

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

145. évf. 5. sz.

2014. MÁJUS

ÁRA: 650 Ft

Előfizetőknek: 540 Ft



- A LOGIKA ÚJ KAPUI
- MÉLYFÉSZKŰ FÖLDRENGÉSEK
- LÁTÁSMENTŐ ÚJ SZŰRÉS
- ÚJSZÜLÖTT SZÁRAZFÖLDEK
- LEIBNIZ ÉS A MEDICINA
- VÉR-AGY GÁTON ÁT
- BESZÉLGETÉS ARIEH WARSHEL NOBEL-DÍJAS KÉMIKUSSAL

A gombavilág súlyemelői



Ízletes csiperke



Erdei szömörcsög

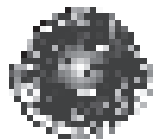


Gyapjas tintagomba



Csoportos pereszke

Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNYI
TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
145. ÉVFOLYAMA



2014. 5. sz. MÁJUS
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi-díjas folyóirat



Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap,
a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala,
az Országos Tudományos Kutatási Alprogramok
(OTKA, PUB-I 111 142) támogatásával.
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai
Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Főszerkesztő:
STAAR GYULA
Szerkesztőség:
1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.
Telefon: 327-8962, fax: 327-8969
Levélcím: 1444 Budapest 8., Pf. 256
E-mail-cím: termvil@mail.datanet.hu
Internet: www.termeszetvilaga.hu
vagy <http://www.chemonet.hu/TermVil/>

Felelős kiadó:
PIRÓTH ESZTER
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

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

Nyomtatás:
Infopress Group Hungary Zrt.

Felelős vezető:
Lakatos Imre
vezérigazgató

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

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

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

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

TARTALOM

Tervezhető az élet molekulái. Arieh Warshel Nobel-díjas kémikussal	194
beszélget Náray-Szabó Gábor	197
Mathesz Anna : A logika új kapui	201
Harangi Szabolcs : Tűz által a vízből. Újszülött szárazföldek	205
Varga Péter–Süle Bálint : Nagy ($M \geq 7$) mélyfészű földrengések	210
Csutak Adrienne–Török Zsolt–Csósz Éva–Pető Tünde : Látásmentő új szűrés	214
Csaba György : Az egysejtűek hormonális rendszere. Gondolatok és következtetések	217
„Trójai falóval” a vér-agy gáton át. Veszélka Szilviával beszélget Farkas Csaba	219
<i>E számunk szerzői</i>	219
Vojnits András : Amerre a Mississippi hömpölyög. Első rész. A Nagy Folyó	224
<i>HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSEGEK</i>	226
E. Vojtkó Anna–Molnár V. Attila–Lukács Balázs András : Rejtőzködő információk a növényekben	228
Jancsó Gábor : A gyapjas tintagomba	231
Török István : A legnagyobb dicséretem	232
Pátkai Zsolt : 2013 telének időjárása	234
Glässer Erik : A Than fivérek emlékháza Óbecsén	236
Kapronczay Katalin : Leibniz és a medicina (<i>OLVASÓNAPLÓ</i>)	238
<i>ORVOSSZEMMEL</i> (Matos Lajos rovata)	239
<i>FOLYÓIRATSZEMLE</i>	239

Címképünk: Erdei fülesbagoly (*Kalotás Zsolt* felvétele)

Borítólapunk második oldalán: A gombavilág súlyemelői (*Locsmándi Csaba* felvételei)

Borítólapunk harmadik oldalán: Egy vulkánziget születése

Mellékletünk: A XXIII. Természet–Tudomány Diákpályázat cikkei (Farkas Orsolya, Kapitány Szabolcs, Nagy Áron, valamint Kovács Miklós írása) Megérkezett a Természet Világa Nagyenyedre. A XXIV. Természet–Tudomány Diákpályázat pályázati felhívása

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

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

Főszerkesztő: STAAR GYULA

Szerkesztők:

KAPITÁNY KATALIN (yka@mail.datanet.hu, 327-8960)
NÉMETH GÉZA (n.geza@mail.datanet.hu, 327-8961)

Tördelés: LÉVÁRT TAMÁS

Titkárságvezető: LUKÁCS ANNAMÁRIA

Tervezhető az élet molekulái

Beszélgetés Arie Warshel Nobel-díjas kémikussal

Arie Warshel izraeli-amerikai elméleti kémikus 1940-ben született Palesztinában, a Sde Nahum kibucban. A középiskola elvégzése után katona volt az izraeli hadseregben, ahonnan századosként szerelt le. Ezután kémiát tanult a híres Technion Intézetben, ahol 1966-ban szerezte meg a diplomáját kémiából, 1969-ben fizikai kémiából doktorált ugyanitt. 1972 és 1976 között az egyesült államokbeli Harvard Egyetemen, majd az izraeli Weizmann Intézetben és a Cambridge-i Egyetemen dolgozott. 1976 óta munkahelye a Los Angeles-i University of Southern California kémiai intézete. Az Egyesült Államok Nemzeti Tudományos Akadémiájának tagja, számos kitüntetés mellett Michael Levitt-tel és Martin Karplus-szal együtt a 2013. évi kémiai Nobel-díj egyik nyertese. Kutatási területe a fehérjék működésének, térszerkezetének és átalakulásainak megértéséhez szükséges molekulamodellzési módszerek kidolgozása és alkalmazása. Munkásságával jelentős mértékben hozzájárult a gyógyszerek működési mechanizmusának megértéséhez, a biológiailag aktív kis molekulák és fehérjék számítógépes tervezési módszereinek a kidolgozásához. E módszerek segítségével terveztek számos gyógyhatású anyagot, melyek ma már elérhetőek a kereskedelmi forgalomban. Az interjú készítője 1988-ban három hónapig dolgozott Warshel laboratóriumában, ahol közös kutatásaik eredményeképpen közelebb kerültek az enzimek működésének pontos megértéséhez.



NSZG: 1940-ben egy izraeli kibucban született. A Természet Világa olvasói csak nagyon keveset tudnak erről a hagyományos együttműködő közösségről. Meséljen nekünk róla!

AW: A kibuc valódi kommuna volt, minden lakójáról feltételezték, hogy éppen annyit ad, amennyire képes és éppen annyit kap, amennyire szüksége van. A gyerekeket együtt, elkülönítve nevelték egy „gyermekházban”.

– Melyek voltak első gyermekkori benyomásai, mi érdekelte? Álmodozott arról, hogy tudós lesz? Milyen könyveket olvasott a legszívesebben?

– Viszonylag boldog gyermekkorom volt, de nem álmodoztam arról, hogy kutató leszek, bár játékból puskákat és hasonló tárgyakat készítettem. Folyton olvastam, főleg kalandregényeket, de számos klasszikust is.

– Hogyan kezdett érdeklődni a kémia iránt? Szerette a kísérleteket?

– Gondoltam egyet és elhatároztam, hogy egyetemre megyek, ami nem volt egyszerű, mivel kibucban tanultam. A kémiát véletlenül választottam anélkül, hogy tisztán láttam volna, miről szól.

– Mint az izraeli hadsereg tisztje, harcolt az 1967-es hatnapos háborúban és az 1973-as jóm kippúri háborúban is, ezalatt elérte a kapitányi rangot. Milyen volt az élet a seregben?

– Katonai szolgálatomat közkatona-ként és tisztként teljesítettem, főként bé-

keidőben, miközben készültem az érettségi vizsgára is. Ez szükséges volt ahhoz, hogy az egyetemre bejussak. A háborúk tartalékos időmben zajlottak, és természetesen nem adtak okot nagy öröme.

– Beszéljen életéről és tanulmányairól a Technionban és a Weizmann Intézetben! Mi volt közöttük a különbség?

– A Technion, mint a legtöbb más egyetem az akkori időkben, nagyon magas követelményeket állított, igen szigorú vizsgákkal és hatalmas megtanulandó anyaggal. A Weizmann Intézetben főleg a kutatásra összpontosítottunk, bár voltak egyetemi kurzusaink. Mindkét helyen jól éreztem magam.

– Mi volt első tudományos eredménye, hogyan érte el azokat? Mikor kezdett érdeklődni a számítási kémia iránt?

– Első tudományos eredményemet a Technionban egyetemi hallgatóként értem el. A mágneses magrezonancia (NMR) spektroszkópiát alkalmaztam (talán bárki más előtt) a kimotripszin leggyorsabb reakciólépésének azonosítására. A doktori munkám elején ismerkedtem meg a számítási kémiával.

– Első közleményének címe a következő volt: Egy konzisztens erőter a cikloalkánok és n-alkán molekulák konformációjának, rezgési szintjének és entalpiájának számítására. Gondolta akkor, hogy ezt a módszert fehérjékre is ki lehet terjeszteni?

– Az első naptól kezdve világos volt,

hogy a kutatás a fehérjéről szól. A meszképzés során végzett kutatásaim lényegileg egy laktámokra alkalmazható konzisztens erőter kidolgozásáról szóltak (ezekben a molekulákban is van a fehérjék alkotórészét képező peptidkötés). Ezt a munkát csak 1970-ben közzöltük.

– Hogy is volt az a posztdoktori állás a Harvardon?

– Ezen idő alatt folytattam a kvantummechanikai és klasszikus mechanikai számítási módszerek kombináció-

University of Southern California (USC)

Kalifornia legrégebbi magánegyeteme 1880-ban ötvenhárom diákkal indult, ma negyvenezer hallgatója van, közülük több mint kilencezer külföldi, az intézmény ezzel első helyen áll az Egyesült Államokban. A világ ötven legjobb egyeteme között van, jelentős mértékű, minőségi kutatás folyik itt. Nyolcvan oktatójuk tagja az USA különböző tudományos vagy művészeti akadémiajának. Itt dolgozik a kémiai Nobel-díjas magyar származású Oláh György is. Kiemelkedő a sporttevékenységük, sportolók összesen 135 aranyérmert nyertek az olimpiai játékokon, többet, mint bármely más egyetem a világon. Klinikáin évente több mint egymillió beteget ápolnak.

jára vonatkozó ötlet kidolgozását, amit már a Weizmann Intézetben elkezdtem (Warshel, A. and A. Bromberg, Oxidation of 4a,4b-Dihydrophenanthrenes. 3. A Theoretical Study of Large Kinetic Isotope Effect of Deuterium in Initiation Step of Thermal Reaction with Oxygen. Journal of Chemical Physics, 1970. 52(3): p. 1262). A Harvardon elhatároztuk, hogy felhasználjuk az ötletet konjugált molekulák számítására úgy, hogy a pi elektronokat kvantummechanikailag kezeljük.

– *Alapvető jelentőségű cikke a Nature-ben Michael Levitt-tel (A fehérjék feltekeredésének számítógépes szimulációja) első, és egyszerre igen sikeres próbálkozása volt komplex biológiai molekulák kezelésére. Hogyan jött az ötlet, hogy fehérjékre végezzén számításokat?*

– Ténylegesen 1972 óta dolgoztam nagyon szorgalmasan egy közelítésen, mely enzimreakciók leírására alkalmas, de ez sok időt vett igénybe. A feltekeréssel kapcsolatos ötlet szinte a semmiből jött elő, és úgy tűnt, hogy kiemelkedően jól működik.

– *Másik alapvető jelentőségű cikkét, megint csak Michael Levitt-tel, egy enzim, a lizozim működési mechanizmusának szentelték. Ebben lefektették az alapjait a kombinált kvantummechanikai-molekulamechanikai számítási módszereknek, egyúttal fontos állításokat fogalmaztak meg az enzim működési mechanizmusáról. Például azt, hogy inkább az elektrosztatika, mint a feszülés szabályozza a mechanizmust. Mondja el e cikk történetét!*

– Ez hosszú történet. Már a Technionban érdeklődtem az enzimkatalízis iránt. Korai próbálkozásaim a kvantummechanika és a molekulamechanika együttes alkalmazására kudarcot vallottak, amikor a konzisztens erőter programunk Levitt által a feszülés leírására alkalmazható volt változtatással megpróbáltam tanulmányozni a lizozim által katalizált reakciót. Felismertem, hogy a környezet elektrosztatikus hatásának a kvantumrendszer Hamilton-operátorában való figyelembevételére egy ténylegesen csatolt kvantummechanikai-molekulamechanikai módszer a megoldás kulcsa. Ez a módszer tette számunkra lehetővé, hogy a lizozim esetében megalapozzuk az elektrosztatikus hatások alapvető jellegére vonatkozó állításunkat.

– *Már 1976-ban a Los Angeles-i Dél-kaliforniai Egyetemen vállalt munkát és a mai napig ott maradt. Kapott meghívást más állásokra is?*

– Különösen mostanság.

– *Mi magyarok nagyon büszkék vagyunk Oláh György professzorra, aki Nobel-díjat kapott a karbokation kémiához tett kiemelkedő hozzájárulásáért. Ő a Loker Intézetben dolgozik a Dél-kaliforniai Egyetemen, akárcsak Ön. Mondjon róla valamit!*

Mire vezethető vissza az enzimek katalitikus hatása?

Ismeretes, hogy az enzimek az élő szervezet vegyi gyáraiként működő biomolekulák, legtöbb esetben fehérjék. Közreműködésükkel a lombikban lejátszódó reakciókhoz képest alapvetően új utak nyílnak, így lehetőség van a molekulák igen specifikus, egy adott életfolyamathoz nélkülözhetetlen irányú és sebességű átalakulására. Ez elsősorban annak köszönhető, hogy az enzimek rendkívüli mértékben, akár több tucat nagyságrenddel felgyorsítják a reakciókat. A gyorsításra több mint száz éve a híres német szerves kémikus, Emil Fischer adott igen szemléletes magyarázatot. Az enzimek és a velük reakcióba lépő molekulák (szubsztrátok) úgy illeszkednek egymáshoz, mint kulcs (szubsztrát) a zárhoz (enzim). Az illeszkedés optimális feltételeket biztosít, ezért gyorsul fel a reakció. Elsősorban Warshel munkásságának köszönhetően tisztázódott, hogy mit jelent az illeszkedés az enzimreakció világában (ábra). A vizes oldatban a nyíllal jelzett, poláris vízmolekulák össze-vissza helyezkednek el a szubsztrát körül (felül), ezért a polarizált átmeneti állapotban a stabilizáláshoz, ezáltal a reakció gyorsításához szükséges rendeződés energiát igényel. Ezzel szemben az enzim molekulájában már eleve adott a rendezett állapot (alul), jobban stabilizálódik az átmeneti állapot, felgyorsul a reakció. A stabilizáció elsősorban elektrosztatikus kölcsönhatások következtében jön létre, ezért beszélhetünk sok esetben elektrosztatikus enzimkatalízisről. Korábban úgy gondolták, hogy az enzimmel való kölcsönhatás következtében a reagáló szubsztrát megfeszül, ezért lesz kiemelkedően reakcióképes. Warshel és Levitt említett cikkében ezt meggyőzően cáfolták.



– Oláh professzor figyelemre méltó tudós és remek kolléga. Sokat segített a tudományban, amikor az egyetemre érkeztem, még a lizozimban található karbóniumionokra vonatkozó tanulmányaimban is. Nincs olyan területe a kémiának, melyben ne lenne otthon, és természetesen a kémia egyik legnagyobb szószólója a világon. Mindig nagy megtiszteltetés volt, hogy a társa, talán a barátja voltam.

– *Őn a legfontosabb tudós, aki hozzájárult az enzimreakciók sebességnövekedésének elméletéhez. Nobel-elődásában azt mondta, hogy az enzimkatalízis titka az elektrosztatikus preorganizáció. Kérem, magyarázza el ezt kicsit részletesebben!*

– Köszönöm. Valóban úgy gondolom, hogy a számításaim segítettek az enzimkatalízis rejtélyének tisztázásában, sajnos azonban a magyarázat nem egyszerű. Úgy tűnik, hogy a katalízis nem annak az

eredménye, hogy az enzim és a szubsztrát kölcsönhatásba lép, hanem az, hogy az enzim nélküli (vizes oldatban lejátszódó) reakcióban a vízmolekuláknak át kell rendeződniük az alapállapotból az átmeneti állapot felé mozdulva, ami energia-befektetéssel jár. Az enzim aktív helyén lévő poláris csoportoknak nem kell már lényegesen átrendeződniük, miután már a megfelelő irányban állnak.

– *Mi a molekuladinamika és mire jó?*

– A molekulamechanika alkalmas többek között arra, hogy a látás első lépésében lezajló, nagyon gyors biológiai reakciókat modellezzük. Nagyon hasznos eszköz a szabad energiák becslésére. Mindazonáltal, a dinamika körül tapasztalható izgalom lényegesen zavarhoz vezetett, és ahhoz a feltételezéshez, hogy hozzájárul a katalízishez.

– *Kérem, mesélje el az F10-ATP szintáz, a legkisebb molekuláris motor történetét!*

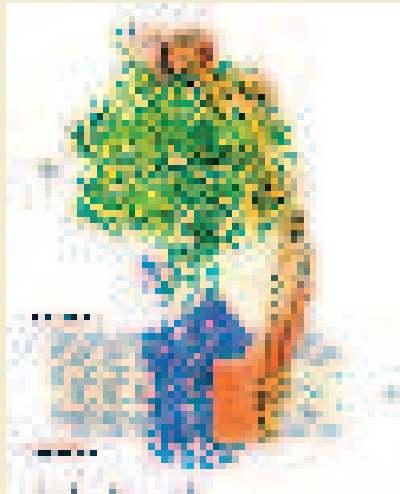
– Ez túl hosszú történet ahhoz, hogy itt

A „coarse grained” (durva őrlésű) módszer

A molekulamechanikai módszerek atomi paraméterekkel dolgoznak, a sokszor több ezer atomot tartalmazó fehérje vagy nukleinsav minden egyes atomjához akár több tucat különböző paramétert kell rendelni. Ez jelentősen megnöveli a számítási munkát, amiért az igazán nagy rendszerek vizsgálata igen sok számítógép időt igényelne, akár meg is hiúsulhatna. A probléma egyszerűsítésére alkalmazta Warshel és Levitt az ún. „durva őrlésű” módszert, mely egyszerűen több atomot, általában egy egész aminosav-oldallancot összefogva, egyetlen részecskeként kezel. Ezáltal jelentősen csökken a számítási munka és igen nagy rendszerek modellezése is lehetővé válik.

F1F0-ATP szintáz, a legkisebb forgó motor

Az F1F0-ATP szintáz nevű enzim két összetevőből áll (ábra). Az F1 komponens az adott reakciót felgyorsító, katalitikus egység, mely öt alegységből áll. Az F0 egység be van ágyazva a sejtmembránba, melyben a sejt két oldala között nátrium- és káliumionokat szállító csatorna-ként működik. A gamma alegység alkotja azt a központi törzset, mely összeköti az F0 és az F1 egységet. A két egység forgó motorként működik, egyik az álló, a másik a forgó rész, a motort elektrosztatikus erő hajtja. Ha a membrán két oldalán megfelelően nagy az ionerősség, vagyis az elektromos potenciálkülönbség, a katalízis az F1 egységben zajlik. Ha átfordul a potenciálkülönbség iránya, az ATP-molekula elbomlik, miközben az F0 egység proton-pumpaként működik.



elmondhassam. Csak arra szeretnék rámutatni, hogy az ATP-áz enzimek kémiai energiát használnak ahhoz, hogy biológiai energiát végezzenek, és az, hogy ez hogyan történik, nagy rejtély, annak

ellenére, hogy ismerjük a legfontosabb szerkezeteket. Mi arra koncentráltunk, hogy az ún. „coarse grained” (durva őrlésű) fehérjemodellt alkalmazzuk, mely kiemelve az elektrosztatikus energia je-

lentőségét, magyarázatot ad arra, hogyan működik ez a rendszer és a hasonló molekuláris motorok.

– *Mit kell tudni az elektromos feszültségkülönbség által aktivált ioncsatornákról?*

– Az ioncsatornák aktiválása elektromos feszültség által ugyancsak nagy kihívást jelent a molekula-szimuláció számára. A közvetlen mikroszkopikus szimuláció alkalmazása a probléma tisztázására egyelőre problematikus. Itt is azt találtuk, hogy a modellünk nagyon hatékony és betekintést nyújt a problémába.

– *Kérem, meséljen valamit a munkatársairól és a tanítványairól!*

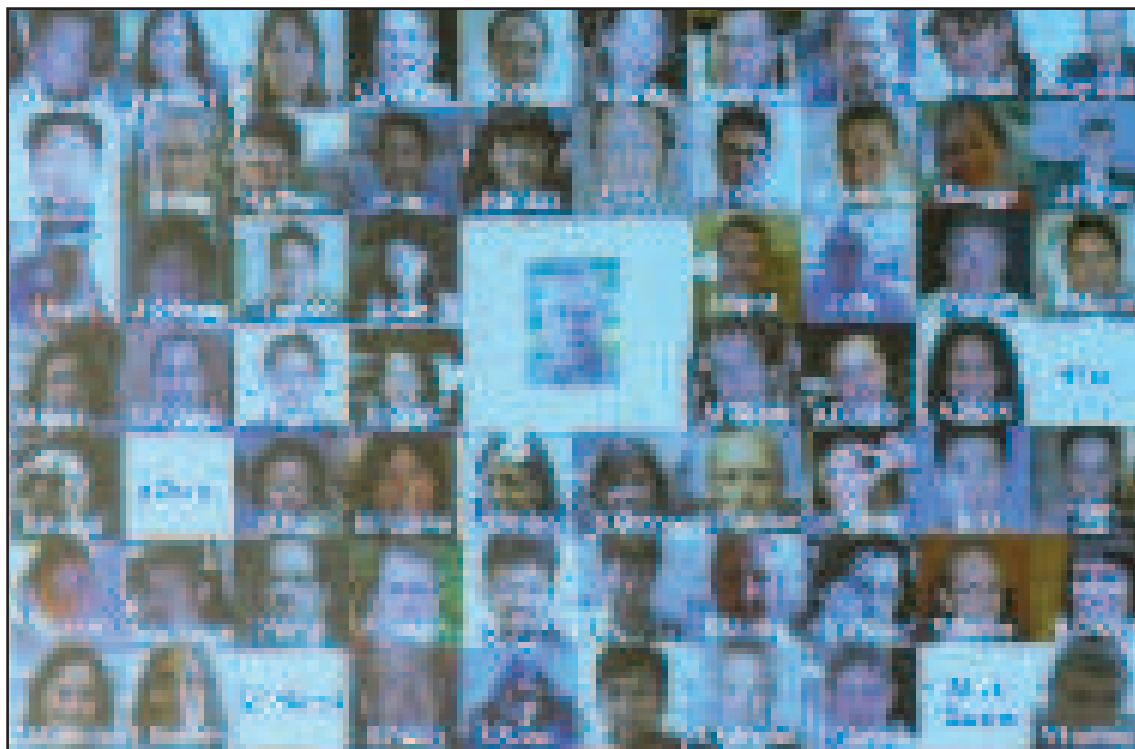
– Nagyon szerencsés voltam, mert sok igen tehetséges diákom és posztdoktori ösztöndíjasom volt, akik óriási mértékben járultak hozzá a sikereimhez.

