytumor kialakulását észlelték, mely rendkívül hasonlított az emberi medulloblasztóma 3. csoportjába sorolt daganattípusra. Ez az első olyan egérmodell, mely valóban képes megmutatni az emberi 3-as medulloblasztóma-csoport genetikai viselkedését. Ezért a kutatók további tesztek elvégzését tervezik a genetikailag módosított egerejtekkel. Ezeket az egereket fel lehet használni olyan kísérletekben, me-



Hatéves medulloblastómás gyermek gadolinium-kontrasztos MRI felvétele
(Forrás: <http://radiopaedia.org/articles/medulloblastoma> Dr. Frank Gaillard esettanulmánya: Case study ID: 7912, 29-Dec-2009.)

lyek új és ígéretes daganatelleni gyógyszerek kifejlesztésére irányulnak. Érdemes volna megvizsgálni annak lehetőségét – tervezik a tudósok –, hogy vajon az olyan aktív génkifejeződést fokozó régiók, mint amelyet ebben a tumorféselyben is találtak, érzékenyek-e bizonyos gyógyszer csoportokra, mint például a bromodomain inhibitorokra. Mivel rendszeresen sem a *GFIIB*, sem a *GFI1* gén nem aktív az agyban, a kutatás lehetőséget kínál az agytumor diagnosztikájára is. Az egerek vizsgálata kapcsán további kérdések merültek fel, melyek megoldásra várnak. Így például az egerek medulloblastóma-szerű tumorának kialakulásához nem volt elegendő az, hogy a *GFI1* és a *GFIIB* bekapcsolt állapotban legyen, arra is szükség volt, hogy az MYC is aktív legyen.

A gének viselkedésének statisztikus elemzése megmutatta, hogy az MYC és a *GFI1* gének működése pozitívan korrelál egymással, míg a MYC és a *GFIIB* gének között nem volt ilyen kimutatható kapcsolat. A kutatókat a géneknek ez a meglepő viselkedése további vizsgálatok tervezésére ösztönzi. „Ez a vizsgálat arra tanított meg minket, hogy felül kell emelkednünk a jól megszokott gondolkodási és megoldási sémáinkon, ha meg akarjuk érteni a rákos sejt genomjának működését” – vontak le a következtetést Korbel.

Az összeállítás a „Overlooked DNA shuffling drives deadly paediatric brain tumour” című cikk alapján készült, melyet a Nature Online-on publikáltak 2014. június 22-én.

Forrás

www.embl.org/press/2014/140622_Heidelberg
DOI: 10.1038/nature13379

Bolyai Farkas fizikája és csillagászata Másfél évszázada lappangó kéziratok

Bolyai Farkas (1775–1856) igazi tudóstanárról volt. Nemcsak olyan, amilyennek Eötvös Loránd szeretne volna látni a XIX. század végén Magyarország legjobb tanárait, hanem több annál; olyan, akit éppen a matematikában már korán megmutató tehetsége, majd göttingeni tanulmányai tették képessé európai színvonalú, egyetemi szintű oktatásra. Ezt hivatott bizonyítani a fenti című könyv, melyből megtudhatjuk, hogyan oktatta Bolyai Farkas Marosvásárhelyen a fizikát és a csillagászatot, sőt még azt is, milyen kérdéseket tett fel tanítványainak az 1804 és 1851 közötti csaknem negyven év során.

Nemcsak Bolyai tanári pályafutása, de pályafutásának kutatása is évtizedeket ölel már fel, két lelkes és avatott, volt marosvásárhelyi tanárnő jóvoltából. Ez a könyv – amely a budapesti Magyar Tudománytörténeti Intézet és a marosvásárhelyi Teleki-Bolyai Könyvtár közös kiadásában jelent meg 2013-ban – elsősorban *Gündisch Györgyné Gajzágó Mária*, ma már nyugdíjas fizikatanár fáradhatatlan munkáját dicséri, aki gyakorló orvos férjével 1981 óta kutatja a Marosvásárhelyen, a Teleki-Bolyai Könyvtárban lappangó, Bolyai Farkas előadásai nyomán készült kéziratokat, dokumentumokat. A kutatásokról a *Korunk*, a *Természet Világa*, a *Fizikai Szemle* és más lapok hasábjain, valamint különböző konferenciákon adott eddig hírt, míg végre ebben a könyvben rendszerezetten, tematikus csoportosításban található meg az olvasó Bolyai Farkas fizikáját. A tartalmas, színvonalas csillagászati részt *Szenkovits Ferenc* csillagász látta el jegyzetekkel, vezette be az érdeklődésre joggal számot tartó tanulmánnyal.

Bolyai Farkas 1796 és 1799 között volt a göttingeni egyetem hallgatója. Tanára matematikából *Abraham Gotthelf Kastner* (1719–1800), fizikából *Georg Christoph Lichtenberg* (1742–1799), csillagászatból pedig *Karl Felix Seyffer* (1762–1822) volt. Ez utóbbi volt hármuk közül a legfiatalabb, nem csoda, hogy vele alakult ki legközvetlenebb kapcsolata. Seyffer gyakran

a lakásán tartott a hallgatóknak vitadélután, itt ismerkedett meg Bolyai Farkas *Carl Friedrich Gauss*-szal (1777–1855), akivel életre szóló barátságot kötött. A barátságot a nála két évvel fiatalabb Gauss kezdeményezte, Bolyai Farkas egyik, a vitában tett éles elméjű matematikai megjegyzése nyomán. Még a szüleihez is elhívta Farkast Braunschweigbe, és miután Bolyai visszatért Erdélybe, még évekig leveleztek egymással. Az euklideszi párhuzamossági axiómával kapcsolatos vizsgálatokra valószínűleg Kastner hívta fel mindkettőjük figyelmét. 1804-ben Bolyai Farkas úgy gondolta, talán sikerült levezetnie ezt a többi axiómából, és elküldte gondolatmenetét (természetesen latinul) Gaussnak, aki válaszában rámutatott a Farkas által elkövetett hibára. Ekkor szakadt meg néhány évre a levelezésük, és ezzel függhet össze, hogy Bolyai Farkas annyira óvta később fiát, Bolyai Jánost „a parallellákkal való foglalkozástól”.

Lichtenberg, Bolyai Farkas fizikatanára, göttingeni egyetemi hallgatóként maga is Kastner tanítványa volt az 1760-as években. (Kastner még egyszerre lehetett a geometria és a fizika tanára Göttingenben...) Az egyetemi diploma megszerzése után néhány évig tehetős angol diákok magántanáráként kereste kenyerét Lichtenberg, és lett az angolszász természettudomány híve és terjesztője a kontinensen. 1770-től foglalta el a kísérleti fizika tanszékét Göttingenben. Kutatásai közül az elektromosságtaniak a leg híresebbek, a Franklin féle villámhárítókat széles körben népszerűsítette. Volta nyomán sikeresen kísérletezett az általa épített óriási elektroforral, Volta meg is látogatta 1784-ben Göttingenben. Kedvelte és előadásán gyakran alkalmazta az aforizmákat, ezt ugyanúgy, mint a kísérleti fizika szeretetét Bolyai Farkas sikeresen eltanulta Lichtenbergtől, akit 1793-ban a Royal Society tagjává is választottak.

Bolyai Farkas három tanév eltöltése után úgy térhetett vissza Göttingenből, hogy tisztában volt a XVIII. század természettudományának legfontosabb eredmé-

nyeivel. Ezt próbálta átadni tanítványainak Erdélyben a XIX. század első felében, ezt tanulmányozhatjuk most a szanaszét heverő kéziratokból összeállított kiváló könyv olvasásakor. Különösen izgalmas feladat felfedezni, milyen is volt a fizika az ipari forradalom után, de még az elektromosság forradalma előtt. A szerzőknek sikerült olyan könyvet összeállítani, amelyben Bolyai Farkas tolmácsolásában megismerhetjük a korabeli fizikai és csillagászati eszközöket, módszereket, elméleteket.

Nem is olyan könnyű beleélni magunkat Bolyai korába! Az energia megmaradásának általános törvényét csak a XIX. század közepén fogalmazta meg Helmholtz, Joule kísérletei és Robert Mayer gondolatmenete nyomán. Bolyai úgy tudja tárgyalni két test rugalmas ütközését, hogy szót se ejt a mozgási energiáról. Ami még meglepőbb, a gravitációs gyorsulás fogalmát se vezeti be, viszont megjelenik nála „a nehézség ereje”, mintegy a gravitációs térerősség értelmében. A hőtan tárgyalása még kifejezetten a hőanyag elméletre épül, s a mai olvasó meglepődhet, mi mindent lehetett megmagyarázni ezzel a hibás elmélettel.



Bolyai Farkas
(Széchenyi Kinga emlékére)

Tudjuk, a hővezetés, hőáramlás matematikai tárgyalását a caloricumra alapozva végezte el Fourier, építve a sok helyen mind a mai napig használatos hőterjedés fogalmára. Bolyai nagyszerűen lavírozza be magát a hősugárzás tárgyalásába, anélkül, hogy a fény természetéről, vagy akár az interferenciáról szót ejtettene. Optika ugyanis csak geometriai létezik a könyvben, de a legfontosabb optikai eszközöket részletesen tárgyalja Bolyai Farkas. A fény sebességének méré-



sét, Römer gondolatmenetét, olyan alaposan és jól ismerteti, hogy néha úgy érezzük, hogy egy XX. század elején írt tankönyvet olvasunk. Az elektromos-

ságban használja az éter fogalmát, de persze szó se esik még elektromágneses hullámról. Bolyainál van elektrosztatika és van elektromos áram, ennek van mágneses hatása, gyakorlati alkalmazásról, villanymotorokról azonban még szó sincs. Ne felejtjük: Jedlik Ányos is csak 1828-ban jutott el a „forgony” feltalálásához! Faraday 1831-ben fedezte fel az elektromágneses indukció jelenségét

– nagyon valószínű, hogy erről még nem tudott Bolyai Farkas. De azért felmerült benne a kérdés – ezzel az idézettel fejezi be Gündischné Gajzágó Mária Bolyai elektromosságtani kéziratának közlését:

„De midőn a berz mágnesi erőt hoz elő, valyon megfordítva, nem támaszt-é a mágnes is berzerőt?” (Bolyai Farkas a „berz” szót vezette be az elektromosságra.)

Itt az alkalom, hogy néhány szót ejtsünk a Bolyai-kéziratok nyelvezetéről. Bolyai Farkas idejében a tudomány nyelve egyértelműen a latin volt, ezen a nyelven folytak az egyetemi előadások, ezen a nyelven leveleztek egymással a különböző nemzetiségű tudósok. Jedlik Ányos még 1826-ban is latinul írta meg tudományos publikációját a mester-séges szénsavas ásványvíz (a „szóдавиз”) előállításáról.

Nagyon fontos: a legbővebb, mintegy 500 oldalas Bolyai-kézirat, amelyre a könyv szerzői támaszkodnak, szintén latin nyelvű!

A magyar szövegek Bolyai Farkas diktálása nyomán, saját tanítványainak kézírásában maradtak fenn, ezeket a könyv összeállítóinak kellett felkutatniuk és kibetűzniük... Óriási munka volt, eredménye azonban hű tükre lett a XIX. századi erdélyi magyar nyelvnek. A szerzők dicséretére válik az is,

hogy ha csak lehetett, nem változtattak a korabeli helyesíráson. (Ez persze megnehezíti a szöveg mai olvasását, de néhány oldal után ebbe is bele lehet jönni.) Ne fe-

lejtjük: ez a kor a magyar nyelvújítás kora. Nemcsak Jedlik Ányos, hanem Bolyai Farkas is alkotott számos új kifejezést, amelyek közül néhány meg is honosodott a magyar nyelvben. (A „berz” éppen nem ilyen.) Amikor pedig Bolyai nem érezte szükségét új magyar kifejezés használatának, meghagyta, „magyarrá tette” a latin kifejezést a szövegben. Szenkovits Ferenc számos példát hoz a magyarrá vált latin szakszavakra a Csillagászat elé írt Bevezetésében. Emellett persze elgönyörködhetünk Bolyai fantáziadús kifejezéseiben, amikor a bolygókat bujdosóknak nevezi, a bolygók holdjait pedig darabontoknak...

A nagy nyelvújító, Kazinczy Ferenc 16 évvel volt idősebb Bolyai Farkasnál és már 1831-ben meghalt, de még találkozhattak volna, amikor 1816-ban Kazinczy Erdélyben járt és utána boldogan számolt be sikeres erdélyi utazásáról barátjának, Dessesffy Józsefnek. Sajnos nem találkozottak.

Bolyai Farkas élete egyszerre volt szerencsés és szerencsétlen. Szerencsés, mert sokféle tehetséget hozott magával génjeiben. Szerencsés, mert volt egy báró, aki felkarolta és fiának tanítójául választotta, majd elküldte őket német egyetemekre tanulni. Szerencsés, mert megismerhette Schillert Jénában és Gaussot Göttingenben. De szerencsétlen is volt, mert alapvetően magányos természete elzárta a baráti társaságoktól. Szerencsétlen, mert a korabeli Erdélyben nem találhatott hozzá illő tudományos társaságot. Szerencsétlen, mert nem sikerült göttingai barátját, a matematikusok fejedelmét rábírnia arra, hogy legalább annyira támogassa fiát, Bolyai Jánost, mint tette ezt Lobacevszkij esetében...

Úgy tűnik, az utókor mégse hagyja Bolyai Farkas emlékét feledésbe merülni, köszönhetően a mai lelkes tudománytörténészeknek, fizikatanároknak, orvosoknak, tudósoknak. Minden leendő olvasó nevében köszönjük áldozatos munkájukat.

RADNAI GYULA

(Gündischné Gajzágó Mária, Szenkovits Ferenc, Gündisch György: Bolyai Farkas fizikája és csillagászata. Másfél évszázada lappangó kéziratok. Magyar Tudománytörténeti Intézet, Budapest és Teleki-Bolyai Könyvtár, Marosvásárhely. A könyv ára DVD melléklettel együtt 3 600 Ft. Megrendelhető a Magyar Tudománytörténeti Intézetnél: tudomanytortenet@gmail.com)

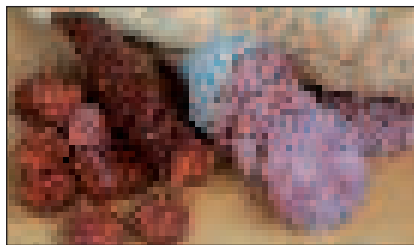
Orvossal

ÓVATOSAN A VÖRÖS HÚSBÓL KÉSZÜLT FELVÁGOTTAKKAL!

A svéd Karolinska Intézet munkatársai *Alicja Wolk* vezetésével azt vizsgálták, hogy a feldolgozatlan vörös húsok, illetve az ilyen húsokat tartalmazó készítmények: felvágottak, füstölt és grillezett ételek, szalámik stb. hosszú távú és rendszeres fogyasztásának szív-egészségügyi hatásában kimutatható-e valamilyen különbség.

Az önként jelentkező 45–79 esztendősférfiak gondos szűrővizsgálata igazolta, hogy semmiféle szív-és érrendszeri betegségben vagy bármilyen egyéb súlyos betegségben, például rosszindulatú daganatban sem szenvednek. A résztvevőknek a 96 tételből összeállított – minden létező húst és húskészítményt tartalmazó – listán fel kellett tüntetniük, hogy milyen készítményből mennyit fogyasztottak. A listába a nem földolgozott húsok közé a sült és főtt sertés- és marhahús, valamint a darált húsok különböző variációi kerültek.

A kutatók a vizsgálatot 1998-ban kezdték és 2010-ben fejezték be. A vizsgálatba vont 37 035 férfi körében a 12 év alatt 2891 esetben lépett fel szívélgtelenség, és ebből 266 haláleset volt. A naponta átlagosan 75 gramm vagy annál nagyobb mennyiségű feldolgozott vörös húskészítményt fogyasztók 28%-kal nagyobb eséllyel kerültek a keringési elégtelenség miatt kezelték közé, mint azok, akik ezekből a termékekből legfeljebb napi 25 gram-



mot fogyasztottak. Az összefüggés minden egyéb kockázati tényezőt figyelembe vételekor is érvényes maradt.

A feldolgozott húskészítményeket nagyobb mennyiségben fogyasztók kétszer gyakrabban haltak meg szívélgtelenségben, mint azok, akik a legkevésbé húskészítményt ették. Napi 50 gramm, vagyis 1–2 szelet sonka rendszeres fogyasztói-ban a szívhalál esélye 8%-kal nőtt, a szív-

elég telenség okozta halálozás pedig átlagosan 38%-kal lett gyakoribb.

A vörös húsok hagyományos elkészítése, a sütés-főzés nyomán asztalra kerülő hús nem növelte a szívbetegség veszélyét. A kutatók hangsúlyozzák, hogy az ételmisszeripari kezelés során a hús nátriumot, nitrátokat, foszfátokat és egyéb adalékanyagokat kap, füstölnek, policiklusos aromás hidrokarbonátokkal kezelik, amelyek mind károsak a szervezetre és növelhetik – többek között – a kardiovaszkuláris megbetegedés veszélyét.

A kutatók a folyamatban lévő, nőkön végzett vizsgálatban is hasonló eredményeket várnak. Nálunk ilyen részletes tanulmány nem történt, de a FAO adataiból tudjuk, hogy a legtöbb tökehúst a spanyolok fogyasztják (fejenként évi 122 kg), mi 89 kg megevésével nem tartozunk az élmezőnybe. Húskészítményt a magyar háztartásokban 3–4 naponként vásárolnak, tökehúst pedig 23 naponként legfeljebb egy alkalommal. A hazai táplálkozási minta ilyen szempontból sem tartozik az egészségesek közé.

