

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

146. évf. 3. sz.

2015. MÁRCIUS

ÁRA: 690 Ft

Előfizetőknek: 600 Ft



- AZ EBOLA-JÁRVÁNY
- GPS AZ AGYBAN
- MÚMIAVILÁG

- KROKODILIA – IPOLYTARNÓC
- SZEGÉNY GAZDAG ORSZÁG
- VÉGVESZÉLYBEN A VADMACSKA

- ŐSCIPRUSOK ÉS EMBERŐSÖK MOCSARA

A Vádi Rajan Természetvédelmi Terület



A Lahuni piramis a Fajjúm-oázis keleti peremén



A Vádi Rajan egyik sivatagi „sziklakatedrálisa”, háttérben az Alsó-tóval



A mindenütt előforduló nummulitesz- (harmadidőszaki tengeri egysejtű) maradványok



Az Alsó-tóba benyúló egyik hosszanti homokdűne



Lepusztult sivatagi mészkőformák



Sivatagi „sziklakatedrális” (El-Mudawara-hegység)

Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNYI
TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
146. ÉVFOLYAMA



2015. 3. sz. MÁRCIUS
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi-díjas folyóirat



SZÉCHENYI TERV

OTKA



Szellemi Tulajdon
Nemzeti Hivatala

Nemzeti
Tehetség Program

Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap,
a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala,
az Országos Tudományos Kutatási Alprogramok
(OTKA, PUB I-114505) támogatásával.
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai
Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.



A kiadvány a Magyar Tudományos
Akadémia támogatásával készült.

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

Felelős kiadó:
PIRÓTH ESZTER
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

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

Nyomtatás:
iPress Center Hungary Zrt.

Felelős vezető:
Lakatos Imre
vezérigazgató

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

Korábbi számok megrendelhetők:
Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 327-8995

e-mail: cltud@eletestudomany.hu
Előfizető:
Magyar Posta Zrt. Hírlap üzletág
06-80-444-444
hirlapelofizetes@postta.hu

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

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

TARTALOM

Pályi Bernadett–Kis Zoltán: Az Ebola-járvány	98
Kittel Ágnes: Felfedezték az agy helymeghatározó rendszerét Orvosi-élettudományi Nobel-díj – 2014.....	102
Kordos László–Mészáros Ildikó: Krokodília. Ezernyi új ősszállatnyom Ipolytarnócon.....	105
Rybach László: A geotermikus energia globális helyzete és kilátásai	109
Piszter Gábor–Kertész Krisztián–Bálint Zsolt–Biró László Péter: Matematikai pontossággal látnak a lepkék.....	112
Múmiavilág. Pap Ildikó antropológussal beszélget Lukácsi Béla	116
Pátkai Zsolt: 2014 őszenek időjárása	119
Szaller Zsuzsanna–Tichy-Rács Éva: Ultraibolya tartományban működő nemlineáris optikai egykristályok.....	121
Földessy János–Csöke Barnabás–Gombkötő Imre–Zajzon Norbert: Szegény	125
gazdag ország... Magyarország alig ismert stratégiai nyersanyagforrásai <i>HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESÉGEK</i>	128
„Csodafegyver” a rák ellen. Dombi Margit beszélget Halmos Gábor professzorral.....	130
Solt György: Eltemetett dicsőség (<i>OLVASÓNAPLÓ</i>)	131
Babinszki Edit: A Pannon-tó. Ősciprusok és emberösök mocsara. Első rész	132
<i>E számunk szerzői</i>	134
Kalotás Zsolt: Végveszélybe került ragadozónk, a vadmacska	135
Karancsi Zoltán: A Vádi Rajan Természetvédelmi Terület	138
Olvasóink figyelmébe! 1%	140
Hollósy Ferenc: Hogyan történt állataink háziiasítása?	141
<i>ORVOSSZEMMEL (Matos Lajos rovata)</i>	142
<i>FOLYÓIRATSZEMLE</i>	143
<i>KÖNYVSZEMLE</i>	144

Címképünk: Vadmacska (Kalotás Zsolt felvétele)

Borítólapunk második oldalán: A Vádi Rajan Természetvédelmi Terület (Karancsi Zoltán felvételei)

Borítólapunk harmadik oldalán: Ősszállat-lábnyomok Ipolytarnócon

Mellékletünk: Kántor Sándorné: Maróthi György (1715–1744) élete és munkássága. Ő is „a mi kutyánk kölyke?”– Hanga Zoltánnal, az Állatkert szóvivőjével beszélget Lukácsi Béla. A XXIII. Természet–Tudomány Diákpályázat cikkei: Galusz Márton: Százéves a zentai Thurzó Lajos Általános Iskola; Toró Lilla Réka: A kórokozó baktériumok elleni harc. A XXIV. Természet–Tudomány Diákpályázat díjnyertesei

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: ABONYI IVÁN, BACSÁRDI LÁSZLÓ,
BAUER GYÖZŐ, 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: LÉVÁRT TAMÁS

Titkárságvezető:
LUKÁCS ANNAMÁRIA

PÁLYI BERNADETT – KIS ZOLTÁN

Az Ebola-járvány

Az Ebola-vírusra 2014 márciusa óta a világ már nem valami egzotikus, tőlünk távoli, minket nem fenyegető kórokozóra gondol, hanem mint valós fenyegetésre, mely a világ bármely részén, akár Európában is megjelenhet.

A Filoviridae család Ebola-vírus nemzetségbe jelenleg öt faj tartozik: a Zaire-Ebola-vírus (ZEBOV), a Szudán-Ebola-vírus (SEBOV), a Bundibugyo-Ebola-vírus (BEBOV), a Taï-Forest-Ebola-vírus (TAFV, korábbi nevén elefántcsont-parti Ebola-vírus, Cote d'Ivoire, CIEBOV) és a Reston-Ebola-vírus (REBOV) (1. ábra). Az Ebola-vírus nemzetség tagjain belül a nukleotid- és aminosav-szekvenciák között 32–41%, míg az Ebola- és a család másik tagja, a Marburg-vírusok között 55% az eltérés. A Reston-Ebola-vírust leszámítva, mindegyik humán megbetegedéseket okozó vírus, eltérő halálozási aránnyal. A legnagyobb halálozást a Zaire-Ebola-vírus okozza (50–90%), ezt követi a Szudán-Ebola-vírus (40–70%).

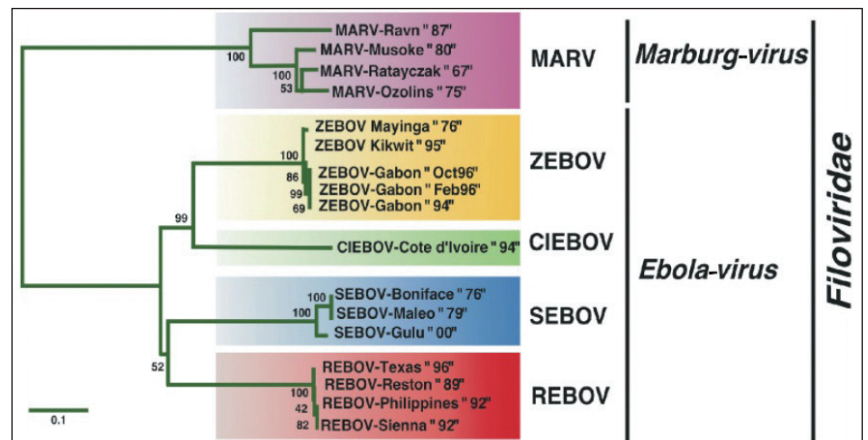
Az Ebola-vírust 1976-ban fedezték fel az akkori Zairében (a mai Demokratikus Kongói Köztársaságban). Nevét a közeli Ebola nevű folyóról kapta. Az első beteg egy Yambuku faluban tanító 44 éves tanárember volt, akit malária ellen kezeltek a helyi kórházban. A vírus kezdeti terjedésében a nem fertőtlenített injekciós tűknek és fecskendőknél óriási szerepe volt. Továbbterjedésében a betegek védőeszközök nélküli ellátása, az otthoni ápolásuk és a hagyományos temetkezési szertartások játszottak szerepet. A halálozási arány 80–90% között alakult.

A vírus fonal alakú, innen kapta a család a nevét (filum=fonal). Elektronmikroszkóp alatt sokszor feltekeredve, U, kör vagy húst formázó alakban látható (2. ábra). Hossza átlagosan 860–1200 nm, átmérője mindössze 80 nm. A helikális, csavart szerkezetű vírusmagot (nukleokapszidot) egy fehérjeburok (mátrix) borítja, melyet a fertőzött sejtek membránjából származó lipidburok vesz körül, amibe a virális glikoproteinek beleágyazódnak (3. ábra). Az Ebola-vírus örökítő anyaga lineáris, nem szabdalt, negatív szálú RNS, hossza kb. 19 000 bázis. A genomja átfedésekkel hét gént tartalmaz: egy nukleoprotein (NP) szintéziséért felelős gént, négy virális proteint (VP), egy glikoprotein- (G) szintézist kódoló gént és az örökítő anyagának

megsokszorozódásában szerepet játszó enzimet (RNS-dependens polimeráz) kódoló L-gént. A gének által kódolt fehérjéket két nagy csoportra oszthatjuk: a nukleoprotein szintéziséért felelős génekre és a burok kódolásáért felelős génekre. A nukleoprotein és az ahhoz kapcsolódó fehérjék a genom transzlációjában és replikációjában vesznek részt, míg a burokhéjfehérjéknek a vírus sejtbe történő bejutásában van szerepe. A glikoproteinek (GP) specifikus és nem specifikus kapcsolódásokkal segítik a vírus sejtbe történő bejutását, valamint a vi-

működése leáll, és a beteg többszervi elégtelenség következtében meghal. Habár az Ebola-vírus igen sokféle sejttel képes fertőzni, úgy tűnik, hogy a limfocitákról hiányzik egy fehérje, és ennek hiányában a vírus nem tud kapcsolódni a sejt felszínéhez, nem tud bejutni a sejtbe. Ennek ellenére a limfociták (különösen a T-limfociták és természetes ölüsejtek) nagy számban halnak el, valószínűleg a filovírusok szuperantigén-aktivitása miatt, így a szervezet védekezőképessége jelentősen romlik.

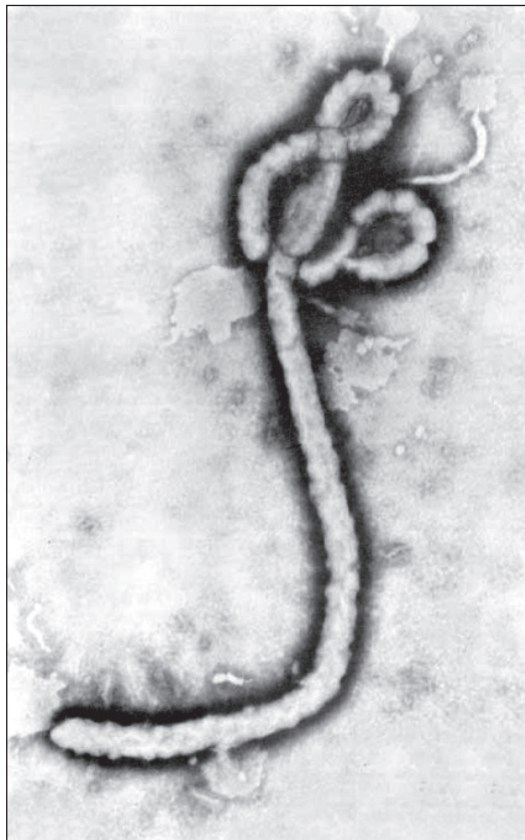
Az Ebola-vírus hordozói feltéte-



1. ábra. A Filoviridae nemzetség filogenetikai fája (<http://www.emporia.edu/dotAsset/cde33eb4-632c-4b3a-8f67-3970e2956e2d.jpg>)

rus felvételét indító jeleket továbbítanak a sejteknek. A fertőzés korai szakaszában a vírus a szervezet immunrendszerének sejtjeit, a monocitákat, a makrofágokat és a dendritikus sejteket veszi célba, ezek a sejtek a felelősek a szervezetben történő elterjedésért. Ezek a vírussal fertőzött sejtek sokféle és nagy mennyiségű gyulladáscsökkentő citokint termelnek (INF, IL-6, -8, -10, -12, etc.), ami a teljes szervezetre kiterjedő gyulladáscsökkentő reakciókat vált ki, és ez vezet a beteg állapotának gyors romlásához. Érdekes, hogy tünetmentes Ebola-vírusfertőzés lezajlása során bizonyos gyulladáscsökkentő citokinek (IL-1 β , IL-6, TNF- α) korai szabályozását figyelték meg. A vírus későbbi célpontjai a fibroblasztok és az ereket belülről borító endotélsejtek. Ezeket közvetlenül is károsítja, valamint az időközben termelt gyulladáscsökkentő citokinek együttes hatására az érrendszer megbomlik, ödéma keletkezik, vérárvadást zavarok lépnek fel, a szervek

lehetően a gyümölcssevő denevérek (Pteropodidae család tagjai), több fajukban is kimutatták a vírus örökítő anyagát, illetve a vírus ellen termelődött ellenanyagokat. A gyümölcssevő denevéreket a vírus ugyan megfertőzi, de a fertőzés tünetmentesen zajlik le, és székletükkel, vizeletükkel, nyálukkal ürítik a kórokozót. A populáción belül folyamatosan cirkulál a vírus, a fertőzött denevérek aránya függ az évszaktól, a denevérek párzási ciklusától, a populáció koreloszlásától. Vírusellenes ellenanyagokat (szeropozitivitást) leggyakrabban felnőtt nőstény és terhes egyedekben találtak. Ezt követően a denevérek váladékai által fertőződnek a rágcsálók, antilopok, majmok, főemlősök. Ezek az állatok nem hordozzák a vírust, hanem nagy arányban megbetegednek tőle. Az emberhez hasonló elhullási arányok jellemzőek ezekre a járványokra is. A fertőzött denevérek elterjedési terü-



2. ábra. Az Ebola-vírus elektronmikroszkópos képe (<http://www.utmb.edu/virusimages>)

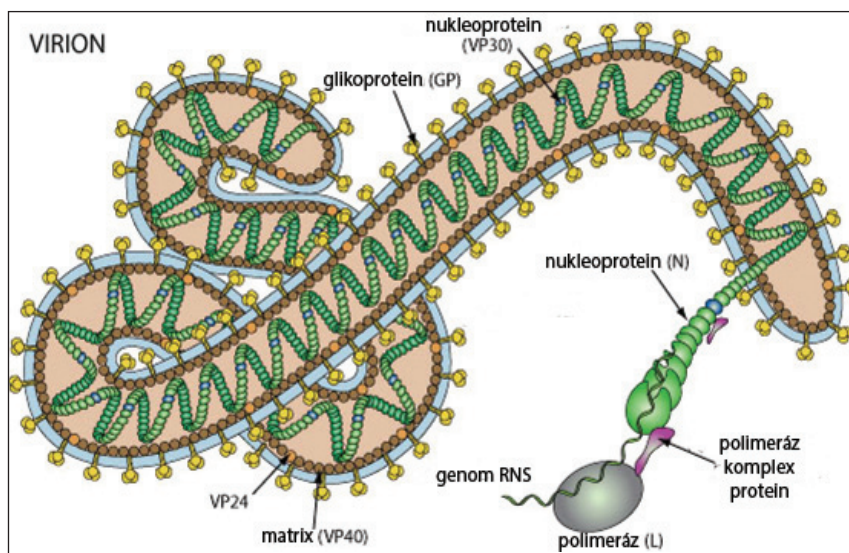
lete és a főemlősök Ebola-vírus okozta elhullási aránya előrejelzői lehetnek egy fokozódó járványveszélynek. Megfigyelték, hogy egyes vándorló denevérpopulációk átmeneti letelepedése során nagyobb eséllyel alakultak ki Ebola-vírus okozta járványok a főemlősök között. A majmokban az emberekhez hasonló vérzéses lázra jellemző tüneteket okoz a vírus. Az emberre legtöbbször a fertőzött állatok fogyasztásával, fertőzött váladékokkal történő közvetlen érintkezéssel kerül. Afrika egyes részein a bozóthús, az elejtett vagy elhullott állatok fogyasztása (majmok, denevérek) az étkezések részei, sokszor csak ezek szolgálnak fehérjeforrásul. A fertőzés az állatok feldolgozása során történik, amikor az ember a fertőzött vérrrel, váladékokkal érintkezik. A vírus a szervezetbe a nyálkahártyán vagy a sérült bőrfelületen keresztül jut be. Ugyan a sütés-főzés a vírust elpusztítja, de Afrikában a bozóthúst nagyon gyakran nyersen is fogyasztják. Az Ebola-lázra jellemző tünetek a fertőződéstől számított 2–21 nap (átlagosan 4–10 nap) lappangási idő után jelentkeznek. A lappangási idő függ attól, hogy beteg hogyan fertőződött meg és mekkora vírusszámmal, milyen az ellenálló képessége (pl. maláriával fertőzött-e). A tünetmentes időszakban

a beteg nem fertőz. A tünetek megjelenésétől kezdve egyre nagyobb arányban ürül a vírus, és a környezetben tartózkodók, a beteget ápolók, vagy azzal érintkezésbe kerülő személyek számára egyre inkább nő a megfertőződés esélye. Fertőző vírusrészecskék vannak jelen a vérben, a nyálban, a vizeletben, a hányadékban, az anyatejben és az ondóban. Fontos kiemelni, hogy a vírus csak a fertőzőtt váladékokkal történő közvetlen vagy közvetett érintkezéssel terjed, légúton aeroszolként nem fertőz, de az aeroszol-generáló tevékenységek során képződő mikrocseppek a beteghez közel tartózkodók nyálkahártyájára (szem, orr, száj), bőrsérülésébe kerülve megfertőzhetik az egészséges személyeket. Kutatások szerint a megfertőződéshez 1–10 fertőző vírus is elég lehet.

Az Ebola-vírus eddig mint vérzéses (hemorrhágiás) lázat okozó vírust tartottuk számon. A klinikai kép influenza-szerű tünetekkel kezdődik: lázzal, fejfájással, hidegrázással, izom- és ízületi fájdalommal, étvágytalansággal. Ezeket alhasi fájdalom, hányinger, hányás, has-

sel járó tünetek jellemzően a betegség csúcspontján jelentkeznek, testszerte kiütések jelennek meg a bőrön, és a beavatkozások helyén, valamint a nyálkahártyával borított területekről szivárog a vér. A betegek hipovolémia (vér mennyiségének csökkenése) és többszervi elégtelenség következtében hunynak el. A korábbi Ebola-járványokra a típusos vérzéses tünetek voltak a jellemzőek, míg a jelenleg zajló nyugat-afrikai Ebola-járványban ezek a tünetek csak az esetek kb. 6%-ában jelennek meg, 60–80%-ban láz, fáradtság, étvágytalanság, hasmenés, hányás a jellemző. Ennek genetikai oka még nem tisztázott, de az örökítő anyag összetételét tekintve az eredeti 1976-os járványt okozó vírustörzstől a jelenlegi járványt okozó vírus kb. 2%-ban tér el. Laboratóriumi értékek eltérései kevésbé specifikusak, de a limfociták számának csökkenése a halállal végződő esetekben a korai szakaszban nagyobb arányú volt, mint a túlélőknél.

A betegség során a 7–11. nap között jelentkezik a fordulópont, a későbbi túlélő beteg állapota ekkor kezd javulni, a halálozás átlagosan a tünetek megjelenését követő 7–8. napon áll be. A kezelési centrumokból a 16. nap környékén került sor a betegek elbocsátására, de a teljes gyógyulás még hónapokat vesz igénybe és sok esetben visszamaradó izomsorvadással, halláskárosodással, máj-és/vagy vesekárosodással, szemérméhártya-gyulladással, pszichózissal kell együtt élniük a betegséget



3. ábra. Az Ebola-vírus szerkezete (Borio et al [2002]. JAMA, 287, 2391-2405.)

menés, mellkasi fájdalom, szapora légzés, köhögés követi, majd vese- és májfunkciós zavarok. Megjelennek az érrendszer károsodásának tünetei (szem kötőhártyájának belövellése, vérnyomásesés, ödéma), valamint a neurológiai tünetek (erős fejfájás, zavarodottság, kóma). A vérzés-

leküzdőknek. A környezet szempontjából fontos, hogy az ondóban a vírus több hónapig is fertőzőképes maradhat, így a szexuális fertőzés lehetőségére fontos felhívni a figyelmet. A halálozási arány a jelenlegi járványban 50–70% között változik, de ez függ attól is, hogy a beteg mikor került

be az ellátási centrumba, az ellátás kezdeti körülményeitől, a beteg életkorától. A mostani afrikai megbetegedések alapján a 45 év feletti életkor jelentősen növeli a halálozás esélyét az afrikai lakosság körében. A vezető klinikai tünetek (láz, fejfájás, étvágyvesztés, hányás, hasmenés) alapján nincs eltérés a betegségből felgyógyultak és elhalálozott betegek között.

Az Ebola-vírusnak, mint lipidburokkal rendelkező vírusnak, a fertőtlenítőszerrel szembeni ellenálló képessége kicsi. A szappan, a klórtartalmú fertőtlenítőszer (pl. háztartási hipó tiszteresére hígított oldata), a kvaterner (négyértékű) ammóniumvegyületek roncsolják a lipidburokot, így a vírus elveszíti fertőzőképességét. Napfény, magas hőmérséklet (60 °C 60

kimutatását csak különlegesen felszerelt magas biológiai biztonsági szintű (BSL) laboratóriumokban (kesztyűs boks BSL3 vagy BSL4) lehet elvégezni. A vírus izolálása, tenyésztése, állatkísérletek és minden további vizsgálat csak a legmagasabb biztonsági szintet biztosító ún. BSL-4 laboratóriumokban engedélyezett. Magyarországon az Országos Epidemiológiai Központban (OEK) működik ilyen laboratórium, a Nemzeti Biztonsági Laboratórium, a környező országokban egyedülként. Magyarországon a legveszélyesebb kórokozók (például az Ebola-vírus, Krími-kongói vérzéses láz vírus) diagnosztikája kötelezően ebben a laboratóriumban folyik. Akinél felmerül az Ebola-fertőzés gyanúja, annak ellátása az Egyesített Szent László

virust semlegesítő ellenanyagokat tartalmazó vérplazma használata. Ellentmondásos eredmények vannak a hatását illetően, eddig csak néhány egyedi esetben alkalmazták, és a készítmények biztonságosságával (pl. tartalmaz-e más kórokozót) is felmerülnek aggályok. Több jelenleg is terápiában használtos vagy a klinikai kísérletek vége felé közelítő antivirális szer áll tesztelés alatt. Ezek közé tartozik a Brincidofovir, amelynek tesztelése cytomegalovírusra és adenovírusra az Egyesült Államokban a végéhez közeledik, és megkapta az engedélyt a szer Ebola-vírus elleni kipróbálására. A Favipiravir szintén egy antivirális készítmény, ami a vírus RNS-dependens RNS-polimerázát gátolja, egérmoldellen hatásosnak bizonyult. A készítmények másik csoportja az ún. siRNS- (small interfering RNS, vagy csendesítő-RNS) készítmények, melyek a vírus fehérjeszintézise ellen hatnak, ilyen a TKM-Ebola, ami kombinált siRNS-készítmény nanorészecskékhöz kötve, mely a vírus három fehérjéjének (L, VP24, VP35) működését gátolja. Előnye, hogy viszonylag stabil és nagyobb mennyiségben, gyorsan termelhető. Egy másik csoport, az ún. mesterségesen előállított antitestek, mint a ZMapp, ami egy genetikailag módosított, három antitest kombinációjából álló készítmény, ez passzív immunitás létrehozásával éri el az Ebola-vírus fertőzésének gátlását. Jelenleg két vakcina-készítmény áll kipróbálás alatt Afrikában: a cAd3-ZEBOV és a VSV-EBOV. A cAd3-ZEBOV vakcina, egy olyan módosított csimpánz adenovírus, amely az Ebola-vírus glikoproteinjét kódolja és kifejezi. Eddigi tesztelések szerint a vakcina hatásosnak bizonyult főemlősmodellben, és embereken sem okozott komolyabb mellékhatásokat. A VSV-EBOV szintén a vírus glikoprotein génjét tartalmazza, ami egy gyengített vesicularis stomatitis vírusba van beépítve.

A 2014-es nyugat-afrikai Ebola-járvány a kórokozó eddig ismert történetének leg súlyosabb járványát okozza. A vírus – a korábbi vérsavók vizsgálata alapján – már régóta jelen volt a területen, de járványt még nem okozott. A járvány első áldozata 2013-ban Guineában, Gueckedou prefektúrában található Meliandou faluban, egy kétéves fiúgyerek volt, aki ismeretlen forrástól (feltételezések szerint de nevértől) megfertőződött, majd december végén meghalt. 2014. január elején a testvére, édesanyja, nagyanyja is, majd március végére a temetőseken résztvevő rokonok, barátok, a kezelőorvosok és egészségügyi dolgozók közül több tucat halálesetet regisztráltak. 2014 márciusában a lyoni és hamburgi BSL-4 laboratóriumokban ki-



4. ábra. Laboratóriumi diagnosztika Guéckédou-ban, Guineában az Ebola Kezelési Központban (a képen Pályi Bernadett látható)

percen át, vagy 5 perces forralás) ugyan csak elpusztítja a kórokozót, de alacsony hőmérsékleten (4 °C), vérben, beszáradt váladékokban napokig, hetekig túlélhet. A vírus terjedésének szezonálisitása van, az esős évszakban gyakoribb.

Az Ebola-vírus diagnosztikája egyfelől egyszerű, másfelől igen bonyolult. Kimutatható a vírus örökítő anyaga (molekuláris módszerek, például polimeráz láncreakció, PCR), vagy a vírus fehérjei vagy az ellenük a szervezetben termelődött ellenanyagok (szerológiai módszerek). Lapangási idő alatt nem fertőz, sem a vírus örökítő anyaga (RNS), sem fehérjeje vagy a vírus ellen termelt ellenanyagok nem mutathatók ki a szervezetből. A tünetek megjelenésétől számított 72 órán belül már biztosan eléri az igen érzékeny valós idejű PCR alapú molekuláris kimutathatóság szintjét, szerológiailag csak ennél később lehet kimutatni. A vírus örökítő anyagának

és Szent István kórház speciálisan e célra kialakított izolációs szobáiban lehetséges, vérminta is csak itt vehető. Mivel számos betegség (pl. malária) hasonló tünetekkel jár, az elkülönítő diagnosztikának fontos szerepe van. Afrikában a betegmintákat egy, a környezettől elzárt, hypobar nyomású zárt fülkében, ún. kesztyűs boxban inaktíválják, és utána végzik el az Ebola-vírus kimutatását (4. ábra). Diagnosztikus nehézséget okoz, hogy a járvány által érintett országokban más kórokozók hasonló tüneteket okoznak, mint az Ebola-vírus kezdeti tünetei. A legnagyobb problémát az ezen a területen állandóan jelen lévő malária, a *Salmonella typhi*, mely a hastífusz kórokozója, valamint a vérzéses lázat okozó Lassa-vírus jelenti.

Az Ebola-vírus okozta betegségre nincs jelenleg hatásos kezelés, gyógyszer vagy vakcina. Egyik kísérleti terápia a túlélő betegek véréből kinyert



5. ábra. Az egyik Ebola-járvány túlélője Guéckédou-ban, Guineában
(Kis Zoltán felvétele)

zelési központokba szállítani, csak így állítható meg a vírus terjedése. A klórtartalmú vegyszerrel való fertőtlenítés, a kézmosás, az alapvető higiénés szabályok betartása megakadályozza a vírus terjedését, de Afrikában a közegészségügyi viszonyok, a folyóvíz hiánya, a csatornázatlanság mind hozzájárulnak a vírus terjedéséhez. Ezen kívül a tradicionális temetkezési szokások, melyek során a hozzátartozók lemossák a halottat, mellé fekszenek, elősegítik a vírus terjedését a közösségekben. A lakosság felvilágosítása a betegségről, a terjedés megakadályozásáról kulcsfontosságú szerepet játszik a járvány megfékezésében. Mivel a lakosság nagy része írástudatlan, plakátokon, rádióon keresztül beszédekben és helyi énekes sztárok által előadott dalokkal kommunikálnak és próbálják őket meggyőzni a segítség elfogadására. Ebben a régióban a helyi lakosok nagyon bizalmatlanok a fehér emberekkel szemben, sok hiedelem él, mint például az, hogy a fehér ember hozta ide az Ebolát, hogy megölje őket és elvegye a földjeiket vagy az Ebola-vírus nem is létezik. Ezért fontos a lakossággal egy megbízható, szavahihető kapcsolat kiépítése, hogy a járványügyi felderítés sikeres lehessen. 2015. február 11-re az Ebola-vírus okozta megbetegedések száma 22 894-re nőtt, és 9177 fő halálát okozta. Guineában 3044 megbetegedés 1995 halálestet, Libériában 8881 megbetegedés és 3826 halálestet, Sierra Leonében 10 934 megbetegedés és 3341 halálestet történt, közöttük igen sok egészségügyi dolgozó vesztette életét. A vírust behurcolták a szomszédos országokba (Nigéria, Szenegál, Mali, ahol egyedi eseteket vagy kisebb helyi járványokat okozott), valamint az Amerikai Egyesült Államokba is. A betegek ápolásánál a kórházi infektókontroll (egészségügyi ellátással összefüggő fertőzések megelőzésével foglalkozó gyakorlat) szabályainak (pl. megfelelő fertőtlenítés, védőeszközök helyes használata) maradéktalan betartása elengedhetetlenül szükséges a fertőzés továbbterjedésének megakadályozásában. Spanyolországban és az Amerikai Egyesült Államokban a szabályok nem megfelelő betartása miatt betegedtek meg az ebolás betegek ápolásában résztvevők.

Az Ebola-vírus történetének eddigi legnagyobb járványa ma is tart és minden erőre, segítségre, tudásra, összefogásra és kitartásra szükség van ahhoz, hogy megfékezzük a kórokozót és megelőzzük a jövőben a járványok által okozott pusztítást. Mindenki, aki részt vesz ebben a harcban, bármilyen területen is küzd a kórokozó ellen, tiszteletet érdemel és megbecsülést. Írásunkat az Ebola-vírus áldozatainak emlékére ajánljuk.

mutatták a beküldött mintákból az Ebola-vírus RNS-ét, és ezt szekvenálással, elektronmikroszkóppal és vírusizolálással is megerősítették. A megbetegedések száma folyamatosan nőtt, a járvány áterjedt a szomszédos prefektúrákba, május végére elérte Guinea fővárosát, a kétmillió lakosú Conakryt is. Március végén Libéria két megyéjéből is jelentettek megbetegedéseket, július végére Libéria fővárosa, Monrovia is érintett lett. Sierra Leonéból az első esetet május 25-én jelentették Kailahunból, a guineai határ közeléből. Július végére a járvány itt is elérte a fővárost, Freetownt. Mindhárom országban zavargások nehezítették a helyi és külföldi szervezetek munkáját. Néhány alkalommal a külföldi szervezetek munkatársaira bozótvágó késekkel támadtak rá, de volt olyan járványügyi csoport, akiket kivégeztek. A higiénia, a helyi egészségügyi ellátás nagyon alacsony

szívnál, számunkra elképzelhetetlen, hogy nincs folyóvíz, ivóvíz, csatornázatlanság, szemét hever mindenütt, a betegellátásban nincs gyógyszer, nincs gumikesztyű, fertőtlenítőszer. A betegek ellátására a nemzetközi szervezetek Ebola-kezelési központokat hoztak létre, ahol a betegeket sátrakban matracokon, kiürített és átrendezett iskolákban, épületekben látják el, de ezek száma még mindig nem éri el a kívánt mennyiséget. (5. ábra). Mivel az Ebola-vírus okozta megbetegedésre hatékony terápiás és megelőző eszközök nem állnak rendelkezésre, nincs ellene gyógyszer, ezért fontos a betegek elkülönítése, és a járványügyi felderítés, hogy kivel találkozhattak, kitől fertőződhetett meg. A feltételezhetően megfertőzött személyeket 21 napig követik, megfigyelik, vannak-e tünetei. Igyekeznek felderíteni a fertőzési láncolatot, a tüneteket mutató egyéneket minél hamarabb izolálni, a betegeket a ke-

KITTEL ÁGNES

Felfedezték az agy helymeghatározó rendszerét

Sok olyan kérdés volt és van ma is, amely évszázadokon át foglalkoztatta, foglalkoztatja az embereket, melyekre választ találni tudósok nemzedékeinek életcélja. Ezek közé tartozik az emberi szervezet felépítésének és működésének számtalan csodája is. Nem véletlen tehát, hogy „csak” érzékszerveink működésének megfejtéséért is számos Nobel-díjat osztottak ki. 1911-ben *Allvar Gullstrand* a szem optikai rendszerével kapcsolatos vizsgálataiért kapta meg az elismerést, 1967-ben *Keffer Hartline*, *George Wald* és *Ragnar Granit* a szemben található fényérzékítő sejtek különböző típusainak és működésüknek leírásáért vehette

De vajon mi a helyzet legfontosabb szervünkkel, az aggyal, illetve az idegrendszerrel kapcsolatos kutatásokkal? 1970-ben *Sir Bernard Katz*, *Ulf von Euler* és *Julius Axelrod* kapott Nobel-díjat az ideg ingerület működésének tanulmányozásáért, *Roger Sperry*, *David Hunter Hubel* és *Torsten Wiesel* 1981-ben az agyi féltekék eltérő funkcióinak leírásáért, 2000-ben pedig megosztott Nobel-díjban részesült *Arvid Carlsson*, *Paul Greengard* és *Eric Kandel*. Carlsson bizonyította be, hogy a dopamin felelős az agyban az idegsejtek közti jelátvitelért, melynek csökkenése Parkinson-kórhoz vezet, Greengard fedezte fel, ho-

mi réteg számára elérhető egészségügyi szolgáltatások, az egyre hatékonyabb gyógyszerek hozzájárultak az átlagos életkor meghosszabbodásához, a társadalom öregedéséhez és – különösen a hetven év feletti korosztály tagjai közt – a neurodegeneratív betegségek egyre nagyobb arányban való megjelenéséhez. Mindenki előtt ismert és rettegett a ma még gyógyíthatatlan Alzheimer-betegség vagy a Parkinson-kór, sokan szenvednek multiplex szklerózisban, korunk betegsége lett a depresszió, mely különösképpen a nyugati országokban, minden ötödik fiatalalt érint! Sokféle stressz eredményezte betegség és idegrendszeri rendellenességek hosszú sora teszi alig elviselhetővé az életet nemcsak a betegek, hanem családtagjaik számára is, és jelent hatalmas terhet a társadalomra. Nemigen lehet tehát „jobb befektetés”, mint az idegtudományok legnagyobb kihívása, a minden számítógépnél bonyolultabb emberi agy kutatása, a különböző feladatokra specializált területek azonosítása és együttműködésük megértése. „Képesek vagyunk azonosítani tőlünk fényevőkre levő galaxisokat, tanulmányozni atomnál kisebb részecskéket, de mindaddig képtelenek voltunk megfejteni annak a mindössze másfél kilós anyagnak a titkát, ami a két fülünk között van.” Obama elnök indokolta ilyen egyszerűen 2013 áprilisában, miért is indít Amerika a Humán Genom Projekt tudományos és pénzügyi vonatkozásban is sikeres befejezése után egy újabb gigantikus vállalkozást, melynek bevallott célja az emberi agy „kódjának” megfejtése, és ezt értették meg Európában az *Emberi Agy Projekt* (Human Brain Project, HBP) létrehívói és támogatói is.

Az élettani-orvostudományi Nobel-díj 2014-es díjazottjai egy titkot mindenesetre megfejtettek. A 2014. október 6-án megjelenő újságokban szalagcímek hirdették: „Nobel-díjat nyertek, akik megtalálták az agy GPS-ét”, és legalábbis pár napra, *John O’Keefe* és a Moser házaspár, *Edvard* és *May-Britt Moser* neve világszerte ismertté lett. A GPS az már valami, gondolhatta az



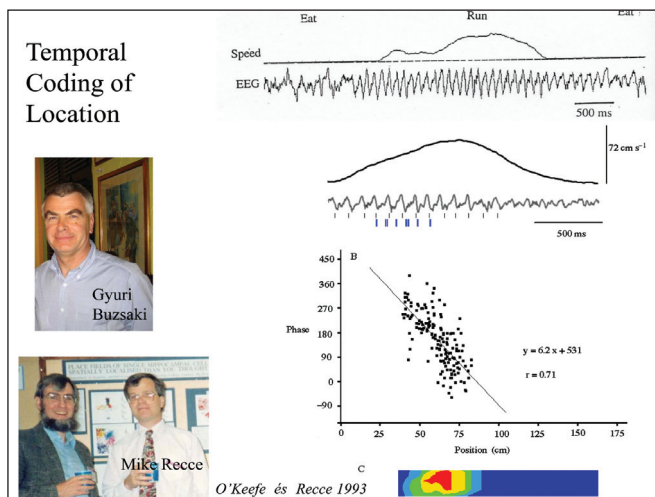
A Nobel-díjasok: May-Britt Moser, John O’Keefe és Edvard I. Moser

át a díjat, 1914-ben *Bárány Róbert* a belső fül vesztibuláris apparátusának (egyensúlyszervének) fízológájával és kórtanával kapcsolatos munkáiért, 1961-ben pedig *Békésy György* a belső fül, a csiga ingerlésének fizikai mechanizmusával kapcsolatos fölfedezéseért. Az ezredforduló után, 2004-ben a szaglősejtek és a szaglőrendszer működésének leírásáért *Richard Axel* és *Linda Buck* részesült e legnagyobb tudományos elismerésnek tartott kítüntetésben.

gyan befolyásolják a neurotranszmitterek az agyműködést, Kandel pedig molekuláris szinten írta le a hosszú és rövidtávú emlékezet működését.

Sajnos, e nagyszerű eredmények ellenére is igen messze vagyunk még attól, hogy megértsük az agy működését és ennek következtében betegségeinek, rendellenességeinek kezelése sem megoldott.

A fejlett országok jó életkörülményei, a gyakorlatilag minden társadal-



O'Keefe Nobel-előadásában az Egyesült Államokban dolgozó Buzsáki György eredményeit is méltatta, aki elektrofiziológiai mérésekkel (egy mérés az ábra job felső részén) bizonyította, hogyan történik a hippocampusban a hely időbeli kódolása

utca embere, és talán a tudósok nevére is tovább emlékszik majd, mint más Nobel-díjasokéra, hiszen rögtön felismerte a felfedezés jelentőségét, ha nem is úgy fogalmazta meg magában, mint a Nobel Bizottság közleménye. Még a napilapok szűkszavú közleményeiből is világossá vált, hogy megismerhettük az agy helymeghatározó rendszerét.

Azt, hogy mennyi haszna van egy GPS-nek, senkinek nem kell magyarázni, még azon keveseknek sem, akiknek ma sincs okostelefonja, hiszen a krimisorozatok epizódjaiban rendszeresen ilyen készülék segítségével találják meg az elrabolt személyt vagy a gyilkost, és néha még működési elvét is elmagyarázza a film valamilyik mindenhez értő szereplője. De hogyan lehetett megfejteni, mi történik tájékozódás során a kísérleti állatok agyában, és következtetni arra, mi játszódik le az emberi agyban? Ezt a hatalmas teljesítményt ismerte el az Agydíjas *Somogyi Péter* is, a memória és tanulási folyamatok egyik világhírű kutatója, amikor 2012-ben az ELTE-n, díszdoktorrá avatása alkalmából tartott előadásában John O'Keefe-t említve azt mondta: remélem, hogy az ún. térsejtek felfedezéséért megkapja a Nobel-díjat. Igaza lett.

Az ember személyiségének alapvető meghatározója, hogy mennyire képes figyelni, tanulni, emlékezni és tervezni. Bármelyik folyamat is gyengül, sérül vagy károsodik, az kihat a személyiségre, s annak torzulását, akár elvesztését is eredményezheti. Ahhoz, hogy egyik helyről a másikra eljussunk, nemcsak fizikailag kell képesnek lennünk erre, hanem el is kell, hogy tudjunk képzelni azt, hol vagyunk. A tájékozódáshoz vizuális információk, emlékezet és tervezési folyamatok is szükségesek.

sek. A tájékozódási képesség kulcsfontosságú létünk szempontjából. A Nobel Bizottság közleménye szerint: „John O'Keefe, May-Britt Moser és Edvard Moser kutatásai olyan kérdésre találták meg a választ, amely évszázadokon át foglalkoztatta a tudósokat és filozófusokat. Megejtették, hogyan, miként képes az agy a környezetben való eligazodáshoz szükséges térképét megalakítani. Az agy bel-

ső GPS-ének felfedezése paradigmaváltást jelentett a magasabb kognitív funkciók celluláris alapjainak megismerése szempontjából”.

A 2014-es év díjazottjai különböző szinten és különféle módszerekkel analizálták az általuk felfedezett, a memória és megismerési funkciókért felelős agyi rendszereket, és nagyban hozzájárultak ahhoz, hogy megismerjük az ezekben a folyamatokban elsődleges szerepet játszó sejteket és agyi területeket.

A feladat megoldásához szükség volt olyan módszerekre, amelyekkel az élő agy aktivitása mérhető, az eredmények összehasonlíthatók és a kísérlet megismételhető. Közülük az egyik a kb. tíz éve bevezetett és a Moser házaspár által is alkalmazott optogenetikai módszer, mely, mint ezt a Nobel-díj is mutatja, a továbbiakban is kiemelkedő szerepet játszhat abban, hogy választ kapjunk a biológia eddig megválaszolatlan kérdéseire.

De ne szaladjunk ennyire előre. Az optogenetika még sehol nem volt, amikor John O'Keefe, akinek vizsgálati területe mindig a hippocampus volt, a helymeghatározó rendszer első komponensét 1971-ben felfedezte. A *John Dostrovsky*val végzett híres 1971-es kísérletükben felfigyeltek arra, hogy a kísérleti patkány agyának hippocampális régiójába ültetett elektród a közelében levő idegsejt tüzelését mindig akkor jelezte, amikor az állat a tér egy bizonyos pontjánál tartózkodott.

További kísérletek sora bizonyította, hogy a hippocampusban a külső tér adott pontjainál mindig ugyanazok a sejtek aktivizálódnak (tüzelnek), a helyváltoztatás során pedig más és más idegsej-

Életrajzi adatok

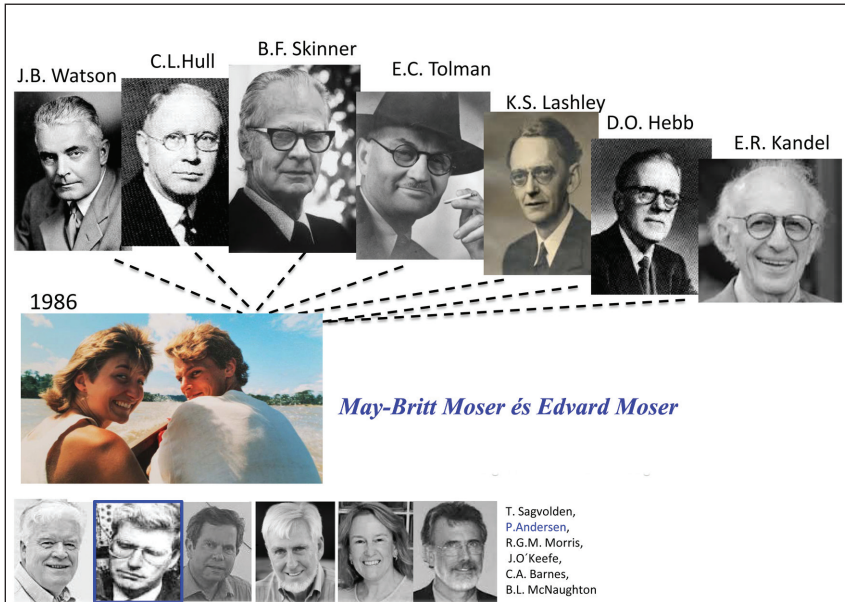
John O'Keefe 1939-ben született New Yorkban. A City College of New York-on kapott BSc diplomát, majd a McGill Egyetemen a fájdalomkutatásban úttörő eredményeket ért el Ronald Melzacknak előbb hallgatója volt, majd munkatársa lett. Doktori disszertációját 1967-ben írta. Posztdoktori tanulmányait az University College Londonon végezte, ahol Melzack kutatótársa, Patrick Wall mellett dolgozott. 1987-től az University College Kognitív Neurológiai Tudományos Intézet és az Anatómiai Tanszék professzora.

Tagja a Brit Királyi Tudományos Akadémiának (Royal Society) és az Orvostudományi Akadémiának. 2007-ben a Brit Neurológiai Társaság díját, 2008-ban az idegtudományi kutatásokért járó Gruber-díjat és az European Neuroscience Journal című tudományos folyóirat díját, 2013-ben a Columbia Egyetem által odaítélt Louisa Gross Horwitz-díjat kapta meg. 2014-ben lett az Európai Molekuláris Biológiai Szervezet /EMBO tagja, és átvehette a kétévente adományozott (pénzjutalom tekintetében a Nobel-díjjal egyenértékű) idegtudományi Kavli-díjat Brenda Millerrel és Marcus E. Raichleval megosztva, és a Nobel-díjat Edvard és May-Britt Moserrel megosztva.

May-Britt Moser 1963. január 4-én született Svédországban, Fosnavagban. 1990-ben diplomázott az Oslói Egyetemen, ahol öt évvel később neurológusként szerzett PhD-fokozatot. Tanult az Edinburghi Egyetem Idegtudományi Központjában is, és Londonban hallgatója volt John O'Keefe-nek is.

1996-ban visszatért Norvégiába, ahol a trondheimi tudományos és műszaki egyetemnek 2000-tól lett teljes állású tanára. Alapító társigazgatója a Trondheimben lévő Norvég Tudományos és Technológiai Egyetem Kavli Intézetében működő Emlékezet-biológiai Központnak. Tagja a Norvég Tudományos és Irodalmi Akadémiának, valamint a Norvég Műszaki Akadémiának.

Edvard Moser 1962. április 27-én született Ålesundban. Három diplomája van az Oslói Egyetemről, köztük egy matematikai és egy neurobiológiai. PhD-fokozatát 1995-ben szerezte meg, posztdoktori tanulmányait Edinburghban és John O'Keefe irányítása alatt Londonban végezte. 1996-tól Norvégiában, a trondheimi Norvég Tudományos és Technológiai Egyetemen dolgozik. Alapító társigazgatója az Egyetem Kavli Intézetében működő Emlékezet-biológiai Központnak. Tagja a Norvég Tudományos és Irodalmi Akadémiának, valamint a Norvég Műszaki Akadémiának.



Az élettantól az idegétlannig és vissza. A fiatal Edvard I. Moser és felesége a múlt, közelmúlt és jelen tudásainak képeitől körülveve. Mindnyian kiemelkedő eredményekkel járultak hozzá ahhoz, amit ma a sejtek-idegsejtek élettanáról tudunk

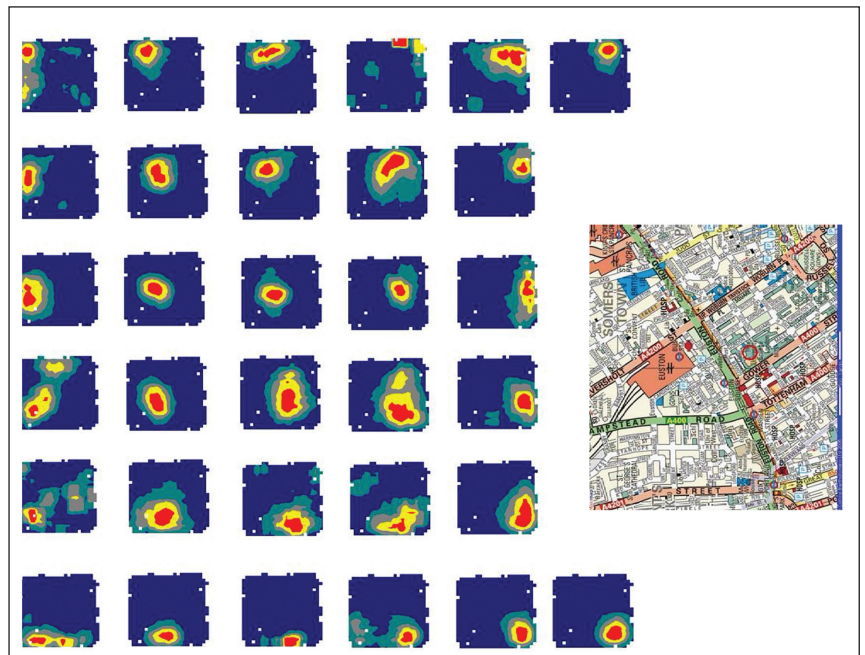
tek lesznek aktívak. John O’Keefe ebből arra következtetett, hogy ezeknek a sejteknek a környezet feltérképezése a feladata, ezért is nevezte el őket „térsejteknek”.

Több ezer idegsejt tüzelésének megfigyelése után O’Keefe kimondta, a hippokampusz, ez a rövid- és hosszú távú memóriáért, valamint térbeli tájékozódásért felelős kicsiny agyterület tartalmazza számunkra a külső világ valamiféle kognitív térképét. Ezt a kísérleti eredmények alapján levont következtést alátámasztotta az a jól ismert tény is, hogy neurodegeneratív betegségek során először a hippokampusz károsodik, ami memóriazavarokban, a tájékozódási képesség megromlásában, végül akár elvesztésében nyilvánul meg.

Későbbi munkái során O’Keefe azt is felfedezte, hogy a hippokampusz nem kizárólagosan csak a helyről, de az irányokról és távolságról is őriz információt.

A felfedezés igen nagy jelentőségű volt, de még messze, jó harmincévnyi távolságra voltunk attól, hogy az agy GPS-éről beszélhessünk. Ehhez meg kellett találni az agy helymeghatározó rendszerének egy másik kulcsfontosságú elemét, a hippokampusz fő bemeneti régiójaként is ismert entorhinális (szagló) agykéregben azokat a sejteket, amelyek akkor aktiválódnak, amikor az állat az egyik helyről egy másikra megy. Ezek azok a koordináta-rendszerbe szerveződött hálózati vagy más néven rácsejtek, amelyek felfedezése a Moser házaspár nevéhez fűződik, akik maguk is

O’Keefe laborjában dolgoztak egy ideig. A 2005 óta megjelent közleményekben azt is leírták, hogyan teszik lehetővé a hálózati sejtek a helymeghatározó



A hippokampuszon végzett elektrofiziológiai mérések jelzik az állat helyváltoztatása közben aktív térsejtjeit (O’Keefe Nobel-előadásából)

zást és az optimális útvonal megtervezését, a navigációt. Rájöttek, hogy az entorhinális kéreg sejteinek aktivitása szimmetrikus térhálót formál, ahol a tüzelési pontok egyenlő oldalú háromszögek csúcaiban helyezkednek el.

Így alakul ki az egymás melletti sejtek révén az a belső koordináta-rendszer, melynek segítségével az állat folyamatosan tudja érzékelni helyzetét és mozgásának irányát.

Ezeket az eredményeket leginkább patkányon végzett kísérletek szolgálatták, de a képalkotó technikák dinamikus fejlődése, valamint az idegsebészeti műtéteken átesett betegek vizsgálata azóta sokszorosan bizonyította, hogy az emberi agyban is léteznek térsejtek és hálózatis sejtek. Főképp az fMRI- (funkcionális mágneses rezonancia) vizsgálatok segítségével lehetett például azt igazolni, hogy az Alzheimer-kór még korai stádiumában levő betegekre is jellemző gyakori eltérések oka valóban a hippokampusz, valamint az entorhinális agykéreg sérülése, az ott levő térsejtek károsodása, pusztulása.

Mi minden kellett ahhoz, hogy megérthessük, mi az alapja annak, hogy képesek vagyunk a tájékozódásra, útjank előre tervezésére? Kellett hozzá néhány nemzedék felhalmozott tudása, korunk technikai lehetőségeinek, legújabb technikáinak alkalmazása, megfelelő munkakörülmények, motivált, együtt gondolkodásra és kitartó munkára egyaránt

KORDOS LÁSZLÓ–MÉSZÁROS ILDIKÓ

Krokodilia

Ezernyi új őssálatnyom Ipolytarnócon

Ipolytarnócon 2014-ben több ezer új, 17–18 millió éves őssálatnyom felfedezésével a már 115 éve ismert „orrszarvúk földje” összekapcsolódott a krokodilok vizes élőhelyével, „Krokodiliával”.

Az Európa Diplomás, Világörökségre többször nevezett földtani bemutatóhely, a Nógrádi Geopark Egyesület központja a Bükk Nemzeti Park része. A korábban jelentéktelen település hírnevét 1836-ban Kubinyi Ferenc alapozta meg, aki leírta, majd 1854-ben Markó Károly rajzával közhírré tette a tarnóci óriásnagyságú kövesült fát. A látványosság a tudósokat is vonzotta. 1900 tavaszán az akkor 30 éves Tuzson János botanikus is meglátogatta a nevezetes fát, majd a selmecbányai akadémia 26 éves tanárával, Böckh Hugóval még a nyáron visszatért a geológiai viszonyok pontosítása miatt. Egy évvel később Tuzson János megemlítette, hogy a „homokkőpadkán e nyáron őskori emlősök lábnyomaira is akadunk”.

Megkövesült gondolatok

Miután Böckh Hugó apja, nagysúri Böckh János 1900-ban, életének 60. évében már 18 éve a Magyar Királyi Földtani Intézet igazgatója volt, az ipolytarnóci lábnyomok jó és hatékony felügyelet alá kerültek. Böckh János beszámolója szerint a „ritka lelet megmentése érdekében a szárazabb nyári idő beálltával azonnal megtettük a szükséges munkálatokat”. Ezt követően Hugó fia elkísérte Ipolytarnócra Szontágh Tamás bányatanácsost, ahol mintegy 5–6 m²-es homokkőlapot két egymást követő „misszióban” felszedte. Semsey Andor mintegy 1000 koronás (napjainkban kb. 3,3 millió Ft) támogatásával a Földtani Intézetbe szállították, ahol „a gyűjtés eredménye immár muzeumunkban látható felállítva”, és annak „felületét igen számos, különféle ősmélt állattól, de madaraktól eredő lábnyomok borítanak”.

Az intézeten belül többször áthelyezett és összeállított, restaurált 17–18 millió évvel ezelőtti vulkáni kitérősek kőzeteivel befedett és megőrződött eredeti homokkőlap jelenleg a díszterem szecessziós oszlopokkal tagolt részében, a Lábnyomos-teremben ünneplheti újjászületésének 115. évét.