– *További tervei?*

– Azon igyekszem, hogy kitoljam a biológiai szimuláció határait és felfedezem, hogyan működnek a biológiai rendszerek.

Az interjút készítette:
NÁRAY-SZABÓ GÁBOR

Részlet Arieh Warshel munkatársainak tablóképéből



MATHESZ ANNA

A logika új kapui

Egy városi legenda szerint az 1940-es évek elején *Thomas J. Watson*, az IBM akkori elnöke a következő kijelentést tette: „Véleményem szerint körülbelül öt számítógép számára van hely a világpiacon.” Jóslata valószínűleg beigazolódik, amennyiben a személyi számítógépek megmaradnak olyanok, amilyen az első Harvard-IBM számítógép, a *Mark I* volt. A gépnek ugyanis rendkívül „impozáns” paraméterei voltak, úgymint 2,5 méteres magasság, 15,5 méteres szélesség, emellett megközelítőleg 5 tonnát nyomott és több száz kilométer kábelt foglalt magába. A mikroelektronika rohamos fejlődésének köszönhetően azonban Mr. Watson előrejelzése végül nem teljesült, hiszen napjainkra a számítógép meglehetősen elterjedté vált, például 2010-ben mintegy 340 millió személyi számítógépet adtak el a világon [1].

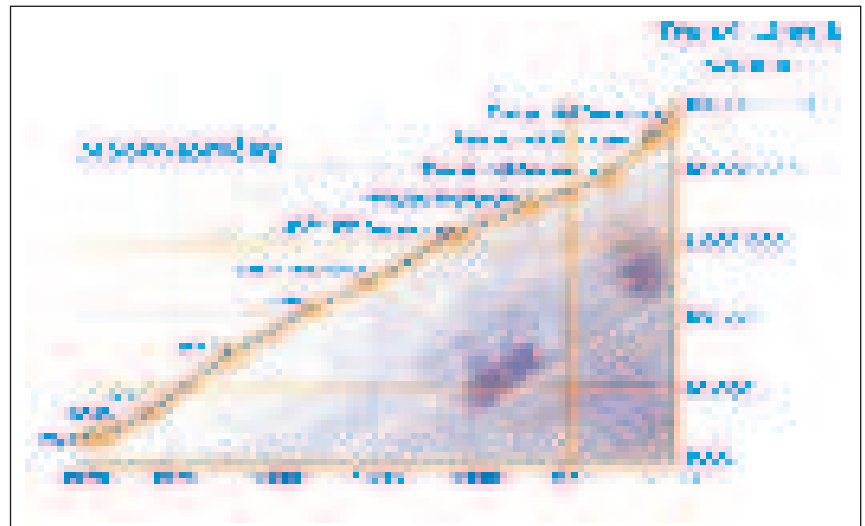
A XX. századot gyakran hívják az elektronika aranykorának, ugyanis az ágazat a 60-as évektől rohamos növekedésnek indult. Az integrált áramkörökben a logikai elemek (tranzisztorok) száma, feltalálásuktól számítva, 18 havonta megduplázódott, a számítási teljesítmény/sebesség a duplájára nőtt (1. ábra). Ezt a jelenséget írja le a Moore-törvény, melyet az Intel egyik alapítója, *Gordon E. Moore* fogalmazott meg 1965-ben megjelent cikkében [2].

A folyamatos fejlődés fenntartásának kulcsa az alkatrészek miniaturizálásában rejlik, ugyanis az elemek méretének csökkenésével nő az adott felületre integrálható alkatrészek száma. Ez pedig az integrált áramkörök sebességének növekedését, továbbá az egyre komplexebb funkciók megvalósítását teszi lehetővé. Napjainkra az integrált áramköröket alkotó elemek mérete 30 nanométer (0,00003 milliméter) alá csökkent, és ahhoz, hogy a fejlődés a Moore-törvénynek megfelelő ütemben folytatódhasson, az alkotóelemeket az elkövetkező 10 évben molekulaméretűre kellene zsugorítani. Amennyiben a gyártási méret nem csökken, az integrált áramkörökben az egy-egy felületre eső tranzisztorok száma sem duplázódhat meg 18 hónap alatt. A szakértők, köztük a szabály megalkotója, *Gordon Moore* is, egyetértenek abban, hogy a következő évtizedben a tör-

vény érvényét vesztheti, mivel a félvezető technológia eléri a miniaturizálhatóság határait.

Az integrált áramkörök gyártói jelenleg hatalmas erőfeszítéseket tesznek annak érdekében, hogy a legújabb nanotechnológiai eljárások segítségével további méretcsökkenést érjenek el. Hosszú távon azonban a számítási sebesség további növekedéséhez új megoldások szükségesek. Lehetséges alternatívát kínál többek között a nanoelektronika, a molekuláris elektronika, illetve az integrált optika. Az

A számítógépekben a logikai műveleteket végző áramkörök építőkövei a tranzisztorokkal működő logikai kapuk. Az optikai adatfeldolgozó rendszerek kutatásának egyik célja az integrált elektronikában használt logikai kapukhoz hasonló, optikai elven működő logikai kapuk létrehozása. Az elmúlt években az ultragyors (nanoszekundumos) optikai kapcsolás megvalósítása óriási áttörést jelentett. Erre alapozva számos kutatócsoport fejleszt különböző logikai műveletek elvégzésére képes optikai áramköröket [3–5].

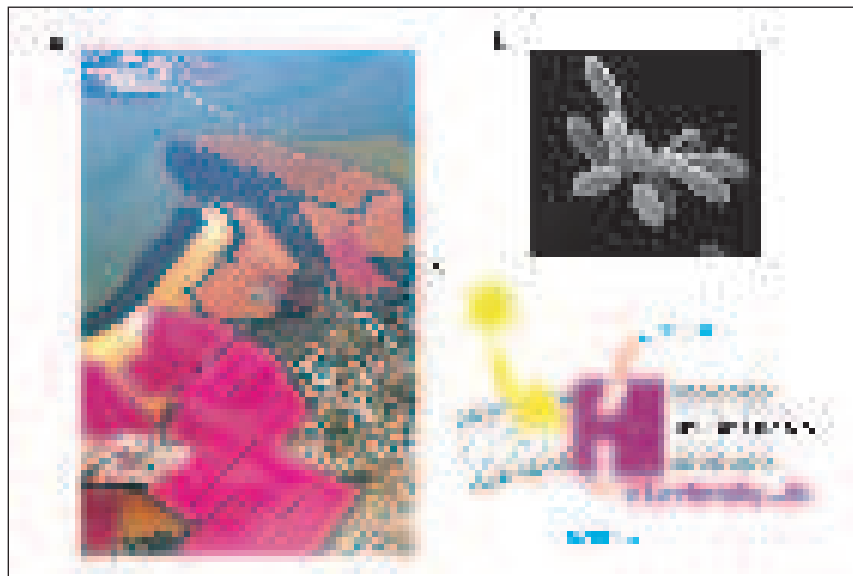


1. ábra. Moore-törvény. Az elmúlt évtizedben az integrált áramköröket alkotó aktív és passzív elemek mérete 100 nanométer (0,0001 milliméter) alá csökkent, jelenleg a legfejlettebb processzorok több milliárd tranzisztorot tartalmaznak. A *Gordon E. Moore* által megalkotott törvény szerint az integrált áramkörökben a tranzisztorok száma 18 havonta megduplázódik (Forrás: Intel)

írásban egy kutatócsoportunk által kifejlesztett integrált optikai alkalmazást mutatok be.

Az integrált optika napjaink rendkívül gyorsan fejlődő tudományága, amelynek célja olyan – az integrált elektronikai áramkörökhöz hasonló – miniaturizált „optikai áramkörök” létrehozása, amelyekben az információt elektronok helyett fény továbbítja. Ezekben az optikai áramkörökben a vezetékeknek a hullámvezetők, a feszültségnek a fényintenzitás, az áramforrásnak pedig a fényforrás (általában lézer) feleltethető meg.

Az integrált áramkörökhöz hasonlóan, az integrált optikai áramkörök is tartalmaznak aktív, illetve passzív elemeket. Az elektronikában passzív elemeket például az ellenállás vagy a kondenzátor, aktív elem (képes változtatni a rajta eső feszültséget) pedig a tranzisztor. A passzív integrált optikai elemek (hullámvezető struktúrák, tükrök, rácsok stb.) gyártási technológiája már rendelkezésünkre áll, az aktuális kutatások célja ezért olyan anyagok fejlesztése, amelyek ezekben az áramkörökben aktív, vezérlő szerepet tölthetnek be.



2. ábra. A *Halobacterium salinarum* és a bakteriorodopszin. (a) Sóléparlói tó a San Francisco-öbölben, amely jellegzetes bíbor színét a bakteriorodopszinnak köszönheti (Forrás: <http://www.flickr.com/photos/23688516@N00/364573572>). (b) A *Halobacterium salinarum* mikroszkópos képe (Forrás: Wikipédia). (c) Fény hatására a bakteriorodopszin protonokat juttat a membrán belső oldaláról a külsőre

Az optikai elven működő eszközökben alkalmazható aktív anyagokkal szemben támasztott legfontosabb követelmény az, hogy fényrel történő megvilágítás (gerjesztés) hatására észlelhető mértékben megváltozzon az anyagnak valamilyen optikai tulajdonsága (pl. a törésmutató). Emellett a gyakorlati felhasználás szempontjából elengedhetetlen a környezeti hatásokkal szembeni stabilitás, valamint, hogy az anyag többször gerjeszthető legyen.

Aktív anyagként jelenleg leggyakrabban különböző kristályokat és folyadékkristályokat használnak, amelyeknek általában elektrooptikai tulajdonságait használják ki. Ebben az esetben az anyagban az optikai változás elektromos tér hatására következik be, a fényvezérlés fotoelektromos átalakítókon (pl. fotodiódákon) keresztül, áttételesen történik. Közvetlen fényvezérlésre igazán alkalmas szerves anyagot korábban nem sikerült találni, ezért ilyen szempontból is igen érdekesnek mutatkozik a biológiai anyagok optikai tulajdonságainak feltérképezése.

Jelenleg a legesélyesebb jelölt a feladatra egy – fény hatására protonokat szállító – membránfehérje, a bakteriorodopszin (bR). De mi is a bakteriorodopszin, és melyek azok a tulajdonságok, amelyek alkalmasak a tesztek az integrált optikai alkalmazásra?

A bakteriorodopszin a *Halobacterium salinarum* nevű sókedvelő baktérium membránjában található fehérje, amely kulcsfontosságú szerepet tölt be a baktérium energiaátalakításában. A *Halobacterium salinarum* körülbelül 0,5

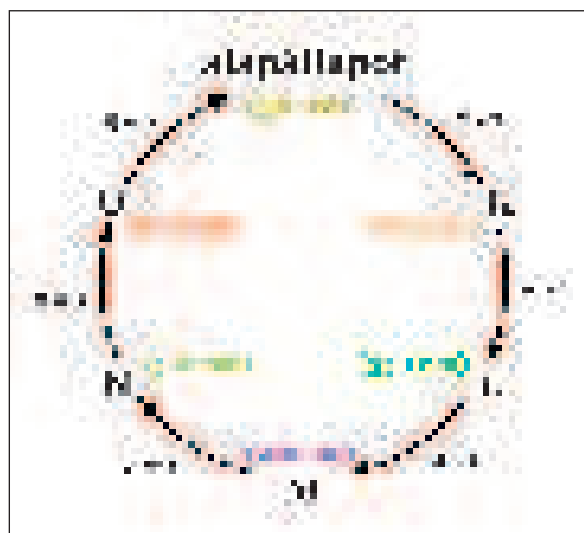
mikrométer átmérőjű, és 4–10 mikrométer hosszúságú, pálcika alakú baktérium, mely rendkívül magas sókoncentrációjú tavakban, illetve sóléparlókban található meg (2. ábra). Feltételezések szerint ezen szélsőséges életkörülménynek köszönhetően – a klorofill alapú fotoszintetikus rendszerekkel szemben – a halobaktériumnak mindössze egyetlen fehérjére, a bR-re van szüksége a fény kémiai energiává történő átalakításához. A bR feladata, hogy fény hatására protonokat pumpáljon a sejt belső részébe. Eközben a fehérje jól megkülönböztethető térszerkezetű állapotok sorozatán megy keresztül (fotociklus). Ezen úgynevezett köztes állapotok jelölése rendre: BR (alapállapot), K, L, M, N, O (3. ábra).

A megvilágítás hatására elinduló fotociklus során a bakteriorodopszin törésmutatója is megváltozik. Ez a változás a mérések szerint eléri, egyes esetekben meg is haladhatja az integrált optikai eszközökben jelenleg használt szerves anyagokét. Ezt a fényindukált törésmutató-változást felhasználva

optikai kapcsolás hozható létre [6], ami optikai elven működő logikai kapuk létrehozását teszi lehetővé. A bakteriorodopszin a többi biológiai eredetű molekulához képest kivételes stabilitást mutat, ami szintén fontos követelmény a lehetséges alkalmazások szempontjából [7].

A 70-es években történt felfedezése óta világszerte számos kutatóintézetben vizsgálják a bakteriorodopszin felhasználási lehetőségeit (például holografikus memória, tisztán optikai elven működő kapcsoló). A Magyar Tudományos Akadémia Szegedi Biológiai Kutatóközpontjának Biofizikai Intézetében 1974 óta folyó bakteriorodopszinnal kapcsolatos kutatások. Kutatócsoportunk – *Dér András* vezetésével – a bakteriorodopszin integrált optikai felhasználásával, többek között optikai kapcsolással [6], és erre épülő, teljesen optikai elven működő logikai kapuk fejlesztésével foglalkozik [8].

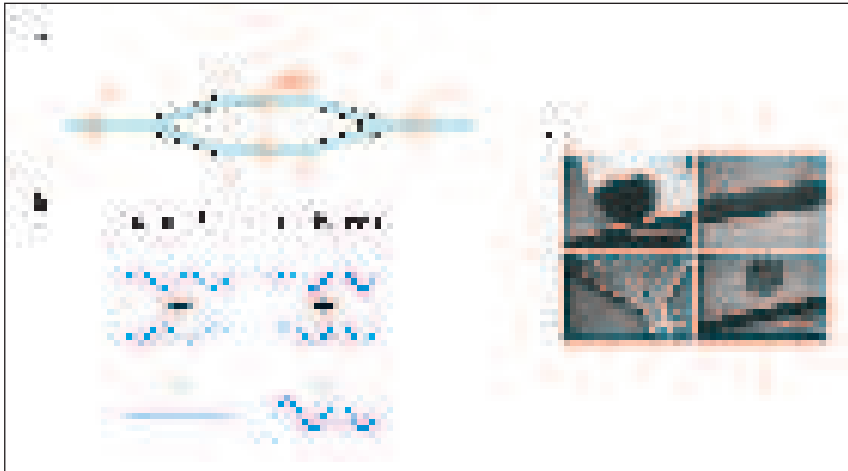
Az általunk fejlesztett eszköz alapja egy integrált optikai Mach-Zehnder interferométer (4a. ábra), amelyet úgynevezett fotolitográfias módszerrel készítettünk. Az eljárás során üveg tárgylemezre felvitt fényérzékeny rétegbe ultrabolya lézerrel rajzoljuk a kívánt struktúrát. A réteg csak a megvilágítás helyén köt meg, ennek köszönhetően, a felesleg leoldása után,



3. ábra. A bakteriorodopszin fotociklusa. Az egyes állapotokban a bR más-más hullámhosszú (színű) fényt nyel el legnagyobb mértékben (ezek a hullámhosszértékek láthatók zárójelben). Szemléletesen ez azt is jelenti, hogy a fehérje fotociklus közben változtatja a színét

az üvegfelülethez kötötten megkapjuk az interferométert (4c. ábra).

A lézert fényt ($\lambda = 633 \text{ nm}$) az interferométer bemenetéhez illesztett optikai szálon juttatjuk be az eszközbe, majd a kilépő fényt szintén optikai szál segítségével vezetjük el a jelerősítő



4. ábra. A Mach-Zehnder interferométer. (a) Az integrált optikai Mach-Zehnder interferométer sematikus rajza. (b) A hullámok egyesítéskor létrejöhét erősítés vagy gyengítés, attól függően, hogy a két hullám egymáshoz képest milyen állapotban találkozik. (c) Az interferométer elektronmikroszkópos képe

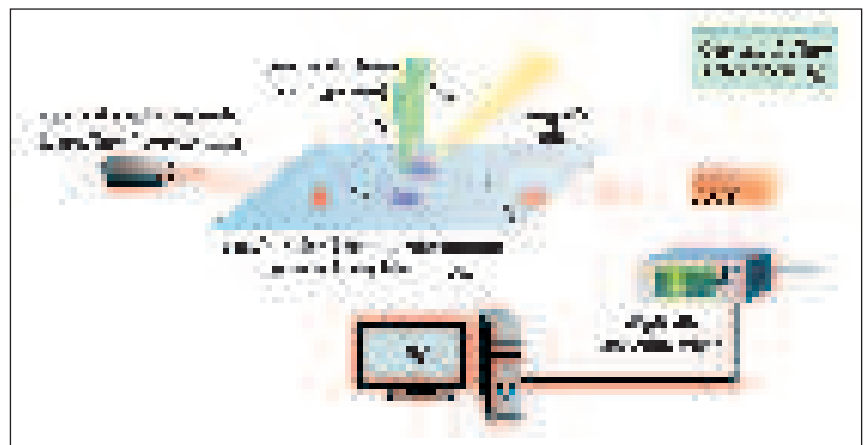
teszhez használt fotoelektron-sokszorozón keresztül a digitális oszcilloszkóphoz (5. ábra).

Az interferométerbe belépő fény két részre oszlik, amelyek egy adott úthossz megtétele után újra egyesülnek (4a. ábra). Alapesetben, a két egyforma karon a fény azonos idő alatt halad végig, és ekkor – az egyesítés után – a fénycsücsök azonos állapotban találkoznak (hullámhegy hullámhegygel, hullámvölgy hullámvölgygel). Ebben az esetben a hullámok erősítik egymást (4b. ábra). Ha azonban a karok anyaga (törésmutatója) különböző, akkor a fény különböző sebességgel halad bennük, és ilyenkor az azonos úthosszakat a fény már nem azonos idő alatt teszi meg. Ekkor elérhetjük, hogy az egyesülő hullámok ne azonos állapotban találkozzanak: létrehozhatunk csillapítást vagy akár kioltást is; hullámhegy hullámvölgygel találkozik (4b. ábra).

Az általunk készített eszközben a karok törésmutatóját a következőképpen tudjuk változtatni. Az interferométer mindkét karjára vékony, egyenletes bakteriorodopszin réteget viszünk fel (5. ábra). Fénnyel történő megvilágítás hatására a bR réteg törésmutatója megváltozik, majd a gerjesztés kikapcsolásával visszatér a kezdeti értékhez. Ez teszi lehetővé, hogy a bR-t gerjesztve befolyásoljuk az egyes karokban a fény terjedési idejét, ezáltal változtatni tudjuk a kimeneten megjelenő fény intenzitását. A következőkben ismertetett méréseket a bR alapállapot – M állapot közötti átmenet gerjesztésével végeztük.

A logikai kapuk bemeneti és kimeneti értékei úgynevezett logikai értékek (0 vagy 1), melyeket az integrált elektronikában feszültség szintek képviselnek. Létrehozott eszközünkben a logikai be-

menetet (X_1 , X_2) a bR-t gerjesztő fény, a kimenetet (Y) pedig az interferométerből kilépő lézercsücs jelenti. Az integrált elektronikához hasonlóan a bemenet, il-



5. ábra. A mérési elrendezés sematikus rajza

letve a kimenet 0 vagy 1 értéket vehet fel a következőképpen: a bemeneten a bR réteg gerjesztése jelenti a logikai 1-et, a gerjesztés hiánya a logikai 0-t, a kimeneten pedig a maximális kilépő intenzitás (erősítés) felel meg 1-nek, a kilépő fény hiánya (kioltás) 0-nak.

Egy logikai kapu egy vagy több logikai értéket kap bemenetként, melyeken elvégezve az adott műveletet, egy kimeneti értéket ad vissza. A kapuk igaz-

ságtáblája (6. ábra) adja meg, hogy a különböző bemenetek kombinációjától függően, melyik logikai érték fog megjelenni a kimeneten.

A bR gerjesztésével vezérelt optikai logikai kapu működésének bemutatására végzett méréseink eredménye, valamint a megvalósított logikai műveletekhez tartozó igazságtáblák a 7. ábrán láthatók. A mérések során a kilépő fény intenzitása mellett a bakteriorodopszin gerjesztő lézercsücs intenzitását is oszcilloszkóppal rögzítettük, ezáltal nyomon követhettük a bemeneti és kimeneti értékek változását. Az eredményeket ábrázoló grafikonon (7–8. ábra) piros szín jelöli az interferométer kimenetén mért fényintenzitást, a zöld és a kék pedig a bakteriorodopszin gerjesztő fény intenzitását az egyik, illetve másik karban.

Eddigi kísérleteink során kétféle logikai kaput hoztunk létre, ezek a NEM (NOT, inverter) és az XOR (kizáró VAGY) kapu. A NEM kapu a legegyszerűbb logikai műveletet, a tagadást végzi (0-ból 1, 1-ből pedig 0 lesz). Az XOR kapu, magyar nevén KIZÁRÓ VAGY a

kimeneten kizárólag akkor ad 1-et, ha a bemeneti értékek különbözőek. Gyakran használják kettes számrendszerbeli számok egyezésének vizsgálatára.