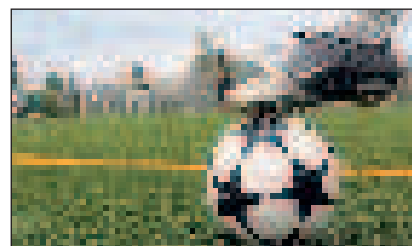
A kutatók szerint mintegy 6 millió amerikai szenved szívélgtelenségben és a megbetegedettek fele öt éven belül meg is hal a betegség következtében, melynek egészségügyi terhei is hatalmasak, becslések szerint az Egyesült Államokban évente 34 milliárd dollárra tehetőek. Magyarországon a 65 évnél idősebbek 10–20%-a dekompenzált, ami kb. 300 000 beteget jelent.

FOGYÓKÚRA FOCIKLUBOKBAN

Az utolsó három évtizedben a kövérség világszerte megduplázódott. Ez azt jelenti, hogy a súlytöbblettel élő nők aránya 7,9%-ról 13,8%-ra nőtt, a férfiaknál ez az arány 4,8%-ról 9,8%-ra növekedett. Noha a kedvezőtlen változás a férfiak körében nagyobb mértékű, mint a gyengébb nem tagjainál, a férfiak ritkábban érzik magukat elhízottnak és nehezebb őket fogyókúrára fogni. Glasgow-ban egy munkacsoport nemrégiben vizsgálatot szervezett, hogy kiderítse, milyen eredményesen lehetne fogyókúrárt szervezni az elhízott skót focidrukkereknek, ha az akcióba bevonják kedvenc labdarugó klubjukat is.

A vizsgálat 13, első osztályú skót csapat drukkereinek részvételével folyt. A tanulmány neve a „Football Fans in

Training (FFIT) trial” volt. Az önként jelentkező résztvevők arra vállalkoztak, hogy 12 héten keresztül, hetenként eljárnak a 90 perces programra. Valamennyi foci-szurkolón súlytöbblet volt – testtömeg-indexük 28, vagy annál több volt, életkoruk 35–65 év. A vizsgálati alanyok



száma 747 volt, de aktív résztvevőként a csoport fele kezdte el a programot. A jelentkezők másik fele egy évet várt, bár az aktív csapat tagjai által megkapott súlycsökkentő tanácsadásban ugyancsak részesült.

Az aktív résztvevők lehetőséget kaptak arra, hogy jelen legyenek az edzéseken, tanították őket a focijáték fortélyaira: cselezésre, hogyan lehet az ellenfél játékosainak figyelmét elterelni, vagy úgy mozdulni egyik irányba, hogy közben éppen az ellenkezőbe indulunk.

A klubok rajongói számára ezek a foglalkozások jelentették a legfőbb vonzerőt, a fogyókúra szervezői számára pedig azt a lehetőséget, hogy a vizsgálat alanyai igyekezzenek betartani a rendszeres mozgást, vagy az étrendi tanácsokat. Ezt az is igazolta, hogy a kontrollcsoport tagjai és a program résztvevői között a súlycsökkenésben egy év után is átlag 4,94 kg különbséget mértek.

A foglalkozásokra járó férfiak közül 130 (39%) eredeti súlyának legalább 5%-át leadta, míg a részvételre várók között, minden diétás tanács ellenére, ez csak 40 férfúnak (11%) sikerült. A testszöveti mérések azt is bizonyították, hogy a kisebb súlyúvá válók testének zsírtartalma is jelentősen csökkent.

Az értékelésben az is szerepel, hogy a csoportos foglalkozás lélektani hatása ugyancsak fontosnak bizonyult. A kutatók úgy vélik, a csoportos sportok mindehől lehetővé tennék ilyen módon is az elhízás világméretű járványának kezelését.

Forrás: Weborvos

SCIENTIFIC AMERICAN

(2014. június)

HOGYAN CSINÁLJUNK ESŐT?

A gomolyfelhők rengeteg vizet tartalmazhatnak. Még egy kisebb felhőben is lehet akár 750 köbkilométer víz, és ha csak fél grammal számolunk köbméterenként, úgy ömölhet az eső az égből, mintha dézsából öntenék. Képzeld el, hogy farmerek vagyunk, és a felhők elúsznak a kiaszott földünk fölött, tele vízzel, de egy csöpp sem esik le belőlük. Az Egyesült Államokban az utóbbi négy év rendkívül száraz volt, úgyhogy nagy lenne az igény az esőcsinálásra. A súlyos aszály különösen Kaliforniát, a Nagy-síkság államait és a délnyugati régiót sújtja, a nagy víztározók szintje történelmi mélységbe süllyedt. A meteorológiai szolgálat februári jelentése szerint minimális az esély arra, hogy a helyzet belátható időn belül javulni fog. Eső ugyan esik bőven, csak nem ott, nem annyi és nem akkor, amikor kellene, ahol pedig túl sok esik egyszerre, ott az a baj. Persze, az aszályhelyzet másutt is nagyon rossz. Világszerte sok tízmillió ember küszködik a szárazsággal, 168 országban mutatkoznak az elsvatagosodás bizonyos jelei. Ausztrália kilenc éve nyögi az aszály következményeit, Törökországban az utóbbi évtized volt az egyik legszárazabb, de Brazília, Kína, a Közel-Kelet és Dél-Ázsia egyes régiói is drasztikus vízhiánnyal szembesülnek. 2012-ben az USA-ban kb. két Magyarországnyi területen próbálkoztak esőcsinálással, Kínában több ezer rakéta és 50 repülőgép bevetésével próbálták megcsapolni a felhőket, ám sem sok eredménnyel.

Az elv egyszerű. A potenciális esőfelhők mikron méretű vízcseppeket tartalmaznak, melyeknek hőmérséklete fagypont alatt van, ám nem alakulnak át jéggé, mert nincsenek olyan parányi részecskék, amelyek körül mint mag körül kialakulhatnának a jégszemcsék. A cseppek pedig e nélkül túl könnyűek ahhoz, hogy eső formájában elérjék a felszínt. Elvben tehát kondenzációs magvakat kell a felhőkbe juttatni, hogy a jégképződés megindulhasson és miután áthaladtak a melegebb légrétegeken, esőként hulljanak le. A módszert egyébként Bernard Vonnegut amerikai légkörkutató (igen, az író, Kurt Vonnegut bátyja) dolgozta ki 1946-ban, a General Electric kutatólaboratóriumában. A vegyi anyag, amit a felhőkbe juttatnak, ezüst-jodid, aminek a molekulaszervezete

hasonló a jégkristályokéhoz. Az ezüst jodidot vagy a felszínről, rakétákkal juttatják a felhőkbe, vagy pedig repülőgépekről permetezik ki. A módszer a gyakorlatban is működik, ám hogy milyen hatásfokkal, arra vonatkozóan nincsenek pontos tapasztalatok, tökéletesen kontrollált kísérlet elvégzése pedig nem lehetséges. Az amerikai hadsereg még a vietnami háború idején is próbálkozott esőcsinálással, hogy a felzott talajon megnehezték az ellenség mozgását. Hogy milyen eredménnyel, arról nincsenek adatok. Más kérdés, miért kellett ehhez a módszerhez folyamodniuk – volt bombájuk elég.

A felhők viselkedéséről még mindig nagyon keveset tudnak a kutatók. Bizonyos biztató adatokat azonban az utóbbi tíz évben sikerült szerezni, a NASA meteorológiai műholdjai révén és radarok segítségével. Ezek szerint a jó öreg ezüst-jodidos módszer megfelelő körülmények között működik – a számítások szerint 10-15 százalékkal lehet fokozni a csapadékmennyiséget. Persze, elég szomorú, hogy egy technológia közel 70 év alatt sem fejlődött szinte semmit. Közben, persze, azt is felhozták, hogy az ezüst-jodid mérgező hatása lehet. Ez ténylegesen igaz, csak hogy a vegyi anyagot olyan kis mennyiségben juttatják a felhőkbe, hogy környezeti hatása egyszerűen nem is mérhető.

Létezik egy másik, sokkal kevésbé ismert és alig alkalmazott módszer is: ionizált részecskéket juttatnak a felhőzetbe erre készített tornyokból. A cél ugyanaz: a töltött részecskék hozzátapadnak a kondenzációs magvakhoz, hogy elősegítsék a vízcseppek képződését. Ezt eddig Abu-Dhabiban, illetve Ausztrália egyes vidékein próbálták ki, de arra nincsenek egyértelmű bizonyítékok és adatok, hogy az eljárás ténylegesen hatékony lenne. Mértékadó szakemberek véleményét nagyjából így lehet összefoglalni: a semmiből mi sem tudunk esőt fakasztani, vagyis ha nincsenek felhők, vagy azok nem megfelelőek, semmiféle jelenleg ismert eljárással nem lehet esőt csinálni. Az egyetlen, amit tenni tudunk, hogy kissé növeljük a csapadék mennyiségét.



(2014. április 25)

LEHÜTHETJÜK-E A VÁROSOKAT?

A világ leghidegebb fővárosa valószínűleg helynek látszik ahhoz, hogy pont ott végezzenek geomérnöki kísérleteket arra, hogyan lehet hűteni egy várost. Persze,

miközben Ulánbátor, Mongólia fővárosa évi átlaghőmérséklete igen alacsony, nyáron pokoli meleg van, ami az erős légszennyezettséggel kombinálva arra készítette a kormányt, hogy valami megoldást keressen. 2011-ben mérnökök a várostól északra mintegy 30 hektáros területen lyukak hálózatát fúrták, majd feltöltötték őket vízzel. Az elképzelés az volt, hogy telente a víz megfagy bennük mintegy 2 méteres mélységig, aztán nyáron lassan felolvad, ezzel táplálva a helyi folyókat, segíti a növények fejlődését és hűti a szeleket.

A terv igen ambiciózus, de ha működik, akkor felhasználható másutt is, hiszen Ulánbátor gondjai egyáltalán nem egyedülállóak a világon. A világ népességének több mint fele városokban él, amelyek egyre növekszenek és egyre forróbbak. Mivel a klímaváltozás várható forgatókönyve szerint a hőmérsékletek egyre emelkednek, az, hogy megtalálják a városok hűtésének legjobb módjait, már nem egyszerűen a komfortérzet miatt fontos, hanem élet és halál kérdése. Egy friss amerikai kutatás szerint az évszázad végére mintegy 3300-zal nő azon halálesetek száma az amerikai városokban, melyek kizárólag a szélsőséges hőhullámokkal hozhatók összefüggésbe. Az odáig rendben van, hogy a belső terek hűtésére bekapcsoljuk a légkondicionálókat, ezek azonban mind az utcákra, terekre okádják a meleget. Hogyan hűthetnénk le a városainkat? Lehet, hogy a Mongóliában alkalmazott „jégpajzs” segítségre lehet?

Luke Howard brit amatőr meteorológus volt az első, aki már a XIX. század elején rájött, hogy a városfejlődés kihat a városi klímára. Londonban a hőmérsékletek már akkor átlagosan 2 Celsius-fokkal voltak magasabbak, mint a környező vidékeken. Ennek okát az építőanyagokban látta. A téglá és a cserép- vagy palatető a nap folyamán elnyeli a meleget, éjszaka pedig kisugározza. Aztán jöttek a beton- és aszfaltutak, az autók, a légkondicionálók, és az elmúlt ötven évben egyre jobban érvényesült a városi hősziget-hatás. A legújabb kutatások azt mutatják, hogy a sűrűn benépesült városok hőmérséklete akár 12 fokkal is magasabb lehet, mint a környező vidéki tájaké. S hogy még rosszabb legyen, a klímaváltozás még nagyobb, szélsőséges és elnyúló hőhullámokhoz vezet. Egy előrejelzés szerint a század végére a negyven legnépesebb amerikai városban minden nyárom hét hetes rendkívüli meleg várható. Ennek következményeit előrevetíti, hogy Európában a 2003-as hőhullám miatt az átlagosnál 35 ezren többen haltak meg, mint más években, és jórészt a városokban.

Mindezek ellenére a városi klíma közben tartása még gyermekcipőben jár. A

légkondicionális csak látszólagos megoldás, mondja egy görög fizikus, M. Santamouris, mert egyrészt csak tovább fűtjük az utcákat, másrészt a fokozott áramfelhasználás is hozzájárulhat a felmelegedéshez. Nyaranta Athénban általában megduplázódik az áramfogyasztás. A megoldás első lépése az lehet, hogy csökkentjük a városok hőelnyelését. Olyan burkoló- és tetőfedő anyagokat akarnak kidolgozni, amelyek nem elnyelik, hanem visszaverik a hőt. A tetők, a járdák, az utak egy város területének nagyjából a felét teszik ki. Egy 2010-ben végzett kísérlet szerint a hővisszaverő tetők segítségével világviszonylatban 0,6 fokkal lehetne csökkenteni a városok átlaghőmérsékletét. Ez persze csak elmélet. 2010-ben egy athéni parkban kísérletet végeztek; 4500 négyzetméternyi burkolatnál a hagyományos anyagokat szervesetlen ásványi részecskékké keverték össze, melyek infravörös hullámhosszakon verték vissza az energiát. Azóta a nyári mérések szerint 12 fokkal sikerült csökkenteni a felület hőmérsékletét és ezzel kb. 2 fokkal hűtötték magát a parkot is. Ez sem tűnik azonban jó megoldásnak, mert a visszavert hő egy része az épületekre sugározódik, másrészt a kontinentális vidékek városaiban, pl. Denverben vagy Moszkvában növelik a téli fűtési költségeket. A városi parkok, zöld területek sem növelhetők tovább a túlzott beépítettség miatt. A növényzettel borított tetők és falak ígéretesnek tűnnek, ám a kutatók még nem tudják, milyen növények lennének a leghatékonyabb hűtők, de azt sem, hogy mekkora felületek milyen mértékben kompenzálnák a hősziget-hatást. Egy dolog bizonyos: a városi mikroklíma manipulálása (kedvező irányban) sem könnyű, sem olcsó nem lesz. Valójában még egyszerű modell sem létezik a városi hősziget-hatás modellezésére. Sokkal többre van szükség, mint fenyvisszaverő tetőkre és fákra, parkokra.

Még ambiciózusabb vállalkozásba fogtak az albán főváros, Tirana történelmi központjában. Egy szintén görög építész, Nikosz Fintikakisz modellezte a különféle hőcsökkentési stratégiák hatásait. Az eredmények olyan biztatóak voltak, hogy 2012-ben egy 2 négyzetkilométeres területen növénytelepítéssel és árnyékolással, valamint egy Santamouris által kidolgozott színváltó burkolattal kísérleteztek. Ez utóbbi olyan hőérzékeny anyagokból áll, melyek a hőmérséklettel együtt változtatják a színüket. A burkolat télen sötét, de ahogy emelkedik a hőmérséklet, a színe előbb sárgára, majd fehérre változik. A kísérlet olyan jól sikerült, hogy az adott területen nyáron mintegy 3 fokkal csökkentést tudtak elérni.

Figyelemre méltó kísérlet folyik Tajvanon, Tajpej környékén egy kiszuperált repülőtéren. A városi hatóságok egy francia tájépítészt kértek fel, aki egy nagy zöld területet tervezett, elsősorban arra, hogy kimozdítsa az embereket légkondicionált gubóikból, ezzel csökkentve pl. a hűtő berendezések használatát. A 2,5 km hosszú park több, eltérő jellegű zónára oszlik, hogy más-más módon módosítsák a mikroklímát. Egyes részei kevésbé nedvesek és hűvösebbek lesznek, ami nagyon alkalmassá teszi őket szabadtéri sportolásra. Más részei a levegő megtisztításában segítenek olyan módon, hogy a burkolat anyaga a légszennyezést mérséklő katalizátorokat tartalmaz. A park fekvése lehetővé teszi azt is, hogy az uralkodó szelek a lehető legnagyobb mértékben frissítsék a levegőt. Terveznek egy inverz oázist is, melynek lényege, hogy egy 18 méteres szakaszon lyukak rendszerét alakítják ki, melyeket elektromos páratlanítóval kapcsolnak össze. A szimulációk szerint a hőmérséklet mintegy 4 fokkal csökkenthető a környezetéhez képest. A park fenntartására használt áramot szélturbinákból nyerik. Persze, egy olyan vidéken, ahol a páratartalom gyakran magasabb 90 százaléknál, a hűtőhatás aligha nyúlik túl a park határait.



(2014. július 15.)

1-0 A BIOZÖLDSÉG JAVÁRA

A bioélelmiszerek a hagyományosan előállított élelmiszerek természetes alternatívái. Felmerül azonban a kérdés, hogy a biozöltség és a biogyümölcs automatikusan egészségesebb-e. Erről évek óta hevesen vitáznak, a különböző tanulmányok eredményei ellentmondanak egymásnak. Angol kutatók a téma eddigi legátfogóbb tanulmányát hozták nyilvánosságra a közelmúltban, mely szerint valóban egyértelmű a különbség az összetevőkben. A bioélelmiszer lényegesen több antioxidánst tartalmaz, ezzel szemben csak feleannyi kadmium nehézfémeket, kevesebb nitrátot és nitritet. Nem teljesen váratlan a növényvédőszer-maradványok tekintetében kapott eredmény: a biozöltség és -gyümölcs csupán negyed annyit tartalmaz, mint a hagyományos zöltség és gyümölcs. Az eredmények rámutatnak, hogy nemcsak a természet, hanem az emberi egészség is profitál a biológiai természetből.