A lábnyomos csarnok látogatóktól elzárt területén 2014-ben több száz új állat egymásba taposott láb és életnyomát sikerült felfedezni (Szarvas Imre felvétele)

Miközben az eredeti lábnyomos homokkőlap fölött végigsöpört két világháború, gazdasági válság, diktatúrák sorozata, Ipolytarnóc és a lábnyomok időről időre a tudomány és közérdeklődés búvkörébe kerültek. Csak időrendben említve, id. Lóczy Lajos 1910-ben közli az egyik, később igen fontosá váló lábnyom első fényképét, s megemlíti, hogy a kiállított homokkőlapon „rhinocerosz, ősszarvas és madár” lábnyomokat fedeztek fel. Lambrecht Kálmán 1912-ben a sárszalónka lábnyomához hasonlónak vélte a tarnóci madarakat. Az egyedülálló ipolytarnóci lábnyomokban rejlő lehetőségeket a zseniális tudós és kalandor báró Nopcsa Ferenc sem hagyta ki, aki 1925 és 1928 között földtani intézet igazgatója volt. Posztjáról történő lemondása előtt 1928 szeptemberére meghívta Budapestre, és Ipolytarnócra is a Német Őslénytani Társaság vándorgyűlését. Az előkészítésbe bevonta az akkor 25 éves Tasnádi Kubacska Andrást, aki új lábnyomos felületeket tárt fel. A vándorgyűlésen ott volt a tekintélyes bécsi Othenio Abel professzor is, aki ekkor dolgozott egyik főművén, az őslények életnyomait összegző, 1935-ben megjelent könyvén. Helyszíni benyomásai, valamint a Bu-

dapestről a Bécsi Egyetem Paleobiológiai Intézetébe eljuttatott másolatok alapján a homokkő felszínén ormányos, orrszarvú, kihalt ló, kis és nagytestű párosujjú patások, madarak, és egy nagytermetű ragadozó nyomát azonosította.

Tasnádi Kubacska András, a népszerű őslénykutató és szakíró Ipolytarnóc szerelme volt. Önállóan először 1937-ben végzett ásatásokat és ekkor többek között egy 8 m²-nyi, nagyrészt orrszarvúak lábnyomait tartalmazó homokkőlapot vettek ki és szállították a Nemzeti Múzeum őslénytani osztályára (napjaink Magyar Természettudományi Múzeumának gyűjteményébe). Ekkor derült ki egyértelműen, hogy a lábnyomok nemcsak a homokkő felszínén vannak, hanem egymás alatt legalább két rétegben, ahogy Tasnádi nevezte, a felső orrszarvús és az alsó masztodonos szintben. Tasnádi Kubacska kutatásait 1956-ban, majd 1960-tól kezdve 3–4 éven át folytatta. Kiterjesztve az ásatás felületét új nyomokat fedezett fel, köztük egy ragadozó valóban látványos három lábnyomos együttesét.

Miközben Tasnádi Kubacska már 20–30 éve hajtotta, gyötörte az ipolytarnóci ősvilág megismerése, az 1950-es évek elején feltűnt a taskenti születésű, és a lvo-



A homokkő felszínének letisztítása után a különböző formájú láb- és lépésnyomokat a kutatók előbb krétával jelölik meg, majd a részletes térképezést követi a foto dokumentáció. A digitális fényképekről a helyszínen láthatatlan részletek elemzése után még mindig nehéz eldönteni, hogy az egymásra rakódott finom homokrétegekben hol és milyen állatok lábnyomai őrződtek meg

vi egyetem földtani tanszékének vezetője, Oleg Sztjepanovics Vialov, aki a Kárpátok nagykiterjedésű elötereinek miocén kori életnyomaival kezdett foglalkozni. Előbb 1959-ben Tasnádi Kubacsával, majd 1984-ben Kordos László kíséretében tett rövid látogatást Ipolytarnócon.

Mindkettőnek meglett az eredménye, mert Vialov új alapokra helyezte az ősi élet nyomainak rendszerezését, azokat a linnéi nevezéktan alapján latinositott nemzetség és fajnevekkel látta el. A lábnyomokat hagyó, megítélése szerint legjobban azonosítható élőlény nevét használta fel elnevezéseiben, és így lett például az ipolytarnóci orrszarvúból *Rhinoceripeda tasnadyi*, VIALOV, 1965.

Időközben a lábnyomok kutatásába ekkor kapcsolódott be Kordos László, aki eredményeit 1985 júliusában monográfiában összegezte. A feltárás-feldolgozás éveiben O. Sz. Vialov is itt járt, aki két hónappal később megjelent tanulmányában, ugyanazokra az adatokra és fényképekre hivatkozva más néven nevezve szintén leírta az ipolytarnóci állatnyomokat. A tudományos-etikai affér nem okozott szökőárt. Az Ipolytarnóc Ősmeradványok Természeti Területét 1985-ben megnyitották, azóta állandóan fejlesztik, több lépcsőben négy nagykiterjedésű lábnyomos felületet tártak fel.

Az Ipolytarnócról feltérképezett állatnyomok száma mennyisége miatt már az 1990-es években is a Föld leggazdagabb lábnyomos lelőhelye volt. Ugyanakkor a felismert fajok száma felfedezés óta alig változott, vagyis 4 madár, 4 ragadozó, 2 párosujjú patás és az orrszarvú jelenléténél többre nagynevű kutatók generációi sem jutottak.

Cserélj optikát...

A már-már jelképnek számító ipolytarnóci állatnyomok annyira egyértelműek, és jól láthatók, hogy a laikus néző is azonnal felismeri, megkülönbözteti őket egymástól. Elegendő néhány szavas szakmai útmutató, s már mindenki saját szemével kutatja, hogy merre ment az orrszarvú, hol fordult meg a madár, a fantáziadús emberek pedig sokszor jó ötletekkel állnak elő. Az ipolytarnóci lábnyomok tudós kutatói azonban ritkán látták a fától az erdőt. Az

tához. Miközben fejük fölött a kiállítással ismerkedő, a háromdimenziós filmet néző, majd az eredeti lábnyomokra rácsodálkozó látogatók csoportok jöttek-mentek, mi alattuk a „pincében” görnyedve nem akartunk hinni a szemünknek. Egymásra taposott, sekély, soha nem látott, aprótól a tenyérnyi méretűn át a több méteres átlal mozgásnyomai mutatták meg magukat és tűntek el a reflektorok mindig változtatott fényében. Itt nem lehet klasszikus módszerekkel dolgozni! Kiderült, hogy a mm-es vastagságú egykori homokleplek 8–10, vagy még több szintben ott őrzik a sekély vízben vagy annak szegélyén élő állatok láb-, és mozgásnyomait. Egy-egy jobban körvonalazódó nyomban még legalább két-három további is ott van. És még nem láttunk a felszín alá! Legalább 4000 db nagyfelbontású fénykép számítógépen történő nagyításával, forgatásával, szemrontó böngészésével, még fototechnikai manipulálás nélkül is több, a tudományra nézve is új állatnyomot sikerült dokumen-

Országos Természeti Hivatal 1979-ben Tardy János koordinálásával megkezdte a terület bemutatóhellyé alakítását. Kordos László elkészítette az 1985. évi budapesti „neogén világkongresszusra” a hiánypótló monográfiáját. A korábban jégkorszaki kisémlősökkel foglalkozó 29 éves ifjanc felmért, ábrázolt, leírt mindent, amit a nagy elődök alapján látni lehetett és kellett. Több harminc éven át rendre feldolgozta a természetvédelmi terület bővítésekor előkerülő új és még újabb lábnyomos felületeket is. Már unáig látta ugyanazokat a nyomokat, és abban bizakodott, hogy csak a hegyeket kell lebontani a homokkőről, és ott lesznek a lábnyomaitak visszahagyó állatok csontmaradványai is.

Miközben a lábnyomokba illeszthető állatok csontjait vadásztuk, Szarvas Imre geológus mérnök, a terület megszálott helyi vezetője, természetvédelmi őre javaslatára a Bükk Nemzeti Park Igazgatóságának támogatásával e sorok írói új ásatásokba, és a régen ismert lábnyomos felületek újra vizsgálatába kezdtek. Először a hatalmas méretű medvekutya (*Bestiopedia maxima*) amúgy ritka és bizonytalan jelenlétét sikerült egyértelműsíteni. 2014-ben hozzálátunk az ipolytarnóci bemutató csarnok látogatók elől elzárt, mindeddig törmelékekkel fedett 68 m²-es felületének újra vizsgálá-



Egy kihalt orrszarvú jellegzetes lépésnyomáról közvetlenül a feltárását követően készült fénykép. A nyomokat vékony vastartalmú, vörösbarna színű kéreg borítja, majd a vulkánkitörés különböző kőzetei konzerválták az ősi felszín

tálni. Lefújva, lesöpörve a port a korábban már feldolgozott lábnyomos felszínekről, sok más új életnyommal együtt mindenhol ismeretlen világ tárult szemünk (kameránk) elé. Vissza kellett térni az 1900-ban

felfedezett, és a Földtani Intézetbe szállított első lábnyomos homokkőlaphoz. Azon is ott vannak! Sőt, az 1910-ben publikált első lábnyom fényképén is csakúgy, mint szinte az összes korábban készült és közismert fotón is!

Krokodilia – a szép új ősvilág

Krokodilia 17–18 millió évvel ezelőtt, valahol a mai Kárpát-medence trópusi tengerpartján volt. Északról a zubogó, kavicsokat görgető bővízű patakok mélyítették medrüket. A tenger nem lehetett mesze. A patakok torkolati öbleiben a sekély, enyhén sós és átlátszó, igazi turistacsalogató tiszta víz szintje időnként 1–2 méterrel megemelkedett, kvarchomokból álló, kisebb nagyobb hullámfodrokat alkotó üledékével pedig a partra kifutva vékony lepellet borította be a nedves partközeli homokon, vagy agyagosabb dagonyákon vándorló, vadászó állatok lábnyomait. Az Ipolytarnócon újonnan feltárt sok ezer lábnyom alapján ilyen lehetett „Krokodilia”. Nem tudjuk, hogy meddig létezett. Lehet, hogy csak néhány évtizedig, de akár száz-ezer évekig is. Végzetét a 17–18 millió évvel ezelőtti vulkánkitörés okozta, ami változatos anyagaival megszakította és egyúttal eredeti formájában megőrizte a kies ipolytarnóci miocén táj utolsó napjait.

Az ipolytarnóci szárazföldi és vizes élőhely elkülönülését, és időről időre történő partszegélyi átfedését az állatnyomok és elterjedésük alapján jól el lehet különíteni. A szárazföldi magasabb területeken rend-



Gyakoriak a kisméretű, kerek, vagy nyújtott talpú, öt ujjban végződő állatnyomok

külül gyakori orrszarvú, a kis és közepes méretű patások és a madárnyomok a vizes élőhely felé egyre ritkábbá válnak. A ragadozó emlősök közül csak a hatalmas medvekutya, a *Bestiopedia* merészkedett be a sekély vízbe, a többiek legfeljebb néhányszor ugrottak a kiszáradó pocsolyákba. A vizes-nedves élőhelyen élő hullók,

kételtűek (krokodilok, teknősök, gyíkok, békák stb.) sohasem látott életnyomaik csak akkor érintkeztek a szárazföldön élőkével, amikor a vízszint kiterjedt majd visszahúzódott.

Krokodilia állatvilágából még keveset ismerünk, márt csak azért is, mert a nyomokat hagyó állatok csontjai mindaddig nem kerültek elő. Ugyanakkor a hasonló időszakból máshonnan ismert ősmaradványok segítségével az azonosítás lehetősége nagyrészt megbízható alapokon nyugszik. Az életnyomok kutatói, miközben a jelenleg élők hasonlatossága alapján is nagy valószínűséggel sejtik, hogy miféle állat hagyta ott megkövesült nyomát, a tudomány mértékadó követelményeit tiszteletben tartva mégis általánosítanak.

A medvekutya. Az újonnan kimutatott ipolytarnóci állatnyomok között egyre megbízhatóbban azonosítható a 15–18 cm átmérőjű, kör alakú talpú, öt ovális karomban végződő hatalmas testű medvekutya. Ipolytarnóci lábnyomait a tudomány *Bestiopedia maximaként* tartja számon, és leginkább az Eurázsiai és Észak-Amerikában, 20–6 millió évvel ezelőtt élt óriási ragadozóval, az *Amhycionnal* azonosítható, bár ki tudja... Lehet, hogy az első európai ormányosok lába is ilyen nyomot hagyott? Ipolytarnóc legnagyobb ismert őslénye nagyobb volt, mint a grizzlymedve.

Ő nyugodtan bemehetett a krokodilokkal teli sekély vízbe.

„Krokodilia” természetesen a *krokodilokra* hasonló életnyomok után kapta fantázianevét. A 16–18 cm hosszú, aszimmetrikusan ovális talpa öt hosszú karmos ujjban folytatódik. Gyakoriak a lábukat borító, háromszög formájú bőrpikkelyek lenyomatai is. Mással talán megpihent 3–4 m hosszú testével, farkát lassan

áthelyezhette, talán meg is fordíthatta. Ipolytarnócon így értelmezzük a csaknem két méter hosszú, szabályosan sorba rendeződött lenyomatokat, a körülötte kirajzolódó test bemélyedését, valamint a jellegzetes krokodilpikkely formákat. A homokkő milliméteres vastagságú homokkőleplei nemcsak pihenését, hanem



A legnagyobb méretű ipolytarnóci lábnyom a *Bestiopedia maxima*, ami a kihalt hatalmas ragadozóval, a medvekutyaival (*Amhycion*) azonosítható

mászási útvonaltát is megőrizték. Gyakran kimehetett az orrszarvúak földjére is, hiszen egymásra taposva mindkettőjük nyoma megőrződött. Tudománytörténeti tény, hogy már Othenio Abel is megsejtett valamit, mert 1935-ben megjelent könyvében az ipolytarnóci krokodil pikkelynyomát is említi, de azt Tasnádi Kubacska András másképp értelmezte, ezért felismerése nem is ment át a köztudatba. A krokodilok, különösen az alligátorfélékkel rokonságba hozott *Diplocynodon* az őslénytani leletek alapján ebben az időszokban Európában és Magyarország területén is gyakori volt.

A teknős. A lábnyomok feltárolóinak „kis kedvence” a sekély mélységű, kerekded formájú, 6–7 cm talpátmérőjű, általában öt kisméretű, hegyes-karmos háromszög alakú ujjpercben végződő nyom. Ipolytarnócon nagyon gyakori, és változatosságával rendkívül nehezen értelmezhető nyomtípus. A 6–8 mm hosszúságú, fűrészfogszerűen egymást követő háromszögek száma esetenként több mint öt, előre és hátrafelé is mutat, valamint a lábnyomokat időnként ovális formájú, ragyás felszín veszi körbe. A sokféleséget talán úgy lehet egységesíteni, hogy a különböző, de ugyanazon állatfajtól származó állatok nyomai alapvetően a járófelszín állapotától és az állat aktuális mozgásától függ. Alaptípusa az öt rövid karomban végződő kerekded talp, ahol a talpat szarupikkelyek borítják be. A szá-

razföldön, a mocsaras területeken, valamint patakokban és lagúnákban egyaránt élő teknősöknél is találni hasonló nyomot hagyo talpakat. Ipolytarnócon – a szerzők hite szerint – egy teknős hasi testlenyomata is jól kirajzolódik. Legjobb jelöltnek a lágyhéjúteknős-félék (Trionychidae) kinnálkoznak, akik jellegzetes mintázattal csontos pikkelyei már legalább negyven millió évvel ezelőtől gyakoriak a hazai tengerparti, félig sósvízi kőzetekben. Utolsó példányaik kb. 10 millió évvel ezelőtt éltek a Kárpát-medencében. A „teknős” életnyomok ugyan jól megfigyelhetők, értelmezésük mégis sok vitára adhat okot. Az ipolytarnóci nagycsarnokban több olyan, félkörös ívben elhelyezkedő karom nyomor figyelhető meg, amelyeket a két létező talpbnyomatos lelet alapján Kordos 1985-ben menyétszerű kisragadozónak vélt (*Mustelipeda punctata*), majd tőle függetlenül Vialov néhány hónappal később hullóként azonosítva *Paruusipeda gemmaea* írt le. A kételety továbbra is fennmaradt.

A hosszú egyenes ujjú. A 2014. évi ipolytarnóci kutatások alkalmával először egy 14–16 centiméter, hosszú, csaknem párhuzamosan elhelyezkedő, öt, karomban végződő, és megnyúlt, enyhén aszimmetrikus ovális talpú lábnyom típus előkerülése utalt arra, hogy itt nemcsak a megszokott állatok élhettek. Átlapozva Tasnádi Kubacska András 1977-ben megjelent, *Expedíció az időben* című könyvét, a 102. oldal fényképén a férgek mászásnyomait ismerte fel, s nem az alattuk kibukkanó rétegbe mélyült lábnyomot. Valószínűleg ugyanazon a területen most egy lépésnyomokból álló csapásokat sikerült rögzíteni. A krokodilgyanús nyomsorból viszont hiányzik a jóval nagyobb méretű és szétágazóbb ujjú „krokodil” nyom. Ugyanakkor feltűnően sok bőrpikkely és „teknős” nyom van körülöttük. Nagyobb felület átvizsgálásával rá kellett döbenni, hogy egymásra taposva ebből a közepes méretű nyomtípusból igen sok van. Reméljük, hogy a bizonytalanság feloldásaként hamarosan megtaláljuk a nedves homokos fővenyre kimerészkedő példányának „tisztá” lábnyomait is.

Valami gyíkszerű? A kisméretű, 3–4 centiméteres, igencsak aszimmetrikusan elhelyezkedő sekély mélységű ötujjas lenyomatok a terraristák számára szinte kínálja az azonosítás gondolatát. A pikkelyes hullók (Squamata) rendje a leguánoktól, a



Az ipolytarnóci, leginkább a krokodilokra emlékeztető nagyméretű lábának egymásra taposott nyomai

gekkókon, varánuszokon és a nálunk gyakori fürge gyíkon át a kígyókig mindent magába foglal. A trópuson napjainkban a négy lábú és ötujjú pikkelyesek hihetetlenül változatos, szinte aberránsnak tűnő ujjalkotással alkalmazkodnak szárazföldi-partiszegélyi változatos életmódjukhoz. Ez közel 20 millió évvel ezelőtt sem lehetett másképpen.

A kis tappancs. A helyszínen, a változó



Ipolytarnócon is élt a szokatlan ujjformájú (balra), a mai sisakos baziliszkuszra is (Fővárosi Állatkert) emlékeztető lábú hulló

fényviszonyok és a szemünk állandó fókuszállítási kényszere miatt a kb. 2 cm hosszúságú lábnyomokat jelenlétét, lépéssorozatát a helyszínen ugyan még fel lehet ismerni, de lehetetlen pontosan tanulmányozni. Csak a profi digitális kamerák nagyfelbontású fényképeinek számítógépes nagyításával és tapasztalat memóriánk szűrőjén keresztül lehet felismerni az efféle nyomokat. Ilyenek a szemcsés szerkezetű homokköf felszíneken gyakori, kerekded,

vagy elnyújtott talpú, öt csepp alakú, kicsiny, de határozott karomban végződő lábnyomok. Nem valószínű, hogy a partszegélyi sekély víz medrében futkostak, de valahol a szárazföld és a vizes élettér határán, „Krokodilia” területén hagyták hátra nyomaikat, miközben az orrszárú csapások környékén hiányoznak. Nem hasonlítanak a kételtűiek és a hullók nyomaira, inkább valamilyen kisemlősére. A kihalt fajok között bőséges a kínálat, mert élhettek itt cickányok, pelék, mókusok és hörcsögök is. Egyszer talán valamelyikük csontja is előkerül Ipolytarnócról. Addig is csak annyit tudunk, egy Kisterenye közelében lemélyített mélyfúrás riolittufa alatti szárazföldi üledékéből egy ősi mókus, a *Palaosciurus* állkapocstörredéke került elő.

A „rája”. A homokkölap alig kétegyéni felszínét megfelelő fényben megvilágítva barackmaghoz hasonló szabályos és szimmetrikus mintázat látható, ami mindenképpen egy szétterülő állati test lenyomatát feltételezi. Középvonalában két, egymástól 3–4 cm távolságra elhelyezkedő gerinc között enyhe bemélyedés rajzolódik ki, ami a nyomhagyó állatnál domborulatot jelent. Körülötte mindkét oldalon a hullámos lefutású lepelszerű képződmény hátrafelé irányuló sugárnyalábokban övezi a test körvonalát. Végiggondolva a korabeli őssallatok listáit és összevetve a ma élő hasonló állatok életnyomaival, a szűrőn a rája maradt fenn. Miért ne lehetne? Miu-



tán hasi oldala így néz ki, és az állat rendszeresen elbújva-megpihelve besüpped a víz homokos medrébe, a ma élő vitorlázó porcos halak nyomaival összehasonlítva az alapvető anatómiai jellegekben azonosságok mutatathatók ki. Európából és itthonról is az eocéntól a késő miocénig gyakoriak, közismertek jellegzetes fogmaradványaik. A mai rájak nem csak tengerekben élnek, az édesviziekbe is behatolnak. Esetleges jelenlétük miatt még nem lehet eldönteni az állandó ipolytarnóci vitakérdést, hogy ott egykor tengerparti strand, vagy édesvízi patak volt-e.

Ipolytarnócon az 1900-óta több mint 1000 m²-nyi homokkőrétegeiben feltárt lábnyomok számát ma már megbecsülni is nehéz. A térképezett, azonosítottak mennyisége eddig is meghaladta a háromezret. Most kiderült, hogy a valós ipolytarnóci élőhelyet nemcsak a „tisztá”, jól azonosítható lépésnyomok alkotják, hanem a sok-sok vékony közetrétegben egymásra nyomódott taposás megkövesült maradványai is.

RYBACH LÁSZLÓ

A geotermikus energia globális helyzete és kilátásai

A geotermikus energia alapja a Föld belsejének hőtartalma; hasznosítása két főformában érvényesül: áramfejlesztés és direkt hőfelhasználás. Az utóbbinak több változata van, például távfűtés, vagy ipari és mezőgazdasági alkalmazások. Mindezek már világszerte folynak, s ennek megfelelően van elég tapasztalat. A geotermia előnyei sokfélék: igen jelentős, de még csak kezdetlegesen kiaknázott potenciálú, időben állandóan szolgáltató, elvileg mindenütt előfordul, környezetbarát, sok helyen már gazdaságos.

Egy nívós forrás szerint (World Energy Assessment WEA) a geotermiáé a legnagyobb megújuló potenciál (1. táblázat):

Energiaforrás	Teljesítmény (EJ/év)
Geotermia	5000
Napenergia	1575
Szélenergia	640
Biomassza	276
Vízierő	50
Összesen	7541

1. táblázat. Megújuló energiapotenciálok (WEA 2000)

A számadatok dimenziója teljesítmény, azaz hogy időegységnyi energia. Nyilvánvaló, hogy a geotermikus potenciál a legnagyobb, amely eddig még alig lett kiaknázva.

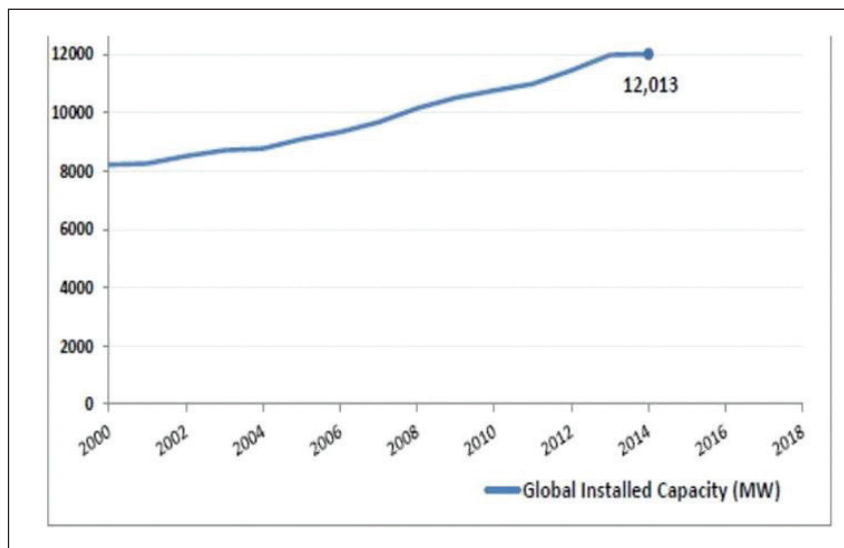
Növekedési tendenciák

Az 1. ábra a globális geotermikus áramfejlesztés fejlődését ábrázolja, a 2. ábra pedig egy összehasonlítást napelemekkel. 2013-ban a geotermikus áramfejlesztés világszerte 76 TWh volt (REN21, 2014).

Nyilvánvaló, hogy a geotermikus áramfejlesztés egyre inkább lemarad. Ugyanez a helyzet a szélenergiával összehasonlítva is. 2013-ban a világszerte beépített szélenergia-teljesítmény elérte a 320 GWe-t. Bár a geotermikus erőművek évente (világvil-

Technológia	Beépített teljesítmény		Évi termelés		Működötés
	GWe	%	TWh/év	%	%
Vízierő	1000	64.2	3680	74.9	42
Biomassza	88	5.7	405	8.2	53
Szélerő	318	20.4	585	11.9	21
Geotermia	12	0.8	76	1.5	72
Napelemek	139	8.9	170	3.5	14
Összesen	1557	100	4916	100	-

2. táblázat. A globális elektromosáram-fejlesztés összehasonlítása megújuló technológiákból (Rybach, 2014)



1. ábra. A világszerte beépített geotermikus erőmű-teljesítmény fejlődése 2000 és 2014 között (Forrás: Geothermal Energy Association - 2014)

szonylatban) sokkal több órán át termelnek áramot, mint a szél- és napelem-erőművek, 2011 óta pedig a napelemek is többet termelnek évente, a szélerőművekről nem is beszélve. A 2. táblázatban összefoglaljuk a megújuló energiákra alapozott globális áramfejlesztést.

Mindezekből tisztán látható, hogy a geotermikus áramfejlesztés egyre inkább lemarad, tehát valamiképpen fel kellene

gyorsítani a geotermika növekedését. De hogyan? Ezt az alábbiakban részletezzük.

Hogyan lehetne a geotermikus áramfejlesztés kiépítését felgyorsítani?

Manapság a geoelektromos erőművek 99,99 %-a az ún. hidrotermális készleteken alapul. A hidrotermális készlet azt

Vízkitermelés	75 kg/s
Kútfejjvízhőmérséklet	200 °C
Hőcserélő összfelület	10 x 10 ⁶ m ²
Közettérfogat	3 x 10 ⁸ m ³
Áramlási ellenállás	< 0.1 MPa/(kg/s)
Hőmérsékletcsökkenés 30 év alatt	10 %
Vízvesztesség	< 10 %
Tőkeamat	5 %

3. táblázat. EGS hőcserélő rezervoár szükséges paraméterei (Forrás: EGEC, 2012)

jelenti, hogy adott területen a mélyben geotermális fluidumok (termásvíz, gőz vagy víz/gőz keverék) található, gazda-

veléssel, mély fúrólukakon keresztül történik. A működtetés folyamán hideg vizet sajtolnak be, ami felmelegedve – a kőzet 150–200 fokos hőtartalmát kiaknázva – további termelőktak által kerül a felszínre. Ezzel olyan erőművek hajthatók meg, amik hidrotermális készleteknél már régóta eredményesen működnek. Voltaképpen tehát egy repedésrendszert kell helyenként kialakítani (stimuláció) jó néhány km mélységben, ami egy nagy hőcserélőként működik. Mindez részletesen publikálásra került az M.I.T. „The Future of Geothermal Energy” (2006)” című tanulmánykötetében. A tanulmány szerint csak magában az Egyesült Államokban >200 000 EJ EGS hőenergia termelhető ki, ami az USA primérenergia-szükségletének 2000-szerese.

Mindez elméletben jól működik, azonban a gyakorlatban csak alig néhány EGS-erőmű épült, és eddig mindegyiknél volt valami probléma. Tehát van mit tenni!

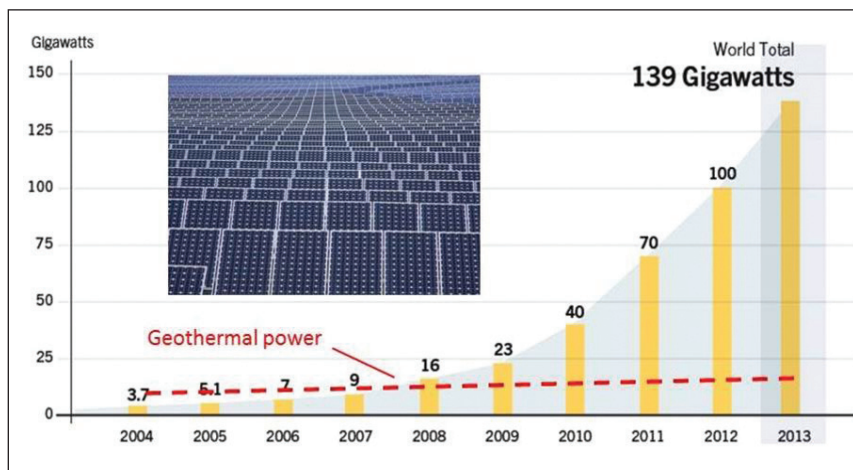
- A több km mélységben kiépítendő EGS hőcserélő fent említett stimulációjánál több kőzetmechanikai kérdést kell tisztázni: a feszültségtér anizotrópiájának hatása és a feszültségváltozás terjedésének módja (gyors/”száraz”, vagy lassú/”nedves” – különféle helyi viszonyok között) még ismeretlen;
- A stimuláció által létrejövő (de az erőmű-működés alatt is előállható) szeizmicitás korlátozása még megoldatlan, pedig a gerjesztett rezgések komoly ellenállást válthatnak ki;
- az érintett lakosságban az EGS technológiával szemben;
- A hőcserélő repedésrendszer nem csak néhány nagy, kiterjedt repedésből álljon, hanem sok finoman elosztottból. Ennek elérése mindenütt, azonban még tisztázatlan kérdés;
- Az egész tervezett hőcserélőn belüli folyadékmozgás egyöntetűsége még nem kialakítható;
- Eddig még semmilyen tapasztalat nincs arról, vajon hogyan működik egy EGS hőcserélő hosszú távon.

A hőkiemelés döntő jellemzője az ún. kinyerési tényező (a kiemelhető/jelenlévő hőmennyiség hányados). Ez a tényező alaposan megváltozhat egy EGS-létesítmény működése során: egyrészt a kőzet vízáteresztő-képessége megnőhet (pl. új repedések keletkezhetnek a kőzet lehülése folyamán vagy egyes ásványok feloldódásából kifolyólag), másrészt csökkenhet (ásványlerakódások vagy hidraulikus rövidzárlatok miatt).

Az EGS-rendszerek kiépítésénél már léteznek kívánt területek, vagyis nem kell új fűróhelyeket kitűzni. Ezzel szemben részletesen meg kell kutatni a helyi földtani viszonyokat: a kutyási alap-kőzet típusát (mészkö? gránit? gneisz? pala?...), a feszültségtér komponenseit, a hőmérséklet-tér mérvadóit, a már létező repedésrendszer mivoltát, és a természetes helyi szeizmicitást.

Többéves tapasztalat híján az EGS-rendszerek gazdaságossága még teljesen tisztázatlan. Az előkészítés (beleértve a helyi mélységbeli viszonyok felderítését és a stimulációt is), az erőműépítés, és az üzemeltetés költségeiről eddig mért adat nincs. Mindenesetre, a gazdasági szempontból sokkal előnyösebb, ha az erőművek „hulladékhojje” helyileg alkalmazható, pl. távfűtésre.

Az EGS erőműrendszerek teljesítményének növelése középtávon elengedhetetlen (eddig csak néhány megawatt elektromos teljesítményt terveztek), mert e nélkül az EGS nem kelt nagy piaci nyomást. Legalább több tíz megawattos erőművekre lenne szükség. Ilyen elképze-



2. ábra. A napelemek fejlődése (beépített teljesítmény) 2008 óta egyre inkább megelőzi a geotermikus fejlődést. A geotermia szaggatott vonala az 1. ábra alapján. A napelem-adatok forrása: REN21 (2014)

ságilag jelentős mennyiségben. Az ilyen előfordulásokhoz különleges, aránylag csak ritkán meglévő földtani adottságok szükségesek, mint pl. vulkanikus területek permeábilis kőzetei, üledékes medencék termásvíz-tartói stb. Ezek aligha fognak nagyságrendi növekedést hozni a geotermikus erőművek kiépítésében.

Az ún. petrotermális készletek, melyek magas hőmérsékletű (> 100 °C), majdnem mindenütt jelenlévő alapközeteket jelentenek, viszont óriási mennyiségben fordulnak elő. Ez estében csak azt a technológiát kell kidolgozni, mellyel a mély földhő kitermelhető.

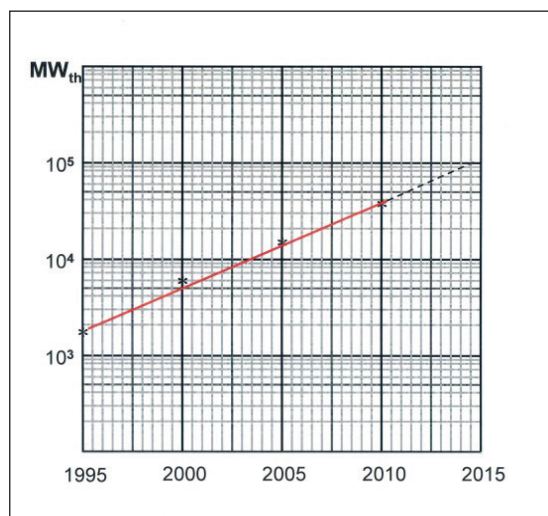
Ezt célozza az EGS-technológia (EGS= Enhanced Geothermal System), ami „mesterséges” hidrotermális viszonyokat próbál létrehozni. Ehhez a mélybeli kőzet átteresztő-képességét kell jelentős mértékben megnövelni. Ez hidraulikus víznyomás-nö-

A 3. táblázat egy technikailag működőképes és gazdaságilag megfelelő EGS hőcserélő rendszer paramétereit mutatja be.

A táblázat egy kb. 5 MWe teljesítményű EGS létesítmény jellemzőit tartalmazza. Ezek nemzetközileg elfogadott értékek; a döntő kérdés az, hogyan lehetne ezeket minden kívánt helyen realizálni, a helyi földalatti adottságoktól függetlenül. Vagyis a fő feladat olyan technológia kifejlesztése, amivel bárhol lehetne egy „standard” EGS hőcserélőt bármilyen al-talajban létrehozni.

A megoldandó EGS-kérdések

A szükséges technológia kifejlesztéséhez még sok feladat vár a kutatás/fejlesztés szakembereire:



3. ábra. A földhőszivattyúk globális teljesítménye exponenciálisan növekszik, évi 20 %-kal

lések már vannak: pl. Vörös et al. (2007) elméletben kidolgoztak egy olyan megoldást 24 besajtoló és 19 termelőkúttal, ami 200 MWe összteljesítményt adna. Ezt persze jó lenne kipróbálni. Jelenleg az eddig legnagyobb geotermikus erőmű (hidrotermális készletre támaszkodva) 140 MWe nagyságú (Taonga, Új-Zéland).

Összefoglalva, az EGS jelenleg még csak elméleti stádiumban van. Az EGS helyzetének és problematikájának részletes leírása Rybach (2010) publikációjában megtalálható.

Direkt hőfelhasználás

A földből kinyert és globálisan alkalmazott geotermikus hő 2013-ban 300 PJ volt (REN21, 2014). Mint említettem, a felhasználás különféle módon és célra létesül. A magyar geotermikus viszonyok nagyon kedvezőek. Az ország világszerte élen jár a termálkútak területi sűrűségével: kb. 1 termelő kút van 100 négyzetkilométerenként. A kiemelt vízmennyiség is jelentős, összesen kb. 70 millió köbméter évente. Kérdés, hogy ez a tempó meddig lesz fenntartható visszasajtolás nélkül, ugyanis a legtöbb helyen csak termelő kutak vannak.

A geotermikus hő közvetlen felhasználásának egy másik fontos lehetősége a távfűtés. Ilyen rendszerek több országban működnek sikeresen; Izlandon pl. az épületek több mint 90%-át geotermikus energia fűti. A Párizsi-medencében (magában a fővárosban is) több ún. dublett rendszer (=termelő és visszasajtoló kútpár) működik évtizedek óta, mindegyik több ezer lakást lát el.

Az utóbbi időben több európai országban tapasztalható fellendülés a geotermikus távfűtés területén (EGEC 2013). Pl. a bajor Molasse-medencében – különösen München térségében – tucatnyi geotermikus telep épült vagy épül, gyakran kombinálva fűtésre és/vagy áramfejlesztésre. A fejlesztő általában a helyi önkormányzat. Dániában is vannak ilyen irányú fejlesztések.

Magyarországon is kiépültek mélyfúrásokon alapuló fűtőrendszerek, egyrészt mezőgazdasági célokra (üvegházak), másrészt távfűtésre. Az utóbbiaknál eddig nem gyakran alkalmaztak visszasajtolást. Újabbban a PANNERGY cég (www.pannergy.com/geotermia/) fejleszt és épít sikeresen „dublett” rendszereket, pl. Szentlőrincen, Miskolcon és Győrött. Az utóbbit az AUDI Hungaria Motor Ltd. cég számára.

A globális direkt hőhasznosítás legnagyobb részét (> 50%) a földhőszivattyús rendszerek alkotják. Ez aránylag új technológia, mely nem csupán az épületek hűtését és fűtését szolgálja, hanem háztartási meleg vizet is szolgáltat. Erről további részletek, valamint a rendszerek hosszú távon fenntartható működésének elemzése, stb. a Rybach and Eugster (2010) cikkben olvashatók.


A földhőszivattyús rendszer a leggyorsabban fejlődő megújuló technológiák közé tartozik; növekedése világszerte kb. 20% évente (3. ábra). Földhőszivattyús rendszerek a geológiai adottságtól szinte függetlenül létesíthetők, mert energia-alapjuk (és tárolójuk) a földkéreg legfelső része. Várható, hogy fejlődésük és elterjedésük továbbra is jelentős marad; sok ország csak most kezdi ezt a technológiát bevezetni.

Összefoglalás, kitekintés

A geotermia előnyei sokfélék, pl. igen jelentős, de csak kezdetlegesen kiaknázott potenciálú, időben állandóan szolgáltató, elvileg mindütt előfordul, környezetbarát, és sok helyen már gazdaságos. A geotermikus energiaforrások egyre nagyobb arányban fognak részesedni a jövőbeli energiaellátásban.

A geotermikus áramfejlesztés aránya a megújulóknak mezőnyében sokáig jelentős volt; de 2011 óta a nepelemek már több áramot termelnek világszerte, mint a geotermika. Az EGS- rendszerekkel

ugyan fel lehetne gyorsítani a geotermikus erőművek elterjedését, de ehhez még jelentős kutatási/fejlesztési erőfeszítések lesznek szükségesek. A közvetlen hőhasználat elsősorban a földhőszivattyúkon alapul; ez a technológia nemzetközileg terjed, jelenleg évi 20 %-os intenzitással. A geotermikus távfűtés további jövőbeli perspektivikus technológia, amihez szükséges a visszasajtolás, főleg hogy az üzemeltetés fenntarthatósága biztosítva legyen.

Globálisan egylétre talán nem, de lokálisan ígéretesnek tűnik a mélységbeli geotermia. A magyar földtani adottságok egyértelműen kedvezőek a hazai továbbfejlesztésére. 

Irodalom

- EGEC 2012: Strategic Research Priorities for Geothermal Technology, 65 p., RHC-Platform, Brussels
- EGEC 2013: EGEC Geothermal Market Report 2013/2014, 69 p., Brussels
- GEA 2014: 2014 Annual U.S & Global Geothermal Power Production Report, Geothermal Energy Association, 25 p., Washington D.C.
- Lund, J.W., Freeston, D.H., Boyd, T.L. 2010: Direct Utilization of Geothermal Energy 2010 Worldwide Review. In: Proceedings World Geothermal Congress 2010, Nusa Dua/Bali, Indonesia
- M.I.T. 2006: Tester et al.: The Future of Geothermal Energy – Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century, MIT – Massachusetts Institute of Technology, 358 p., Cambridge, MA.
- REN21 2014: Renewables 2014 Global Status Report, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 215 p., Paris
- Rybach, L. 2010: The “Future of Geothermal Energy” and its challenges. In: Proceedings World Geothermal Congress 2010, Nusa Dua/Bali, Indonesia
- Rybach, L., Eugster, W.J. 2010: Sustainability aspects of geothermal heat pump operation, with experience from Switzerland. Geothermics, 39, 365-369
- Rybach, L. 2014: Geothermal Power Growth 1995–2013—A Comparison with Other Renewables. Energies 2014, 7, 1-x; doi:10.3390/en70x000x
- Vörös, R., Weidler, R., de Graaf, L. and Wyborn, D. 2007: Thermal modelling of long term circulation of multi-well development at the Cooper basin hot fractured rock (HFR) project and current proposed scale-up program, Thirty-Second Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, CA.
- WEA 2000: World Energy Assessment Report: Energy and the Challenge of Sustainability. United Nations Development Programme, 502 p. New York, NY.



Matematikai pontossággal látnak a lepkék

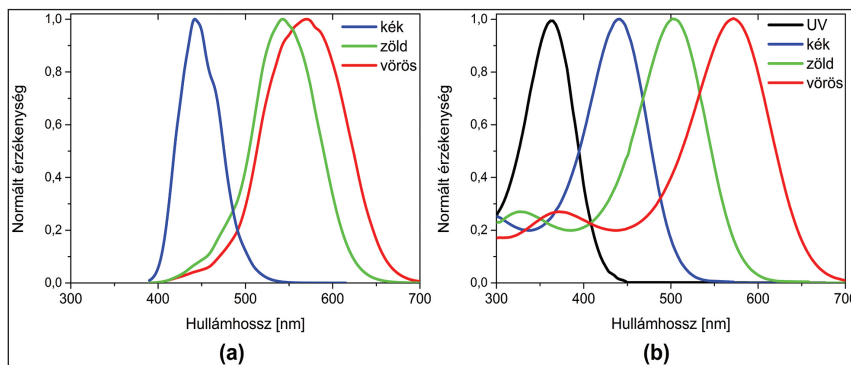
A látás, és nem ritkán a színes látás, igen fontos a nappali életmódot folytató állatoknál. A vizuális információ, vagy annak elrejtése (rejtőzködés) meghatározó szerepet játszhat számos területen a párválasztástól (például a kék, szexuális jelzőszín a boglárkalepkék esetében) az elriasztáson át a túlélésig. Ennél fogva a természetben rendkívül változatos színekkel találkozhatunk, amelyeket a szemünkben található fényérzékelő idegsejtek tesznek érzékelhetővé. Ezekből az ún. fotoreceptorokból az emberi szemben a hullámhossz szerinti érzékenységek alapján háromfélét különböztetünk meg: vannak a látható fény kék (~430 nm), zöld (~540 nm) és vörös (~580 nm) hul-

A szárnyak színe

A boglárkalepkék szárnyának szerkezeti eredetű kék színe miatt [4] már hosszabb ideje foglalkozunk kutatásunkkal. Az általunk tanulmányozott Boglárka-rokonúak lepketribusz [5] tagjai összetett szemének három, az emberi színérzékelőkhez hasonló érzékenységi fotoreceptora van, azonban ezek kiegészülnek egy negyedikkel, amelynek segítségével a közeli ultraibolya – kék hullámhossz-tartományban (~350 nm) képesek többtinformációra szert tenni (**1b. ábra**) [1]. A vizsgált fajok mind-egyikére jellemző az ivari kétalakúság, azaz a hímek fémesen csillogó kék színűek (**2a. ábra**), míg a nőstények egyszerű ső-

vizgáltak kilenc kék boglárkalepke-faj hímjeinek színét, figyelembe véve szemük érzékenységi hullámhossz-tartományát. Az így megszerzett tudást sikeresen alkalmaztuk egy lepkeszárny alapú gőzérzékelő eszköz kifejlesztése során is. A gőzérzékeléssel kapcsolatos munka is érdekes újdonságokat tárt fel a boglárkalepkék színe és ennek a színnek az érzékelése között.

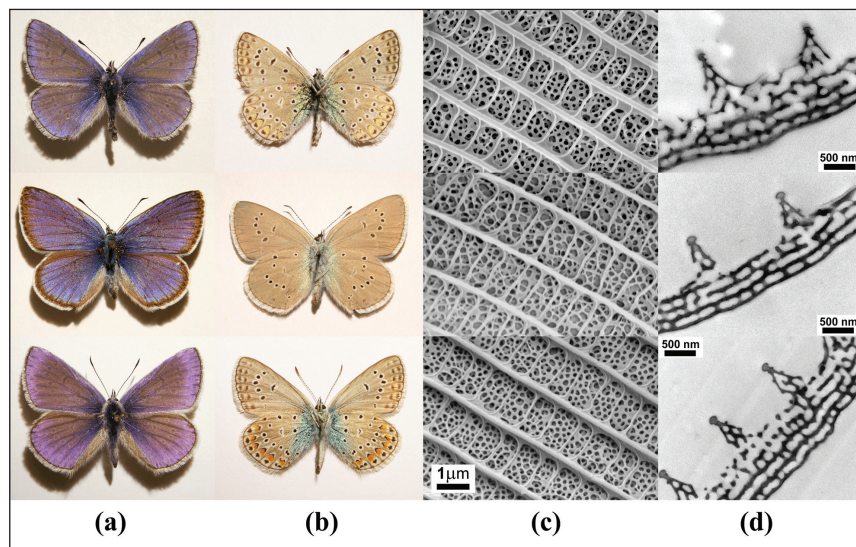
A természetben előforduló színeket [7] többnyire a festékanyagok okozzák. Ilyenkor bizonyos hullámhossz-tartományok elnyelődnek a festékanyag molekuláiban, és az érzékelt színt a többi, visszavert fény összessége adja. Környezetünkben leggyakrabban ezzel a színképzéssel találkozunk, például a hagyományos festékekben. Előfordulhat olyan eset, amikor a lezajló molekuláris kémiai folyamatok fénykibocsátással járnak, ekkor kemilumineszcenciáról, illetve ha ez élő rendszerekben történik, akkor biolumineszcenciáról beszélhetünk. Ilyen például a szentjánosbogár kibocsátott fénye. Szín keletkezhet fluoreszcenciával is, ilyenkor bizonyos anyagokat megfelelő hullámhosszú fényrel megvilágítva, eltérő (hosszabb) hullámhosszúságú fénykibocsátást tapasztalunk. Számos ásvány és vegyület képes fluoreszcens fény kibocsátására, melyeket például a sötétben világító vészjelzések esetében alkalmaznak. Azonban a bemutatott három, atomi vagy molekuláris szinten lejátszódó színképzési folyamaton túl létezik egy olyan, amely jóval nagyobb mérettartománnyal áll kapcsolatban. A fény hullámhosszának tartományába eső méretekkel rendelkező egy-, két- vagy háromdimenzióban rendezett szerkezetek, ha megfelelő törésmutatójú anyagokból épülnek fel, képesek lehetnek bizonyos hullámhosszakat visszaverni. Ezeket a nanoszerkezeteket fotonikus kristályoknak nevezzük, az így keletkezett színeket pedig szerkezeti színeknek [8, 9]. A szerkezeti szín hullámhossza függ a fotonikus kristály összetevőinek anyagi minőségétől (törésmutató), illetve a szerkezet jellemző méreteitől. Kimutatható, hogy ha valamelyik szerkezeti tulajdonságot megváltoztatjuk, akkor megváltozik a visszavert fény hullámhossza, vagyis a fotonikus kristály színe. Például, ha kicseréljük a levegőt valamilyen más anyag gőzére, vagy



1. ábra. (a) Az emberi szemben található háromféle fotoreceptor érzékenységi görbéi, amelyek a látható fény kék, zöld és vörös hullámhossz-tartományában érzékelnek. (b) A boglárkalepkék összetett szeme tartalmaz egy további, a közeli ultraibolya tartományban érzékeny fotoreceptort is [1]

lámhossz-tartományában érzékelő típusok (**1a. ábra**). Az így előálló egyedi színérzékelő detektorunk, a szemünk millió fölötti árnyalatot képes megkülönböztetni egymástól. A természetben azonban másféle fotoreceptorokat tartalmazó szemek is előfordulnak, amelyek a Nappól érkező fénynek nem csak az általunk látható tartományát érzékelik. Bizonyos állatfajok az ultraibolya és az infravörös tartományba eső fényt is látják, mivel az emberétől eltérő életterük és életmódjuk miatt ez számukra evolúciós előnyt jelent. Számos madár- és rovarfajnak van négy, vagy esetenként még többféle fotoreceptora, rendkívüli esetben a számuk a tízet is meghaladhatja [1–3].

tétbarna szárnyfelszínűek. A fonák mindkét ivarnál szürkés-barna, igen bonyolult mintázattal (**2b. ábra**). A boglárkalepkékkel foglalkozó tudósok e fajspecifikus fonákmintázat alapján azonosítják az egyes lepkefajokat. Azonban meglehetősen valószínűtlennek tűnik, hogy erre a lepkék is képesek lennének repülésük közben. Sokkal valószínűbb, hogy a párkeresés során a szárnyak élénk kék színét használják egymás azonosítására [6]. Ám ahhoz, hogy ez a szexuális kommunikáció hiba nélkül megvalósulhasson, szükséges, hogy az egyes fajok egyedi kék színekkel rendelkezzenek, továbbá ezt a kék tartományt nagy felbontással érzékelni képes szemekre is szükség van. Kutatásunk során meg-



2. ábra. Három boglárka hím (Ikarusz boglárka, Aprószemes boglárka, Terzítész boglárka) (a) színének és (b) fonákjának fotója, valamint a szárnypikkelyeikben található fotonikus nanoarchitektúra felszínének (c) pásztázó elektronmikroszkópos, illetve keresztmetszetének (d) transzmissziós elektronmikroszkópos felvétele

a kék szerkezeti színek között ahhoz, hogy a boglárkalepkék hatékony szexuális kommunikációt valósítsanak meg a segítségükkel. Tehát képesek-e azonosítani egymást a szárnyfelszínük élénk színezete alapján? Ebből a célból több mint száz múzeumi példány optikai tulajdonságait vizsgáltuk meg az általunk kifejlesztett „spektrodeszka” [14] és egy spektrométer segítségével. Ez utóbbi eszköz alkalmas a lepkék szárnya által visszavert kék szín jellemzésére, mivel a visszavert fény hullámhossz szerinti intenzitás-eloszlását méri meg, azaz képes megállapítani, hogy bizonyos hullámhosszakat milyen arányban tartalmaz a szárnyakról reflektált fény.

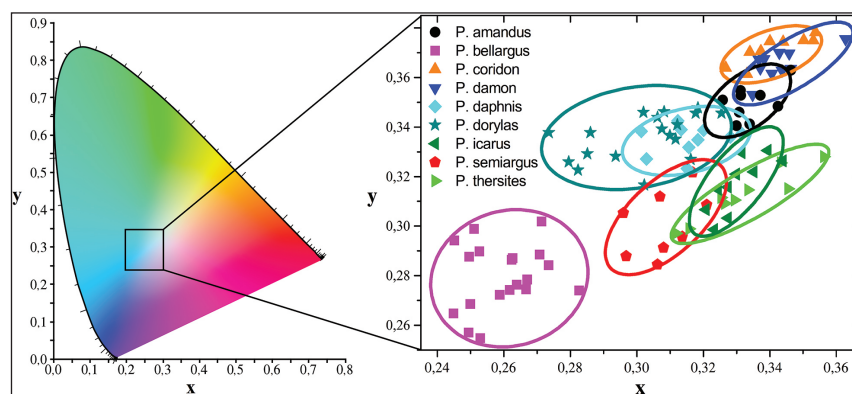
A visszavert színt megvizsgáltuk a kilenc bemutatott faj 110 egyede esetében, és összehasonlítottuk a kapott eredményeket. Megállapítottuk, hogy a szárnyak kék színe fajspecifikus, vagyis az azonos fajú példányok esetében megegyezik, míg a különböző fajok esetében karakterisztikus eltérések tapasztalhatóak [13]. Ebből arra lehet következtetni, hogy emiatt a szerkezeti szint előállító fotonikus nanoarchitektúrának is fajspecifikusnak kell lennie. Ehhez mind a kilenc faj szárnypikkelyeiről pásztázó elektronmikroszkópos felvételeket készítettünk, és statisztikai elemzést végeztünk a bennük található nanoszerkezeteken. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a pikkelyek fotonikus nanoarchitektúrája is fajspecifikus, hasonlóan a szerkezeti színekhez, valamint az is jól látható, hogy a kis színbeli eltérések a szivacszerű kitin

folyadékra (tehát megváltoztatjuk az egyik komponens törésmutatóját), akkor színváltozást tapasztalunk [10]. A szín megváltozásának mértéke függ a szerkezetbe jutott gőz koncentrációjától és anyagi minőségétől, illetve fontos tény, hogy a változás teljesen reverzibilis, azaz a kezdeti állapotok visszaállításával az eredeti színt kapjuk vissza [11, 12]. Megfordítva a kísérletet: a különböző gőzökre adott színváltozás vizsgálatával következtetni lehet az alkalmazott gőzök anyagi minőségére és koncentrációjára, létrehozva így egy fotonikus kristály alapú gőzérzékelő szenzort.

Az általunk vizsgált boglárkalepkék tribuszában a szárnyakat két réteg pikkely borítja: a nanoszerkezet nélküli alsó, barna színű, melanin pigmentet tartalmazó alappikkely-rétegen egy, a hímek esetében kék szerkezeti színt hordozó fedőpikkely-réteg található (2a. ábra). Látható, hogy a boglárkalepkék fémes kék szárnyainak színe két színeképzési folyamat összjátékából származik: a fotonikus nanoszerkezet visszaveri a szárnyakra eső fény bizonyos hullámhossz-tartományait (esetünkben a kéket), míg a többi fényt a pikkelyek melanin pigmentje nyeli el [4]. Ezáltal a szárnyakra eső fehér fényből csak a visszavert kék komponens jut el a szemünkig.

Tehát a fotonikus kristályszerkezet a néhány mikron vastag kék fedőpikkelyek belsejében található, teljesen kitöltve a térfogatukat. Ugyanúgy kitinből épül fel, mint a pikkely többi része, azonban pár száz nanométer átmérőjű levegőüregeket tartalmaz, ami egy mikrométer alatti méretskálájú szivacsoshoz teszi hasonlatossá (2c. ábra). Ezt a háromdimenziós ki-

tin–levegő nanokompozitot (keresztmetszeti felvételek a 2d. ábrán) fotonikus nanoarchitektúrának nevezzük. Az általunk vizsgált lepkék mindegyikében ilyen szivacszerű nanoarchitektúra hozza létre a szárnyak kékes színét, ennek megfelelően a fajok közti színbeli különbségeket is pusztán a nanokompozit szerkezeti tulajdonságainak eltérése okozza [6, 13].