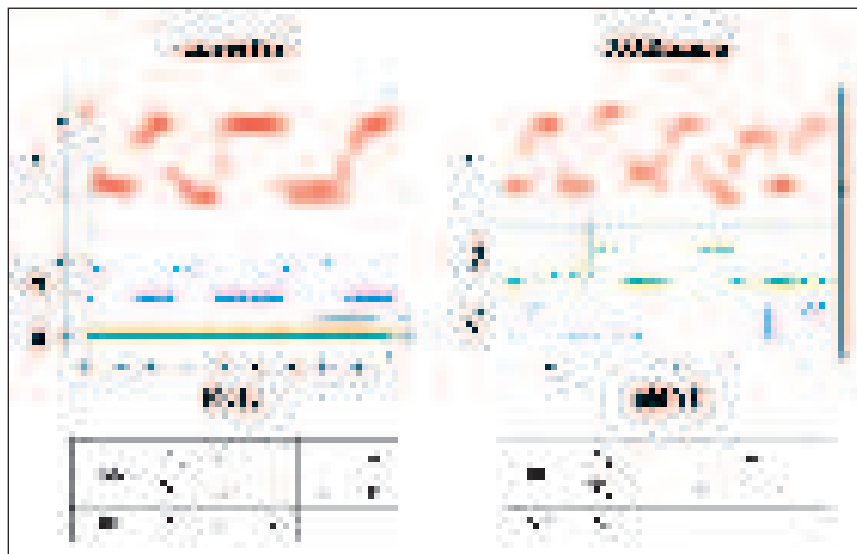
6. ábra. Néhány logikai kapu igazságtáblája

A megalkotott logikai kapuk egyetlen Mach-Zehnder-interferométerből állnak. További kapuk megvalósításához több interferométer összekapcsolására van szükség [9]. A jövőben ilyen, több interferométerből

végzett kísérleteinket is. Ez az átmenet nagyságrendekkel gyorsabban lezajlik, mint a BR–M átmenet. Ezt a nagyon gyors átmenetet felhasználva sikerült megvalósítanunk az eddig demonstrált

leggyorsabb fehérje alapú integrált optikai logikai kaput.

Kutatásaink alátámasztják, hogy megvalósíthatóak olyan optikai logikai kapuk, amelyek az integrált elektronikák kiegészítve, bizonyos esetekben helyettesítve, nagy szerepet kaphatnak a jövő nagysebességű, optikai elven működő telekommunikációs és adatfeldolgozó egységeiben.



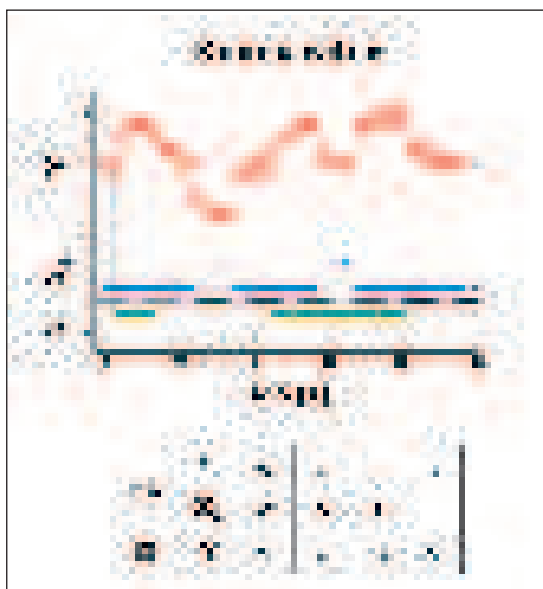
7. ábra. Az integrált optikai logikai kapukon végzett mérések eredménye, valamint a hozzájuk tartozó igazságtáblák. Pirossal az interferométer kimenetén mért fényintenzitást (logikai kimenet- Y), zölddel és kézzel pedig a bakteriorodopszint gerjesztő fény intenzitása látható az egyik, illetve másik karban (logikai bemenetek- X_1, X_2)

álló logikai kapuk (elsősorban ÉS kapu, valamint VAGY kapu) létrehozását tervezzük.

A logikai kapuk mellett az interferométer komparátorként is működtethető (8. ábra). Az elektronikában is alkalmazott komparátor két bemeneti érték közötti mennyiségi kapcsolat (kisebb, nagyobb, egyenlő) előállítását végző eszköz. Ahogyan a 8. ábrán látható, a kimeneti intenzitás (Y) a kezdeti értékhez képest csökken vagy nő, attól függően, hogy melyik karon (X_1, X_2) gerjesztettük a bakteriorodopszint. Abban az esetben, ha egyik kart sem világítjuk meg ($X_1=0, X_2=0$), vagy mindkét kart egyszerre gerjesztjük ($X_1=1, X_2=1$), a kimeneti intenzitásérték változatlan marad. Ez azt jelenti, hogy az eszköz kimenetéből eldönthető, hogy melyik ágon történt gerjesztés, azaz melyik bemenethez tartozott a nagyobb logikai érték.

Eredményeinket 2013 augusztusában a *Biosensors and Bioelectronics* című tudományos folyóiratban foglaltuk össze [8]. Bemutattuk, hogy az általunk készített, a bakteriorodopszin fényindukált törésmutató-változását felhasználó, interferometrikus elven működő logikai eszköz – a fentiekben részletezett módon – inverterként, XOR kapuként, továbbá komparátorként működtethető. Emellett ismertettük a BR–K átmenet gerjesztésé-

8. ábra. Az integrált optikai komparátorral végzett mérések eredménye. A komparátor két bemeneti érték közötti kapcsolat megállapítására alkalmas eszköz. Esetünkben a két bemenetet az egyes karokon található bR réteget gerjesztő fény jelenti (az ábrán zöld, illetve kék szín jelöli). A kimenet (az ábrán pirossal) mutatja meg, hogy melyik ágon történt gerjesztés, azaz melyik bemenethez tartozott a nagyobb logikai érték



Köszönetnyilvánítás

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

Irodalom

[1] <http://www.statisticbrain.com/computer-sales-statistics/>
 [2] „Cramming more components onto integrated circuits”. Gordon E. Moore, *Electronics Magazine* (1965)
 [3] „All-optical AND gate at 10 Gbit/s based on cascaded single-port-coupled SOAs”. Xinliang Zhang, Ying Wang, Junqiang Sun, Deming Liu, and Dexiu Huang, *Optics Express* (2004)
 [4] „All-optical digital 3-input AND gate using sum- and difference-frequency generation in PPLN waveguide”. J.E. Mcgeehan, M. Giltreli, A.E. Willner, *Electronics Letters* (2007)
 [5] „Optics inspired logic architecture”. James Hardy, Joseph Shamir, *Optics Express* (2007)
 [6] „Protein-based ultrafast photonic switching”. L. Fábrián, Zs. Heiner, M. Mero, M. Kiss, E. K. Wolff, P. Ormos, K. Osvay, A. Dér, *Opt. Express* (2011)
 [7] „Protein-Based Three-Dimensional Memory”. R. R. Birge, *American Scientist* (1994)
 [8] „High-speed integrated optical logic based on the protein bacteriorhodopsin”. A. Mathesz, L. Fábrián, S. Valkai, D. Alexandre, Paulo V. S. Marques, P. Ormos, E. K. Wolff, A. Dér, *Biosensors and Bioelectronics* (2013)

HARANGI SZABOLCS

Tűz által vízből

Újszülött szárazföldek

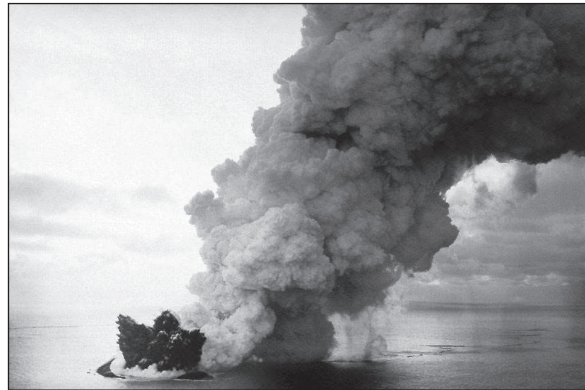
2013. november 20-án a Japán Meteorológiai Intézet víz alatti vulkáni működésről számolt be. Az esemény Japántól jó 1000 kilométerre délre, a piciny Nishino-shima sziget közelében, attól vagy 500 méterre zajlott. A hullámzó tengerből vulkáni hamuval telített vízgőz csapott fel, amit rövidesen kakastaréjszerű hamukilövellések váltottak fel. Az ismétlődő vulkáni kitérések eredményeképpen még aznap délután egy 200 méter átmérőjű szárazföld alakult, ami a Nijijima, magyarul új sziget nevet kapta. Rögtön megindultak a találgatások, hogy vajon mi lesz a sorsa a Föld legfiatalabb szárazföldjének. A Csendes-óceánban már számos példa volt arra, hogy látványos vulkánkitöréseket figyeltek meg, például 2009. március 18-án a Tonga-szigetek közelében, azonban a hatalmas hamukilövellések nem voltak elegendőek ahhoz, hogy szárazföld alakuljon ki. A tengervíz gyorsan elegyengette, elmosta a laza törmelékanyagot. Tűz és víz harca ez! A vulkáni kitérések szigeteket emelnek, szigetek méreteit növelik, a tenger tajtékzó habjai pedig folyamatosan igyekeznek gyengíteni az új jövevényt és sokszor nem kevés sikerrel!

A hawaii szigetvilágban számos gyönyörű történet kering Peléről, a vulkánok és Nāmaka-o-Kaha'inak, az óceán istennőjének folytonos harcáról. Pele izzó lávafolyamokat indít útnak, amelyek növelik a hawaii Nagy-sziget (Big Island) méretét, de a haragos Nāmaka-o-Kaha'i mindent megtesz, hogy megállítsa a sziget gyarapodását, és folytonos hullámveréssel igyekszik darabokra zúzni a megdermedt lávaközeteket. Hogyan zajlik mindez a Mariana-szigetíven, a Vulkán-szigetek sorában? Ki fog győzni, van-e esélye itt egy piciny szárazföldnek? Bő ötven évvel ezelőtt ez a küzdelem Izland déli partjainak előterében szinte a szakemberek orra előtt játszódott le.

Egy sziget születése fél évszázaddal ezelőtt

Izland szigete 16 millió éve bukkant ki az óceán vízből. Körülötte azóta sem ritka, hogy a vulkáni működés egy kis szigetgyermekkel igyekszik gyarapítani a térség szá-

razföldjeinek számát. 1783 a Laki hasadékvulkáni kitéréséről híres, azonban ebben az évben egyéb izgalmas vulkáni esemény is történt. A Reykjanes-félsziget folytatásában húzódó Közép-atlanti-hátság hasadékvölgyében május első napján megnyílt a föld és a feltörő magma a tengervízzel keveredve robbanásos kitérésekkel igyekezett egy talpalatnyi szárazföldet kialakítani. Jörgen Mindelberg kapitány éppen arra hajózott Boesand hajójával, és ahogy meglátta a tengervízből felcsapó, vulkáni hamuval telített szürke gőzfelhőt, rögtön arra gondolt, hogy eljött a világvége. Ha az nem is következett be, de két nap múlva egy kis sziget jelent



A Surtsey-sziget születése

meg az ismétlődő kitéréseknek köszönhetően. Próbálták megközelíteni a friss szárazföldet, de végül visszafordultak, mivel „olyan erős kénsszag volt, hogy attól tartottam, hogy a légénység nem bírja a fojtó szagot”. A dán kormány rögtön érdeklődést mutatott az új sziget iránt és a Nyey (Új sziget) nevet adta neki. Néhány hónap múlva egy expedíció indult útnak, hogy kitzúzza a dán lobogót, azonban hiába keresték a szigetet, addigra a tenger elmosta a laza törmelékanyagot. Ezután is volt még néhány próbálkozás, azonban eredménytelenül. Nem sokkal arrébb azonban, 1963 őszén egy biztatóbb próbálkozás kezdődött.

1963. november 14-én, az Izlandtól délre hajózó Ísleifur II hajó legénysége arra lett figyelmes, hogy nem messze tőlük

„fekete füstoszlop emelkedik fel a tengerből”. A kapitány azt gondolta, hogy egy hajó gyulladhatott ki, azonban tévedett! Nem mást láttak, mint egy új vulkáni sziget születésének kezdetét! Két nappal korábban egy másik hajó kapitánya arról számolt be, hogy a tengervíz hőmérséklete bizonyos területen melegebb volt a szokásosnál, Vík, dél-izlandi tengerparti település lakói pedig záptojásszagra panaszkodtak. Nincs kétség, ekkor már zajlottak a vulkáni kitérések, de ez még a tengerszint alatt mintegy 130 méter mélyen történt. Azonnal értesítették az éppen a közelben tartózkodó neves izlandi geológust, Sigurdur Thorarinnson, aki-

nek a szemtanú hitelességével készült részletes leírása az eseményekről (*Surtsey: The new island in the North Atlantic, az az Surtsey: egy új vulkán születése az Atlanti-óceán északi részén* c. könyvében), akár Plinius levelei a Vezúv 79. évi kitéréséről, segít megérteni, hogyan is született egy kis vulkáni sziget az óceán közepén.

A megnyíló tengerfenékből kiáramló vulkáni hamu egy lapos, de egyre növekvő víz alatti

halmot épített, ami november közepén bukkant a felszínre. A fehér vízgőz és a sötét, kakastaréjhoz hasonló hamufelhő november közepén már pulzálva tört fel immár a tengerszint fölé, és november végére egy 900x650 méter nagyságú sziget alakult ki. Az új sziget Surturról, az északi mitológiai tűzistenről a Surtsey nevet kapta. Thorarinnson így írt erről az eseményről: „a tengervíz meglehetősen nyugtalannak látszott... a víz alatt három kürtő helyezkedett el egy hasadék mentén... hirtelen tüzes villanásokat figyeltünk meg a kürtőkben, amit követően a víz koncentrikus körökben felforrt... olykor gőzszlopok emelkedtek a vízfelszín fölé, közben akár 50 méter magasságba is feljutó fekete vulkáni hamu robbant ki éles kilövellé-

sekkel”. A vulkáni sziget megszületéséhez kapcsolódóan két robbanásos kitörési folyamatot lehetett elkülöníteni: „*két erősen különböző kitörési típust figyeltünk meg. Amikor a tengervíz befolyt valamelyik kūr-*

tűzijáték, lávaszökőkút emelkedett a magasba, sőt izzó lávafolyamok indultak el a friss vulkán lejtőin. Ezek a képződmények már ellenállóak voltak a tengervíz csapásaival szemben és ennek köszönhe-



Az Anak Krakatau

töbe... a robbanások egy tefra tömeget lövelltek ki... ezen belül, egyedi kilövelléseket láttunk... ezek elején izzó lávadarabok repültek, amelyeket sűrű, fekete vulkáni hamu követett. Néhány másodperc múlva, a fekete hamufelhő elszűrült, majd fehérre vált a túlhevített vízgőztől és turbulensen emelkedett a magasba”. Ez a kettős kitörési forma, különösen a jellegzetes kakastaréjszerű kilövellések a nyílt kürtőjű freatomagmás, azaz forró magma és hideg víz vagy vizes üledék keveredése során bekövetkező heves robbanásos vulkáni működések meghatározó bélyegeivé váltak és a surszey-típusú kitörés elnevezést kapták.

A heves robbanásos kitöréseket a feltörő magma és a kürtőbe lekerülő tengervíz, pontosabban üledékekkel kevert tengervizes zagy keveredése okozta. A sötét színű vulkáni hamuval fedett új sziget azonban nyomban komoly erőpróba elé nézett. A viharos tenger hullámai gyorsan elmosták a laza anyagot. Ha a vulkáni működés nem pótolta volna, könnyen elnyelte volna az óceán a frissen kialakult szigetet, amint az már számos alkalommal máshol megtörtént. A tűzisten azonban keményen dolgozott és újabb, s újabb vulkáni hamut lövellt. 1964 elejére már akkorára nőtt a sziget, hogy a tenger nem tudta megbontani, sőt a vulkáni kürtők elzáródtak a tengervíztől. Ennek következménye az volt, hogy megváltozott a kitörés jellege. A nagy robbanásos kitöréseket csendesebb, de látványosabb robbanásos kitörések váltották fel. Láva-

tő, hogy a sziget megmaradhatott. 1965-ben befejeződött a vulkáni működés, ekkor a sziget területe 2,5 km²-re nőtt. Május végén azonban egy újabb kitörés kezdődött a szigettől északra. Ismét hamuanyag lövellt ki a tengerből, az újszülött tűzhányó a Syrtlingur (kis Surtsey) nevet kapta. A kistestvér azonban csak október végéig létezett, akkorra a tengervíz végleg elmosta. Ezt követően még egy próbálkozása volt a tűzistennek: 1966-ban a Jólnir nevű sziget próbált ellenállni a tenger vad hullámainak, de sikertelenül. Végül újabb lávafolyás zajlott Surtsey szigetén 1966 augusztusában, ami 1967. június elejéig tartott. A sziget a kitörések elcsendesülése után közel 200 méter magasságba emelkedett ki a környező tengerből. A működést követően a szigeten megindult az élet megtelepedése. A kicsiny szárazföldön többek között lundák raknak fészket, egyre több növény és állat ver tanyát. Ember gyakorlatilag nem teheti lábát e fiatal szigetre, nehogy megbolygassa a természet saját erőből történő építkezését. 2008-ban Surtsey a Világörökség része lett.

Surtsey tehát életképes lett, ez azonban nem törvényszerű. Az 1830-as évek elején a Földközi-tenger közepén bontogatta szárnyait egy új szárazföld, amire több nagyhatalom is figyelmes lett. Már majdnem harci flották indultak egymás ellen, azonban a természet egyszerűen megoldotta ezt a kialakuló konfliktust: nem kellett sziget!

Sziget lett, vita lett, elsüllyedt

1831 júniusában a dél-szicíliai Sciacca városát fojtó kénes szag lepte el. Sziciliától mintegy 40 kilométerre a tenger vize habosan forrt, körülötte haltetekem úsztak. A feltörő forró magma és a kürtőbe kerülő tengervízzel telített üledék keveredése heves robbanásokat okozott. Az egyre szaporodó gőz és hamufelhő kitörések nyomán július 18-án egy kis vulkáni halom kezdett kiemelkedni a tengerből. A Corrao nevű hajó többször elhaladt az épülő vulkáni sziget mellett, a kapitány ezeket rögzítette jegyzetfüzetébe: „*Vízkilövellést láttunk, majd közel 500 méter magas tűz és füstoszlop jelent meg. Július 16-án egy erőteljes működésben lévő vulkán csúcsát látták kiemelkedni, néhány nappal később egy kis sziget tűnt elő, amely a kitörés következtében még mindig növekedett és augusztus 4-ére kerülete elérte a 3 mérföldet, magassága pedig a 60 métert. Két kiemelkedő része volt, az egyik kelet, a másik nyugat felé, mint két egymással összekötött hegy két forrongó tavacskával.*” A folytatódó vulkáni működés következtében a sziget mérete egyre nőtt, egy hónap alatt már több mint 3 km volt az átmérője, legmagasabb pontja pedig 60 méterrel emelkedett a vízszint fölé. Ez a tekintélyes méret már feltűnt az arra elhaladó hajóknak is, amelyek vitték a hírt: új sziget keletkezett a Szicília és Tunézia közötti tengerszorosban!

A hír természetesen felkeltette az európai nagyhatalmak érdeklődését is. Egy új sziget a stratégiaileg rendkívül fontos Földközi-tenger közepén? Anglia, Franciaország, Spanyolország és természetesen Olaszország vezetői sem haboztak: irány a tenger! Először az angol Senhouse kapitány hajója érte el az új szárazföldet, aki kitérve a brit lobogót, a brit haditengerészeti miniszterrel a friss földet Graham-szigetnek nevezte el. A Szicíliai és a Nápolyi Királyságot egyesítő Két Szicília Királyságának vezetői természetesen rossz szemmel nézték a partvidékük közelében kiemelkedett sziget brit elfoglalását. II. Ferdinánd uralkodó rövidesen hajót küldött oda és a szigetet a Bourbon korona alá helyezte, neve pedig Ferdinandea lett. A Bourbon-ház már azt tervezte, hogy üdülőközpontot épít a szigeten. Nem sokkal később azonban megérkeztek a franciák is. Hajójukon ott volt Constant Prévost, a francia földtani társaság egyik alapítója, aki tudományos megfigyeléseket is végzett a szigeten, miközben kitértek a francia zászlót és a szárazföldet Île Julia-nak nevezték el a júliusi születése kapcsán. Persze, a spanyolok is maguknak követelték a szigetet, így küszöbön állt egy súlyos konfliktus kirobbanása.

Ferdinandea, Graham, Julia – kié lesz? Kié volt? A konfliktust végül a természet oldotta meg! A robbanásos kitörések során laza törmelék halmozódott fel, lávaön-

tés nem volt, így az üledéket a hullámvérés bő öt hónap alatt teljesen elhordta. A sziget 1831. december 17-re teljesen eltűnt! Azóta a neve többnyire „*L'isola che non c'è più*”, azaz a sziget, ami nincs többé. Az atlaszokban azonban nem így találjuk meg, helyét Graham-zátonyként jelölik. A vulkáni domb mintegy 8 méterrel van a tengerszint alatt. A vita persze azóta sem csitult el. A sciaccai polgárok 2001-ben egy márványtáblát eresztettek le a zátonyra, amin az állt: „*E földdarab, amit egykor Ferdinandéának*



A Nishino-shima tűzijátéka

neveztek és Szicíliahoz tartozott, mindörökké a szicíliai embereké lesz!” 2002 novemberében aztán ismét a híradások címlapjára került az egykori vulkáni sziget. A környéken fokozódtak a földrengések, azonban ez végül nem vezetett kitéréshez. Vajon ismét kiemelkedik-e a most néhány méterrel a vízszint alatt lévő vulkáni dombocska? Ez nincs kizárva, kérdés, hogy akkor mennyire lesz fontos az újonnan érkező földdarab a nagyhatalmak számára? Egy új sziget azonban nem mindig kelt akkora figyelmet, mint ami a Surtsey vagy a szicíliai kis sziget születését övezte.

Zárt kapuk mögött

A Vörös-tenger déli részén, Jemen partvidékének közelében található, mintegy 5 kilométer hosszúságban a Zubair-szigetecsoport. A piciny szárazföldek mind vulkáni működéssel keletkeztek, mégpedig egy jelentős lemeztectonikai folyamat eredményeként. Az Afrikai- és Arab-közetlemez eltérő irányú mozgása miatt egy hasadékvölgy mentén alakult ki a Vörös-tenger, ahol a folyamatos közetlemez távolodás miatt már elindult az új óceáni kéreganyag kialakulása, azaz egyfajta „proto-óceán” jött létre. A kis szigetek ebben a széles hasadékvölgyben alakultak ki. A tapasztalt hajósok tudják, hogy ezen a területen különösen figyelni kell, mert nem zárhatók ki a váratlan események. A Zubair-szigetektől északnyugatra található Jebel al-

Tair szigeten 2007. szeptember 30-án 124 éves nyugalom után újult fel a vulkáni működés. A sziget stratégiaileg kiemelten fontos szárazföld, erre igényt tartott Etiópia, majd Eritrea és Jemen is. Végül a jemeniekhez került, akik katonai megfigyelőállomást létesítettek. A koraesti kitérés során 30–50 katona tartózkodott a szigeten, a gyors kitelepítés ellenére is nyolcan estek áldozatul a vulkáni működésnek.