2009-ben az egyik brit élelmiszerhivatal (FSA) megbízásából készült tanulmány keltett feltűnést. A vizsgálat célja az volt, hogy megvizsgálják: a bioélelmiszer összetételében és tápértékében is különbözik-e a hagyományosan előállított élelmiszerektől? A kutatók akkoriban a növényekkel, hússokkal és tejtermékekkel kapcsolatos 46 publikációt vizsgáltak és hasonlították össze. Eredményük sokak számára csalódást okozott, hiszen arra jutottak, hogy nincs jelentős különbség bio- és hagyományos termény között. Más szavakkal: a biotermesztés talán jót tesz a környezetnek, de hogy mi, emberek biozöltséget eszünk vagy nem, egészségünk szempontjából teljesen mindegy. Ezt az eredményt azonban sokan kétségbe vonták, illetve más tanulmányok jelentős különbségekről és pozitív hatásokról számoltak be.

Marcin Baranski és kollégái a Newcastle Egyetemről most, öt évvel az FSA-tanulmány után újra nagyméretű vizsgálatokat végeztek a bioélelmiszerekkel kapcsolatban. Ezúttal azonban 343 publikáció állt rendelkezésükre különböző szaklapokból. A lényegesen nagyobb adatbázis lehetővé tette a hatékonyabb statisztikai módszerek alkalmazását és így egyértelműbb következtetéseket lehetett levonni a biológiai és hagyományos termesztésű termények közötti különbségeket illetően. Ez az eddig legnagyobb tanulmány ebben a témában.

A vizsgálat során a kutatók az egészség szempontjából jelentős alkotórészek összehasonlítására koncentráltak. Ilyenek a másodlagos növényi alkotórészek, mint például az antioxidánsok és vitaminok, kémiai növényvédőszer, nitrát és nitrát, mérgező nehézfémek, mint például a kadmium, arzén és az ólom, valamint a tápanyagok és a nyomelemek. Figyelembe vettek olyan vizsgálatokat is, amelyek a két termesztési módszert hasonlították össze, valamint olyan terepkísérleteket és tesztek is, amelyek mindkét termesztési módból származó élelmiszert vizsgáltak. A kutatók az adatokat 8 különböző statisztikai elemzés alapján vizsgálták az eredmények lehető legátfogóbb és torzítás nélküli elemzésének biztosítására. Az eredmény egyértelmű volt: kétségtelen a bio- és a hagyományos termesztésből származó termények összetétele közötti különbség. A biozöltség 18–69%-kal több polifenolt és más, antioxidáns hatású növényi összetevőket tartalmazott. Az antioxidánsok potenciálisan megelőző hatással bírnak a szív-érrendszeri megbetegedéseknél, de a daganatos és néhány neurodegeneratív megbetegedésnél is. A biotermények ezen kívül több karotinoidot és C-vitamint tartalmaznak. A kutatók véleménye szerint

a magasabb érték, különösen az antioxidánsok esetében, biológiailag jól magyarázható. A növények ezeket a másodlagos tápanyagokat többnyire a kártevők, vízhiány, vagy más negatív hatás által okozott stresszre való reakcióként termelik. Ezen anyagok magasabb koncentrációban való jelenléte a bionövényekben ezért azon alapulhat, hogy a biotermesztésben kevésbé szigorúan járnak el a károkozókval és betegségekkel szemben, valamint kevésbé jellemző a trágyázás.

Ugyancsak lényeges a különbség a káros anyagok, a nehézfémek és növényvédőszer-maradványok szempontjából. A biotermények átlagosan 48%-kal keve-

sebb kadmium nehézfémeket tartalmaznak, amely felhalmozódik a szövetekben és krónikus mérgezéshez vezet. Az ólom és arzén mennyiségében azonban nem állapítottak meg különbséget. Nem váratlan eredmény azonban, hogy a hagyományosan termesztett termények kereken négyszer több növényvédőszer-maradványt tartalmaznak, mint a biotermények. A gyümölcsök esetében volt a legnagyobb a különbség, a zöldségeknél valamivel csekélyebb. Ezen kívül az elemzések 30%-kal magasabb nitrátértéket, és 87%-kal magasabb nitrítértéket mutattak a hagyományos terményeknél. A magasabb nitrítérték azonban nem kívána-

tos az élelmiszerekben, mivel a szövetben ez a nitrogénvegyület daganatos megbetegedést okozó nitrózaminná változhat.

A bio-hagyományos csata évtizedek óta izzik, a mostani bizonyítékok azonban döntöek. A bioélelmiszer több egészséges összetevőt és kevesebb káros nehézfémeket és növényvédőszer-maradványt tartalmaz. Hogy miként hat ez konkrétan az egészségre, azt további táplálkozási vizsgálatokkal lehet kimutatni. A kutatók számára azonban a végkövetkeztetés kézenfekvő: ha bioélelmiszerral táplálkozunk, jól tesszük egészségünknek.

KÖNYVSZEMLE

DANIEL KOLLÁR–TIBOR KOLLÁR–JÁN LACIKA: Szlovákia – Családi és osztálykirándulások; Fordította: Vércse Miklós (Cser Kiadó, Budapest, 2013)

A Szlovákiában mostanában megjelent nagyszámú magyarellenes hangvétele kiadvány között szinte üdítőnek hat ez az idegenforgalmi célzatú zsebkönyvecske. A kötetet a szerzőtrío bevallottan is a szomszédba látogató magyar családoknak és osztálykiránduláson részt vevő gyerekeknek írta. Akik, kihasználva az uniós „határnélküliséget”, gyakran élnek is a lehetőséggel. Természetesen korábban is ezt tették, régi, vagy szocialista ferdítések-től hemzsegő útikalauzokra támaszkodva, szerencsésebb esetben felvidéki rokonok, ismerősök segítségét élvezve.

Színes kis kötetünk először rövid áttekintést nyújt az ország fekvéséről, politikai berendezkedéséről, történelméről, gazdaságáról, a természeti viszonyokról, a lakosságról és településekről, műemlékekről. Ezt követően kilenc fejezetre, fő és mellékégtájakra tagoltan mutatja be Szlovákia idegenforgalmi körzeteit, illetve azok nevezetességeit. E fejezetekhez áttekintő térképek, város- és turisztikai térképek és jó minőségű színes fotók tartoznak. Könyvük a hasznosságon túl arra is reményt ad, hogy a két nép viszonyában előbb-utóbb teret hódít az egymás iránti tisztelt, megbecsülés, jószomszédi viszony.

(-u-)

KRISKA GYÖRGY–GÁNÓCZY ANITA: Bogárnézős vizsgálatok – Növényvilág; (Flaccus Kiadó, Budapest, 2013)

Ha netán valaki nem venné észre a főcím folytatását: *növényvilág*, és e figyelmez-

tető tájékoztatás ellenére valami bogárvizsgálatokról szóló könyvre számít, nos talán még ő sem csalódik a szerzőpáros művében. Amit jómagam azzal a nosztalgiaival lapoztam végig, hogy szinte bele-sajdultam: de kár, hogy már nem vagyok gyerek! Mert gyerekként magam is összeszabáltam egy használható bogárnézőt (sőt mikroszkópot, fényképező masinát és diavetítőt is), de az csak funkcióját tekintve kerülhetett volna egy sorba azzal, amit a kötet, illetve közvetítésével a Flaccus Kiadó propagál.

A bogárvizsgáló egy nagyító eszköz, ami a lehető legegyszerűbb módon teszi lehetővé a természeti objektumok – ez esetben a növények vizsgálatát. Akinek nincs gyakorlata, segítsége abban, hogy mik is lehetnek a lehetséges objektumok (legalább is addig, amíg a rutinérzet ki nem alakul), feltétlenül támaszkodjon erre a kötetre. Két nagyszerű szerzője jókora tapasztalattal hívja fel a figyelmet a *mit és miként* kíváncsiság szülte kérdéseire. Ezt a kötetet még azoknak a gyerekeknek is kezébe adnám, akik a legszivárbabb környezetben élnek, és azoknak is, akik érdeklődésük bontakozását nem a biológia irányába terelgetik. Miért? Mert a könyv látni tanít, meglátni, észrevenni, megfigyelni. Ami univerzális hasznú képesség. Szellemi lenyomata pedig egy életre szóló viszonyulás: bölcsesség, türelem és szeretet a természet iránt.

Szili István

Kerékpártúrák

a Balaton környékén – Gazsi Szabolcs-Németh Balázs

a Bükkben – Benecz „Paraferee” Ferenc

a Kisalföldön – Simányi Frigyes

a Vértes és Gerecse környékén – Gazsi Szabolcs (Cser Kiadó, Budapest, 2014)

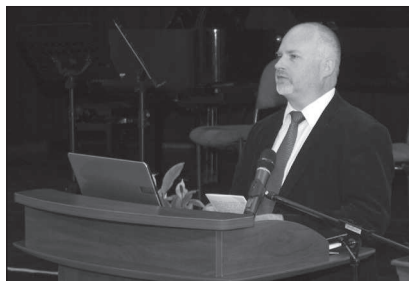
Négy kis kötet és megszámlálhatatlan élmény. Ami azokra vár, akik igénybe veszik és követik a szerzők látnivalókra vonatkozó útbaigazítását. Mert hol vagyunk már attól a világtól, amelyben és amikor ócska, de azért gurulni tudó, háborús ajándékként nálunk hagyott női kerékpárral átkarikáztam a szomszéd falu határáig (és vissza), és ettől anyám teljesen kikészült. Lehet mondani, azóta minden, de minden, talán még a két kerék is megváltozott. Főképpen azonban a kerékpárral járók hatótávolsága, és kerekezni vágyása. Sorra épülnek a kerékpárutak, de ahol még nincsenek, és főképpen oda, ahol valami látnivaló csoda rejtőzködik, beavatottként invitálnak bennünket a kötetek szerzői.

Mi tagadás: meg kell küzdeni (még szenvedni is) értük, de éppen ez az értelme, megszerzésének járható útja az életre szóló élményeknek. És, hogy a dolog azért minél kevesebb bajjal járjon, meg hogy a műszaki ismeretekben kevésbé járatos túrázó is átveszelhesse a technikai malőröket, „hasznos ismeretek” alcímmel, ugyanazon tartalommal bőséges eligazítást találunk mindegyik kötetben. Az igazi kalauzolás ezután kezdődik. A szerkesztés leleménye, hogy az úticélok, az ajánlott útvonalak más-más színnel jelölve kiemelten jelenítődnek meg, akárcsak a távolságok, szintkülönbségek és nehézségi fok adatai is. Már ennek alapján is eldöntheti a túrázni szándékozó, ki akarja-e próbálni magat a nevezett útvonalon. Mindezt vázlatos térképek, diagramok egészítik ki, és jól fotózott képek a látnivalók javáról. Bizvást mondhatom, e teljesen aktuális tartalmú köteteket nemcsak a kerékpárosok, hanem a gyalogos túrázók, kirándulók is hasznosan forgathatják. Talán még ahhoz elegendően is, hogy egyszer nyeregbe üljenek.

(ulmarius)

Simonyi Károly Emlékülés Sopronban

A Nyugat-magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Kara 2013 őszén vette fel Simonyi Károly nevét. Június 27-én, a diplomaátadó napján koszorúzással és emléküléssel tisztelgett névadója előtt a kar. A rendezvényre meghívást kaptak a professzor egykori munkatársai, tanítványai, tisztelői és családtagjai.



Alpár Tibor megnyitja az emlékülést

A kar olyan tudóst köszöntött – *Pálinkás József* szavaival – akit „nem elsősorban tudománystatisztikai adatok minősítenek, hanem letisztult, örök érvényűt alkotó és formáló látásmódja. Akinek életműve született, akinek egészét látó és láttató fizikai gondolkodása, széles műveltsége megvilágító erejű.”

Megnyitó beszédében *Alpár Tibor*, a kar dékánja elmondta, mi indokolta a kar nevének megváltoztatását és a Simonyi Károly név felvételét.



A hallgatóság

„A névfelvétel mindenekelőtt kifejezi azt, hogy őrizzük múltunk értékeit, nagyra becsüljük régi professzorainkat, az ő teljesítményeiket, és közülük választjuk példaképeinket. Simonyi Károly professzor neve a karon jelenlevő többféle szakterület – műszaki, informatikai, művészeti - együttlétét egyértelműen hitelesíti, mint ahogy hazai

Simonyi Károly – a név kötelez

A Nyugat-magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Kara 2013. október elsejétől a *Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar* nevet viseli. A névfelvétel kapcsán az első ünnepséget Simonyi Károly születésnapjához kapcsolódóan, 2013. október 21-én rendezték meg a kar Fizika és Elektrotechnika Intézetében, ahol egykori tanítványok is felidéztek vele kapcsolatos emlékeiket, majd a résztvevők megkoszorúzták az intézet folyosóján levő, 2001-ben felavatott emléktáblát.

A következő ünnepségre 2014. június 27-én került sor, amikor a kar először adott át diplomákat Simonyi Károly Kar néven. Erre az ünnepségre sokan kaptak meghívást a családból, a Magyar Tudományos Akadémiáról, a szakmai körökből.

A kar dékánja, *Alpár Tibor* a rendezvény megnyitójában a következőket mondta:

„Őszinte örömmel és meghatottsággal köszöntöm itt Önöket, akik megtisztelték karunkat, hogy résztvesznek rendezvényünkön: a Simonyi családot, professzor úr egykori munkatársait, tanítványait, barátait, tisztelőit. Külön köszönöm, hogy a soproni Kitaibel Pál Természettudományi Asztaltársaság tagjai közül ilyen sokan eljöttek. A társaság – amely 1934-es alapítása óta a város szakmai intelligenciájának jeles személyiségeiből állt – a mai napig működik, s soproni tartózkodása idején ennek tagja volt Simonyi Károly is.

Karunk, a Faipari Mérnöki Kar, 1952-ben született, és általa született meg az Erdészeti Főiskolából az Erdészeti és Faipari Egyetem. Az elmúlt időszakban mind az egyetem, mind a kar komoly fejlődésen ment keresztül. Különleges ez a mai alkalom, hiszen a bő 50 éves múltra visszatekintő Faipari Mérnöki Kar utódaként ma délután adunk át először diplomákat Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Karként.

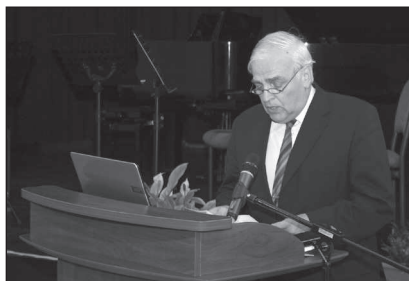
Rektor úrral levélben kértem özevgy Simonyi Károlynétól a névfelvétel lehetőségét, amelyhez a család őszinte biztatással járult hozzá, amit itt is hálásan köszönök a karunk oktatói és hallgatói nevében.

Ezt követően a Kari Tanács előterjesztésére az egyetem szenátusa egyhangú támogatásával a kar neve 2013. október 1-től megváltozott. Ez azonban nem pusztán egyszerű névváltoztatás. Sok éves előkészítő munka van mögötte, és a fokozatos fejlődésen alapul. A Faipari Mérnöki Kar történetének 50 éve alatt az oktatási profil



Alpár Tibor, a kar dékánja megkoszorúzza Simonyi Károly emléktábláját

Az emlékezők



Pap László



Vajta László



Simonyi Ernő



Csurgayné Ildikó



**Galavicsné
Lázár Magdolna**

olyannyira kiszélesedett és az új területeken is olyan komoly értékek teremtődtek, hogy ezek megjelenítése a kar nevében már nem várhatóan magára tovább.

Műszaki területen 4 alap- és 3 mesterszakon, művészeti területen szintén 3 alap- és 3 mesterképzési szakon, informatikai területen pedig 1 alapszakon és ennek folytatását jelentő mesterszakon zajlik karunkon oktatás, összesen mintegy kilencszáz hallgatóval.

A kar nevében a kiemelt műszaki megnevezés a több mint négyötöd arányban oktatott műszaki és informatikai szakokra utal, amelyek a hagyományos faipar mellett a mechatronika, az ipari termék- és formatervező mérnök, a műszaki menedzser és a gazdaságinformatikus. A kar évek óta stratégiája egyik alappillérenek tekinti a régió műszaki felsőoktatási és kutatási hátterének mind szélesebb körű, és megalapozott biztosítását.

Az *Alkalmazott Művészeti Intézetünk* – mely a művészeti szakokat, a formatervező művészt, az építőművészt és a tervezőgrafikust gondozza – idén ünnepli fennállásának 20. évfordulóját. Az eltelt két évtized alatt olyan rangot sikerült kivívnia magának a művészeti oktatásban, hogy pl. a HVG 2009-es rangsorában a 8 vizsgált művészeti felsőoktatási intézmény között a legelkelőbb, első helyen végzett. Ennek a helyezésnek, és sok, nemzetközi szinten is kimagasló sikernek a folyománya, hogy a művészeti területet meg akartuk jeleníteni a kar nevében is.

A „*faanyagtudomány*” szó megjelenítése a kar nevében többszörösen is indokolt, de mindenekelőtt az országosan egyedi képzés nevesítését szolgálja. A „*faanyagtudományi*” jelző a korábbi „*faipari*” megnevezéssel szemben utal a legmagasabb szintű, doktori (PhD) képzés jelenlétére is.

A Simonyi Károly név felvétele azonban – bár a hivatalos nevet még hosszabbá teszi – sok mindent megkönnyít, és mélységében, tartalmában is sokat tesz hozzá a kar nevének értelmezéséhez. Mindenekelőtt kifejezi azt, hogy őrizzük múltunk értékeit, nagyra becsljük régi professzorainkat, az ő teljesítményeiket, és közülük választjuk példaképeinket.