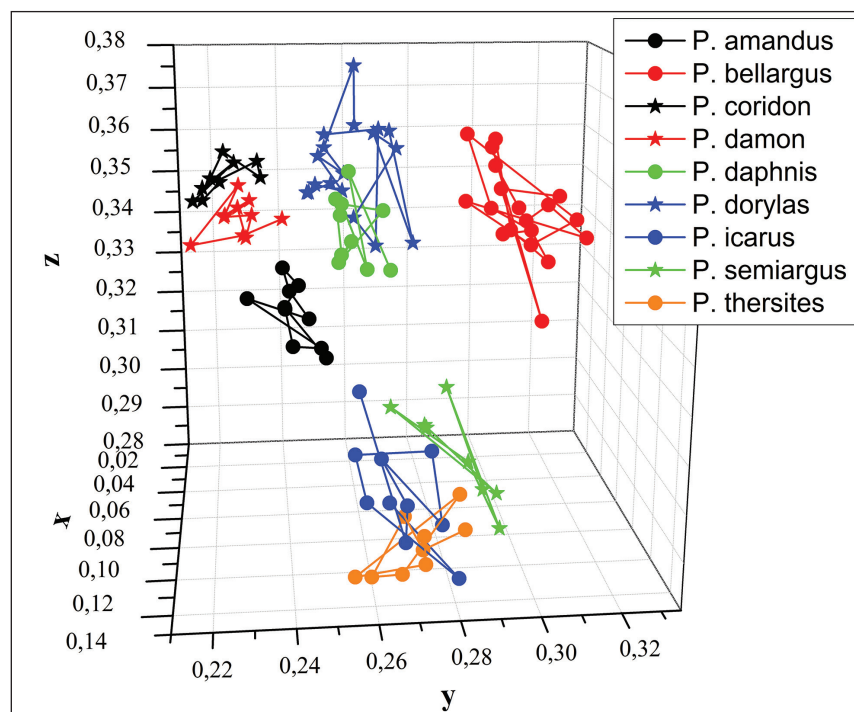
3. ábra. Az emberi színérzékelők alapján elkészített színinger-tér, vagy más néven papucsdiagram, amely az összes emberi szem által érzékelhető színárnyalatot tartalmazza. Ennek kinagyított részlete található a jobb oldalon, ahol feltüntetettük a kilenc vizsgált boglárkalepke-faj hímjeinek színinger-pontjait. Az ellipszisek az egyes fajok jellemző csoportosulásait mutatják

Párkeresés – szín szerint

Kutatásunk során megvizsgáltuk kilenc, Magyarországon is honos boglárkalepke-faj szerkezeti színét és az azt létrehozó nanoarchitektúrát. Arra kerestük a választ, hogy tapasztalható-e elegendő különbség

nanoszerkezet konformációs különbségein alapszanak [6].

Az emberi szem három fotoreceptorának érzékenységi maximumai (vörös, zöld, kék) felhasználásával elkészíthető egy olyan grafikus ábrázolás, amely az összes általunk érzékelhető színárnyalatot egy kétdimenziós



4. ábra. A lepkék színérzékelésén alapuló háromdimenziós színinger-tér, benne a kilenc vizsgált faj színinger-pontjaival. Jól látható, hogy ebben az esetben az egyes fajok csoportosulásai nem fednek át úgy, mint az emberi szemén alapuló papucsdiagramban (3. ábra), ami azt jelenti, hogy a lepkék látása kiválóan alkalmas a szárnyak kék színén alapuló megkülönböztetésére

diagramon jeleníti meg. Ez az ún. „CIE xyY színháromszög” vagy papucsdiagram, a hátrónalán a monokromatikus hullámhosszakat tartalmazza, míg a papucs-alak belsejében a színkeveréssel előállított árnyalatok találhatóak [15]. A színinger-térhez tartozik egy előállítási szabály, ami lehetővé teszi a mért színképek színinger-pontokká történő átszámítását. A vizsgált 110 boglárkalepke-példány esetében kiszámítottuk a színinger-pontokat a mért visszaverési spektrumokból és ábráztuk az emberi színinger-térben (3. ábra). Látható, hogy a színinger-pontok fajok szerint csoportosulnak, de ezek között a csoportok között átfedések vannak [13]. Ez azt jelenti, hogy bár az emberi színinger-tér jól mutatja a szárnyak színének fajon belüli egyezését, azonban nem alkalmas azok szín szerinti biztonságos megkülönböztetésére, azaz emberi szemmel bizonyos fajok között nem tudunk különbséget tenni, ahogy ezt a 2. ábra kékes-lila hímjei esetében is megfigyelhetjük [13].

Éppen ezért érdemes „lepkeszemmel” tekintenünk a problémára. Az eredmények pontosítása érdekében a boglárkalepkék színérzékelését használtuk fel a fajok határozási problémájának megoldására. A bemutatott négy színérzékelő pigment érzékenységi függvényei felhasználásával elkészítettük a boglárkalepkék színinger-térét, ami az összes számukra érzékelhető színyaranyat tartalmazza. Mivel látószere-

vük az emberi szemhez képest egy további fotoreceptort is tartalmaz, ezért a megalkotott színinger-tér is eggyel több, azaz háromdimenziós lesz. Ebben is ábráztuk a 110 vizsgált egyed visszaverési spektrumait és a 4. ábrán látható grafikont kaptuk eredményül. Jól látható, hogy az egyedek színét jelképező pontok fajokként csoportokat alkotnak, hasonlóan az előző esethez. Viszont az egyes csoportok között megszűntek az átfedések a harmadik (z-) tengely irányú szétválásnak köszönhetően, ami a negyedik fotoreceptor jelenlétének következménye [6, 16]. Ez azt jelenti, hogy a lepkék négy színérzékelővel rendelkező szeme képes megkülönböztetni egymástól a kék nagyon hasonló árnyalatával rendelkező lepkefajokat is. Így igazoltuk, hogy a lepkék szerkezeti színe valóban kommunikációs célokat valósít meg: a segítségével képesek az egyedek egymás szín szerinti azonosítására. Azonban az eredményeink a szín szerinti azonosítás problémájánál messzebbre is mutatnak. Kísérleteinkkel azt is sikeresen megmutattuk, hogy a lepkék szerkezeti színe és összetett szeme olyan összehangolt emitter (jelkibocsátó) – detektor- (jelérzékelő) rendszer, amely képes a kis, kék tartományba eső színbeli különbségek kimutatására. Ezért kiválóan alkalmas lehet a fotonikus kristályok színváltozásakor keletkező adatok elemzésére is, például, amelyeket a gőzérzékelési kísérletek során mérünk.

Gőzök érzékelése lepkeszárnyakkal

A gőzérzékelési kísérletek során különféle oldószerek gőzeivel teszteltük a kilenc boglárkalepke-faj kék szárnyainak színváltozását. Korábbi méréseink megmutatták, hogy az Ikarusz boglárka (*Polyommatus icarus*) hímek fotonikus kristályszerkezete rendelkezik a legnagyobb intenzitású válaszjellel a gőzexpozició alatt, ezért kísérleteinkhez főleg ezt a fajt használtuk fel. A részletes vizsgálataink során hét gőz (aceton, ecetsav, etanol, izopropanol, kloroform, toluol, víz) lepkeszárnyak szerkezeti színére gyakorolt hatását vizsgáltuk a koncentráció és az idő függvényében. Ez azt jelenti, hogy a mérés kezdetén 100% referenciának választottuk az áramló mesterséges levegőben lévő lepkeszárnyról visszaverődő fényt, és mérés közben ennek időbeli változását rögzítettük különböző gőzkoncentrációk mellett. Így mind a hét gőz esetében tíz visszaverési spektrumot rögzítettünk (10-től 100%-os gőzkoncentrációig), ami tartalmazza a gőzök hatására létrejött optikai változásokat. Mivel a kicsiny színbeli eltérések a közeli ultraibolya – kék tartományban állnak elő, ezért a boglárkalepke-fajok szín szerinti azonosításához megalkotott háromdimenziós színinger-tér tökéletesen alkalmazható a mért gőzérzékelési spektrumok esetében is. Közös diagramban ábrázolva a hetven színinger-pontot (gőzök száma × koncentrációk száma) azt tapasztaljuk, hogy a szisztematikusan jelentkező spektrális változások miatt az adatok jó közelítéssel egy síkot jelölnek ki a színinger-térben, ezért érdemes elvégezni az adatsor két dimenzióba történő átalakítását. Így jutunk el az 5a. ábrán látható eredményhez, amely a hét gőz tíz koncentráció esetében mért színinger-pontjait tartalmazza. Jól látható, hogy minden anyag egyedi görbével rendelkezik, ami szemléletesen mutatja a lepkeszárny alapú gőzérzékelő szenzorunk kémiai szelektivitását, mivel az optikai válaszjelük egyértelműen megkülönböztethető egymástól. Továbbá az is olvasható, hogy az egyes színinger-pontok koncentráció szerinti növekvő sorrendben (jobbról balra) követik egymást, tehát a szárnyak színbeli megváltozása arányos a gőzkoncentrációval. A fenti két tulajdonság minden jól működő kémiai érzékelő elengedhetetlen feltétele, mivel csak így juthatunk az anyagi minőséggel és az anyagmennyiséggel kapcsolatos pontos információhoz.

Pontosan látó lepkék

A lepkék biológiájával szoros kapcsolatban álló színinger-tér felhasználásával kiértékelte adatokat egy tisztán matematikai módszer, a főkomponens-analízis segítségével ellenőriztük. Az eljárás lehetővé teszi a gőzérzékelési adatsorban rejlő összefüggések meg-

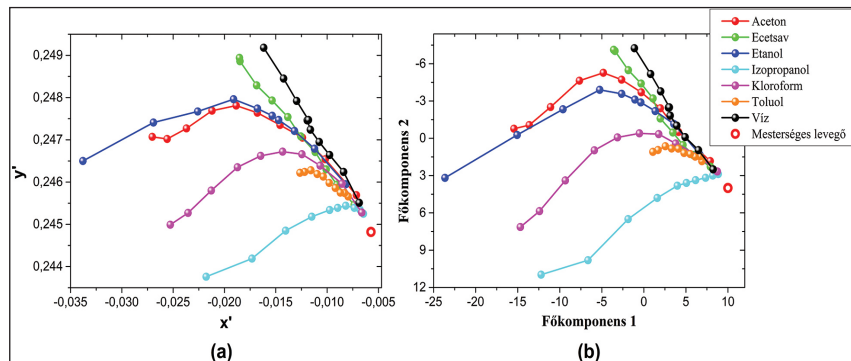
találását, azaz alkalmazásával elvégezhető a mért színbeli változások szétválogatása gőzfajta és koncentráció szerint. A főkomponens-analízis segítségével kapott eredmények a színíngertérhez hasonló diagramban ábrázolhatóak, amely az **5b. ábrán** látható. Összehasonlítva ezt a színíngertérben nyert eredményekkel, azt tapasztaltuk, hogy a két módszer szinte tökéletesen egyező eredményre vezet [17]. Más szavakkal: az összehasonlítás eredménye azt igazolja, hogy a számukra a szexuális jelzőszínek miatt fontos tartományban (kék színek) a lepkék matematikai tökéletességgel látnak. Ez azért érdekes megállapítás, mert két teljesen eltérő elven alapuló adatfeldolgozás, a lepkék vizuális pigmentjeire alapuló 3D színíngertér – ami több millió éves biológiai evolúció eredménye – és a tisztán matematikai algoritmusokon alapuló főkomponens-elemzés alapján gyakorlatilag ugyanaz az eredmény született.

Összefoglalás

A Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet Nanoszerkezetek osztályán több mint tíz éve foglalkozunk biológiai eredetű fotonikus

A lepkék látásán alapuló színíngertér segítségével azt is bizonyítottuk, hogy a lepkék kék színe és színérzékelése összehangolt, azaz a lepkék kiválóan látják a kék árnyalatai közötti kis különbségeket és emiatt képesek egymás szín szerinti azonosítására.

A kék boglárkalepkék szárnyai továbbá felhasználhatóak optikai elvű gőzérzékelő szenzor építésére, mivel a bennük található fotonikus nanoarchitektúra megváltoztatja a színét, ha kicseréljük az azt körülvevő levegő atmoszférát levegő és valamely más anyag gőzének keverékére. A kísérleteinkhez Ikarusz boglárka (*Polyommatus icarus*) hímek szárnyait és hét oldószert gőzét használtuk fel. A mért spektrális adatokat az említett faj színlátásán alapuló háromdimenziós színíngertér segítségével elemeztük, ami az adatfeldolgozási probléma biológiai megközelítésű megoldása. Az így kapott eredményeinket egy tisztán matematikai módszer, a főkomponens-analízis segítségével ellenőriztük. A két módszer szinte teljesen megegyező eredményei egyértelműen mutatják, hogy a lepkék látásán alapuló háromdimenziós színíngertér tökéletesen alkalmas a gőzérzékelés során létrejövő adatok elemzésére, mivel a lepkék szeme olyan apró, a kék szín árnyalatbeli



5. ábra. (a) A lepkék színérzékelése felhasználható a gőzérzékelési kísérlet során létrejövő adatok analizésére is. A 7 gőz 10 koncentrációnál mért visszaverési spektrumait színíngertér pontokká alakítottuk és közös grafikonon ábrázoltuk.

Látható, hogy minden egyes gőz jelét egyedi görbe írja le, amelyeken belül az egyes koncentrációkhoz tartozó értékek sorban követik egymást a tiszta mesterséges levegőtől egészen a telített gőzökig (jobbról balra). **(b)** A színíngertér-eres eredmények ellenőrzésére a főkomponens-analízis módszert használtuk fel. Látható, hogy a két teljesen eltérő módszer szinte alapjaiban egyező eredményre vezet

nanoarchitektúrák vizsgálatával. Ez idő alatt számos növény- és állatfaj esetében tártuk fel a bennük található nanoszerkezetek működési mechanizmusát és funkcióját. Jelen munkánk során a kék boglárkalepkék szerkezeti színével és színlátásával kapcsolatos kutatási eredményeinket alkalmaztuk a gyakorlatban, a lepkészárnny alapú optikai gőzérzékelés vonatkozásában.

Megvizsgáltuk kilenc boglárkalepke-faj optikai és szerkezeti jellemzőit, és megmutattuk, hogy a hímek kék színe és az azt előállító fotonikus nanoarchitektúra fajspecifikus.

különbségeinek érzékelésére fejlődött ki az evolúció évmilliói alatt, amilyenek a gőzérzékelés során is előfordulnak. Sőt, a lepkék színlátása olyan mértékben összehangolt a szerkezeti színükkel, hogy ez a detektor – emitter rendszer még a kifinomult matematikai algoritmus optimális eredményét is visszaadja, azaz a lepkék matematikai pontossággal látnak!

PISZTER GÁBOR – KERTÉSZ KRISZTIÁN – BÁLINT ZSOLT – BÍRÓ LÁSZLÓ PÉTER

Irodalom

- [1] Sison-Mangus, Marilou et al.: The lycaenid butterfly *Polyommatus icarus* uses a duplicated blue opsin to see green. *Journal of Experimental Biology* 211, 361-369 (2008)
- [2] Marshall, Justin – Oberwinkler, Johannes: Ultraviolet vision: The colourful world of the mantis shrimp, *Nature* 401, 873-874 (1999)
- [3] Bálint Zsolt: A madarak szerkezeti színei, *Természet Világa* 2004. nov., 517. o.
- [4] Bálint Zsolt – Bíró László Péter: A lepkészárnny kémiai és fizikai színei, *Természet Világa* 2009. nov., 486. o.
- [5] Rendszertani helye: Rend: Lepkék (Lepidoptera), Osztály: Pillangóalakúak (Papilioniformes), Családsorozat: Pillangó-formájúak (Papilionoidea), Család: Lángszínérfélék (Lycaenidae), alcsalád: Boglárkaformák (Polyommatinae), tribusz: Boglárka-rokonúak (Polyommagini)
- [6] Bálint Zsolt et. al: The well-tuned blues: the role of structural colours as optical signals in the species recognition of a local butterfly fauna, *JRS Interface* 9, 1745-1756 (2012)
- [7] Rajkovits Zsuzsanna – Illy Judit: Az élő természet színei, *Fizikai Szemle* 51/3, 76-79 (2001)
- [8] Rajkovits Zsuzsanna: Szerkezeti színek az élővilágban, *Fizikai Szemle* 57/4, 121-126 (2007)
- [9] Bíró László Péter – Vigneron, Jean-Pol: Photonic nanoarchitectures in butterflies and beetles: valuable sources for bioinspiration, *Laser & Photonics Reviews* 5, 27-51 (2011)
- [10] Videó: <http://youtu.be/jMcConPGr2o>
- [11] Bíró László Péter et al.: Photonic nanoarchitectures occurring in butterfly scales as selective gas/vapor sensors, *Proc. SPIE* 7057, (2008)
- [12] Kertész Krisztián et al.: Selective optical gas sensors using butterfly wing scales nanostructures, *Key Engineering Materials* 543, 97-100 (2013)
- [13] Piszter Gábor et al.: Color based discrimination of chitin-air nanocomposites in butterfly scales and their role in conspecific recognition, *Analytical Methods* 3, 78-81 (2011)
- [14] Bálint Zsolt et al.: Spectroboard: an instrument for measuring spectral characteristics of butterfly wings – a new tool for taxonomists, *Genus* 21, 163-168 (2010)
- [15] Dr. Ábrahám György: *Optika*, Panem Könyvkiadó (1998)
- [16] További információ: <http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/9/73/1745.figures-only>
- [17] Piszter Gábor et al.: Substance specific chemical sensing with pristine and modified photonic nanoarchitectures occurring in blue butterfly wing scales, *Optics Express* 22, 22649-22660 (2014)

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott munka az OTKA K 111741 támogatásával jött létre.

Múmiavilág

Beszélgetés Pap Ildikó antropológussal, a Magyar Természettudományi Múzeum Embortani Tárának igazgatójával

A Magyar Természettudományi Múzeumban Múmiavilág címmel nyílt kiállítás még a múlt év októberében, ami a világ különböző részeiről, különböző időben, különböző módszerekkel mumifikált, vagy különbözőképpen mumifikálódott múmiákat mutat be. A kiállított, összesen 28 emberi múmia és 10 állatmúmia nagy valószínűséggel együtt most látható utójára Európában, amit május 17-ig tekinthetnek még meg az érdeklődők.

– Mennyi ideig tartott a Múmiavilág című kiállítás előkészítése, szervezése, „összszerekása”?

– Ez hosszabb történet. Amikor 6–7 évvel ezelőtt megrendeztük a váci múmiákat bemutató kiállításunkat, annak híre ment külföldön is. Olyannyira, hogy egyszer csak megjelent nálunk a mannheimi Reiss-Engelhorn Múzeum igazgatóhelyettese és egyik paleontológusa, hogy megnézzék a bemutatott anyagot. Nagyon tetszett nekik. Ekkor említették meg, hogy „A világ múmiái” címmel éppen előkészítenek egy kiállítást, amihez kölcsön kérnének néhányat a váci múmiákból is. Ez azért volt nagyon érdekes, mert mi is terveztünk egy ilyen ki-

döntöttek, hogy egyedül készítik el a kiállítást, amihez kölcsönadtunk először három, majd később még egy múmiát. A kiállításnak akkora sikere lett, hogy több német városba is elvitték, sőt, bemutatták az olaszországi Bolzanóban is, abban a múzeumban, ahol Ötzi, a gleccsermúmiát őrzik.

– Gondolom, a kölcsönadás nem azt jelentette, hogy nem volt semmilyen ellentételezés?

– Ingyen adtuk kölcsön a múmiákat, de a jövőbeli tudományos együttműködés fejében. Tehát, ha például szükségünk lesz C 14-es vizsgálatokra, DNS-elemzésre vagy bármi másra, azt ők megcsinálják vagy finanszírozzák. Közben eltelt két év, s a kiállításra valahogy rácuppantak az amerikaiak is. Javasolták, hogy vigyük át az anyagot Amerikába. Időközben beléptek a kanadaiak is. Rengeteg megbeszélés volt, nagyon nehézkesen ment a dolog. A mannheimiek végül – természetesen a mi engedélyünkkel – átadták a múmiákat az American Exhibition

ak is. Javasolták, hogy vigyük át az anyagot Amerikába. Időközben beléptek a kanadaiak is. Rengeteg megbeszélés volt, nagyon nehézkesen ment a dolog. A mannheimiek végül – természetesen a mi engedélyünkkel – átadták a múmiákat az American Exhibition nevére. Inkább magántársaságnak, amelyik az ottani kiállítást rendezte. Először úgy volt, hogy azzal az installációval állítják ki a múmiákat, amit a németek találtak ki, de aztán az amerikaiak meggyőzték őket, hogy a tárgyakat és a tudást viszik tőlük, az installációt meg majd ők kitalálják hozzá. Az első állomás Los Angeles lett volna, a filmek városa, de nagyon elgondolkoztunk, hogy egyáltalán odaadjuk-e nekik az anyagunkat. Mert szerettük volna megmutatni magunkat, ugyanakkor aggódtunk is, hogy nem csinálnak-e majd valami nem egészen jót belőle...

– Hogy nem lesz-e hollywood-i az egész?

– Igen, és a németek még nálunk is jobban aggódtak. Tipikus európai előítélet. Itt-



„... a maradványok között vannak kedvenceim is...”

hon állandó probléma, hogy mindig kevesnek találjuk a tájékoztató szöveget, s többet akarunk kitenni belőle, mint amennyit lehet. Amerikában pedig ennek a harmadát, negyedét teszik ki. Közben találkoztam az amerikai cég egyik szervezőjével, aki annyira meggyőző volt, hogy biztos lehettem abban, megfelelően bánnak a múmiákkal, és fontosnak tartják a tudományos vizsgálatok eredményeinek bemutatását. Munkatársammal, Szikossy Ildikóval meggyőztük a Természettudományi Múzeumot arról, hogy érdemes odaadnunk a múmiákat, mert ez ismeretséget hoz nekünk. Katonai géppel vitték ki őket Frankfurtból. Az első turnus alatt hat helyszínen járt a kiállítás, most még további négy helyre viszik el. A második turnusról a németek már visszavonták az övéiket, a mieink közül az Orlovits-család, az apa, az anya, és kisfiuk három évre ott maradt kölcsönzési díj fejében. A magyar család kuriózuma lett a fantasztikusan szép és gazdag kiállításnak.

– Tehát ezek a kiállítások, beleértve a budapestit is, némiképpen azonosok?

– Mostani kiállításunk anyaga – a hollandokét és további máshonnan kölcsönzöttet leszámítva – az, amelyik kint járt Amerikában. A mi részünkben persze mások vannak, hiszen, ahogy mondtam, az Orlovits-család Amerikában maradt. A mannheimiektől viszonzásképpen kaptuk az anyagot, annak a fejében, hogy a mieinkért nem kértünk kölcsönzési díjat. Ezen kívül átadták az összes képernyőt a 3 D-s vetítésekhez. Értékes anyagot kaptunk a Heidelbergi Egyetem Egyiptomi Tanszékéről, lápi múmiákat a hollandoktól, múmiát a Szépművészeti Múzeumból, és izgalmas tárgyakat a Semmelweis Orvostörténeti Múzeumból is.

– Az egyiptomi múmiákról mindenki hallott, talán a peruiak is ismertek még, de a látogatók többsége biztosan itt tudja meg, hogy voltaképpen minden földrészen vannak múmiák. Ennek a kiállításnak az



A Múmiavilág című kiállítás plakátja

állítást, és már egy évvel korábban elég jól álltunk ahhoz, hogy megvalósítsuk. A forgatókönyvet is szinte teljesen megírtuk, évek óta leveleztünk, kértük kölcsön a tárgyakat, tehát már majdnem készen voltunk. A minisztérium azonban az utolsó pillanatban közölte, hogy még sincs rá pénz. Nem tehattünk mást, minthogy gyorsan nekiláttunk a váci múmiákról szóló kiállítás megrendezésének. Eredeti ötletünk tehát az anyagikon bukott meg. A németeknek ezért azt javasoltuk, hogy csináljuk meg együtt a nagy kiállítást. Mondták, hogy jó, de a hollandok is épp ilyet készítenek elő, mi lenne, ha ennek a három intézménynek az anyagát hoznánk össze. Ezt követően azonban volt egy kis huza-vona, ami után a mannheimiek úgy

egyik különlegessége egy Buddha-szobornak látszó múmia. Ráadásul, ahogy a leírásból kiderül, önmumifikálás „végterméke”. Lehet, hogy kissé tudatlan vagyok, de soha az életben nem hallottam, hogy egyáltalán létezhet ilyesmi.

– Én is csak akkor hallottam erről Szikossy Ildikótól, amikor annak idején a nagy kiállításunkat terveztük. Mindenképpen szerettünk volna szerezeni ilyen múmiát, de ez aztán kútba esett. A hollandoknak viszont szerencséjük volt. Nem Ázsiából szereztek, hanem egy magángyűjtőtől.

– Ritka darab lehet.

– Körülbelül húsz lehet belőlük a világon. Nem olyan egyszerű mumifikálódni, de azért ennél jóval több volt valamikor belőlük. Ennek a története az, hogy a magángyűjtő vett egy gyönyörű Buddha-szobrot...

– Tehát úgy tudta, hogy szobrot vesz?

– Igen, s aztán valahogy kapcsolatba került a hollandiai Assen múzeumával, ahol be akarták mutatni a szobrot. A múzeumban jutott eszébe valakinek, ha már ott van a szobor, akkor jó lenne megröntgenezni. Ekkor derült ki, hogy ember van benne.

– Ha most a múmiákat nem a kiállítások, hanem a kutatás felől nézzük, mióta vannak divatban?

– A fokozott európai érdeklődés, a „múmiamánia”, ahogy a kiállítás falain is szerepel, a napóleoni háborúk után indult el. Napoleon sok szakembert is magával vitt Egyiptomba. A kutatás kezdetben azt jelentette, hogy – akár teadélutánok keretében is – a múmiákról eltávolították a vásznat, golycsot, és úgy nézegették, vizsgálgatták őket. Nekünk is vannak egyiptomi múmiáink, amelyek még a Monarchia idején, Back Fülöp magyar kereskedő expedíciója nyomán kerültek Magyarországra. Ezeket Bartucz Lajos antropológus és Dobrovits Aladár egyiptológus csomagolta ki, illetve nézte meg először. A nagy áttörés a röntgennel kezdődött. A röntgensugarak felfedezése után egy-két évvel már vizsgáltak múmiát, igaz, csak állatmúmiát. A klasszikus múmiatudomány, ha lehet ilyet mondani, 35–40 éves. Közben folyamatosan bővült az eszköztár:

a mikroszkópos vizsgálatok, a radiológia (röntgen és CT), a szövettan, a genetika és a metagenomika, amelyek szinte robbanásszerű változásokat hoztak a kutatásban.

– Sokan sokfelől szólhatnak bele tehát a kutatásba, de vehejtük ezt mégis külön tudománynak?

– A „mumiológia” nagyon amerikaiasan hangzik, és hivatalosan még nem is létezik. Egyszer biztosan lesz ilyen. A téma multidiszciplináris kutatást igényel, igazi csapatmunka. Kellenek hozzá többek között antropológusok, igazságügyi szakemberek, patológusok, mikrobiológusok, genetikusok és természetesen orvostörténészek, történészek, néprajzosok, attól függően, hogy milyen korszakból származik a múmia.

– Van olyan nemzetközi folyóirat, ahol kutatásaikat publikálhatják?

– Kifejezetten múmiákkal foglalkozó nincsen, nemrég indult egy évkönyv-sorozat, amelynek eddig két kötete jelent meg. Az első 2011-ben a bolzanói

múmia-konferencia után, a második tavaly. Viszont háromévenként rendeznek múmia-konferenciát. A legutóbbi Rióban volt, oda pénz hiányában nem tudtunk elmenni, pedig nagyon fontos lett volna. Először a torinói konferencián vettünk részt, ahol bemutattuk a váci múmiákat és az addigi kutatások eredményeit.

– Ez a keményvalutánk?

– Szó szerint. Szikossy Ildikóval és egy hallgatóval voltunk Torinóban. Rossz érzés volt, hogy gyakorlatilag alig ismertünk valakit, csak a nevet a szakirodalomból. A többieknek ez már a harmadik-negyedik világkonferenciája volt, mindenki ismert mindenkét. Azt a két angol kutatót ismertük csupán, aki-vel még '97-ben találkoztunk a Szegeden rendezett tbc-konferencián. Később ők végezték a váci múmiák paleomikrobiológiai elemzését, DNS-vizsgálatait. Amikor Torinóban az első előadáson bemutattuk a múmiáinkat, mindenki elcsodálkozott és izgatott lett. Ez akkora fordulat volt, hogy azóta is libabőrös vagyok, ha rá gondolok. Már nem éreztük magunkat olyan elveszetteknek. Sőt!



Egy asszony és két gyermek múmiája az Andok vidékéről (Fotó: Reiss-Engelhorn-Museum, Mannheim, Németország)

– Ne nevéssen ki a kérdésért: létezik valamilyen hierarchia a múmiák között, s ilyen értelemben a velük foglalkozó kutatók között? Azt gondolná az ember, hogy II. Ramszesz és társai, aztán Ötzi lehetnek a sor elején, majd következnek egy-két perui múmia, a többiek meg csak úgy vannak.

– A kívülálló szemével nézve, az egyiptomiak kétségtelenül aratnak. Azért, mert gyönyörűek, mert fáraók, mert maszk van rajtuk és gyönyörű tárgyak kapcsolódnak hozzájuk. Maguk a múmiák már nem annyira szépek, viszont sokat tudunk róluk, mert vannak írásos emlékek is róluk. Egyedül az egyiptomiaktól maradtak fenn írásos források, amelyek

ismertetik a mumifikálás módszerét. Az összes többinél mindent ki kell következtetni. Egyiptom tehát abszolúte a csúcson. Ötzi már majdnem olyan, mint az egyiptomiak, de mivel európai, közel van hozzánk, így talán valamivel kevésbé izgalmas. Szerintem minden múmiával foglalkozó számára fantsztikusak a dél-amerikai múmiák is. De a váci múmiák is biztosan a csúcson vannak. És pedig azért, mert sokan vannak, ráadásul egy viszonylag rövid időszakból származnak. Ez annyira különleges, hogy jóindulatúan ugyan, de mindenki irigykedik. Ötzi valóban a világ legalaposabban vizsgált múmiája, mert minden pénz és eszköz megvan hozzá, de mégiscsak egyetlen ember. Az is igaz, hogy belőle él meg az egész, egyébként hihetetlenül jól működő múzeum, illetve intézet. Mindezzel együtt, hál' istennek soha nem éreztem olyat, hogy a kutatók egymás közt különbséget tettek volna aszerint, hogy valaki ezzel vagy azzal foglalkozik, szegényebb vagy gazdagabb országból jött.

– Ha jól sejtem, mi a szegényebb országok közé tartozunk.

– Valóban. Lehet a múmiát nézegetni, mikroszkóppal vizsgálni, de amikor már nemcsak egy múmiát kell cétézni, hanem mindegyiket, akkor már nehézkesen megy a dolog. De azért szép lassan haladtunk előre. Eleinte hétfévenként Kaposvárra vittük őket, aztán egy ideig a Honvéd Kórházba, most pedig ide a közelbe, az Üllői úti Radiológiai és Onkoterápiás



Lápi múmiapáros a hollandiai Weerdingeből (Fotó: Drenst Múzeum, Assen, Hollandia)



Egyiptomi múmiafej, textil- és aszfaltmaradványokkal (Reiss-Engelhorn-Museen, Mannheim, Németország)

Klinikára. Nem egyszerű megtalálni azokat az együttműködő partnereket, akik nemcsak egy-egy eset, egyén vizsgálatára hajlandók, hanem többre is. A mikrobiológiai, a genetikai vizsgálatok is drágák, és szükség van egy DNS-laborra is. A múmiák esetében a humán DNS-t és a kórokozók DNS-ét is vizsgáljuk. Amikor a vizsgálatokat kezdtük, akkor még nem volt laboratóriumunk, többek között ezért kerültek ki a minták Londonba. Ez egyébként nem volt rossz megoldás, mert egyrészt ők ismertek voltak, s így könnyebb volt előrejutni, másrészt megvolt a módszerük is hozzá, nem kellett kitalálni. Aztán az OTKA-tól két alkalommal kaptunk támogatást, amiből négy és fél évig alkalmazni tudtunk egy fiatal kollégánót, aki gyakorlatilag létrehozta a DNS-laborunkat, amelynek a célja lett volna a humán DNS vizsgálata is. A következő pályázaton azonban sajnos nem nyertünk, így a labor most nem működik. De bízunk abban, hogy az idén beadott OTKA pályázat sikeres lesz.

– *A már emlegetett Ötzit annyira ismerjük, hogy az újságolvasó ember is tudja, mit evett utoljára, milyen tetoválás volt rajta, milyen volt a baktériumflórája, honnan származhatott, hogyan halt meg stb. Ezek fontos információk és nemcsak Ötziről, hanem az akkori emberekről általában véve is, amelyeket máshonnan talán nem is tudhatnánk. A váci múmiák vizsgálatának eddig milyen tudományos hozadéka volt?*

– A tbc-kutatást említhetném. Minden múmiából, sőt többeknél több helyről is

vettünk mintát. Kiderült, hogy 67–70%-uk testében ott volt a kórokozó. Ez azért érdekes, mert akkoriban ez még nem volt várható. A tuberkulózis előretörése az iparosodással, a népességszám robbanásával kezdődött, s mindez a XVIII. században Vácott még nem volt adott. A vizsgálatokból viszont kiderült, hogy a kórokozók már 50 évvel korábban jelen voltak, de ez nem nagyon látszott az embereken. Volt, aki 95 évet élt, pedig testéből kimutatható volt a baktérium. Korábban láttunk néha-néha a csontokon tbc-s elváltozásokat egy két-háromszáz síros temetőben egy-két embernél, és nem értettük, hogy miért nem találunk többet. Csak a nagyobb lélekszámú népességen, így a váci múmiákon végzett vizsgálatok során derült ki, hogy a betegség több esetben is jelen volt, csak éppen nem volt látható jele. A legutóbbi fontos eredmény is a DNS-vizsgálatokhoz kapcsolódik. Egy mumifikálódott anyáról és két lányáról van szó, náluk két tbc-törzset tudtunk kimutatni, és a tavalyi év hozadéka az, hogy az egyik lány testéből még további kettőt. Minden kórokozónak, így a tbc-ének is megvan a maga története, evolúciója. Tehát a különböző időszakokból származó kórokozók nemcsak fajra, hanem törzsre nézve sem ugyanazok. Az például, amit az idősebb lány testéből mutattak ki, na-

lenne szükség, hogy metagenomikai vizsgálatokat végezzünk, de ne csak 2–3 ember esetében. Azonban ezek a vizsgálatok most még külföldön is nagyon költségigényesek.

– *Önt ez a váci történet indította arra, hogy múmiákkal foglalkozzék?*

– Igen. Mióta csak elvégeztem az egyetemet, itt dolgozom a Múzeumban. A gyűjteményben 40 ezer egyén maradványai vannak, tehát vizsgálni való csontmaradvány van bőven. Egy idő után elkezdtünk a betegségekkel is foglalkozni. A váci Fehérek Temploma kriptájának feltárását Zomborka Márta és munkatársai 1994-ben kezdték el. A munkálatokhoz meghívtak egy antropológus igazságügyi szakértőt is, Susa Évát, aki egészen véletlenül évfolyamtársam volt az egyetemen. Még a munkák vizsgálatának elején tartottak, amikor megkérdezte tőlem, hogy nem akarom-e megnézni a feltárást. A Természettudományi Múzeum főigazgatójával, Matskási Istvánnal látogattuk meg a helyszínt, s majdnem elalultam. Én tényleg szeretem a Múzeum Ember-tani Tárának gyűjteményét, a maradványok között vannak kedvenceim is, de azért az a nagy anyag Vácott tényleg háborzongató volt. Hálásak vagyunk a váci egyházmegyének, hogy engedélyezték, az anyag a múzeumba kerülhessen. Ráadásul soknak a nevét, az életkorát, s



A váci múmiacsalád feje, Orlovits Mihály molnár az amerikai kiállításon

gyon hasonló volt ahhoz a baktériumhoz, amelyik két évvel ezelőtt a német járványt okozta.

A másik érdekesség pedig az emberi DNS lenne, de ebben még mindig nem tudtunk előbbre jutni. Lehetne esetleg a fehérjéket vizsgálni abból a szempontból, hogy a megbetegedés ellenére miért lehettek mégis jól ezek az emberek, miközben manapság agyongyógyszerezzük a betegeket, s mégis bajok vannak. De ettől még évekre vagyunk. Ehhez arra

mint később kiderült, még a foglalkozását is ismerjük. Ilyen nincs sehol a világon! Olyan csontanyag létezik, amelyik névhez kapcsolható és van háttéranyag is hozzá. Ilyen sincs sok, de azért van. Washingtonban, Portugáliában egy-két gyűjtemény, Kanadában is egy. Ezek azonban mind csontvázmaradványokat tartalmazó gyűjtemények, de múmiás sehol sincs. Ezért is világraszóló a miénk.

Az interjút készítette: LUKÁCSI BÉLA

PÁTKAI ZSOLT

2014 őszeének időjárása

Atavalyi őszt első két hónapjában előfordultak szélsőségesnek, extrémnek nevezhető események, novemberre azonban valamelyest megnyugodott az időjárás. Folytatva a nyári sorozatot, ismét a nagy csapadékkal járó helyzetek okozták a legtöbb kihívást. A továbbiakban részletesen ismertetjük az elmúlt évszak jellemző időjárási helyzeteit, eseményeit.

Szeptember

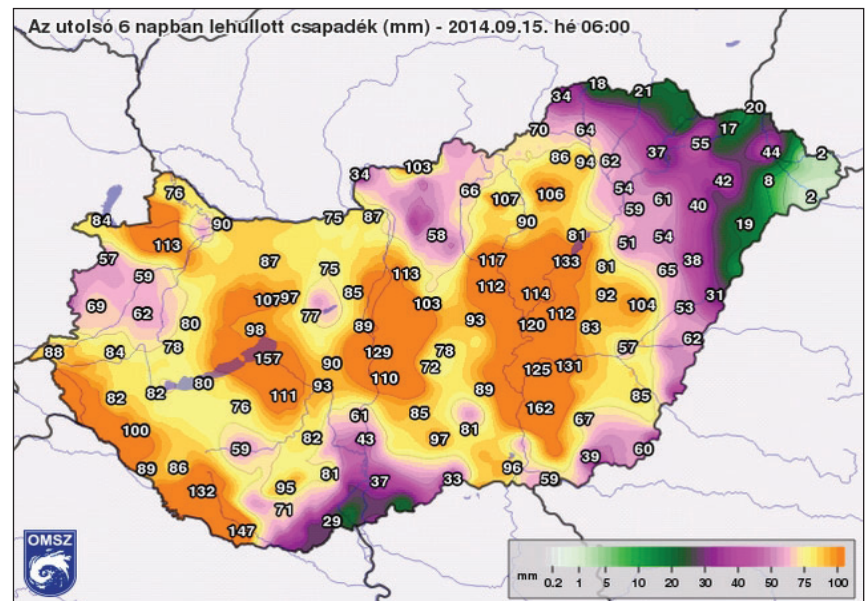
Nyári jellegű időjárással kezdődött a hónap, s ez az első 8–10 nap során többé-kevésbé folytatódott is. Ugyanakkor az első néhány napban a Dunántúlon kevésbé volt jellemző a nyári idő, hiszen a hőmérséklet csúcserőke még a 20 fokot sem érte el, ráadásul több helyen esett kiadós mennyiségű eső, zivatarok is előfordultak (pl. szeptember 1. Tát 63, Vérteskehely 58, Zsámbék és Tatahánya 55 mm, szeptember 3. Homokszentgyörgy 56 mm). Szeptember 3-án nagy volt a hőmérsékleti különbség a nyugati és keleti területek között. Miközben Sopronban csupán 18 fokig „melegedett” fel a levegő, ugyanakkor Sarkad közelében 32,1 °C-ot mértek, ami egyben a hónap legmagasabb hőmérséklete is. Ezt követően az éles kontraszt megszűnt, a csúcshőmérséklet országsszerte egységesen 25 fok körül, később kissé a felett alakult.

A hónap, s kétségkívül az őszt legmarkánsabb időjárási eseménye a szeptember 10–15. között bekövetkezett jelentős csapadék hullás volt. A csapadékot okozó ciklon Olaszország térségében erősödött meg, innen származott a nagyon magas nedvességtartalmú levegő is. Mivel Észak-, illetve Kelet-Európa térségében is anticiklonok helyezkedtek el, a ciklon kelet felé való mozgása megszűnt, egészen addig örvénylett térségünkben, míg öt nap elteltével fel nem oszlott. A ciklonban emelkedő meleg, nedves levegő kiadós esőzéseket okozott. Először a Dél-Dunántúlon hullott extrém mennyiségű csapadék (pl. Sellye 64 mm), 11-én már a Dunántúl közepi és északi részében zuhogott az eső (pl. Fehérvár-sürgő 64 mm). Később az intenzív csapadékrendszerek megjelentek az Alföldön is. A csapadék zömét a zivatarokhoz kapcsolódó intenzív záporok adták. Ebben az időszakban a legnagyobb 24 órás csapadékösszeget Dabas tartja 71

mm-rel (szeptember 14.). A csapadékos periódus során a hatnapos csapadékösszegek sok helyen meghaladta a 100 mm-t, sőt a kislalföldi Hanságligeten 153, az alföldi Derekegyházán 140, Siófokon pedig 133 mm-t mértek (1. ábra). A csapadék összege ezen időszak során országos átlagban 77 mm-re tehető, ugyanakkor szeptember hónap átlagos csapadékösszege 47 mm. Tehát alig egy hét alatt a havi csapadék több mint másfélszerese hullott. Bár sokféle volt rengeteg eső, érdemes megemlíteni, hogy a Szamosköz térsége kimaradt a csa-

az időszakhoz köthető az első fagy megjelenése, igaz csupán egy napon (szeptember 24.) és egy mérőállomáson (Zabar, -0,8 °C) fordult elő.

A hónap végéig tartó időszakban élénk nyugatias áramlás jellemezte Közép-Európa térségét, néhány hidegfront is elérte hazánkat. Ennek következtében a hőmérséklet lényegesen nem emelkedett – igaz, további lehűlés sem következett be. Szeptember jóval csapadékosabbnak adódott az átlagnál. Csupán Szabolcs-Szatmár-Bereg, illetve Borsod-Abaúj-Zemplén megye te-



1. ábra. A 6 napos csapadékösszeg országos eloszlása a 2014. szeptember 10–15-éi közötti időszakra vonatkozóan

padék hullásból, ott csupán 1–2 mm esett.

A következő 4–5 nap az Észak-Európa fölött kialakult anticiklon déli peremén elhelyezkedve csapadékmentes, napos, kora őszi időjárással telt, a hőmérséklet maximuma jellemzően 20 és 25 fok között változott. A nyugodt időnek egy gyors mozgású hidegfront vetett véget, amely mögött sarkvidéki eredetű levegő tört előre. A front hazánkat 22-én érte el, a közép-hőmérséklet országos átlaga 3 nap alatt 9 fokot csökkent. Ez volt az őszt legerőteljesebb lehűlésével járó hidegfrontja. A Dunántúl nyugati, délnyugati megyéit 15–45 mm eső áztatta, amely jellemzően zivatarral kísért záporokból hullott. Szintén ehhez

ületén hullott az átlagosnál kevesebb eső, ugyanakkor a Duna és a Tisza mentén voltak olyan területek is, ahol a sokévi átlag három-négyszeresét regisztrálták. A legtöbb eső mégsem arrafelé, hanem a Somogy megyei Homokszentgyörgyön esett (242 mm), ott azonban a sokévi átlag is magasabb.

Október

Az őszt második hónapja első szűk dekádjában folytatódott az átlaghoz közeli hőmérsékletű időjárás. Ez 20 fok körüli maximumot, kevéssel 10 fok alatti minimumot jelentett. Ekkor légköri frontok nem

vonultak át térségünk fölött, sőt északra, északnyugatra egy magasnyomású zóna helyezkedett el. Október 6-án változott meg az időjárási helyzet; először Izland, később a Brit-szigetek térségében megerősödött a ciklontevékenység. A ciklon messze délre lenyúló frontzónája mentén egyre melegebb levegő áramlott a kontinens, köztük hazánk fölé is. Ez a hatás Magyarországon 8-ától volt érezhető, a középhőmérséklet több fokkal az átlag fölött stabilizálódott, bő 10 napon keresztül. Az időszak, s egyben október legmagasabb hőmérsékletét 10-én Sátorhelyen regisztrálták (28,0 °C). Országos átlagban ugyanakkor nem ez a nap volt a legmelegebb, hanem 14-e, ekkor a középhőmérséklet 17,7 fok volt, ami 5,5 fokkal haladta meg az 1981–2010-es időszak átlagát. Ezt követően kissé változókéonyabbra fordult az idő, több lett a felhő, főként a déli megyékben néhány mm eső is előfordult.

Gyökeres változást hozott az időjárás alakulásában az október 20-án Izlandtól délre kialakuló ciklon. Ez a légörvény két-három nap alatt intenzíven fejlődött és Közép-Európa térsége fölé helyeződött át. Mögötte sarkvidéki eredetű levegő árasztotta el a területet. A front 22-ére virradó éjszaka érte el hazánkat. A front előtt kiadós esőzések voltak, a Dunántúlon nagy területen hullott 30–50 mm csapadék, sőt Zalaegerszegen 72, Sümegyen pedig 85 mm-t mértek. A hidegfront betörését hirtelen feltámadó, viharos, sőt erősen viharossá fokozódó északnyugati szél jelezte. A legerősebb széllelkések a Dunántúlon 80–100 km/h között alakultak. Ahogy azonban a front elérte a még csapadékmentes, szárazabb levegőjű Bács-Kiskun megyét, tovább erősödött a vihar, a szerb határ közelében fekvő Katymáron közel 120 km/h-s széllelkést okozva. Ezt a frontátvonulást az teszi különlegessé, hogy gyors mozgású hidegfrontok előtt rendszerint nem tud kialakulni nagy területen kiadós csapadékot adó felhőzet, ebben az esetben viszont erős intenzitással szakadt az eső több órán keresztül. A front hullámot vetett térségünkben, így a következő két napban is előfordult kiadós csapadék: 22-én északkeleten, 23-án pedig a déli megyékben esett újabb több tíz mm eső.

A ciklon feloszlását követően a hónap végéig először északias, majd egy anticiklon peremén keleties áramlással érkezett a hideg, igen száraz levegő a Kárpát-medencébe. Így október végén a középhőmérséklet már kevéssel az átlag alatt alakult. Ehhez az időszakhoz köthető a hónap legalacsonyabb hőmérséklete is (Nyírlugos, -6,8 °C, október 28.). A legtöbb csapadék októberben a Somogy megyében fekvő Babócsán (153 mm), a legkevesebb pedig Szentgotthárd közelében (24 mm) hullott. A hónap átlaghőmérséklete 1,5 fokkal haladta meg az 1981–2010-es időszakét.

November

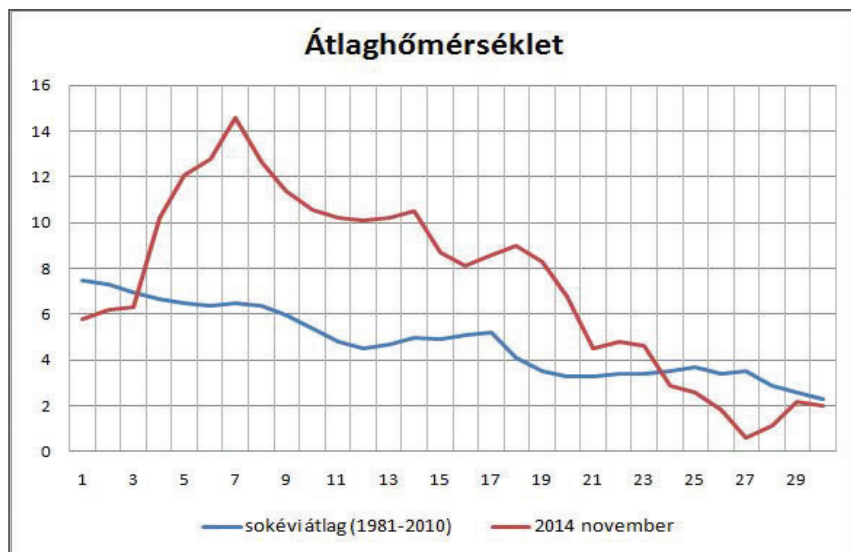
Anticiklon centrum volt november első két-három napjának a makroszinoptikus jellemzője. Kicsivel később a magasnyomás keletebbre helyeződött át, így hazánk a Nyugat-Európa felett húzódó lassú mozgású frontrendszer előoldali áramlási rendszerébe került. A hőmérséklet emelkedése 4-én már érezhető volt, a maximum ekkor már meghaladta a 15 fokot. Később még tovább melegedett az idő, 7-én az Alföldön 20 fok fölé kúszott a hőmérséklet, sőt Fülöpházán 24,6 °C került regisztrálásra, amely egyben a hónap legmagasabb hőmérséklete.

Ugyanebben az időszakban két országgal nyugatabbra extrém időjárás tombolt. Az a hullámzó frontzóna, amely hazánk fölé meleg, többnyire száraz levegőt szállított, Észak-Olaszország fölé az évszakhoz képest igen magas nedvességtartal-

dékos idő volt, területi átlagban mintegy 5–20 mm eső esett.

A hónap második felében megerősödött Kelet-Európa térségében egy anticiklon, ami a hónap végéig meghatározója is maradt időjárásunknak. A magasnyomás területét egyre zordabb hideg levegő töltötte ki, de a Kárpátok vonulatai megvédték a jelentős hidegbetörésektől. Mindazonáltal a hőmérséklet lassanként hazánkban is csökkent, s a hónap utolsó napjaiban már a sokévi átlag körül alakult. Különösen az Alföld északkeleti részében voltak hidegek a hajnalok, erős fagy is előfordult, november 24-én Nyírlugoson -6,5 °C-ig csökkent a hőmérséklet, ami Kékestető adatait leszámítva a hónap legalacsonyabb értéke is egyben.

November, főként a megelőző két hónap, és a nyár tükrében száraznak mondható. A Körösök vidékét leszámítva (40–50 mm, Körösújfalú 54 mm) kevesebb csapadék hullott, mint a sokéves átlag – ez



2. ábra. 2014 novemberének átlaghőmérsékleti görbéje a sokévi átlag tükrében

mú, szubtrópusi eredetű légtömegeket vitt. Az erőteljes, ráadásul szinte teljesen egy helyben álló ún. meleg, nedves szállítószalag hosszú napokon keresztül okozott pusztító esőzéseket és árvizeket Genova térségében és az Alpok déli lejtői mentén. Liguria tartományban volt olyan nap, amelyen 350 mm csapadék hullott. Az ezt követő mintegy két hetes rendkívül csapadékös időszak során a tartomány két mérőállomásán is meghaladta a csapadékösszeg a 800 mm-t, ami összehasonlításképp Szeged másfél éves átlagos csapadékaának felel meg!

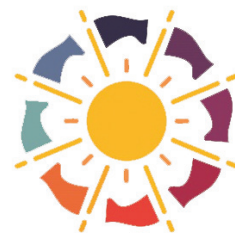
Az Észak-Olaszország fölötti heves esőzéseket okozó első frontzóna szinte alig gyakorolt hatást hazánk időjárására. Ugyanakkor a második csapadékösszeg jóval legyengülve, de nálunk is éreztette jelenlétét: november 16–18. között csapa-

kevesebb, mint 35–40 mm-t jelent, sőt az Északkelet-Alföldön, valamint az Északkelet-középhegység keleti felében kevesebb, mint 10 mm esett. A hónap közepi hosszú meleg periódus végett a hónap középhőmérséklete 2,6 °C-kal haladta meg az 1981–2010-es időszak átlagát, tehát jelentősen melegebbnek adódott (2. ábra).

Összefoglalásként az ószról elmondható, hogy egyszerre volt melegebb (+1,6 °C) és csapadékosabb is (140%-kal), mint az 1981–2010 közötti átlagérték. Mindazonáltal a csapadék mennyisége nagy térbeli változékonyságot mutatott. A legkevesebb Kelebián (94 mm), míg a legtöbb Homokszentgyörgyön (424 mm) hullott. Borsod-Abaúj-Zemplén megye kivételével mindenütt az átlagnál több esett, sőt Szentesen az évszakos átlag 2,5-szeresét regisztrálták.

SZALLER ZSUZSANNA – TICHY-RÁCS ÉVA

Ultraibolya tartományban működő nemlineáris optikai egykristályok



A FÉNY
NEMZETKÖZI ÉVE
2015

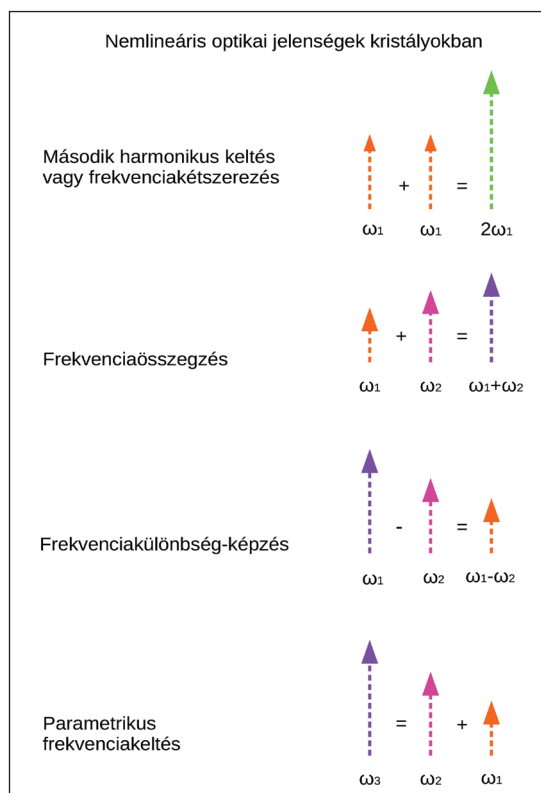
Az ENSZ a 2014-es évet a Krisztallográfia Nemzetközi Évének nyilvánította. Nagyszerű alkalom volt ez a krisztallográfia kutatói, ipari szakemberek, egyetemi hallgatók, diákok, műszaki-természettudományos témák iránt érdeklődő nagyközönség közötti kapcsolat megteremtésére. Kiállítások, intézetlátogatások, kihelyezett fizikaórák, tudományos ismeretterjesztő művek hívták fel a figyelmet arra, milyen változatos és gazdag a környezetünkben lévő természetes és mesterséges kristályok világa. Írásunkban a lézertechnika speciális területének anyagait, az ultraibolya tartományban működő nemlineáris optikai (NLO) egykristályokat mutatjuk be. Az utóbbi három évtizedben megtervezett szerkezetű NLO-kristályokat tartalmazó hangolható lézerekkel érték el az igények szerinti hullámhosszakat. Az Európai Fizikai Társulat kezdeményezésére az ENSZ és az UNESCO a 2015-ös évet a Fény Évének választotta. Cikkünkkel kapcsolódni szeretnénk ezen év népszerűsítéséhez is.