Néhány évvel később, a vulkáni tevékenység folytatódott, akkor két új sziget keletkezett. E területen utoljára 1824-ben volt vulkáni működés, 2011 decemberében aztán a Rugged-sziget közelében „felforr” a víz, majd némi hamuanyagot tartalmazó vízgőz felhő csapott fel. A fehér kitérés felhő egyre szürkült, azaz mind több vulkáni anyag került bele, végül december 30-ra már egy friss szárazföldre potyogtak a vulkáni szemcsék. A működésről csupán a NASA műholdfelvételei tájékoztattak,

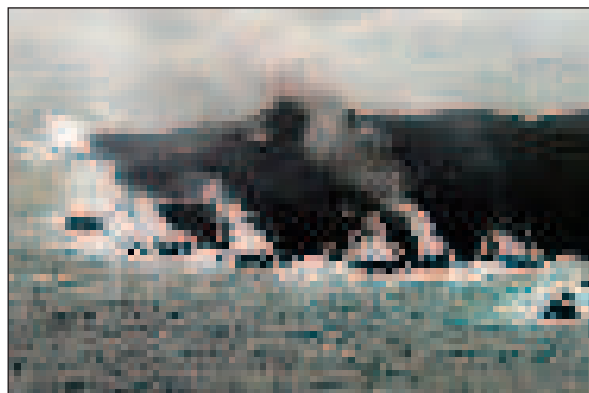
amit megerősített a terület felett kimutatott erős, légköri kén-dioxid koncentrációjának növekedése. Hasonlóan, csupán műholdképek alapján tudjuk, hogy 2013 szeptemberében ismét magasba emelkedő fehér gőzfelhő tünt fel a szigetecsoportban, majd október 23-ra már egyértelműen azonosítani lehetett a friss szigetkezdeményt a legnagyobb Zubair szigettől északnyugatra lévő kis Saba szigetecske mellett. Az újszülött jemeni szigetekről azóta nincs hír. Sokkal többet tudunk azonban a sikeres eseményekről, köztük a leghatalmasabb vulkán alkotó szigetről és egy óriási vulkánkitérés után kialakult és azóta is igen aktív vulkáni sziget életéről.

Egy vulkángyermek születése

A vulkáni működés egyik típusa a két-szigetlemez közötti keletkezésnek alapjai már a hawaii legendák történeteiben is felismerhetők. Pele, a vulkánok istennője ezek szerint Kapakuela szigetén élt, ahonnan egy szerelmi félrelépés miatt menekülnie kellett. Minden egyes szigeten leszúrta varázserejét a szomszédos

nek eredményeképpen friss láva tört fel és hirdette Pele erejét és hatalmasságát. A vándorút egészen a legutolsó szigetig tartott, ahol Pele új hazát talált és a Kilauea-kalderában lévő, gyakran izzó lávatóval kitöltött Halema'uma'u beszakadásos krátert választotta otthonául. A Hawaii-szigetlánc valóban délkelet felé egyre fiatalabb tagokból áll. Ennek lemeztectonikai magyarázata pedig az, hogy a Csendes-óceáni közetlemez évente átlagos 5–10 centiméterrel mozog északnyugati irányba, miközben a közetlemez alatt folyamatosan felfelé mozgó asztenoszféra földköpenyben évmilliók óta erőteljes magmaképződés zajlik. Jelenleg a hawaii Nagy-sziget (Big Island) van e „forró folt” felett és ez a Föld vulkanológiai legaktívabb területe. A Kilauea vulkáni mezőn 1983. január első napjai óta megszakítás óta zajlik a működés, a szakadatlan lávaömlések már több mint 3 köbkilométerrel növelték a sziget területét, azaz Pele győzelemre áll növérevel szemben.

A sziget kialakulásának története több százezer évvel ezelőtre tehető. A jelenlegi sziget öt önálló tűzhányó egyesüléséből alakult ki: ezek a már inaktív Kohala, a több mint 4500 éve szunnyadó Mauna Kea, az aluszékony, átlagosan évszázadonként egyszer kitérő Hualalai és a két aktív vulkán, Mauna Loa és Kilauea. Talán kevesen tudják, hogy a Mauna Loa a Föld leghatalmasabb vulkánja és bizonyos értelemben bolygónk legmagasabb hegye. A „Hosszú-hegy”, a szigetet uraló szélesen elnyúló pajzsvulkán kialakulásának kezdete mintegy 700 ezer évvel ezelőtre tehető, amikor felhasadt az 5000 méter vízmélység alatt lévő tengerfenék és láva bugygyant a felszínre. Bő 300 ezer évig újabb



A láva és a víz csatája

és újabb lávaleplekkel gyarapodott a víz alatti vulkán, amikor a már komoly előéletű tűzhányó kidugta a fejét a vízből. Nem volt megállás ezután sem, a friss vulkáni sziget hozzákapcsolódott a szomszédos

szárazföldre és létrehozta a szigetlánc legnagyobb szigetét. A Mauna Loa ma már 4170 méter tengerszint feletti magasságot ér el, ami azt jelenti, hogy a tengeralatti alapzattól számítva a magassága több mint 9000 méter. Ha ehhez hozzávesszük azt is, hogy az óriási vulkáni tömeg alatt a fölkéreg közel 8 kilométert süllyedt, akkor a tűzhányó mérete már meghaladja a 17 ezer métert is! Növekedése még mindig nem állt le, bár erőteljesen lelassult az elmúlt évtizedekben. Utoljára 1984. március 25-én tört ki és az eltelt 30 éves szunnyadási időszak már meglehetősen hosszúnak tekinthető a vulkán életében. Kérdés, hogy mikor indulnak újra gyors folyású bazalt lávák a kis dőlésű vulkáni lejtőkön.

A Hawaii-szigetlánc kialakulása természetesen tovább folytatódik. A Nagy-sziget délkeleti előterében, a partoktól mintegy 35 kilométerre egy új sziget csírája ébred. A Lō'ihī vulkán 975 méterrel van a tengerszint alatt és még több tízezer év szakadatlan vulkáni működés kell ahhoz, hogy szigetként bukkanjon ki az óceán habjai közül.

Az óriási vulkánkitörések sorában bizonyosan helyet kap az indonéziai Szundasorozatban levő Krakatau, amelynek az 1883-as kitörése olyan erejű volt, hogy azt 4500 kilométer távolságban is tisztán hallották, a keletkező légköri nyomáshullám pedig hétszer kerülte meg a Földet. A felszínre tóduló mintegy 20 köbkilométer magma nyomán a magmakamra feletti kőzetrétegek beszakadtak, ezzel Rakata szigetének nagy része a víz alá süllyedt, és egy 300 méter mély, széles kaldera alakult ki. Hosszú évekig nyugalom ereszkedett a megmaradt szigetcsoportra, aztán 1927 decemberében felpeszdült a víz és egy hasadék mentén újra magma nyomult a felszínre. A kezdeti víz alatti kitörések után az egyre magasabbra csapó vízgőz és vulkáni hamu elegy 1928. január 28-ára már egy kis szigetet formált, ezt azonban a tengervíz elmosta. A kis gyermek, Krakatau gyermeke (indonéz néven Anak Krakatau) azonban nem hagyta magát és 1929-re már egy 275 méter széles, 38 méter magas szigetet alkotott. A friss szárazföld alakja folyamatosan változott a következő évtizedekben, a 9 kilométer mélyen lévő magmakamrából pedig megállás nélkül érkezett az utánpótlás. 1959 és 1963, illetve 1988 és 1993 között különösen aktív volt a „gyerekvulkán”, amelynek során egy természetes vulkáni kúp alakult ki rajta. Jelenleg is zajló működését az időszakos, éjszaka különösen látványos, azonban a turistákra roppant veszélyes úgynevezett vulcano-i típusú robbanásos kitörések jellemzik, amelyek mellett ritkábbak a lávafolyások. A Krakatau gyermeke tehát már egyre inkább nagy-

korúvá válik, miközben hasonló heves vulkáni működéssel igyekszik megerősíteni bolygónk legfiatalabb vulkáni szigete, a Mariana-szigetív mentén.

A Föld legfiatalabb szigete

Niijima, az új vulkáni sziget 2013. november 20-án pontosan úgy született, ahogy az izlandi Surtsey 50 évvel korábban. A vulkáni gázoktól elszíneződött, zöldes tengervíz a sötét kakastaréjhoz hasonlító vulkáni hamukilövellések és fehér színű gőzfelhő felemelkedése jelezte, hogy a feltörő forró magma és a hideg tengervízzel telített üledékes anyag keveredése okozta robbanásos kitörések megállíthatatlanul építik az

ti irányba terpeszkedtek, azaz a kis sziget folyamatosan közeledett a Nishino-shima szigethez. A vulkáni működés lankadatlanul folytatódott és december 25-re már hajszálra volt egymástól a két sziget, csupán egy 10 méteres szoros választotta el őket, ahol barnára színezett tengervíz csobogott át. December 26-án aztán megtörtént az egyesülés: Niijima szigete az előrenyomuló friss lávanyelveknek köszönhetően egyesült a Nishino-shima szigettel. Ez azt jelenti, hogy bő egy hónapos élete befejeződött az újszülött szigetnek. Most már felvette az idősebb sziget Nishino-shima nevét és a következőkben már e név alatt gyarapítja tovább a vulkáni szigetet.

A növekedési ütem pedig, mind a mai napig, azaz a kézirat 2014. március végi



Az újszülött sziget – itt még önállóan

új tűzhányót, aminek egy friss szárazföld megjelenése lesz az eredménye. Ahogy ez megtörtént, megkezdődött az erősítési szakasz, azaz a sziget megmaradásához az kellett, hogy megváltozzon a vulkáni működés jellege és a kezdeti freatomagmás kitöréseket tűzijátékszerű robbanásos kitörések és lávafolyás váltsa fel. A sziget pedig élni akart és ez a váltás meg is történt! Az első hónapban a tűzhányó szédületes növekedési sebességet mutatott, ami legalább nyolcszorosa volt annak, ami 1973–74-ben zajlott a Nishino-shima sziget vulkáni működése során! Ez azt jelenti, hogy december 4-re Niijima területe már 50 ezer négyzetméter volt, köszönhetően a napi átlagosan 105 köbméter magma felszínre törésének. December 20-ra a sziget mérete már elérte a 120 ezer négyzetmétert! Ekkorra már több mint 2 millió köbméter vulkáni anyag jutott a felszínre, a kitörés intenzitása pedig egyre erősödött. A lávafolyások most már észak-északnyuga-

írásának idejében sem lankadt. A kitörések központja a sziget délkeleti felén található két aktív kürtő, ahol egy több mint 80 méter magasba emelkedő salak/fröccskúp alakult ki a folyamatos strombolitípusú kitörések következtében. A vulkáni kúp két hónap alatt dupláta meg magasságát. A kúpok oldalából lávagátak között lassan mozgó lávanyelvek indulnak ki és polipkarszerűen nyúlnak ki, egyre növesztve a szigetet. Ahogy a kissé viszkózus lávák a tengerbe érnek, fehér gőzfelhő csap fel. Az új sziget legnagyobb kiterjedése már meghaladja az 1 kilométert, területe pedig közel 0,75 négyzetkilométer, ami több, mint a Margit-sziget fele. 2014. március végén még semmi nem utalt arra, hogy csökkenne a vulkáni működés intenzitása, sőt! Az elmúlt hetekben jóval erőteljesebb kitöréseket örökített meg a Japán Parti Őrség felvételei, azaz bolygónk legfiatalabb tűzhányója még izgalmas jövő elé néz!

VARGA PÉTER–SÜLE BÁLINT

Nagy ($M \geq 7$) mélyfésztkű földrengések

A mélyfésztkű földrengések pontos megfigyelése hosszú ideig nem volt megoldott. Keletkezési mechanizmusukról tudjuk, hogy eltérő a földrengések túlnyomó, a Föld felszínéhez közelebb keletkező részétől, de kiváló folyamataikról még mindig nincs megbízható képünk. Az ilyen szeizmológiai események ritkák, és bizonyos titokzatosság veszi körül őket. Éppen ezért fontos az Ohotszki-tenger alatt több mint 600 kilométeres mélységben 2013. május 24-én kipattant földrengés, mely az eddig megfigyelt legnagyobb mélyfésztkű földrengés. És talán a legpontosabban megfigyelt is.

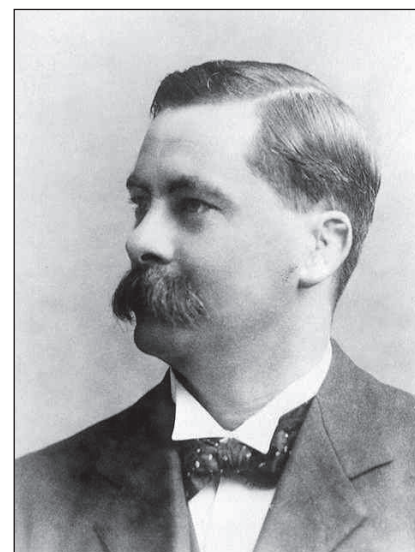
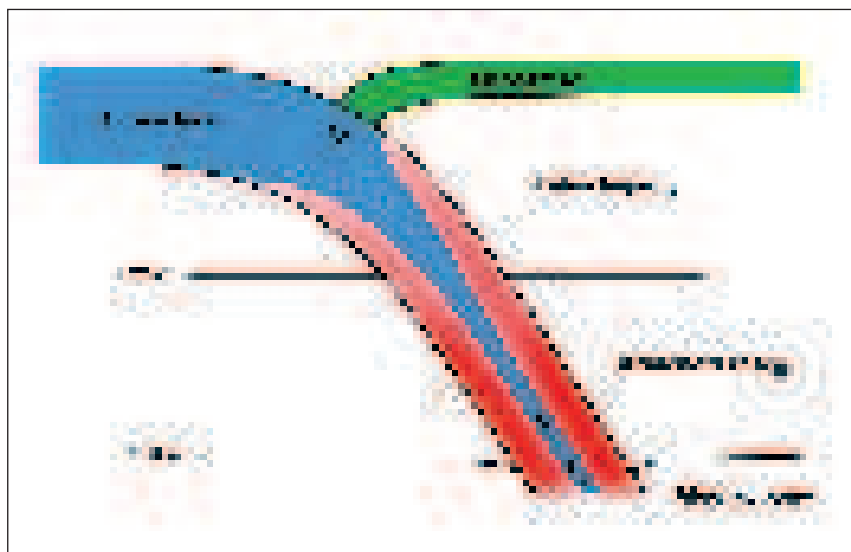
A szeizmológiában a 300 km-nél mélyebb földrengéseket nevezik mély, vagy mélyfésztkű földrengésnek. Napjainkig a legmélyebbnek a Fidzsi-szigetektől délre a felszíntől 684 ± 10 km-re kipattant rengést tartják.

A kezdeti földrengéskutatás viszonylag hosszú ideig azt feltételezte, hogy a földrengések mind a kéreghez kötődnek, 70 km-nél mélyebb földrengésekről nem tudtak. Az első kutató, aki a mély rengések létezését feltételezte H. H. Turner oxfordi egyetemi ta-

C rétegben) kipattanó mély földrengésekről jó ideig nem sokat tudtunk és még ma is titokzatosnak tűnnek. Ennek több oka is van.

A nagy mélyfésztkű földrengések ritkák és többségükben nem megfelelően dokumentáltak. Ennek ellenére megállapítható, hogy a felszínhez közelebb kipattanó kisebb mélységű földrengéseknek csak távoli rokonainak tekinthetőek. Bár következtükben ugyanolyan rugalmas hullámok keletkeznek, de a földrengésfészkekben végbemenő folyamatok eltérőek. A sekély földrengések kőzetblokkok,

A 600–700 kilométer mélységben uralkodó nagy hőmérséklet és nyomás következtében a kőzetek kristályszerkezetükben megkötött víztartalmukat elveszítik. Egyes kutatók feltételezik, hogy a dehidratációs folyamat következtében felszabaduló víz képes a kőzetek megrepesztésére is. Egy ilyen keletkezési modell mai ismereteink szerint nem tekinthető valószínűnek, mert az ezekben a mélységekbe lehatoló, szubdukáló, lemezek már lényegében korábban, a földfelszínhez közelebbi mélységekben, elveszítették kristályszerkeze-



1. ábra. A szubdukció folyamán lesüllyedő tektonikai lemez útja a Föld felszínétől az alsó köpenyig. A lefelé merülő lemez belső része külsejéhez képest hideg és így merevebb is marad. Nyílak jelölik a felszínhez közel a nyírási feszültséget, az 500 km alatt jelentkező kompressziós, majd lejjebb a tágulásból eredő feszültséget a lemez belsejében

H.H. Turner (1861–1931) oxfordi egyetemi tanár, csillagász és szeizmológus. Módszereket dolgozott ki a csillagok helyzetének és magnitúdójának meghatározására. Szeizmológusként 1918-tól sokat tett a földrengésadatok globális méreteiben történő gyűjtésének és publikálásának megszervezéséért. 1922-ben felismerte a mélyfésztkű földrengések létezését

nár volt (1922). A mélyfésztkű földrengések rutinszerű feldolgozását K. Wadati kezdte meg (1927), míg a földrengések mélység szerinti eloszlásának törvényszerűségeit V. H. Benioff írta le elsőként az 1950-es évek elején.

Az alsó és felső köpenyt elválasztó úgynevezett átmeneti zónában (régebbi nevén

tektonikai lemezek határfelületein jönnek létre, azok felületeinek egymáshoz viszonyított elcsúszása, esetleg rideg törése következtében. Ezzel szemben a mély rengések a felszínről lesüllyedő tektonikai lemezek, környezetükhöz viszonyított hideg, tehát merev belső részében történnek (1. ábra). A rengést létrehozó mechanizmus még nem tisztázott.

tükhöz kötődő víztartalmukat. Egy másik elképzelés az alacsonyabb nyomáson és hőmérsékleten stabil kristályszerkezet átalakulása-



val hozza összefüggésbe a mély földrengések létrejöttét. 2013-ban Schrubnel és szerzőtársai a Science-ben megjelent írásukban arról számolnak be, hogy laboratóriumi kísérleteikkel igazolni tudták, hogy a 600–700 km mélységben lévő nyomás és hőmérséklet mellett a metastabil olivin fázisátmenete játszódik le és ennek következtében bekövetkező térfogatváltozások miatt a lemez belső hidegebb – és ezért merevebb – részében földrengések keltezéséhez elégséges feszültségek keletkeznek.

A mélyfészű földrengések másik különös tulajdonsága az azokat követő utóregésekkel kapcsolatos. A nagy ($M \geq 7$) sekély földrengéseket hónapokig vagy akár évekig sok száz, jól érezhető utóregés követi. Ez-

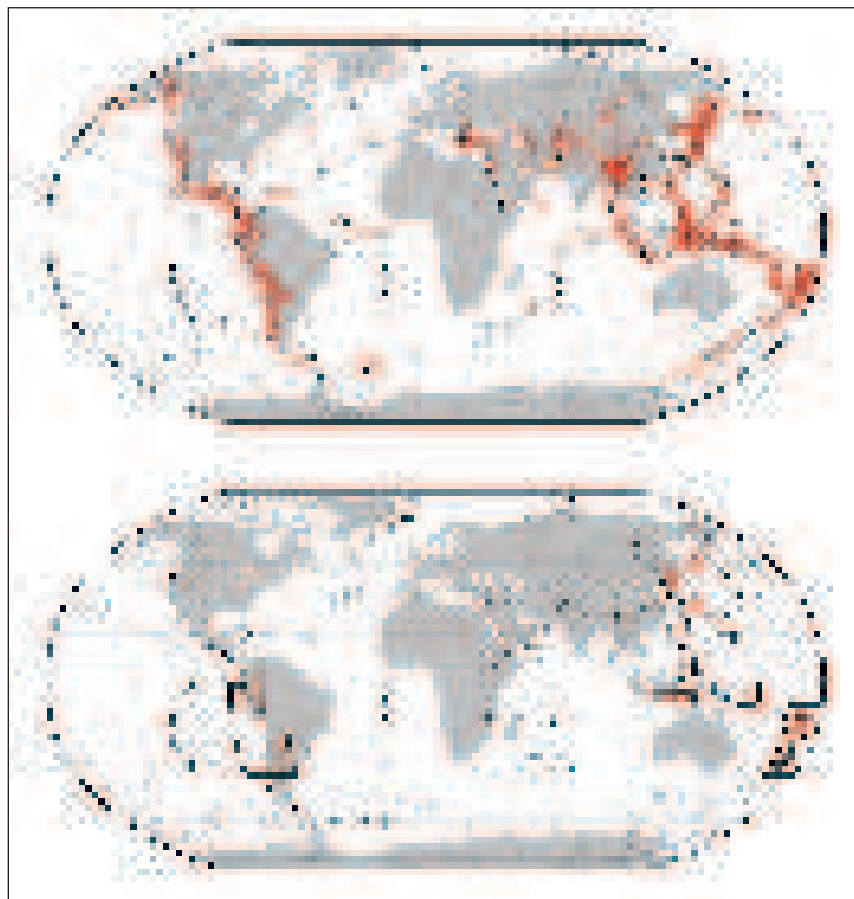
1996. 06. 17., fészekmélység 585 km) mindössze 23 gyenge utóregés követte. Csak az összehasonlítás kedvéért: az imént említett eseményekhez viszonyítva nagyon kicsiny, de a magyarországi szeizmicitás szint mellett emlékezetes, oroszllányi földrengést (2011. január 29., $M=4,7$) hozzávetőleg 150 napig tartó négyszáz, műszerekkel jól meghatározott, eseményből álló utóregés raj követte.

Az utóregések számának és keletkezési időtartamának különbözősége a mély és a sekély földrengések esetében szintén a rengésfészkek folyamatainak eltérő jellegére utal.

A földrengés energia a mély fészkek-ből szakaszosan szabadul fel. Így például a

éreztek. Az Ohotszki-tenger alatt keletkezett nagy rengést Moszkvában, sőt azon túl, Ukrajnában is érezték. Vannak információink arról is, hogy a Perzsa-öböl vidékén is tapasztalt az ottani lakosság kisebb vibrációkat.