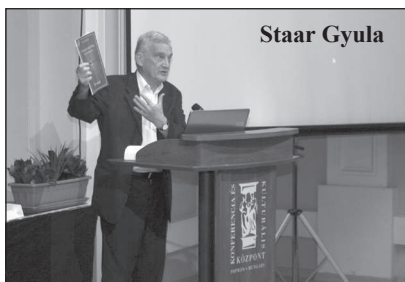
Simonyi Károly professzor neve a karon jelenlevő többféle szakterület együttlétét egyértelműen hitelesíti, mint ahogy hazai és nemzetközi viszonylatban is elismert kiemelkedő műve, „*A fizika kultúrtörténete*” is kiváló példáját adja a természettudomány és kultúra, a műszaki és művészeti világ egységének. Simonyi Károly 1948–52 között dolgozott Sopronban, s a kar Fizika és Elektrotechnika Intézetének jogelődjében megépített részecskegyorsító elismeréseként kapott Kossuth-díjat 1952-ben.

Simonyi kiemelkedő tudóstánár volt, aki mintegy négy évtizeden át közvetlenül alakította és művein keresztül máig is alakítja a magyar mérnök-generációk szemléletét. 1985-ben így emlékezett az itt töltött időkre: „Életem legeredményesebb és ugyanakkor legboldogabb időszaka az a fél évtized volt, amit Sopronban töltöttem”.

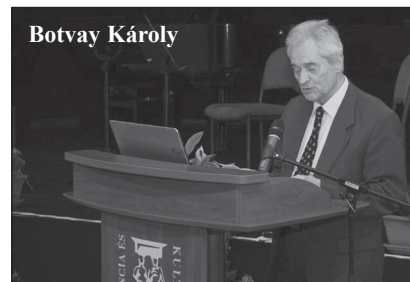
Simonyi Károly mindvégig nagyra tartotta a soproni tudományos életet. Erről egyik interjúban így nyilatkozott: „Tárczy-Hornoch Antallal, a soproni egyetem geodéziai és bányaméréstani tanszékének vezetőjével folytatott beszélgetésünk nagyban hozzájárult ahhoz, hogy megpályáztam a kar fizika-elektrotechnika tanszékének vezetői állását. A tanszékét időközben kettéosztották, Kovács István lett a fizika tanszék vezetője, én az elektrotechnikáé. Megdöbbentett, mennyire erős fakultás a soproni, milyen színvonalas munkát végeznek a kutatók. Sopronban 1948-1952 között dolgoztam, ahol Tárczy-Hornoch Antalton kívül olyan világszerte ismert szakemberek oktattak, mint Boleman Géza, Verő József, Mika József és mások. Budapestről érkezvén is azt éreztem, nagyon-nagyon rá kell kapcsolnom, ha méltó akarok lenni a karon végzett munka színvonalához.”

Úgy gondolom, nekünk ezt megfordítva kell értelmeznünk és célul kitűznünk: szeretnénk, ha a karon végzett munka színvonalában méltó lehetne Simonyi Károly életművéhez.

Ezekkel a gondolatokkal a Simonyi Károly Emlékülést megnyitom.”



Staar Gyula



Botvay Károly

és nemzetközi viszonylatban is elismert kiemelkedő műve, „A fizika kultúrtörténete” is kiváló példáját adja a természettudomány és kultúra, a műszaki és művészeti világ egységének.”

Pap László akadémikus, villamosmérnök a Magyar Tudományos Akadémia képviseletében köszöntötte a résztvevőket. Feltette a kérdést: „Ki is volt Simonyi Károly?”, majd meg is válaszolta:

„Ideális tanár volt, a tudomány templomának papja. Volt mire szerénynek lennie, sokaknak kellene ebben követnie őt. Bölcs volt, aki alacsony társadalmi körből küzdötte fel magát, de ez sohasem látszott rajta. Szigorú és igényes volt magával és a környezetével szemben is. A világot holisztikusan közelítette meg, híd volt a nagy műveltségi területek között. Általában szerelme volt annak, amit az ember alkotott.”

Vajta László, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karának dékánjaként azt az intézményt képvisel-



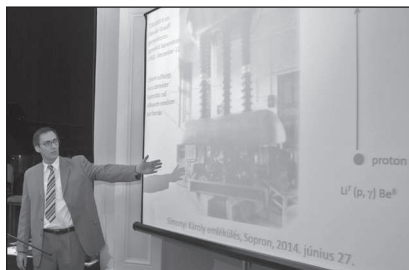
Akik komolyzenével gyönyörködtettek: Albert Sassmann, Arvayné Nezvald Anett, Kóczán Péter és Maróth Bálint

mutatója korrajzot és egyben jó áttekinthetést adott a szövevényes családi kapcsolatokról, melyek keretet és háttérrel adnak a Simonyi-életmű megértéséhez. A családtagok szerint a kar névválasztásával ha-zaérkezett az Egyházasközpontban született Simonyi Károly.

Ezt követően Csurgayné Ildikó, a Pázmány Péter Katolikus Egyetem

Simonyi Károly munkáját. Hangsúlyozta: Simonyi Károly gyakran emlegette a soproni évek történéseit, mindig szeretettel beszélt itteni munkatársairól és élete végéig hű maradt dunántúli gyökereihez. Nem csupán az ember alkotásainak volt szerelme; szerette és csodálta azt is, amit a természet alkotott. Idős professzorként például az ablakpárkányán nevelt palántákból termesztett tökök a svábhegyi kertjében.

A név megkülönböztet és kötelez. Több emlékező is hangsúlyosan beszélt erről. Galavicsné Lázár Magdolna, Egyházasközpont általános iskolájának igazgatója is ezt emelte ki, amikor elmondta, hogyan ápolják az iskolában a nagy professzor és tudós emlékét. A szülőfalu általános iskolája – akárcsak egy pécsi szakiskola – 2004-ben vette fel Simonyi Károly nevét. „Névodónk a könyvekben rejlő tudást azért tudta megszerezni, mert a világról mindig mindent tudni akart. Úgy gondolta, hogy a fiatalságban rejlik az a fajta kíváncsiság, amely a kreativitás zá-



Az előadók: Dívós Ferenc

te, ahol Simonyi Károly életének meghatározó részét töltötte. Simonyi Károly a Műegyetemen is hihetetlen örökséget hagyott hátra. Vajta László köszöntőjében kiemelte a példaképek szerepét a mai világban. Elmondta, nagy elismerés egy tudós számára, amikor a neve rövidítésé válik. „Őszintén remélem, hogy hamarosan az itt végzett hallgatók csak így fognak majd válaszolni arra kérdésre, hogy hova jártak egyetemre: Simonyis voltam” – fejezte be a dékán.

A köszöntőket követően visszaemlékezésekre került sor. Az emlékezők apró mozaikokból raktak össze egy átfogó képet Simonyi Károlyról, ami más volt és több volt, mint egy életrajz.

Az első visszaemlékező Simonyi Ernő Károly volt, aki a családi kötődés mellett villamosmérnökként is kapcsolódik Simonyi Károly életművéhez. Ő a népes családból az egyetlen, aki egyetemi indexében őrzi nagybátyja aláírását. Képekkel illusztrált részletes családtörténeti be-

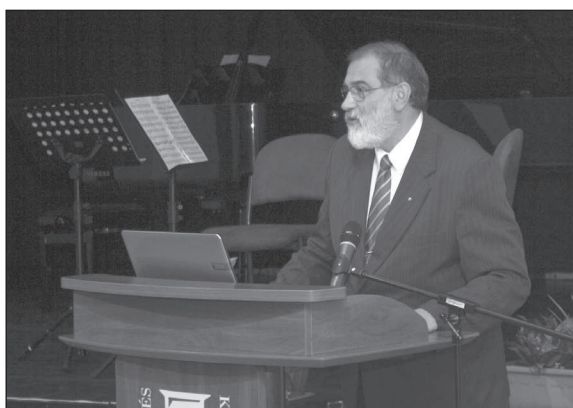


Kostka Pál

(A felvételeket Szeles Péter készítette)

Információs Technológiai Karának címzetes egyetemi docense emlékezett. Neve nehezen lenne elválasztható Simonyi Károlyétól: ő a Simonyi-hagyaték kezelője, és közvetlen munkatársaként a magyar szellemi élet egyik legnagyobb alkotásának tartott „A fizika kultúrtörténete” című könyv megírásában is végig segítette

Faragó Sándor, az egyetem rektora bezárja az emlékülést



Somorjai Endre

loga. Maga elé magas mércét állított, kitartóan, szigorúan és fegyelmezetten élt és dolgozott. Ezt a példát állítjuk a gyerekeink elé.”

Staar Gyula, a Természet Világa főszerkesztője több interjút is készített Simonyi Károllyal, amelyek aztán az egész Simonyi-életművet jól bemutató kötetként is megjelentek. Visszaemlékezett a kezdetekre, hogyan indult a kapcsolata Simonyi Károllyal, s hogyan lett barátság a riporter-riport-alany kapcsolatból. Elmondta azt is, hogy Simonyi Károly nem szerette a hangzatos elismeréseket, egynek viszont kifejezetten örült: „1995-ben a Fővárosi Szabó Ervin Könyvtárban megrendezték a rongyos könyvek kiállítását. Azokét a könyveket, melyekből a könyvtárnak már csak egy példánya van, ezért nem kölcsönözhetők, szó szerint rongyossá olvasták őket. A bemutatott művek között ott volt A fizika kultúrtörténete című könyv is.” Az emlékezést Staar Gyula Kassák Lajos: Jó így című versével zárta, melyet nem véletlenül őrzött meg Simonyi Károly, saját kézírásával.

Simonyi Károly mindig szót emelt a természettudományos és a humán kultúra szétválasztása ellen. Ebben a tekintetben barátjához, Németh László íróhoz hasonlóan gondolkodott. Ismerte és szerette a klasszikus zenét, soprani évei alatt munkatárjaival gyakran rendeztek közös zenehallgatási esteket. Ezeket az esteket néha közreműködött gyerekként *Botvay Károly*, akinek édesapja egyetemi tanárként Simonyi Károly munkatársa volt, s aki ma Kossuth- és Liszt-díjas csellóművész, akadémikus, a Budapesti Vonósok művészeti vezetője. Visszaemlékezésében felidézte, milyen volt a nagy professzorok – polihisztorok – közelségében felnőni, az ő értékrendjüket fiatalon megismerni.

Beszélt Simonyi Károlynak a komolyzenehez való elmélyült vonzódásáról és emberségéről. A megemlékezést követően a közönség is részesült az igényes zenehallgatás élményében. Felcsendült Johannes Brahms: Rondo alla Zingarese az op. 25-ös g-moll zongoranégyesből *Árva né Nevald Anett* (hegedű), *Kóczán Péter* (brácsa), *Maróth Bálint* (gordonka) és *Albert Sassmann* (zongora) előadásában.

A zene után az emlékülés a nemzetközileg is elismert tudós munkája előtt tisztelegve tudományos programmal folytatódott, áttekintést adva 1951-től napjainkig a magyarországi gyorsítók történetéből. *Divós Ferenc*, a Simonyi Károly Kar egyetemi tanára a Sopronban 1951-ben megépült gyorsítót

mutatta be, majd *Kostka Pál*, a Magyar Tudományos Akadémia Wigner Fizikai Kutatóközpont tudományos munkatársa (Simonyi Károly egykori munkatársa) a KFKI-ban megépített – második generációs – gyorsítókról tartott előadást. Végül a tudományos program utolsó előadója *Somorjai Endre* emeritus professzor volt Debrecenből, az MTA Atommagkutató Intézetéből. Ő az 1954–2014 között Debrecenben megépített részecskegyorsítókról beszélt.

Az emlékülés zárásaként Faragó Sándornak, a Nyugat-magyarországi Egyetem rektorának összegző gondolatait hallhatták a résztvevők.

WESZTERGOM VIKTORNÉ

A TIT Kalmár László Matematika Verseny meghirdetése

A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat a 2014/2015. tanévre is meghirdeti a TIT KALMÁR LÁSZLÓ MATEMATIKA VERSENYT. Ez sorrendben a negyvennegyedik verseny, mely Magyarország legrégebbi iskolai matematika versenye.

A verseny célja: A matematikai tudományos ismeretek terjesztése, a matematika népszerűsítése, matematika tehetséggondozás. A matematika ismeretének és alkalmazásának hangsúlyozása a társadalomban, a gazdasági életben, az egén személyes boldogulásában. Felkészíteni a tanulókat a matematika tantárgyi alapú továbbtanulásra és a későbbi pályaválasztásra. A tanulók problémamegoldó képességének, kreativitásának összehasonlítása 3-8. osztályosok körében, matematikai tudás mérésének lehetősége objektív eszközök segítségével. A sportszerű verseny és küzdelem népszerűsítése.

A verseny rendszere: a verseny háromfordulós: helyi, megyei és országos szervezésű.

1. Helyi első fordulót az iskolák házi verseny keretében szervezhetnek, melyet öntevékeny módon, a korábbi évek tapasztalataira építve, a megyei forduló rendezőivel egyeztetve javasolunk lebo-

nyolítani. A forduló feladatait a helyi tanárok állítják össze. Helyi, házi verseny megszervezése nem feltétele a megyei/területi döntőn való részvételnek. Időpontja: 2014. február hónap.

2. Megyei/területi döntő, melyeket a verseny szervezői helyben valósítanak meg. Az Egyesületek versenyszervezési szándékát kérjük, hogy 2015. január 16-ig jelezzék a titkarsag@titnet.hu mail címen. A megyei döntő lebonyolításáról a szervezőkkel /TIT Egyesület, Alapítvány/ írásos megállapodást kötünk.

Megei döntő időpontja: **2015. április 11. /szombat/ délelőtt 11 óra.**

A megyei döntő nevezési díja Magyarországon egységesen **1200 Ft**, melyet a verseny szervezője közvetlenül szed be a résztvevőktől és abból a helyi forduló lebonyolításának és az elkészült feladatok kijavításának költségeit fedezi.

A helyi javítás után a versenyzők dolgozatát kérjük továbbítani a versenyközponthoz, ahol azok egy megadott pontszám felett újra javításra kerülnek.

3. Országos döntő, melyet a versenyközpont szervez Budapesten, ahová évfolyamonként a legtöbb pontot elért, legjobb teljesítményt nyújtó versenyzőket hívjuk be.

A döntőn a versenyzőnek a részvétel ingyenes, kísérők számára önköltséges.

Időpontja: 2015. május 29-30.

/péntek délután és szombat délelőtt/ két feladat fordulóval, melynek eredményét összesítve alakul ki a végleges sorrend.

A verseny nyertesait tárgyjutalommal és oklevéllel díjazzuk. A nyertes diákok felkészítő tanárai is elismerést kapnak.

Általános tudnivalók: a verseny mindhárom fordulójában elektronikus segédeszközök és külső segítség igénybevétele nem lehetséges.

A versenyre való felkészülést a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat folyóirataiban – *Élet és Tudomány* hetilap, *Természet Világa* havilap – megjelenő írásai és honlapjai segítik.

A versenyről folyamatosan informáljuk az érdeklődőket a www.titkalmazmatematika.hu portálon.

A XLIV. TIT KALMÁR LÁSZLÓ MATEMATIKA VERSENNYEL kapcsolatban további információ kérhető a titkarsag@titnet.hu címen és a fenti címen, telefonszámon.

Eredményes versenyzést és sikeres lebonyolítást kívánunk.

Budapest, 2014. augusztus 15.

Piróth Eszter
igazgató

XXIII. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

A Koch-féle görbéről, a Koch-féle hópehelyről és a Koch-féle négyzetről

FOLTÁNYI FLÓRA

Révai Miklós Gimnázium, Győr

Niels Fabian Helge von Koch (1870–1924) svéd matematikus a leírója az egyik legkorábbi fraktálgörbének, az ún. „Koch-féle hópehelynek”. (Itt jegyzem meg, hogy a sok helyen Helge von Koch néven szereplő matematikus nem nő, hanem férfi.)

Fraktáloknak nevezzük az önhasonló halmazokat. Magát a fraktál szót *Benoît Mandelbrot* (1924–2010) matematikus vezette be 1975-ben a latin „fractus”, azaz „töredezett” szó alapján.

Az önhasonló dolgokat a világhírű *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646–1716) polihisztor tudós, matematikus vezette be, ezek aztán feledésbe merültek, amíg *Karl Weierstrass* (1815–1897) és Niels Helge von Koch munkáiban ismét meg nem jelentek.

Helge von Koch svéd nemesi család sarjaként született 1870. január 25-én Stockholmban. Nagyapja, *Nils Samuel von Koch* (1801–1881) Svédország igazságügyi minisztere volt. Édesapja, *Richert Vogt von Koch* (1838–1913) a Királyi Lovassági Gárda alezredese és regényíró, míg édesanyja *Agathe Henriette Wrede af Elimä*. Helge von Koch szülei 1865-ben házasodtak össze. Niels Helge von Kochnak két testvére volt, a zeneszerző *Sigurd von Koch* és a szociálpolitikus *Gerard Halfred von Koch*.