A szilárd anyagokat a szerkezetükben levő rendezettség mértéke alapján amorf, illetve kristályos kategóriába sorolhatjuk aszerint, hogy a rendezettség csak 1–2, vagy több atom-, illetve molekulatávolságra terjed ki. Egykristály esetében hosszú távú rendezettség áll fenn a kristály teljes geometriájában, szemcsehatároktól mentesen. Mechanikai, elektromos és optikai tulajdonságai jelentősen eltérnek a polikristályos anyagokétól.

A fizikusok a múlt század közepéig úgy gondolták, hogy a közeg, amelyben a fény halad, lineáris tulajdonságú, vagyis az anyag optikai tulajdonságai, pl. törésmutató, abszorpciós együttható, függetlenek a fény intenzitásától, érvényesül benne a szuperpozíció elve, a fény frekvenciája nem változik az anyagon való áthaladása során, valamint két fénysugár ugyanabban a közegben nem hat kölcsön egymással. 1960-ban a lézer megjelenésével először tudták nagy intenzitású fény viselkedését vizsgálni az anyagban. 1961-ben a rubinlézer fénysugarának kvarckristályon való áthaladásakor második felharmonikus, vagyis kétszeres frekvenciájú sugárnyaláb megjelenését detektálták. A kísérletek során bebizonyosodott, hogy az optikai közegnek lehet nemlineáris tulajdonsága, nevezetesen ebben a közegben a törésmutató, következésképp a fény sebessége függ a fény intenzitásától, a szuperpozíció elve sérül, a fény frekvenciája megváltozik az anyagon való áthaladásakor, a fotonok kölcsönhatnak, így a fényt befolyásolni lehet egy másik fényvel. A kristályokban zajló nemlineáris optikai jelenségek egyik legismertebb fajtája a második

harmonikus keltés, amikor a lézer frekvenciája nemlineáris optikai kristályon való áthaladásakor megkétszereződik (1. ábra). Így például egy nem látható, infravörös hullámhosszú lézersugár az NLO-kristályon való áthaladás után látható lesz. A nemlineáris optikai tulajdonságú anyagok segítségével lehetővé válik 150–2400 nm tartományban folytonosan hangolható koherens fény (lézer) előállítás. Cikkünkben – különlegesen kiemelt szerepe miatt – csak a hullámhossztartomány alsó határára koncentrálnak, nevezetesen az ultraibolya (400–200 nm) és a vákuum ultraibolya (200 nm alatti) tartományú lézertényt előállítani képes UV–NLO-egyikristályokra.

A hatékony, nagy teljesítményű lézerek fejlesztése és alkalmazása alapvető hatással van a tudományos kutatásoktól kezdve az orvosi diagnosztikán és terápián át az ipar számos területére. Sok terület igényel olyan különleges, egyedi frekvenciájú lézereket, amelyek nem állnak rendelkezésünkre könnyen elérhető lézerforrásokból. Míg az infravörös és a látható fény felső hullámhossz-tartományában főleg



1. ábra. Második harmonikus keltés vagy frekvenciakétszerezés esetén, valamint frekvenciaösszegzés és frekvenciakülönbség-képzéskor a két pumpáló hullám egy harmadikat kelt az NLO-kristályban, amelynek frekvenciája a pumpáló hullámok frekvenciájának kétszerese, összege vagy különbsége. Optikai parametrikus erősítőben a keltett hullámok frekvenciájának összege megegyezik a pumpáló fény frekvenciájával

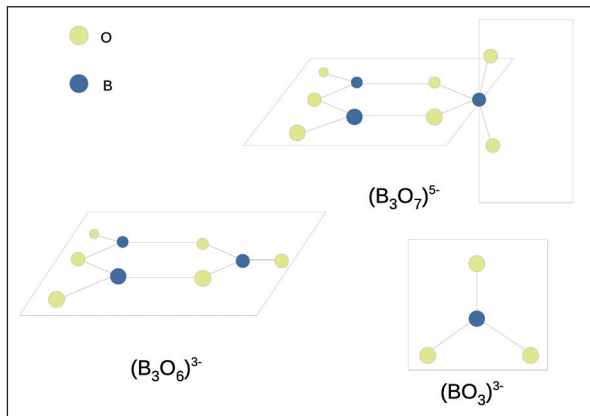
szilárdtestlézerek léteznek, addig az UV- és a látható fény alsó hullámhossz-tartományában szinte csak gázlézerek. Az excimer lézerek UV- és VUV-fénytartományban

lézeres mikrobeszétben is használnak UV-lézert, mert a látható fénytartományban működő lézerekhez képest pontosabb a vágás és a környező szövetekben nincs termikus sérülés. Az UV-foton energiája már számos anyagban elegendő a kémiai kötések felszakítására. Szerves kémiai szintézisekben a fotokémiai aktiválás megrövidíti a reakcióidőt, csökkenti a mellékreakciók számát, sztereoselektivitást elérve.

A szilárdtestlézerek teljesítményét az UV-, különösen a VUV-tartományban nagymértékben meghatározzák az NLO-kristályok optikai tulajdonságai. Ahhoz, hogy egy kristály nemlineáris optikai

A béta-bárium-metaborát $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ 1984-ben a kínai *Chen* és munkatársai fedezték fel. Trigonális rendszerben kristályosodik, szerkezetében a $(\text{BO}_3)^{3-}$ csoportok kondenzációval ciklikus $(\text{B}_3\text{O}_6)^{3-}$ metaborát gyűrűket alkotnak. Az anyag kedvező tulajdonsága, hogy 190 nm-től 3300 nm-ig átlátszó és magas a lézeres roncsolási küszöbe (az a maximális lézerteljesítmény, amelynél a kristály még éppen nem sérül), ami lehetővé teszi nagy lézerteljesítmények előállítását az UV-tartományban. A Nd:YAG és Nd:YLF lézer ötödik felharmonikus frekvenciája is gerjeszthető vele. A kristály kiválóan alkalmas ultrarövid impulzusú lézerek második és harmadik harmonikus frekvenciájának keltésére. Kémiaileg stabil, könnyen polírozható, antireflexiós réteg könnyen felvihető rá.

A lítium-triborát LiB_3O_5 , cézium-triborát CsB_3O_5 és a cézium-lítium-borát $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ kristályszerkezete a béta-bárium-metaborátból származtatható. Nevezetesen, amennyiben ez utóbbi vegyületnek három $(\text{BO}_3)^{3-}$ csoportja közül az egyiket $(\text{BO}_4)^{5-}$ csoporttal helyettesítjük, nem-planáris hattagú $(\text{B}_3\text{O}_7)^{5-}$ csoportok jönnek létre (2. ábra), lerontva ezzel a gyűrű π konjugációját, ezáltal eltolva az abszorpciós élet 160 nm-ig. Ebben a szerkezetben a $(\text{B}_3\text{O}_7)^{5-}$ csoportok oxigéneknek át kapcsolódva $(\text{B}_5\text{O}_{10})^{5-}$ spirális hélix alakzatba rendeződnek. A lítium-triborát széles áteresztési tartománnyal és extrém nagy lézeres roncsolási küszöbvel, jó mechanikai és kémi-



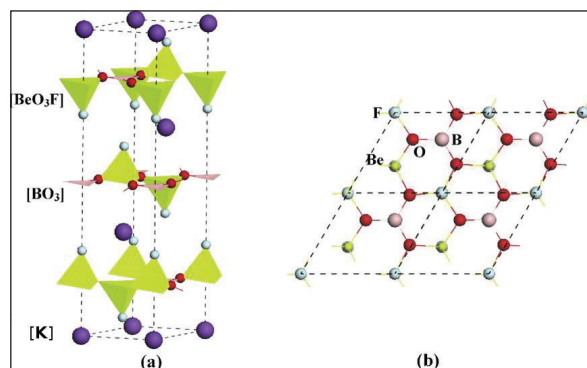
2. ábra. Nemlineáris optikai hatású borát-anionsoportok szerkezete

emittáló nagy teljesítményű gázlézerek, de hátrányuk a korrozív gáz (XeCl , KrF , ArF), a nagy méret, és a bonyolult működési feltételek. Ezért a frekvenciakonverzió elvén működő, NLO-kristályokat is alkalmazó szilárdtestlézereknek fontos helyük van az UV-lézerek között, annál is inkább, mivel kis méretekkel, szűk sávzélességgel, kiváló minőségű sugárnyalábal, hangolhatósággal, és hosszabb élettartammal rendelkeznek, viszonylag könnyű kezelhetőség és alacsony fenntartási költségek mellett.

Az ultraibolya hullámhossz-tartományú lézer alkalmazása ipari, orvosi és tudományos szempontból is jelentős. Optikai eszközökben látható fény helyett ultraibolya fényt használva a képfelbontás 2–3-szorosára javulhat. UV-fotolitográfiát használ a félvezetőipar a mikrocsip előállításakor, ahol mikrontartomány alatti áramköröket másolnak egyik közegről a másikra, ill. a mikro-elektromechanikai rendszerek (MEMS) előállításánál is ezt a technológiát alkalmazzák, ami lehetővé teszi, hogy egyidejűleg akár millió kis szerkezetet, érzékelőket, tükröket, szelepeket, fogaskerekeket tudjanak ráépíteni szilíciumhordozóra. Az így előállított mikro-elektromechanikai rendszerek helyettesíteni tudják a kevésbé megbízható, drágább alkatrészeket, növelik az energiahatékonyságot, és környezetbarátá teszik az eszközöket. A nagy precizitású anyagmegmunkálásra (fűrés, vágás) szintén nagy teljesítményű UV-impulzus lézereket használ az ipar azoknál az anyagoknál, amelyek átlátszóak az UV-fény számára. Használatuk nem termikus, tiszta vágási felületet biztosít, és 1 mikronos megmunkálási pontosságot tesz lehetővé. Az orvosi gyakorlatban a

tulajdonsággal rendelkezzen, a szilárd anyagnak szimmetriacentrum (inverziós szimmetria) nélküli kristályszerkezettel kell rendelkeznie. Ez például több atomból álló, összetett anionokat tartalmazó kristályokban fordulhat elő. A különféle vegyülettípusok közül a borátok a leginkább figyelmet érdemlőek. A borát anionsoportok típusa és rácsbeli elhelyezkedése meghatározza a kristály NLO-tulajdonságait. A kristály NLO együttthatója az anionsoport lokalizált molekulapályáiból kvantumkémiai módszerekkel számolható, következőképp a kémiai szerkezetből számításokkal megjósolhatók az anyagok NLO-tulajdonságai.

A borát kristályok jó NLO-tulajdonságai három különféle szerkezetű anionsoportra vezethetők vissza, nevezetesen a $(\text{B}_3\text{O}_6)^{3-}$, $(\text{B}_3\text{O}_7)^{5-}$ és $(\text{BO}_3)^{3-}$ oxoanionokra (2. ábra). Az NLO-tulajdonság kialakulásához leginkább a planáris (egy síkban elhelyezkedő) $(\text{B}_3\text{O}_6)^{3-}$ hattagú gyűrűket és trigonális (háromszög alakú) $(\text{BO}_3)^{3-}$ anionsoportokat tartalmazó szerkezet a kedvező, amelyekben konjugált π pályák vannak. A 4-es koordinációjú bórt tartalmazó nem-planáris elrendeződésű $(\text{BO}_4)^{5-}$, $(\text{B}_3\text{O}_7)^{5-}$ és a $(\text{B}_5\text{O}_{10})^{5-}$ anionsoportoknál nem találunk π konjugációt. Ez utóbbi csoportok 160 nm felé tolják el az átlátszósági tartomány határát, szemben a planáris anion-szerkezetű borátokkal, ahol ez 190–200 nm.



3. ábra. A kálium-fluoro-berillo-borát $\text{KBe}_2\text{BO}_3\text{F}_2$ (KBBF) molekulászerkezete (IOP Publishing Ltd és Zheshuai Lin szíves engedélyével)

ai tulajdonságokkal rendelkeznek, vagyis könnyű vágni, polírozni. Kismértékben higroszkópos. Kicsi a kettőtörése, ami korlátozza a magasabb felharmonikusok keltését. Nd:YAG lézert használva „csak” a harmadik harmonikus frekvenciáig lehet eljutni. A cézium-lítium-borát jó optikai tulajdonságokkal rendelkezik, azonban ezt beárnyékolja erős higroszkóposága.

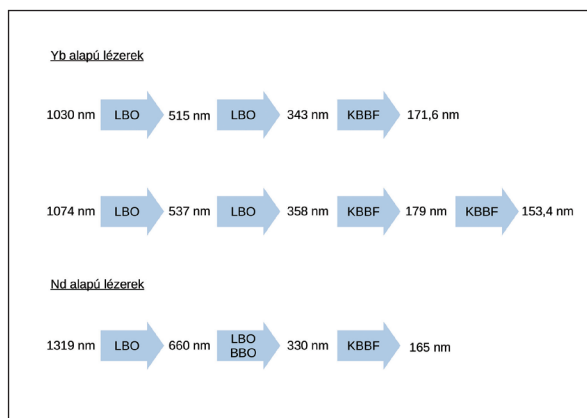
Az UV-átlátszóság további növelése érdekében végzett kutatások eredményeképpen 1992-ben fedezték fel a berill-átok leghíresebb képviselőit, a kálium-fluoro-berillo-borátot $\text{KBe}_2\text{BO}_3\text{F}_2$ és a stroncium-berillo-borátot $\text{Sr}_2\text{Be}_2\text{B}_2\text{O}_7$. A $\text{KBe}_2\text{BO}_3\text{F}_2$ esetében a $(\text{BO}_4)^{5-}$ egységeket $(\text{BeO}_3\text{F})^{4-}$ -csoport, míg $\text{Sr}_2\text{Be}_2\text{B}_2\text{O}_7$ esetében $(\text{BeO}_4)^{5-}$ helyettesíti, így biztosítva kiváló NLO-tulajdonságokat a VUV-tartományban. A kálium-fluoro-berillo-borát-kristály trigonális rendszerben kristályosodik. Szerkezetére jellemző a planáris hattagú Be_2BO_3 gyűrű, ahol a két berilliumatom a sikon kívül elhelyezkedő fluoridatomokkal kapcsolódik (3. ábra). Ezek a gyűrűk megközelítőleg egy síkban fekvő, kétdimenziós hálózattá alakulnak, ami azonban a kristálynövesztés során komoly nehézségekhez vezet.

Titán-zafir-lézer negyedik, míg a Nd-alapú lézerek hatodik harmonikus frekvenciája kelthető vele. A kálium-fluoro-berillo-borátra jellemző kedvezőtlen, erősen réteges szerkezetet kiküszöbölendő a stroncium-berillo-borát-kristály felé fordult a figyelem. A $(\text{BO}_3)^{3-}$ -csoportok rácsbeli elhelyezkedését tekintve hasonló a $\text{KBe}_2\text{BO}_3\text{F}_2$ -hoz, de itt a rétegek között már nem fluoratomok, hanem erősebb kapcsolatot adó oxigénhidak találhatók. További előny, hogy az $\text{Sr}_2\text{Be}_2\text{B}_2\text{O}_7$ -ban kétszer annyi $(\text{BO}_3)^{3-}$ -csoport van az elemi cellában, mint a $\text{KBe}_2\text{BO}_3\text{F}_2$ -ban, ami a nemlineáris optikai együtthatóját megnöveli.

Ha a stroncium-berillo-borátban meglévő $(\text{BeO}_4)^{5-}$ -csoportot $(\text{AlO}_4)^{5-}$ -gyel helyettesítjük, a stronciumot pedig káliummal, akkor egy újabb NLO-kristályt, a kálium-alumínium-borátot $\text{K}_2\text{Al}_2\text{B}_2\text{O}_7$ kapjuk, amit 1998-ban fedeztek fel. Előnye, hogy nem tartalmaz mérgező berilliumot. Szerkezeti alapegységei a trigonális $(\text{BO}_3)^{3-}$ -csoport és a tetraédres elrendezésű $(\text{AlO}_4)^{5-}$ -csoport, melyek közeli síkbeli hálózatot alkotnak. Szintén réteges a szerkezete, a rétegeket itt is oxigének kapcsolják össze a kristályban, de korábban említett társaianál ($\text{KBe}_2\text{BO}_3\text{F}_2$ és $\text{Sr}_2\text{Be}_2\text{B}_2\text{O}_7$) is erősebb szerkezetet adva. Kémiaiilag stabil, nem higroszkópos, jó mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik. Nd:YAG-lézer negyedik és ötödik harmonikus frekvenciája kelthető vele. Frekvenciaösszegzéssel vagy negyedik harmonikus keltéssel

a $\text{K}_2\text{Al}_2\text{B}_2\text{O}_7$ -ban 200 mW teljesítményű, 193 nm-es UV-impulzus hozható létre. Habár a kristálynak kiváló NLO-tulajdonsága van, a viszonylag magas UV-abszorpciója nagymértékben csökkenti a Nd:YAG-lézer negyedik harmonikusának frekvenciaátalakítási hatásfokát. A legújabb vizsgálatok szerint azonban, oxigénmentes környezetben való növesztéskor a kristály optikai homogenitása növelhető, ami által csökkenthető az UV-abszorpció és így a konverziós hatásfok 40%-os javulása érhető el. A táblázatban az UV-NLO-kristályok optikai tulajdonságainak összefoglalása látható.

Borátok lézer-gazdarácsként is alkalmazhatók, amikor a vegyületben lévő három vegyértékű kationok egy részét lézeraktív elemmel, pl. neodímiummal, vagy krómmal helyettesítjük. Az



4. ábra. Frekvenciakonverzió révén különböző UV-NLO-kristályokkal elérhető legalacsonyabb hullámhosszak (LBO= lítium-triborát, BBO= béta-bárium-metaborát, KBBF=kálium-fluoro-berillo-borát)

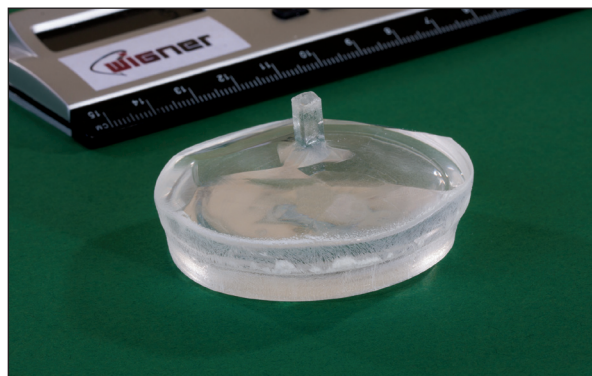
így kapott lézeranyagok egyúttal NLO-tulajdonságokkal is rendelkeznek, vagyis a kristály lézertűt emittál, és egyidejűleg megkétszerezi frekvenciáját. Ez nagyon kedvező, mert így egyszerű felépítésű, a látható tartományban működő szilárdtestlézert kapunk. Lézerkristályoknál nagyon fontos szempont, hogy a lézerteljesítmény fokozása céljából a lézeraktív elemet minél nagyobb mennyiségben lehessen a gazdarácsba beépíteni. Ennek megfelelően kell megválasztani, ill. módosítani a kristályösszetételt és így a szerkezetet is. Minden atomszázalék-növelésért nagy küzdelem folyik, amíg elérjük azt a koncentrációt, ahol maximális a lézerteljesítmény. A legígéretesebb anyagok a huntit szerkezetű neodímium-ittrium-alumínium-borát $\text{Nd}_x\text{Y}_{1-x}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$, a krómmal adalékolt ittrium-alumínium-borát $\text{YAl}_3(\text{BO}_3)_4$:Cr és a krómmal adalékolt gadolínium-alumínium-borát $\text{GdAl}_3(\text{BO}_3)_4$:Cr, valamint az oxoborát család tagjai, mint pl.

a neodímiummal adalékolt gadolínium-kalcium-oxoborát $\text{GdCa}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$:Nd, és a neodímiummal adalékolt ittrium-kalcium-oxoborát $\text{YCa}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$:Nd.

A NLO-kristályok modellezéssel történő felfedezése után következett a kristálynövesztés technológiájának kifejlesztése. Az említett anyagok és társaik 3–8 komponensből állnak. A többkomponensű vegyületek előállítására, valamint kristálynövesztésük kidolgozása komoly próbák elé állítják a kristálytechnológusokat. A borátok üvegeképző anyagok, rendkívül viszkózus az olvadékok, erősen túlhűlnek, nehezen kristályosíthatók. Az említett kristályoknak csak kis százaléka növeszthető saját olvadékból. Ezek azok az anyagok, amelyek kongruensen, összetételváltozás nélkül olvadnak, ill. kristályosodnak. A $\text{GdCa}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ és $\text{YCa}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ -kristály 1500 °C körüli, a $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ 848 °C-os olvadékból könnyen, jó minőségben növesztendő.

A borát-egy-kristályok nagyobbik részét azonban nagyon nehéz optikai minőségben növesztetni, azaz megfelelő méretben és megfelelő homogenitással. Egy részük az olvadás hőmérsékletén vagy bomlik, vagy nem kongruensen olvad, vagy kedvezőtlen módosulatban van, emiatt ezeket a kristályokat magas hőmérsékletű oldatos módszerrel növesztik. Ez a technológia szigorú hőmérséklet-szabályozást igényel. A rendkívül lassú, 0,1–3 °C/nap hűtési sebesség miatt pár mm-es kristály esetén is hetekig tartó kristálynövesztési idővel kell számolni. Ennek a módszernek egyik kulcspontja megtalálni a megfelelő oldószert, mely nem épül be a kristályrácsba, jól oldja a kristályosítandó anyagot, alacsony olvadáspontú, nem párolog a kristálynövesztés során, kis viszkozitású és nem korrozív. Olyan oldószert nem lehet találni, mely mindezen szempontoknak megfelel, így sokszor súlyos kompromisszumokat kell kötni a kristálynövesztés során.

Az 1095 °C-os olvadáspontú bárium-metaborát két módosulata van, melyek a 925 °C-os fázisátalakulási hőmérsékleten egymásba tudnak átalakulni. A magas hőmérsékleten stabil alfa fázis középpontosan szimmetrikus szerkezetű, nem NLO-aktív, míg a 925 °C alatt stabil béta fázis nem középpontosan szimmetrikus és NLO-tulajdonsággal rendelkezik. Ez a fázis közvetlenül bárium-borát olvadékból nem növesztendő, mivel először az alfa fázis kristályosodik, ami a fázisátalakulási hőmérséklet alatt metastabil fázisként szobahőmérsékletig hűthető. A trigonális szerkezetű béta fázist 925 °C alatt nátriumborát-oldatból növesztjük. Kedvezőtlen tulajdonsága, hogy enyhén higroszkópos, levegőn matt lesz a felülete. Erősen higroszkópos kristályok, mint a cézium-lítium-



5. ábra. MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontban növesztett béta-bárium-metaborát $\beta\text{-BaB}_2\text{B}_2\text{O}_4$ egykristály

borát, körültekintést igényelnek a növesztés utáni kristálymegmunkálásnál és tárolásnál, mivel a levegő nedvessége szétrepeszti a kristályt.

Az ittrium-alumínium-borát az olvadási hőmérsékleten bomlik, ezért olvadáspontjánál alacsonyabb hőmérsékletű oldatból növesztik. A kristálytechnoló-

gát, azonban ez egy másik módosulat, frekvenciakonverziós hatásfoka lényegesen rosszabb, nemlineáris optikai célokra alkalmatlan. A másik berilliumtartalmú vegyület a stroncium-berillio-borát kevésbé réteges szerkezete megkönnyíti a kristálynövesztést társához képest, bár ez idáig zárványmentes kristályt sem sikerült növesztetni. Szintén

hidrotermális módszert. Az első módszer jó kristályminőséget eredményez. 4 komponensű saját iont tartalmazó oldószerből növeszhető, azonban erősen réteges szerkezete miatt az egyik krisztallográfiai irányban ez idáig nem tudtak 3,8 mm-nél nagyobb kristályt növesztetni. Ez a méret számos felhasználáshoz kevés. Habár a második, hidrotermális módszerrel (400 °C-on 1200 atm nyomáson) maximálisan 9 mm-es kristályt növeszt-

(szinkrotron sugárzás, gázkisüléses lámpák) összehasonlítva energiafelbontásban, fotonfluxusban és detektálási mélységben, valamint árban egyaránt jobb paraméterekkel rendelkeznek. Nátrium, rubídium, cézium atomok hűtésében és csapódásában, valamint új attoszekundumos μW teljesítményű lézertechnikák kidolgozásában szintén jelentős szerepük lehet a VUV-szilárdtestlézereknek. 10 mW-os, 205 nm-es folytonos lézersugárral gerjeszthető a hidrogénatom $1s \rightarrow 3s$ átmenete. Ezen alapult a Rydberg-állandó eddiginél pontosabb meghatározása a garchingi Max Planck Kvantumoptikai Intézetben. Ezt követően a 194,5 nm-es lézersugárral gerjeszthető hidrogénatom $1s \rightarrow 4s$ átmenetét is tanulmányozni fogják.

Az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont Alkalmazott és Nemlineáris Optikai Osztályán, ill. jogelődjénél, az MTA Kristályfizikai Kutatólaboratóriumában 1989-óta foglalkoznak borátkristályok növesztési technológiájának kidolgozásával. Elsőként a béta-bárium-metaborát (5. ábra) egykristályt állították elő maggal vezérelt magas hőmérsékletű oldatos módszerrel. 1990-re az ezzel a módszerrel megnövesztett egykristály mérete már 1,3 cm vastag és 6 cm átmérőjű volt, ami akkor laboratóriumi körülmények közt világszínvonalú volt. Jelenleg a béta-bárium-metaboraton kívül a cézium-lítium-borát $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$, a huntit szerkezetű ritkaföldfém-ittrium-alumínium-borát $\text{RE}_x\text{Y}_{1-x}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$, ritkaföldfém-gadólínium-alumínium-borát $\text{RE}_x\text{Gd}_{1-x}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ egykristályok növesztése zajlik. A kristályokból orientált, megmunkált minták készülnek kutatási célokra.

Számítási modellek alapján az 1980-as évektől kezdődően számos borátvegyület kiváló NLO-tulajdonságát jósolták meg. A jelen és a közeljövő tudományos programjainak fókuszpontjában az új, egyre alacsonyabb hullámhosszon működő UV-NLO-anyagok keresése, ennek érdekében kvantumkémiai modellek továbbfejlesztése, valamint jobb egykristály minőséget eredményező növesztési technológiák kifejlesztése állnak.

Kristály	Áteresztési tartomány nm	SHG*, nm	Kettőtörés 1064 nm-en	Lézeres roncsolási küszöb GW/cm ² 1064 nm-en (1 ns)	Nemlineáris optikai együttható 1064nm-en/pm/V	Szerkezeti alapegység
$\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$	190-3300	205	0,115	10	2,2	B_3O_6
LiB_3O_5	160-2600	277	0,04	45	1,2	B_3O_7
CsB_3O_5	167-3400	273	0,059	26	1,08	B_3O_7
$\text{KBe}_2\text{BO}_3\text{F}_2$	155-3660	185	0,072	60 (390 nm, 200fs)	0,49	BO_3
$\text{Sr}_2\text{Be}_2\text{B}_7\text{O}_{21}$	155-3780	200	0,062	-	1,6	BO_3
$\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$	180-2750	237	0,052	26	0,74	B_3O_7
$\text{K}_2\text{Al}_3\text{B}_2\text{O}_7$	180-3600	225	0,074	3 (532 nm 20ps)	0,49	BO_3

Az UV-NLO-kristályok optikai tulajdonságai

*Frekvenciakétszerezéssel (SHG) előállítható eddig elért legalacsonyabb hullámhossz

gusok számos különböző összetételű oldószert próbáltak ki, azonban az eddig ismerteknek számos hátrányos tulajdonsága van. A kálium-alumínium-borát-kristály NaF-tartalmú magas hőmérsékletű oldatból növeszhető. Az 0,1 °C/órás hűtési sebesség miatt a növesztés időtartama több mint egy hónap.

A berilliumot tartalmazó borátvegyületek erősen mérgezőek, rákkeltőek. A por belégzése kémiai (toxikus) tüdőgyulladást okozhat, ill. halálhoz is vezethet, ezért ezen anyagok előkészítése, valamint a kristály növesztése rendkívüli körültekintést, a gőzök, porok elszívását, ill. zárt rendszert igényel. A kálium-fluoro-berillio-borát az eddig ismert legkülönlegesebb VUV-NLO-anyag, de a kristály növesztésével komoly gondok vannak, már 200 °C-kal az olvadása alatt, 825 °C-on bomlik. Két kristálynövesztési eljárást dolgoztak ki növesztésére, a magas hőmérsékletű oldatos és a

két módosulata ismert, ami a $\text{KBe}_2\text{BO}_3\text{F}_2$ -hoz hasonló módon állítható elő.

Egyelőre sok kellemetlen tulajdonsága ellenére, az eddig ismert legjobb UV-NLO-anyag a $\text{KBe}_2\text{BO}_3\text{F}_2$. Lézeres roncsolási küszöbe kiemelkedően magas a borátok közt, ami azért fontos, mert ezeket az anyagokat a küszöb környékén használják, hogy minél nagyobb legyen a frekvenciaátalakítási hatásfok. Lítiumtriborát és kálium-fluoro-berillio-borát-kristállyal lehet elérni a legalacsonyabb hullámhosszt 153 nm-t frekvenciakonverzióval (4. ábra). A 0,5 mW teljesítményű lézer 33 MHz-es impulzus üzemmódban üzemel, de cél a folytonos sugárzás előállítása.

Az VUV-szilárdtestlézerek felhasználásának új megcélzott területei: VUV-lézerforrás a fotolitográfiai technológiák, valamint a fotoemissziós spektroszkópia számára, ahol más VUV-fényforrásokkal

Szegény gazdag ország...

Magyarország alig ismert stratégiai nyersanyagforrásai

Európa bányászata fontos mérföldköveket tett le a kontinens sok kiterővel, kanyarral tarkított történelmi országútjára. Több mint 7000 évvel ezelőtt jöttek létre az ausztriai Hallstatt sóbányái, hatezer éve nyílt meg a Skouriotissa rézércbánya Ciprus szigetén, Verespatak (egykor Alburnus Maior, ma Rosia Montana) ma is Európa legnagyobb aranyérclelőhelye, bár kitermelése még i. sz. 100-ban, Traianus császár hódításai előtt, a dákok királysága idején kezdődött. Mára ugyan a kontinens a világ egyik fejlett ipari központjává vált, de az ehhez szükséges nyersanyagforrások zöme már határain kívül esik. Az Európai Unió 2008-ban alakította ki azt az összetett középtávú nyersanyag-stratégiát, amellyel jelentősen változtatna az egyre fokozódó függőségén, és csökkentené az ennek következtében jelentkező gazdasági kockázatokat. A kritikus elemek és ásványok – antimon, kobalt, berillium, ritkaföldek, germánium, gallium, platinafémek, nióbium, tantál, wolfram, grafit, indium, fluorit, magnezit – nélkül ma sem elektronikai ipar, sem hibridhajtású autók, szélturbinák nem léteznének. Az egyik legfontosabb keresett csoport a ritkaföldek elemegyüttese. Számátalan alkalmazásuk közül a leggyakoribbakat a táblázat foglalja össze.

E stratégia hazai vonatkozásaira összpontosított a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kara által benyújtott és megnyert pályázat, az Új Széchenyi Terv keretében elindult a „Nemzetközi együttműködésben megvalósuló alapkutatás a kritikus nyersanyagok hazai gazdaságfejlesztő potenciáljának kiaknázására” című TÁMOP-4.2.2. alapkutatási projekt, amely a rövid CriticEl nevet kapta, és 2012–2014 között valósult meg. A földtudományi szakemberek és technológus mérnökök közös vállalkozása az ásványi nyersanyagok és a másod-nyersanyagok csoportjára egyaránt kiterjedt, és számos kutatási részprogramot kapcsolt össze. Közel félmilliárd forintos összköltségvetése hazai viszonylatban egyike volt az utóbbi idők-

	Név	Felhasználás
Könnyű ritkaföldfémek (LRFF)	Lantán	hibrid motorok, fémötvözetek
	Cérium	autókatalizátorok, olajfinomítás, fémötvözetek
	Prazeodimium	mágnesek
	Neodimium	autókatalizátorok, olajfinomítás, laptopok merevlemezei, mobiltelefonok, hibrid motorok
	Szamárium	mágnesek
	Európium	televíziók és monitorok vörös színe
Nehéz ritkaföldfémek (HRFF)	Terbium	lumineszcensésfoszforeszcens anyagok, állandó mágnesek
	Diszprózium	állandó mágnesek, hibrid motorok
	Erbium	lumineszcensésfoszforeszcens anyagok
	Ittrium	vörösszín, fluoreszcenslámpák, kerámiák, fémötvöző anyagok
	Holmium	üveg festékek, lézerek
	Tulium	orvosiröntgen-sugarasműszerek
	Lutécium	olajfinomításhoz katalizátorok
	Itterbium	lézerek, acélötvözetek
	Gadolínium	mágnesek

Táblázat. Ritkaföldfémek leggyakoribb alkalmazásai (Humphries 2012)

ben megvalósult legjelentősebb komplex tudományos programoknak. A kutatók az eredményeket többek között egy tizkötetes monográfiatorozatban ismertették. A monográfiák elektronikus példányai az internetről szabadon letölthetők.

Ásványi nyersanyagok

Mint más hasonló munkánál, a kutatások most is a korábbi ismeretek összegzésével kezdődtek. Adattárakból

előhívott több évtizedes információkat építettünk össze számítógépes szimulációs modellekkel.

Az egyik legteljesebb adatrekonstrukció az egykori fluoritbányáinkról készült, amit 1973-ban zártak be a Székesfehérvárhoz közeli Pátkán (Molnár 2014). A fluorit (CaF₂) nélkülözhetetlen a modern kohászati technológiákban és optikai iparban. Újrahasznosítása nem megoldott, forrásai több mint 75%-ban Kínában vannak, így az EU számára kritikus ellátási kockázatot jelent. A korabeli bányatérképek alapján tudtuk valószínűsíteni, hogy az egykor termelt fluorit teler a mélység felé egyre vastagabb. A legalsó bányabéli szint alatti zónát feltáró fűrészes kutatása jelentős új ásványvagyon megismerését tenné lehetővé. A felszínre lerakott egykori bányászati meddőanyagok vizsgálatával derült fény arra, hogy a nyersanyag az érceiből jó határfokkal leválasztható. Végül az új műszeres ásványtani vizsgálatok tárták fel, hogy az érc sokkal több egyszerű fluorit forrásnál – számos egyéb keresett kritikus elem – gallium, indium, germánium – ebbe épült be a vizsgált lelőhelyek között a legnagyobb mennyiségben. Kimutattuk az pátkai ércek korábban nem vizsgált jelentős arany- és ezüsttartalmát is.

Köztudott, hogy érintetlen barna- és feketeköszén ásványvagyonunk még mindig jelentős, bár kedvezőtlen bányászati adottságai miatt a hagyományos kitermelésük már szinte megszűnt. Számos új technológia lenne képes felhasználásukra, részben energiahordozóként használható gázok előállítására, részben

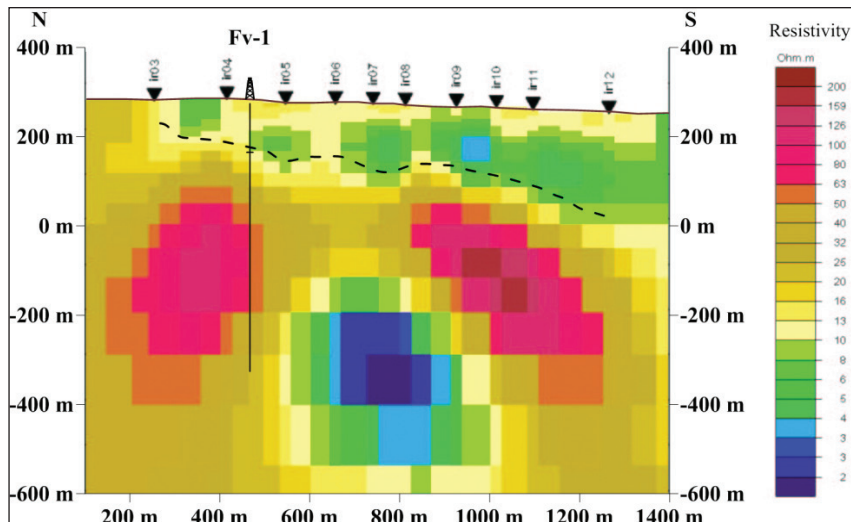


A CriticEl monográfiasorozat első kötetének címlapja

vegyipari alapanyagként történő feldolgozásra. Ezért felújítottuk a 40–50 éve erről született geokémiai ismereteket, és a mai legkorszerűbb eljárásokkal határoztuk meg az anyagok elemspektrumát. Fény derült arra, hogy a szenek egy része legalább annyi gazdasági lehetőséget nyújt kritikus elemek (Nb, Ta, ritkaföldek, Zr, Hf) forrásként, mint hagyományos tüzelőanyagként. A kettő összefésülésével bizonyos hazai kőszenek fajlagos értéke akár megduplázható.

A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet és a Rotaqua KFT kutatóival közösen körvonalaztunk egy igen jelentősnek ígérkező, de javarészt nagyobb mélységben várható előfordulást a Borsod-Abaúj-Zemplén megyei Cserehát területén, ami egyúttal országunk gazdaságilag leghátrányosabb vidéke. A korábbi kezdeti kutatási adatokra alapított program során meg tudtuk erősíteni, hogy a jelentős részben idős, metamorf palák alkotta kőzetsorozatok többféle, a jövő kutatásai számára nagy jelentőségű dúsulást tartalmaznak grafitból, ritkaföldekből, réz-arany ércesedés anyagából.

A még jelenleg is futó geofizikai mérésorozat a felszín alatt kutatásokkal elérhető mélységben olyan jelentős ható közettömeget mutatott ki, amelynek részben nagy mágnesezhetősége van (bizonyos szulfid ércesedésekre, vagy magnetitre jellemző módon), illetve jelentős a vezetőképessége is (ezt grafit, illetve fémes vezetők, ércek okozhatják). Egy



A függőleges metszeten a hideg színek a magas vezetőképességet, a meleg színek az alacsony vezetőképességet jelentik. Mintegy 500 m mélységben a szelvény központi részén grafitként vagy érces anyagként értelmezhető jelentős közettömeg rajzolódik ki, amely körül – valószínűleg az ércesedés okozta kőzet elváltozások hatására egy nagyobb látszólagos ellenállású kőzetköpeny jött létre. Fv-1 = Felsővadász 1 mélyfúrás (Madarasi és Rádi 2014)

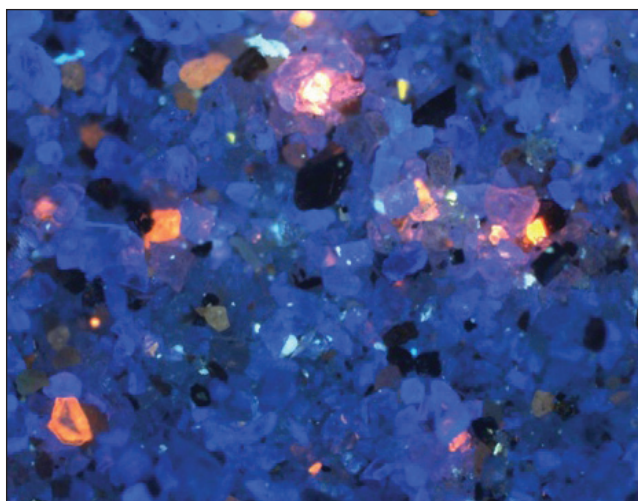
ilyen, a földi mágneses erőtér és áramtér kőzetek okozta változásait mutató ún. magnetotellurikus szelvényt mutatunk be az alábbi ábrán.

A kiemelt három kutatási program csak ízelítő a vizsgált tucatnyi geokémiai dúsulás közül. Jelentős új eredmények várnak feldolgozásra a recski Cu-Au érctelep együttes, az úrkúti mangánérccek, a Nagybörzsöny Pb-Zn-Ag előfordulása, a mecseki fonolitok, a Velencei-hegység-

Másod-nyersanyagok

Ha valamiből egy terméket készítünk, hulladék is létrejön. Így nevezünk minden olyan anyagot, amire nincs szükségünk, de a gyártás, kitermelés, előállítás, használatbavétel során keletkezik. Csak gond van vele, helyet foglal, bizonyos fajtái ártalmasak vagy veszélyesek, ártalmatlanítására, kezelésére akár évtizedekig gondot és pénzt kell fordítani. Mindez nincs, ha a hulladékot lehetséges nyersanyagként tekintjük, és anyagában, vagy más termékbe beépítve, bekeverve, stb. hasznosítjuk. Ezeket másod-nyersanyagoknak nevezzük. Az ilyen hasznosítási technológiák iránti igény ma robbanásszerűen nő, és az anyagfajták számos változatra kiterjed.

Az egyik legnagyobb tömegben termelődő hulladékfajta a bányászat során kitermelt, vagy az előkészítési technológia során leválasztott meddő, bányászati hulladék. Még a hasznos anyagot legnagyobb arányban tartalmazó ásványi nyersanyagok (pl. kőszén, vasérc, bauxit) is a kitermelt kőzetek 40–60%-a hulladék, más anyagok – pl. nemesfém ércek – esetében ez az arány akár 99,999% is lehet. Az ilyen anyagok hasznosítása a vállalati szempontokon is túlmutató közösségi érdek. Vizsgáltuk a szénfűtésű hőerőművek éghetetlen szállóporaként leválasztott per-



Pátkai fluorit dúsítmány mikroszkóp alatt UV-fényben – a szemcsék jelentős fluoreszcenciát mutatnak

gi alkáli ultrabázitok, a dunántúli bauxitok területéről. Kiaknázatlan elemkinyerési lehetőségeket jelenthetnek egyes ásványvizeink is (Less 2014, Szakáll 2014)



Az ajkai vörösiszap hányó mintavétele, az anyag maró hatása miatt vegyvédelmi munkaruhában

nyék hasznosíthatóságát, melyből jelenleg is évi 2 millió tonna keletkezik. Azt találtuk, hogy a már szenekben is felismert kisérelem-dúsulások a pernyékben továbbdúsulva megjelennek. Így bizonyos szenekhez kapcsolt égetőművek környékén lerakott pernyetárolók ma – a technológia megfelelő adaptálásával, feldolgozó létesítmények kialakítása után – akár önállóan hasznosanyagként minősülnek több kritikus elemre, míg a fennmaradó pernyeanyagból építőanyagként, befoglaló anyagként használható ún. geopolimer állítható elő (Mucsi 2014). A bauxitból történő timföldgyártás során vörösiszap keletkezik, ez ebben a formájában ártalmas, veszélyes, és nagy költséggel üzemeltetett tárolást igénylő hulladék. Megfordítva a gondolkodást ez jelentős mennyiségben rendelkezésre álló alapanyag lehet nátronlúg, titánszivacs, ritkaföldek, vanádium, vaspigment gazdaságos előállítására (Szépvölgyi és Kótai 2012).

A hulladékok másodnyersanyagként történő hasznosítása érdekében, a projekt kiemelt eredményének tartjuk, hogy olyan országos katasztert készítettünk, ami mennyiségi és területi prognózist tesz lehetővé a kritikus nyersanyagokat tartalmazó hulladékok időbeli és területi, mennyiségi megoszlásáról. Ez az információ rendkívül fontos olyan üzleti döntések meghozatalában amelyekkel magas hozzáadott értékű terméket előállító ipari beruházást készítünk elő.

A kritikus nyersanyagok terén kiemelkedő jelentőségük az életciklusuk végén lévő gépjárművek, az elektronikus és elektronikai hulladékok, hiszen e termékek gyártásához és előállításához használják a legnagyobb volumenben ezeket az elemeket, illetve ezen ipari szektorban rendkívül magas az innováció mértéke így munkánkat elsősorban ezekre koncentráltuk.

A lapos képernyős folyadékkristályos kijelző panelek több generációja jelenik már meg az elektronikai hulladékokban, amelyek feldolgozásával hatékony technológiai megoldást dolgoztunk ki *plazma kijelzők szinporának hatékony és olcsó mechanikai úton történő feldolgozásával való visszanyerésére*. Az *LCD-kijelzők indiumtartalmának komplex mechanikai-kémiai úton történő visszanyerésére* szintén eljárást dolgoztunk ki, amelyre alapozva ipari partnereinkkel nagyberuházást készítettünk elő. Legalább ilyen jelentőségű az a szintén kombinált mechanikai-kémiai eljárás, amely lehetővé teszi *NiMH akkumulátorok hatékony feldolgozását* (Csöke 2014).

Szabadalmaztatott eljárást dolgoztunk ki a nyomtatott áramkörök feldolgozására, amihez kapcsolódó eszköz prototípusa a Műszaki Földtudományi Kar laboratóriumában megtekinthető. Ígéretes előrelépést tettünk mind *LED fényforrások és tantál kondenzátorok feldolgozására* vonatkozó eljárások fejlesztésével is.



LCD panel szétszedett állapotban, az egyes rétegek feldolgozásra előkészített anyagával

Összegzés

A számos kutatási program tanulságait egy mondatban összegezhetjük: Magyarország nem szegény a kritikus elemeket hordozó stratégiai nyersanyag forrásokban, de ezek felismerése és fejlesztése,

hasznosítása nagyrészt még előttünk áll. Ehhez további befektetések szükségesek, de még jelentősebb közép- és hosszú távú gazdasági hasznot kínálnak.

Ezzel egyenrangú haszna a projektnek az, hogy BSc, MSc, PhD- és posztdoktorális szinten számos fiatal vonhattunk be több egyetemről és kutatási intézményből, vállalattól éles kutatási feladatokba, érezhették ennek ízét, részt vehettek hazai és külföldi konferenciákon, eredményeiket hazai és külföldi folyóiratokban, monográfiákban közzölheték. Nyitva áll előttük a kapu az eredmények sok évre elhúzódó nagygényű feldolgozásához.

Az érdeklődők részletes információkat találhatnak a projekt zárása után is nyitva tartó honlapunkon: <http://www.kritikuselemek.uni-miskolc.hu>

FÖLDESSY JÁNOS-
CSÖKE BARNABÁS-GOMBKÖTŐ
IMRE-ZAJZON NORBERT

Irodalom

- Csóke B. (szerk) 2014: Elektronikai hulladékok előkészítése a stratégiai elemek visszanyerése érdekében. CriticEl Monográfia Sorozat IX., Milagrossa Kft., Miskolc 155 p.
- Humphries M. 2012: Rare Earth Elements: The Global Supply Chain. Congressional Research Service, 31 p.
- Less Gy (szerk) 2014: Stratégiai fontosságú ásványi nyersanyagok II. CriticEl Monográfia Sorozat II., Milagrossa Kft., Miskolc, 167 p.
- Madarasi A., Rádi, K. 2013: Jelentés a 6.3 Mélyszerkezeti kutatások MT módszerrel projekt keretében végzett munkáról. Kézirat, MFGI Adattár.
- Molnár J. (szerk) 2014: A Pátka-Szűzvár egykori fluorit- és ércelőfordulásunk újraértékelése. CriticEl Monográfia Sorozat III., Milagrossa Kft., Miskolc, 171 p.
- Mucsi G. (szerk) 2014: Erőműi pernye komplex hasznosítása – CriticEl Monográfia Sorozat VI, Milagrossa Kft., Miskolc, 219 p.
- Szakáll S. (szerk) 2014: Ritkaföldfémek magyarországi geológiai képződményekben. CriticEl Monográfia sorozat V., Milagrossa Kft., Miskolc, 210 p.
- Szépvölgyi J., Kótai L. 2012: Az ajkai vörösiszap ömlés. Második rész. A vörösiszap hasznosítási és feldolgozási lehetőségei. Magyar Kémikusok Lapja. 67. 362-368.

KIHALT ÓRIÁS KENGURUK DNS-VIZSGÁLATA

Mintegy 40-45 ezer évvel ezelőtt rejtélyes ereszényes megafauna népesítette be az ausztrál kontinentet. Ezeknek az állatoknak a maradványainál a leletek magas kora és a forró környezet általában nem teszi lehetővé az egykori DNS megőrződését. Az előkerült csontok értelmezését pedig megnehezíti, hogy a kihalt megafauna jelentős részének nincsenek ma élő rokonai. Az Adelaide Egyetem kutatóinak most sikerült DNS-t kivonni két kihalt óriáskenguruból: egy óriás rövidfejű kenguruból (*Simosthenurus occidentalis*) és egy óriás wallabyból (*Protemnodon anak*). A sikeres eljárást az tette lehetővé, hogy az eredetileg 110-120 kilogrammos példányok egy tasmaniai barlangban fosszilizálódtak, ahol a hideg és száraz klíma hatására rövidebb DNS szakaszok megőrződtek a csontokban.

A DNS vizsgálatok alapján kiderült, hogy az óriás wallaby közeli rokonságban állt a mai



vörös óriáskenguruval és a nyugati szürke óriáskenguruval. Korábban a csontmaradványok alapján ezt a fajt primitív macropodának gondolták (ebbe a csoportba tartoznak a kenguruk, a wallabyk, a filanderkenguruk és a rövidfarkú kenguruk). A DNS alapján azonban az óriás wallaby jóval magasabbra került a kenguruk törzsfáján. A szokatlan módon nem ugrálva közlekedő óriás rövidfejű kengurunak viszont nincsenek közvetlen leszármazottai a mai élővilágban. „Unokatestvéri” viszonyban volt azonban a nyugati partok közelében lévő szigeteken élő keresztcsávos nyúl kenguruval, ami maga is a kihalás veszélyével néz szembe napjainkban.

(*Molecular Biology and Evolution*,
2014. december)

GONDOSKODÓ ÓSHÜLLŐK

A szülői gondoskodás kulcsfontosságú tényező az archosauriák (krokodilok és madarak) szaporodási biológiájában. Az előbbieket elsősorban a ragadozóktól védik meg utódaikat, míg a madarak emellett táplálékkal is ellátják őket. Ennek a viselkedésnek hosszú evolúciós története van, de az egyértelmű fosszilis bizonyítékok ritkán kerülnek a paleontológusok szeme elé. A legújabb kutatások

szerint egy Kínában talált középső-jura kori (160 millió éves) fosszília képviseli a legkorábbi ismert példát a szülői gondoskodásra. A különleges lelet-együttes, amit egy farmer talált Liaoning tartomány nyugati részén, úgy néz ki, mint egy családi fotó. A kőzetlapon egy felnőtt példányt vesz körül ugyanabba a fajba tartozó hat fiatal (juvenilis) egyed. Mivel a kicsik mind egyforma méretűek, a kutatók értelmezése szerint egy őshüllő szülő található a kőzetben az egy fészekaljából származó kicsinyeivel együtt. A Yixian Formációból előkerült *Philydrosaurus* kisméretű vízi, illetve félig vízi életmódot folytató diapsida hüllő volt. Az állatok kis mérete alapján jogosan feltételezhető, hogy ez a faj valószínűleg fokozottan ki volt téve a ragadozók támadásainak, így a kicsik megszületése utáni ivadék gondozás jelentősen elősegíthette a fiatalok túlélési esélyeit.

(*Geosciences Journal*, 2014. december)

KEVESEBBET SÜTKÉREZNEK A TEKNŐSÖK

Egy új tanulmány szerint a közönséges levesteknősök egy évszázadon belül felhagynak a parton sütkérezéssel a tengervíz felmelegedése miatt. A nap melegítette partokon való napozás elősegíti a testhőmérséklet szabályozását, az immunrendszer működését és az emésztést.

Hat éves kutatási és 24 évnyi műholdas adat elemzése során amerikai és görög kutatók megállapították, hogy a levesteknősök minden évben, amikor a tengerfelszín hőmérséklete csökken, gyakrabban sütkéreznek. A tanulmány előrejelzése szerint, ha a globális felmelegedési trend tovább folytatódik, 2100-re az egész világon, Hawaiiin viszont akár már 2039-ben abbamaradhat ez a tevékenység.

A teknősök sütkérezésének eredményeit összehasonlítva a tengerfelszíni hőmérsékleti adatokkal kiderült, hogy a teknősök hajlamosabbak kevesebbet sütkérezni akkor, amikor a helyi tengerfelszíni hőmérséklet 23 fok felett marad. A hat év alatt Hawaiiin összegyűjtött adatok szabályos szezonális ingadozást mutattak a parton sütkérező teknősök számában, mely ingadozás összefüggésben áll a tengeri hőmérsékletekkel, jelezve, hogy a napozás gyakoribb akkor, amikor a víz hűvösebb. A kutatók a hőmérsékleti és sütkérezési szokásokban létrejött ingadozásokat összehasonlították a teknősök felkarcsontjában lévő növekedési jelekkel. A növekedési vonalak minden évben február és április között jelennek meg, amikor a teknősök többet napoznak.

A növekedési vonalak hasonlítanak a fák évgyűrűihez, jelzik a szervezetet érő stressz időszakait. A levesteknősöknél a vonalak utalnak azokra az időszakokra, amikor a tengervíz hidegebb és ennek megfelelően az ál-

lat testhőmérséklete alacsonyabb, ami arra ösztönzi őket, hogy melegebben napoznak. További kutatás szükséges a sütkérezés fontosságának megértéséhez, valamint annak megismeréséhez, hogy a klímaváltozás hogyan befolyásolja a közönséges levesteknősök populáció sütkérezési magatartását az egész világon. Nem minden egyed napozik a parton. Ezt a magatartást csak Hawaiiin, Ausztráliában és a Galápagos-szigeteken mutatják, itt viszont a tengerfelszíni hőmérséklet a globális átlagnál háromszor gyorsabban melegszik. Nem tisztázott, hogy a populációk alkalmazkodnak-e a melegebb tengervíz hőmérsékletekhez és ezután más populációkhoz hasonlóan a vízben fognak napozni.

(*sciencedaily.com*, 2015. január 23.)

A FORRÓ VÍZ SZÍNES CSODÁJA

Élénksárga, mélykék, harsány narancs és a lehető legintenzívebb zöld. Az amerikai Yellowstone Nemzeti Park forró vízi forrásairól készült képek beivódtak a tudatunkba. Ezek az élénk színek a vízben lévő baktériumok és a különleges kémiai összetételű forró forrásvíz kölcsönhatása révén jönnek létre. Kutatóknak a közelmúltban sikerült egy olyan modellt készíteniük, amely ezeket a színeket ábrázolja – így rekonstruálható, hogyan nézhetnek ki a források, mielőtt az ember betette lábát a vulkánrégióba.

A kutatás kezdetben csupán jóleső időtöltésnek indult, nyilatkozta Michael Vollmer a világ legrégebbi nemzeti parkjában végzett kutatásáról. Vollmer és két kollégája pusztán kirándulás céljából keresték fel a parkot, mivel azonban megszállott szakemberek, spektroszkóppal és egyéb mérőműszerekkel felszerelve érkeztek.

Infravörös kamerákkal mérték a vízhőmérsékletet, spektrométerrel az egyes források színspektrumait, végül hagyományos digitális fényképezővel megörökítették a teljes színbenyomást. Ezekkel az adatokkal, valamint a birtokukban lévő, a forrásokban zajló fizikai folyamatokkal kapcsolatos információkkal együtt a kutatók egy egyszerű összehasonlító modellt hoztak létre, hogy ábrázolni tudják a keletkező színbenyomásokat. Maguk a kutatók is meglepődtek, hogy mennyire kifejező, szinte „beszédesebb” volt a modell, s megállapították, hogy segítségével rendkívül szép dolgok viszonylag egyszerűen megmagyarázhatók.