A mélyfészű földrengések tulajdonságainak kutatásához egy olyan korábban készített globális katalógusunkat használtuk fel (Varga és szerzőtársai, 2012), mely tartalmazza az összes $M \geq 7,0$ földrengést az 1900. január 1. és 2013. december 31. közötti időszakból. Az eredetileg 2007 végéig terjedő adatsorunkat – jelen kutatásunk érdekében – az USA Földtani Szolgálat Nemzeti Földrengési Információs Központ adatbázisának



2. ábra. Az $M \geq 7$ méretű (magnitúdójú) földrengések eloszlása a Föld felszínén (felső kép) és a mély szeizmológiai események fészkei (alsó kép)



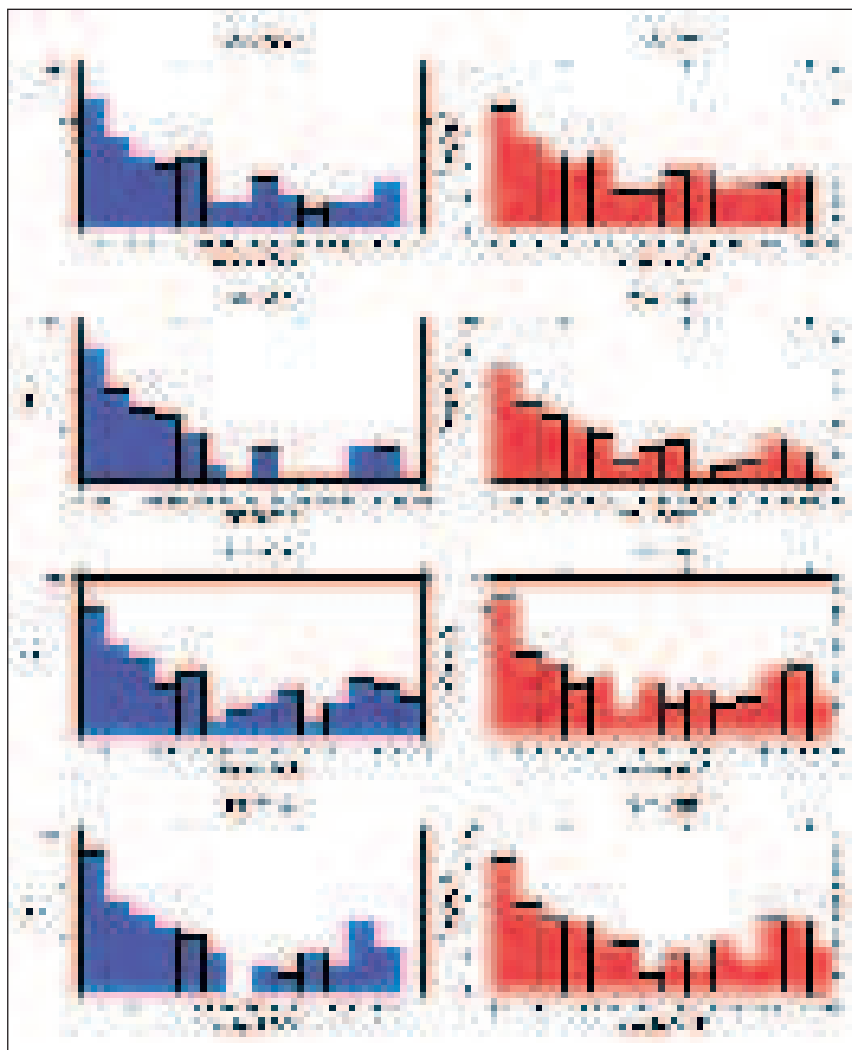
K. Wadati (1902–1995) szeizmológus, Japán Meteorológiai Ügynökség. 1928-ban írt munkájában elsőként publikált adatokat mélyfészű földrengésekről. Előfutára volt a később (1935-ben) Richter által kidolgozott földrengés magnitúdó bevezetésének a szeizmológiában

felhasználásával egészítettük ki a 2008. január 1. – 2013. december 31. időszakkal. Az így kiegészített katalógus 1792 földrengést tartalmaz. Ezek eloszlása a Föld felszínén jól mutatja az aktív földrengéses zónák helyzetét (2. ábra, felső kép). Tekintettel arra, hogy az $M \geq 7,0$ földrengésekhez köthető a földrengés energia 90–95%-a, katalógusunk jól használható a keletkező szeizmikus energia tér- és időbeli tulajdonságainak vizsgálatára. Adatbázisunk teljesnek tekinthető és csak független eseményeket foglal magában (azaz kizártuk a főregést követő és az ahhoz kötődő utóregéseket). A 2. ábra alsó képe csak a mély $M \geq 7,0$ földrengések helyét mutatja. A katalógusunk által képviselt 114 év alatt mindössze 128 ilyen földrengés pattant ki a Földön (ami az összes ismert nagy földrengés 7,1%-a), azaz ezek az események valóban ritkák. A 2. ábra alsó képe – ahol

zel szemben a mély földrengéseket követően csak kisebb számban és rövidebb ideig jelentkeznek az utóregések. Néhány példa. A Tonga-szigetnél keletkezett földrengést ($M=7,6$, 1994. 09. 03., fészekmélység 560 km) csak 80 utóregés követte, melyek közül mindössze 11 volt nagyobb ($M \geq 5$). A lényegesen erősebb bolíviai földrengést ($M=8,3$, 1994. 09. 06., fészekmélység 631 km) követő utóregésekről nincs biztos adatunk. A Flores-tengeri nagy földrengést ($M=7,8$,

2013. május 24-i ohotszki-tengeri földrengés esetében Wei és szerzőtársai (2013) négy, egymást követő nagy esemény sorozatát mutattak ki, melyek együttesen eredményezték az $M=8,3$ méretű földrengést.

A mély földrengések érdekes tulajdonsága, hogy azok a fészkekhez közeli epicentrális régióban csak kisebb károkat okoznak, viszont nagy területen érezhetőek. Így például a már említett 1994. évi földrengést még Észak-Amerikában is (egészen Kanadáig)



3. ábra. A mély $M \geq 7$ földrengések száma (N) és energiája 1900. január 1. és 2013. december 31. között

rengés-energia felszabadulásának.

A lesüllyedő tektonikai lemezek útjuk során a Föld különböző határfelületeit keresztezik (1. ábra). 220 km mélységben érik el az elsősorban a kontinensek alatt kimutatható Lehmann-féle felületet, mely kisebb ugrást jelent a kőzetek sűrűségében (ρ) és a primér és szekundér földrengéshullám sebesség értékekben (V_p és V_s). A 410 km mélységben lévő diszkontinuitás képezi a felső köpeny alsó határát, melyet az alatta lévő átmeneti rétegtől egy jelentősebb közetparaméter-növekedést jelentő ugrást képező határfelület választ el ($\Delta\rho=5\%$, $\Delta V_p=3\%$ és $\Delta V_s=4\%$). Ezen a határfelületen áthaladva a lesüllyedő lemezek kristályszerkezete is vál-



Benioff V. H. (1899–1968) szeizmológus, a Kaliforniai Műszaki Egyetem tanára. Kimagasló tehetségű műszerépítő.

Felismeri, hogy a földrengéshézfek mélység szerinti eloszlása a lesüllyedő kéreglemezekhez kötődik

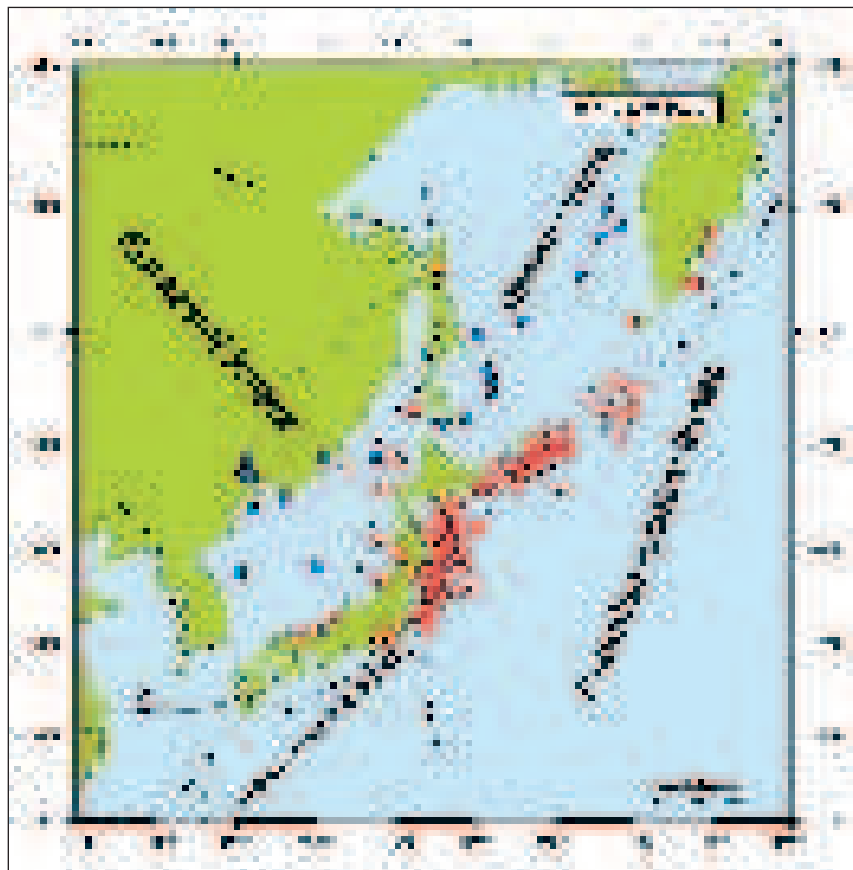
feltüntették azon tektonikai zónák a határait is, ahol a mély földrengések is előfordulnak – megmutatja, hogy ez utóbbi rengések csak kevés helyen fordulnak elő. Bolygónkon a szubdukciós zónák teljes hossza $6,7 \cdot 10^4$ km, míg azoké, melyekhez mély $M \geq 7,0$ földrengés is köthető mindössze $1,9 \cdot 10^4$ km (28%). A mély $M \geq 7,0$ földrengések, egyetlen kivétellel, hét zónába sorolhatóak, melyek Szumátra térségében (Indonézia), illetve a Csendes-óceán körül helyezkednek el (Salamon-szigetek, Tonga-Kermadec, Fülöp-szigetek, Chile-Peru, Izu-Bonin-Mariana és Honsu-Kamcsatka). A zónák főbb adatait az 1. táblázat tartalmazza. A zónákba be nem sorolható egyetlen esemény az 1954. évi spanyolországi földrengés ($M=7,1$, fészekmélység 630 km).

A 3. ábra az $M \geq 7,0$ földrengések számát (N) és a keletkező energiát négy időszakra bontva mutatja (1900–1925, 1925–1950, 1950–1975 és 1975–2013) a mélység függvényében. Ha feltételezzük, hogy a globális

szeizmicitás jellege stabil volt a XX. században, az ábra alapján arra a következtetésre jutunk, hogy az $M \geq 7,0$ földrengések számáról megbízható ismereteink vannak az egész vizsgált időszakra vonatkozóan (N mélység szerinti eloszlásának jellege az egész vizsgált 114 éves időszakban állandó volt). Ugyanakkor az energia számításához felhasznált magnitúdók értékei csak a XX. század közepétől tekinthetők megbízhatónak (az energia értékek eloszlása 1960 előtt teljesen más mint az azt követő több mint fél évszázad során).

A 3. ábra 1950 utáni részének vizsgálata alapján megállapítható, hogy a szeizmikus események számának és energiájának mélység szerinti eloszlása bimodális: a földrengések energiájának döntő része (90%-a) a felszínhez közel, átlagosan 50 km mélységben, a földkéreg és a köpeny határán, keletkezik, és innen kezdve egészen 580–640 kilométeres mélységig nincs nyoma számottevő föld-

tozik. Ugyanakkor a lemezeknek ezen a két, már említett határfelületen történő áthaladásakor nem keletkeznek erős földrengések. Az átmeneti réteg és az alsó köpeny határfelületén (660 km mélységben) ismét megváltozik a kristályszerkezet és nagy, hirtelen növekedés következik be, mind a sűrűség, mind a szeizmikus hullám sebesség értékekben ($\Delta\rho=9\%$, $\Delta V_p=5\%$ és $\Delta V_s=6\%$). Ez a 660 km mélységben lévő határfelület ellenáll a lemezek lefelé haladó mozgásának, közelébe érve a lesüllyedő lemezek belsejében feszültség keletkezik, ami földrengéseket generál, köztük erős $M \geq 7,0$ rengéseket, melyek a globális szeizmikus energia 10%-t generálják átlagosan 580–640 km mélységben, azaz valamivel a 660 km mélységben lévő határfelület felett. Az 1976 és 2005 között keletkezett mély földrengések fészekében végmenő folyamatokat vizsgálva megállapítottuk, hogy azok a lemez mozgási irányába eső tágulással kapcsolatosak. Ez meggyorsult le-



4. ábra. A Honsu-Kamcsatka földrengéses zóna területén megfigyelt sekély (piros körök) és mély (kék körök) $M \geq 7$ földrengések

Állomány	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2013
M ₀ >= 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M ₀ < 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M ₀ >= 6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M ₀ < 6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M ₀ >= 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M ₀ < 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M ₀ >= 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M ₀ < 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M ₀ >= 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M ₀ < 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M ₀ >= 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M ₀ < 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M ₀ >= 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M ₀ < 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M ₀ >= 0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1. táblázat. A mélyfészű földrengéseket is generáló szubdukciós zónák néhány jellemzője

mezmozgást tükröz egy, az átmeneti réteg és az alsó köpenyt elválasztó, szűk szerkezeten keresztül. Ennek megfelelően a lemez belsejében – a hidrodinamikából ismert Venturi-hatásnak megfelelően – nyomáscsökkenés lép fel és véleményünk szerint ez a nyomás-változás felelős az erős mélyfészű földrengések keletkezéséért.

A már említett hét mélyfészű földrengés

forrászónában (Indonézia, Salamon-szigetek, Tonga-Kermadec, Fülöp-szigetek, Chile-Peru, Izu-Bonin–Mariana és Honsu-Kamcsatka) összesen 605 $M \geq 7$ földrengés keletkezett (478 sekély és 127 mély) 1900 január 1. és 2013. december 31. között (2. ábra és 1. táblázat). A mély földrengések száma a Tonga-Kermadec és a Honsu-Kamcsatka zónákban a legnagyobb (a zó-

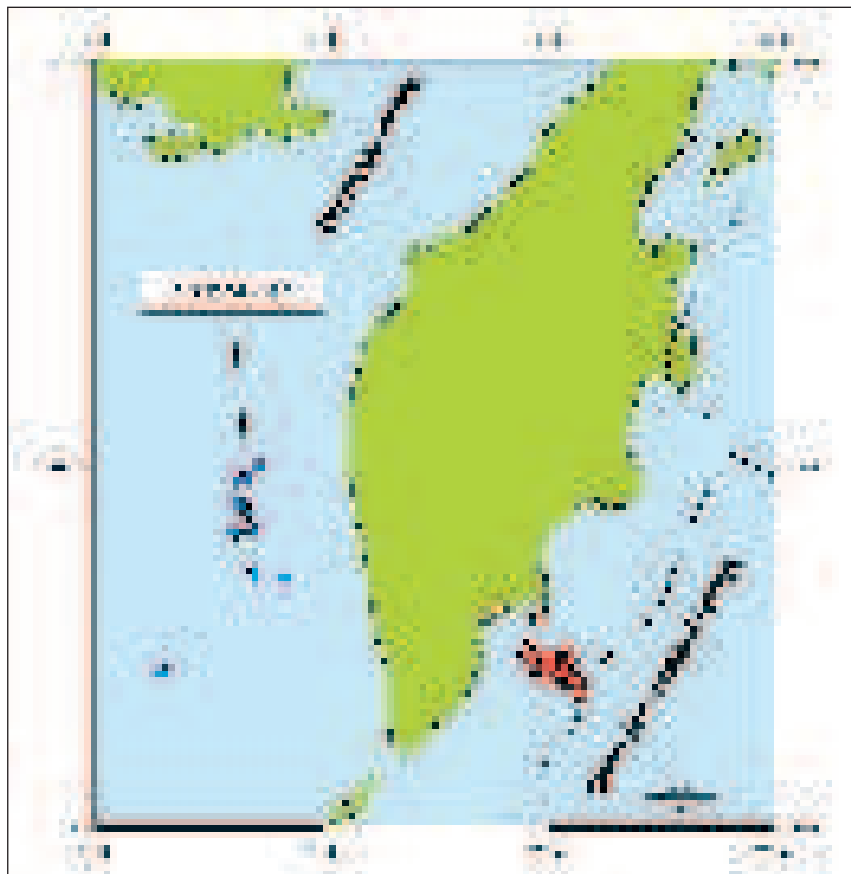
nák összes nagy rengésének 27,6% illetve 24,4%-a). A mély és sekély földrengések aránya a Tonga-Kermadec és az Izu-Bonin-Mariana zónákban a legmagasabb (64,8% és 48,6%), míg a legalacsonyabb a Salamon-szigetek zónában (9,4%).

Az egyes zónákban a sekély és mély földrengések zónái területileg egymástól jól elhatárolódnak. E jelenség illusztrálásaként a 4. ábrán a Honsu-Kamcsatka zónát mutatjuk be. Itt a sekély $M \geq 7$ földrengések fészkei Honsutól, illetve Kamcsatkától keletre találhatóak, míg a mélyek nyugatra, azaz 50 és 550 km mélységhatárok között nem keletkezik számottevő földrengés energia. Említésre méltó továbbá, hogy a hét zóna közül kettő esetében (Salamon-szigetek és Izu-Bonin–Mariana) a mély földrengések a felső köpeny alsó határánál, 350–450 km mélységeknél koncentrálnak.

A nagy $M \geq 7$ méretű földrengések, mint már láttuk, ritkák: 1900 és 2013 között mindössze 128-at figyeltek meg, ami a katalógusunkban szereplő események 7,1%-a. Ezek között valószínűleg a legnagyobb, mint az Ye és szerzőtársainak a Science-ben 2013-ban megjelent dolgozatából megállapítható az Ohotszki-tenger alatt 2013. május 24-én 610 ± 15 km mélységben kipattant $M=8,3$ magnitúdójú földrengés volt. A korábbi mélyfészű földrengésekkel összehasonlítva – köszönhetően annak, hogy az utóbbi két évben javult a megfigyelési eszközök pontossága és nőtt a megfigyelő állomások száma – erről a földrengésről a korábbiaknál

pontosabb és teljesebb adatok állnak rendelkezésre. Ezt illusztrálja a 2. táblázat, melyben különböző nemzetközi szeizmológiai ügynökségek és a budapesti Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium adatai szerepelnek. A táblázatban a május 24-i föregés és a még ugyanezen a napon bekövetkezett legnagyobb utóregés esetére kapott alapadatokat hasonlítjuk össze. Megállapítható: az adatok jó megegyezést mutatnak.

A 2013. május 24-i nagy földrengést megelőzően a csendes-óceáni lesüllyedő lemez sekélyebb és Kamcsatkától keletre eső részén május 15. és 24. között az $52,09^\circ$ és $52,70^\circ$ északi szélességek és a $158,80^\circ$ és $161,10^\circ$ keleti hosszúságok közötti területen egy erős, $M \geq 5$ méretű földrengést magába foglaló, szeizmikus eseményraj keletkezett 50–60 kilométeres mélységben (5. ábra). Ez a mélyfészű hatalmas rengést megelőzően hirtelen



6. ábra. A 2013. május 24-i földrengés előtt lezajlott sekély eseményekből álló földrengésraj Kamcsatkától keletre (piros körök), valamint a főrengés és utórengései az Ohotszki-tenger alatt (kék körök)

Időpont	Magasság	Magasság	Magasság	Magasság
2013. május 24.	10 km	10 km	10 km	10 km
2013. május 24.	10 km	10 km	10 km	10 km
2013. május 24.	10 km	10 km	10 km	10 km
2013. május 24.	10 km	10 km	10 km	10 km
2013. május 24.	10 km	10 km	10 km	10 km

2. táblázat. A 2013. május 24-i Ohotszki-tenger alatti földrengés, illetve az azt követő legnagyobb utórengés fészkeinek legfontosabb adatai különböző földrengés megfigyelő szervezetek szerint (RGS - Orosz Geofizikai Szolgálat, Obninszk, USGS - NEIC USA Földtani Szolgálat Nemzeti Földrengési Információs Központ, EMSC - Európai-Mediterrán Szeizmológiai Központ, IRIS - Szeizmológiai Kutatóintézmények Társulása (USA), GEOFON - Globális Szeizmológiai Hálózat, Potsdam, KRSzO - Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium, Budapest)

dója feltételezések szerint 9,2 és 9 lehetett. A XX. század folyamán ugyanezen terület határain belülről további hat $M \geq 7$ méretű földrengésről tudunk.

Az Ohotszki-tenger alatt kipattant földrengéssel összemérhető bolíviai 1994. évi nagy mély földrengéshez hasonlóan a 2013. május 24-i rengés után is viszonylag kevés utórengést figyeltek meg. Összesen 12 darab $M \geq 4$ eseményt sikerült detektálni egy $2,64 \times 10^4$ km²-t kitevő területen, melyek közül csak egy volt jelentősebb ($M=6,2$). 2013. június 27. után, azaz alig több mint egy hónappal a főrengést követően, az utórengés-sorozat abbamaradt.

A mély földrengések keletkezésének fizikai mechanizmusainak „titokzatossága” jórészt abból ered, hogy a törési mechanizmusok meghatározásához – a nagy fészekmélység miatt – nincsenek felszíni geodéziai mérési eredmények. Wei és szerzőtársai (2013) – a szeizmogramok analízise alapján – arra a következtetésre jutottak, hogy a törési zóna területe 700 km² volt. A forrászóna méreteinek meghatározásához gyakran használják azt a feltételezést, hogy a forrászóna mérete gyakorlatilag megegyezik az utórengések elterjedési területével. Az utórengések vizsgálatából viszont majdnem négyszer ekkora, $2,64 \cdot 10^4$ km², forrászóna adódik.

A 2013. május 24-i földrengés hatását – más mély földrengésekhez hasonlóan – nagy távolságokban is érezték. Oroszország távolkeleti régióiban a megfigyelt intenzitás III és V közötti volt, Moszkvában II és III között. Az orosz fővárosból több száz lakossági bejelentést kapott az orosz szeizmológiai szolgálat. Elsősorban az épületek magasabb szintjein tartózkodók érezték erős vibrálást. *

A cikkben közölt kutatási eredmények a K 109060 számú „Globális és regionális deformációs terek” OTKA projekt keretében készültek.