1887-ben nyert felvételt az akkor újonnan alapított Stockholmi Egyetemre, ahol többek között a kor híres matematikusa, *Gösta Mittag-Leffler* (1846–1927) is tanította. 1888-ban az Uppsalai Egyetemre iratkozott be, és itt szerezte meg diplomáját, mivel a Stockholmi Egyetem még nem kapott akkoriban jogot dip-



Niels Fabian Helge von Koch
(1870–1924) [14]

loma kibocsátására. Szintén Uppsalában szerezte meg doktori címét 1892-ben. A doktori disszertációja két cikkben jelent meg. Az egyik: „*Sur une application des déterminants infinis à la théorie des équations différentielles linéaires*” (A végtelen determinánsok egy alkalmazásáról a lineáris differenciálegyenletek elméletében) az *Acta Mathematica* folyóiratban jelent meg 1891-ben, míg a másik: „*Sur les déterminants infinis et les équations différentielles linéaires*” (A végtelen determinánsokról és a lineáris differenciálegyenletekről) ugyanitt 1892-ben.

E dolgozatok alapján docensi állást kapott. 1893-ban feleségül vette *Signe Sofia Charlotta Neijbert*.

1905-ben a stockholmi Swedish Kungliga Tekniska Högskolan (Svéd Királyi Műszaki Egyetem) kinevezett matematikaprofesszora lett.

A Koch-féle görbe bevezetése 1904-ben a következő cikkében történt: „*Sur une courbe continue sans tangente, obtenue par une construction géométrique élémentaire*” (Egy érintő nélküli folytonos görbéről, egy elemi geometriai konstrukció segítségével). E cikkben egy olyan folytonos görbe előállítására adott elemi geometriai módszert, amelynek egyik pontjában sincsen érintője, azaz maga a függvény egyetlen pontban sem differenciálható, habár minden pontban folytonos.

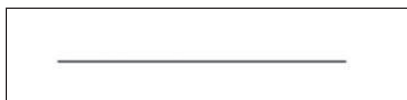
Mindenhol folytonos, de sehol sem differenciálható függvényre először 1872. július 18-án mutatott nyilvánosan példát *Karl Weierstrass* nagy német matematikus a Királyi Porosz Tudományos Akadémián a végtelen sorok elméletére alapozva. *Bernard Bolzano* (1781–1848) korábbi példáját nem tudta publikálni. Később *Geőcze Zoárd* (1873–1916) magyar matematikus is konstruált olyan függvényt, amely minden pontban folytonos, de egyetlen pontban sem differenciálható. [13]

Niels Helge von Koch egy másik, 1906-os cikkében folytatja a témát, részben megismételve a korábbi cikkét: „*Une méthode géométrique élémentaire pour l'étude de certaines questions de la théorie des courbes planes*” (Egy elemi geometriai módszer a síkgörbék elméletének bizonyos kérdéseinek tanulmányozásához).

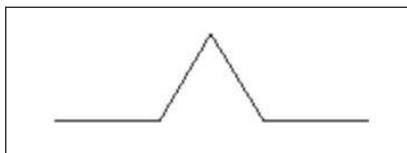
Koch 1910-ben a Svéd Tudományos Akadémia tagja lett, majd 1911-ben a Stockholmi Egyetemen az elméleti matematika professzora. Több írása megjelent a számelmétről. Niels Helge von Koch 1924. március 11-én hunyt el a svéd felföldi Danderydben. (Az életrajzi adatok [14,15,16,17] alapján.)

A Koch-féle görbéről

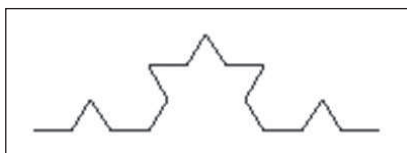
Helge von Koch 1904-ban publikálta először, majd 1906-ban másodszor a Koch-féle görbét, amelynek meghatározása a következőképpen történhet. Vegyünk egy egységnyi hosszúságú szakaszt (1. ábra), majd a szakasz középső harmadát egy szabályos háromszög alapjának fogjuk fel, ráépítjük a szabályos háromszöget, és töröljük az alapját. Így egy négy kis szakaszból álló törött vonalat kapunk (2. ábra), amelynek szakaszai 1/3 hosszúságúak. Majd a következő lépésben az előző kis szakaszokat harmadoljuk el, s mindegyiknek a középső harmadára helyezünk egy 1/9 oldalhosszú szabályos háromszöget, majd töröljük a középső harmadánál levő szakaszt. Ekkor kapjuk a 3. ábrát. S a folyamatot így folytatjuk tovább a végtelenig (4-7. ábra). Ennek eredményeképpen kapjuk a Koch-féle görbét.



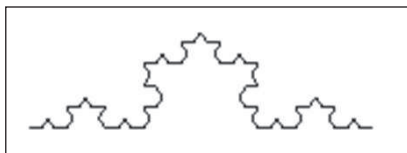
1. ábra. $k = 0$ -ra



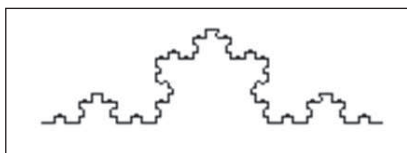
2. ábra. $k = 1$ -re



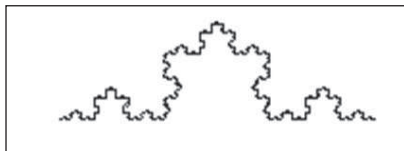
3. ábra. $k = 2$ -re



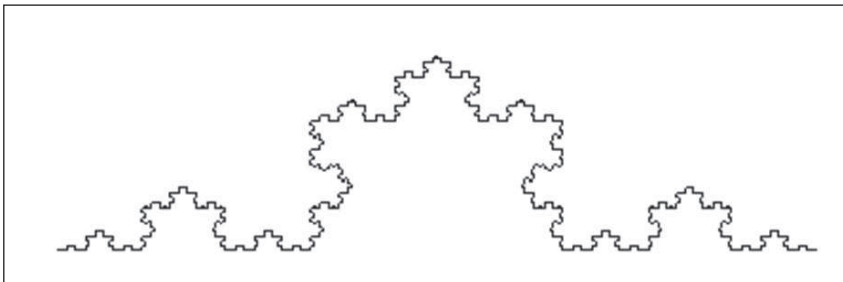
4. ábra. $k = 3$ -ra



5. ábra. $k = 4$ -re

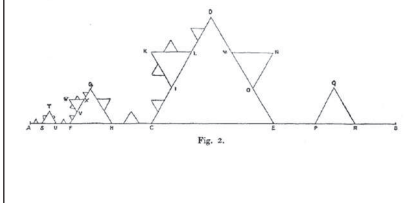
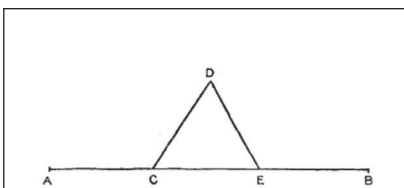


6. ábra. $k = 5$ -re



7. ábra. A 6. ábra kinagyítva ($k = 5$)

Helge von Koch két ábrájának reprodukciója a [6] cikkének 149. oldala alapján:



Csirmaz László szemléletes bizonyítást mutat arra, hogy a Koch-féle görbe egyetlen pontjába sem húzható érintő, tehát egyetlen pontjában sem differenciálható e függvény [1].

Itt jegyezzük meg, hogy Koch [5,6] cikkeiben csak a Koch-féle görbével kapcsolatos rajzok találhatóak, de a Koch-féle hópehely rajza egyik cikkében sem szerepel.

A Koch-féle hópehelyről

A Koch-féle hópehely egy végtelen hosszúságú zárt görbe, amely a sík egy véges tartományát fedi le, ezáltal egy véges területet körülhatárolva. Ennek a bámulatos görbének az iterációs szerkesztése igen könnyen leírható.

Vegyünk egy egységnyi oldalhosszúságú szabályos háromszöget (8. ábra). Osszuk fel minden oldalát 3 egyenlő részre, majd a középső részeket eltávolítva, helyettesítsük ezeket 1/3 egységnyi oldalhosszúságú szabályos háromszögekkel (9. ábra). Ezen háromszögek oldalait ismét harmadoljuk, majd a középső harmad eltávolítása után, 1/9 egységnyi oldalhosszúságú szabályos háromszögeket helye-

zünk az eltávolítottak helyére (10. ábra). Ezen művelet végtelen számú ismétlésének eredményeként létrejön a „Koch-féle hópehelynek” nevezett zárt görbe (11-14. ábra).

A Koch-féle hópehelyt úgy is felfoghatjuk, hogy három Koch-féle görbét megfelelő módon összeillesztünk.

A Koch-féle hópehely kerületének, illetve területének vizsgálatához bevezetjük a következő jelöléseket. Az n -edik lépés után:

- N_n = az oldalak száma
- a_n = az egyes oldalak hossza
- K_n = a kerület hossza $N_n a_n$,

$n \geq 0$ egész szám esetén.

Így $a_0 = 1, N_0 = 3, K_0 = N_0 a_0 = 3 \times 1 = 3$.

Nyilvánvaló, hogy minden egyes lépésnél az oldalak száma a 4-szeresére nő. Ez abból adódik, hogy ha egy háromszöget helyezünk az egyik oldal középre, akkor az oldalak száma 1-ről 4-re nő, mivel az eredeti oldalt három részre osztottuk, a közepét kidobtuk, és a behelyezett szabályos háromszögnek 2 oldalát tartjuk meg.

Mivel $N_0 = 3$, ezért $N_n = 3 \cdot 4^n$, ahol $n = 0, 1, 2, \dots$

Ebből adódik, hogy minden egyes lépéssel az oldalhossz 1/3-ára csökken.

Mivel $a_0 = 1$, ezért

$$a_n = 1 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^n = \frac{1}{3^n}, \text{ ahol } n = 0, 1, 2, \dots$$

Ily módon a kerület n lépés után

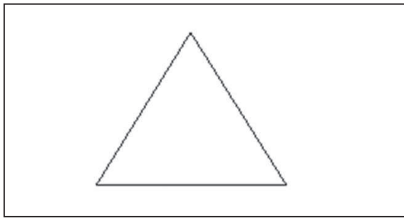
$$K_n = N_n a_n = 3 \cdot 4^n \cdot \frac{1}{3^n} = 3 \cdot \left(\frac{4}{3}\right)^n$$

adódik. Legyen K a Koch-féle hópehely kerülete, így

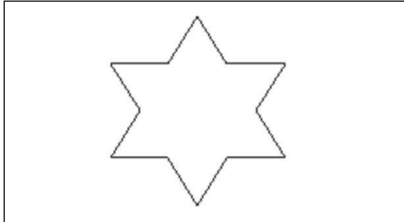
$$K = \lim_{n \rightarrow \infty} K_n = \lim_{n \rightarrow \infty} 3 \cdot \left(\frac{4}{3}\right)^n$$

ismert tétel, hogy ha $n \rightarrow \infty$, akkor $q^n \rightarrow \infty, q > 1$ esetén.

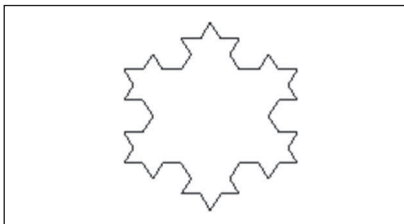
A Koch-féle hópehely azon meglepő tulajdonságát bizonyítottuk be, hogy a kerülete végtelen hosszú.



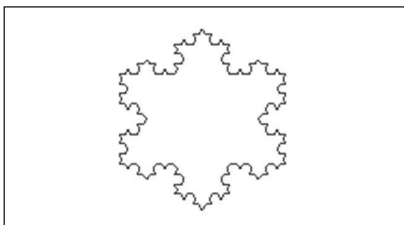
8. ábra. $k = 0$ -ra



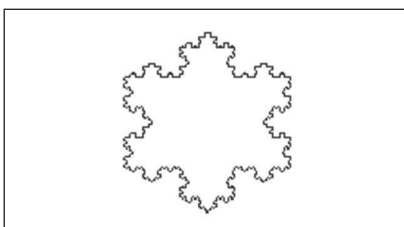
9. ábra. $k = 1$ -re



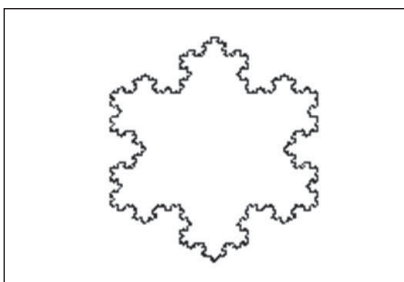
10. ábra. $k = 2$ -re



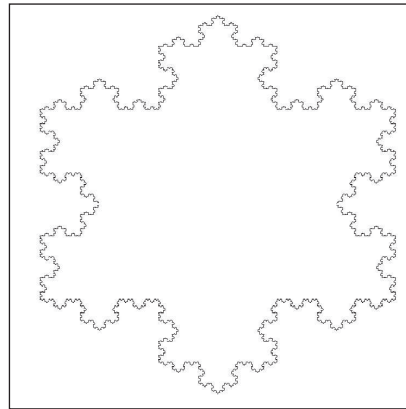
11. ábra. $k = 3$ -ra



12. ábra. $k = 4$ -re



13. ábra. $k = 5$ -re



14. ábra. A 13. ábra nagyítva ($k = 5$)

Térjünk rá a Koch-féle hópehely területének a kiszámítására. Vajon véges vagy végtelen lesz a területe?

Az egyre kisebb háromszögek használata minden egyes lépésnél egy mindinkább „fodros” görbét eredményez, mint amilyen a kelkáposzta levele.

Kezdetnek számítsuk ki az a_n oldalhosszúságú szabályos háromszög t_n területét.

Ismert, hogy az a_n oldalú szabályos háromszög magassága

$$m_n = a_n \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

(Ezt könnyen igazolhatjuk a Pitagorasz-tétel segítségével.) Tehát az a_n oldalú szabályos háromszög területe:

$$t_n = \frac{a_n^2 \sqrt{3}}{4}.$$

Így, ha T_n az n -edik lépés után a Koch-féle sokszög területe, akkor

$$T_0 = t_0 = \frac{\sqrt{3}}{4}.$$

Minden egyes lépéssel növeljük a körülhatárolt terület nagyságát; például T_{n-1} -ről T_n -re $3 \cdot 4^{n-1}$ darab

$$a_n = \frac{1}{3^n}$$

oldalhosszúságú szabályos háromszög hozzáadásával. Az $n = 1$ esetén a területet T_0 -ról T_1 -re növeljük 3 szabályos háromszög hozzáadásával, amelyek oldala így $a_1 = 1/3$ hosszúságú. Minden egyes hozzáadott háromszög területének nagysága így

$$\begin{aligned} t_n &= \frac{a_n^2 \sqrt{3}}{4} = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot a_n^2 = \\ &= \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \left(\frac{1}{3^n}\right)^2 = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{1}{9^n} \end{aligned}$$

tehát

$$\begin{aligned} T_n &= T_{n-1} + 3 \cdot 4^{n-1} \cdot t_n = \\ &= T_{n-1} + 3 \cdot 4^{n-1} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{1}{9^n} = \\ &= T_{n-1} + \frac{\sqrt{3}}{4} \left[\frac{3 \cdot 4^{n-1}}{9^n} \right]. \end{aligned}$$

Vagyis

$$\begin{aligned} T_n &= T_{n-1} + T_0 \frac{3 \cdot 4^{n-1}}{9 \cdot 9^{n-1}} = \\ &= T_{n-1} + T_0 \cdot \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^{n-1}. \end{aligned}$$

A T_n kifejezésbe az első néhány $n \geq 1$ értéket behelyettesítve kapjuk, hogy

$n=1$ -re:

$$T_1 = T_0 + T_0 \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^0 = T_0 \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^0 \right];$$

$n=2$ -re

$$T_2 = T_1 + T_0 \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^1 = T_0 \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^0 \right] + T_0 \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^1,$$

vagy

$$T_2 = T_0 \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^0 + \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^1 \right],$$

$n=3$ -ra

$$T_3 = T_0 \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^0 + \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^1 + \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^2 \right].$$

Általánosítva, teljes indukcióval kaphatjuk, hogy:

$$\begin{aligned} T_n &= T_0 \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^0 + \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^1 + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^2 + \dots + \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^{n-1} \right]. \end{aligned}$$

Vegyük most ennek a határértékét $n \rightarrow \infty$ esetén, és megkapjuk a Koch-féle hópehely területét.

$$T = \lim_{n \rightarrow \infty} T_n =$$

$$\begin{aligned} &T_0 \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^0 + \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^1 + \frac{1}{3} \left(\frac{4}{9}\right)^2 + \dots \right] \\ &= T_0 \left[1 + \frac{1}{3} \left[\left(\frac{4}{9}\right)^0 + \left(\frac{4}{9}\right)^1 + \left(\frac{4}{9}\right)^2 + \dots \right] \right], \end{aligned}$$

azaz

$$T = T_0 \left[1 + \frac{1}{3} \left[1 + \left(\frac{4}{9}\right)^1 + \left(\frac{4}{9}\right)^2 + \dots \right] \right]$$

A kapcsos zárójelben lévő kifejezés egy végtelen mértani sor, és mint tudjuk

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \frac{a_1}{1-q}, \text{ ha } |q| < 1.$$

Ha ebbe a képletbe behelyettesítjük a $q = 4/9$ -et és az $a_1 = 1$ -et (a mértani sor első elemét), akkor a következő határértéket kapjuk:

$$T = \lim_{n \rightarrow \infty} T_n = T_0 \left[1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{1 - \frac{4}{9}} \right] = \frac{8}{5} T_0.$$

Azt kaptuk, hogy a Koch-féle hópehely területe

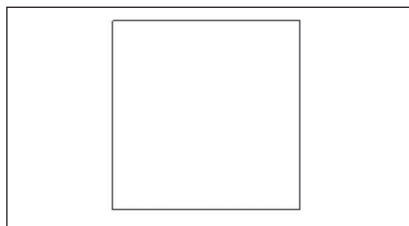
$$T = \frac{8}{5} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} = \frac{2\sqrt{3}}{5}.$$

Megállapíthatjuk, hogy a végtelen kerületű Koch-féle hópehely területe véges.