A modellel azonban nem csak a különböző források aktuális színeit tudták ábrázolni. Segítségével még a múltba is vissza tudtak tekinteni. Az úgynevezett „Morning Glory Pool” – az egyik leghíresebb forró vízi termeszetes medence – a szakemberek kutatásai alapján korábban mélykék lehetett. A színváltozás oka, hogy a medence vízének hőmérséklete korábban magasabb volt, egészen addig, míg az 1940-es évektől a látoga-

tók áramlatával együtt szemét, mindenféle szennyeződés és nem utolsósorban a turisták révén „szerencsehozó” pénzérmék tömege jutott a vízbe. A szennyeződés részlegesen eltömté a föld alatti csatornákat, melyeken keresztül a forró víz a medencébe áramlott.

Így lett a Morning Glory Pool kék helyett sárga, narancs és türkiz színű. Míg a medence sekélyebb területein a víz színét elsősorban a baktériumok adják, addig a mélyebb részekben a víz színét a fény szóródása és elnyelése határozza meg.

(www.farbimpulse.de, 2015. január 7.)

A TRIKLOZÁN EGEREKBE RÁKOT OKOZ

A triklózan szappanokban, samponokban, fogrémekben és sok más egyéb háztartási termékben használatos mikrobaellenes szer. A kutatók figyelmeztetnek, hogy hosszú távú használata súlyos következményekkel járhat. A triklózánt egyre szélesebb körben alkalmazzák és a környezetből vett mintákban mind gyakrabban mutatják ki, de az általa okozott kár meghaladja a hasznot, mivel (az emberben és az egérben) főleg más, hasonló hatású szerekkel együtt használva jelentősen növeli a májtoxicitás kockázatát.

A Robert H. Tukey és munkatársai által közölt cikk szerint a laboratóriumi egerekben egy, az emberben is megtalálható hasonló molekuláris mechanizmuson keresztül májfibrozist vagy rosszindulatú daganatot okozhat. Kiderült, hogy a triklózan használatakor megbomlik a máj integritása, ez veszélyezteti a májműködést az egerekben. A hat hónapig (embernél ez nagyjából 18 évet jelent) triklózánnak kitett egerek sokkal érzékenyebben voltak a kémiaileg indukált májtumorokra. A daganatok nagyobbak, előfordulásuk gyakoribb volt, mint a kontroll csoportnál. A triklózan gátolja a szervezetben a méregtelenítést végző fehérje működését. Ennek ellensúlyozására a májsejtek szaporodnak és kialakul a májfibrozis, végül a rosszindulatú daganat.

A triklózan talán a legelterjedtebb antibakteriális szer. A vizsgált anyatejminták 97%-ában, a vizeletmintáknak pedig 75%-ában lehetett kimutatni. Hatását újabban az Amerikai Élelmiszer- és Gyógyszer Engedélyeztetési Hivatal (FDA) is ellenőrzi, mert nemrégiben bebizonyosodott, hogy károsítja a hormonokat és csökkenti az izomösszehúzódást.

(sciencedaily.com, 2014. november 17.)

A MAVEN SZONDA ELSŐ EREDMÉNYEI

A NASA MAVEN űrszondája 2014 szeptemberében állt Mars körüli pályára, fő feladata a bolygó légkörének vizsgálata.

Az Amerikai Geofizikusok Szövetségének decemberi összefoglalóján már az első eredményekről is beszámoltak. A napszél ionjainak elemzését végző SWIA műszerrel megállapították, hogy a napszél részecskéinek egy része meglepően mélyen behatol a bolygó légkörébe. A jelenleg azért meglepő, mert a napszél néhány száz km/s sebességgel áramló részecskéi ionok, amelyek magukkal viszik a Nap mágneses terét. Következésképpen a Mars ionoszférájának el kellene téríteni ezeket az ionokat. Ezzel szemben azt állapították meg, hogy a napszél részecskéinek 0,2%-a a bolygó felszíne felett 200 km magasban is megjelenik, jöllehet normális körülmények között a tízszer magasabban fekvő ionoszféra akadályt kellene, hogy jelentsen számukra. A SWIA vezető kutatója felteveli, hogy ezek a részecskék a légkör legfelső rétegében felvesznek egy elektromos, így semleges részecskéként akadálytalanul folytathatják útjukat az ionoszférán keresztül. Lejjebb a sűrűbb (a Mars esetében inkább kevésbé ritka) légkör molekuláival való kölcsönhatások eredményeként ionizálódnak. A részletes mérési eredmények alátámasztani látszanak a feltevést.

További, a MAVEN-től származó előzetes eredmény, miszerint a kutatók kimutatták, hogy a Mars légkörében egyes atomok és vegyületek koncentrációja nagyon kis magasságtartományon belül jelentősen változhat. A jelenség valószínűleg a Mars légkörének kis sűrűségével függhet össze. A porviharok felmelegítik a légkört, amitől az felszáll, de amikor a nagy vulkánok és más, magasba emelkedő felszíni alakzatok fölött áramlik, akkor ott a légkörben felfelé terjedő hullámok alakulhatnak ki. Ez okozhatja a megfigyelt jelenséget.

A szupertermikus és termikus ionösszetétel mérő STATIC műszerrel a Mars pólusa fölött tudtak olyan ioncsóvát kimutatni, amelyet a bolygó felső légkörében felmelegített és ezért onnan elszökő ionok alkotnak. Egyelőre nem sikerült tisztázni, milyen folyamatok okozhatják az ionok szökését a Mars légköréből, de a mérések alapján a jelenség egyértelműen létezik.

(www.skyandtelescope.com, 2014. december 16.)

NEM INDOKOLT A KŐKORSZAKI GABONAMENTES DIÉTA

Az őszember a vadászat során elejtett hússal, gyümölcsessel és zöldséggel táplálkozott – gabona csak ritkán került asztalára. A mai emberek közül sokan ezért a gabonatermékeket, különösen a búzát teszik felelőssé a mind több problémát okozó túlsúly, valamint a gyomor-bélrendszer megbetegedéseiről, s ezért kerülését javasolják.

A búza- és gluténmentes élelmiszerek egyre kedveltebbek.

Felmerül a kérdés, hogy biztosan általános érvényű-e a búza és a gabona egészségkárosító hatása. Biztos-e, hogy vissza kell térnünk az „eredeti” táplálkozásformához, amikor még az embertől idegen volt a gabonatermesztés.

Az angol Warwick Egyetem kutatócsoportja megállapította, hogy ez a szemlélet jórészt csupán mítosz: eltekintve a Föld lakosságának 2%-ától, amely lisztérzékenységben vagy a búzával szembeni egyéb intoleranciában szenved, döntő érvek szólnak a teljes kiőrlésű gabonaalapú táplálkozás egészségre gyakorolt jótékony hatása mellett.

A kutatócsoport érvényteleníti azt a megállapítást, miszerint az emberek nem alkalmasak a gabonafogyasztásra. Az előember az adott környezetében fejlődött és a rendelkezésre álló táplálékhoz alkalmazkodott. A nagyfokú alkalmazkodóképesség bizonyítéka a Homo sapiens sikere. Az emberek többsége világszerte ma is sok gabona- és tejterméket fogyaszt, és az intolerancia inkább a kivételhez tartozik, mint a többséghez.

Az elterjedt búza- vagy szénhidrátmentes diéták a kutatás során rossz eredményt értek el. Némelyik rövidtávon csökkent ugyan a testsúlyt, de ugyanez az eredmény érhető el hosszútávon, ha kevesebb, de jobb minőségű, kevésbé feldolgozott táplálékot veszünk magunkhoz. A divatos „mentes”-diéta azt eredményezi, hogy a gabonaszegény és szénhidrátmentes táplálkozás a fogyasztónak ugyan többet kerül, de kevesebbet nyerhet vele.

Az említett diéták tudományosan bizonyított hasznát a kutatók gyengének tartják. Azt is megállapították, hogy a kísérleti személyek szinte minden diétafajtánál ugyanazt az eredményt érték el.

Ezért azt tanácsolják, hogy kevésbé feldolgozott gabonát fogyassunk, amely a teljes gabonamag lehető legtöbb összetevőjét tartalmazza. Ide tartoznak a szénhidrátok mellett a ballasztanyagok, ásványi anyagok, vitaminok és az antioxidánsok. A gabona fajtája kevésbé játszik szerepet. A búza a legtöbb fehérjét, a zab a legtöbb zsírt, a rizs pedig a legtöbb szénhidrátot tartalmazza. A többi összetevő mennyiségét tekintve a három gabonafajta meg egyezik.

A rossz táplálkozás okozta egészségügyi problémák nagyrészt a jóléti társadalom eredményei. A legtöbb élelmiszer előre feldolgozottan kerül asztalunkra, aminek következménye, hogy (különösen a gabona esetében) elvesznek az értékes alkotórészek, s a pusztán szénhidrátot kívül nem marad egyéb értékes anyag ételünkben.

(www.scinexx.de, 2014. november 24.)

„Csodafegyver” a rák ellen

Beszélgetés Halmos Gábor professzorral



A magic bullet, magyarul csodafegyver, nem alkalmas arra, hogy lőfegyverbe töltsék. Használati terepe az emberi test, célpontja a tumorsejt, csodálatosnak pedig azért tekintik, mert anélkül képes elpusztítani a rákos sejteket, hogy közben az egészségeseket tönkretenné. A Debreceni Egyetem (DE) Biofarmácia Tanszék Halmos Gábor professzor vezette kutatócsoportja amerikai kutatókkal közösen nemrégiben arra a megállapításra jutott, hogy ilyen hormonanalógból és egy citotoxikus vegyületből összeállított lövedékkel az egyik legrosszabb gyógyulási kilátásokat mutató daganatfélé, a hasnyálmirigyrák, valamint a szem leggyakoribb primer rosszindulatú daganata, az uveális melanoma is jó eséllyel támadható.

– *Hogyan működik a magic bullet?*

– Napjainkban egyre nagyobb teret nyer a kutatásokban a célzott daganatterápia és tumordiagnosztika. Ennek lényege, hogy a citotoxikumot (vagy diagnosztikai eljárás esetén a radiofarmakont) valamilyen receptor-specifikusan kötődő molekulához, jelen esetben peptidhormon analóghoz kapcsoljuk oly módon, hogy az így létrehozott konjugátum megőrizze a peptidhormon receptorához kötődő képességét, vagyis azt, hogy be tud jutni a sejt belsejébe. Az ilyen módon létrehozott receptorspecifikus vegyületek kemoterápiára és radioterápiára egyaránt alkalmasak. Varázslövedéknek azért nevezték el ezeket a vegyület-komplexeket, mert toxikus részük csak a rákos sejten belül szabadul fel, célzottan pusztítja el azt. A módszer előnye a klasszikus citosztatikus- és sugárkezeléssel szemben az, hogy a célreceptort nem tartalmazó sejtek roncsolása minimális. Ez a tulajdonság a tumordiagnosztikában is új utakat nyithat, ugyanis a peptidhormon-receptorokhoz kötődött és specifikusan a tumorszövetben felolduló radiofarmakon szintje alapján a daganatok igen jól lokalizálhatók.

– *Az Önök kutatócsoportja nemrégiben szemdaganatok esetében mutatta ki e kezelés hatékonyságát. Pontosan milyen mechanizmus juttatja itt célba a terápiás anyagot?*

– Egy éve számoltunk be az Oncotarget(1) onkológiai szaklapban arról, hogy a luteinizáló hormont felszabadító hormon (LHRH) receptorai a human uveális melanoma daganatsejtjeinek felszínén is megtalálhatóak. Egérkísérletek tanúsága szerint a hasnyálmirigy-tumorsejtek felszínén ugyancsak megtalálható peptidhormon-receptorok segítségével az ilyen típusú daganatsejtek belsejébe is bejuttatható célzottan a radiofarmakon, illetve a citotoxikus hatóanyag. A kísérletek során több hormonanalóg vegyületet is kipróbáltak, és megállapították, hogy a hasnyálmirigy tumorsejtjei különféle mértékben ugyan, de reagáltak a vegyület-komplexekre. A hormonanalóg komplexekkel végzett vizsgálatok igazolták, hogy a terápiás vagy diagnosztikai anyagok például LHRH-receptorhoz kötődően juttathatók be

a leghatékonyabban a rákos sejtbe anélkül, hogy a test ilyen receptorral nem rendelkező egészséges sejtjeit komoly károsodás érné. Az LHRH-receptor ugyanis megnyitja a kaput az eredeti hormonhoz hasonló analóg molekula és a sejtmeleg alkotta „csodafegyver” előtt, míg más sejtek védve maradnak e támadással szemben.

– *A célzott terápia koncepciója nem teljesen új, Paul Erlich Nobel-díjas kutató az 1900-as évek elején vetette fel, és ez alapján nevezték el később az akkor még nem létező, kizárólag a rákos sejt támadására kifejlesztett molekulát varázslövedéknek. Mikor és hogyan került újra elő Erlich zseniális megsejtése, és hogyan lett ebből terápia?*

– Az ötlet valóban évtizedekre feledésbe merült, és csak a nyolcvanas-kilencvenes években került elő újra, az amerikai Nobel-díjas Andrew V. Schally hormonokkal kapcsolatos felfedezését követően. Schally ismerte fel, hogy a szervezet belső súlyáért felelős hormonrendszer közvetlen agyi irányítás alatt áll, és hogy ebben a finomra hangolt visszacsatolásokra épülő bonyolult rendszerben a karmester szerepét a hipotalamusz látja el. Ez a babszemnyi agyterület folyamatosan értesül a véráram hormonszintjéről, és ennek alapján utasítja az agyalapi mirigy (hipofízist) arra, hogy a perifériális hormontermelő sejtekre serkentő, vagy éppen gátló hatást gyakorló hormonokat bocsásson a véráramba, hogy azok végül a megfelelő szerv sejtjein lévő receptorokon keresztül „közöljék” a rájuk bízott információt. A hipofízis raktár és üzem is egyben, ami nemcsak tárolja a hipotalamusz hormonjait, de maga is számos neurohormont állít elő. Ezek közé tartoznak a peptidhormonok, ezen belül a Schally által felfedezett pajzsmirigy működését stimuláló, ivarszervek működését szabályozó és növekedést gátló hormonok is. Mivel a hormonok a szervezet hírvivőinek szerepét töltik be, a velük kapcsolatos felfedezéséért 1977-ben Nobel-díjjal jutalmazott Schally azt kezdte el kutatni, találhatók-e a rákos sejtek felszínén peptidhormon-receptorok. A hormonok sejtbe való bejutásának mechanizmusát kívánta ugyanis kihasználni ahhoz, hogy hormon-

analógokkal (az adott hormon felépítését utánzó mesterséges molekulákkal) célzottan juttasson a sejt belsejébe terápiás, vagy diagnosztikus anyagokat.

– *Mely ráktípusok esetén vezettek eredményre Schally kutatásai?*

– Hatásos anyagokat talált egyebek mellett a prosztata, az emlő, a petefészek, a gyomor, a vastagbél, a hólyag, a tüdő, az agy, a vese, a máj rákos elváltozásaira, a melanómára, valamint a vérképző rendszerek rosszindulatú elváltozásainak gyógyítására.

2005-ben kérék fel a Debreceni Egyetem Biofarmácia Tanszékének vezetésére. Szegezen kezdtem a pályámat az egyetem szülészeti-nőgyógyászati klinikájának laborjában, ahol reprodukciós endokrinológiával, labor-diagnosztikával és a daganatsejtek receptorával foglalkoztam. Schally professzor 1991-ben egy-két évre hívott magához a New-Orleans-i Tulane Egyetemen lévő intézetébe, végül több mint másfél évtizedes közös kutató munka lett belőle, ami a mai napig sem szakadt meg. Ugyanis minden évben néhány hónapot Schally professzorral dolgozom immár a Miami-ban lévő kutatólaboratóriumában. A Nobel-díjas professzor a Debreceni Egyetem 2012-ben disz doktorává fogadta.

A peptidhormon-receptorokon alapuló célzott terápiák kutatása mellett debreceni munkatársaimmal egy olyan, a daganatok kimutatására szolgáló teljesen új fejlesztésen is dolgozunk, mely az eddigi diagnosztikai módszerek mellett képes lehet a primer daganatok és a távoli áttétek érzékeny felderítésére is. Komoly siker lehet, ha ennek szabadalmi védettségéig eljutunk a Debreceni Egyetemen.

Az interjút készítette: DOMBI MARGIT

Irodalom

Treszl A, Steiber Z, Schally AV, Block NL, Dezso B, Olah G, Rozsa B, Fodor K, Buglyo A, Gardi J, Berta A, Halmos G.: Substantial expression of luteinizing hormone-releasing hormone (LHRH) receptor type 1 in human uveal melanoma., *oncotarget* 4: (10) pp. 1721-1728. Paper 24077773.

Eltemetett dicsőség

A könyv magyar alcíme ugyan azt sugallja, hogy a mű a szovjet atomfegyverkezés történetére szorítkozik, de az olvasó kellemesen csalódní fog: a könyvnek „elsősorban az a célja, hogy emberi közelségbe hozza néhány szovjet tudós egyéniségét és életét”, olvassuk az előszóban. A szerző tizennégy kiemelkedő tudós életpályáját mutatja be, egyben objektív, eleven képet ad a szovjet társadalmi-politikai viszonyokról, amelyek nemcsak az átlagpolgár, de a vezető tudósok, művészek sorsát is mindvégig meghatározó módon alakították.

A szovjethatalom első évtizede kedvezett a tudományos alkotómunkának, fiatal kutatók (köztük a könyv hősei is) megfordulhattak a legjobb európai egyetemeken, az országban korszerű laboratóriumok épültek, ahol nyugatról jött tudósok (Bohr, Dirac) és tanulni vágyó külföldiek (köztük a fiatal Tisza László) szívesen látott vendégek voltak. A határok azonban a harmincas években bezárultak, ezen túl a diktatórikus államhatalom szabályozta az élet minden területét, azt is, kiből lehet kutató, ki taníthat egyetemen, milyen tudományágak, tudományos elméletek „helyesek”. Képet kapunk azokról az évekről, amikor a tudósok élete sem volt biztonságban. A kémkedéssel megvádolt Landaut ugyan főnöke, Kapica merész közbelépése megmentette, de közeli munkatársai közül L. Subnyikov, a szupravezetés élvonalbeli kutatója, és a modern kozmológia úttörője, M. Bronstejn az önkény áldozata lett. Hogyan történhetett, hogy a könyv szereplőit mégis ott találjuk a század kiemelkedően sikeres, tudományos iskolákat teremtő tudósai között?

A tizennégy, karakterében nagyon különböző szereplő eltérő, de szükségképpen sokban hasonló életpályája egyedi választ ad. A nevek jórészt az újságolvasó nagyközönség számára is ismertek, ám ha azt gondolnánk, hogy például a Nobel-díjas Tamm, Kapica, Landau vagy Ginzburg életéről nehéz újat mondani, Hargittai István könyve meggyőző az ellenkezőjéről. Újjonnan feltárt levéltári adatok, titkosrendőri jelentések mellett életre szóló barátságokról, másokért bátran kockázatot vállaló kollégákról, személyes emlékekről is értesülünk, melyeket csak a család, a barátok, tanítványok őriztek meg. Ez a többletinformáció annak köszönhető, hogy Hargittai nemcsak a század tu-

dománytörténetének jól ismert szakértője, de kémikusként maga is „szakmabeli”: a bemutatott fizikusok és vegyészek sok esetben már moszkvai egyetemi évei óta személyes ismerősei voltak, a velük vagy családtagjaikkal, tanítványaikkal folytatott beszélgetések, évtizedek során készült interjúk a könyv „első kézből való” hiteles forrásanyagai.

A világhírnevet természetesen a szovjet tudósok is felfedezéseikkel, alap kutatásban elért eredményeikkel szereztek, ezek történetéről, jelentőségéről a könyv



töbnyire részletes, jól érthető magyarázatokkal szolgál. De az is igaz, hogy ugyanezek a tudósok termékeny éveik jelentős részében valamennyien fegyverkezési célokra, atomfegyverek kifejlesztésén dolgoztak. A „szuperhatalmak” fegyverkezési versenyében játszott szerepükről a könyv a legújabb nyilvánosságra került adatok alapján kellő részletességgel számol be. Azt, hogy háború idején az ország védelme az ő tudásukra is igényt tart, valamennyien éppúgy magától értetődőnek érezték, mint más országbeli kollégáik, mint már a hazája, Syracusea védelmét elms hajítógépeivel és tükreivel segítő Arkhimédész is.

A háború utáni fegyverkezési versenyben való részvétel azonban már nem volt mindenkinek magától értetődő, Landau már 1953-ban ott is hagyta ezt a terüle-

tet, vállalva a hatalom jól érezhető rosszszállítását. Másokat, a továbbra is fegyverkezésen dolgozó Ginzburgot, Szaharovot, Zeldovicst csak később kezdte nyomasztani a kérdés, mi lesz, ha politikusaik esetleg nem kizárólag védelmi célból vetik be a tömegpusztító fegyvereket, amelyek létrehozásáért ők a legmagasabb kitüntetésekben, privilégiumokban részesültek. Ez a kérdés Amerikában már 1945-ben, az első atombomba ledobása előtt felvetődött. Többen, mint Szilárd Leó, viszszaertentek a bomba várható tömegpusztító hatásától, javasolták, hogy bevetése helyett nyilvános kísérleti robbantással győzzék meg az ellenfelet a további harc kilátástalanságáról. Szilárdéknak azonban tudomásul kellett venniük, hogy szerepük a fegyverek kifejlesztésével befejeződött, azok további sorsa fölött egyedül a politikusok rendelkeznek. Szovjet oldalon ehhez sosem fért kétség, még a diktatúrában enyhülést hozó Hruscov is így tanítja ki a hidrogénbomba jövőbeni felhasználása miatt aggódó Szaharovot: „Olyasmibe ütötte az orrát, ami nem rá tartozik... Anyámasszony katonája lennék, nem miniszterelnök, ha a Szaharov-félékre hallgatnék”.

A szereplők felfedezéseikhez, tudományos eredményeihez fűzött, lehetőség szerint olvasmányosan megírt magyarázatokat leszámítva a könyv szigorúan a tényeknél marad, minden életrajzi adat vagy ezzel összefüggő politikai vagy kulturális eseményhez fűződő információ forrása megtalálható az egyes életrajzokhoz tartozó, kutatói alaposággal összeállított jegyzetekben. Azok mellett, akik főleg a szuperhatalmi versengés történetére kíváncsiak, a könyv mindazok számára íródott, akiket érdekel, hogyan éltek és dolgoztak, mi újjal, milyen felfedezésekkel járultak hozzá a szovjet tudósok akaratlanul kalandos életük folyamán az egyetemes természettudományok, a fizika, kémia, asztrofizika XX. századi fejlődéséhez.

(Hargittai István: *Eltemetett dicsőség, avagy hogyan tették a szovjet tudósok szuperhatalommá a Szovjetuniót, Akadémiai Kiadó, 2014, Budapest. Az eredeti angol nyelvű kiadást – Istvan Hargittai: *Buried Glory. Portraits of Soviet Scientists. Oxford University Press, New York, 2013 – Silberer Vera fordította magyarra.*)*

SOLT GYÖRGY

Ősziprusok és emberősök mocsara

A Pannon-tó

Első rész

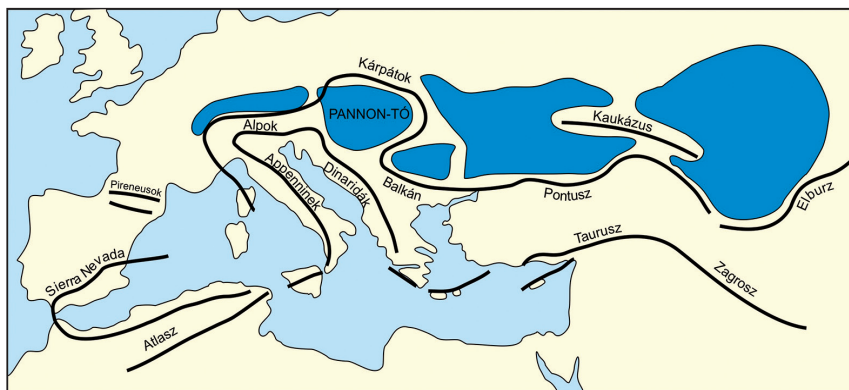
BABINSZKI EDIT

A Föld második legnagyobb területű tava. A Föld harmadik legmélyebb tava. A világ egyik legnagyobb szárazföldi deltája. Lenne. Ha ma is létezne. A Pannon-tó élete azonban körülbelül 4 millió évvel ezelőtt véget ért. Am földtörténeti korszakokon átívelő léte során óriási mennyiségű kincset halmozott fel, s hagyott örökül ránk, a Kárpát-medence lakóira: a több ezer méter vastagságban lerakódott üledékeiből előkerült ősmaradványokat vizsgálva egy, a világon máshonnan nem ismert élőlényekből álló életközösséget és a földtörténet talán leggazdagabb tavi puhatestű-együttesét ismerhetjük meg. A partjait övező mocsarak üledékeiben emberősök nyomaira bukkanunk a több száz éves korukban elpusztult ősciprusok között. De nem csupán földtörténeti, őslénytani érdekességeket örököltünk: a tóban élt apró, planktonikus élőlények maradványaiból az évmilliók során kőolaj- és földgáztelepek keletkeztek, az ősi mocsarak máig megőrződött emlékeiből, a lignittelepekből pedig elektromos energiát állítunk elő.

Szinte nincs olyan magyar geológus, aki élete során ne került volna kapcsolatba a Pannon-tóval. Ez érthető, hiszen az egykori tó üledékei szinte az egész Kárpát-medencében megtalálhatók. Az alföldek alatt több kilométer vastagságban töltik ki a medencéket, de középhegységeink völgyeiben is gyakran felszínre bukkannak. A Pannon-tavat bemutató sorozatunk első részében ismerkedjünk meg a kivételesen hosszú életű, körülbelül 7 millió éven át folyamatosan létező tó történetével és a partjait kísérő mocsárvilággal! Ahhoz, hogy kialakulását megértsük, utazzunk vissza a földtörténeti időben körülbelül 24 millió évet!

A miocén korszak elején járunk. Ekkor a kontinensek már nagyjából a mai helyzetüknek megfelelően helyezkedtek el az ősi Földön, de a mai Kárpát-medencét még hiába keresnénk egy korabeli világtérképen. Helyén kisebb kontinentális mikrolemezek sodródtak a Paratethys nevű tengerágbán, amely az Eurázsia és Afrika között korábban elterülő Tethys-óceánról, a két kontinens közeledése és az ehhez kapcsolódó hegységképződési folyamatok hatására vált le. A Paratethyst, ezt a mai Rhône-folyó völgyétől a Kaszpi-tóig húzódó medencerendszert összefüggő víztömeg borította, egységes flórával és faunával. Szorosokon át kapcsolatban állt az Atlanti-óceánnal, a Mediterráneummal, és az Indopacifikus régióval is. Az összeköttetés a világtengerekkel azonban időről időre megszakadt, a tengerszorosok elzáródtak és időszakosan endemikus, bennszülött élővilág alakult ki az egymástól elszigetelt medencékben.

A késő-miocénben, körülbelül 10–11 millió évvel ezelőtt emésztdődött fel teljesen a térségben az óceáni lemez és üt-



A Paratethys-tenger kiemelkedő hegységek által elszigetelt részmedencéi a miocén folyamán (Müller P. és mtsai nyomán)



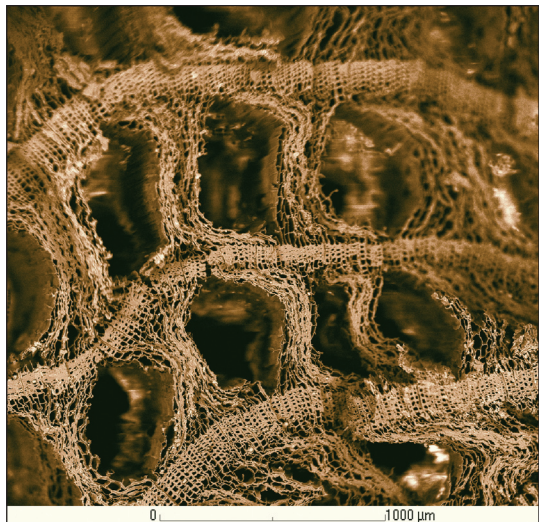
A Rudapithecus és kortársai a Pannon-tó partján (Pecsics Tibor rajza)

köztek egymásnak a kontinentális kőzetlemezek. Ennek következtében elkezdődött a Kárpátok vonulatának kiemelkedése, amely végleg elválasztotta az intenzíven süllyedő Pannon-medencét, s a benne rekedt hatalmas víztömeget

nyí, mint ma a Kaszpi-tóé. A tó vízszintje eleinte lassan növekedett és egyre nagyobb területet borított el. Körülbelül 9,5 millió évvel ezelőtt érte el legnagyobb kiterjedését, amikor területe meghaladhatta a 250 000 km²-t és szinte az egész Kárpát-me-

a Paratethys-tenger többi medencéjétől (a tektonikai folyamatok részleteiről a sorozat 2014. szeptemberi részében olvashatnak).

A kezdetben még normál sótartalmú tengervíz a medencét körbeölelő, egyre magasabbra emelkedő hegykoszorúból érkező bővizű folyók felhígították. Az így kialakuló tónak a sótartalma 5–12‰ lehetett, any-



A bükkábrányi ősciprusok évgyűrűi elektronmikroszkópos felvételen (Zajzon Norbert felvétele)

dencét kitöltötte. Vízmélysége átlagosan néhány száz méter volt, de egyes árkokban akár ezer méternél is mélyebb lehetett.

A környező hegyekből a folyóvízzel együtt hatalmas mennyiségű hordalék érkezett a tóba. A legnagyobb folyók északnyugat és északkelet felől érték el a Kárpát-medencét és óriási deltákat építettek. Mivel időközben a medence aljzatának süllyedése lelassult, nem tudott lépést tartani a beömlő üledék lerakódásával, ezért elkezdett feltöltődni. A fokozatosan dél felé tolódó delták körülbelül 7 millió év alatt töltötték fel a tavat. A tó kiterjedésének fokozatos csökkenésével párhuzamosan a sótartalma is lecsökkent, és életének utolsó szakaszában már valószínűleg édesvíz volt.

A tó körül, az akár sok 10 km²-nyi folyóvízi delták között lapos fövenypartok húzódtak, a kisebb-nagyobb öblökben mocsarak tarkították a tájat. A Pannon-tó kellemes környezetet nyújtott a partján élőknek. A vízben tündérrózsák nyíltak, partjait nádasok, zombékosok szegélyezték. A tavat övező mocsarakat, lápokat égeres-mocsárciprusos láperdő borította. Ennek az erdőnek egy látványos, „lábon álló” részlete került napvilágra 2007-ben, a bükkábrányi lignitbányában. A 300–400 éves korukban elpusztult mocsárciprusok azért különlegesek, mert

nem kővültek meg, eredeti szerkezetük 7 millió év elteltével még ma is tanulmányozható (a bükkábrányi erdő fáiról a *Természet Világa* 2008. áprilisi számában olvashatnak részletesen). Az elektronmikroszkópos felvételeken például jól kivehető az évgyűrűk, bár a száradás nagymértékben rombolja ezt a szerkezetet.

A parttól távolabb lombhullató fákból álló, gazdag aljnövényzetű ligeterdők álltak, melyekben a leggyakoribb fajok a szil, a tölgy, a kőris, az égerfélék, a nedvesebb területeken a nyár és a fűz voltak. A domságokat és az alacsonyabb hegyvidékeket hárs, juhar, tölgy, bükk és különböző fenyők borították. Az erdőt füves térségek szakították meg, amelyek a mai szavannákra hasonlítottak. Szubtrópusi formák uralták a tájat, de a pálmafélék hiányoztak.

Az ősmaradványok a növényvilághoz hasonlóan gazdag állatvilágról tanúskodnak. Egyik jellegzetes lelőhely egy, a tóba északról benyúló félsziget mocsarainak az üledékeit is feltáró egykori rudabányái ércbánya. Az innen tömegével előkerült leletekből tudjuk, hogy a tó körül gumósfogú őselefántok, tapírok, disznófélék, erdei antilopok, marhafélék



Orrszarvú (*Aceratherium*) állkapocs Rudabányáról, kb. 50 cm (Lantos Zoltán felvétele)

éltek. Lábaikon három patát viselő őslovak legelték – későbbi leszármazottaikkal szemben – még nem a fűvet, hanem a fák leveleit. Az orrszarvúknak több fajt is megtalálták: volt itt közepes méretű, orrán két szarvat viselő és éltek tuloknélküliek is.

Ragadozók maradványai azonban jóval ritkábban kerülnek elő: ismertek vidrafélék, medvefélék, macskafélék.

A legnagyobb ragadozó, a mai barna medvénél legalább kétszer nagyobb testű medvekutya lehetett. De nagyon sok a kisemlős: rovarevők (sün, cic-kány, vakond), rágsálók (mókus-, hör-csög-, pelefélék) maradványai is nagy számban kerültek elő. A madarak közül csupán néhány lúdalakú, fácánféle, bagoly és elvétve egy-két énekesmadár ismert. A mocsárban alig éltek halak, viszont békák, teknősök, vízisikló annál több! A partszegélyen pedig kobra-k és vipera-k lestek áldozataikra. És persze ne feledkezzünk meg az ősmajmokról, az először innen előkerült és leírt *Rudapithecusról* és az *Anapithecusról*



Kb. 7 millió éves tobozok Bükkábrányból (Erdei Boglárka felvétele)

sem, amelyeknek szintén a mocsárerdő volt az otthonuk.

Az ősmaradványok alapján feltételezhető, hogy meleg mérsékelt éghajlat volt jellemző, enyhe, valószínűleg fagymentes telekkel. Az évi átlaghőmérséklet 13–15°C lehetett, a legmelegebb hónapokban 24–27°C, a leghidegebbekben 1–5°C. A tó élete során fokozatos, enyhe lehülés mutatkozhatott. A csapadék térből és időben változott, átlagosan körülbelül 700–1300 mm/év lehetett és az éghajlat egyre szárazabbá vált az idő múlásával.

A Pannon-tó egykori partvidékének gazdaságilag legfontosabb maradványai az ősi mocsárerdők emlékét őrző lignittelepek. A tavat övező mocsarak az évmilliók során szorosan követték az egyre délebbre húzódo partvonalat. Üledékeik dél felé, a feltöltődés irányában fokozatosan fiatalodnak. A legészakibb területeken, például Rudabánya környékén, körülbelül 10 millió éve léteztek a mocsárerdők. A Balaton keleti medencéjét kísérő „magaspartok” (Balatonvilágos, Akarattya, Kenese, Fűzfő, Tihany) messziről is jól kivehető, szürke mocsári rétegei körülbelül 8 millió évesek. Szeged környékén ugyanakkor, a máig tartó süllyedés hatására napjainkban már közel 2 kilométeres mélységben található

lignites, mocsári rétegek kora már csak mintegy 5 millió év.

Ezek a szervesanyagban gazdag mocsári üledékek tehát szinte az egész Kárpát-medencében megtalálhatók, de ipari célokra csak kis hányaduk alkalmas. Két jelentősebb felszínközeli előfordulásuk ismert: az egyik az Északi-középhegység déli előterében, a Mátra- és a Bükkalján (Bükkaljai Lignit); a másik a Nyugat-Dunántúlon, Torony környékén (Toronyi Lignit). A két terület hivatalosan nyilvántartott földtani vagyona: 5,8 milliárd tonna. Ez a felszíntől számított 100 méteres mélységig, külszini fejtéssel lebányászható kőszénvagyont foglalja magában. A Toronyi Lignitnek a valószínű gazdasági értéke azonban korlátozott, mivel a környezetvédelmi engedélyek és a társadalmi elfogadottság hiánya miatt soha nem bányászták.



Ősciprusok eredeti lelőhelyükön, a bükkábrányi lignitbányában (Babinszki Edit felvétele)



A Pannon-tó árterén élt juhar (*Acer jurenakii*) levele Balatonszentgyörgyről (Lantos Zoltán felvétele)



Kihalt égerfaj (*Alnus cecropiifolia*)

A Bükkaljai Lignit azonban fontos energiaforrásunk: Magyarország éves energiaszükségletének még ma is 13–15%-át szolgáltatja. A Visonta és Bükkábrány térségében működő két külszíni bányában évente összesen 7–8 millió tonna lignitet termelnek ki a Mátrai Erőmű Zrt. Visontai erőműve számára. A bányászatiilag produktív terület kiter-

jedése K–Ny-i irányban 120–140 km, míg szélessége 10–15 km között változik. Ez a lignitkészlet, a felhasználás mai üteme mellett még több 100 évre elegendő.

A sorozat következő részében utazásunkat a folyóvízi delták és főveny-partok megismerésével folytatjuk, majd utána lemerülünk a tó mélyére.

Irodalom

- Hably L. 2013: The Late Miocene flora of Hungary. *Geologica Hungarica series Palaeontologica*, 59.
- Hámorné Vidó M. 2013: Széntelemek. In: Pál-Molnár E. és Biró L. (szerk.): Szilárd ásványi nyersanyagok Magyarországon. *GeoLitera*, Szeged, 155–181.
- Kordos L. 2008: Rudabánya állatvilága – A Rudapithecus kortársai. *Természet Világa*, 139/II. különszám, 55–59.
- Magyar I. 2010: A Pannon-medence ősföldrajza és környezeti viszonyai a késő miocénben. *GeoLitera*, Szeged

E számunk szerzői

DR. BABINSZKI EDIT geológus, tudományos főmunkatárs, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet Földtani Kutatási Főosztály, Budapest; DR. BÁLINT ZSOLT muzeológus, Magyar Természettudományi Múzeum Állattára, Budapest; DR. BIRÓ LÁSZLÓ PÉTER akadémikus, MTA Energiatudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet Nanoszerkezetek Osztály, Budapest; DR. CSÓKE BARNABÁS egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, a CriticEL másod-nyersanyagok alprogram vezetője, Miskolc; DOMBI MARGIT újságíró, Debrecen; DR. FÖLDESSY JÁNOS geológus, egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, a CriticEL projekt szakmai vezetője, Miskolc; DR. GOMBKÖTŐ IMRE PhD, egyetemi docens, Miskolci Egyetem, a CriticEL projekt koordinátora, Miskolc; DR. HOLLÓSY FERENC biológus, Budapest; DR. KALOTÁS ZSOLT természetvédelmi szakértő, Tolna; DR. KARANCSI ZOLTÁN tanszékvezető egyetemi docens, Szegedi Tudományegyetem Juhász Gyula Pedagógusképző Kar Alkalmazott Természettudományi Intézet Földrajzi és Ökoturisztikai Tanszék, Szeged; DR. KÁNTOR SÁNDORNÉ, Debreceni Egyetem Matematikai Intézet; DR. KERTÉSZ KRISZTIÁN fizikus, MTA Energiatudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet Nanoszerkezetek Osztály, Budapest; DR. KIS ZOLTÁN gyógyszerész, Országos Epidemiológiai Központ, Nemzeti Biztonsági Laboratórium, Budapest; DR. KITTEL ÁGNES tudományos tanácsadó, MTA Kísérleti Orvostudományi Kutatóközpont, Budapest; DR. KORDOS LÁSZLÓ paleontológus, egyetemi tanár, Nyugat-magyarországi Egyetem, Szombathely; LUKÁCSI BÉLA tudományos újságíró, Budapest; MÉSZÁROS ILDIKÓ biológia-földrajz szakos tanár, Budapest; DR. MATOS LAJOS szívgyógyász, Szent János Kórház, Budapest; PÁLYI BERNADETT biológus, Országos Epidemiológiai Központ, Nemzeti Biztonsági Laboratórium Budapest; PÁTKAI ZSOLT meteorológus, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest; PISZTER GÁBOR fizikus, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet, Nanoszerkezetek Osztály, Budapest; DR. RYBACH LÁSZLÓ geofizikus, professor emeritus, ETH, Zürich, Svájc; DR. SOLT GYÖRGY fizikus, Zug, Svájc; DR. SZALLER ZSUZSANNA vegyész-mérnök, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont Alkalmazott és Nemlineáris Optikai Osztály, Budapest; TICHY-RÁCS ÉVA vegyész, az ELTE TTK PhD hallgatója, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont Alkalmazott és Nemlineáris Optikai Osztály, Budapest; DR. ZAJZON NORBERT PhD, geológus, tud. főmunkatárs, Miskolci Egyetem, a CriticEL elsődleges nyersanyagok alprogram vezetője, Miskolc.

Végveszélybe került ragadozónk, a vadmacska

KALOTÁS ZSOLT

Ha egy erdőt és mezőt járó embernek feltennék a kérdést, hogy a hazai emlős ragadozók közül melyiket tartják a legveszélyeztetettebbnek, nagy valószínűséggel a hiúz, a farkast vagy a barna medvét említenék, mert ezek a fajok meglehetősen ritkának számítanak nálunk. Ugyan jelen vannak a hazai faunában, de néhány időszakosan megtelepedett példányt kivéve, sajnos csak alkalmi megjelenésűek. Nem szabad ugyanakkor elfelejtenünk azt, hogy esetükben a Kárpátokban élő populációk peremterületén élő állatokról van szó, és állandó szaporodó állományuk még nem alakult ki nálunk. Ennek a három fokozottan védett nagyragadozónak az élettere ugyanakkor egész Európában bővül, fokozatosan hódítják vissza egykori élőhelyeiket (gyakran aktív természetvédelmi tevékenység nyomán), állományváltozásaik trendje pozitívnak nevezhető. Nyilván lennének néhányan, akik a fokozottan védett vidrát választanák a legveszélyeztetettebb emlős ragadozónak, pedig szinte már minden halban gazdag természetes vízünkben megtalálhatjuk, a halásított tavakban pedig állandó fajnak számít. Ha tehát még ebben a célzott, a természetet az átlagembernél jobban ismerő csoportban sem sokan voksolnának a vadmacskára (*Felis silvestris silvestris*), akkor az csak azt jelentheti, hogy nagyon keveset tudunk erről a rejtőzködő, általában éjszakai életmódot folytató kisragadozóról.

A vadmacska terepi felismerése sokszor még a szakemberek számára is komoly gondot jelent, ami nem is csoda, mert küllemben nagyon sok hasonlóságot mutat a „vadas színű” cirmos házi macskához. Pedig a vadmacska, bár rendszertanilag nagyon közel áll a házi macskához (*Felis silvestris catus*), nem őse házi kedvencünknek. A házi macskát mintegy 4000 évvel ezelőtt háziasították Egyiptomban a núbiai vadmacskából (*Felis silvestris lybica*) és a görög és a római birodalmak fennállásának idején terjesztették el Európában. Mivel azonban a núbiai vadmacska és a mi vadmacskánk ugyanazon faj alfajainak minősülnek, ezért genetikailag nagyon közel állnak egymáshoz. A tiszta vérvű vadmacskák és a barnás színű cirmos házi macskák elkülönítése még aránylag egyszerű, de bonyolítja a helyzetet, hogy a vadon élő házi macskák között nagyon sok az olyan

átmeneti példány, amelyeknél a morfológiai alapon történő határozás gyakran bizonytalan eredményre vezet. A fajhatározás nehézségei leginkább a vadmacskának a házi macskával való természetes hibridizációjá-

a morfológiai jellemző nem megfelelő határozó bélyeg. Viszont az már igen, hogy a házi macska farkán levő sötét szalagokat (gyűrűket) a fark háti oldalán futó sötétebb sáv köti mindig össze, míg a vadmacskánál ez



A folyóártereken élő vadmacskák az áradásokat a fák lombkoronájában vészlik át

ból adódnak. A házi- és a vadmacska elkülönítésére általában több külső morfológiai bélyegyet használnak, de a gyakori fajhibridek előfordulása miatt a biztos határozás érdekében sokszor csak a küllemi, a csonttani és a genetikai jellemzők együttes értékelése vezethet eredményre.

A vadmacska a házi macskánál zömökebb felépítésű, erőteljes megjelenésű ragadozó. Feje busább, fülei arányaiban kisebbnek tűnnek, agykoponyájának térfogata azonban mindig nagyobb, mint házi rokonáé. A vadmacska bundája dúsabb, tömöttebb, fedőszőrei durvábbak és hosszabb szálúak, bajuszszálai is vastagabbak, hosszabbak. A vadmacska farka a testhosszhoz arányítva rövidebbnek és jelentősen vastagabbnak tűnik. A farokszőrzetet 4–6 sötétebb színű, vastag „gyűrű” díszíti. A cirmos házi macska farkán is lehetnek sötét színű szalagok, ezek száma pedig akár azonos vagy több is lehet, mint a vadmacskának, ezért önmagában ez

a sötét sáv mindig hiányzik. Sok szakember számára jelzés értékű az is, hogy míg a házi macska farkának vége általában hegyes (még a fajhibrideké is), addig a vadmacskáé mindig tompa. A vadmacskát „vadas cirmos” házi macskáktól a sárgás vagy rótes árnyalatú szőrzet is megkülönbözteti. A házi macskák színezete ugyanis inkább barnás vagy feketés árnyalatú. A vadmacskák a házi macskákhoz viszonyítva általában nagyobb természetűek, de néhány esetben ez sem perdöntő, mert kivételek mindig lehetnek. A vadmacskakandúrok testtömege általában 6 kg körüli, de akadnak a 8–9 kg-t is elérő, vagy azt is meghaladó egyedek. A vadmacskanöstények mindig kisebbek a hímeknél. Általában 4–5 kg a testtömegük, de közöttük is előfordulnak ennél nagyobb, akár a 6–7 kg-ot elérő példányok. Télen a hóban hagyott nyomok is támpontot nyújthatnak a két faj elkülönítésére. A vadmacska nyoma nagyobb és szélesebb, a házi macskával ellentétben nem kerekded, hanem kissé nyújtott, és

két oldalsó ujjpárnájának lenyomata nem egyvonalban helyezkedik. A gyakorlott nyomolvasók állítják, hogy esetenként a nyomképlet alapján is képesek elkülöníteni a vadmacska nyomát a házi macskától, mivel a vad faj nyomát lépésben a „trapéz-mintázat” jellemzi. Mindezek ellenére sem könnyű azonban a helyzetünk, mert a vadmacskák lakta területeken nagy számban fordulhatnak elő házi macska x vadmacska hibridek is, amelyeknek a megkülönböztetése szinte lehetetlen,

vadmacskát felvette Vörös Könyvébe, és az aktuálisan veszélyeztetett fajok közé sorolta, nagyobb figyelem kíséri az európai állományok sorsát, és a kontinens egyes területein a hathatós védelmi tevékenység következtében javult is a faj védelmi helyzete.

A vadmacska-populációk degradációs folyamata Magyarországon is hasonlóképpen játszódott le, mint Európában. A hazai állományok veszélyeztetett helyzetét, fogyatkozásait jelzi, hogy a faj már 40 éve, 1974-ben

A nemek a szaporodási időszakon kívül magányosan élnek, nem keresik egymás társaságát. Az ivarérett, öreg vadmacskakandúrok általában 500–800 hektáros territóriumot tartanak, a nőtények mozgáskörzete ennek csupán a fele. A mozgáskörzet évszakonként és a táplálékkínálattól függően is változik. A szabadban élő kóbor házi macskák mozgáskörzete ennél jóval kisebb, de igen gyakran átfedhet a vadmacskák territóriumával. Ez a tény lehetővé teszi, hogy a vad kandúrok a kóbor házi macskák nőtényeivel is párosodjanak, sőt azt is, hogy a már a megszületett vadmacska x házi macska hibridek a vadon élő állatokkal szaporodási közösséget alkossanak. A házi macskákkal ellentétben, a vadmacskák évente rendszerint csak egyszer szaporodnak. Második, nyári ivarzás a vadmacskák között igen ritka, azonban ott, ahol már hibridnek számító egyedek is élnek, előfordulhat. A párzási időszak, az úgynevezett „pacsmagolás”, a tél végére, január-februárra esik, de még márciusban is megfigyelhetünk ivarzó példányokat. Ezekben a hónapokban a kandúrok óvatlanabbak, nappal is aktívak, és a megszokottnál nagyobb területet járnak be, így napfényes, havas napokon nagyobb valószínűséggel kerülnek az ember szeme elé. A párzást követően a nemek azonnal elválnak. Nagy valószínűséggel a vadmacska nőténye egy ivarzási időszakban több kandúrral is párzik, hasonlóképpen, mint a házi macskák. Ez azt is jelenti, hogy nemcsak tiszta vérű vadmacskakandúrral, hanem kóbor házi macskával, sőt hibridnek számító vadmacskával is párosodhat egyetlen ivarzás alatt, és az alomban is ennek megfelelően lehetnek genetikailag tiszta vérrűnek és hibridnek minősülő kölykök!

A vadmacskák kidölt fák gyökérzete között, nagyobb fák odvaiban, sziklaüregekben, farakások alatt, régi kazlakban építve megtelepedhetnek, mint elhagyott róka- vagy borzvárakban. Ellő- és pihenőhelyük megválasztásakor mindig a zavartalanság az elsődleges szempont. Ha zavaró vagy veszélyeztető hatásokat észlelnek, nyomban elhagyják addigi vackukat és nyugalmasabb helyre költöznek. Ilyenkor a nőtények a kölykeiket is átköltöztetik.

A nőtények 9 hetes vemhesség után hozzák világra 2–5 kölyküket. A kicsik szeme a második héten nyílik ki. Az anya hosszú időn keresztül szoptatja kölykeit, de a kicsik egy hónapos koruk körül már a nőtény zsákmányából is részesednek. A kismacskák egy hónapos koruk körül hagyják el először a vackot, és 2,5–3 hónapos korukban már elkísérik anyjukat a vadászatokra, ahol elsajátíthatják a szülőltől a zsákmányejtés mesterfogásait. Mintegy 5 hónapos korukig maradnak az anyjukkal, ezt követően a kölykök önálló életet kezdenek, és eltávolodnak születésük helyétől is.

A vadmacska igazi ragadozó, táplálékában a húsnak van meghatározó szerepe. A kutatók a vadmacska táplálkozását vizsgál-



Vadmacskakölyök. A nőtény gyakran választja kölykező helyének az öreg fák kioldvasodott töveit

de még a kézre került egyedek elkülönítése is sokszor problematikus.

A vadmacska egykor Európában elterjedt vadfajnak számított, csak az öreg kontinens északi és északkeleti részéről hiányzott. Az ember térfoglalása miatt azonban a legtöbb európai országban jelentősen csökkent az élőhelye, ugyanakkor, mivel a vadmacskát hosszú időn keresztül kártékony ragadozónak tartották, „tüzzel-vasal” irtották, ami jelentősen csökkentette az egyedsűrűséget. Az egykor összefüggő elterjedési területű európai vadmacskaállományok fokozatosan szétszakadoztak, reliktum-populációkká váltak, és a faj viszsza-szorult a kevésbé bolygatott erdős területekre. A kutatók a faj visszaszorulását elsősorban a számára alkalmas erdei élőhelyek rohamos csökkenésével és feldarabolódásával, az emberi tevékenység zavaró hatásainak növekedésével magyarázzák. A vadbiológusok szerint az állománycsökkenésben napjainkban nagy szerepet játszik a közúti közlekedés intenzitásának mértéktelen növekedése is, hiszen a közutakon egyéb állatok mellett nagyon sok vadmacska is a forgalom áldozatává válik.

Európai elterjedési területén egészen a közelmúltig a folyamatos csökkenés jellemezte a fajt. Amióta azonban az IUCN (Nemzetközi Természetvédelmi Unió) a

átkerült a vadászhatók közül a védettek közé, de ezt követően még a fácán- és a baromfi-telepek környékén külön engedély nélkül el-ejthető volt. A 1982-től a faj már teljes védelmet nyert, és 2002-ben felkerült a fokozottan védett fajok közé is. Azonban úgy tűnik, hogy a jogi védelem bevezetése, illetve szigorítása sem fogja megoldani a faj védelmét, mert a kémélet biztosítása önmagában sajnos már nem elegendő megőrzésére.

A vadmacska az elmúlt 50 évben az ország jelentős területéről eltűnt. A dunántúli populációk egymástól elszakadtak, nagy területekről kipusztult a faj. Napjainkban már csak a Dunántúli-középhegységben, az Északi-középhegységben, a Mecsekben és a Villányi-hegységben, valamint a nagyobb síkvidéki folyóinkat (Duna, Dráva, Tisza, Körösök, Maros) kísérő ártéri erdőkben és a nagy kiterjedésű alföldi mocsarakban élnek vadmacskák. Hazánkban a vadmacskák azokat az emberi tevékenységgel kevésbé zavart idős vagy középkorú, vegyes lombú erdőket kedvelik, amelyeknek dús az aljnövényzete, és amelyek mozaikosan nyílt réteket zárnak körül, míg a telepített, aljnövényzet nélküli erdőültetvényeket elkerülik. Vadmacska-élőhelynek a turistaforgalommal és erdőgazdasági munkákkal kevésbé érintett középhegységi véderdők, és a nagy kiterjedésű, buja növényzetű ártéri erdők felelnek meg leginkább.

va, a zsákmányállatok arányát tekintve évszakos ritmust írtak le. A zsákmánylistán a téli, havas időszakban magasabb a madarak és a fiatal nyulak aránya, a táplálékban szűk időszakban még a dögöt is elfogyasztják. Tavasszal a táplálékuk változatosabbá válik, étlapjukon megnövekszik a kisméltók (egerek, pocokok) aránya, és megjelennek a békák, a gyíkok és a rovarok is. Nyáron és ősszel a felszaporodott rágcsálók aránya dominál a zsákmánylistán, madarakat ilyenkor csak elvétve fognak. Mindebből látszik, hogy a vadmacskák nem zsákmány-specialisták, abból fogyasztanak többet, ami a természetes táplálékínálattól a legnagyobb mennyiségben rendelkezésre áll, és a legkisebb ráfordítással megszerezhető. A kutatók azt is megállapították, hogy a vadmacskák talajszinten és a fákrona szintjén is ejtenek zsákmányt, de általában inkább a talajszinten vadásznak. Kevesen tudják, hogy a vadmacskák vadgazdálkodási károkozása elenyészőnek mondható, ezért vadgazdálkodási jelentőségük gyakorlatilag szinte nem is mérhető. Az a néhány fiatal nyúl és fácán, ami zsákmánylistájukon előfordul, populációszinten nem mérvado. Bár a vadmacska hazánkban természetvédelmi oltalom alatt áll, és a hatályos jogszabály alapján kilövés és befogása tiltott, a magyar vadászokra mégis felelősségteljes szerep hárul a faj jövőjét illetően. A vadmacska ugyan fokozottan védett, de a kóbor házi macskákat a vadászati jogszabály a vadászterületeken egész évben korlátozás nélkül lehetne, csapdázhatónak tartja, így potenciális veszély továbbra is, hogy a vadmacskák a vadászok fajtévesztése miatt áldozattá válnak. De azt is fontos megemlíteni, hogy a természet védelméről rendelkező 1996. évi LIII. törvény némileg átgondolatlanul védelmet biztosít a védett fajok természetes körülmények között létrejött hibridjeinek is. Ezen logika alapján tehát a vadmacskák és a házi macskák kereszteződéséből létrejött „basztardok” is védelem alatt állnak, tehát elvileg csak természetvédelmi hatósági engedéllyel foghatók be, ejthetők el. A terepen ugyanakkor nagyon kicsi az esély arra, hogy a dúvadgyerítést végző vadász el tudja különíteni a „vadás színű” házimacskát, valamint a „vadás színű” hibrideket a vadmacskától. Ugyan a törvény életbe lépése óta még nem

volt természetvédelmi szabálysértési- vagy büntetőügy abból, hogy egy vadász tévedésből fogott volna be, vagy lőtt volna hibridet (!), a jogszabály erre vonatkozó előírásának a megváltoztatása gyakorlatban való alkalmazhatóság szem előtt tartásával mindenképpen indokolt lenne. Ha másképp nem, a vadmacska kivételével kellene alkalmazni a természetes hibridek védelmének természetvédelmi szempontból mindenképpen fontos tézisét, hiszen természetvédelmi szempontból nagyon fontos volna, hogy a vadmacskaállományok szempontjából „genetikai szennyezést” jelentő hibrid macskákat el lehessen távolítani a szabad területekről. Ez a változtatás azért lenne sürgető, mert a vadbiológusok véleménye szerint Magyarországon a vadmacskaállományt legfőké-

latvédelmi és vadgazdálkodási szempontból is kockázatokat jelent.