Irodalom

- Schubnel A., Brunet F., Hilaret N., Gasc J., Wang Y., Green I. H.W., 2013: Deep-focus earthquake analogs recorded at high pressure and temperature in the laboratory, *Science*, 341, 6152, 1377-1380
- Varga P., Krumm F., Riguzzi F., Doglioni C., Süle B., Wang K., Panza G. F., 2012: Global pattern of earthquakes and seismic energy distributions: insights for the mechanisms of plate tectonics, *Tectonophysics*, 530-531, 80-86.
- Wei, S., Helmberger D., Zhan Z., Graves R., 2013: Rupture complexity of the Mw 8.3 earthquake of Okhotsk earthquake: Rapid triggering of complementary of complementary earthquakes, *Geophysical Research Letters*, 40, 5034-5039.

véget ért. A földrengésraj mintegy $4,3 \cdot 10^4$ km² területen belül keletkezett. Ez a viszonylag kis terület Földünk egyik legaktívabb szeizmikus forrászónája. Itt pattant ki 1952.

november 4-én az egyik legnagyobb ismert földrengés ($M=9$). Orosz szeizmológusok szerint ugyanitt volt még két hatalmas rengés 1737-ben és 1841-ben is, melyek magnitú-

Látásmentő új szűrés

Egy az ezredforduló idején készült felmérés szerint, a világon több mint 180 millió látássérült ember élt, melyből 40–45 millió volt vak. A vakok 90%-a a fejlődő országokban él: 70%-uk Ázsiában és további 20% Afrikában [1]. Az elkövetkező húsz évben az előrejelzések szerint a vakság megduplázódhat.

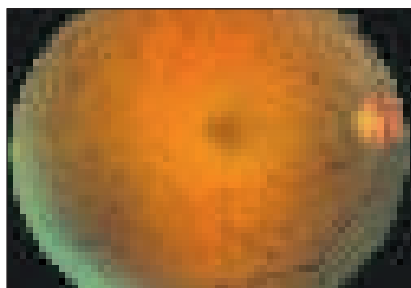
A látásvesztésben szenvedők aránya (előfordulási gyakorisága) Európában 0,3%. Magyarország lakosságánál a vakság okai között az időskori makula-degeneráció (22,7%), a cukorbetegség okozta látóideghártya-betegség (diabéteszes retinopátia, 15,6%), a rövidlátás (13,9%), a zöldhályog (12,6%), a szürkehályog (7,0%) és a látóideg atrófia (6,4%) fordul elő a leginkább. Húszéves életkor alatt a leggyakoribb vaksgái ok a koraszülöttek retinopátiája, míg 40 és 60 éves kor között a rövidlátás (myopia) és a diabéteszes retinopátia, 60 év felett a makula-degeneráció és a diabéteszes retinopátia, 80 év fölött pedig a szemfenéki meszesedés (makulopátia) szerepel vezető okként [2].

A cukorbetegéknél a vakság gyakorisága 25-ször nagyobb, mint az egészséges populációban. A világ népességének kb. 3%-a, Magyarország lakosságának 5–8%-a cukorbeteg [3]. A cukorbetegség (*diabetes mellitus*) krónikus, általános betegség, melyet az inzulin termelésének elégtelensége vagy hatásának csökkenése miatt kialakult kórosan magas vércukorszint jellemez.

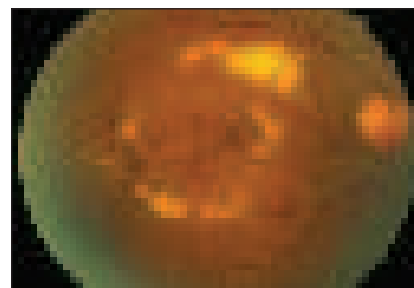
A cukorbetegségnek két fő típusa különíthető el, melyek közül az I. típus esetén abszolút inzulinhiány alakul ki ismeretlen okból vagy valamilyen immunológiai mechanizmus következtében, míg a II. típus esetén relatív inzulinhiány áll a betegség kialakulásának hátterében. A diabéteszesek nagy hányada II. típusú cukorbetegségben szenved (kb. 90%), kisebb részüket érinti csak az I. típusú. Ez utóbbi lefolyása során mikro- és makroangiopátiás szövődmények – a kis és nagyerek elváltozásai – jelenhetnek meg a szervezet egészét érintve, amelyek olykor súlyos tünetek nélkül jelentkeznek. A szem érintettsége esetén diabéteszes retinopátiáról, azaz cukorbetegség okozta látóideghártya-betegségről beszélünk.

A látásromlás súlyossága egyenes arányban áll a betegség diagnosztizálásától eltelt idővel. Az emelkedett vércukorszint a szervezetben található kis- és nagyméretű artériákat egyaránt károsítja, ami sú-

lyos, több szervrendszert érintő szövődmények képeben jelentkeznek. A szövődmények kialakulásának a valószínűsége csökkenthető azzal, ha az anyagcsere-eltéréseket időben kezelik. A nem megfelelően kezelt cukorbetegéknél az érhalózat diabétesz okozta károsodása veseelégtelenséghez, szívbetegséghez, vaksgához vezethet. I. típusú cukorbetegség esetén, a kór 15–20 éves fennállását követően, az esetek 80–95 %-ában fordul elő bizonyos fokú lá-



Egészséges szemfenék képe balra, cukorbetegség okozta látóideghártya-betegség diabéteszes retinopátia képe szemfenéki meszesedéssel (makulopátiával) jobbra



látásromlás (retinopátia), melynek kb. fele előrehaladott (proliferatív) forma, míg 30 év elteltével a betegek 100%-ban diagnosztizálható valamilyen fokú látóideghártya érintettség (retinopátia). A II. típusú cukorbetegség esetén, a betegség 15 éves fennállását követően, kb. 70–80%-ban alakul ki retinális elváltozás, melyből a diagnózis felállításának időpontjában kb. 20% esetén már megállapítható a látásromlás [4,5].

A cukorbetegség következtében kialakuló látásromlásban szenvedők száma és a betegség súlyossága függ az alapbetegség típusától, a cukorbetegség fennállásának az időtartamától és a vércukorszinttől. Mindezek mellett egyéb rizikófaktorokkal is számolnunk kell, mint a szisztolés és diasztolés hipertónia, diszlipidémia, nefropátia és a fertőzések jelenléte [5].

Fontos hangsúlyozni, hogy a retinopátiák előfordulási gyakoriságát csökkentni, ha rendezett a cukorháztartás, a vérnyomás és a vérzsírok. Az esetek jelentős részében megelőzhető a súlyos látásromlás időben alkalmazott szemészeti beavatkozásokkal.

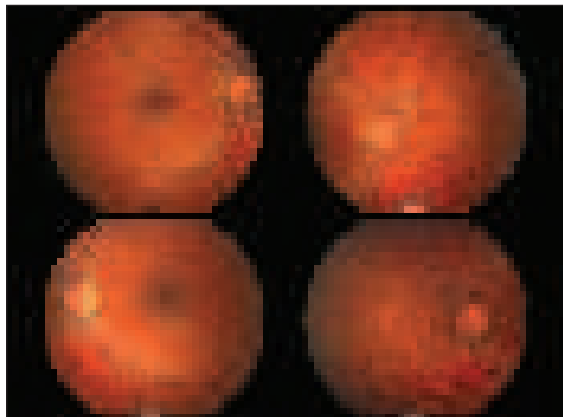
A cukorbetegség korai felismerése és kezelése nagyon fontos, a szövődmények kialakulása korai felismerés esetén, időben alkalmazott kezeléssel megakadályozható, illetve a kialakult szövődmények kezelhetők.

Világszerte számos szűrőprogramot indítottak a cukorbetegség szemészeti szövődményeinek időben történő felismerésére. Ezen programok célja, hogy rendszeres szemészeti szűrővizsgálatot biztosítsanak a cukorbetegségben szenvedő betegek számára, függetlenül társadalmi-gazdasági vagy etnikai hovatartozásuktól. A szűrés elsődleges célja az, hogy az arra rászoruló páciensek időben részesülhessenek szemészeti szakellátásban.

A diabéteszes retinopátia szűrése

A korai felismerés alapja a veszélyeztetett betegpopuláció – a diabéteszes betegek – rendszeres szűrése. Az erre a célra szervezett szűrőprogramok közül az egyik legeredményesebb az „English National Screening Programme for Diabetic Retinopathy”. A jelenleg is futó szűrőprogramokban – standardok szerint képzett – szakemberek különítik el az egészségeseket és a betegek retinaképeit, majd küldik további vizsgálatokra és kezelésre azon pácienseket, akiknél retinális elváltozást diagnosztizálnak, vagy ahol a képek értékelhetetlenek a nem megfelelő minőség miatt. A digitális képek értékelését végző szakemberek gyakran tömörülnek klinikai képpolvasó centrumokba („Reading Center”), ahol számos szemészeti vizsgálóhelyről érkező digitális képeket analizálnak. A vizsgálati eredményeket néhány nap elteltével küldik vissza a vizsgálat kérelmőinek, hogy elősegítsék az időbeni betegellátást. A képpolvasó centrumok több, akár más kontinensen elhelyezkedő vizsgálóhelyi összegyűjtött anyagát vizsgálják.

Hazánkban a cukorbetegégek éves szemészeti ellenőrzése ajánlott annak érdekében, hogy a betegség szemészeti szövődményeit időben felismerjék. Amennyiben a szem-



A diabéteszes retinopátia szűrésére alkalmazott standard fotódokumentáció egészséges szemfenéki képen. A kép felső sorában a jobb szemről, az alsó sorában a bal szemről készült képek láthatóak. Az első kép az éleslátás helyére, a mukulára centrált, míg a második a nazális/ perifériás régiót mutatja

fenéken diabéteszes retinopátiára utaló jel látható, a szemész szakorvos a látott kép stádiuma alapján dönt az orvos-beteg találkozás további időpontjáról és az esetleges kezelés sürgősségéről. Központosított szűrőprogramot nagy költségvonzata miatt még nem vezettek be a szemészeti centrumokban, de nagy erőfeszítések folynak a standard fotódokumentált szűrés érdekében.

A retinopátiás szűrővizsgálatoknak alapvetően kétféle módszertani megközelítése létezik:

- fundus- (szemfenék-) vizsgálat: direkt vagy indirekt szemtükrözéssel,
- retinafényképezés a hozzá kapcsolódó osztályozással.

Szemfenékvizsgálat

A *Health Technology Board for Scotland* megállapítása szerint a réslámpák használatával végzett *indirekt szemtükrözés* érzékenysége és specificitása alapján megfelelő eszköz a retinaszűrés elvégzésére. Hátránya azonban, hogy mivel a folyamat során nem készül fotódokumentáció a retináról, megoldatlan a szakember munkájának minőségellenőrzése és a betegség folyamatának, illetve esetenként a terápia hatásosságának nyomon követése. A *direkt tükrözés* módszer érzékenysége olyan alacsony, hogy szűrőprogramok céljára nem alkalmas.

Retinafényképezés

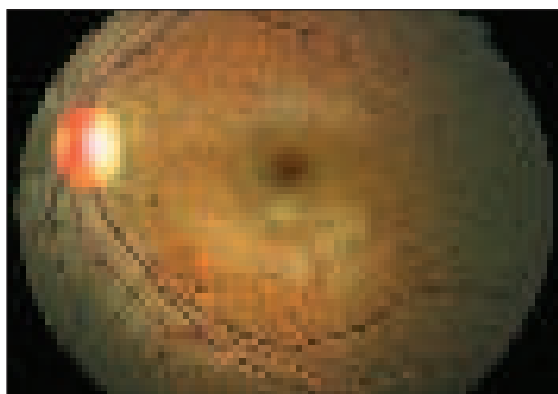
Az egy- vagy kétféle retinafényképezés azonban már megfelelő érzékenységet és specificitást biztosít a szűréshez. A digitális

fényképek készítésének előnye a képek könnyű tárolhatósága és visszakereshetősége. Ez alapján bármikor elvégezhető a vizsgálat utólagos ellenőrzése. Tekintettel arra, hogy a képek elektronikus úton továbbíthatóak, térben elválhat egymástól a kép készítésének és vizsgálatának a helyszíne. Mindezek eredményeképpen a digitális retinafényképezés vált a szűrővizsgálatok alapjává [6].

A jelenleg alkalmazott szűrőprogramokban a távgyógyászati ellátási modellt is sikerrel alkalmazzák. Ennek célja, hogy:

- biztosítsa az ellátáshoz való jobb hozzáférést, a diabéteszes retinopátia stádiumainak meghatározását és az adekvát kezelést;
- csökkentse a diabéteszes retinopátia következményeként kialakuló látásélesség-vesztés előfordulási gyakoriságát;
- csökkenjen a diabéteszes retinopátia diagnosztikai költsége;
- a távgyógyászat népszerűsítése növelje a diabéteszes retinopátia diagnosztikai- és kezelési hatékonyságát.

Azokban az országokban, ahol központosított szűrőprogramok léteznek, bevezetésüket megelőzhető betegség magas kezelési költségei indokolják. A diabéteszes retinopátia kezelése önma-



Mikroaneurizmát, a hajszálvékony erek kis buborékszerű kiöblösödéseit ábrázoló kép, mely a diabéteszes retinopátia megjelenésének az első jele

gában is hatalmas költségekkel jár, de ez még mindig csak a nyolcada a látóképesség elvesztésével kapcsolatos társadalombiztosítási kiadásoknak. Ez utóbbi költségtétel is eltörpül a munkából való kiesés és az életminőség romlása miatt elszenvedett társadalmi szintű veszteségek mellett.

Lehet-e az automatizált szűrőeljárás a jövő hírnöke?

A különböző szűrőeljárások hatékonyságát intenzíven vizsgálják az orvosok. Nagy-britanniai tanulmányok szerint – ahol a vizsgálok betanítása és számonkérése is standardokon nyugszik – a diabéteszes retinopátia detektálásának érzékenysége 41–67% a háziorvosok, 48–82% az optometristák, 65% az szemész szakorvosok, és 27–67% a diabetológusok, valamint egyéb kórházi orvosok által direkt oftalmoszkóppal végzett vizsgálatok esetén [7,8]. A fényképfelvételek elemzésén alapuló módszerek alkalmazásakor napjainkban digitalizált fényképeket készítenek a betegek retinájáról, majd azokat egy későbbi időpontban erre kiképzett szakemberek elemzik. Egy szűrővizsgálatok végzésére kiképzett szakember pupillatágítás mellett készített 45°-os retinaképek vizsgálata során 83–96%-os érzékenységet és 83–96% specificitást tud elérni [9]. A „*The British Diabetic Association*” (Diabetes UK) által felállított standard szerint a szűrővizsgálatok érzékenységeinek el kell érnie a 80%-ot 95%-os specificitással mellett [10, 11]. A rendszeres szűrővizsgálatokat számos országban centralizálták, elsősorban költséghatékonysági és minőségbiztosítási szempontok okán [12]. A rendszerek jól üzemelnek, bár magas emberi erőforrás igényük miatt csak a fejlett gazdasággal rendelkező országok tudják finanszírozni őket [13].

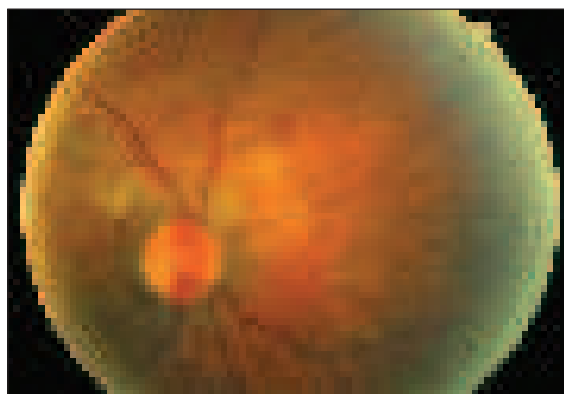
A szűrővizsgálatok skálázhatóságának és költséghatékonyságának javítása érdekében számos kutatócsoport dolgozik olyan automatizált eljárásokon, melyek digitalizált szemfenéki fotók értékelését képesek elvégezni [14]. Az új technológia célja, hogy bevezetésével a diabéteszes retinopátia szűrés során az első vizsgálatot végző szakember kiváltható lehessen. Az automatizált „előszűrés” követően csak azok a képek kerülnek a szakemberekhez, amelyek az automata szerint kérdésesek, vagy pozitívak [15].

A kezdeti eredmények biztatóak. A szenzitivitás és specificitás értékek megközelítik a szakemberek által elérhető értékeket [16, 17].

Hogyan működnek a képfeldolgozás alapú eljárások?

Ha az automatizált rendszereket a jövőben a klinikai rutinban szeretnénk vizsgálni, akkor azoknak alkalmazkod-

niuk kell a betegellátás során alkalmazott protokollokhoz. A fejlesztés alatt álló rendszerek célja a cukorbetegség szűrése, azonban figyelembe kell vennünk, hogy a szemfenéken más megbetegedések is jellemző eltéréseket okozhatnak. Az automatizált képfeldolgozás alapú eljárásoknak működésük során a cukorbetegség okozta retinopátiára jellemző elváltozásokat más megbetegedésre jellemző eltérések jelenléte mellett is fel kell ismerniük, hiszen a cukorbetegség nem zárja ki más szemfenéki kórképek párhuzamos előfordulását. Az automatizált rendszereknek ezeket az egyéb betegségekre jellemző elváltozásokat el kell tudniuk különíteni az egészséges retina képétől, azonban nem szükséges az egyes léziók azonosítása.



A diabéteszes retinopátia előrehaladtával gyapottépes góccok és egyre kifejezettebb vérzések jelennek meg a szemfenéken

Mikroaneurizmák detektálása

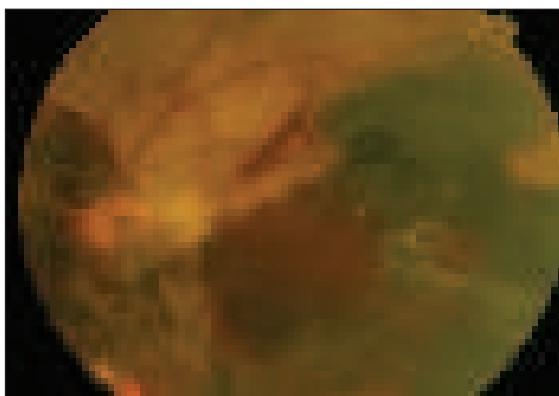
A retinát érintő léziók (elváltozások) nagy száma és variábilis megjelenése miatt az automata rendszerek fejlesztése során a kifejlesztendő/kifejlesztett algoritmusok olyan elváltozás detektálására fókuszálnak, mely rendkívül érzékeny és korai indikátorra a diabéteszes retinopátia megjelenésének. Ez az elváltozás a mikroaneurizma (a hajszálvékony erek kis buborékszerű kiöblösödése), mely a diabéteszes retinopátia legkorábbi tüneteinek egyike, és jelenléte nélkül a diagnózis nem állítható fel.

Ha egy képfeldolgozás alapú döntéshozó rendszernek egyféle elváltozás felismerésére kell fókuszálnia, akkor az eredmények lényegesen jobbak és reprodukálhatóbbak.

Az automata előszűrés működési elve az *igen* (diabéteszes retinopátia) /*nem*

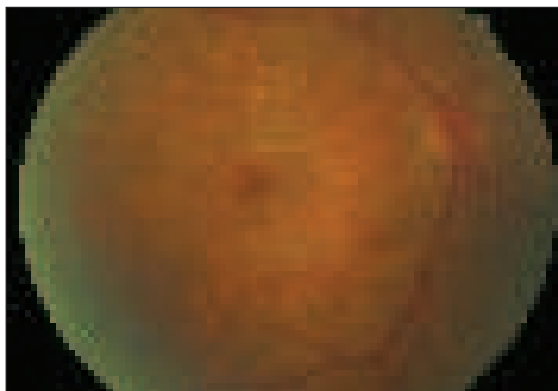
(egészséges) döntéshozó mechanizmuson alapszik. Amennyiben a képfeldolgozó eljárás során a szemfenéki képen az algoritmus mikroaneurizmát detektál, a vizsgált képet a diabéteszes retinopátia csoportba sorolja. Ezen csoportba kerülnek azok a képek is, melyeket az algoritmus valamilyen ok miatt nem tud besorolni az egészséges csoportba, azaz „kétes”-nek ítéli meg. Ilyen döntéssel akkor találkozunk, amikor a képfeldolgozó algoritmusok lefuttatását követően az adott kép diabéteszes retinopátia/egészséges csoportokhoz való tartozásának statisztikai valószínűsége nem kellőképpen eltérő. A diabéteszes retinopátia/kétes csoportba sorolt képeket a szűrőrendszer automatikusan szakember vizsgálatára továbbítja.

Az ellátórendszer szempontjából a nyereség az, hogy az egészséges kategóriába sorolt képeket szakembereknek nem kell látnia. Ezzel nagy populációk szűrése esetén jelentős költség és idő takarítható meg. A költségek csökkenésével olyan helyeken is szervezhetővé válhatnak diabéteszes szűrőprogramok,



Érburjánzással járó retinopátia képe, látóideghártya és üvegtesti vérzéssel

ahol eddig azokat nem tudták finanszírozni, vagy az egészségügyi ellátást végző humán erőforrás hiánya mindezt nem tette lehetővé.



A képen az időskori népességben viszonylag gyakran előforduló elváltozások láthatóak: kemény és puha druzenek – zsírokiból, fehérjékből és ásványi anyagokból álló lerakódások – képe az éleslátás helyén, mely nem a diabéteszes retinopátiára jellemző elváltozás. A szoftvernek alkalmasnak kell lennie a nem diabéteszes retinopátiára jellemző elváltozások kiszűrésére is a diagnózis felállításának az igénye nélkül

Újabb eljárások – könnyfehérjevizsgálaton alapuló szűrés

A könnyfolyadékban számos fehérje található. Munkacsoportunk, a diabéteszes retinopátia szűrésére alkalmazható új megközelítésű, könnyfehérjék vizsgálatán alapuló diagnosztikai lehetőségek alkalmazásán dolgozik. Munkánk hátterét az a felismerés adta, hogy a különböző szemészeti kórképekben megváltozik a termelődő könnyfehérje összetétele [18]. Ismert tény, hogy diabéteszes retinopátia fennállása esetén a szemben lévő erek falának permeabilitása (átjárhatósága) megváltozik, ezért feltételezzük, hogy mindez a könnyfehérje összetételének jellemző változásában mutatkozik meg [19].

Tőlünk független kutatócsoportok hasonló jelenséget figyeltek meg a szem belsejét kitöltő üvegtestnél. Azonosítottak olyan fehérjéket, melyeknek az üvegtestben mért koncentrációja diabéteszes retinopátia esetén megemelkedik [20]. A könnyre vonatkozóan azonban irodalmi adatok még nem álltak rendelkezésre. Az üvegtestből történő mintavétel rutin szűrővizsgálat alkalmazására azonban invazív jellege miatt jelenleg elképzelhetetlen. A könnymintavétel ezzel szemben nem invazív és könnyedén – akár szakszemélyzet nélkül is – kivitelezhető eljárás.