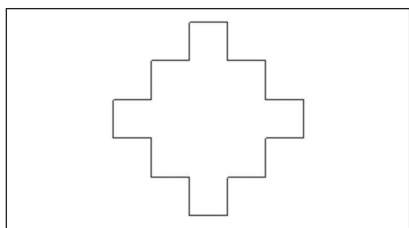
A kezdeti szabályos háromszög T_0 területéből kiindulva $n \rightarrow \infty$ esetén a Koch-féle hópehely területe a szabályos háromszög területének $8/5 = 1,6$ -szerese, vagyis a kezdeti szabályos háromszög területe pontosan 60%-kal nőtt meg az eljárás során.

A Koch-féle négyzetről

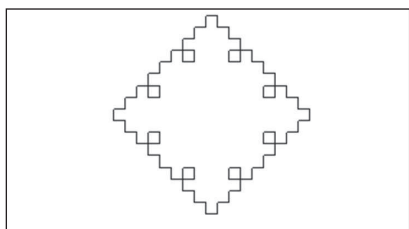
A Koch-féle görbe egyik változata az ún. Koch-féle négyzet, ahol az előbbieken leírt módszert a szabályos háromszög helyett egységnyi oldalhosszúságú négyzetre alkalmazzuk, valamint a hozzáadott alakzat



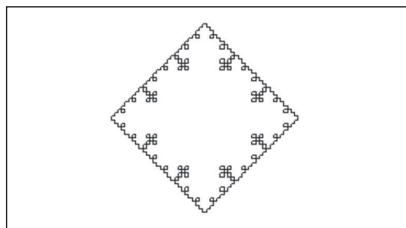
15. ábra. $k = 0$ -ra



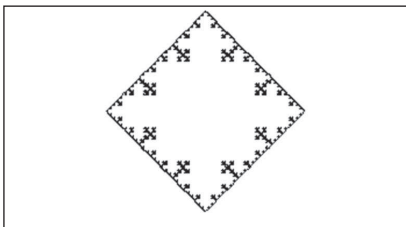
16. ábra. $k = 1$ -re



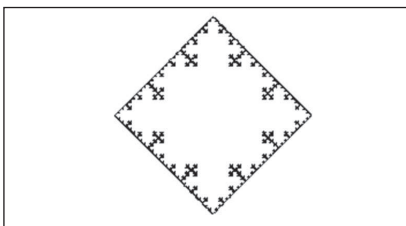
17. ábra. $k = 2$ -re



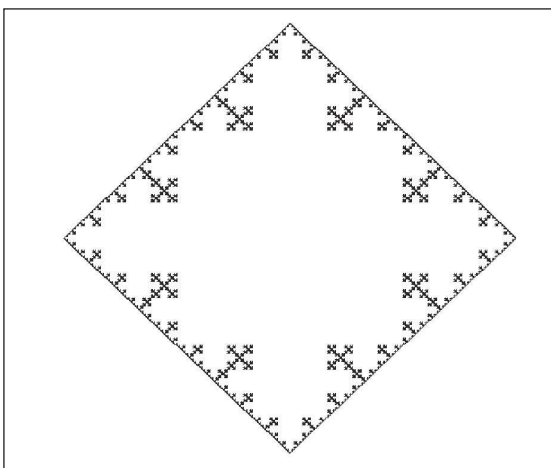
18. ábra. $k = 3$ -ra



19. ábra. $k = 4$ -re



20. ábra. $k = 5$ -re



21. ábra. A 20. ábra nagyítva

is a négyzet lesz (15–21. ábra).

A Koch-féle négyzet kerülete és az általa körülhatárolt terület az alábbi módon határozható meg.

Legyen a 0-adik lépésnél a terület $T_0 = 1$, a k -adik lépéskor pedig T_k . Ekkor az 1. lépésnél a terület:

$$T_1 = 1 + 4 \cdot 3^{-2}$$

A 2. lépésnél a terület:

$$T_2 = 1 + 4 \cdot 3^{-2} + 4 \cdot 5 \cdot 3^{-4}$$

A k -adik lépésnél a terület:

$$T_k = 1 + 4 \cdot 3^{-2} + 4 \cdot 5 \cdot 3^{-4} + \dots + 4 \cdot 5^2 \cdot 3^{-6} + \dots + 4 \cdot 5^{k-1} \cdot 3^{-2k}$$

(Ezt teljes indukcióval könnyen igazolhatjuk.)

Vegyük a $k \rightarrow \infty$ határértéket. Ekkor

$$T = \lim_{n \rightarrow \infty} T_k = 1 + \frac{4}{9} + \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\sum_{k=0}^n 4 \cdot 5^k \cdot 9^{-(k+1)} \right) = 1 + \frac{4}{9} + \sum_{k=0}^{\infty} 4 \cdot 5^k \cdot 9^{-(k+1)}$$

Ebben egy végtelen mértani sor összege

jelent meg, amelynek első tagja $\frac{4 \cdot 5}{9^2}$,

míg hányadosa $\frac{5}{3^2}$, így az összeg:

$$T = 1 + \frac{4}{9} + \frac{\frac{4 \cdot 5}{9^2}}{1 - \frac{5}{3^2}} = 2$$

Tehát a Koch-féle négyzet területe 2 egység, vagyis véges a területe.

Nézzük most a Koch-féle négyzet kerületét!

Legyen K_k a Koch-négyzet kerülete és legyen K_k a k -adik lépés után a megfelelő Koch-féle sokszög kerülete. Gondoljuk meg, hogy a K_k a k -adik lépésnél

$$K_k = 4 \cdot \left(\frac{5}{3} \right)^k,$$

és $K_k \rightarrow \infty$, ha $k \rightarrow \infty$.

Következésképpen a Koch-féle négyzetnek végtelen a kerülete, de véges a területe. ([8] alapján)

A gyakorlati alkalmazásokról

1986-ban tanulmány jelent meg a fraktálintennákról, majd 1988-ban megépítettek az első gyakorlatilag is

működő fraktálintennát. Mire jók ezek? Például mobiltelefonok antennájának alkalmasak, mert kisméretű és mégis hatékony antennák lehetnek (22. ábra). A továbbiakról Philip Felber tanulmányában [3] olvashatunk részleteket. Másrészt Rusu és Baican [12] még részletesebben, kimerítően tárgyalja a fraktálintennákat. Rezonátorok és sávszűrők tervezésében használták fel a Koch-féle görbét kínai kutatók [7]. Magyarul is olvashatunk a témáról Pólik Zoltán dolgozatában [10].



22. ábra. Koch-féle görbét alkalmazó antenna Pólik Zoltán [10] dolgozatának 24. oldaláról

Irodalom

- [1] Csirmaz László: Tél van, *Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapok*, 1977. december, 217-218. o.
- [2] Darida Sándor: *Koch-görbéhez hasonló fraktálok vizsgálata*, Szakdolgozat, ELTE, Budapest, 2009. Témavezető: Dr. Buczolic Zoltán. (Az interneten elérhető.)
- [3] Felber, Philip: *Fractal Antennas*, Illinois Institute of Technology, 2000. (Revised 2001.) (Az interneten elérhető.)
- [4] Gombos Kitti Kata: *Fraktálok a tőzsdén*, Szakdolgozat, Szegedi Tudományegyetem, 2010. Témavezető: Dr. Kurusa Árpád (Az interneten elérhető.)
- [5] Koch, N. F. H. : Sur une courbe continue sans tangente, obtenue par une construction géométrique élémentaire, *Arkiv för Matematik, Astronom och Fysik*, Uppsala, 1904. (<http://people.su.se/~lenb/dok/von-Koch-1904.pdf>)
- [6] Koch, H. von: Une méthode géométrique élémentaire pour l'étude de certaines questions de la théorie des courbes planes, *Acta Math.* 30 (1906), 145-174 (<http://booksc.org/book/12522298>)
- [7] Li, T.-P., G.-M. Wang, K. Lu, H.-X. Xu, Z.-H. Liao, B.-F. Zong (2012): Novel Bandpass Filter Based on CSRR Using Koch Fractal Curve, *Progress In Electromagnetics Research Letters*, Vol. 28, 121-128 (Az interneten elérhető.)
- [8] Lynch, Stephen (2001): *Dynamical Systems with Applications Using Maple*, Birkhäuser, Boston-Basel-Berlin, 295-312. o.
- [9] Nahin, Paul J. (2004): *When Least Is Best*, Princeton University Press, Princeton-Oxford, 40-45. o.
- [10] Pólik Zoltán (2011): *Fraktálgeometrián alapuló antenaméret-csökkenés vizsgálata numerikus módszerekkel*, OTDK diákköri dolgozat, konzulens dr. Kuczmann Miklós PhD, Széchenyi István Egyetem, Győr (Az interneten elérhető.)
- [11] Rani, Mamta – Riaz Ul Haq – Deepak Kumar Verma: Variants of Koch-curve (2012): A Review, National Conference on Development of Reliable Information Systems, Techniques and Related Issues (DRISTI) Proceedings published in *International Journal of Computer Applications® (IJCA)*, 20-25. o. (Az interneten elérhető.)
- [12] Rusu, Mircea A. – Baican, Roman (2010): *Fractal Antenna Applications*, könyvfejezet, 351-383. o. (Az interneten elérhető.) (A következő könyvből: Minin, Igor (Editor): *Microwave and Millimeter Wave Technologies from Photonic Bandgap Devices to Antenna and Applications*, InTech, 2010)
- [13] Szénássy Barna (1974): *A magyarországi matematika története (A legrégebbi időktől a 20. század elejéig)*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 286. o.
- [14] http://en.wikipedia.org/wiki/Helge_von_Koch
- [15] <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Koch.html>
- [16] <http://mathforum.org/kb/thread.jspa?threadID=382474&messageID=1178080> (David Kullman (Miami Egyetem) megjegyzései Niels Helge von Koch életrajzához.)
- [17] <http://media.vonkochska.se/2013/01/S1%C3%A4ktprofil%20er-von-Koch-vers-3-2013-01-12.pdf> (A Koch-család történetéről.)
- [18] <http://www.shodor.org/interactivate/activities/KochSnowflake/> (Interaktív Koch-féle hópehelykészítés.)

Köszönetnyilvánítás

Ezúton fejezem ki köszönetemet Csete Lajos tanár úrnak, a Révai Miklós Gimnázium és Kollégium matematika-fizika tanárának a dolgozatom elkészítésében nyújtott segítségével.

Az írás szerzője diákpályázatunkon a Martin Gardner alapította Matematika kategóriában I. díjat kapott.

Őrizzük meg értékeinket az utókor számára! 1850-ben adták át a zebegényi vasúti völgyhidat

HORVÁTH HENRIETT

Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja

A hídépítés szinte egyidős az emberiség történetével, de a vasúti hidak építése csak jóval később, a vasútépítések megindulásakor kezdődött. Azokon a helyeken, ahol a vasúti pályatest valamilyen oknál fogva megszakad, például völgyek, vízfolyások vagy más akadályok keresztezik a pályát, ott a vasút folytonosságát hidak közbeépítésével lehet biztosítani. A magyarországi vasúttörténet kezdetei a XVI. századra nyúlnak vissza, amikor a történelmi Magyarország területén élő német bányászok meghonosították a fából ké-

szült nyompályát, a vasúti pálya elődjét. Később, 1827–28-ban kísérletek is folytak a Pest–Kőbánya vasút megvalósítására, de a kezdetleges lóvasúti technológiát nem találták jövedelmezőnek. 1836-ban azonban a király engedélyezte a vasútépítéseket, így ezt követően a Pest–Vác és Pest–Szolnok vasútvonalak megépítésével el is kezdődött a magyar vasutak története. Ezt követte a Bécs–Pozsony szakasz elkészítése, de az 1848–49-es forradalom és szabadságharc idejére az építkezések leálltak, és csak 1850-ben folytatódtak.

Ezúttal viszont már az osztrák birodalom igényei szerint, amelynek az volt a legfőbb törekvése, hogy a bányász királyi erdőket, bányákat, ipari üzemeket összeköttetésbe hozzák Béccsel. A vasút hamar gyors fejlődésnek indult, és a XIX. század ipari forradalmának az egyik legjelentősebb tényezője lett. A kiegyezés évére a hazai vasúthálózat hossza elérte a 2341 kilométert. Az államosítás idején a kisebb magán-vasúttársaságokat pénzügyi nehézségeik miatt – kevés kivétellel – államosították. Vonalaikat és járműveiket a

Magyar Királyi Államvasutak vette át. Az első világháború kitörésekor Magyarországon már 21 200 kilométer vasútvonal volt. Aztán a trianoni békeszerződés eredménye ismét nehéz helyzetbe hozta a hazai vasutakat, a közlekedési hálózatokat számtalan helyen vágta el a gyakorlatilag átjárhatatlan új határ, ezenkívül jelentős pénzügyi problémákat is hozott az állami vasúttársaság számára.

1949. március 15-én a MÁV gyakorlatilag az állam részévé vált. 10 évvel később megindultak az első vonalbezárások, amely a trianoni szerződés értelmében kettévágott, kis forgalmú vasútvonalak felszámolásával járt. Ezzel egy időben elindult a vontatás korszerűsítése, de már az 1970-es évektől kezdődően folyamatosan csökkenni kezdtek ezek a korszerűsítések, fejlesztések. Sajnos vasútvonalaink állapota azóta is folyamatosan romlik, és ez folyamat a vasúti hidakon is megfigyelhető. A MÁV pályáin ma is kb. 8600 különböző korú, nyílású, illetve anyagú híd van használatban, ezek $\frac{3}{4}$ részének kora 100–160 év közötti, igen régi építmény. Szerencsére ezeknek az öreg műtárgyaknak a nagy része – a korabeli szakemberek precizitásának köszönhetően – a mai napig meg tudott maradni. Már a korai vasútépítés idején is többféle szerkezetet alkalmaztak a kisebb-nagyobb nyílások áthidalására. A 2 méternél kisebb nyílások esetén különböző típusú átereszeket alkalmaztak, az ennél nagyobb nyílások fölé pedig teknőhidakat, vashidakat, vasbeton hidakat és igen gyakran boltozott hidakat építettek. A boltozatok azért voltak gyakoriak, mert – előnyös szerkezeti felépítésük miatt – akár nagyobb nyílásokat is áthidalhattak, és sok helyen a helyben fellelhető építőanyagok is rendelkezésre álltak, ami az építés idejének és költségeinek tekintetében is kedvező volt. Emiatt az első magyarországi vasúti hidak legtöbbször áthidaló szerkezete kő-, vagy téglaboltozat, amelyek nagy része még ma is használatban van. Az elsők között épült a zebegényi völgyhid is. Azért választottam ezt a hétnyílású téglaboltozatot, mert ez hazánk legkorosabb, legmagasabb és leghosszabb boltozott vasúti hídja. A híd 1846 és 1850 között épült a Bécs–Budapest vasútvonalon.

A boltozat ismertetése előtt néhány



A zebegényi hétnyílású boltozat távoli képe

mondatban kitérek a boltozott hidak általános tulajdonságaira, illetve bemutatok néhány régi, igen különleges európai és hazai boltozatot is.

A boltozott hidak tulajdonságai

A boltozatok régen faragott kőből, vagy téglából épültek, ma már kizárólag betontól, vasbetontól készülnek. Emellett, hogy ezek a hidak esztétikailag mutatósak, erőátadásuk is kedvező. Hosszú évek hidvizsgálati tapasztalatai is azt mutatják, hogy ezeknek a típusú műtárgyaknak van a legnagyobb teherbírási tartalékuk. Ez annak köszönhető, hogy kiváló minőségű építőanyagból gondos, pontos munkával, kézzel falazták a hidakat, ezért nagy részük még 100–120 év után is szinte alig szorul fenntartásra. Ezzel szemben éppen a boltozatok között találjuk a leginkább tönkrement hidakat is, ha azok rossz



Hibás boltozott híd

anyagból, nem a megfelelő módon épültek, és fenntartásukat elhanyagolták.

A kőből vagy téglából készült műtárgyak kemény falazóelemekből és jóval lágyabb habarcsból állnak. Lényeges a közöttük való kapcsolat erőssége és a fa-

lazóelemek falazatban való elrendezése (kötése), a falazat teherbírását meghatározó tényező. Ez a teherbírási tartalék azonban csak a hibátlan szerkezetekre igaz, a kialakuló hibák, a keresztben vagy hosszirányban megjelenő repedések gyengítik a szerkezetet, ami növeli a tönkremenetelre való hajlamot. Az elhanyagolt, durva hibás boltozat a nagymértékű alakváltozás és a hiányzó homlokfal ellenére állhat még, állapota azonban veszélyesnek minősíthető. Ennek az állapotnak a kialakulása folyamatos ellenőrzéssel és karbantartással megelőzhető, de ha elhanyagolják, olyan mértékű állapotromlás következhet be, hogy a szerkezet elveszti teherbíró képességét is. Ilyenkor a romlási folyamatot már nem lehet visszafordítani. Sajnos több hazai boltozatnál is megfigyelhető, hogy a forgalom hatására falazatuk meggyengült, nemritkán egy-egy rétegük levált, beomlott vagy szétrázódott. Ilyen esetekben a szakemberek véleménye alapján a szerkezetet meg lehet erősíteni.

A hidak eredeti állapotban való megtartása, vagy szükség esetén megerősítése tehát igen fontos feladat, de nagy számukra való tekintettel ez jelentős anyagi forrást igényel. A MÁV adatai szerint emiatt évről évre csak a legrosszabb állapotú hidak kerülnek felújításra.