A kóbor házi macskák komoly állategészségügyi veszélyt is jelentenek a vadmacskára. Az egyik legnagyobb kockázatot a vadmacskára a macskák fertőző gyomor- és bélgyulladás (panleucopenia) jelenti, amely az egyik legveszélyesebb macskabetegség, és amely a fiatal állatokra legtöbbször letális hatású. A lakott területeken nagy egyedsűrűségben előforduló és gyakorlatilag szabadon élő házi macskák között szintén gyakran fordulnak elő egyéb, sokszor végzetes kimenetelű fertőző betegségek; a vírusos hashártyagyulladás, macskaleukózis, macskanátha, gümőkór, amelyeknek átvitelében meghatározó szerepe van a házból a szabad területekre rendszeresen kijáró házi macskáknak.

A még meglevő vadmacskaállományok védelme csak nagyon komoly áldozatok árán valósítható meg. A realitásokat figyelembe véve nem várható, hogy valamilyen még létező vadmacska-populációt megmentsünk, de az igen, hogy a legjelentősebbekért tenni tudjunk. A külföldi tapasztalatok alapján a védelem legcélravezetőbb módja az ún. vadmacskavédelmi területek létrehozása, ahol nagyon komoly élőhelyvédelmi beavatkozásokat kellene végezni a faj számára alkalmas, zavartalan élőhelyek megteremtése érdekében. Jelentősen át kellene alakítani ezeken a területeken a jelenlegi erdőgazdálkodási gyakorlatot is, hogy az ott élő vadmacskák számára kedvező irányba változtassa az élőhelyi feltételeket. Nagyon fontos lenne ezeken a védelmi területeken a kóbor házi macskák, valamint a vadmacska x házi macska hibridek befogása és eltávolítása. Mivel a jelenlegi hazai vadmacskaállományok mindegyike valamilyen módon már „szennyezett” a házi macska génjeivel, ezért szükségesnek látszik egy olyan tenyésztőterület létrehozása is, ahol tiszta vérű vadmacskákat szaporítanának, és be kellene vonni a vadmacskavédelmi projektbe azokat az állatkerteket, amelyek már eddig is sokat tettek a faj védelme érdekében. Az itt született egészségesen kontrollált vadmacskaegyedek visszatelepítésére a kijelölt vadmacskavédelmi területeken kerülhetne sor, így idővel létre lehetne hozni a genetikailag tiszta vérű vadmacska-populációkat. Ezek a feladatok nemcsak nagy nemzetközi összefogást, hanem hatalmas anyagi áldozatokat is kívánnak, mely utóbbit csak hazai erőforrásokra alapozva, véleményem szerint jelenleg elképzelhetetlen megvalósítani. Mégis él a remény, hogy elhivatott természetvédelmi szakembereinknek és a szaktudást biztosító vadbiológusoknak sikerül megtalálni azokat a pályázati forrásokat, amelyek segítségével vadmacskaállományunkat megmenthetjük a genetikai erózió okozta teljes felmorzsolódástól.



Elégedett vadmacskakandúr portréja (A szerző felvételei)

pen a házi macskával történő kereszteződés veszélye, azaz a genetikai erózió fenyegeti. A kutatók szerint hazánkban már alig akad olyan hely, ahol még többé-kevésbé tiszta vérű vadmacskák élnek. A probléma gyökerét természetesen ott kell keresnünk, hogy mérhetetlenül sok hazánkban a kóbor házi macskák és a lakóhelyüktől rendszeresen a szabad területekre kijárók száma. Nagy szükség lenne országos szinten a házi macskák születésszabályozásának bevezetésére, a házi kandúrok – különösen a külterületi részeken (tanyákon, kisebb falvakban) élő példányok jelentős részének ivartalanítására, egyedi mikroscipos jelölésre és természetesen az állattartók erkölcsi felelősségének megváltozására is. Akkor talán kevesebb megunt állatot hagynának sorsára embertársaink a határban, és kevesebb lenne a gazdátlanul kóborló házi macska is, amelynek sorsa nemcsak természetvédelmi, hanem áll-

A Vádi Rajan Természetvédelmi Terület

KARANCSI ZOLTÁN

A mióta az egyiptomi természetvédelmi hivatal munkatársai az ökoturizmus fellendítésével foglalkoznak, egyre fontosabb szerepet szánnak a Szaharának, illetve a sivatagi oázisoknak a turizmusfejlesztésben. Más fejlődő országokhoz hasonlóan, a környezetvédelemnek Egyiptomban is úgy kellene megőrizni az értékes ökoszisztémákat, hogy közben a társadalmi-gazdasági fejlődést se fékezze. Az újonnan kialakított természetvédelmi területeken oly' módon próbálják ezt a célt elérni, hogy otthont adnak számos gazdasági tevékenységnek, pihenési-rekreációs lehetőséget biztosítanak a közeli városok lakosainak, ugyanakkor ezek a területek a környezetvédelmi oktatás egyedülálló helyszínül is szolgálnak.

Az ökoturisztikai fejlesztéseknek köszönhetően, Kairóból a Fajjúm-oázisba és környékére ma már olyan egy napos túrákat szerveznek helyi idegenvezetők segítségével, amelyek bemutatják a térség



Az Alsó- és Felső-tó közötti vízesés



A Fajjúm-oázis az egyiptomi oázisgazdálkodás fontos területe

kulturális és természeti értékeit. A Karuntónál és Vádi Rajannál például tapasztalt madármegfigyelők kíséretében lehetőség van „madárlesre”, a különleges sivatagi felszínformák tanulmányozására, vagy az ősi fajjúmi fazekasmesterség felfedezésére. A vidék ókori emlékhelyeinek bejárására gyalog- és kerékpártúrákat is szerveznek.

A Vádi Rajan

A Fajjúm-mélyföld nyugati peremén, Kairótól csupán 100 km-re található a természetes eredetű Karun-tó, mintegy 44 méterrel a tenger szintje alatt. Átlagos mélysége 4,2 méter, a vízutánpótlását szintén csatornákon keresztül biztosítják. 1973-ban az egyiptomi ható-

ságok három tavat létesítettek a Karun-tótól DNy-ra lévő, tengerszint alatti Vádi Rajan árkában, hogy a mezőgazdasági területekről elvezetett fölösleges vizeket is hasznosítsák. A tavak medrét egy 7,5 kilométeres csővezetéken keresztül töltötték fel vízzel. Az ambíciózus termőföld-visszanyerési program első lépéseként kialakított tavak nem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket. Az egyik tó gyorsan kiszáradt, de a másik kettő is egyre sósabb az intenzív bejárólás következtében. A két még meglévő tavat egy „vízesés” kapcsolja össze, ami fontos turisztikai látnivalóvá vált a sivatagi tájban.

Ezeknek a mesterséges tavaknak a térségében 1989-ben alapították meg a Vádi Rajan Természetvédelmi Területet azzal a céllal, hogy megvédjék a régió sajátos élővilágát, földtani és kulturális értékeit. Mai méretét 1994-ben érte el, amikor a védett terület nagysága 1759 km²-re bővült.

A terület legjelentősebb látnivalója a Bálnák völgye (Vádi El-Hittan), ahol 40 millió évvel ezelőtt élt, a mai bálnák őseinek tekinthető tengeri állatok megkövült csontváza fekszenek. Ezek megléte, valamint a felszínen gyakran található nummuliteszes kövületek bizonyítják, hogy a mai Szahara területén akkoriban (az eocén földtörténeti korban) tenger hullámozott. Eme tudományos értékei alapján a Vádi El-Hittan lett Egyiptom első természeti világörökségi helyszíne.

Az egyiptomi természetvédelem számára kezdetben nagy nehézséget jelentett a jól képzett szakembergárda hiánya. A természetvédőknek ugyanakkor súlyos problémákkal kellett szembesülniük, amelyeket az emberi beavatkozás idézett elő. Egyrészt az egyre terjeszkedő mezőgazdasági tevékenység fenyegette a terület természetes növényzetét, másrészt az oázisgazdálkodáshoz kapcsolódóan halászzattal is foglalkoztak, aminek intenzitása olyan gyorsan növekedett, hogy a sópárlással együtt komoly veszélyt jelentett a tavak élővilágára. A területen jelentős halászati tevékenység folyik ma is, igaz, leginkább a mélyföldön található, az Alsó-, illetve Felső-tó között kialakított „halfarmon”, amit a két tó vizével táplálnak. A nagyüzemi méretű haltenyésztés fejlesztésére további beruházásokat terveztek az üzemeltetők, többek között olyan turbinákat akartak üzembe állítani a halastavakon, amelyek többtoxigénhez juttatnák a tavak élővilágát, és jelentősen növelnék a kifogható halak mennyiségét. Mivel ezek veszélyeztették volna az őshonos növény- és állatfajokat, a természetvédők megakadályozták ezen fejlesztések megvalósítását.

Fontos tudni a Fajjúm-oázisban fekvő természetvédelmi terület környékéről, hogy a Nílus völgye mellett ez az ország egyik legsűrűbben lakott térsége, ezért az utóbbi évtizedek demográfiai robbanása itt is érezhető hatását. Ahogy azt más, ember által bolygatott természetes élőhelyeken is



Puszutulo sziklafalak az El-Mudawara-hegységben

teken, valamint a szennyeződés, amit a fokozott műtrágya-felhasználás csak tovább súlyosbít. A térség faunáját a betelepített háziállatok, illetve az ember nyomában megjelent kártevők is fenyegetik.

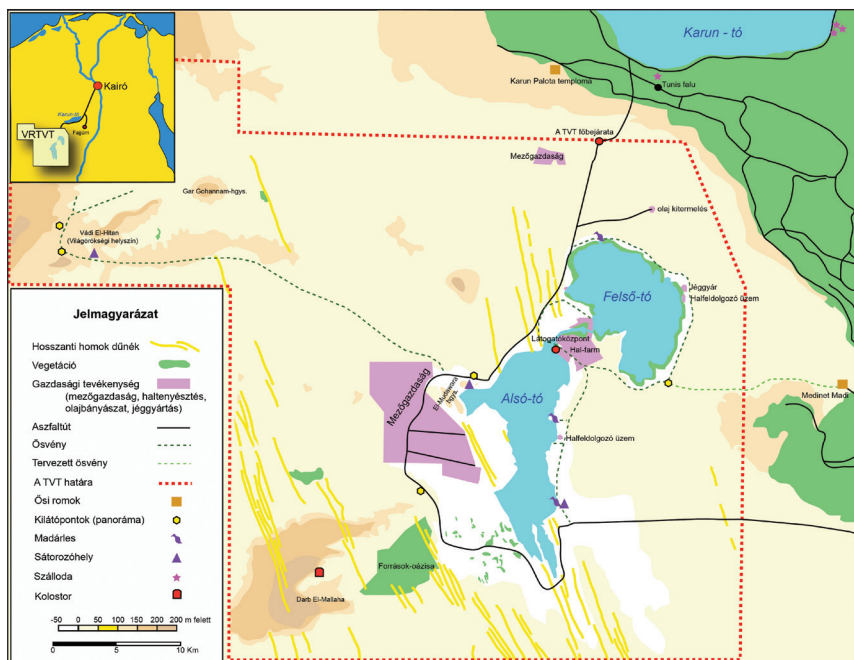
A különféle lakó- és turisztikai célú építkezések érintik a védett területeket is. Ezek között meglepő módon egy kopt keresztény kolostort is találunk, amit a hozzá kapcsolódó gazdasággal együtt éppen az egyik fontos víznyerőhelynél építettek fel illegálisan. A

ket telepítettek be idegenforgalmi megfontolásból, illetve intenzív földművelésbe kezdtek nagy területen, amihez a szükséges öntözővizet a föld alól, szivattyúzással biztosítják. Éles konfliktus alakult ki a természetvédelmi terület vezetése és a kolostor vezetői között, kölcsönös vádaskodással. Előbbiek például a kolostor tevékenységének tudják be, hogy a térségből eltűntek a gazellák, míg a szerzetesek szerint ez a természetvédelmi park utépi-téseinek következménye.

A természetvédelmi terület vezetése azt is nehezítette, hogy területén a Quaron Oil Extraction Company az ő tájékoztatásuk nélkül végzett kutatásokat. A tiltakozás hatására a cég végül is leállította tevékenységét. A természetvédelmi szakemberek jelenleg is azon fáradoznak, hogy felmérjék az általuk okozott környezeti károkat. Nem zárható ki, hogy a kitermelés során olajszennyeződés történt a park területén. Meg kell vizsgálni továbbá, hogy a vállalat honnan szerezte a vizet a feltáró munkához, illetve azt is, hogy az esetleg felszínre került szilárd vagy folyékony meddő anyagot hol helyezték el.

Több elemzés is készült annak vizsgálatára, hogy milyen veszély fenyegeti a Vádi Rajan ökoszisztémáját, és hogy milyen tényezőkkel kell számolni a jövőben. Az itt élő fajokra leginkább a népességnövekedés és mezőgazdaság kiterjesztése jelent veszélyt. A nemzeti park sorsát alapvetően a következő évtizedek éghajlati változásai is meghatározó-zák majd, a hőmérséklet esetleges emelkedése, vagy a csapadék további csökkenése.

A természetvédelmi terület gazdasági fenntarthatósága sajnos még nem tekinthető biztosítottnak. Az első lépés mindenképpen az önálló gazdálkodás megteremtése lenne, jelenleg ugyanis a természetvédelmi terület bevételei teljes egészében az egyiptomi környezetvédelmi hivatal kasszájába kerülnek, a pénz elosztása pedig Kairóból történik.



A Fajjúm-mélyföld és a Vádi Rajan Természetvédelmi Terület elhelyezkedése. (A „Visitor Discovery Guide 2007” térképe alapján szerk. Karancsi Z. 2013)

tapasztalhatjuk, itt is komoly veszélyt jelent a mezőgazdasággal és az emberi lakó-környezetekkel összefüggő nagyobb vízkivétel, ami már látszik a süllyedő vízszin-

legnagyobb környezeti károkat azonban a kolostor gazdálkodásához kapcsolódó mezőgazdasági tevékenységek jelentik. A természetes növényzet rovására ugyanis trópusi növénye-



Kilátás az Alsó-tó medencéjére, peremén szárazságtűrő bozótossal

A Vádi Rajan tájképi értékei

A természetvédelmi terület – gondolj ellenére – egyre több turistát csalogat. A Föld legnagyobb sivataga, a Szahara különleges élményt tartogat a Nílus völgyét elhagyókra. A száraz táj különleges élővilágán túl, a felszínformák rendkívüli változatossága okoz kellemes meglepetést az egyhangú pusztaságnak hitt Szaharában. A vizuális élményt fokozzák a sárga homokdűnék között felbukkanó mélykék tómedencék, melynek szegélyét csenevész zöld növényzet emeli ki. A színek kontrasztja mellett a kiemelkedő felszínformák fény-árnyék hatása teszi plasztikussá, egyben felejthetetlenné a tájképet.

A Fajjúm-oázis öntözött mezőgazdasági területein túl a zöld szín sárgába vált át, és máris a Szahara kietlen vidékén haladunk, amit itt a homok uralma jellemez. A többé-kevésbé állandó széliránynak megfelelően utunkba számtalan hosszanti dűne kerül, amelyek hossza akár több 10 km is lehet, de néhány 10 méternyi magasságát sem egyszerű leküzdeni a süppedő homokban. Fentről látható, hogy az északnyugatról délkelet felé mozgó dűnék elérték az Alsó-tó medencéjét és kisebb-nagyobb mértékben benyúl-



Rétegesen pusztuló szfinx-szikla (A szerző felvételei)

nak a tómederbe is. A különböző magasságú homokformák miatt a szél iránya, energiája gyakran módosul, ezért a homokterületeken kialakuló homokfodrok – amelyek a szél energiájának csökkenését jelző homoklerakódások – sem lesznek szabályos (párhuzamos) gerincűek, és kusza kalligráfiához hasonlós mintázatot rajzolnak a felszínre. Ezek kialakulása a felszín keménységétől és a szállított szemcseméretől is függ.

A természetvédelmi terület legnagyobb látványosságát mégis azok a korábbi tengeri üledékekből álló hegyek és platók (El-Mudawara-hegység) jelentik, amelyeket a sivatagban ható külső erők folyamatosan alakítanak ma is.

A kéregmozgásoknak köszönhető törések, hasadékok mentén feldarabolódó kőzetblokkok sarkai pusztulnak először, így hatalmas bástyaszerű tornyok jönnek létre. A szélmarás mellett a sókristály-növekedés és a nagy hőmérsékletváltozás miatti aprózódás játszik még szerepet a kőzetfelszín pusztulásában.

A külső erők hatására pusztuló felszín egyre kisebb lesz, a kőzetfalak folyamatos hátrálása figyelhető meg. A megbontott sziklafalak az egykori tengeri üledékrétegek keménységétől függően eltérő intenzitással pusztulnak.

Így alakulnak ki a sivatagi plató pereméből kifaragott természetes „sakkfigurák”, valamint a lepusztult területek maradványaként az idővel dacoló sivatagi „sziklakatedrálisok”, amelyek kiváló kilátóhelyek is a sivatagi környezetben. A hegyekről leváló sziklák a törmelékletjén tovább pusztulnak, egyre kisebb kőzetdarabokká válva. Gyakran finomszemű homokot visz a szél a lejtőkre, sajátos leplet borítva a sivatagi tájra. Az állandóan egy irányból fújó szél különleges formájú ún. szfinx-sziklákat hoz létre. A természet erői azonban ezeket sem kímélik. A szél által szállított homok egyre kisebbé faragja azokat, míg egykori önmaguk maradványaként el nem tűnnek örökre a homoklepel alatt.

E páratlan látványegyüttes az öntözött területektől csupán néhány tíz kilométerre, a sivatag peremén fogadja a látogatókat. Ha innen még beljebb merészkedünk a Szaharába, akkor új színek, formák fogadnak, a kavics-, kő-, és agyagsivatagok változatos formakincsükkel cáfolják a sivatagok egyhangúságáról szóló mendemondákat.

A tanulmány az OTKA (K 81374) támogatásával készült

FELHÍVÁS

A tavalyi évben 408 448.- Ft felajánlást kapott a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat, melyet az ismeretterjesztés népszerűsítésére fordítottunk. Köszönjük az Ön múlt évi felajánlását!

A Kiadó

Kérjük, adója 1%-ával idén is támogassa a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat Ismeretterjesztő tevékenységét.

Tudományos Ismeretterjesztő Társulat

Adószám: 19002457-2-42

Márciusi számunkból

Gáborjáni Szabó Botond-Lovas Rezső: Tudományos zárandoklatok a változó időben. Hatvani István és Szalay Sándor
Ulrich Ott-Benkó Zsolt: Csillagközi por: a Naprendszer előtti világ hírnemzői
Király Beáta: Ismeretterjesztés az Atomkiban
Rosivall László: Semmelweis és a kehely
Szili István: Egy kis fényeskedés
Veres Zsolt: Homokkő-birodalom Észak-Magyarországon
Szabados László: 25 éve működik a Hubble-űrtávcső
Miksa Orsolya: Budai hévvezek
Rezsabek Nándor: A meteorit ember. Beszélgetés Nádai Lászlóval
Farkas Csaba: Vénás rendellenességek

1%

Kedves Olvasóink!

Az Önök által felajánlott személyi jövedelemadóik egy százalékából az elmúlt évben 85 809 Ft-ot kapott a Természet-Tudomány Alapítványunk, amelynek egyedüli célja, hogy a Természet Világa folyóiratunk megjelenését segítse. Ezt az összeget a Természet-Tudomány Diákpályázatunkra fordítottuk.

Megtisztelő támogatásukat ezúton is köszönjük.

Staar Gyula
főszerkesztő
az alapítvány titkára

Hogyan történt állataink háziasítása?

HOLLÓSY FERENC

Avadon élő állatok háziasítása – csakúgy, mint a vadon termő növények termesztésbe vonása – sok ezer évvel ezelőtt kezdődött. A régészeti leletek tanúbizonysága szerint a kutya, a szarvasmarha, a birka, a kecske vagy a sertés háziasításának kezdetei kb. 15 000–9000 évvel ezelőtre tehetőek. E máig tartó tudatos tevékenysége révén az ember nemcsak az egyes állattenyésztő emberi közösségek életére volt jelentős hatással, hanem az állatokéra is. Mesterséges szelektálással megváltoztatta felépítésüket, szaporodásukat, számos életteni jellemzőiket, sőt még viselkedésüket is.

Az állatok háziasításának kezdeti lépései kevésbé ismertek. Azok a változások azonban, különösen az állati viselkedésben bekövetkezettek, amelyek lehetővé tették a háziasított állományok túlélését és szaporodását, a vad típusok számára bizonyára túlságosan stresszesek lettek volna. A vadon élő és a háziasított állatok viselkedésében észlelhető nagyfokú különbségek genetikai hátterének tisztázását tűzték ki célul az EMBL Európai Bioinformatikai Intézetének kutatói. Vizsgálataikban arra voltak kíváncsiak, hogy a háziasításnak köszönhetően megjelenésben (fenotípusban) bekövetkező változásokért milyen mértékben felelősek az új mutációk és azok rögzülése a genomban. Az ilyen típusú vizsgálatokat az akadályozza, hogy a háziasítás kezdetei a múlt homályába vesznek (a kezdet nem ismert), vagy éppen földrajzilag rendkívül elterjedt ősről van szó (számos alfaj, változat létezik).

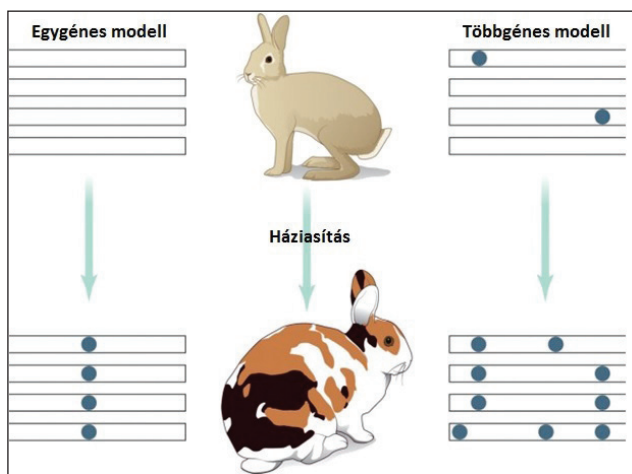
Az EMBL kutatói több kutatócsoporttal együttműködve olyan ideális vizsgálati alanyt találtak a házinyúlban, mely mentes mind a három előbb említett problémától. A nyulat dél-franciaországi kolostorokban kezdték el háziasítani kb. 1400 éve. A háziasított nyúl ősenek, a vadnyúlnak az elterjedési területe ebben az időben az Ibériai-félszigetre korlátozódott, ahol két altípusa fordult elő: az *Oryctolagus cuniculus cuniculus* és a *O. c. algirus*. A szomszédos Franciaországban az *O. c. cuniculus* terjedt el, mely bizonyíthatóan az Ibériai-félszigetről vándorolt ide. A nyulak tenyésztése kiváló modellként szolgálhat az állatok háziasításának tanulmányozásához,

mert elterjedésük jól ismert és háziasításuk kezdete időben jól behatárolható.

Ahhoz, hogy a háziasítás géneire gyakorolt hatását ki tudják mutatni mind a vad, mind a háziasított nyúlállományból, min-

A nukleotidsorrend meghatározását követő adattisztítás és szűrés összesen mintegy 50 millió darab, csak 1 DNS-nukleotidban bekövetkezett bázissorrend-eltérést (SNP, azaz single nucleotide polymorphism) mutatott ki, valamint 5,6 millió darab úgynevezett inszerció és deléciós mutáns. Azaz olyan mutáns, melyekben az adott génhelyre (lókusz) beépül egy bizonyos bázissorrend (inszerció mutáns) vagy éppen onnan kitörlődik (deléciós mutáns). Ezek a hatalmas számok a nyulak genomjának rendkívül nagy mutációs gyakoriságáról árulkodnak. A kutatók megszámozták a fehérjéket nem kódoló, a nukleotidsorrendjükben változást legkevésbé mutató szakaszok 1 bázisnyi eltéréseit. Ez a szám 719 911-nek adódott, míg a fehérjéket kódoló régiókban ez 154 489 volt.

Ez a megfigyelés különösen érdekes olyan kutatás fényében, mint amilyen az ENCODE (ENCyclopedia Of DNA Elements), mely bőséges adattal rendelkezik azokról a fehérjéket nem kódoló génekről, amelyek lényeges szerepet játszanak a gének szabályzásában. (A nem-kódoló genetikai elemekről azt kell tudni, hogy ezek a régiók szabályozzák a gének ki- és bekapcsoltságát. A bekapcsolt

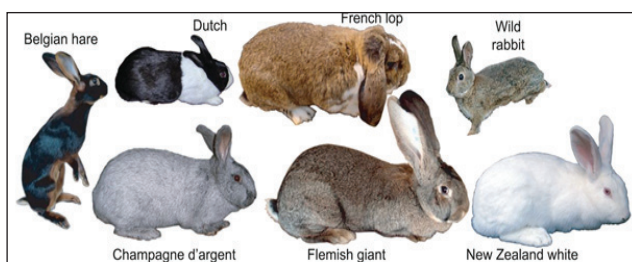


A háziasítás hajtőereje a sok génben bekövetkező kis változás

tát vettek. „Elsőként, egy háziasított nyúl DNS-ének bázissorrendjét határoztuk meg, hogy létrehozzunk egy referencia-könyvtárat. A referenciagenom-könyvtár összeállítása az első kritikus lépés bármely genom elemzése során, mert ehhez fogunk majd hasonlítani minden további genetikai adatot.”

– nyilatkozta *Miguel Caneiro*, a kutatócsoport vezetője. Majd ezt követte a többi genom szekvenálása, vagyis a DNS-molekula nukleotidsorrendjének meghatározása.

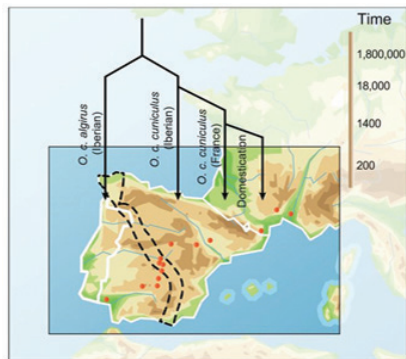
Összesen hat háziasított nyúl típus teljes genomját határozták meg tízszeres lefedettséggel. Kontrollként 3 dél-franciaországi vadnyúlét, valamint 11 Ibériai-félszigetről származó vadnyúlét elemezték, melyek mindkét altípust tartalmazták. A területen élő, közeli rokon *Lepus americanus*-faj genomját is azonosították, hogy következtetni tudjanak az elkülönülés előtti ősi állapotokra.



A kutatók hat háziasított nyúl fajtát és egy vad típus teljes genomját szekvenálták meg. (A területen élő, közeli rokon *Lepus americanus*-t és a két vad altípust nem mutatja az ábra.)

állapotú gének esetén a szabályozás természetesen a génexpresszió mértékének finom hangolását jelenti.)

Magali Ruffier volt felelős a csoportból a genetikai térképezésért, aki a nyulakból származó, ismert szekvenciájú és fehérjéket kódoló gének genombeli helyét állapította meg és



A vizsgált nyulak élőhelye az Ibériai-félszigettől a dél-franciaországi területekig terjed. A két vad altípus keveredési területét jelzi a szaggatott vonal az Ibériai-félszigeten

hasonlította össze más állatokból származó ismert fehérjekódoló szekvenciákkal. Ez a művelet igencsak igénybe vette a számítógépek kapacitását és eltarthat akár jó néhány hónapig is, mire az összehasonlító genomterképek elkészülnek. *Daniel Barrell* szintén géntérképezési feladatokat látott el. Ő 10 nyulból származó szövet génextpressziós adatait vitte be az adatbázisba.

A genetikai variációk előfordulási helyeit elemezve, az EMBL kutatói azt a következtetést vonták le, hogy számos génhelyen bekövetkezett allélgyakoriság-változás vezethetett el a mai állapothoz, nem csak a néhány lókuszon bekövetkezett kritikus genetikai változás.

A kis genetikai variációk megváltoztatják a háziasított nyulak allélgyakoriságát a vad populációra jellemző értékekhez képest. A megváltozott gének közül számos az agy és az idegrendszer fejlődésében játszik fontos szerepet. Ez megmagyarázhatja a háziasított nyulak viselkedésében tetten érhető megváltozott mintázatot, ami például a házinyúl vad típusához képest kisebb fokú menekülési válaszbán nyilvánul meg.

Azonban nemcsak a fenti számok abszolút nagysága sokatmondó, hanem az arányuk is érdekes. Az arányok elemzését követően a kutatók arra a meglepő következtetésre jutottak, hogy a nyúl az egyik legnagyobb genetikai változatosságot mutató emlősállat, amivel eddig a kutatók vizsgálataik során találkozottak. Kutatási eredményekről a *Science*-ben számoltak be.

A cikk forrásai

Carneiro, M; Rubin, C; Di Palma, F et al. *Science*, 29 August 2014. DOI: 10.1126/science.1253714
http://news.embl.de/science/1409_rabbit-domestication/
<http://www.sciencemag.org/content/345/6200/1074.full>

Orvosszemmel

ROSSZ HÁZASSÁGBAN SZÍVBAJT KAPHATUNK

Az egészséges öregségre vonatkozó társadalmi és személyes hatások, kapcsolatok jelentőségéről keveset tudunk. Az Egyesült Államok egészségügyi vezetése ennek a kérdésnek a vizsgálatára szervezte meg a National Social Life, Health and Aging Project programot, melynek eredményeként nemrégiben jelentették meg a rossz házasság és a szívbetegség összefüggéseivel foglalkozó tanulmányt.

A húszoldalas dolgozatot a *Journal of Health and Social Behavior* közölte. A szerző két szociológus, *Hui Liu* és *Linda Waite*. Az öregedéssel foglalkozó programból 57–85 esztendős nők és férfiak adatait dolgozták fel. A tudományos értékelést a gyengébb nem 469 és a férfiak 739 házasságban élő tagjának anyagából végezték.

A vizsgálati alanyok nemcsak részletes vallomást tettek a házastársukkal való együttélés részleteiről, hanem gondos egészségügyi vizsgálatokon is részt vettek. A kórtörténetet a kardiovaszkuláris panaszok felvétele mellett részletes vizsgálat, vérnyomásmérés, a C-reaktív protein meghatározása egészítette ki. A kutatók kiemelten foglalkoztak azzal, hogy a kor előre haladtával az együttélés változott-e, és ha igen, milyen irányban.

A rossz házasság – például egy állandóan követelőző élettárs – egyértelműen szívbetegségek kifejlődéséhez vezet. Az eredmények értékelésében a szerzők azt is kiemelik, hogy a negatív hatás nagyobb mértékben érvényesül, mint az ellenkezője: a jó házastársi kapcsolat kedvező befolyása csak szerényen érzékelhető.

A szívbetegség kockázata az évek múlásával mind kifejezettebben érvényesül. Ahogy az évek telnek, a rossz házasság mind ingerlőbb, a szervezet immunrendszere tovább romlik, az egyéni érzékenység mind nagyobb – nyilatkozta Liu professzor.

Igen fontos felismerés, hogy a rossz házasságnak a szív állapotát rontó hatása a nők esetében sokkal kifejezettebb. A nők a házasság romlását erősebben megélik, könnyebben kerülnek depresszióba, és ennek megfelelően még hajlamosabbak szívpanaszokra, mint a férfiak.

Az utóbbi különbség azzal is magyarázható, hogy a beteg férjlet a feleség általában fokozott figyelemmel kezeli, ápolja; ha az asszony betegszik meg, ritkán kap melegebb gondoskodást, mint egyébként.

A MAGNÉZIUM ÉS AZ EGÉSZSÉG

Az emberi test mintegy 25 gramm magnéziumot tartalmaz, melynek 50–60%-a a csontokban, a többi a lágyrészekben található. A testben lévő magnéziumnak 1%-nál is kisebb hányada van a vérben, de a magnézium vérszintjét a szabályozás szigorúan meghatározott szinten tartja. A szérumban normális magnéziumkoncentrációja 0,75–0,95 mmol/l. A magnézium homeosztázisát döntően a vese szabályozza, a vizelettel naponta átlagosan 120 mg mennyiség ürül ebből a makroelemből.

A javasolt napi magnéziumbevitel az életkortól és a nemtől is függ. Gyermekekben 1 és 8 éves kor között 80–130 mg az ajánlott napi bevitel, 9–13 éves korban pedig 240 mg. A további korcsoportokban már különbséget kell tenni a fiúk és a lányok között. Az erősebb nemhez tartozóknak 14 éves kortól kezdve napi 400–420 mg magnézium elfogyasztása ajánlott, a lányok és a nők számára pedig 320–360 mg.

A szervezet magnéziumszintjét nem könnyű mérni, mivel a makroelem legnagyobb része a sejteken belül található. Ez azt jelenti, hogy a szokásos módszer, a vérszint meghatározása keveset árul el a szervezet magnéziummal való ellátottságáról. Tudományos vizsgálatokban a toleranciapróbát használják, amikor magnéziumterhelést követően a vizeletben mérik a magnéziumürítést.

A tünetet is okozó magnéziumhiány kialakulása egészséges emberben ritka, mert ha a bevitel kevés, a vese felel a magnéziumürítést. Bizonyos kóros állapotokban, ha krónikusan kevés a magnéziumbevitel, vagy ha fokozott a makroelem vesztesége, például krónikus alkoholizmus esetén, kialakulhat magnéziumhiányos állapot. Pedig a magnézium az utóbbi évek vizsgálatai szerint enyhén csökkenti a vérnyomást: egy analízis adatai azt mutatják, hogy a diasztolés nyomás mérséklődik magnézium hatására. Az Egyesült Államokban a Nurses Health Study eredményei azt igazolták, hogy a 26 évet meghaladó megfigyelési idő során a bőséges magnéziumbevitellel élő csoportban a hirtelen szívhalál előfordulása csökkent.

A magas magnéziumszint általában kedvező hatásúnak tűnik a szív-érrendszeri betegségre, de a szélütés gyakorisága is csökken, a cukorbetegség is ritkább. Ezt a 2-es típusú diabéteszre vonatkozó felismerést is döntően metaanalitikus értékeléssel igazolták. A magnézium fontos szerepet játszik a csontsodásban. Meggyőző tanulmányok azt jelzik, hogy a változás kora után a nők osteoporózisában a magnézium igen kedvező hatású. Az is szerepel a magnézium klinikai hatásai között, hogy bizonyos esetekben a migrén típusú fejfájást csökkenti.

Forrás: Weberovos



(2015. január 5.)

A FEHÉR AKÁC

A robinia (*Robinia pseudoacacia* L.), a fehér akác táj- és talajregeneráló fajfajként van nyilvántartva, ugyanakkor jelentősége erdőtelepítési szempontból vitatott.

Németország egyik tartománya, Brandenburg már 340 éve ad otthont az észak-amerikai fajfajnak, az akácnak, jelenleg is országosan a legnagyobb, kerekén 10 000 hektár erdei állománya van, amely többszörösen túlkoros, gondozást igényel, faanyaghozamának értéke pedig elégtelen. Vegyes állományban az akác gyakran intoleráns. Idegen származása miatt konzervatív természetvédelmi körökben ökológiai szempontból vitatott. Ugyanakkor főleg elragadó gesztje miatt egyre inkább keresik a kétes eredetű import trópusi fa helyett, hiszen Brandenburg erdeiben nincs nála keményebb, tartósabb és erősebb fajfaj. Saját létjogosultságáról, fontosságáról végül ez a gyorsan növő fajfaj feltűnő hő- és szárazságtűrésével, valamint csodálatos virágzatával, melynek a kedvelt brandenburgi akácmezet köszönhetjük, győzi meg az illetékeseket. Konferencia keretei között kíséreltek meg megoldást, lehetőségeket találni arra, hogyan lehet a meglévő akácállománnyal hatékonyabban gazdálkodni, s ez milyen esélyeket, illetve veszélyeket rejt.

Vizsgálatok igazolják, hogy a legalább 5 éves rotációs idő az átlagos éves össznövekedést fokozza. Minimum 5 éves rotációs idő szükséges a gazdaságos fakitermelési technológia alkalmazásához és vezethet pozitív üzemi eredményhez. Erdőgazdálkodási szempontból ajánlatos a kombinált irányítási rendszer felépítése. A 10 éves állománykor elérése előtt ki kell választani a jövőfákat és közvetlen közelükből a fák kivágásával szabadabbá kell tenni őket, helyet kell biztosítani növekedésükhöz. A jövőfák értékhozók, különösen a kiváló minőségű törzsek nevelése szempontjából. A maradék mellékállomány legalább 10 éves rotációs időben gondolkodva elsősorban energetikailag hasznosítható, később pedig oszlopokként, ipari faként való anyagi hasznosítása jelentős.

Ráműtettek arra, hogy az akáccal való jövővelmező gazdálkodás az állománygazdálkodás folytatásával Brandenburgban is lehetséges. A sarjerdők kivágása minden forgatókönyv szerint megelőzi a szálerdő kivágását. Az erdőművelés fokozásához figyelembe kell venni a helyszíni adottságokat, lehető-

ségeket. Az akác esetében is az üzembiztonsági eredményt nagymértékben befolyásolja az állomány hitel-, illetve fizetőképessége és minősége, valamint a lehetséges fűrészáru-bevételek.

A konferencián foglalkoztak az akác generatív és vegetatív szaporodástól függő genetikai változatosságával is. Sok idősebb állományban jellemző klónozott szerkezeteket mutattak ki, ami a természetes elterjedési területen ugyancsak jellemző. Fiatalabb telepített állományokban is megtalálható az egyes domináns klónok vegetatív elterjedése. Az ültetett csemeteállományok genetikai összetétele utal a rendkívül változatos magkeverékek alkalmazására. Az akác neofita, azaz újonc, amely bekerült Németországba, meghonosodott, s Németországon belül Brandenburgban ugyancsak honossá vált és helyileg invazív lehet.

Szó esett az akácfa sokoldalú felhasználásáról és a piacról is. Kiváló faipari tulajdonságainak köszönhetően az akác általánosan felhasználható, teljes értékűen helyettesíthető a trópusi fákat, s mivel impregnálása nem szükséges, egészségtechnológiailag érzékeny területeken is alkalmazható. Az akác iránti igény jelenlétét is bizonyítja a Magyarországról, Romániából és Horvátországból érkező magas import. Ahhoz, hogy a felhasználását jelentősen fokozni lehessen, célzott erdőművelési stratégiákkal és a piac változásairól való fokozottabb tájékozódással jobb minőséget kell megcélozni, az akácot ugyanis a statisztika eddig nem kezelte külön.

A méhészet szempontjából az akác különös jelentőségét jellemzi a feltétlenül említésre érdemes mézhozama. Az akácot kb. 25 éves korától 150–1000 kg/hektár mézhozam jellemzi. Első becslések szerint Brandenburgban elméletileg akár 17 500 tonna méz lehetne termelni évente, amivel Németország átlagos kb. 20 ezer tonna/év méztermelését csaknem megduplázná. Átlagosan 15 kg/méhesalád terméshozam esetén elméletileg akár 1,17 millió méhesalád is telepíthető akácmezt termelése céljából. A méhesaládok teljes száma jelenleg Németországban kb. 700 ezer!

Az akác jelentősége abban is megmutatkozik, hogy Németországban a teljes mézhozam 20 %-a akácmezt; ez azt jelenti, hogy a fajtamézt 60%-ának 1 virágfajtától kell származnia. A fajtamézek közül az akácmeztnek fruktóz-glukóz aránya a legmagasabb, színe világos, vízszínűtől a világossárgáig terjed, lágy és aromás virágmézt, valamint – s ez csak az akácra jellemző – nem kristályosodik, mindig folyékony. Végül egyszerűen finom és egészséges.

A konferencia célja az akác jelentőségének hangsúlyozása volt. Növekedésével, erdőgazdálkodási kezelésével és hasznosításával kapcsolatos kérdések több szempont-

ból is tisztázódtak, vannak még ugyanakkor tisztázatlan kérdések is: keveset tudunk az ökoszisztémás összefüggésekről, az akác gyengeségeiről. Ezeket a jövő generációjának kell kutatnia.



(2015. január 15.)

A TELJESÍTMÉNYKÉNYSZER VESZÉLYEI

Ha valaki akadémiai állásra pályázik, vajon milyen szempontok fogják eldönteni, hogy kit alkalmaznak a jelentkezők közül? Az ismertség a kollégák körében, az oktatási képességek, a kollégákkal való kapcsolat vagy a kreativitás? A legtöbb kutató intézményben két tényező söpri le az összes többit: a publikációk és a pályázó által potenciálisan szerzhető kutatási támogatások. Mivel a kutató alapvető feladata a kutatás végzése és az eredmények publikálása, ezek ésszerű kritériumoknak tűnnek, de problémát jelenthet, ha minden másnál fontosabbá válnak.

Sokan már korábban felismerték, hogy a publikációk száma önmagában nem túl hasznos módja a kutatók értékelésének. Egyes pályázatoknál a kutatók maximum 4–5 publikációt nyújthatnak be, és sok munkaadó is hasonló megközelítést alkalmaz: a munkára vagy támogatásra pályázóktól egy meghatározott számú, specifikus publikációt kérnek, nem pedig a teljes publikációs listát. Ez arra ösztönzi a kutatókat, hogy inkább kevesebb, de ütősebb publikációt produkáljanak.

Inkább a minőség számít, mint a mennyiség, így a munkaadók többsége olyan pályázókra vágyik, akiknek minél magasabb impakt faktorú folyóiratokban jelennek meg publikációik. Emiatt viszont a folyóiratok impakt faktorának figyelembe vétele elsőszámú szemponttá vált a kutatók számára is. Ez oda vezetett, hogy a kutatók hónapokat, ha nem éveket fecsérelnek el arra a demoralizáló folyamatra, hogy ugyanazt a kéziratukat sorozatosan nyújtják be a különböző folyóiratokhoz az egyre csökkenő impakt faktoroknak megfelelően, míg végül valamelyik lap elfogadja a cikküket. Ez a trend hátrányos a tudománynak, és nem csak azért mert késlelteti a kutatások mielőbbi publikálását. A magas impakt faktorú lapok egyik problémája, hogy azok a hírtérket tartják a fő kritériumnak, amikor arról döntenek, hogy mit fogadjanak el publikálásra. Habár törekszenek a módszertani és szakmai szigorúságra

is, ez általában második helyre szorul az „érdekesség” mögött. Egy jól megtervezett kísérlet negatív eredményei valószínűleg soha nem kapnak zöld jelzést egy magas impact faktorú folyóiratban, és így a szakirodalom a valóság némileg torzított képét tárja elénk. Sőt, a legmagasabb impact faktorú folyóiratoknak gyakran alacsonyabb elbírálási standardja van, mint az alacsonyabb impactú, specializáltabb lapoknak, mert a szerkesztőknek érthető módon nincs ugyanolyan magas szintű szakértelmük minden szakterülethez. Ráadásul a magas impactú folyóiratok általában csak rövid cikkeket közölnek. Például a módszertani részeket számúzik a mellékletbe, így érve el, hogy a legizgalmasabb eredményekre irányítsák a figyelmet, de közben háttérbe szorítják a kutatás lényeges részeit.

Szintén kétséges lehet a kutató által sikeresen pályázott pénzeket a kutatási eredményesség legfontosabb indikátorának tekin-

teni. Sok egyetemen a költségvetés jelentős arányban kötődik a kutatási támogatásokhoz. Emiatt olyan furcsa szituációk állhatnak elő, hogy azt a kutatót, aki kevés támogatással vagy akár támogatás nélkül ér el fontos eredményeket, jóval kevésbé értéklik, mint a hatalmas támogatásokat kapó, de aztán kevesebb eredményt elérő kollégáját. A jelenlegi akadémiai életben a pályázókat arra ösztönzik, hogy inkább drága kutatási javaslatot írjanak, mint takarékosat. Bármilyen furcsa, néhány csúcskutató a múltból nem tudna talpon maradni a jelenlegi rendszerben, mert a kutatásuk nem lenne elég drága. Mintegy 40 évet felölelő karrier után Daniel Kahneman elegáns kísérletei 2002-ben közgazdasági Nobel-díjhoz vezettek, pedig nem igényeltek drága berendezéseket vagy nagy kutatócsoportokat. Az ilyen kutatások azonban leértékelődnek a jelenlegi rendszerben, mivel nem generálnak elég nagy kutatási bevételt az intézményeknek.

A magas impactú publikációk és a nagy összegű támogatások felértékelődése azokat jutalmazza, akik elérik ezeket a célokat, és akiknek így anyagi érdeke van a status quo állandósításában. Emiatt viszont kikerülnek a rendszerből olyan kutatók, akiket pedig meg kellene tartani: akik önmagáért érdeklődnek a tudomány iránt, nem csak a személyes előremenetel lehetőségét látják benne. Ha egy kutatónak választási lehetősége van, hogy a részletes kutatását publikálja egy közepesre rangsorolt lapban, vagy a problémás észleléseket kihagyó lerövidített verziót a magas impact faktorú lapban, sokan karrierjük öngyilkosságának érzik az előbbi irányba menni. A tekintélyes folyóiratokra való túlzott koncentráció elősegíti azt a hibás gyakorlatot, hogy a szerzők rendszeresen túlértékelik eredményeik jelentőségét, a tudomány „trendi” területei hosszú időre betetonozódnak, és fontos, de nem elég szenzációs eredmények publikálatlanok maradnak.

KÖNYVSZEMLE

VARRÓ VINCE: Az én huszadik századom zárójelentése (Corfiota Kft., Szeged, 2013)

Némely főállású írók a lelkük üdvösségüket is odaadnák, ha ilyen mennyiségű s minőségű szöveget elő tudnának állítani ennyi hitelességgel és atmoszférateremtő erővel, mint amit Varró Vince gasztroenterológus professzor hozott létre e köteté révén, főleg saját maga szórakoztatására, mintegy mellékesen. A nemzetközi hírvé, idén 94 esztendőszakember – akit Nyugat-Európától az Egyesült Államokon át Japánig ismernek s elismernek orvostudományi berkekben – önéletrajzi kötete, mely nemsokára angolul is megjelenik, szinte a XX. század krónikája. Pontosabban: több mint a XX. századé, hiszen jelen századunkról is ír a szerző, egészen 2013-ig.

Életének első szakaszát részben a lapangó antiszemitizmus hatása alakította; fiatalága volt életének legnehezebb korszaka, mikor az, hogy ő és sorstársai minél rosszabbul érezzék magukat – amint írja – „állami cél” volt. Egyébiránt jellemző rá, hogy mindenből – ebből is -- igyekezett a legtöbbet kihozni, s mindennek a jó oldalát nézni. Mint munkaszolgálatost a bori munkatáborban dolgoztatták, és szabadulása után a balkáni hegyek szépsége volt az, ami elsőként eszébe jutott, ha erről kérdezték; a kegyetlen lágerparancsnok s hasonlók csak utána következtek.

Ahogy írja, a gének és a szerencse határozza meg, ki milyen pályát fut be életében. Varró Vince szegedi klinikai tevékenysége során nemzetközi hírvé gasztroenterológiai

centrumot hozott létre. Hosszú ideig ő töltötte be a Magyar Gasztroenterológiai Társaság elnöki tisztségét, s nagyon sok hazai és külföldi szakmai díjat kapott. Számos szakkönyvet írt, szerkesztett. E csaknem 500 oldalas kötete, mely akár család- s történelmi regényként is olvasható, bővelkedik humoros, illetve szívszorongató részekben. Előbbire példa egy francia kollegája véleménymódosulásának leírása a magyar viszonyokról, aki a negyvenes években konzervekkel megrakodva érkezik Magyarországra, s elviszik a Mátyás-pincébe. Utóbbira példa az egyedül maradt Vogel néni leírása. El kell olvasni a könyvet! Emberebbek leszünk tőle; az előzőekhez képest sok mindenre jobban rálátó, tájékozottabb emberek.

FARKAS CSABA

KERÉNYI LILLA: Csillagmesék (Budapest, 2014)

Valódi mesekönyvről lapunk majd' 150 éves történetében nem sok beszámoló születethetett. Pedig a jó mesék közismerten jól használhatók a pedagógiában és az oktatásban. Ugyanez érvényes a tudományos ismeretterjesztésre is, bár erre kevesebb példát lehet találni. Manapság számtalan, gyerekeknek szóló ismeretterjesztő kiadvány jelenik meg, de szinte mindegyik azt az elvet követi, hogy a tudományt egyszerűsíti le vagy alakítja át a célközönség (vélt vagy valódi) tudásszintjére. Kerényi Lilla azonban a másik irányból közelítette meg a problémát. A gyerekekből, s az ő gyermeki, mesészerű világukból indult ki, és ebbe a mesevilágba épített be néhány

alapvető csillagászati ismeretet. A könyv hét mesét tartalmaz – bizonyára azért, mert a hét meseszám. Ezeknek semmi közük az égitestekkel kapcsolatos klasszikus mitológiai történetekhez, saját művekről van szó. Szó esik bennük a Napról és Holdról, a bolygókról, közülük külön is a Jupiterről és felhősávjairól, különféle típusú csillagokról, csillagképekről, sőt még az üstökösökkel kapcsolatos hiedelmekről is. A mesék hagyományai szerint a szereplők megelevenednek, emberi tulajdonságokat kapnak, konfliktusba keverednek egymással és a világgal, vagy ha úgy tetszik, az égbolt többi „lakójával”.

Már az alsós gyerekek is meglepően sokat tudnak az égitestekről. Kerényi Lilla is a gyermekek fogékonyságát használja ki. Az ilyen történetek jó hatással vannak a gyerekek képzeletvilágára, s ezeken keresztül könnyebben rá lehet irányítani a figyelmüket egy-egy témára. Jelen esetben a csillagos égbolt szépségére, amiben sajnos a városi gyerekek egyre kevésbé gyönyörködhetnek. A kötetet a néhány látványos asztrofotón kívül a szerző – a mesékhez il- lő hangulatú – rajzai díszítik.

E sorok írója is elolvasta a meséket, természetesen egyesével, minden este, elalvás előtt, ahogy illik. Majd azt a tanulságot vont le, hogy a gyermekmesékben nagy lehetőségek rejlenek kihasználatlanul – kicsiknek és nagyoknak egyaránt.

A könyv magánkiadásban jelent meg, s bár kapható néhány helyen, Budapesten, de célszerű az interneten a <http://www.csillagmesek.hu/> oldalon kapcsolatot keresni a szerzővel.

T. Z.

300 ÉVE SZÜLETETT

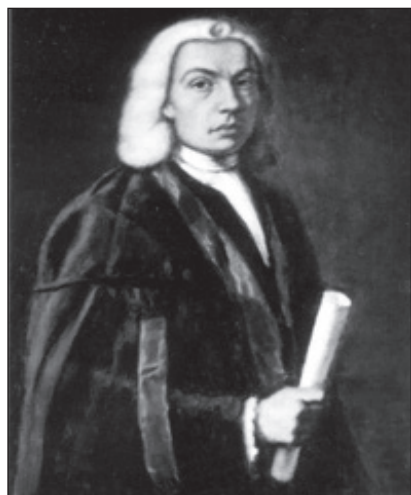
Maróthi György (1715–1744) élete és munkássága

KÁNTOR SÁNDORNÉ

300 éve született Maróthi György¹ a Debreceni Református Kollégium matematika-fizika, történelem, földrajz, latin irodalom és retorika professzora, a magyar matematikaoktatás egyik legmesszebbre ható tanáregyénisége. Hatása általános, országos és korszakalkotó volt. Ismerte kora legjobb tudósainak munkásságát és tudományos eredményeit. A reáliákat ő tette elismertté. Kezdeményezésére állították fel az első debreceni csillagvizsgálót.

Magyar nyelven írt *Arithmetica* című könyve (1743, 1763, 1782) hosszú időre kijelölte a matematika tanításának anyagát és a tanulási elveket. Matematikai műszavainak többségét ma is ugyanúgy használjuk, ahogy ő megalkotta.

Reformtörökvéseinek kifejtését az *Idea* (1740) és az *Opiniones* (1741), majd a *Methodus* (1770) című munkák-



Maróthi György (M. L. Zeuger festménye 1734-ből a debreceni Református Kollégium Iskolatörténeti Múzeumában)

ban találjuk meg. Nézeteivel egy évszázadra megalapozta a matematika tanítását.

¹ Megjegyezzük, hogy születésének pontos dátuma sokáig nem volt ismert, így igen sok forrás csak a születési évet jelöli meg. Téves adat van az újabb lexikonokban, a Wikipédiában, Sain Márton könyveiben



Keresztelési Anyakönyv 1703–1726

Maróthi volt a Debreceni Református Kollégium Kántusának a megszervezője. Nagy jelentőséget tulajdonított a művészi énektanításnak is, megjelentette az első magyar nyelvű zeneelméleti munkát.

Leghíresebb tanítványa Hatvani István, a debreceni Református Kollégium későbbi, legendás híró professzora, a magyar Faust volt.