A legújabb gépi tanulás alapú módszerek képesek arra, hogy a betegek könnymintáiban megtalálható összes fehérje koncentrációjának „globális mintázatát” figyelembe véve végezzék el az elemzéseket és a vizsgált személy besorolását (egészséges/diabéteszes retinopátia) [21]. A klinikai rutinban – esetlegesen a jövőben – történő alkalmazhatóság érdekében

a vizsgált fehérjemarkerek számát csökkenteni kell.

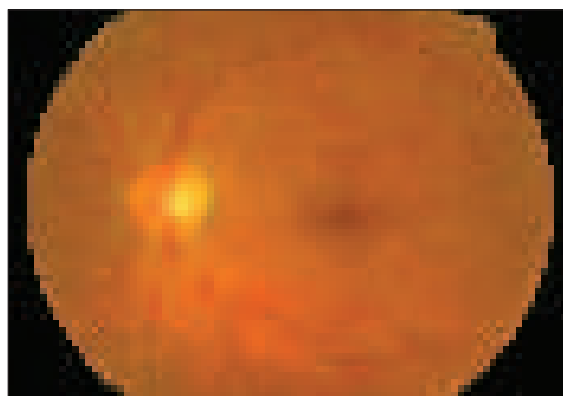
A korai eredmények biztatóak, de a könnyproteomikai módszertan diabéteszes retinopátia szűrési célra való alkalmazása kapcsán még nem éri el a képfeldolgozás, vagy a szakember általi osztályozás eredményeként kapott érzékenység és specifikusság értékeit. Az érzékenység növelésére számtalan lehetőség kínálkozik, melyeket munkacsoportunk a következő években kíván megvalósítani.

Távlati célunk olyan gyors teszt kidolgozása, mely a könnyből képes rövid idő alatt a diabéteszes retinopátia jelenlétét meghatározni.

Kombinált szűrőeljárások

Munkacsoportunk legújabb kutatásai a könnyproteomikai vizsgálatok és a képfeldolgozás alapú vizsgálatok kombinált alkalmazására irányulnak. A koncepció háttérét az a feltételezés adja, hogy eltérő technológián és módszertanon alapuló, eltérő adatforrásból származó bemeneti adatok együttes vizsgálata javíthatja a szűrőeljárás pontosságát. Legújabb eredményeink alapján a kombinált eljárások alkalmazásával az automatizált szűrővizsgálatok szenzitivitási és specifikitási értékei jelentősen javíthatóak, a humán vizsgáló eredményességével összevethetőek.

A könnyproteomikai módszer másik alkalmazási lehetősége, hogy a globális fehérjeösszetétel vizsgálata helyett kiválasztott fehérjét/fehérjéket használunk markerként.



Szabad szemmel alig észrevehető mikroaneurizmák, hajszálvékony erek kis buborékszerű kiöblösödései. A színes szemfenéki képen a mikroaneurizmák piros pontok képében jelennek meg

A gyakorlatban a szemfenékvizsgálat készítésének időpontjában egy könnyfehérjemarker gyors tesztet is elvégeznének. A képfeldolgozás és a

könnyfehérjeteszt eredményét egy orvosi döntéstámogató szoftver együttesen értékelné. A kombinált vizsgálat eredménye vélhetően megbízhatóbb eredményt biztosítana, mint az önállóan alkalmazott képfeldolgozó, vagy könnyproteomikai eljárás.

CSUTAK ADRIENNE–
TÖRÖK ZSOLT–CSÓSZ ÉVA–
PETŐ TÜNDE

Irodalom

- [1] Pető T., Jano I., B. Toth B., Degi R., Kolozsvári L: A diabetes mellitus szerepe a vakság kialakulásában, Csongrád megyében 1999-ben. http://www.informed.hu/?tPath=/view/&documentview_type=save&documentview_site=1&documentview_id=4902
- [2] Németh J, Frigyk A, Vastag O, Göcze P, Pető T.: Vaksági okok Magyarországon 1996 és 2000 között, *Szemészet*, 2005. 142. évfolyam, p. 127-133[3] International Diabetes Federation. *IDF Diabetes Atlas, 6th edn*. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation, 2013. <http://www.idf.org/diabetesatlas>.
- [4] Nyirkos P.: Diabéteszes szembetegség, különösképpen a diabéteszes retinopathia, *Tényeken Alapuló Orvostudomány Módszertani Ajánlások* 2005, Melania Kiadó Kft.
- [5] Kovács I. Salacz Gy.: A diabétesz szemészeti szövödményei 2003, *Hippocrates V. évfolyam* 5. Szám, p. 290-292.
- [6] Health Technology Assessment Report 2002.
- [7] Gibbins RL, Owens DR, Allen JC, Eastman L: Practical application of the European Field Guide in screening for diabetic retinopathy by using ophthalmoscopy and 35 mm retinal slides. *Diabetologia* 1998, 41(1):59–64.
- [8] Sundling V, Gulbrandsen P, Straand J: Sensitivity and specificity of Norwegian optometrists' evaluation of diabetic retinopathy in single-field retinal images, a cross-sectional experimental study. *BMC Health Serv Res* 2013, 13:17.
- [9] O'Hare JP, Hopper A, Madhavan C, Charny M, Purewell TS, Harney B, Griffiths J: Adding retinal photography to screening for diabetic retinopathy: a prospective study in primary care. *BMJ* 1996, 312(7032):679–682.
- [10] Screening for Diabetic Retinopathy. [<http://www.mrcophth.com/focus1/Screening%20for%20Diabetic%20Retinopathy.htm>].
- [11] Harding S, Garvican L, Talbot J: The impact of national diabetic retinopathy screening on ophthalmology: the need for urgent planning. *Eye (Lond)* 2005, 19(9):1009–1011.
- [12] Silva PS, Cavallerano JD, Aiello LM, Aiello LP: Telemedicine and diabetic retinopathy: moving beyond retinal screening. *Arch Ophthalmol* 2011, 129(2):236–242.
- [13] Brage P, Gruen RL, Chau M, Forbes A, Taylor HR: Screening for presence or absence of diabetic retinopathy: a meta-analysis. *Arch Ophthalmol* 2011, 129(4):435–444.
- [14] Gibson OR, Segal L, McDermott RA: A simple diabetes vascular severity staging instrument and its application to a Torres Strait Islander and Aboriginal adult cohort of north Australia. *BMC Health Serv Res* 2012, 12:185.
- [15] Sotland GS, Philip S, Fleming AD, Goatman KA, Sharp PF, McNamee P, Prescott GJ, Fonseca S, Olson JA: Manual vs. automated: the diabetic retinopathy screening debate. *Ophthalmol Times* 2008, 4:2.
- [16] Bouhaimed M, Gibbins R, Owens D: Automated detection of diabetic retinopathy: results of a screening study. *Diabetes Technol Ther* 2008, 10(2):142–148.
- [17] Fleming AD, Goatman KA, Philip S, Prescott GJ, Sharp PF, Olson JA: Automated grading for diabetic retinopathy: a large-scale audit using arbitration by clinical experts. *Br J Ophthalmol* 2010, 94(12):1606–1610.
- [18] Csutak A, Silver DM, Tozser J, Steiber Z, Bagossi P, Hassan Z, Berta A: Plasminogen activator inhibitor in human tears after laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2008, 34(6):897–901.
- [19] Csosz E, Boross P, Csutak A, Berta A, Toth F, Poliska S, Torok Z, Tozser J: Quantitative analysis of proteins in the tear fluid of patients with diabetic retinopathy. *J Proteomics* 2012, 75(7):2196–2204.
- [20] Heise EA, Fort PE: Impact of diabetes on alpha-crystallins and other heat shock proteins in the eye. *J Ocul Biol Dis Infor* 2011, 4(1–2):62–69.
- [21] Torok Zs, Peto T, Csosz E, Tukacs E, Molnar AM, Maros-Szabo Zs, Berta A, Tozser J, Hajdu A, Nagy V, Domokos B, Csutak A: Tear fluid proteomics multimarkers for diabetic retinopathy screening. *BMC Ophthalmology* 2013, 13(1):40.

Dr. Csutak Adrienne Bolyai János Kutatási Ösztöndíjban részesül.

A magyar nyelvű közlemény átdolgozott, rövidített összefoglalója a *Torok Z, Peto T, Csosz E, Tukacs E, Molnar A, Maros-Szabo Z, Berta A, Tozser J, Hajdu A, Nagy V, Domokos B, Csutak A. (2013): Tear fluid proteomics multimarkers for diabetic retinopathy screening. BMC Ophthalmol. Aug 7;13(1):40 angol nyelvű publikációnak.*

CSABA GYÖRGY

Az egysejtűek hormonális rendszere

Gondolatok és következtetések

Az ember belső elválasztású (hormonális) rendszere a szervezetben lévő mirigyekből, az általuk a vérkeringésbe ürített hormonokból, illetve a közöttük és egyik oldalról a központi idegrendszerrel, másik oldalról a célszervekkel (célsejtekkel) való kapcsolatból áll. A rendszert főleg a központi idegrendszerben található agyalapi mirigy (hipofízis) szabályozza, mely impulzusait az agy sejtjeitől kapja, miközben a szabályozott sejtek, illetve az általuk képzett termékek visszajelentenek a hipofízis, illetve a központi idegrendszer felé. A hormonális jelet a célsejteken (célsejtben) lévő receptorok „veszik”, majd dekódolják és a sejtek belseje felé továbbítják. A hormon-receptor-komplexum kialakulása után a sejten belül az úgynevezett második hírvivők aktiválódnak, és különböző szignálutakon keresztül hívják elő a sejt választát.

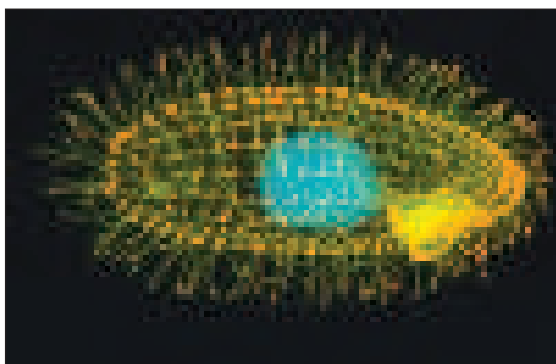
Az emberre jellemző endokrin rendszer – szinte azonos módon – minden emlősállatban megtalálható és az emberéhez hasonlóan működik. Némi eltéréssel azonban a hormonok, receptorok és jelutak minden gerinces állatban, sőt egyes komponenseik a gerinctelenekben is megtalálhatók. A törzsfejlődés különböző fokain elhelyezkedő állatok vizsgálata azonban azt is mutatja, hogy az endokrin rendszer emberre jellemző komplexitása fokozatosan alakult ki és fokozatosan finomodtak a mechanizmusai. Sokáig nem volt nyilvánvaló azonban, hol is kezdődött az endokrin rendszer kialakulása. Mivel itt egy bizonyos szervezetben elhelyezkedő különböző sejtek közötti kommunikációról van szó, fel sem merült annak lehetősége, hogy az endokrin rendszer gyökerei akár már az egysejtűekben is megtalálhatók.

A leltár

Ezt a problémát a múlt század hetvenes éveinek elején kezdtük vizsgálni az egysejtű csillós *Tetrahymena*-n, mely modell két Nobel-díj számára is „megágyazott” – *Czech az RNS-enzimet mutatta ki ezen a sejten, míg Blackburn, Greider*

és *Sosztak az öregedési (telomeráz) vizsgálatokban használta fel.* A későbbi saját és mások kutatásainak túlnyomó része is *Tetrahymena*-n történt, bár egyéb egysejtűeken is beigazolódtott. Vizsgálataink során kiderült, hogy a *Tetrahymena* specifikusan reagál a magasabb rendűek hormonjaira. Mint alapvető életfunkció, a fagocitózis (anyagok bekebelezése) került először vizsgálatra, amikor is a hisztamin és a szerotonin (két olyan hormon, mely

ben (emberben) e hormonokat előállító enzimeknek, vagy magának a hormonnak a termelésére adnak utasítást, és bebizonyosodott, hogy ezen gének az ember megfelelő génjére hasonlítanak. A termék, például a *Tetrahymena* inzulinja is olyan, mint az emberé, immunológiailag és hatásában azonos. A *Tetrahymena* inzulinreceptora hasonló az emberéhez és a második hírvivők, valamint a szignálutak is nagy hasonlóságot mutatnak [4].



Az egysejtű csillós *Tetrahymena* (kék: sejtmag, sárga: szájmező)

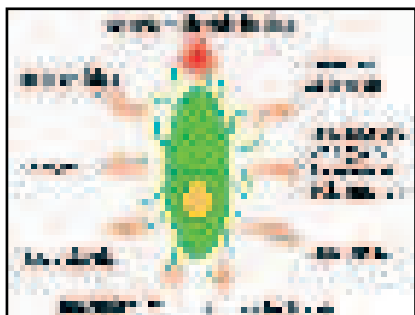
magasabb rendűekben – így emberben is – befolyásolja ezt a sejttevékenységet) hasonló módon hatott a *Tetrahymena*-ra is. Ugyanakkor a szerotonin közeli rokona, az 5-hidroxiindolecetsav ezt nem tette meg. Ez nemcsak azt bizonyítja, hogy a *Tetrahymena*-nak receptora van két magasabb rendűekben megtalálható hormonnal, hanem azt is, hogy ez a receptor szelektív, tehát meg tudja különböztetni a neki megfelelő hormont. Az ezt követő vizsgálat már a fehérjetermészetű inzulin történt, ami – hasonlóan az emlősökhöz – jelentősen befolyásolta az egysejtű cukoranyagcseréjét, majd számos más hormon hatásának vizsgálata következett [1,2]. Ezen kutatások alapján kezdték keresni, hogy vannak-e hormonjai is a *Tetrahymena*-nak (ahol receptor van, ott hormonnak is lennie kell!), és a legtöbb emlőshormont meg is találták (találtuk) bennük [3]. A *Tetrahymena* tehát rendelkezik olyan génekkel, amelyek emlősök-

tott hormon a termelő sejtre hat vissza. Ez a *Tetrahymena* esetében is elképzelhető, bár kicsi a valószínűsége, mivel ez a sejt vízi környezetben él és itt a hígítás igen nagyfokú, ugyanakkor a sejt mozgása igen gyors. Egy másik – valószínűbb – lehetőség, hogy az elválasztott anyag a populáció többi tagjára hat és ezek tevékenységét szabályozza, ami be is bizonyosodott. Ebben az esetben azonban fel lehet tételeznünk, hogy a *Tetrahymena*-populáció olyan, mint a magasabb rendűekben a szervezet, azaz a sok sejt együttesen alkotja azt a rendszert, amely a hormonok által szabályozott. Tehát, ahogy az egysejtűből többsejtűvé válás is úgy indulhatott meg, hogy a sejtek szervezetté álltak össze, miközben különféle sejtekké differenciálódtak, úgy jött volna létre a sok hormontermelő egysejtűből az endokrin rendszer is. Ez nagy evolúciós lépés lehetett, mert miközben az egysejtű-populációban minden sejt lehetett jelküldő és jelfogadó, addig

Endokrin szabályozás egyetlen sejtben?

Az endokrin rendszer egyes komponensei tehát már egysejtű szinten is jelen vannak és működnek. Ugyanakkor tudjuk, hogy az endokrin rendszere a sejtek közötti vegyi kommunikáció a jellemző. A kérdés az, hogyan lehetséges ez egyetlen sejt esetében? A magasabb rendűek, így az ember esetében is ismert az autokrinia, amikor a sejt által elválasztott hormon a termelő sejtre hat vissza.

az összeállt sejtek között elkülönültek a jelküldők – az endokrin sejtek – és azok, amelyek az adott jelet felfogni képesek. Ráadásul, a hormontermelésre utasítást adó gének többségének tartósan záródnia kell, mivel az endokrin sejtek csak egyfé-



Jelenségek, amelyek vizsgálhatók a szignálmolekula hatására

le hormont termelnek, míg a *Tetrahymena* számtalant. Ezzel egyidejűleg felléphetett a receptorok specializálódása – tehát egyre nagyobb biztonsággal ismerték fel a jelet –, miközben nőtt a sejtek környezetében lévő hormonkoncentráció, mert a most már „endokrin” sejtek a hormont zárt térbe adják le. Ez a zárt tér rendszerint a vérkeringés, mely a vizes közeget váltja fel.

A *Tetrahymena*-hormon receptora rendkívül érzékeny, egyes hormonok esetében már 10^{-21} M koncentráció esetében is kötni képes. Ez azt jelenti, hogy alig 1–2 hormonmolekula van a sejt környezetében és ez is elegendő a reakció kiváltásához. Az ember szervezetében 10^{-6} , 10^{-8} M hormonkoncentráció szükséges a hatás létrejöttéhez. Bár ez is alacsony koncentráció, nagyságrendekkel nagyobb a *Tetrahymena* esetében a szükségesnél. A fentebb jelzett változások tehát valóban megtörténnek.

Szükséglet vagy műtermék?

Az egysejtűben a hormonok folyamatosan termelődnek, tárolódnak és kiválasztódnak. Nincs tehát olyan állapot, amikor megállapíthatnánk, hogy mi történne hormon nélkül, tehát hogy leállna a fagocitózis vagy a sejtosztódás, vagy nem lenne glukózyangcsere. Csak azt tudjuk, hogy ha hozzáadjuk a hormonokat a sejtekhez, ezek a funkciók fokozódnak vagy csökkennek, tehát a szabályozó szerep kimutatható. Ugyanakkor az esetek többségében nem tudjuk, hogy ezekre a hormonokra valóban szükség van-e, vagy csak reagálnak rájuk a sejtek, ha környezetükben megjelennek. Mégis az, hogy nemcsak a hormon, hanem a jelző, a második hírvívó és a szignálpályák is megtalálhatók, arra utal, hogy ez valódi szükséglet már a filogenezis ilyen korai stádiumában is. Ezen túlmenően,

olyan esetet is ismerünk, amikor egy magasabb rendűekben is életfontos hormonnak az egysejtűben is életvédő funkciója van, és ez az inzulin. Az már a korábbiakból is kiderült, hogy az inzulin befolyásolja az egysejtű cukoranyagcseréjét a magasabb rendűekéhez hasonló módon, később azonban az is világossá vált, hogy amikor a sejtűrűség kicsi, és emiatt a sejtek hajlamosak elpusztulni, az inzulin ettől megvédi és osztódásra bírja őket [5,6]. Ebből és egyéb kísérletekből az is világos, hogy e hormonnak valamilyen növekedési hormon funkciója is van, mint ahogy emlősökben is kimutatták az inzulinszerű növekedési faktorokat. A többi hormon hasonló hatásáról nincsenek ismereteink, mivel nem is vizsgálták azokat, azonban, ha úgy vesszük, a fagocitózist fokozó hisztamin, vagy a sejtosztódást fokozó trijótironin is tekinthető életvédőnek, a funkció fontosságát figyelembe véve.

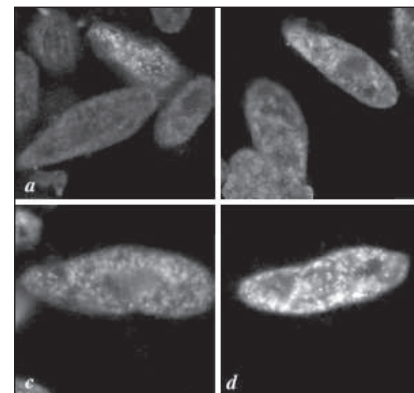
Magasabb rendűekben, így emberben is a stressz az egész endokrin rendszert mobilizálja. Bármennyire is furcsa, ez már egysejtű szinten is megtalálható. Hővel vagy vegyszerekkel kiváltott stressz hatására *Tetrahymena*-ban a hormontermelés jelentősen fokozódik, aminek szerepe lehet a még nem stresszelt sejtek „figyelmeztetésében” és menekülési reakciójának kiváltásában éppúgy, mint a sejtfunkciók (sejtosztódás, fagocitózis stb.) fokozásában [7]. Mivel az evolúció az egyszer már bevált mechanizmusokat konzerválja, a stresszre adott válasz egészen az emberig megfigyelhető.

Hormon- és receptorszelekció az evolúció szolgálatában

Mint erről már szó volt, az egysejtűben minden aminosav és polipeptid típusú hormont megtaláltak, amit egyáltalán kerestek, tehát ennél csak többet szintetizálhat. Ugyanakkor minden olyan hormonnra van receptora, amit eddig kipróbáltak. Ez utóbbi érthető, hiszen a hormon az egysejtű számára nem más, mint egy felismerésre váró molekula a talán milliónyi hasonló rendeltetésű közül, mert nem zárt közösségben él, hanem nyílt vizekben, ahol mindenféle molekula előfordulhat. Az viszont, hogy minden vizsgált magasabb rendű hormont termelni is képes, azt jelenti, hogy génkészlete tartalmazza azt, aminek felhasználása számára fontos, de ez lényegesen több lehet, mint a magasabb rendűekben ismert hormonok. Akármelyik tényt vesszük is figyelembe evolúciós szempontból, a magasabb rendű (soksejtű) szervezet számára ki kell válogatódni azoknak a molekuláknak és receptoraiknak, amelyek ott felhasználásra kerülnek mint jelzőmolekulák, azaz hormonok. Ez a kiválogatódási mechanizmus valószínűleg a hormonális imprintinghez köthető.