A felújítás-megerősítés technológiája többféle lehet. Minden esetben az adott híd állapotától, teherbírásától függ, hogy ezek közül melyiket alkalmazzák.

Hazánkban ma a szokványos boltozatfelújítási eljárások a következők:

- vasbeton-köpenyes bélelés hagyományos csömöszöléses technológiával vagy lőtt betonozással,
- együtdolgozó vékony lőtt betonkereg kombinálása injektálással,
- a boltozat fölé beépített vasbeton nyereggel történő megerősítéssel,
- előre gyártott vasbeton dongákkal történő megerősítés.

Európa legkülönlegesebb boltozott műtárgyai

A boltozatok sokfélék lehetnek. Vannak kevésbé feltűnő építmények, de találunk olyan remekműveket is, amelyek nemcsak funkciójukat töltik be, hanem azért, hogy mutatósak, meghatározzák a tájképet. Szerencsére az európai vasutak mentén nagy számban található látványos műtárgyak. Én most a vas-



Az Arija-viadukt

úti boltozatok közül emelek ki néhányat. Számomra talán a legszebb a Göltzsch-völgy fölött ívelő viadukt, amely a világ legnagyobb téglaboltozata. A híd 574 méter hosszú és 78 méter magas. Az 1800-as évek közepén épült Szászország és Tübingia határától nem messze.

Spanyolországban található Európa leghosszabb keskeny nyomtávú vasútvonala, amely több mint 1000 kilométeren át a kasztíliai Leónból a híres zarándokhelyre, Santiago de Compostela városába vezet. Ezen a vonalon épült az Arija viadukt, ahonnan csodálatos kilátás nyílik az utazók számára.

A Telgárt melletti Kornel Stodola vasúti viadukt 22 méter magas és 86,2 méter hosszú. A híd 1931-ben épült Közép-Szlovákiában. Felépítéséhez 3570 m³ építőanyagot használtak fel.

Nagyon mutatós a svájci Solis-viadukt is. A híd 1902 óta a festői szépségű Schyn-szoroson vezet át, amelyen az Albula-folyó is keresztülhalad. 85 méteres magasságával ez a viadukt a vasútvonal legmagasabb építménye.

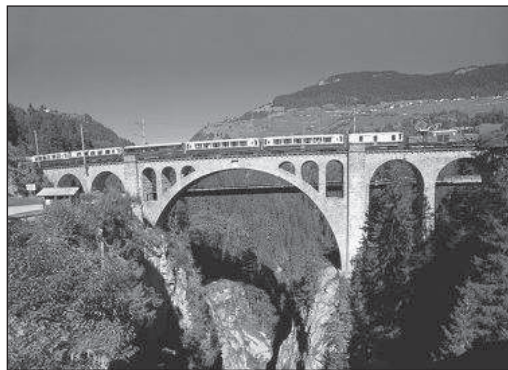
Szintén Svájcban található a szédítően magas Landwasser-viadukt is, amelynek építőanyagát a munkások a századfordulón a közvetlen környezetből nyerték ki. Ennek köszönhetően az építmény rekordgyorsasággal, 13 hónap alatt elkészült. 1901-ben helyezték forgalomba.

Hazánk legkülönlegesebb falazott boltozatai

A kő vagy téglából építettek a XIX. század első felében kezdődött. A MÁV vonalain az első jelentősebb boltozatok Erdély területén épültek. Közülük az alábbi műtárgyak a legkülönlegesebbek. Az első a Karakó-patak völgyhídja, amely 226 méter hosszú, és 64 méter magasságban két hatalmas kőpilléren támaszkodva épült.



A Göltzsch-viadukt



A Solis-viadukt

A második jelentős műtárgy a lóvési állomás közelében épült, ez a 112 méter hosszú Ladók-viadukt. A karcsú pillérek közé feszülő hét falazott íve 30 méterrel a völgy felett még mindig emelkedőben vezeti a vasutat. 1897-ben az akkori Magyarország legszebb és legkarcsúbb völgyhídja volt. 1916-ban felrobbantották, 1917-ben újjáépítették, de 1944-ben újból megsemmisült. Az új viadukt építését 1946 nyarára sikerült befejezni. A völgy két oldalán még ma is megvannak a lerombolt pillérek.

A magyarországi vasútépítések kezdeti időszakából megmaradt legjelentősebb műtárgy a zebegényi téglaboltozat.

A műtárgyat az Országos Műemléki Felügyelőség 1965-ben – műemlék jelleggel – védetté nyilvánította. Az 1990-es évek közepén átépítették, ezért még ma is forgalomban van.

A zebegényi völgyhíd

A híd építése 1846-ban kezdődött. Eredetileg egy vágány átvezetésére tervezték. 1850-ben nyitották meg a Bécs–Pest vasútvonal részeként a Vác–Párkányána közötti szakaszt, amit a Császári és Királyi Szabad Osztrák Magyar Államvasút Társaság épített. Ennek a vonalszakasznak a része a hétlyukú zebegényi vasúti völgyhíd. A községen átvezető vasúti pálya magas töltésen halad, amelyet Zebegény belterületén patak völgy és közút szakít meg. Ennek áthidalására épült meg hazánk jelenleg is legnagyobb és leghosszabb boltozott vasúti völgyhídja, a maga 75 méteres hosszával.

A viadukt félköríves téglaboltozatok sorozata, amelyek a két szélén a hídfőkre, közte pedig pillérekre támaszkodnak. A Duna felőli oldalon az ívek között szépen faragott köelemek díszítik a homlokzatot. A hidat 1890-ben kétvágányúra alakították át. A szélesítést a hegy felőli oldalon végezték, míg a Duna felőli részt érintetlenül hagyták.

Az 1989-ben végzett statikai vizsgálat azonban a műtárgy teherbírásának elégtelenségét mutatta ki, ugyanakkor az alapítvány teherbírását megfelelőnek találták. Ezt követően került sor a híd átépítésének megtervezésére.

A megerősítés a meglévő boltozat felett épülő új vasbetonszerkezettel volt megoldható, ezáltal a meglévő boltozat a terheket egy újonnan beépített szerkezetnek adja át. Ebben az esetben a boltozat fölé egy ún. vasbeton nyeret építettek be.

Az átalakításnál azt is figyelembe kellett venni, hogy a híd alkalmas legyen a később-



Ladók-völgyhíd

biek során korszerűsítendő pálya átvezetésére is, ezért a hidat még tovább kellett szélesíteni. A szélesítést az előzetes talajfeltárást követően 0,6 méter átmérőjű fűrt cölöpökre tervezték, mert a meglévő alap melletti tömör talaj megbolygatása nem lett volna célszerű. A szélesítés vasbetonfalait a régi szerkezethez tüskézéssel rögzítették.

A szélesítés látszó felületének kialakításánál figyelembe kellett venni az Országos Műemléki Felügyelőség erre vonatkozó előírásait. Ehhez igazodva készítettek a zsazsazsazsot, a pillérek középvonalában az összegyűlő vizek elhelyezésére vízköpöket helyeztek el, a Duna felőli oldalon pedig a régi kő víznyelőket a terméskő falba építették vissza.

Ezen kívül a régi boltozatból a megerősítés előtt kibontott köveket visszaépítették a vasbetonnyereg elhelyezése után.

Zebegény felől, a híd bal oldalán a régi szolgálati lépcsőt meghagyták, és a Nagymaros felőli részen újat építettek. A hídfők két oldalán a töltségre jutó vizek elvezetésére beton folyóka készült.

A völgyhíd átépítése három fázisban történt:

– A 0. fázisban a vonatforgalmat nem befolyásoló munkálatok folytak. Ekkor végezték az előkészítő munkálatokat, az ideiglenes tereprendezést, a II–VII. pillérek szélesítésének alapozását, felmenő falainak építését és a boltozat beállványozását.

– Az 1. építési fázisban a jobb vágányt lezárták, a vasúti forgalom a hídon a bal vágányon üzemelt. A bal vágányba minikét hídfőnél egy-egy 18 méter hosszúsá-

gú ideiglenes hidat helyeztek el. Ebben az ütemben építették az I. és VIII. hídfők szélesítését a híd teljes hosszában, valamint az új teherviselő vasbeton íveket a híd jobb oldalán. Az elkészült szerkezetre ideiglenesen visszaépítették a jobb vágányt.

– A 2. építési fázisban a vasúti forgalom az ideiglenes helyzetű jobb vágányon üzemelt, miközben a boltívek feletti régi oldalfalakat elbontották. A Duna felő-

li fal kibontásra kerülő köveit a bontás előtt jól láthatóan megszámozták, és a bontás után elkülönítve tárolták a visszaépítésig. Ebben az ütemben épült a bal oldali hídrész boltozatait kiváltó vasbeton szerkezet, végül a bal vágány végleges felépítménye.

A völgyhíd átépítésének befejező ütemében a vasúti forgalom a már végleges helyén levő bal vágányon üzemelhetett. A jobb vágányt ezután helyezték végleges helyére.

Ez a módszer olyan esetekben alkalmazható, amikor az eredeti hídszerkezet teherbírása már nem megfelelő. Mivel az új vasbetonnyereg egy külön méretezett, önálló szerkezet, maga az eljárás igen költséges és nagyon munkaigényes beavatkozás. Mivel a technológia elsősorban helyszíni munkát jelent, csak

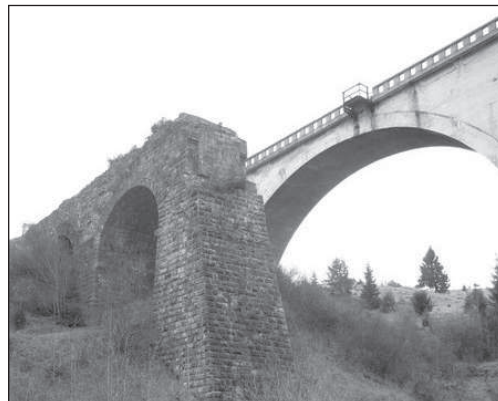


A zebegényi híd

abban az esetben megvalósítható, ha a munkálatokhoz szükséges idő és a vonatforgalom kizárása is biztosítható.

Zárszó

Édesapám hidépítő mérnökként a Magyar Államvasutak alkalmazásában áll. Az iskolai szünetekben sokszor elkísérem útjaira, és közben megszerettem ezt a szakmát. Az érettségi utáni továbbtanulásomat ebbe az irányba tervezem. Nyaralásaink során Európa számos pontjára eljutottunk, és mindig beiktattuk programunkba, ha volt az aktuális helyen ilyen jellegű látványosság. Mivel engem is nagyon



A Karakó-patak felrobbantott és az új hídja

érdekelnek ezek a régi, kézzel falazott építmények, ezért számomra is fontos lenne, hogy az ilyen szép, öreg szerkezetek sokáig megmaradjanak. Külföldön járva azt tapasztalom, hogy óvják, védik, felújítják ezeket a szinte műemléknek is nevezhető hidakat. Jó lenne, ha itthon is arra törekednénk, hogy elbontásuk helyett helyreállítsuk, és tovább üzemeltessük ezeket az építészeti remekműveket. 📌

Az írás diákpályázatunk Természettudományos múltunk felkutatása kategóriájában II. díjat nyert.

Irodalom

- [1] Tanulmányterv: Boltozott hidak megerősítésének technológiai a MÁV vonalain (2007)
- [2] Orbán Zoltán: Vasúti boltozott hidak állapotvizsgálata és rehabilitációja. Vasbetonépítés, 2005/2
- [3] Békeffy Zoltán: Hídfenntartás, Közlekedési Kiadó, 1955
- [4] Evers Antal: Hídvizsgálat, hídfenntartás, Tankönyvkiadó, Budapest, 1982
- [5] Werner Schabert: Vasútvonalak képekben, Alexandra Kiadó, 2011
- [6] Boros Péter: Vasúti hidak meghibásodása és javításuk módja, Sínek Világa, 46. sz., 116-119. o. (2003)
- [7] Sínek Világa, 2000/1 különszám: A zebegényi völgyhíd átépítése

A XXIV. Természet-Tudomány Diákpályázat pályázati felhívása

Útmutató a diákpályázat benyújtásához

Természettudományi ismeretterjesztő folyóiratunk pályázatán indulhat minden, középfokú iskolában 2014-ben tanuló vagy akkor végző diák, határainkon belül és túl. Kérjük pályázóinkat, hogy dolgozataikat az alábbiak figyelembevételével készítsék el.

A pályázat terjedelme **8000–20 000 betűhely** (karakterszám, szóközökkel együtt) legyen, tetszőleges számú illusztrációval. A kéziratot három 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). A pályázat tartalmazza készítője nevét, lakcímét, e-mail-címét, telefonszámát, iskolája pontos címét irányítószámmal együtt és felkészítő tanára nevét, a borítékra írják rá: Diákpályázat, valamint azt is, hogy melyik kategóriában kívánnak indulni. A dolgozatok benyújtásának (postai feladásának) határideje mindegyik kategóriában **2014. október 31.** Felhívjuk pályázóink figyelmét, hogy dolgozataikat **csak a fenti formában tudjuk elfogadni.** A pályázat beadható személyesen (Budapest, VIII. Bródy Sándor utca 16.), vagy postán (1444 Budapest, 8. Pf. 256.).

Természettudományos múltunk felkutatása (I)

1. Az iskolájához vagy lakóhelyéhez, környezetéhez kapcsolódó jelentős múltbeli tudós személyiségek – például tanárok, az iskola volt növendékei, akikből neves természettudósok lettek – életútjának, munkásságának bemutatása (eredeti dokumentumok felkutatásával és felhasználásával).

2. A természet- és műszaki tudományok valamelyik ágában tárgyi emlékek bemutatása (laboratóriumi kísérleti eszközök, régi tudományos könyvek, régi tankönyvek, kéziratban maradt leírások, muzeális ritkaságok, ipari műemlékek – hidak, malmok, bányák –, vízügyi emlékek, botanikus kertek, csillagvizsgálók stb.).

3. A dolgozat írója tágabb régiójához kapcsolódó tudományos vagy műszaki in-

tézmények története, tudóstársaságok története, eredeti dokumentumok bemutatásával.

Önálló kutatások, elméleti összefoglalók (II)

Önálló kutatáson a természeti értékek, jelenségek megismerése érdekében végzett diák-kutatások bemutatását értjük. Különösen örülnénk az egyéni, fiatalos, a cikkírók alkotó gondolataiból kifejlesztett kutatásokról szóló élvezetes és szakszerű beszámolóknak.

Az elméleti összefoglalók is önálló kutatásokat kívánnak meg. Azoknak javasoljuk, akiknek nincs lehetőségük a természet önálló kutatására, de örömmel mélyednek el a rendelkezésükre álló megbízható és naprakész adatok végeláthatatlan tárházában, és képesek onnan elővarázsolni, megmutatni a Természet Világa olvasóinak a tudomány újdonságait.

Szeretnénk elérni, hogy a pályázók a könyvtárakban, a világháló révén, a laboratóriumi-gyakorlati látogatások alkalmával és más módon szerzett értesüléseiket csak forrásként – vagyis nem saját alkotásként! – használják fel. A szerkesztőség és a bírálóbizottság fontosnak tartja, hogy a diákok és a felkészítő tanárok a Természet Világát tekintsék a dolgozat első megmérettetési lehetőségének.

A pályázat feltételei

1. Alapvető követelmény, hogy a cikkek olvashatóak, stilisztikai és helyesírási szempontból kifogástalan állapotúak legyenek. Ezúton kérjük a felkészítő tanárokat, szíveskedjenek e tekintetben is útmutatást adni tanítványaiknak. Ne feledjék, 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. Ennek elősegítésére és a bírálóbizottság munkájának megkönnyítésére a pályamunkák irodalomjegyzékkel, benne a forrásmunkák megjelölésével fejeződjenek be! A szó szerinti idézetek forrásá-

nak fel nem tüntetése etikai vétség, és a dolgozatnak az értékelésből való kizárásával jár.

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

3. Pályadíjak mindkét (I–II.) kategóriában:

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 2015 márciusában adjuk át a nyerteseknek, akiknek nevét folyóiratunkban közzétesszük. A bírálóbizottság által színvonalasnak ítélt írásokat 2015-ben lapunkban folyamatosan megjelentetjük. A kiemelkedő pályamunkák diák szerzőinek a feldolgozott témában történő további elmélyüléséhez szerkesztőbizottságunk tagjai és más felkért szakemberek nyújtanak segítséget. Arra kérjük tanár kollégáinkat, hogy tehetséges diákjaikat bátorítsák a pályázatunkon való részvételre, s tanácsaikkal nyújtsanak segítséget a kidolgozandó témakörök kiválasztásához.

A kultúra egysége különdíj

A *Simonyi Károly* (1916–2001) akadémikus által alapított különdíjra a 2014-ben középfokú intézményekben tanuló magyarországi és határainkon túli diákok pályázhatnak. Ez a különdíj a kiíró szándékai szerint a humán és a természettudományos kultúra összefonódását hivatott elősegíteni.

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, zene–matematika, építészet–matematika stb.).

3. Egy huszadik századi polihisztor. Olyan ember életének és munkásságának

bemutatása, akinek a személyiségében megvalósult a kultúra egysége.

A három ajánlott kérdéskörön túl természetesen bármely más önállóan választott témával is pályázhatnak diákjaink. 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 Diák pályázat pontokba foglalt feltételei érvényesek.

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

Szeptikus különdíj

James Randi, a világhírű amerikai szeptikus 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 Diák pályázatra.

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) átgondolt, 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 díjakkal együtt is odaítélhető, amennyiben a bizottság azt úgy látja helyesnek.