Maróthi György élete és pályafutása

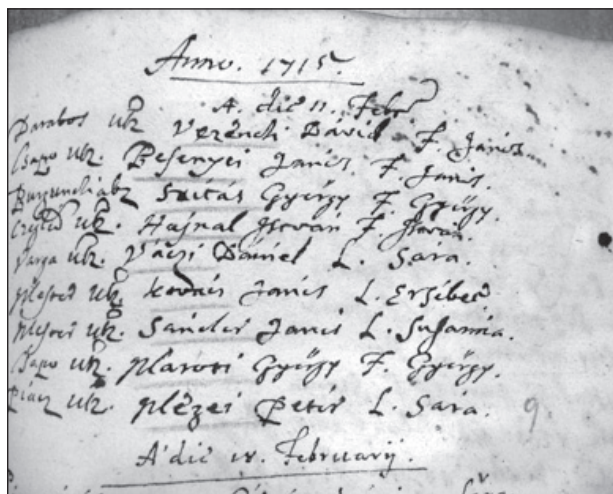
Maróthi György 1715. február. 11-én született Debrecenben² és 1744. október 17-én halt meg. Édesapja, Maróthi György debreceni szenátor, a város „ügyésze”, „külgügyminisztere”, levéltárosa, és 1731-től főbírája volt. Édesanyját Gácsy Erzsébetnek hívták. Négyen voltak testvérek (Sára, György, Mária és Sámuel).

² A debreceni Református Egyház 1703–1726. évi keresztelési anyakönyvének 178. lapján 1715. febr. 11-ről a következő bejegyzés található: „Csapó utz. Maróti György F. György.”

Édesapja jártas volt a jogtudományban. Tudott latinul, németül. Jó diplomáciai érzékkel rendelkezett. Fiát először ő tanította, utána adta be az ősi debreceni Kollégiumba. 1729-ben 14 évesen írták be a felső tagozatba.

Diákévei alatt a Kollégiumban a latin nyelv volt a legfontosabb tantárgy. Az alsóbb osztályokban számtanból az alapműveleteket és néhány egyszerűbb számolási eljárást tanítottak. A felsőbb osztályokban már többet foglalkoztak matematikával. Maróthi nem találkozott a Debreceni Arithmetikával, a legrégebbi magyar nyelvű Arithmetikával, valószínűleg Menyői Tolvaj Ferenc Arithmetikájából tanult.

Tanártársa, Szilágyi Sámuel professzor jellemzése szerint: „Már gyermek korában kitűnt elméje csodálatos fogékonysága, és ragyogó emlézőképessége, s ami még a felnőtteknél is ritka, ítélőképessége és hihetetlen kitartása. Alig haladta meg a hat évet, már szillogizmusokban szövögetett találós kérdéseket, rejtvényeket oldott meg, s ami sokak számára csodának tűnik, matematikai bizonyításokat vezetett le.”



Bejegyzés Maróthi György születéséről a 178. lapon 1715. február 11-én

Pedagógiai ismereteit Comenius tanúból merítette. Debreceni évei alatt ismerkedett meg a puritán teológiai eszmékkel is.

16 és fél évesen, középiskolai tanulmányainak befejezése után, vágott neki az európai útnak, alapos latinnyelvismerettel, a reáliákban, a matézisben való jártassággal,

Neves tudósokkal kötött ismeretséget. Kapcsolatba került a tudomány népszerűsítésével foglalkozó *Muesschenbroek professzorral*, és tisztában volt kora filozófiai elveivel. Megismerte korának legjobb tudósait és azok munkásságát, az algebrában, a geometriában elért eredményeit.³

1738-ban tért haza Debrecenbe, hatalmas tudással, széles körű nyelvismerettel (francia, angol, német, olasz és holland) és rengeteg könyvvel.⁴ Itthon megnősült, feleségül vette Szódi Katalint, Szódi Istvánnak, Debrecen első papjának a leányát. Házasságukból három gyermek született, de mind-egyikük meghalt kiskorában.

Hazatérése után az ősi Kollégiumban megkapta a betöltetlen IV. tanszéket. Tanított történelmet, földrajzot, görög és római régiségtant is. Küzdött a görög nyelv jobb tanításáért. Összesen 6 évig tanított, ebből matematikát 4 évig, 1740-től 1744-ig, megdöbentő váratlan haláláig. Hat nap alatt vitte el a dysenteria a 29 éves ifjút.⁵



A Debreceni Ref. Főiskola épülete 1802 előtt

a filozófiában, a görög és héber nyelvekben való kellő tájékozottsággal. Hat és fél évet töltött mint peregrinus diák külföldön, elsősorban Svájcban (Zürich, Bazel, Bern) és Hollandiában (Groningen).

Neves tudósokkal kötött ismeretséget. Kapcsolatba került a tudomány népszerűsítésével foglalkozó *Muesschenbroek professzorral*, és tisztában volt kora filozófiai elveivel. Megismerte korának legjobb tudósait és azok munkásságát, az algebrában, a geometriában elért eredményeit.³



Debreceni Református Kollégium diákjai tógában (1624–1774)

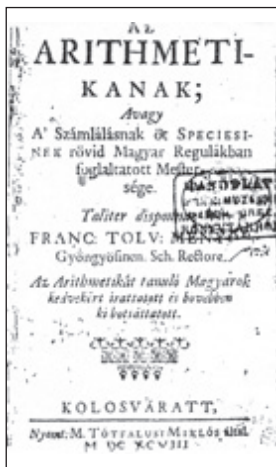
minden erény ragyogó példáját nyújtotta benne a természet, úgy az isteni szellem számára nagyszerű lakóhelyet is biztosított. Termete közepszerűen magas és sudár; teste ügyes és elég erős ahhoz, hogy a szellem parancsait teljesítse, s végtagjai mintha csodaképpen díszerű születtek volna. Mily kedvesség lakozott szájában, mennyi kellem az arcán! S végül egész testének az állása, mely a leghozzáilőbb módon öltötte magára a méltóságot, csak a követ nem tudta volna megindítani.⁶



Debreceni Arithmetica (1737)



Kolosvári Arithmetica (1591)



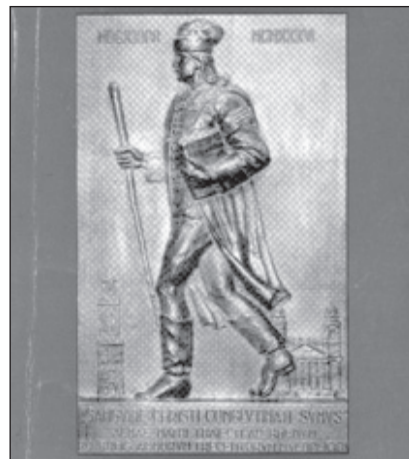
Menyői Tolvaj Ferenc: Arithmetica (1698)

Zürichben kezdett zenét tanulni, Bazelben szerzett lelkészi diplomát.

A matematikával a bázeli egyetemen került szorosabb kapcsolatba, ahol *Johann Bernoulli I.* volt a matematikaprofesszor. Hozzáfogott *Lamy: Elementa Arithmetices* című munkájának tanulmányozásához. Ekkor már sejtette, hogy hazatérése után Debrecenben matematikát is kell majd tanítania. Svájc után Angliába készült, de tervezett útja elmaradt, helyette Hollandiában Groningenben folytatta tanulmányait. Itt sok matematika tárgyú könyvet vásárolt, amelyeket hazajövele után a Kollégiumnak ajánlkozott.

Kortársai szerint feltűnően szép, kiváló testi és szellemi adottságokkal rendelkező ember volt. Szilágyi Sámuel leírása szerint: „ahogy

3 Leibniz, Newton, Ch. Wolff.
4 Az 1735-ben vásárolt könyvekről maga Maróthi számolt be: Wolff: Systema műve, Wallis, Gregorius Sanctio Vincentio munkái, Newton: Arithmetica, Prestet: Algebra, Clause: Euklidész, Cartesius: Geometria, Barrow: Euklidész.
5 Özvegye Varjas János kecskeméti rektorhoz ment férjhez, aki később a Debreceni Református Kollégium professzora volt. (Csákvári) Varjas János nevéhez fűződik Maróthi Arithmeticiájának 1763-as és 1782-es kiadása mértéktartó, elsősorban a pénznemek változását követő, átdolgozásban, illetve Maróthi zsoltáros könyvének későbbi kiadása. A változtatásokat az általa írt előszóból tudhatjuk meg.



Peregrinus diák (emléktábla az Utrechti Egyetem falán)

6 Szilágyi Sámuel: Oratio funebris. in Museum Helveticum (Tiguri) 1746. évfolyam, Part. Sec. 249-280.



A Soltároknak Négyes Nótájuk (1743)

Lépéseket tett az ifjúság énekkultúrájának megjavítására. Elindította a „kóták szerént való éneklés mesteriségét.” A többszólamú éneklést akarta megvalósítani. 1739-ben szervezte meg a *Kollégiumi Kántust*. Két zsolttár kiadásában is közreműködött. Az első magyar nyelvű és egyszólamú volt, a másodikat – *A Soltároknak Négyes Nótájuk* – 1743-ban adták ki és négyzólamú volt. Ez volt az első magyar nyelvű négyzólamú zsolttárkönyv. Függelékében jelent meg az *első magyar nyelvű zeneelméleti munka*, a *Soltároknak a kóták szerént való éneklésének mesteriségének rövid summája*.

Az első Kántus (Gáborjáni Szabó Kálmán falfestménye)



Az első Kántus című Gáborjáni Szabó freskó az Oratóriumhoz vezető lépcsőházban

Fontosnak tartotta a városi nyomda fejlesztését, a könyvtár gyarapítását. Az ő nevéhez fűződik az első debreceni

csillagvizsgáló felállítása.

Nagyon sok megpróbáltatásban volt része. 1739-ben a városra áterjed Erdélyből a pestisjárvány. A diákok szétszélednek. Az ifjú professzor ezt az időszakot használta fel arra, hogy *Ch. Wolff* könyveinek az olvasásával felkészüljön a matematika és a fizika oktatására.⁷ Ez a két tantárgy abban az időben még nem vált szét. Maróthi Lipcséből hozott egy légszivattyút és más fizikai kísérleti eszközöket.

Legtehetségesebb tanítványa Hatvani István volt, aki

Hoffhalter Rudolf nyomdájában készült, de szerzőjének személye ma is vitatott. Ennek a 3. bővített kiadása a *Kolozsvári Arithmetika* (1591).

Debrecenben nyomtatták ki *Paduai Julius Caesar: Practica Arithmetica* könyvének első magyar nyelvű kiadását 1614-ben, *Menyőfi Tolvaj Ferenc Arithmeticiáját* 1674-ben, amit az iskolai tanításban kb. 60 évig használtak. Ezek a munkák mind gyakorlati jellegűek voltak, a kereskedelem, a gazdasági ügyintézés, a pénznemek, a különböző mértékek átváltásait, az egyszerűbb számításokat tartalmazták a polgárok és a kereskedők számára érthetően, a civis társadalom nagy meglegedésére.



Maróthi: Arithmetica (1743)



Maróthi: Arithmetica (1763)



Maróthi: Arithmetica (1782)

először Maróthi óráin látott fizikai kísérleteket, amelyeket nagyon megszeretett. Halála után emlékére Hatvani István egy klasszikus elégiát és három epigrammát írt.

Matematikai előadásait *Weidler* (1692–1755) wittenbergi matematika-professzor *Institutionis Matheseos selectio observationis illustratae* című munkájára támaszkodva tartotta.

Célja az volt, hogy a debreceni Kollégiumban a matematikatanítást a kezdetleges színvonalról európai főiskolai színvonalra emelje. Ezzel egy évszázadra megalapozta a matematika debreceni tanítását.

Debrecen szerepe a XVI–XVIII. századi matematikaoktatásban

Debrecen kiemelkedő szerepet játszott a matematika magyar nyelven történő oktatásában. A legrégebbi magyar nyelvű matematikakönyv az ún. *Debreceni Aritmetika* (1577, 1582)⁸, Debrecenben

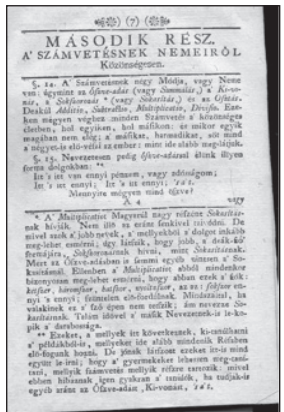
Ebbe a munkába kapcsolódott be Maróthi György is. Az ifjú professzor több oktatási és nevelési reformot valósított meg a Debreceni Református Kollégiumban. A hazai oktatás színvonalának az emelésére két kéziratos tervezetet készített: *Idea* (1740), *Opiniones* (1741).

Maróthi Györgynek, Szilágyi Sámuel professzorral együtt, igen nagy érdeme az, hogy elismertté tették a reáliákat. A humán tudományok mellett helyet biztosítottak a reáliáknak, és a latin-filológiai irányzattal szemben az élő modern nyelveknek (francia, német). Egészen az 1850-es Entwurfig, ami bevezette a szaktárgyi oktatást és az érettségit, a református iskolák számára Maróthi György reformtörvényesei és az Opinionesben kifejtett nézeti alapján 1770-ben elkészített első nyomtatott tanterv, a *Methodus* volt az irányadó. A *Methodus*ban a matematika tananyag Maróthi tankönyvének az anyagával egyezett meg.

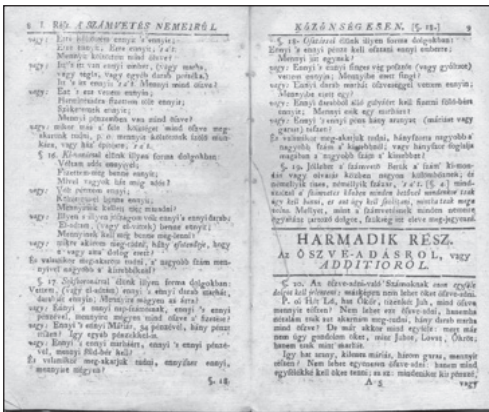
Az első állami tanterv, az I. Ratio Educationis (1777) iktatta be az országot minden egyes iskolájában a matematikát a tantárgyak sorába, de ez lényegében

⁷ Ezekről barátjához, Jacob Christoph Beckhez írt leveleiben számolt be.

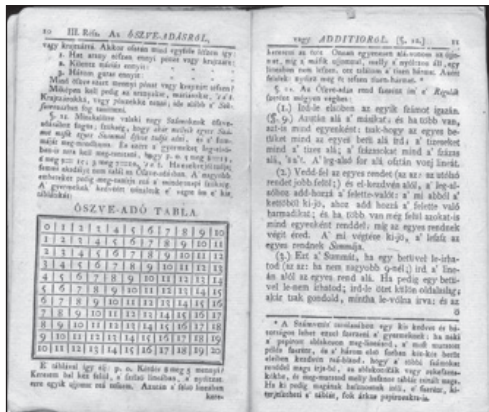
⁸ A Debreceni Arithmetika elnevezés Dávid Lajos professzortól származik.



A 7. oldal



8-9. oldal



Összeadó tábla

nem különbözött Maróthi tantervétől.

A református iskolák tantervei jobbakk voltak, mert egyszerűt átvették az állami tantervből azt, ami idősebb, másrészt megpróbálták a hibákon változtatni, vagyis enyhíteni a tananyag zsúfoltságán, a matematika tananyagának és tanításának több évfolyamra való széthúzásával. Így jobb eredményeket értek el.

A debreceni Ratio 15 osztályos iskolarendszert szervezett, ami meglehetősen rugalmas volt.

Igen találóan jellemezte Klamarik János: „a régi protestáns iskolák érdeme nem is tanterveik kitűnőségében rejlik, hanem a nemzet nyelvének és irodalmának kiváló művelésében és a tanítás szabad gondolkodás módjában, a mi magából a protestáns szellemből következett.”⁹

Valóban, ennek a korszaknak egyik legnagyobb érdeme a magyar nyelven történő oktatás bevezetése, mert így az alsóbb osztályokban több szakmai ismeretet sajátíthattak el a tanulók, nem kellett előbb még a latin nyelvvel is megbirkózniuk. Másik érdeme az, hogy európai színvonalat honosított meg a magyar matematikai oktatásban.

Maróthi György matematikai munkássága

Legjelentősebb alkotása az *Arithmetica*, vagy *Számvetésnek mestersége, Mellyet irt, és közönséges haszonra, főképpen a Magyar Országban előfordulható Dolgokra* alkalmazni igyekezett Maróthi György.

Ez a munka egy európai színvonalú, kiváló munka volt. *Előljáró beszédében* kiemelte, hogy először azt gondolta, hogy valamelyik régi aritmetikából választ egyet a diákjai számára. „Ezen

öt Magyar Arithmetacán¹⁰ kívül többnek nyomába nem akadtam. Ezeket pedig méltónak ítélem így rövid szóval megemlíteni, hogy itt is megmaradjon emlékezetek: A *Debretzenit* pedig nevezetesen azért, hogy ebből kitessék, a *Debretzenieknek* már akkor is a közhasznosra tartozó dolgokban megmutatott szorgalmaskodások.

Én azt a két legrégebb *Arithmetica*t nem láttam: hanem úgy lehet gondolni, hogy azoknál nem fog alávalóbb lenni a Kolozsvári, amely utánok irattatott. A *Gemma Frisiusét* ugyan láttam Deákul, mely derék jó munka. De nem tudom, ha azon módon fordították-e magyarra?

Az említett három Magyar *Arithmetica*t azért vizsgálóra vévén, csak hamar észrevettem, hogy annak egyike sem olyan, aminemű nálunk kívánatik.”

Nem tetszett neki Menyői Tolvaj Ferenc és Onadi János munkája. „A Kolozsvári *Arithmetikát* sok dologra nézve, ama kettőnél, talán mindeniknél jobbnak lehet mondani. De csak ugyan-ebben is igen sok változtatást kellett volna tennünk, és hol kihagynunk, hol bővítenünk, ha ugyancsak a közönséges haszonra kellett volna alkalmaztatnunk. Minek okáért végtére rászántam magamat, hogy inkább egészen újonnan irtok egy *Arithmetica*t úgy, amint legjobbnak gondolhatom: melyet Isten jóvoltából, imé el is végeztem.”

Ez nagyon helyes döntés volt, mert Maróthi György nemcsak kitűnő tankönyvírónak bizonyult, hanem egyben a magyar matematikaoktatás első nagy-szerű módszertanosa, a magyar matematikai szaknyelv egyik sikeres megterem-

tője lett.¹¹

Ez a tankönyv, a módszertani elvek, a matematikai műnyelv döntőek és meghatározó jellegűek voltak nemcsak a debreceni Kollégium és a hatáskörébe tartozó református iskolák számára, hanem a hazai matematikaoktatás egészére.

Kiemelte, hogy:

- A hasznosság, a gyakorlatiasság fontos.
- Azt a tananyagot kell tárgyalni, amelynek ismeretere hazánkban szükséges van.
- Mindent minél világosabban és érthetőbben kívánt megmagyarázni.

Maróthi az *Arithmetica Előljáró beszédében* a következőképpen fejtette ki a matematika tanítására és tanulására vonatkozó javaslatait:

„Ebben pedig im ezekre vigyáztam:

(1.) *Valamit hazánkban szükségesnek gondoltam, semmit sem kívántam elhagyni. Ellenben kihagytam mindent, aminek a közönséges életbe igen kevés hasznát láttam: minemű a Progressio, Radicis Quadratae & Cubicae Extractio. Melyeket a Tanuló Ifjak (akiknek szükség tudni) megtanulhatnak a Deák Mathematicus könyvekből.*

(2.) *Kívántam mindent mennél világosabban és érthetőképpen megmagyarázni: és e végre a munkának egész módját, nem Meseforma Versekre foglalt regulákkal, hanem világos folyó Beszéd-del adtam elő mindenütt.”*

A mintapéldákról a következő a véleménye:

„Ezen végre az első egynehány példának a kimunkálódását is mindenütt szóról-szóra leirtam, amelyeket ki olvas, penna legyen a kezében, és úgy menjen renddel rajta, mert másként szinte olyan

9 Klamarik János: A magyarországi középiskolák újabb szerkezete, Bp. 1893. 168 p.

10 Az említett öt *Arithmetica* a következő: Gemma Frisius könyve (1551, latinul), Debreceni *Arithmetica* (1577, magyarul), Kolozsvári *Arithmetica* (1591, magyarul), Menyői Tolvaj Ferenc: *Arithmetica* (1674, magyarul), Onadi János: *Arithmetica* (1693, magyarul).

11 Tóth Lajosné Keresztesi Mária: A magyar matematikai műnyelv története (1935) disszertációjában foglalkozott Maróthi György nyelvű-tője tevékenységével.

unalmas lesz azoknak olvasása, mint nekem volt a leírása. De amúgy élő Tanító Mester szava helyett léssen.”

„(3.) Minthogy meg eddig a Deákság nélkül való Tanulóknak igen nagy bajt szerettek a Deák nevek, mint *Additio*, *Subtractio*, *Quotiens*; s. a. t. **ÉN hasznosnak ítélem**, mind azok helyett **magyar szókat tenni, melyeket még az asszony-nép is megérthessen**. Még pedig ahol az eddig való magyar szókban nem találtam alkalmatost, új szót is csináltam egynehányat, melyért úgy reménylem, egy okos ember sem fog megítélni, mert ezt nemcsak a tanult nemzetek cselekedték a magok nyelveken, hanem a magyar nyelvben is lehet erre példákat mutatnunk.

Ebben pedig arra vigyáztam, hogy a magyar szóban megmaradjon annak a nyoma, sőt a formája is annak a deák szónak, amelynek helyette van téve. (p. o. *Fractio* magyarul törtszám, *multus*, *multiplex*, *multiplicare*- **magyarul: sok, sokszoros, sokszorozni**).

De ahol más szókat alkalmasabbnak gondoltam, azokat tettem helyekbe. P. o. A *Fractio*knak, hogy a felső számot Numeratornak, az alsót Denominatornak hívják, annak ugyan van valami haszna. De mivel gyakorta abban is megakadhat a gyenge Számvető, hogy a felsőt hívják-e Numeratornak, vagy az alsót? Én jobbnak gondoltam, ha egyiket Felsőnek, másikat Alsónak nevezzük, mert így nem lehet tévedés benne.”

Maróthitól származnak a következő, ma is szinte ugyanabban a formában használatos magyar matematikai műszavaink: összeadás, kivonás, (sok)szor(o)zás, számlálás, törtszám, sok, semmi, osztó, hiba, kerület.

Nem maradtak fenn, pedig érthetőbb lett volna a tanuló számára, a tört számlálójára és nevezőjére javasolt tört felső és tört alsó szavak.¹²

Maróthi világosan látta a probléma lényegét. „(5.) Minthogy a *Fractio*knak tudománya még eddig nálunk sokak előtt igen nehéznek és talán azon az okon szükségtelemnek is látottat, holott az mind a közönséges hivatalokban, mind a *Physicában*, *Geometriában*, s. a. t. teljességgel szükséges; úgy kívántam a Számvetésnek ezt a részét megmagyarázni és világosítani, hogy nem lehetne, elmerem mondani olyan *fractio*knak, amelyekkel az itt előadott mód szerint, szinte könnyen ne lehetne bánni, mint

az egész számokkal, csak a tanulók magokat el ne ijesszék, és egy kis munkát s gyakorlást ne sajnáljanak, amely az *Arithmeticanak* minden részeiben egyaránt szükséges.”

Maróthi tanít. Utasításai nemcsak a tanár számára készültek, hanem a tanuló is megfontolhatja azokat: „A Számvetésben jobb mindent felírni, a memóriára semmit sem kell bízni, mert hamar megcsal.” (4.), A példákban e kettőre vigyáztam: elsöben, hogy legelől mindenütt a könnyebb példák legyenek, a nehezebbek pedig hátrébb, hogy a tanulók könnyebben mehessenek rajtok. Másodsor: amennyire lehetett különböző dolgokból vettem a példákat.”

Ma már természetesnek tartjuk a feladatsorok kitéréséket a fokozatosság, a változatosság elvét, pontosan úgy, ahogy Maróthi György kifejtette.

Maróthi utalt a tantárgyon belüli koncentrációra, az egyes témakörök kapcsolatára, sorrendjére: „Minek utána pedig a gyermek egészen belekapott az *Arithmetica*ba, igen jó léssen ötet apródonként arra szoktatni, hogy nagyobb számokat ne csak elméjében próbálgasson felvetni. Nem lehet pedig kimondani, mely igen hasznos a gyermeki elme élesztésére az *Arithmetica* és ha lehet a *Geometria*. Így szokik rá a gyermek arra is, hogy minden dolgába magára vigyázzon, rendszerető és amint hívják *puntuális* legyen.”

Megállapíthatjuk, hogy Maróthi nemcsak oktatni, hanem nevelni is akarja a gyermekét.

Azt tartotta, hogy „lassan kell sietni”, ha lehet, akkor több eljárást is alkalmazni kell a műveletek elvégzésére. „Igen nagy haszna lesz ennek, nemcsak minden Számvetés megkönnyítésére, hanem főképpen az *Imaginatio* erejének nevelésében, amelynek egész életében sok hasznát veszi az ember.”

Maróthi harcolt azért is, hogy a matematika önálló tantárgy legyen. Az *Opiniones*ben pontosan meghatározta az oktatás időtartamát és a tananyagot.

Munkásságának elismerését bizonyítja a vele kapcsolatban fennmaradt két szállóige is:

„Maróthi szerint ez így van”,
„Kétszer kettő Maróthi szerint négy.”

Maróthi matematikakönyve nagy nyereség volt, mert a nagyobb tanulónak kézikönyvévé vált, a tanítók számára pedig vezérfonalat adott. A címisek elégedettek voltak vele, mert a tárgyalt témák a közélet, a valóságos mindennapi élet szükségleteit elégítették ki. A gyerekek számára a számolást a pénzzel való tényleges manipulálás tette szemléletessé. Akik nem tudtak írni, azok számára a *parasztszámvetés* volt a megoldás,

amelynél golyókkal, kövecskékkel végezték el a műveleteket.

A mai kor emberei és diákjai számára is érdekesek Maróthi példái, hisz a korabeli társadalmi, gazdasági, történelmi, szociális viszonyokról, a különféle pénz-, hossz-, úrmértékegységekről adnak felvilágosítást.

Maróthi Arithmetikájáról

A könyv 11 részből áll. Teljes címe: *Arithmetica, vagy számvetésnek mestersége, melyet irt, és közönséges haszonra, főképpen a Magyarországon előfordulható dolgokra alkalmaztatván kiadott 1743-dik esztendőben Maróthi György debreceni professzor.*

Első rész. *A számoknak jelentésekről, kimondásokról és leírásokról: vagy NUMERATORÓL.*

Kifejti, hogy aki számvetést akar tanulni, annak legelőször arra van szüksége, hogy a számokat ismerje, olvasson, kimondani és leírni tudja. Bemutatja a +, -, = jeleket, illetve közli a nevüket magyarul és deákkal.

Második rész. *A számvetésnek nemeiről Közönségesen.*

Itt a következő műveleteket értelmezi: összeadás vagy summálás (*Additio*), kivonás (*Subtractio*), sokszorozás vagy sokasítás (*Multiplicatio*), osztás (*Divisio*). Mindegyik műveletet konkrét példaszövegekkel teszi érthetővé.

Harmadik rész. *Az összeadásról, vagy ADDITIORÓL.* Legelőször azt hangsúlyozza, hogy összeadni csak egynemű mennyiségeket lehet.

A gyermekek kedvéért készít egy összeadó táblát.

„A számvetés tanulásához egy kis kedvet és bátorságot lehet ezzel szerezni a gyermeknek; ha néki a papírost ablakosan megléneázod, a most bemutatott példa szerint, és a három első sorban két-két betűt eleiben kezdvén rábízod, hogy a többi számokat renddel maga írja be, az ablakocskák vagy rekeszecskekbe, és megmutatod mely hasznos táblát csinált maga.”

Ezt az elvet, vagyis a tanuló önálló manuális tevékenységét a mai pedagógia is motiváló tényezőnek itéli, illetve a Dienes Zoltán által javasolt többszornás megközelítést igen hatékonyan tartja.

Érdekes gyakorlati feladatok a harmadik részből:

IV. példa. Van 400 forintos szőlőm. Termett benne 150 akó bor. Akarnám tudni, mennyiben van a borom.

Költöttem pedig

1. Szőlő-munkára mindösszef. 77,59 d.

12 Dávid Lajos, az első debreceni matematikaprofesszor megpróbálta a 20. század első felében ezeket az elnevezéseket felújítani. A mai iskolások körében végzett véleménykutatásom is Maróthi meglátását támasztja alá. Az általános iskolás tanulók jó részének problémát okoz a törtek megértésénél az elnevezés.

2. Dézsmába fizettem	37,56.
3. Szüretelésre mindenestül költöttem	21,56
4. Szekeresnek a hazahozásért	19,5
5. Mivel 400 forintra, törvény szerint adtak volna esztendeig 24 forint interest, azt is bele tudom	<u>24,00</u>
Summa:	179,71

Ennyiben van azért a 150 akó bor. És ha ennyin el nem adhatom, jobb volt volna ebben az esztendőben azt a 400 forintot interesre adnom, ha az interest befizették volna.

V. példa. Vettem hat hizó disznót 58 forinton s egy mária áldomáson. Megették annyi árpámat, amennyit eladhattam volna 17 forinton. Az árpa darálásáért fizettem egyszer is mászszor is, mindössze 4 d, 27. Mennyiben van a hat disznó?

Leírom így:

1. A hat disznó ára	f. 58,34 d.
2. Árpa ára	17,-
3. Daráltságáért fizett	<u>4,27</u>
Summa:	f. 79,61d.

Ennyiben van a hat disznó.¹³

Negyedik rész. A kivonásról, vagy SUBTRACTIÓRÓL. Ennek a résznek a tárgyalása ugyanolyan gondolatmenet alapján történik, mint az összeadásé. Most is készítenek egy kivonó táblát, illetve gyakorlati példákat kell megoldani.

I. Példa. A mohácsi veszedelem esett Anno 1526. Akarom tudni, hány esztendeje most? Leírom így:

Most írunk 1743-ban t.i. mikor e könyv iratott
A veszedelem esett 1526-ban
Van azért annak már 217 esztendeje.

Ötödik rész. A sokszorozásról, vagy MULTIPLICATIO RÓL. Maróthi itt kétféle szorzótáblát ad meg, illetve szám-példákat a restek Regulájának alkalmazására.

Hatodik rész. Az osztásról, vagy DIVISIÓRÓL.

V. példa. Vettem 30 forinton egy általag aszú szőlő borát, melyben vagon 81 icce szín bor. Mennyiben esett iccéje?

Itt a 30 forintot nem lehet elosztanom a 81 iccére, hanem pénzé kell tennem. Már a 3000 pénzből a 81 iccének mindenikére esik 37 pénz. Annak felette az egész árát megtoldottam 3 pénzzel. Akár így mondjam: A 81 iccének hárome esett

38 pénzen, a többi 37-en.

30000 . R. 37
81:
<u>243:</u>
570
81
<u>567</u>

Hetedik rész. A hármás reguláról, vagy REGULA DETRIRÓL. Ezt a szabályt Maróthi nagyon fontosnak tartja. Nevét a latin Regula Triumról kapta. Sok latin elnevezése volt, ezek egyike volt az Arany Regula. Maróthi mégis Hármás Regulának nevezte el, mert „ebben mindenkor három tudva levő számból keressük a negyedik számot.”

„P.o. Egy mázsa sónak az ára Debrecenben 332 pénz, Szolnokban 322 pénz. Kérdés hogy esik 73 font?

Kijő, hogy Debrecenben 242 pénzen esik, Szolnokban pedig 235 pénzen.

Ő így írja le:

822	332
<u>73</u>	<u>73</u>
96 6	996
<u>2254-</u>	<u>2324-</u>
<u>235 06</u>	<u>242 36</u>

„Rendszerint így lenne a hármás Regula: 100 fontnak 332 pénz (322) az ára. Hát 73-nak?”

Nyolcadik rész. A törtszámokról, vagy FRACTIOKRÓL. A törtszámot először úgy definiálja, hogy „olyan szám, amely egy egésznek bizonyos részét vagy darabját jelenti.” A fogalmat a különböző mértékegységek átváltásának (péNZ, ürmérték, idő) segítségével mélyíti el. „Ezekben a példákban hasznos lesz a tanulóknak magát jól gyakorolni, hogy felvehesse a törtszámnak mivoltát”. Pl. egynegyed része az órának a fertály.

„A törtszámot mindenkor két számmal írják, melyek egyike felül, a másika alatta van és a kettő között egy kis lineácska így:

$$\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{5}, \frac{6}{7}, \frac{11}{23}, \frac{124}{365}$$

Az alsó szám mindenkor azt jelenti, hogy hány részre kell osztani az egészet, a felső pedig azt, hányat akarunk felvenni (vagy érteni) azokból a részekből.

$\frac{2}{3}$. Itt a 3 azt jelenti, hogy az egészet (p.o. egy garast) háromfelé kell osztani, a 2 pedig azt, hogy abból a 3 részből csak 2-öt veszünk, nem többet.

Kimondás közben a felsőt mondjuk először és annak semmit sem mondunk utána. Az alsónak pedig mindenkor ezt mondjuk utána: -d rész. P.o. $\frac{2}{3}$, ezt így mondjuk ki: két harmad rész.¹³

Természetesen értelmezi az ún. köl-

tött vagy csinált törtszámokat is, ahol a számláló nagyobb, mint a nevező. A törtszámokat összehasonlítják, közös nevezőre hozzák. Nem tárgyalta a tizedes törteket, aminek az lehet az oka, hogy abban az időben nem terjedt még el az egységes tizedes alapú mértékrendszer és így nem volt rá társadalmi igény.

Kilencedik rész. A törtszámoknak összeadásáról, kivonásáról, sokszorozásáról, és osztásáról, vagy Additio, Subtractio, Multiplicatio, Divisio in Fractis. Ezt a részt rengeteg példa segítségével tárgyalja. Fokozatosan halad, illetve támaszkodik az ismert gyakorlati mértékegységek átszámításnak az ismeretére a szabályok megfogalmazása mellett.

Tizedik rész. Némely Számvetésbeli Mesterségekről, mi neműek: A kétszeres Regula, deákul Regula Dupli, vagy Vulgaris, Az egyenetlen osztás, deákul Divisio Inequalis, A társaság Regulája, deákul Regula Societatis, Az elegyítés Regulája, deákul Regula Alligationis, A mesés Regula, deákul Regula Falsi.

A könyvnek ez a része a legérdekesebb, hisz a mai általános iskolai anyagnak része a Maróthi által tárgyalt arányosságok. Maróthi nem az algebra nyelvén fogalmazott, hanem következtetéseket végzett, argumentációkkal dolgozott és indokolt.

A kétszeres Reguláról

A kétszeres regula a Hármás Regulának a megduplázása. Példaként a következő feladat szerepel:

„6 ló 10 nap alatt megeszik 14 véka abrakot. Hát 16 ló 27 nap alatt hány vékát eszik meg?”

Ma ezt a feladatot az egységre való következtetéssel szokták megoldani, de így is nehéznek számít. Maróthi mást ajánl, magyarázat mellett egy sé-mát javasol.

„A kétszeres Regulában a számokat így rakd el: Az öt szám közül mindenkor kettő-kettő egyféle dolog száma: vagy ketteji embert, vagy ketteji napot jelent, vagy ketteji pénzt, ketteji időt, s.a.t. És mindenik párnak egyike a kérdésben vagon. Az ötödik szám pedig, mind a kettőtől különböző dolognak a száma. Ezt a társatlan számot mindenkor tedd középbbe. A más négy szám közül pedig vedd fel az egyik párt, és azt, amely a kérdésben benne van, ird utol, a másikat pedig elől. Vedd fel a másik egyféle párt is, és annak is a kérdésben valóját ird utol, alája annak a melyet az elébb irtál, a másikat pedig, amely felől nincs semmi kérdés, ird elől, a másikkal alája, úgy, hogy a kérdésben levő két szám mindenkor utol legyen egymás alatt, mely ket-

13 Ezeket a feladatokat a debreceni Kossuth Lajos Gyakorló Gimnázium diákjai is nagy érdeklődéssel fogadták.

tőnek soha nem kell egyféle dolgot jelentőnek lenni.

Minék utána az öt számot így elraktad a két elsőt, amely egymás alatt van, sokszorozd egymással és a factumot ird alól. A két utolsót is, amely egymás alatt van, sokszorozd egymással és a factumot ird alól. E két factum közé ird le a társaltalan számot, amely legfelsőben is középen volt. E három számmal bánj mindegyikben a Hármass Regula szerint. Ami a sokszorozás és osztás után kijő, az lesz a hatodik szám, amelyet kerestél."

Konkrétan:

Ló 6	véka 14	Ló 16
Nap 10	-	Nap 27
6x10= 60	14	16x27= 432
60	14	432
$\frac{14 \cdot 432}{60} = 100 \frac{4}{5}$		

Igen érdekes rész a Mesés Regula

ből áll:

(1) Minekutána jól megértetted a Kérdést, vagy Mesét, végy fel akármely számot: és fogd rá, hogy az az, amelyet kerestél. És mintha meg akarnád próbálni, ha ugyan eleget tesz-e a Kérdésnek? Vigy véghez rajta mindent, valamint a Kérdés kíván.

(2) Ha nem tézsen eleget a Kérdésnek (minthogy ritkán lehet így egyszerűen reá akadni) azt a számot, amely a te felvett számból kijött, ird elől, utána a felvett számot (vagy ráfogást) 3-dik helyre pedig azt a számot, amelynek ki kellett volna jönni. E három számhoz keresz 4-diket a Hármass Regulán. Az lesz az, amely eleget tézsen a Kérdésnek.

2. példa. Egy leánytól kérdik a Leányt kérők, hány esztendő? Ama felel: Az anyám úgymond harmadfél annyi idős mint én; az Atyám pedig háromszor annyi idős. A hármunk ideje tézsen összesen 117 esztendő. Kérdés, hány esztendő volt?

Fogjuk rá, hogy 14 esztendő. Eszerént az anyának 35 esztendőnek kellett lenni, az atyának 42 esztendőnek. Ha már próbára vészem, 14 meg 35, meg 42 mindössze csak 91 esztendőt tesz ki, holott 117-nek kellene tenni.

Azért ez lesz a Hármass Regula:

91 14 117
 Vagy ha a két elsőt 7-re osztom:
 13 2 117
 $\frac{2}{234}$ (18)
 13
 Kijő, hogy 18 esztendő volt.
 Próba. A leány esztendeje: 18
 Az anyáé 3-dfél annyi, azaz: 45
 Az atyjáé három annyi, azaz: 54
 Summa: 117

Itt a következő egyszerű egyenletet oldjuk meg: $x + 2,5x + 3x = 117$, amiből $x = 18$. Próba: $18 + 45 + 54 = 117$, vagyis a lány életkora 18 év.

„180.§ A Kettős Mesés Regula (vagy Regula Falsi duarum Positionum) így megyen véghez:

(1) Fogd rá valamely számra, valamint az Egyesben (179.§) és vedd próbára. Ha nem tézsen eleget a Kérdésnek, ird le külön jó helyre azt a Ráfogást, és ird ellenébe a Hibát, azaz mennyivel mégyen többre, vagy kevesebbre, mint sem kellene. Mégpedig ha többre a kelletténél, írj a Hibának elejibe egy ke-

Átszámító táblázat

resztet: +. Ha pedig kevesebbre mégyen egy ilyen kis hosszú vonalat: —. A kereszt azt teszi, hogy több, a vonás azt, hogy kevesebb (Dedukul: plus & minus).

(2) Fogd rá ismét más számra, és ezt is próbára vevén, ird le mind a Ráfogást, mind a Hibát, az elébbeninek alá, mindeniket a maga helyére, valamint az elébb.

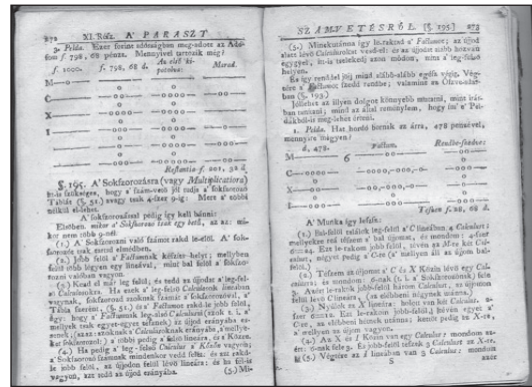
(3) Már ha mind a két Hibának vagy kereszt, vagy vonás van előtte, vond ki a kisebbik Hibát a nagyobbikból, és a maradékot ird elől a Hármass Regulában. Ha pedig egyik Hibának kereszt, másikkal vonal van előtte, add össze mind a két hibát, és a Summát ird elől a Hármass Regulában.

(4) Azután vond ki a kisebbik Ráfogást a nagyobbikból, és a Maradékot ird a Hármass Regulában a 2-dik helyre. A 3-dik helyre ird a felső Hibát, azaz a Hármass Regulán a 4-diknek kijő, azt a felső Ráfogáshoz add hozzá, ha annak a Ráfogásnak hibája előtt vonás van. De ha kereszt van előtte, ki kell azt a 4-dik számot vonni belőle (a Ráfogásból mondom). És ami kijő, az lesz az a szám, amelyet kerestél. Melyből osztán a többit kitalálhatod, ha a Kérdésre hallgatsz."

„3. Példa. Egy valaki ruhát akarván csináltatni, talál kétféle posztóra. Egyiknek singjét tartják 9 máriáson, a másikat tizen. Ebből a tíz máriásból akarna venni, de nem érné meg a pénzével, hanem 8 máriás hija lenne. Ha pedig az olcsóbbikból veszen megmarad 3 máriás. Kérdés, hány singet akar venni, és mennyi pénze van?

(1) Ráfogom, hogy 7 singet akar venni. 7 singért 9 máriásával esik 63 máriás, 10 máriásával esik 70 máriás. Már a Mese szerént, ha amához 3 máriást tesztek, annyinak kell lenni, mintha ebből 8-t kivessztek. De ha 63-hoz 3-t tesztek, lesz 66. És ha 70-ből 8-t kivessztek, lesz 62. Azért a Hiba - 4.

(2) Ráfogom, hogy 12 singet akar venni. Lesz a 12 singnek az ára 9 máriával



Parasztszámvetés

(Regula Falsi), a hamis helyzet szabálya. Ez a módszer nem más, mint az egyenleteknek következtetés segítségével, próbálgatással való megoldása, egy gyökközeli eljárás.

„178.§. Amit deakul Regula Falsinak hívnak, azért neveztem magyarul Mesés Regulának, mert ezen szokták leginkább megfejteni a Meseforma kérdéseket, amelyekkel a Számvetők egymást próbálgatják. Deakul azért hívják Regula Falsinak, mert mikor rajta meg akarják fejteni a Mesét, elsőben csak ráfogják vaktában valamely számra, hogy ez az, amelyet keresnek, jóllehet nem az. De osztán ebből a hamis számból találják ki a kérdésben levő igazi számot, amint mindjárt megmondjuk.

Kétféle már a Mesés Regula: Az egyikben csak egy a ráfogás (Hypothesis), a másikkal kettő. Az elsőt hívják Egyesnek, a másikat Kettősnek. Az Egyesben nem lehet mindent felvetni, amit a Kettősön fel lehet. De a Kettősön mind felvetni, azokat is, amelyeket az Egyesben szoktak.

179.§ Az Egyes Mesés Regula eb-

108, 10 máriásával pedig 120. Ha amához 3-t tesztek, lesz 111. Ha a 120-ból 8-t elvonok, marad 112, azért a Hiba +1.



Maróthi Györgyöt ábrázoló emlékbélyeg (Magyar Posta, 1938)

Leírom így :

Ráfogás Hiba
7 - 4
12 +1

Összeadom a Hibákat.

5 5

Lesz 5. A kisebb Ráfogást kivonom a nagyobbikból, marad 5. Ha már e kettő után 3-diknak a felső Hibát, t.i. a 4-t veszem el, így: - 5 5 4

Vagy
- 1 1 4

Csakugyan 4 jön ki 4-diknek is, melyet ha a 7-hez hozzáadok, lesz 11. Azért 11 singet akar venni.

Vagy, ha a Hármás Regulában 3-diknak az alsó Hibát, t.i. az 1-t veszem fel, ugyancsak 1 jön ki. Azért a 12-ből 1-t el kell vonni (mivelhogy a Hibája kereszties). És így is 11 jön ki.

Könnyű megtudni, hogy mennyi pénze volt, mert így van a Mesében, hogy 9 máriásával kitölt volna a pénze, és még 3 máriása is maradt volna. Volt azért 11-szer 9 máriása, meg az a 3, azaz 102 máriása. Éppen így sül ki a 10 máriás posztóból is."

Ezután még azt is javasolja könnyítésképpen, hogy „legjobb mindenkor az első Ráfogásban 1-t venni fel, a másodikban 2-t, mert így a középso szám a Hármás Regulában mindenkor 1 lesz. És így igen könnyű a munka: mert csak el kell osztani a 3-dik számot az elsővel."

Hozzáteszi, hogy aki az ilyen Mesékben gyönyörködik, az tanulja meg az algebrát. Valóban lényegesen egyszerűbb az al-

gebrai megoldás, mert csupán a $10x - 8 = 9x + 3$ egyenletet kell felállítani és megoldani.

Tizenegyedik rész, vagy toldalék.

I. A Rhénes Forintok s Krajcárok körül való OLASZ PRAKTIKÁRÓL
II. APARASZT SZÁMVETÉSRŐL
III. Az ÖLÖKre, LÁBAKra, és UJJAKra való Számvetésről.

Ennek a résznek az a célja, hogy gyakorlati eljárásokat adjon arra, hogy más pénznemekkel is tudjanak számolni, illetve az írástudatlan parasztemberek is tanuljanak meg számolni, az alapműveleteket elvégezni.

„A régiek apró kövecskékkel éltek, amelyeket Calculusoknak hívtak és azért az ilyen számvetést Calcularis Arithmetícának is nevezik. A táblát pedig, amelyre a Calculusokat lerakták, hívták Abacusnak.

Aki a lerakását megtanulja, az alatt egyszersmind a lerakott Calculusoknak a kimondását, vagy olvasását is megtanulja."

A III. részben olyan eljárásokat ismertet, amelyek a segítségével az akkor használatos nagyon sok pénznemet (garas, peták, máriás, rajnai forint, kurta tallér, császár tallér, császár aranya, körmőci arany) kirakással át lehet számítani forinttá.

A könyv végén egy tárgymutató táblát és a pénznemek átszámításához találunk táblázatokat.

Maróthi a könyvét azzal zárja, hogy „Istené a dicsőség."

A könyv sikerét mutatja az is, hogy a 3 kiadása során kb. 9200 példányban jelent meg¹⁴

Maróthi György emlékezete

Maróthi György nevét viseli:

6. Debreceni Maróthi György Pedagógus Kórus
7. Maróthi György-díj (Hajdú-Bihar megyei Pedagógiai-díj)
8. Debreceni Maróthi György Néptanegyüttes
9. Debreceni Református Hittudományi Egyetem Maróthi György Könyvtára
10. Maróthi György Kollégium, Debrecen
11. Maróthi György matematikaverseny DE Matematikai Intézet
12. Maróthi György utca Debrecenben
13. Maróthi György Gimnázium és Szakképző Iskola, Debrecen
14. Maróthi György tanterem a

¹⁴ Szénássy Barna: A magyarországi matematika története a 20. század elejéig. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1974. 47. oldal

Debreceni Református Kollégium Dóczy Gimnáziumában és a Debreceni Református Kollégium Gimnáziumában

15. Maróthi György Általános Iskola, Hajdúböszörmény.

Irodalom

- Dávid Lajos: Debreceni régi matematikusok, Debrecen, 1927.
- Debreceni Arithmetica, Debrecen, 1577, 1582.
- Gaál Botond: Természettudományok oktatása és művelése a Debreceni Kollégiumban. Hatvani István Teológiai Kutatóközpont (2012), ISBN 978 963 88961-2-4.
- Györi L. János: „Egész Magyarországnak és Erdélyiségnek világitó lámpása” A Debreceni Református Kollégium története, Tiszántúli Református Egyházkerület kiadása, Debrecen, 2008, ISBN 963 871 340-2.
- Hárs János: A Debreceni Arithmetika. Közlemények a Debreceni Tudományegyetem Matematikai Szemináriumából, XIV. füzet. Sárospatak, 1938.
- Jausz Béla: Maróthi György a magyar nevelésügy egyik jelentős úttörője a XVIII. században. Acta Debrecen, III./1.1956.31-62.
- Keresztelési Anyakönyv (Nomina Infantum) 1703-26, Tiszántúli Református Egyház levéltára, 99-a 1.
- Keresztési Mária: A magyar matematikai műnyelv története, Közlemények a Debreceni Tudományegyetem Matematikai Szemináriumából, XI. füzet, Debrecen, 1935.
- Tünde Kántor-Varga: Mathematical gems of Debrecen, old mathematical textbooks from the 16-18th centuries, Teaching Mathematics and Computer Science 1/1 (2003), 73-110.
- Kántor Sándorné: Híres matematikatanárok és tanítványok a debreceni iskolákban, OPKM 2007, Mesterek és Tanítványok sorozat, ISBN 978 963 9315 83 9.
- Maróthi György: Arithmetica, Debrecen, 1743, 1763, 1782.
- M. Zemplén Jolán: A magyarországi fizika története a XVIII. században, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1964.
- Sain Márton: Matematikátörténeti ABC, Nemzeti Tankönyvkiadó, Typotex, Budapest, 1998. (téves születési adat).
- Sain Márton: Nincs királyi út! Gondolat, Budapest (1986), ISBN 963 281 7044. (téves születési adat).
- Szénássy Barna: Maróthi György. Építünk, 1952. 2. füzet 52-60.
- Szénássy Barna: A magyarországi matematika története a 20. század elejéig, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1974.
- Tóth Béla: Maróthi György, Debrecen, 1994, ISBN 963 7064 14 1.
- <http://hu.Wikipedia.org/wiki/Maroth Gyorgy>.(téves születési adat).

Ő is „a mi kutyánk kölyke”

Beszélgetés Hanga Zoltánnal, az Állatkert szóvivőjével

– Emlékszik még Sunny Boy-ra?

– Igen, ez a mi ifjú kengurunk volt, de ezt honnan tudja?

– Rajtam kívül tudhatják ezt még sokan, de azok biztosan, akik annak idején olvasták az Ön kis írását a Természet Világában.

– Ez a cikk a folyóirat Természet-Tudomány Diák pályázatára készült, amelyen kétszer is indultam. Az évszámokkal gondban vagyok, de 1995-ben lehetett az első írásom, az „Amiről az Elefántház mesél”, a Kenguruház történetéről a második pályázatra írtam. Hú, de régen volt!

– Abból, hogy írt a Természet Világának, az is következik, hogy olvasója volt a lapnak.

– Hogyne. Ez édesapám „büne”, mert előfizettünk rá, de most is megvesszük minden hónapban. A régi példányok is mind megvannak, évfolyamonként szépen összegyűjtve. Tehát rendszeresen olvastam, s így tudtam meg, hogy van ez a diák pályázat. Arra gondoltam, hogy érdekes lehet, amit az Állatkertben tapasztaltam.

– Tehát a Természet Világa volt az első ismeretterjesztő terep?

– Lehet mondani. Bár egészen zsenye ifjúkoromban szórakozásból csináltunk mindenféle, mondjuk így, ismeretterjesztő újságokat, amiket aztán legfeljebb a családtagjaim olvastak. Kézzel írtuk és rajzoltuk, a kódexmásoló szerkesztés technikájával. De nyomtatásban ezek a pályázatra készült írásaim jelentek meg először.

– A szerzőről azt írták, hogy a Szinyei Merse Pál Gimnázium tanulója. Az is kiderült, hogy az Állatkert tiszteletbeli gondozója. Gondolom, nagyjából érettségi előtt állhatott.

– Ez attól függ... Mert különböző fajok vannak. Némelyik húsz évig is él. Sunny Boy egy másik állatkertbe került, nem valószínű, hogy megvan még, a hímek egyébként se élnek olyan sokáig. Néhányszor előfordult, hogy más állatkertben láttam olyan állatokat, amik nálunk születtek, s kölyökkoruk óta ismerem őket. Például Sonny Boy apjával, akit Denisnek hívtak, egy hollandiai állatkertben talákoztam.

– Egy kenguru megismeri az egykori gondozóját?

– Hogy sok év után is megismerne, azt erősen kétkeltem. Az emberszábas majmokon kívül a teve és az elefánt az, amelyek akár évtizedek múlva is emlékszik gondozójára.

– Van most olyan állat az Állatkertben, amelyik már akkor is élt, amikor Ön elkezdett ott dolgozni?

– Van, de nem olyan, amelyiket én is gondoztam. A szürke óriáskenguruink nagyszüleit, dédszüleit ismertem és gondoztam. Foglalkoztam tevékkel is, de közöttük sincs már olyan idős. De az Állatkertben amúgy bőven akadnak olyanok; a legidősebb lakó, a Samu nevű Mississippi-aligátor például az 50-es években került ide. Van két vízilovunk, az anya 73-ban született, a lánya meg 94-ben. Erre még emlékszem.

– Az állatgondozásból aztán egyszer csak szóvivőség lett.

– Az Állatkertben kezdetben többen is foglalkoztak a kommunikációval. Csak 2004-ben döntöttek úgy, hogy ezt a területet teljes egészében én vegyem át, és csináljam teljes felelősséggel. Attól kezd-



Hanga Zoltán az állatkerti tapírral

– Akkor még nem, mert 1997-ben érettségiztem. Manapság is létezik önkéntes munka az Állatkertben, akkoriban társadalmi munkának hívták. Én is ezt csináltam, 1990-től, vagyis 12 éves koromtól kezdve segítettem az állatgondozók munkáját.

– Ez bizony 25 év, tehát meglehetősen „képből lehet” az Állatkert dolgaiban.

– Főállásban 1997 óta dolgozom a Fővárosi Állat- és Növénykertben, s már főállásúként végeztem az egyetemem is. De 1990-től társadalmi munkában gyakorlatilag majdnem mindent csináltam, amit az állatgondozók. Ez főleg az akkori Kenguruházban volt, ma már abban az épületben „mérgek” állatok vannak.

– És Sunny Boy-ról mit lehet tudni? Egyáltalán, meddig él egy kenguru – állatkertben?

ve hívják szövívőnek azt, aki az Állatkert nevében olykor megszólal. Ennek nyáron lesz 11 éve, ami elég soknak számít a szövívői munkakörben.

– *Az Ön esetében ez különös műfajt jelent, mert nem egyszerűen csak a „szót veszi”, hanem olyan dolgokról is rendszeresen beszél, amik nem tartoznak a klaszszikus szövívői feladatok közé.*

– Igen, ez érdekes helyzet, mert olyan intézménynek a vagyok, szövívője amelynek az egyik dolga az ismeretterjesztés, a szemléletformálás. Tehát nekem is többféle feladatom van. Egyrészt vannak olyan hírek, amiket mi generálunk, mint például most a zsráfborjú születésekor. Másrészt vannak olyan ügyek, amikben bennünket keresnek meg. Ezek kapcsolódhatnak a budapesti Állatkerthez, de általában véve az állatkertekhez is, mint például annak a levágott, szerencsétlen koppenhágai zsráfnak az esetében is történt. Ezen kívül megkeresnek bennünket olyan témákban is, amik nem is az állatkertekhez kapcsolódnak, hanem egészen tág értelemben véve az állatokhoz. Olykor olyasmiről is kérdeznek, ami nem is a mi asztalunk.

– *Az imént fültnúja voltam annak, hogy telefonon interjút adott az egyik rádióknak. Ebből a néhány percből is kiderült, hogy mindent tud az Állatkertéről és a lakóiról. Gondolom, nem csak az értekezleteken szerzi az információkat. Naponta bejárja a terepet, nézelődik, beszélget a kollégákkal?*

– Jó lenne, de az egész Állatkertet napi szinten bejárni fizikai lehetetlenség. Az állatgondozók minden nap ellenőrzik, hogy minden rendben van-e, és jelentik, ha változás történik az állatállományban. Egyik kollégám kezeli a napi jelentéseket, ezeket természetesen én is megkapom. De mire megérkeznek hozzám, általában már tudni szoktam a fontosabb fejleményekről. Részben, mert aránylag sokat mászkálok az Állatkertben, másrészt az állatgondozó kollégák is meg szoktak tisztelni azzal, hogy egyből értesítenek, ha történik valami. Például hajnalban küldenek egy sms-t, hogy eggyel több zsrárf van. Sokat számít az, hogy én magam is voltam állatgondozó, az állatokkal foglalkozó kollégák maguk közül valóként tekintenek rám.

– *Aki ennyi időt eltöltött egy állatkertben, meg nyilván sokszor járt már más állatkertekben is, az már érzékelheti a változásokat is. Mondhatjuk azt, hogy az utóbbi 20–25 évben az állatkertek, leg-*

alábbis a nyugati világban, elég jelentős mértékben „humanizálódtak”?

– Ez érdekes szó az állatkertekkel kapcsolatban. Arra, hogy mire jó az állatkert, manapság négy fő dolgot szoktunk mondani. Először is ismeretterjesztésre, oktatásra, szemléletformálásra. Van aztán tudományos szerepe, ami az élővilágra vonatkozó ismereteink gyarapítását jelenti, a harmadik a természetvédelem, s a negyedik a szórakoztató szerep, amit én inkább rekreációnak mondanék, amolyan újrateremtésnek. Az urbanizációs ártalmak miatt fontos, hogy a szabadidőnkben valamilyen természetes környezetben legyünk, s innen kezdve szinte mindegy is, hogy az állatkertbe megyünk-e vagy valamelyik közparkba. A mai korszerű állatkerteknek a funkciói, céljai, illetve a megvalósításukhoz szükséges eszközrendszerek fokozatosan épültek ki.

Különösen fiatal kollégák kárhoztadják nagyon az Állatkert 60-as, 70-es, 80-as évekbeli állapotát. Ennek van bizonyos alapja, másképp kellett volna csinálni, ha lehetett volna választani. Csak nem biztos, hogy lehetett. Akkoriban egészen más viszonyok voltak. Ha ma egy állatnak kivire, banánra van szüksége, akkor veszünk neki. Akkoriban viszont ilyesmit nem lehetett beszerezni, még az Állatkertnek sem. Ha felidézünk a 70-es, 80-as éveket, akkor betonszürke épületeket látunk vasrácsos ketrecekkel. De ez nem azért volt, mert akkor tudatlanok voltak, netán gonoszak, s azt gondolták, hogy ez a jó, hanem mert nehéz idők jártak. A háborús nyomok felszámolása sem fejeződött be teljesen, még a 70-es, 80-as éveket is az ideiglenes megoldások jellemezték. Ma már más a helyzet. Bizonyos dolgokra ugyan ma sem tudunk annyit költeni, mint a hollandiai, a németországi állatkertek, de már nincs akkora különbség. Másrészt minden olyan területen, ami nem az anyagiakon múlik, tehát például szakmai dolgokban, álljuk a versenyt a világ bármelyik állatkertjével.

– *A „humanizálódással” arra akartam utalni, hogy nagyot változott az állatokhoz való viszony. Más a szemléletmód, más a filozófia. Peter Singer megírta az Állatok felszabadítását, ami után mozgalmak, állatvédelmi törvények születtek, az emberszabásúaknak néhol már alkotmányos jogaik lettek. Ez az új szemlélet nyilván begyűrűzhetett az állatkertekbe is.*

– Ez nagyon csálóka dolog, mert sokaknak erről az a képük, hogy az állatkertek gonosz módon szűk helyen tartották az állatokat, de jöttek az állatvédők,

s kikényszerítették, hogy ne így legyen. Tény, hogy voltak javítanivalók az állatok elhelyezésén, s ma már nyilvánvalóan másképp néz ki egy állatkert, mint a 80-as vagy a 90-es években. Arról is többet tudunk már, hogy mi az állatoknak a biológiai igényük. Ha egy tigris egy kétszer három méteres ketrecren sínylődik, az nyilvánvalóan nem jó. De ha megszavaztatnák az embereket arról, hogy a majmok részére készített két egyformán tágas kifutó közül melyiket választanák, az üvegfallal elválasztottat, vagy a rácsosat, akkor biztosan az üvegfallasra szavaznának. És főleg azért, mert a rácsokkal kapcsolatban előjönnek a börtönasszociációk. A majmokban viszont ez hiányzik, nem tudják, mi a börtön, ők csak azt tudják, hogy a rácsra föl tudnak mászni, az üvegfallra viszont nem. Az üvegfallal kapcsolatban egyébként végeztek vizsgálatokat az 50-es években, amikor a tbc népbetegség volt, s a majmok cseppfertőzéssel elkapták a látogatóktól. Az üvegfall mögött tartott majmokban kisebb volt a légzőszervi megbetegedések száma, de az emésztőszervieké is, mert a látogatók nem tudták etetni őket. Ezután üvegezték be a régi majomház belső terét.

– *A 25 év alatt sokat változhatott a látogatás kultúrája is. Régen jártam az Állatkertben, de emlékszem, hogy ifjabb koromban nem volt ritka dolog, hogy valaki hergelte az állatokat, piszkálta, próbált hatalmi pozíciót felvenni a rács mögé zárt állattal szemben. Sőt, pusztítottak is el állatot. Egyik cikkében Ön is használta a biológiai kultúra kifejezést. Most hogy látja ezt?*

– Ilyesmi ma is előfordul, de bizonyos típusai már nem. A vandalizmus már nem igazán probléma, etetés gumilabdával, zslitpenge bedobása, hurkapálca végébe szürt gombostű már nincs. Az is nagyon ritkán fordul elő, hogy hergelik az állatokat. A változásnak az is oka lehet, hogy míg a régi időkben, mivel nyomott árak voltak, boldog-boldogtalan bejött, most már nem. Természetesen nem arról van szó, hogy a tehetősebbek kulturáltabbak lennének, az alacsony jövedelműek pedig kulturálatlanok. Nincs ilyen összefüggés. Inkább az történt, hogy az emberek jobban meggondolják, mire adnak ki pénzt, s talán arra nem, hogy állatokat bökdössenek hurkapálcával. Inkább kulturáltan szeretnének szórakozni. Ugyanakkor az Állatkert is példamutatóbb lett az állatokkal való bánásmódban. De a legfontosabb talán az a visszatartó erő, hogy mások is látják, amit csinálók, s előbb-utóbb valaki rám szól. Ez régebben a látogatók egy részét nem érdekelte. Ezen a téren döbbenetesen megváltoztak az arányok. Hogy változott-e a kulturáltság abban az értelemben,

hogy mennyire akarnak a látogatók tanulni is az állatkertben, ebben már vannak kétségeim.

– *És az állatok etetése?*

– Ebben a küzdelemben nem állunk igazán jól. E mögött egy rosszul értelmezett állatszeretet húzódik meg: annyira szeretem az állatot, hogy meg is etetem. Különbösen is, akkor idejön majd, és meg tudom simogatni. Ez nagyon sok állatkertben eleve tilos. Nálunk egyelőre az tünik jó módszernek, hogy tiltjuk az etetést, kivéve a megvásárolható zoológusokkal. Ezt ugyan nem eszi meg minden állat, de elég sok igen. S ha nem is mindegyiknek használ, de legalább nem is árt. Úgyhogy ezen a téren még van hova fejlődni.

– *Ma van internet YouTube-bal, Facebookkal, egy átlagos háztartásban is több ismeretterjesztő tévécsatornát lehet fogni, vannak 3 D-s filmek, tehát el vagyunk kényeztetve. Olyan tökélyre fejlesztették az állatok filmezését, megfigyelését, olyan szituációkban látom őket, amilyeneket állatkert nem tud produkálni. Igaz, hogy 20 cm-re van tőlem az állat, érzem a szagát is, de ez mégiscsak egy viszonylag behatárolt magatartási környezet. Érinti ez az új világ valami módon az állatkerteket?*

– Amikor ezek a dolgok bejöttek, több tartottak attól, hogy kevesebb látogató lesz. Nem így történt. Nagyszerű filmek régen is voltak, Homoki Nagy István filmjei például, akkor még celluloidon, majd később a VHS-korszakban is, s nem lehet azt mondani, hogy csökkent volna a látogatók száma. Olyannyira nem, hogy a Zoom Kft.-vel közösen értékesítettük a National Geographic filmjeit. És most sincs csökkenés, pedig rengeteg természetfilmet vetítő csatorna van. Sőt. Volt a BBC-nek egy nagyon jó sorozata, a Szurikáták udvarháza. Utána mindenki hozzánk jött, hogy szurikátát akar látni. Az állatkert ugyanis multiszenzoros élményt ad, az összes érzékszervünket érinti. Látjuk, halljuk az állatot, érezzük a szagát, némelyiket meg is simogathatjuk. Az, persze, más kérdés, hogy az az állat éppen mit csinál. A természetfilmek évekig készülnek, kivárvák, amikor az oroszlan éppen azt csinálja, s csak azt a jelenetet vágják be, amikor a nagy akció történik. Az állatkertben nem ilyen intenzitással történnek az események, ilyen értelemben ez jelent bizonyos kihívást; hogy valami mindig legyen, ami az állat aktivitásával jár. Például etetés, velem foglalkozás. Ezek előre meghatározott időpontban történnek. Ebben a szezonban egész rendszert építettünk erre, 10 órától 16–17 óráig minden egész- és félórán több



Az Állatkert feladatai: ismeretterjesztés, oktatás, szemléletformálás, tudományos kutatás

ilyen is lesz. Nagy menüből lehet választani, s ha szerencséje van a látogatónak, ez éppen akkor történik, amikor arra jár, de ha nem, akkor van más. Például előre lehet tudni, hogy 11-kor jön a gondozó etetni a fókákat és egy kis tréninget végeztet velük.

Ezzel együtt nem mindenre sikerült teljesen megoldást találni. Régen nem volt jó a tigris ketrecben tartani, de azal nem volt probléma, hogy látni lehessen. Most tágasabb férőhelyek vannak, ráadásul ezeket úgy kellett kialakítani, hogy változatosak legyenek, búvóhelyekkel ellátva. Ez azonban azzal jár, hogy néha nem lehet rögtön észrevenni az állatot, kell kis időt szánni a megtalálására. A látogatók még mindig a ketrecre vannak „kalibrálva”, s ha nem veszik észre azonnal az állatot, egyszerűen odébb mennek. Ez máshol is probléma, van is erre egy amerikai szakkifejezés: empty zoo.

– *Írt egyszer a Természet Világába egy hosszabb cikket az állatkertek fejlődéséről, történetéről. Nem gondolt még arra, hogy ezt az érdekes témát könyvben is feldolgozza?*

– Összintén szólva, több olyan téma is felmerült bennem, amelyik komolyabb megvilágítást igényelne. Csak úgy vagyok vele, hogy akkor foglalkozom valamivel, ha élem kerül. És mindig kiderül, hogy annak a területnek, amellyel éppen foglalkozom, további külön leágazásai is vannak. Mondjuk, ilyen volt a vadállattartás az ókori Keleten. Amikor a British Múzeumban jártam, láttam az

Assurbanipal palotájából származó remek faragványokat; nagyon izgalmas ábrázolásokat arról, ahogy kiengedik a ládából az oroszlánt. Ugyanúgy húzzák fel és le a mozgó ajtót, mint ahogy mi is. És ez időszámításunk előtt a VII. században volt. Egészen elképesztő. Ebben az ember kicsit jobban beleássa magát. Nem olyan régen az erszényesek kultúrtörténete kapcsán foglalkoztam az aztékok állatkertjével, mert náluk is volt ilyen. Tehát bele-belekap az ember dolgokba, de nagyobb szabású munka egyelőre nincs napirenden. A budapesti Állatkert történetével kapcsolatban azonban vannak tervek. A témában már született több nagyobb összefoglalás is a különböző korszakokban. 2001-ben jelent meg egy album, amelyben volt egy néhány oldalas fejezet az Állatkert történetéről is, azt én követtem el. Tavalyelőtt pedig az állatkerti műemlékekről jött ki egy könyv, azt is én írtam. Jövőre lesz 150 éves az Állatkert, jó lenne erre az alkalomra összehozni valami összefoglalást. Most ez foglalkoztat. Annyi már történt, hogy Budapest ostromának az évfordulójára a honlapunkon közzétettünk egy háromrészes sorozatot. Ez a háborús előzményekről szólt, arról, hogy mi volt a bombázások és a tulajdonképpeni ostrom alatt, s a front elvonultával hogyan kezdte újra az életet az Állatkert. Ezt én írtam, s ebben olyan dolgok is voltak, amik korábban nem nagyon jelentek meg sehol. Sikerült megtalálni például, ha nem is a háború előtti utolsó leltárt, mert valószínűleg olyan nem is készült, de az 1946. márciusit. Nagyon izgalmas, hogy mi maradt meg, mi nem.

– *Ez már szinte történelmi munka...*

– Az Állatkerthez már történelmi szempontból is többször közelítettek, de érdekes módon bizonyos következtetések valahogy mégis másként születnek meg, ha valaki az állattartás felől foglalkozik a témával. Anghi Csaba 1956–1967 között volt az Állatkert igazgatója. Az ő életrajzán is dolgozom. Az idősebbik lányával, aki sajnos már szintén nem él, sokat dolgoztunk együtt, és ő sok mindent rám hagyott abból, amit az édesapjától örökölt. Az az íróasztal például, amin odahaza dolgozom, Anghi Csabáé volt. Az ő hagyatéka egyébként nem valamelyik intézményben volt, hanem otthon. Gyöngyi néni pedig – gondos mérlegelés után – csak olyan dokumentumokat adott át intézményeknek, kutatóknak, pályatársaknak, amikről másolat is volt. Amiből csak egy példány volt, abból nem adott. Ezeket én „örökölttem” tőle.

Az interjút készítette: LUKÁCSI BÉLA

XXIII. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

Százéves az általános iskolám, a zentai Thurzó Lajos Általános Iskola

GALUSZ MÁRTON

Bolyai Tehetséggondozó Gimnázium és Kollégium, Zenta

Az általános iskolám 1913–1914-ben épült, nemrégiben ünnepeltük a 100. születésnapját. Számunkra fontos és városunkban is kiemelkedő helyet foglal el, mivel ez az egyetlen teljesen magyar tannyelvű iskola.

A századforduló elején a vallás- és közoktatásügyi miniszter kérte Zenta városát, hogy javítsa a közoktatási helyzetet. Az iskolahálózat fejlesztési tervét a városi tanács dolgozta ki az iskolai gondnoksággal közösen. Gráf Ármin vállalkozó a legjobb feltételeket

100. évfordulója tiszteletére az állami iskolai gondnokság a 94/1913. számú határozattal Munkástelepi Eötvös-iskolának nevezte el.

Báró Eötvös József két alkalommal töltötte be a vallás- és közoktatásügyi miniszteri tárcát. Az 1867-es osztrák–magyar kiegyezés után a magyar közoktatás modernizációja vette kezdetét. Eötvös célja a közoktatás korszerűsítése volt. A magyar népoktatás-történet kiemelkedő jelentőségű jogdokumentuma az Eötvös nevéhez fűződő 1868. évi XXXVIII. törvénycikk. Nevezett törvény bevezette a 6–12 éves fiú- és lánygyermek tankötelezettségét. A szegény szülők gyermekei tandíjmentességet élveztek. Bevezette a kötelező tantárgyakat és óraszámokat. Létrehozta a hatosztályos népiskolát. Új iskolatípusokat hozott létre, így a népiskolára épülő felsőbb népiskolákat, a négyosztályos polgári iskolákat, a tanító- és tanítónőképző intézeteket. A katolikus egyház népiskola-alapítási monopóliuma megszűnt, ugyanis népiskolát már állam, társulat, magánszemély is létrehozhatott. A törvénnyel biztosítottá vált az egységes állami irányítás. Eötvös bevezette a tanfelügyeleti rendszert, amellyel az ellenőrzés az állam hatáskörébe került.

Az újonnan megnyílt Munkástelepi Eötvös-iskolába tanévkezdéskor 443 tanuló iratkozott be. Az iskola 6 tanteremből, tanítói és igazgatói szobából, igazgatói lakásból, szolgálólakásból állt.

Eleinte csak a 4. osztályig folyt benne a tanítás. Elsőtől harmadikig a fiúk és a lányok külön-külön osztályokba voltak osztva, a negyedikben pedig vegyesen helyezték el a diákokat.

Iskolakezdéskor az első osztályokban a következő tantárgyak szerepeltek: hittan, beszéd-értelmezési gyakorlatok, olvasás-írás, számtan, ének, torna és rajz. A fiú- és lányosztályokban a tanterv többnyire meg-

egyezett, csak a rajz- és énekkórak tanterve különbözött valamennyire.

Néhány tantárgy szeptemberi tanterve a következő volt:

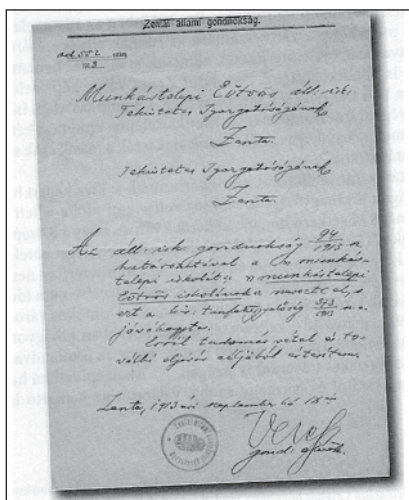
- beszéd-értelmezési gyakorlatok: ismerkedés, padokba sorolás, bizalomkeltés, ruhák, taneszközök rendben tartása, iskolába jövés ideje, köszönés, család- és keresztnév;
- számtan: a semmi és a sok fogalma, a 0 és 1 fogalma, írása;
- olvasás-írás: (fonomimikai alapon) a magánhangzók, hangoztatási gyakorlatok, írási előgyakorlatok;
- rajz: pont, vonal, fekvő, dülő és álló vonalak.

	A osztály	B osztály
1. osztály	61 tanuló	69 tanuló
2. o osztály	59 tanuló	60 tanuló
3. osztály	71 tanuló	69 tanuló
4. osztály	54 tanuló	-

Az 1913–1914-es tanévben az osztályok létszáma

Az évek során az iskolának több elnevezése is volt:

- Munkástelepi Eötvös Állami Elemi Iskola (1913–1918)
- Újfalusi Iskola (1918–1920)
- Munkástelepi Iskola (1920–1928)
- Szent Száva Iskola (1928–1941)
- Magyar Királyi Állami Elemi Népiskola (1941–1944)
- Szent Száva Iskola (1945–1946)
- 3. számú Iskolaiigazgatóság (1946–1950)
- 2. számú Nyolcosztályos Magyar Tannyelvű Iskola (1950–1954)
- Thurzó Lajos Nyolcosztályos Iskola (1954–1958)
- Thurzó Lajos Elemi Iskola (1958–1975)



Határozat az iskola nevééről

ajánlotta, így ő kapta meg az iskola felépítésének jogát 1912-ben. Az iskola avatóünnepsége 1913. szeptember 6-án volt.

A régi iskola

A munkástelepi új iskolát báró Eötvös József néhai vallás- és közoktatásügyi miniszter, a népiskolai törvény megalkotója születésének

– Thurzó Lajos Szervezeti Egység (1975–1990)

– Thurzó Lajos Munkaegység (1990–) 1954-ben felkérte az iskolák munkaközösségeit a város oktatási és művelődési bizottsága, hogy adjanak nevet iskoláiknak. Svarc István, az akkori megbízott igazgató javaslata alapján az Arany János, illetve a Thurzó Lajos elnevezés került a bizottság elé. Végül Thurzó Lajos után nevezték el iskolámat.

Thurzó Lajos költő volt, aki 1915-ben született Zentán, jó tanulmányi előmenetelű gyerek volt, de a család szerény anyagi körülményei miatt dolgoznia kellett. Apja korán meghalt, így belőle szabóinas lett. Első verseit ekkor már megírta. A háború után a Magyar Szó szerkesztőségében dolgozott. 1950-ben halt meg Újvidéken súlyos szívbetegsége miatt. Halála után nevezték el róla az iskolát.

Az iskola az évek során több teremmel bővült. 1970-ben hozzáépítettek egy épületszárnyat, 1917-ben megépült a kosárlabdapálya, 1978-ban a tornaterem, 1980-ban az ebédlő, és végül 2011-2012-ben egy újabb tanítási szárnyat kapott. Az iskola 21 tanteremmel bővült a kezdetek óta.

Az iskola napjainkban

A diákok létszáma 2013/2014-ben 472 tanuló, közülük különleges bánásmódot igényel 66 gyerek.

Az alsós tanulók (első osztálytól nyegedikig) 10 tantárgyat tanulnak: magyar, matematika, szerb nyelv, angol nyelv, hittan/polgári, természet, testnevelés, zenekultúra, képzőművészet, néphagyomány.

Az ötödikes diákoknak 13 tantárgyat tanítanak: magyar, matematika, zenekultúra, testnevelés, hittan/polgári, szerb nyelv, angol nyelv, német nyelv, műszaki oktatás, történelem, biológia, földrajz, informatika.

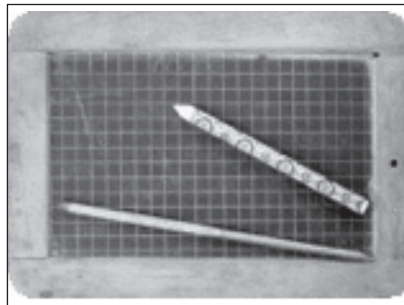


Az iskola épülete napjainkban

A hatodikban 14-et: magyar, matematika, zenekultúra, testnevelés, hittan/polgári, szerb nyelv, angol nyelv, német nyelv, műszaki oktatás, történelem, biológia, földrajz, informatika, fizika.

Osztályok	A osztály	B osztály	C osztály	Kisegítő tagozat
1. osztályok	22	24	22	-
2. osztályok	18	21	18	5
3. osztályok	21	20	21	5
4. osztályok	23	20	19	12
5. osztályok	20	20	21	7
6. osztályok	16	16	19	20
7. osztályok	22	21	22	12
8. osztályok	19	24	-	5

A diákok létszáma 2013/2014-ben



Palatábla

A hetedik és a nyolcadik osztályban 15 tantárgyból kell készülniük: magyar, matematika, zenekultúra, testnevelés, hittan/polgári, szerb nyelv, angol nyelv, német nyelv, műszaki oktatás, történelem, biológia, földrajz, informatika, kémia.

	1913 Tanulók száma	1913 Tantárgyak száma	2013 Tanulók száma	2013 Tantárgyak száma
1. osztály	130	2 osztályban	68	3 osztályban
2. osztály	119	2 osztályban	59	3 osztályban
3. osztály	140	2 osztályban	62	3 osztályban
4. osztály	54	1 osztályban	63	3 osztályban
5. osztály	-	-	61	3 osztályban

A tanulók száma 1913-ban és 2013-ban

lók számát illetően. Az iskolai tanfelszerelés is nagy változásokon ment keresztül az évek folyamán.

Ma már minden diák készen vásárolt füzetbe írja a tanulmányait. A boltok ezerszám kínálják a legkülönbözőbb tollakat, radírokat, tolltartókat, iskolatáskákat. Létezik a digitális tábla, aminek tartalmát már számítógépre lehet menteni, így azt bármikor elő lehet venni, de a legnagyobb előnye, hogy interaktív, így a diákok is be tudnak avatkozni a tanár által előre gyártott tananyag feladatmegoldásába.

Régen nem így volt. A palatábla története körülbelül kétszáz éve kezdődött. Ez egy mai könyv méretű tábla volt, fakeretbe foglalva. A számokat és a betűket palavesszővel írták a gyerekek a táblára. A jó palavessző hosszú volt, és mindig jól kellett hegyezni. A diákok csak így tudták jól megtanulni az íráshoz megfelelő, helyes kéztartást. Egy szivacsot, más szóval spongyát használtak arra, hogy a már fölöslegessé vált információt a tábláról letöröljék. A szivacs érdekessége, hogy valódi

tengeri szivacsból készült. A palatáblát is, mint a később megjelent füzetet, maguknak a diákoknak kellett vonalakkal ellátni. A penna vagy más néven peniculus az írótoll, amit valódi libatollból maga a tanító készített a diákoknak. Lényeges volt, hogy a toll szépen, vékonyan írjon. A toll készítésének szigorú szabályai voltak, és fontos volt, hogy a tanító fiókjában legalább két-háromszáz penna legyen. A pennához sokféle tintát használtak, a lényege az volt, hogy egyenletesen fogó tinta legyen, de a legszebbnek a mélybarnát tartották. Kalamárisnak hívták azt az alul széles, kis nyílású üvegsét, amiben a tintát tartották.

Az iskola tantestülete 2013-ban jóval népesebb, mint 1913-ban volt.

Az építést követő években a tanulóknak és a tanároknak 6 tanterembe kellett bezúfolódniuk, mára viszont bőven



Összehasonlítás

Látható, hogy az elmúlt évek során nagyon sok változás történt mind az iskola épületében, mind a tantárgyak és a tanu-



A tantestület 1913-ban és 2013-ban



Az iskola sportpályája

van hely, hiszen 26-ra bővült a tanteremek száma.

Az iskola udvara is sokkal korszerűbb, van kézilabda- és kosárlabdapálya, távolugráshoz kijelölt hely. A kosárlabdapálya ma már beton helyett gumiborítású. A tornaterem faburkolatát (kisebb baleset miatt) modern műanyagra cserélték fel.

Az évek során sok újdonságot kapott iskolánk. Bővült egy számítógépterem-

mel, valamint vetítő-, fejlesztőteremmel is. Iskolaújságot is készítenek diákjaink és tanáraink, és a diákok több szakkörön bővíthetik tudásukat. Sok könnyítést kaptak a tanulók, és az elődeink korát nézve számos új tantárgyat vezettek be. ¶

Forrásmunkák

A dolgozatban megjelent adatok, információk, a zentai Thurzó Lajos Általános Iskola és a

Zentai Történelmi Levéltár archívumából származik. A eredeti fotók Tari László és más magánszemély tulajdonát képezik.

A mellékelt dokumentumok eredeti példányai a Zentai Történelmi Levéltár tulajdonában vannak.

Az írás a Természettudományos múltunk felkutatása kategóriába érkezett.

A kórokozó baktériumok elleni harc lehetősége

TORÓ LILLA RÉKA

Budapesti Fazekas Mihály Általános Iskola és Gimnázium

Ebben az évben tanultunk a baktériumokról, és sokat használtuk a mikroszkópot is. Nagyon megszerettem a mikrobiológiát, ha lehet, szeretnék felnőtt koromban is ezzel foglalkozni.

Édesanyám egyik munkatársa mikrobiológus, és nagyon szereti a munkáját. Szüleimmel úgy döntöttünk, hogy nyári munka helyett inkább a Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Kar Mikrobiológiai Laboratóriumában kellene megismerkednem az ott folyó munkával. Így kerültem Burgettiné Bőszőrményi Erzsébet mellé, és segédkeztem a kutatólaboratóriumban. Láthattam, hogyan sterilizálnak, főzik a táptalajokat. Erzsébet sokat mesélt a baktériumokról és mikroszkopikus méretű gombákról, azokról, amikkel foglalkozik. Dolgozatomban az egyik olyan kísérletet igyekszem bemutatni, amelyet együtt végeztünk.

Korunk egyik legnagyobb problémája a kórokozó mikrobák antibiotikum-érzékenységének változása, megszűnése, az antibiotikum-rezisztencia kialakulása. Ma már az Egészségügyi Világszervezet (WHO) foglalkozik ennek a kérdésnek a kivizsgálásával, a korszerű antibiotikum-politika kialakításával. [1]

A gyógyszergyárak antibiotikumok egyre újabb generációit fejlesztik ki, azért, hogy lépést tudjanak tartani a mikrobák antibiotikum-érzékenységének változásaival. Ugyanakkor a széles hatásspektrumú antibiotikumok képesek károkat is okozni a szervezetünkben.

A mikrobák, vagyis a mikroszkopikus méretű élőlények velünk együtt élnek, és közülük csak elenyésző kisebbség (kb. 1%) okoz betegséget [2]. Ezért is nehéz a kórokozók elleni harc, hiszen bármilyen szerrel dolgozunk, nemcsak azokat a mikrobákat irthatjuk ki, amelyek a betegséget okozták, hanem azokat is, amelyek csak velünk együtt élnek, sőt még hasznosak is számunkra. Például, majdnem az összes antibiotikum képes hasmenést okozni, amelynek legtöbbször az az oka, hogy a bélcsatornánkban élő nem kórokozó baktériumok elpusztulnak az antibiotikum hatására, és a helyükben olyan baktériumok szaporodnak el, amelyek nagyobb mennyiségben képesek betegséget okozni. Ez az állapot okozhatja a B- és K- vitamin hiányát is, hiszen a B- és K-vitamin legnagyobb részét a bélcsatornánkban élő *Escherichia coli* baktériumok termelik. Tehát az *E. coli* baktériumok élettere a mi bélcsatornánk, és nekünk is szükségünk van a jelenlétükre. Ez a jelenség jó példa

a szimbiózisra. [3] Ugyanakkor, vannak *E. coli* okozta betegségek, például, ha az *E. coli* a sebbe, véráramba kerül, vagy ha fertőződik különböző toxint termelő genetikai anyaggal.

Még komolyabb együttműködést jelenthet az az állapot, amikor egy élőlényben olyan másik élőlény (általában baktérium vagy mikroszkopikus gomba) él, amely úgy védi a gazda szervezetét, hogy kórokozó mikrobák életfolyamatait gátló molekulát termel. Ilyen antibiotikum-termelő gomba volt a *Penicillium notatum*, amelyet 1928-ban Fleming fedezett fel, de több mint 10 év telt el, mire a penicillin gyógyszerként forgalomba kerülhetett. [4] Azóta a legtöbb antibiotikumot már szintetikus úton állítják elő, de a természetben még mindig sok lehetőség rejlik az újabb és újabb antibiotikumok előállítására.

Világszerte kutatott téma a talajban élő fonalféreg (Nematodák) bélcsatornájában élő velük szimbiózisban levő *Xenorhabdus*-fajok [5] tulajdonságai. Néhányuk igen mutatós tulajdonsággal rendelkezik, pl. világít. De legfontosabb tulajdonságuk, hogy képesek olyan biológiai aktív anyagok termelésére, amelyek megakadályozzák sok baktérium, köztük kórokozó baktériumok életfolyamatait.

A következőkben egy olyan baktériummal folytatott kísérletről számolok be, amely egyike a természetben élő, antibiotikumot termelő fajoknak. Leírói magyarok, és aki dolgozik vele, igen nagy reményeket fűz a baktérium által termelt antibiotikum alkalmazásához.

Az alábbiakban a *Xenorhabdus budapestiensis* által termelt antibiotikum egy emberi kórokozóra (Salmonella enteritidis) való hatását vizsgáljuk:

A kísérlet menete

1. Előkészítés:

A vizsgálandó antibiotikum-termelő baktériumot, a *Xenorhabdus budapestiensis* leoltjuk szilárd agar táptalajra, a Petri-csészé közepére.

Ez az egyik legegyszerűbb táptalaj baktériumok és mikroszkopikus gombák tenyésztésére. Alapanyaga az agaragar, amely tengeri vörösmoszatokból nyert poliszacharid, és főleg D galaktóz molekulákból áll, hidrofíli kolloid oldatot képez. Élelmiszer-adalékanyagként is használják „E406” jelöléssel.[6] Forró vízben való oldás, főzés után kocsonyássá szilárdult táptalajt kapunk a Petri-csészében. Erre a táptalajra cseppentjük rá a *Xenorhabdus budapestiensis* tartalmú oldatot. Öt napig inkubáljuk szobahőmérsékleten, 5 nap után fehéres baktériumtelepet látunk a táptalajon.

2. Rárétegzés:

A vizsgálandó baktériumot, jelen esetben a Salmonellát lágy agarban (kevesebb agar van a táptalajban, ezért folyósabb) egy éjszakán át inkubáljuk 42°C-on, másnap reggel 50 mikrolitert elszélesztünk az előbbi táptalajon, és 24 óráig inkubáljuk szobahőmérsékleten.

3. Értékelés:

A készítményen látjuk a szürkésfehér apró Salmonella-telepeket, egyenletesen elterjedve a táptalajon, a *Xenorhabdus*-telep körül azonban látható egy tisztán maradt zóna, amely a táptalajba belediffundált hatékony koncentrációjú antibiotikum. Ez az ún. gátlási zóna. Ilyen módon a készítmény értékelése hasonló a gyakorló orvostudományban végzett antibiotikum-rezisztencia vizsgálathoz, ahol a tenyésztettről ráhelyezett antibiotikum-korongok gátlási zónáját mérjük meg.

A képen a kísérlet eredménye látható, az antibiotikumot termelő *Xenorhabdus*-telep körül kb. 2cm-es gátlási zóna látható, amely biztató lehetőséget nyújt a kutatás továbbvitelére.

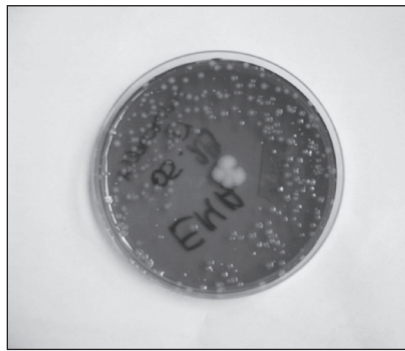
További feladat lesz a *Xenorhabdus budapestiensis* különböző koncentrációját, illetve az általa termelt antibiotikum különböző koncentrációját vizsgálva kiválasztani a még hatékony legkisebb dózist. Ezek után még szövettanilag

tenyésztett baktériumok esetében is meg kell ismételni ezeket a vizsgálatokat.

Természetesen a különböző baktériumok esetében szintén végig kell csinálni ezeket a vizsgálatokat, és hátra vannak ezután a felszívódási és toxicitási vizsgálatok.

Hasznosítási problémák

A kutatás további sorsa természetesen még nem dőlt el. A következő lépés a baktériumtenyésztettség stabilitásának biztosítása. A *Xenorhabdus*-fajokra jellemző, hogy az antibiotikum-termelést csak bizonyos optimális



Gátlási zóna az antibiotikumot termelő *Xenorhabdus*-telep körül

körülmények között végzik. Ez a baktériumok primer (elsődleges) fázisa. Ha a körülmények kedvezőtlennek válnak, bekövetkezik a szekunder (másodlagos) fázis, és innen nagyon nehéz a baktériumot visszatéríteni a primer fázisba.

A gyógyszerre válás érdekében még különböző hatásvizsgálatok következnek. Meg kell vizsgálni azt, hogy az antibiotikum hogyan fog hatni a gazdaszervezetre. Okoz-e egészségkárosodást.

Fontos kérdés, hogy a fenti példák közül a növények, az állatok vagy az emberek gyógyításában kerül a gyógyszer hasznosításra. Az emberi gyógyászatban használt antibiotikumok a táplálékul szolgáló növények és állatok esetében nem használhatóak, pontosan azért, hogy megelőzzük az emberi kórokozók antibiotikum-rezisztenciájának növekedését. [7]

Ha úgy döntenek, hogy emberi gyógyászatban kerül hasznosításra, meg kell vizsgálni, hogy van-e egészségkárosító hatása. Ki kell vizsgálni, hogy hat-e a magzati fejlődésre, van-e valamilyen genetikai károsító befolyása. Az is fontos kérdés, hogy a már megfelelő antibiotikum tömeges gyártása hogyan lesz lehetséges gazdaságosan.

A gyógyszerre válás hosszú és költséges folyamat. Pontosan szabályozva van, hogy milyen és hány darab kísérleti állaton kell vizsgálatokat végezni ahhoz, hogy emberi szervezetben alkalmazni lehessen. Először modellkísérleteken végeznek becslést, hogy milyen a gyógyszer felszívódása

és eloszlása a szervezetben. Meg kell határozni, hogy pontosan hogyan kell adagolni. Később megfelelő emberkísérleteken ezt igazolni kell. Összehasonlító vizsgálatokkal kell bizonyítani, hogy az adott antibiotikum legalább annyira hatékony, mint a forgalomban lévő többi hasonló. Vizsgálni kell azt is, hogy milyen gyorsan alakul ki rezisztencia az antibiotikum ellen a különböző kórokozókban.

Összefoglalás

A fenti kísérlet egy kis ízelítő abban a nagyszabású kutatásban, amelynek során a tudósok újabb és újabb antibiotikumot keresnek, tesznek felhasználhatóvá gyógyszerként az emberek, állatok vagy a növények gyógyításában. Nem minden kutatási eredmény vezet azonban gyógyszerhez. Az első lépések után gyakori, hogy vakvágányra ér a kutatás. Például ártalmas a szer a gazdaszervezetre, vagy megoldhatatlan a vegyület stabilitása. Sajnos nemcsak az új eredményekkel kell számolnunk, hanem azzal is, hogy az új és új antibiotikumok létrehozása új és új rezisztenciára is vezethet.

Köszönetnyilvánítás

Munkám elvégzésében a Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Karának Egészségfejlesztési és Klinikai Módszertani Intézete Epidemiológiai Tanszék adjunktusa, dr. Böszörményi Erzsébet segített, ezúton szeretném megköszönni munkáját.

Az írás az Önálló kutatások, elméleti összegzések kategóriába érkezett.

Forrásmunkák

[1] Lindsay Martinez.: The evolving threat of antimicrobial resistance: options of action http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789241503181_eng.pdf

[2] Béliádi és tsai: Orvosi mikrobiológia, Semmelweis Kiadó, 1993.

[3] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Szimbi%C3%B3zis>

[4] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Penicillin>

[5] Yamanaku et al.: Biochemical and physiological characteristics of *Xenorhabdus* species, symbiotically associated with entomopathogenic nematodes including *Steinernema kushidai* and their pathogenicity against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae), Archives of microbiology, 1992, vol. 158, No. 6, pp 387-393

[6] <http://hu.wikipedia.org/wiki/agaragar>

[7] Veszélyben az ember egészsége az iparszerű állattenyésztéstől <http://www.e-misszio.hu/index.php/component/content/article/1-friss-hirek/749-veszelyben-az-ember-egeszsege-az-iparszer-allattenyesztel->

A XXIV. Természet–Tudomány Diákpályázatunk díjnyertesei

A díjátadó ünnepséget 2015. március 21-én (szombaton) 14 órai kezdettel tartjuk a Magyar Tudományos Akadémián (1051 Budapest, Széchenyi tér 9.). A díjazottakat e-mailen és levélben is értesítettük.

Önálló kutatások, elméleti összefoglalók kategória

A beérkezett pályázatokat dr. Kordos László, dr. Szabados László és Kapitány Katalin értékelte.

I. díj. Schneider Viktor: Madarászás Madarason és környékén

Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja

Felkészítő tanár: dr. Nebojszki László

II. díj. Veres Kincső: Táncoló vízcepp

Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia

Felkészítő tanár: Szász Ágota

II. díj. Kálmán Imre: 2013 – Időjárás előrejelzések és szélsőségek éve lakóhelyemen, Kunmadarason

Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakközépiskola

Felkészítő tanár: Major János

III. díj. Grób László: Sokszínű élet a Perőc-oldalon

Gödöllői Református Líceum Gimnázium

Felkészítő tanár: Horváth Zsolt

III. díj. Vida Zoltán: Emberek élnek ott, ahol a part szakad..., a táborállási és a kulcsi magasparkok csuszamlásos domborzatfejlődése

Rudas Közgazdasági Szakközépiskola, Szakiskola és Kollégium, Dunajváros

Felkészítő tanár: Horváth Csaba

III. díj. Molnár Bence: A Kun-Fehér-tó

Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja

Felkészítő tanár: dr. Nebojszki László

Különdíjak

Molnár Kornélia: Kő hátán kő, ez Kecő

Gimnázium – Tornalja

Felkészítő tanár: dr. Sipkai Tímea

Csamangó Krisztián Gábor: A citrom illata

Rogers Gimnázium, Szeged

Felkészítő tanár: Kohári György

Csákány Olivér: Illóolajok antibakteriális hatásának vizsgálata

Református Kollégium, Sepsiszentgyörgy, Románia

Felkészítő tanárok: Nagy Mónika, Pető Mária

Természet tudományos múltunk felkutatása kategória

A beérkezett pályázatokat dr. Gazda István, dr. Kecskeméti Tibor és Németh Géza értékelte.

I. díj. Csehó Levente–Ruzsa Bence: Csillagvadászat, avagy minden, amit tudni érdemes a londoni Királyi Csillagvizsgálóról

Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Vegyipari, Környezetvédelmi és Informatikai Szakközépiskola, Budapest

Felkészítő tanár: Szalkay Csilla

II. díj. Härtlein Károly György: Hell Miksa tudományos játéka

ELTE Apáczai Csere János Gyakorló-gimnázium és Kollégium, Budapest

Felkészítő tanár: Härtlein Károly

II. díj. Horváth Henriett: Cikádi Ciszterci Monostorától a mai Bátaszék római katolikus templomáig

Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja

Felkészítő tanár: dr. Nebojszki László

III. díj. Fülöp Dorottya: Utazás a múltba egy fizikakönyvön keresztül. Fehér Ipoly Kísérleti természettan tankönyve

Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia

Felkészítő tanár: Máthé Márta

III. díj. Vincze János: Kántor Sándor mesterségének rejtelmei

Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakközépiskola

Felkészítő tanár: Major János

III. díj. Aujezsky Nóra Ilona–Fockter Zoltán Péter: Táj és ember kapcsolata – Andreánszky Gábor nyomában

Piarista Gimnázium és Kollégium, Vác

Felkészítő tanárok: Balogh Tamás,

Csorba László

Különdíjasok

Kiss Fruzsina: Szalay Sándor élete és munkássága

Ady Endre Gimnázium, Debrecen

Felkészítő tanárok: Senk Lajos, Kónya István, Peternainé Juhász Zsuzsa, Szabóné Heim Mária

Softic Nóra: A kőbányi víztározó története

Zrínyi Miklós Gimnázium, Budapest

Felkészítő tanár: Halász Judit

Orvostudományi különdíj

Az Ernst Grote, a Tübingeni Egyetem agysebész professzora által alapított kategória pályázatait dr. Rosivall László és Kapitány Katalin értékelte.

I. díj. Bocskay István–Gombos Melitta:

Dr. Bugyi István, a sebészet nagymestere
Horváth Mihály Gimnázium, Szent
Felkészítő tanár: Kátai Mónika

II. díj. Deák Brigitta: Mindenki megvan a maga csatája

Református Kollégium, Sepsiszentgyörgy, Románia

Felkészítő tanár: Nagy Mész Gyöngyi

III. díj. Antal Andrea: „Ha mű gyermekkorunkba meghűltünk, akkor leforrasztott murha felé hajoltunk...”

Bethlen Gábor Kollégium, Nagyenyed, Románia

Felkészítő tanár: Dvoráček Ágoston

Matematika különdíj

A Martin Gardner matematikus által alapított különdíj pályamunkáit dr. Munkácsy Katalin, Herczeg János és Dürr János értékelték.

I. díj. Ferencz Petra: A születésnap paradoxonról

Révai Miklós Gimnázium, Győr

Felkészítő tanár: Csete Lajos

Kultúra egysége különdíj

A Simonyi Károly professzor alapította különdíj pályamunkáit dr. Fűzi László, dr. Radnai Gyula és dr. Schiller Róbert értékelte.

I. díj. Darvay Botond–Darvay Zsuzsanna: Sztána szerelme, Éjszaki Károly, a mérnök és író

Báthory István Elméleti Líceum, Kolozsvár, Románia

Felkészítő tanár: Káptalan Erna, Darvay Béla

II. díj. Matkovits Anna: Kolozsváry Ernő
Veres Péter Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Szakképző Iskola és Kollégium, Győr

Felkészítő tanár: Zátanyi Szilárd

Hargittai-díjas hölgyek

Veres Kincső (Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia)

Ferencz Petra (Révai Miklós Gimnázium, Győr)

Kitüntetett felkészítő tanárok

Csete Lajos

Dvoráček Ágoston

Káptalan Erna

Kátai Mónika

Major János

Máthé Márta

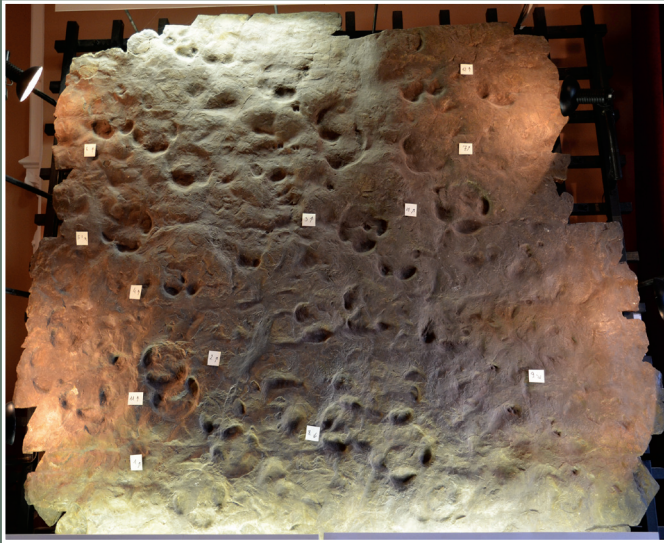
Nagy-Mész Gyöngyi

dr. Nebojszki László

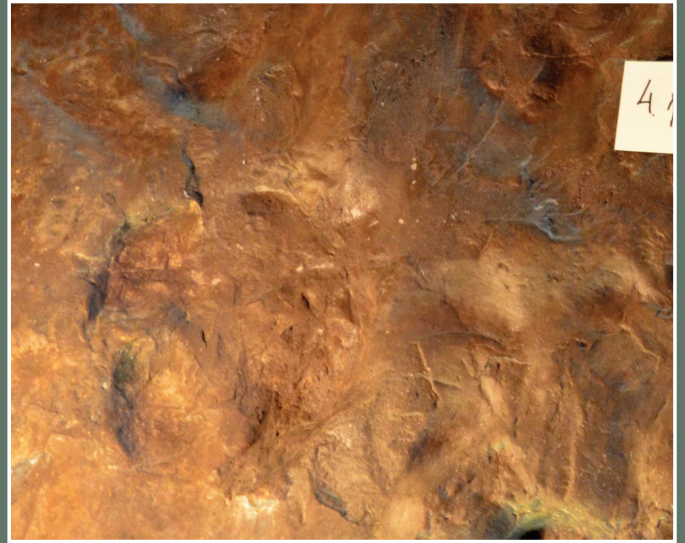
Szalkay Csilla

Szász Ágota

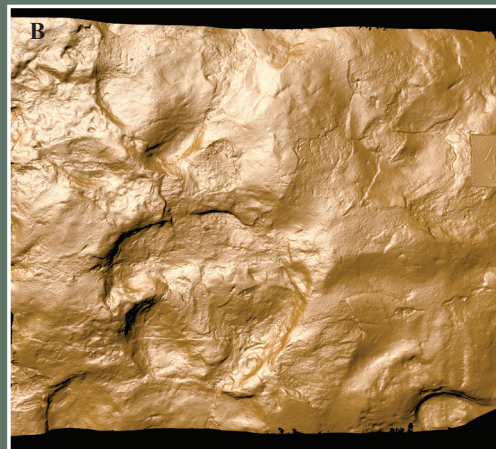
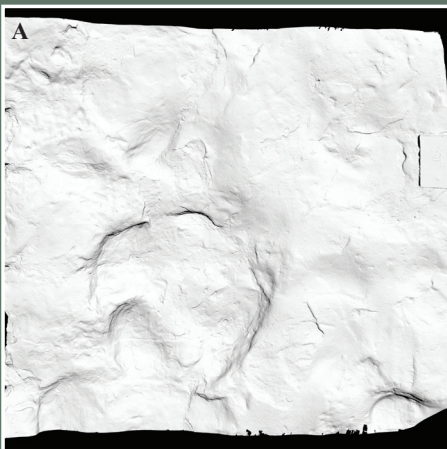
Ősállat-lábnyomok Ipolytarnócon



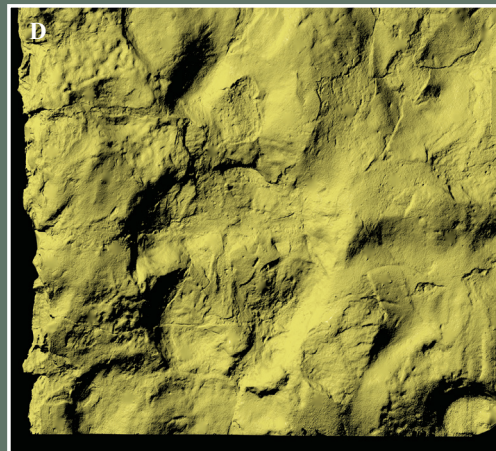
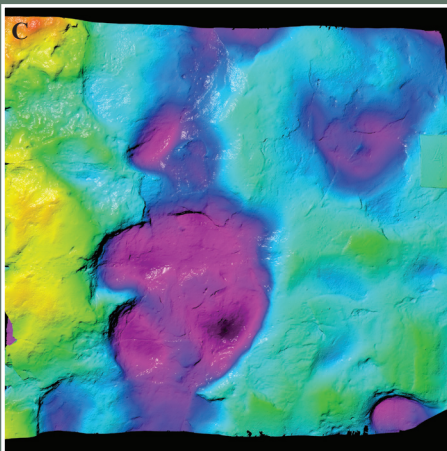
Az Ipolytarnócon 1900-ban felfedezett, és Budapesten a földtani intézetben felállított homokkőlapon a kutatók 115 évig csak orrszarvúak, párosujjú patások és madarak lábnyomait látták (Mészáros Ildikó felvétele).



A lábnyomos homokkő vékony egymásra boruló kőzetrétegei azonban krokodilokra, teknősökre emlékeztető állati lábnyomok sokaságát is őrzik. A homokkőlap kinagyított részén a szabad szemmel is megfigyelhető orrszarvú lábnyomon átgázoló hullók a nagyfelbontású digitális fényképen már jól érzékelhetők (NIKON D7000, AF-S NIKKOR 16-85mm; képméret: 1497 x 1209, Mészáros Ildikó felvétele)



A lábnyomok láthatóságát a fényviszonyok alapvetően meghatározzák, ezért olyan eszközt kellett a kutatásban alkalmazni, ami a megvilágítástól független képalkotású. A hordozható 3D felszíni lézer technika (Creaform EXA Scan) a 0,2 mm-es felbontáson kívül új számítógépes lehetőségeket is biztosít. A nyers felvételen (A) kevesebbet látni, mint az emberi szemmel; a barna szín már plasztikusabbá teszi a lábnyomokat (B); az egyetlen felszín azonos szintjeit kitöltő színek alkalmazásával elmosódott látványos foltok jelzik az állatok lábnyomainak különböző mélységét és egymásutánosságát. A bíbor a legmélyebb orrszarvú nyom, a sárga a legmagasabb természetes felszín (C). További árnyékolási és fototechnikai megoldásokkal a legfinomabb részletek is láthatókká válnak (D).



A képeket Kordos László megbízásából a Basiliskus 3D Grafikai Stúdió Kft. készítette.

Ajándék DVD az áprilisi számunkban!

„Miazma, avagy az ördög köve”
film-alapú számítógépes fizikai kalandjáték

A Természet Világa következő, áprilisi számában olvasóinknak egy ajándék DVD-vel, egy interaktív filmmel kedveskedünk. A fizikai kalandjáték film, melyet az MTA Atommagkutató Intézetének megbízásából a Private Moon Studios készített, Debrecenben játszódik.

Részlet az interaktív film előzeteséből:

A történet

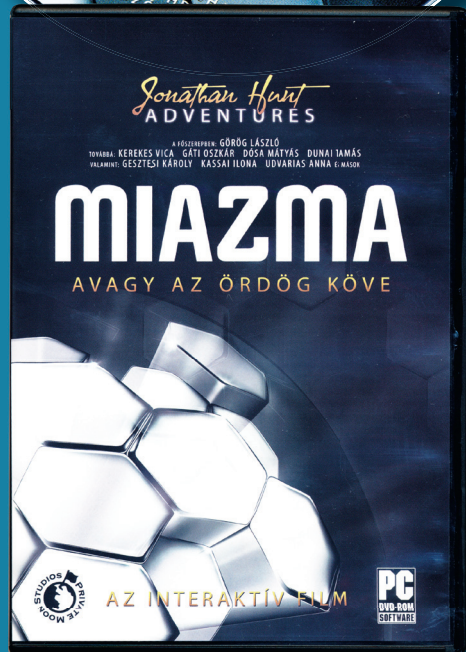
A sztori szerint hősrünk ártatlan, néhány naposra tervezett debreceni kirándulásra változik át eleinte egy eltűnt srác utáni nyomozással, majd egy százötven évvel ezelőtt becsapódott meteorit utáni kutatással, végül pedig rejtvényfejtéssel, amely a múlt kódolt üzeneteire derít fényt. Kiderül, hogy a történelem során sokak sorsát befolyásoló ördögi „lebkő” mit tartalmaz: gyémántot, az örök élet elixírjét, egy eddig nem ismert elemet, netán egy pusztító erejű miazmát. Eközben Jonathan Hunt bőrébe bújva belelátunk a Debreceni Református Kollégium egykori és mai működésébe, megismerünk részleteket neves fizikusok (pl. Hatvani István és Szalay Sándor) életéből és munkásságából, felfrissíthetjük – és vég-

re használhatjuk is a gyakorlatban – az iskolai fizikaórákon tanultakat, valamint nem utolsó sorban közlelről is bepillantathatunk az Atomki falai mögé, megtudván, hogy kik és mivel is foglalkoztak egy atommagkutató intézetben.

A játék elemei

A játék a Private Moon Studios egyedi fejlesztésű „AGON” játékmotorjára épül, viszont most első ízben készítünk ezzel ún. külső nézetű point'n'click kalandjátékot interaktív film környezetben. Ez annyit jelent, hogy a látványvilágot tekintve mindvégig valós terekkel, azok játékfilmes igényű feldolgozásával találkozunk, a cselekmény azonban nem magától, hanem a játékos saját tempójában, a reakciót, döntéseit követve halad előre jó néhány alternatív útvonalat is érintve, azonos kiindulópontból az egyetlen végkifejlet felé.

A kalandjátékok központi eleme a rejtvény. A sztori „behúzó” ereje mellett a másik legerősebb motivációt jelenti. A MIAZMA esetén több mint 30 különböző nehézségű és típusú rejtvényrel találkozunk, ezek túlnyomó része tematikáját tekintve a fizika tudományára épül. A játék – az edutainment produkciókra jellemző módon – egyfajta ostyában juttatja el a játékosokhoz az ismereteket.



nka

Nemzeti Kulturális Alap