Küöldíjjammal 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 lefordítsam és megjelentsem egy színvonalas amerikai folyóiratban.

Matematikai különdíj

Martin Gardner (1914–2010), a kiváló amerikai matematikus emlékét őrzi ez a különdíj. Küöldíjára az alábbi irányel-

vek vonatkoznak.

A középiskolások pályázhatnak bármilyen, a matematikával kapcsolatos önálló vizsgálódással. Itt nem valamilyen új tudományos eredményt várunk, hanem olyan egyéni módon kidolgozott és felépített ismeretterjesztő dolgot, 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 „jogosságának 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 a 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, előadáson stb.).

A fentiek 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 tűzött ki a Természet Világa Diák pályázatán a következő irányelvek alapján:

1. Pályázhatnak a középiskolák tanulói önálló, másutt még nem publikált tanulmányokkal, melyeknek az orvostudomány múltját és jelenét, nagyjainak életét és életművét, az orvostudománynak az egyéb tudományokhoz való viszonyát, eszközeinek fej-

lődését 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.

5. Díjazás: I. díj 90 euró, II. díj 60 euró, III. díj 30 euró.

Biofizikai-biokibernetikai különdíj

Varjú Dezső (1932–2013), a magyar származású biofizikus, a Tübingeni Egyetem egykori biokibernetika tanszéke emeritus) professzorának biofizikai-biokibernetikai különdíjára vonatkoznak a következő irányelvek:

1. Pályázhatnak a középiskolák tanulói önálló biofizikai-biokibernetikai témájú dolgozattal.

2. Javasolt témák: az érzékszervek és az idegrendszer működésének biofizikája, az állati és növényi mozgástípusok 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, melyek a biológiában használatos valamilyen fizikai elven alapuló vizsgáló és mérő berendezések működését, felépítését ismertetik (például ultrahangos, lézeres, röntgenes vizsgálatok vagy szövettani 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.

Metropolis különdíj

Nicholas Metropolis (1915–1999), 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 diákpályázatunk a legjobb eredményt elérő középiskolásokat

és felkészítő tanárait díjazza, valamint a legaktívabb iskoláknak előfizet a folyóiratunkra.

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 megköze-

lítésű, konkrét kutatómunkával összeállított, ugyanakkor olvasmányosan megírt pályaművek.

A Metropolis-díjban a diákpályázat más kategóriáiban benyújtott dolgozatok is részesülhetnek, olyanok, amelyek számítógépes alkalmazásokat mutatnak be, számítógépes szimulációt használnak.

A Természet Világa szerkesztősége és szerkesztőbizottsága**JÓ TANÁCSOK IFJÚ CIKKÍRÓINKNAK**

Azoknak a fiataloknak szeretnénk tanácsokat adni, akik folyóiratunk diákpályázatán elindulni szándékoznak, akikből folyóiratunk szerzői kikerülhetnek. Érdemes elolvasniuk a többszörös díjnyertes szerzőpáros, *Bacsárdi László* és *Friedl Zita* írását: Varázsló útikalauz pályázóknak. Hogyan készítsünk pályázatot a Természet Világa Diákpályázatára? (Természet Világa, 2001. júniusi szám, interneten: <http://www.termeszetsvilaga.hu/tv2001/tv0106/uti.html>)

Az ifjú cikkíróink számára követendő tanácsokkal szolgálnak *Csaba György* orvosprofesszor és *Gazda István* tudománytörténész írásai lapunk 2007. februári számában (honlapunkról elérhetőek). Ezekből idézünk két gondolatot.

„...A félreértések és a plágium gyanújának, illetve tényleges megvalósításának elkerülése minden szerzőnek becsületbeli ügye... Idézőjelbe kell tennünk, ha valamit szó szerint idézünk és vagy leírjuk, hogy X szerint, vagy zárójelbe tett számmal (és a dolgozat végén a számhoz tartozó idézéssel) jelöljük a forrást. Ha nem szó szerint idézünk, „csak” a gondolatot, vagy fogalmat, akkor is ezt a módszert kell használnunk, de idézőjel nélkül...”

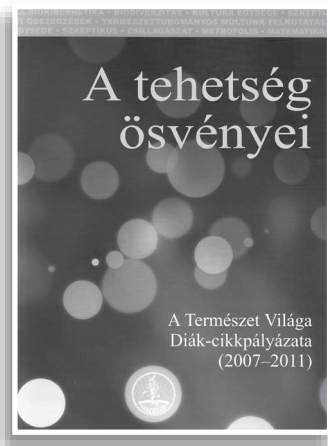
„...Az internetes korszak a kötelező dolgozatot, pályamunkákat írók számára egyfajta könnyebbséget jelent, amit viszont többen úgy értelmeznek, hogy dolgozatuk megírásához elegendő néhány billentyű és az egér használata. Könnyen találnak a feladatukhoz illő dolgozatokat, cikkeket, könyvrészleteket, lexikon-szócikkeket s azok egyszerű átmásolása, majd egymás után illesztése a feladat megoldását jelenti számukra. Legtöbbjüknek nem magyarázták el, hogy az internet csak pontos vagy pontatlan források, szövegek, adathalmazok, hiteles vagy nem hiteles irományok gyűjteménye, és nagyon figyelnie kell annak, aki onnan bármit átmélt a saját neve alatt megjelenő, beadásra kerülő írásmű számára...”

Hűséges szerzőnk, *Szili István* főiskolai tanár pontokba szedett intelmeit pedig itt újra közreadjuk.

Az etikus ismeretterjesztő cikkírás arany szabályai

1. Mások szellemi termékét soha ne tüntesd fel magadénak, még részleteiben sem!
2. Ha szó szerint idézel, ne feledkezz meg az „idézőjel” használatáról!
3. Minden (nem közismert) forrás felhasználásakor hivatkozz a kölcsönvett, vagy idézett mű(vek), vagy részlete(i) eredetére, mégpedig a szerző nevének, a mű (és a műrészlet) címének, oldalszámának, a kiadás évének és a kiadó nevének megjelölésével.
4. Ugyanezt cselekedd a ritka, nem közismert számszerű adatok felhasználása esetén is!
5. Ne közölj olyan szöveget, képet, adatot stb., amit alkotója kikötéses jogvédelem alá (Copyright - ©) helyeztetett, vagyis amit csak az ő tudtával és beleegyezésével vehetünk át!
6. Mások munkáinak felidézésén túl törekedj saját gondolataid, felismeréseid megfogalmazására, hiszen gyakran csak így közvetítesz újat.
7. Ne feledd, e szabályok megszegésével nemcsak etikai kihágást követsz el, hanem plágium miatt a büntetőjog szerint is felelősségre vonható vagy!

Nyomatékosan kérjük szerzőinket és felkészítőiket, hogy a pályázatokat a kiírásban szereplő formátumban (szöveg – word, képek – JPEG) küldjék be CD-n vagy DVD-n.

DIÁK-CIKKPÁLYÁZATUNK (2007–2011) KÖNYVE

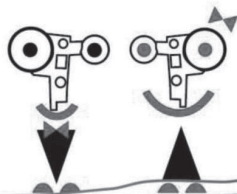
Ismeretterjesztő folyóiratunknak már két évtizede szerves része egy 16 oldalas természettudományos diáklap. A folyóirat belső mellékleteként megjelenő diáklap cikkeit tehetséges középiskolások írják. Az ifjú szerzők a hazai és a határainkon túli magyar tannyelvű középfokú intézményekből, liceumokból kerülnek ki. A folyóirat által évről évre meghirdetett Természet-Tudomány Diákpályázaton megméretnek az ifjú szerzők munkái, felszínre kerülnek a legjobb írások.

A Természet Világa diák-cikkpályázatának megindulásától huszonegy év telt el, s ma elmondhatjuk, ez folyóiratunk egyik sikertörténete. A kezdetektől körülbelül ötezer fiatal próbált szerencsét cikkpályázatunkon, zömében szépen kidolgozott, okos írásokkal. Ezernél több diák cikke napvilágot is látott a Természet Világában.

A Nemzeti Kulturális Alapprogramok támogatásával az elmúlt öt év díjnyertes diákcikkeiből válogatva, *A tehetség ösvényei* címmel egy 532 oldalas kötetet készítettünk. E könyv 3500 Ft-ért megvásárolható vagy megrendelhető Kiadónknál, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulatnál (1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16. Telefon: 327 8965, fax: 327 89 69, e-mail: titlap@telc.hu).



Kutatók 2014 Éjszakája és Kutatói börze



„Az első találkozás a tudománnyal olyan részegítő,
mint a szerelem.” (Szerb Antal)

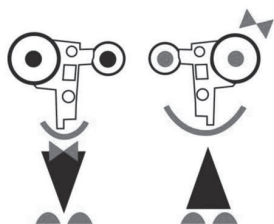
A HOLNAP KUTATÓI KÖZTÜNK ÉLNEK

TIT BUDAPESTI PLANETÁRIUM
2014. szeptember 26.

Tudomány fesztiválköntösben

Kupolaterem

- 16:00 – Nap családja (planetáriumi műsor)
- 17:30 – Űrtávcsöves felfedezések - magyar részvétel a Kepler programban, előzavas előadás
- 19:00 – Szemtől szemben egy üstökössel - a Rosetta-küldetés, előzavas előadás (bevezető planetáriumi műsorral)
- 21:00 – Csillag rapszódia (előzavas, teljes kupolás csillagászati előadás)



Sétáló Naprendszer

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

Körfolyosó

17:00–19:00 – Csillagászati kézműves foglalkozás gyerekeknek
16:00 – Rejtvényfejtés - az állandó kiállításához kapcsolódó feladatlappal

Udvar

16:00 – Távcsöves Nap-bemutató (napnyugtáig - derült idő esetén)
19:00 – Távcsöves csillagászati bemutató
(csillagképek ismertetése, csillaglegendák, Szaturnusz, Mars)



www.kutatokejszakaja.hu

Magyarország legnagyobb tudomány-népszerűsítő
ingyenes rendezvénysorozata

TIT BUDAPESTI PLANETÁRIUM
X. KER. NÉPLIGET

Tel.: 06 1 263 1811
E-mail: titplanet@freemail.hu
Honlap: www.planetarium.hu

SZÉCHENYI 2020



Európai Unió
Európai Szociális
Alap

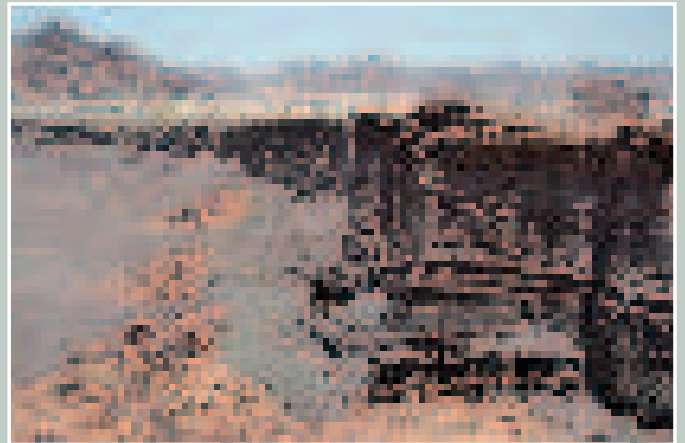


BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

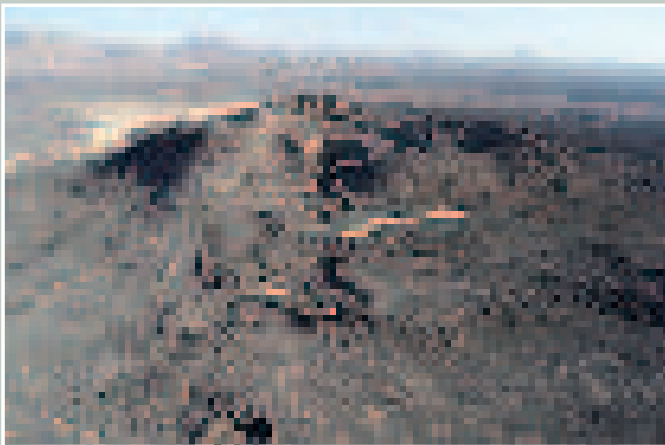
Szaúd-Arábia, a vulkánparadicsom



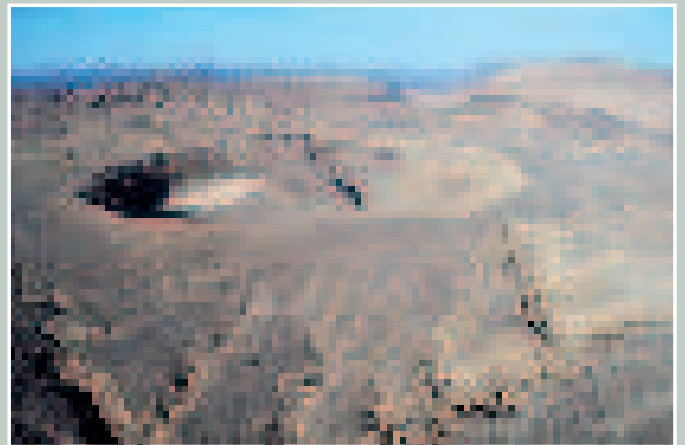
Az 1256-os medinai kitörés legnagyobb és legkomplexebb kúpja, ahonnan egy majd 25 km-es lávafolyam indult Medina felé



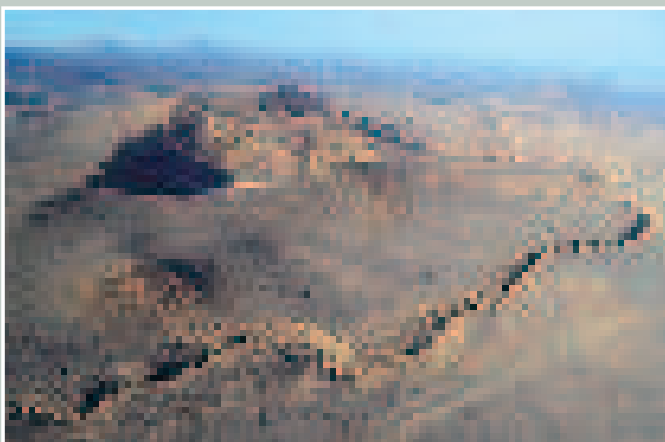
Alapi torlóár üledékek alkotják a Jubb maarvulkán (Harrat Hutaymah) kráterperemét



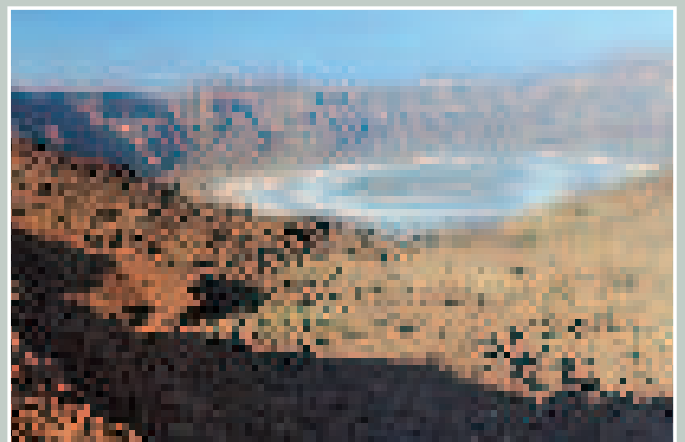
Egy részben összeomlott salakkúp, a Mosawdah vulkán a Harrat Rahat középső részén



A Gura 3 maarvulkán a Harrat Rahat középső részéről, benne egy kis lávadóm



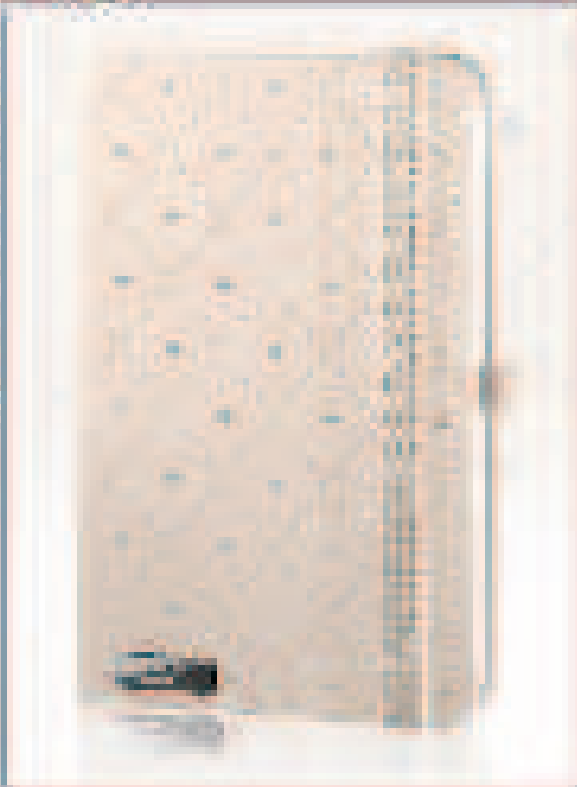
Gura 4 explóziós kráter Harrat Rahat középső vidékén



Az Al Wahbah 1 millió éves krátere esőzés után időszakos tavat zár magába, melynek vize gyorsan elpárolog, fantasztikus sókiválást hozva létre

CHRONOS

NAPTÁRGYÁRTÁS FELSŐFOKON



1124 BUDAPEST, APOR VILMOS TÉR 5.
TELEFON: 224-7380, 224-7384 · TELEFAX: 224-7386

Lanybook® és **IVORY®** termékek kizárólagos forgalmazója
chronos.hu · lanybook.hu · ivory.hu