Hormonális imprinting egysejtű szinten

Nem sokkal a hisztamin, szerotonin és inzulin *Tetrahymena*-ra való hatásának és szelektivitásának felismerése után kiderült, hogy az adott hormonnal való további találkozások alkalmával a sejt az első találkozástól mennyiségileg eltérően válaszol, vagyis az esetek többségében fokozottan, néhány esetben gyengébben reagál. A sejt tehát a hormonnal való első találkozást megjegyzi és hosszú idő után sem felejtje el. A hosszú idő itt sejtgenerációk sokaságát jelenti (egzakt vizsgálatok legalább ezer generációig kimutatták), mert a *Tetrahymena* egyed életideje rövid, naponta akár 6–10-szer is osztódik [8]. Ez azt is mutatja, hogy a memória rögzül és sejtéről sejtje transzgenerációsán átadódik. Ez rendkívül fontos, éppen a rövid egyedi élettartam miatt. Ma már tudjuk, hogy epigenetikus öröklődésről van szó, azaz a gének bázisrendjének változása (mutáció) nélkül, valószínűleg a metilációs mintázat örökletes megváltozásával adódik át az utódgenerációknak. A lényeg az, hogy az imprinting révén kiválogatódhatnak azok a molekulák, amelyek a többsejtű organizmusban a legalkalmasabbak jelzőmolekulának, mert nem minden anyagra vonatkozólag azonos erősségű az imprinting, sőt számos molekula egyáltalán nem imprintál. Valószínűnek látszik, hogy a hormonok azok közül kerülnek ki, amelyek erősen imprintálódnak, tehát teljes értékű és örökletesen tovább adódó recep-



A sejtek inzulintartalmának változása szerotonin (a-kontroll, b-kezelt) és hisztamin (c-kontroll, d-kezelt) hatására

tort hoznak létre. A peptidhormonok esetében például egyes aminosavak erősebben imprintálódnak másoknál, ha tehát a molekula ilyet tartalmaz (pl. prolint), akkor alkalmasabb jelzőmolekulának. Természetesen ez csak az alkalmassági szempontok egyike. A soksejtű szervezetekben ugyanis nagyon sok célra használnak fel a molekulák, így azok is, amelyek alkalmasak lennének jel-

molekulának. Ezért, ha valamely más életfontos funkcióra ez a molekula alkalmas, akkor a jelfunkcióra másik – esetleg egy rokon molekula – használódik fel. Ilyen eset lehet a két hipotalamo-hipofízis hormon, a vazopresszin és oxitocin példája, amikor *Tetrahymena*-ban az oxitocin szabályozza a kontraktilis vakuolum működését, tehát a víz (és benne oldott anyagok) kiürítését, de ez a hormon emlősökben a szülési mechanizmusban (és magatartást befolyásoló funkciókban) használódik fel és közeli rokona, a vazopresszin (adiuretin) az, amely a vese (vízkiürítés) funkcióját befolyásolja.

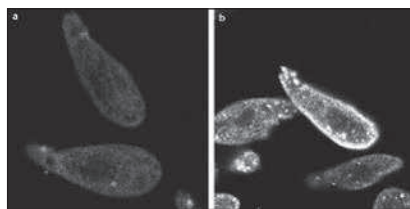
Szteroid hormonok és receptoraik

Külön problémát jelentenek a szteroid hormonok, mint amilyen a „férfi hormon”, a tesztoszteron, a „női hormon”, az ösztromon vagy éppenséggel a kortizon. Ezek ugyanis vízben nem oldódnak, így a *Tetrahymena* jelfunkcióra nem tudja használni őket a vizes közegben. Nincsenek is jelen ezek a hormonok az egysejtűben, és receptoraik sem találhatók meg normális körülmények között. Ez utóbbi azt is jelenti, hogy mint imprinterek szerepelhetnek, és az imprinting által akár a hormon termelése, akár a receptor megjelenése előhívható, a *Tetrahymena* tehát tartalmazza azokat a géneket, melyek e hormonok előállítására utasítást adhatnak. A receptor a plazmamembránban jelenik meg, ami azt is jelentheti, hogy a magasabb rendűekben a citoplazmában, illetve a sejtmagban rendszeresen meglévő szteroidreceptor eredetileg membránreceptor volt, és az evolúció eredményeként csak később került a sejt belsejébe. Az ősi felismerő (jelfogó) rendszer tehát a plazmamembránban helyezkedik el. A vízoldékony hormon jelenléte és a vízben nem oldódóak hiánya alátámasztja, hogy az egysejtű hormonális rendszerére már ezen a szinten szükség van, mert bár génszinten más is jelen van, csak az fejeződik ki, ami fel is használható.

Az imprinting mint a receptorszelekció alapja

A kérdés ezek után is az, hogy lehet-e az egysejtűnek receptora gyakorlatilag minden környező molekulára, ha tudjuk, hogy ezek száma szinte végtelen? Koch Sándor dinamikus mozaikteóriája az imprintinggel kombinálva erre némi magyarázatot szolgáltat [9]. Szerinte az egysejtűben receptoralegségek készülnek és épülnek be a plazmamembránba, ott a legkülönbözőbb variációkat hozva létre, majd bizonyos ideig való ott tartó-

zkodás után leépülnek és új variánsok jelennek meg. Ezzel a rendkívül gyors és ismétlődő folyamattal hatalmas mennyiségű receptorkombináció jön létre, amely állandóan pásztázza a környezetet, mintegy rákérdez a szomszédságban lévő molekulákra. Ha felismerhető molekula van jelen, azzal kapcsolódik. Ha ez a molekula alkalmas jelmolekulának, azaz üzenete továbbítódik a sejt belsejében (megtalálja a szignálutat), akkor rögzül, és ez a rögzülés lenne az imprinting eredménye. Ha az imprinting megtörtént, a sejt a továbbiakban nemcsak receptor-alkatrészeket fog produkálni, hanem komplett receptorokat is, amelyek most már alkalmasak a jelmolekula „szándékos” felismerésére. Ez a folyamat a sejt számára rendkívül fontos lehet, mert lényegesen könnyebben ismeri



A sejtek adrenokortikotropin-tartalmának növekedése éhezés (stressz) hatására. A stressz ugyanezt váltja ki emlősökben is

fel a környezetében azt, ami hasznos számára, és azt, ami veszélyes. És ez a könnyebb felismerés sok nagyságrendnyi különbséget jelent. Feltételezhető, hogy igen sok ilyen receptormolekula képződik, mert az egysejtű számára sokkal több a jel, mint amennyit mi hormonként vizsgálni tudunk, majd ezekből válogatódik ki a zárt sejtközösség (a többsejtű szervezet) számára, ami ott hormonként szerepel.

Ahogy az egysejtű hormonális rendszerének egyes komponensei és mechanizmusai felhasználódnak a magasabb rendűek endokrin szisztémájában, úgy jelenik meg a hormonális imprinting is. Emlősökben a születés körüli időszakban történő első találkozás a hormonokkal, illetve hormonszerű molekulákkal (receptor szinten ható anyagokkal) létrehozta az egész életre szóló hormonális imprintinget, ami nemcsak sejtről sejtre öröklődik epigenetikusan, hanem transzgenerációisan is. Ez – amennyiben nem a hormonnal, hanem ahhoz hasonló, kötődni képes molekulával történik meg (hibás imprinting) –, kóros állapotok kiindulási pontja lehet és ez már emberben is bizonyítottan látszik [10]. A filogenezis alacsony szintjén megmutatózó mechanizmus tehát a legfelső szintig is érvényes marad. De mi a helyzet, ha nem felfelé, hanem lefelé vizsgálódunk a filogenezisben?

Prokarióta és eukarióta egysejtűek

Az egysejtűek hormonális rendszerének egyes komponensei, elsősorban egyes hormonok, már a prokariótákban (baktériumokban) is kimutathatók. Ugyanakkor ezen az alacsony szinten nem található meg a hormonális rendszerre jellemző minden komponens és a meglévők nem állnak össze egységes rendszerre. Az evolúció magasabb szintjén, a *Tetrahymena*-ban már egy kifejezett hormonális rendszer van, a magasabb szinten lévőkre, például emlősökre jellemző elrendezésben. Az eukarióta egysejtű hormonális rendszere tehát a már alacsonyabb szinten is meglévő egyes komponensek kiegészülésének, illetve rendszerbe állásának eredménye lehet.

Nem szabad megfeledkezni arról, hogy az összehasonlítás alapjául a ma élő egysejtűek és emlősök szolgálhatnak, amelyek az évmilliók alatt folyamatosan ki voltak téve az imprinting hatásának, tehát receptorális szempontból messzemenően már most sem azonosak az ősökkel. Ugyanakkor az utóbbi időben a hormonális imprintingnek való kitétel mindkét szinten jelentősen megnőtt, mert a gyógyszerek, vegyszerek alkalmazása nagymértékben imprintálja az emlősöket (embert), miközben a vizekbe kerülő hasonló molekulák az egysejtűeket imprintálják.

Azonosságok és különbségek

Az emlősök endokrin rendszerében a mirigyek termékei vagy egy másik endokrin mirigyet befolyásolnak, serkentve vagy gátolva azt abban a tevékenységében, hogy egy nem-endokrin sejtet befolyásoló hormont termeljen, vagy közvetlenül hormonálisan befolyásolnak egy nem-endokrin sejtet. Az első eset példája az agyalapi mirigy (hipofízis), mely számos endokrin mirigy karmestere (természetesen a központi idegrendszer kontrollja alatt). A másik esetre példa lehet a pajzsmirigy, vagy a hasnyálmirigy Langerhans-szigeteinek sejtjei, melyek hormonjaikkal nem-endokrin sejtet befolyásolnak. Az egysejtű esetében ugyanakkor azonos értékű és funkciójú sejtet befolyásolják egymást. Ezek a sejtet azonban az elválasztott hormon révén szabályozni tudják egymás hormontermelését, tehát egyik hormon a másik sejt egyéb hormonjának termelésére is hat. A „karmester-” szerep tehát jelen van, de nem specifikus abból a szempontból, hogy a populáció bármely sejtjére hatni tud. Ugyanakkor, a hipofízis trop-hormonjai, mint amilyen a tireotrop (a pajzsmirigyhormon termelésére ható) hormon, *Tetrahymena*-ban

is szabályozza a trijód-tironin termelődését. Sőt, a gonadotrop hormon, mely emlősben a nemi hormonok termelődésére hat, *Tetrahymena*-ban befolyásolja a trijód-tironin termelődését, azaz átfed, éppúgy, mint emlősökben [11]. Ez azt jelenti, hogy a hipofízisre jellemző karmester-funkció alapjai is már egysejtűben megtalálhatók. A funkció itt azonban kevésbé specifikus, a trop-hormonok nem kizárólag az emlősökben célhormonnak tekintett molekula termelődését szabályozzák [12].

Lehet-e az elmondottak alapján azt mondani, hogy az egysejtűeknek endokrin rendszere van? Nyilvánvalóan nem. Az endokrinia fogalma ugyanis azt jelenti, hogy belső elválasztású, márpedig a *Tetrahymena* hormonális váladékát kifelé üríti (szabadon élő sejtnek nem is tehet másként), a szó tehát nem alkalmas annak illusztrálására, ami történik. Ha azt mondjuk, hormonális rendszere van, az helytálló, mert rendelkezik mindazokkal a komponensekkel, amelyek a rendszer felépítéséhez szükségesek, ezek a komponensek egymással kapcsolatban állnak és együtt is működnek. De azért sem lehet endokrin rendszernek nevezni, mert nincs visszajelentési mechanizmus. A hormon, vagy az általa szabályozott termék megjelenése vagy feldúsulása az egysejtű környezetében nem csökkenti vagy állítja le a termelődését, mint ahogy történik ez a magasabb rendűek szervezetében. A *Tetrahymena* hormonális rendszere tehát, miközben a magasabb rendű organizmusok endokrin rendszerének alapjául szolgálhat, más mint a „valódi” endokrin rendszer. Valószínű azonban, hogy megfelelő szelekciós nyomás alatt, a meglévő komponensek és mechanizmusok felhasználásával ebből fejlődött ki az a bonyolult életfontos mechanizmus, amit endokrin rendszernek nevezünk.

Irodalom

- [1.] Csaba G., Lantos, T. *Experientia* 31, 1997-1098, 1975
- [2.] Csaba G. *Acta Microbiol Immunol Hung* 59, 131-156, 2012
- [3.] LeRoith et al. *Proc Natl Acad Sci USA* 77, 184-188, 1980
- [4.] Csaba G. *Int Rev Cytol* 155, 1-48, 1994
- [5.] Christensen S.T. *Cell Biol Int* 17, 833-837, 1993
- [6.] Christensen S.T. *Int Rev Cytol* 177, 181-253, 1998
- [7.] Csaba G., Pállinger É. *Cell Biochem Funct* 27, 12-15, 2009
- [8.] Kóhidai L. et al. *Cell Biol Int* 36, 951-959, 2012
- [9.] Koch AS et al. *Biol Cybernet* 32, 125-138, 1979
- [10.] Csaba G. *Clin Epigenet* 2, 187-196, 2011
- [11.] Csaba G., Pállinger É. *Acta Biol Hung* 62, 228-234, 2011
- [12.] Lajkó E. et al. *Acta Microbiol Immunol Hung* 58, 85-91, 2011

„Trójai falóval” a vér-agy gáton át

A vér-agy gát, mint ismeretes, egyes kis molekulájú kémiai anyagokat, mint az alkoholt, a koffeint, a nikotint, nem akadályoz meg abban, hogy a vérkeringésből az agyba jusson, viszont súlyos agyi betegségek gyógyszereinek hatóanyagát sajnos igen. Ezt az ellenállást lehet kicselezni nanoméretű „trójai falóval”, különlegesen kialakított nanorészecskék segítségével, melyek belsejébe csomagolva célba juttathatók a különböző gyógyszer-hatóanyagok. Az MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpontjában is folynak ilyen kutatások Veszelka Szilvia vezetésével a Biofizikai Intézetben belül működő Molekuláris Neurobiológiai Csoportban.

– *Mi is voltaképpen a vér-agy gát, amin oly nehezen lehet keresztüljuttatni fontos gyógyszer-hatóanyagokat?*

– *Agyunk idegsejtjeit a vérkeringéstől az úgynevezett vér-agy gát választja el. A gát legfontosabb feladata az agy tápanyagokkal való ellátása, és a káros anyagok eltávolítása az agyból. A hajszálerek, más néven kapillárisok, a szervezet legvékonyabb erei, a tápanyagok és az oxigén ezeknek az erecskének a falán keresztül kerül a vérből a szövetekbe. A vér-agy gátat az agyi hajszálerek sejtjei, az úgynevezett endotélsejtek alkotják, melyek szorosan egymáshoz kapcsolódva szállítórendszereik segítségével szigorúan szabályozzák, hogy milyen anyag kerülhet az agyba. Ez a mechanizmus védi az agy sejtjeit a lehetséges mérgező anyagoktól. Bizonyos, már említett élvezeti szerek átjutva ezen a gáton, képesek bejutni az agyba, mert molekuláik kisméretűek és zsírolédékonyak. Azonban az agyi daganatokat, demenciával párosuló betegségeket, például Alzheimer-kórt, Parkinson-kórt gyógyító szerek molekulái az említettekénél sokkal nagyobbak, és a legkevésbé sem zsírolédékonyak, és az agyi kapillárisok sejtjeinek speciális szállítórendszerei megakadályozzák a bejutásukat, vagy kipumpálják ezeket a szereket az agyból. Ezért ezen a gátrendszeren keresztül nagyon nehéz az agyba juttatni egyébként hatásos gyógyszereket – az agydaganatok esetében a kemoterápiás szereket, citosztatikumokat, a demenciával járó betegségek során az idegsejtek pusztulását gátló szereket. Sokszor nem az a baj, hogy nincs gyógyszer bizonyos betegségek gyógyítására, hanem az, hogy nem tudjuk célzottan eljuttatni az idegsejtekhez a gyógyszert, mivel ezt megakadályozza a vér-agy gát.*



Veszelka Szilvia
Bellányi Tímea felvétele

Valamilyen úton-módon át kell juttatni ezen a gáton a gyógyszereket.

– *Erre sokféle módszer létezik már.*

– *Közülük az egyik a nanorészecskék segítségével történő gyógyszerbejuttatás, amelyen mi is dolgozunk. Ezek a részecskék apró, a milliméter ezredrészenél is kisebb gömbök, melyek belsejébe „becsomagoljuk” a hatóanyagot, külsejét pedig úgy módosítjuk, hogy az agyi hajszálerek falát alkotó sejtek képesek legyenek az agy számára hasznos anyagként felismerni, és ezáltal bejuttatni az agyba. Ott azután a „gömböcskékből” – mint egykor a „trójai falóból” a görögök – kijut a gyógyhatású anyag. Kutatásaink szerint legmegfelelőbb bi-*



zonyos cukrokat, aminosavakat rákötni a nanorészecskék felszínére, hiszen ezeket az erek falát alkotó sejtek mint tápanyagokat ismerik fel. A nanorészecskék agyba való bejuttatását jelenleg sejtes rendszereken vizsgáljuk, de élőállat-kísérletekben is be szeretnénk mutatni, illetve hipotézisünket igazolni.

A sejtes modellrendszerben az agyi endotélsejteket speciális műanyag tenyésztőedényekben növesztjük, majd vizsgáljuk, hogy a hozzájuk adott anyagok átjutnak-e a szorosan illeszkedő sejtrétegeken. Ezeknek a sejteknek a falán kellene átjutatni az említett, módosított, belül gyógyszert, kívül agysejt-tápanyagokat tartalmazó nanorészecskéket, más néven nanovezikulumokat. Ha ezeket a nanorészecskéket valóban felveszik a sejtek, és ezt kísérleteink igazolják, akkor tovább léphetünk; rácsálókban tesztelhetjük a nanorészecskék agyba jutását. Ha a bejuttatandó anyagot megtaláljuk az állatok agyszövetében, kimondhatnánk: olyan új gyógyszer-hordozórendszert sikerült megtalálnunk, melynek segítségével aktív gyógyszerhatóanyagokat lehet bejuttatni az agyba.

– *Ezzel nagyon fontos állomásra érkezének az idegrendszeri betegségek gyógyításában.*

– Igen, hiszen a gyógyszerfejlesztéseknek jelenleg a hatóanyag agyba juttatása, illetve annak hiánya a legnagyobb problémája. Sokféle megközelítés létezik a vér-agy gáton történő átjuttatásra. A gyógyszermolekulák kedvezőtlen tulajdonságait a vegyszerek gyakran próbálják például kémiai módosítással javítani, de ez az út nem minden esetben járható. Itt lép be a mi megközelítésünk mint lehetséges megoldás.

– *Ha jól tudom, nem is maga a megközelítés itt az újszerű...*

– Nem, mert például az emlőrák gyógyításában, illetve a kozmetikai iparban már léteznek olyan termékek, melyek ugyanilyen elv szerint működnek, s már a piacon is vannak. A tumorszövetekre általában igaz, hogy sejteik felszínén megsokszorozzák azoknak a szállító, úgynevezett efflux fehérjéknek a számát, melyek megakadályozzák vagy kipumpálják a tumorsejtekből a gyógyszerhatóanyagokat. Ezért a nem agyi tumorok esetében is fontos: a hatóanyagokat úgy csomagoljuk be, hogy azok ne az ilyen típusú transzporterekhez kapcsolódjanak, hanem épp ellenkezőleg, a sejtbe befelé szállító, ún. influx transzporterekhez. A kozmetikai ipar számára pedig azért jelentenek nagy előrelépést a nanolizált hatóanyagok, mert a bőrszövet sejteit, mint szervezetünk elsődleges védvona-

la, szintén szoros gátrendszert alkotnak, amin keresztül nehéz bejuttatni a bőrbe a szükséges bőrápoló termékeket. Az egyik legismertebb nanorészecske a liposzóma, melynek felhasználásával a hatóanyagok koncentráltabban és célzottan el tudnak jutni a bőr mélyebb rétegeibe is. Ezenkívül a rossz oldhatóságú hatóanyagok esetében is megoldást jelent a nanorészecskébe csomagolás.

– *E kis kitérő után térjünk vissza eredeti témánkhoz...*

– Az idegrendszeri megbetegedések gyógyítása területén éppen a vér-agy gát miatt tipeg még gyerekcipőben a hasonló eljárás. A kutatókat az ügy nehézsége csak újabb próbálkozásokra serkenti, és számos olyan kutatócsoport működik szerte a világban, melyek nanorészecskék segítségével próbálnak meg agyi betegségeket gyógyítani. Egyelőre azonban egyik megoldás sem került a klinikai kipróbálások fázisába.

– *Az Önök módszere miben több mint másoké?*

– Abban, hogy nem egyféle molekulát próbálunk a részecske felszínén rögzíteni, hanem többfélét. Minél több olyan anyagot „ragasztunk” a részecske felszínére, amit ismerősként kezelnek a vér-agy gát sejtjei, annál nagyobb az esély, a lehetőség arra, hogy a sejt tényleg fel fogja ezeket ismerni, és a nanorészecske tényleg be is jut a sejtbe. Ha csak megköti a nanorészecskét a felszínén, az nem elegendő, hiszen akkor a hatóanyag kinn marad. Azt kell elérnünk, hogy a sejt beszállítsa önmaga belső terébe a részecskét magát, majd továbbítsa az agy felé a felszabaduló hatóanyagokat, vagy önmaga hasznosítsa azt.

Előfordulhat az a probléma is, hogy bár sikerül megkötni a nanorészecskét, sikerül odaragasztani a sejtbe, de a sejt nem transzportálja, nem szállítja át a másik oldalára. Ezért próbálkozunk többszörösen jelölt, többféle molekulával ellátott felszínű részecskék előállításával. Cukormolekulákat és aminosavakat egyaránt kapcsolunk a nanorészecskék felszínéhez. Az agyszövetnek nagyon nagy mennyiségű cukorra van szüksége mint tápanyagra, ezért az agyi erek falát alkotó endotélsejteknek a felszínén nagyon sok cukorszállító fehérje létezik. Ezért, ha cukrokat ragasztunk egy-egy nanorészecske felszínéhez, a sejtek felszínén levő sok-sok receptor fel tudja őket ismerni, és ezáltal be tudjuk juttatni a sejtekbe a nanorészecskét. A cukrokhöz hasonlóan többféle aminosavat is „pakolhatunk” a gömböcskék felszínére, hiszen, mint minden egyes cukormolekulának, az aminosav-molekuláknak is megvan a maga szállítófehérjeje az

agyi endotélsejtek felszínén, és ha sokféle molekulával látjuk el a részecskék felszínét, akkor egyszerre több receptor is képes lesz ezeket a molekulákat felismerni, és ezáltal a nanorészecske sejtbe való bejutásának esélye a többszöröse lehet.

– *Ezeket a kutatásokat egyelőre tehát még csak sejtes modellrendszer segítségével végzik.*

– Így van, melyet kutatócsoportunk dolgozott ki, és már nemzetközileg is elismert. Ebben patkányokból izolált agyi endotélsejteket és más agyi sejteket (asztrocitákat és pericitákat) tenyésztünk steril műanyag tenyésztőedényekben, ahogyan már említettem, és ezáltal olyan háromsejtes modellrendszert sikerül létrehozunk, ami nagyon hasonló az agyban lévő véreket alkotó sejtrétegekhez. Egyelőre itt tartunk, tehát a sejtes kísérleteknél, s ez nagy eredmény, mert ez kutatásunknak csak az első éve. Még hátra van két év, de nagyon bízunk abban, hogy a sejteknél elért eredmények alapján egy tökéletesített módszert továbbvihetünk, és megvizsgálhatunk laborállatokon is. Az élőállat-kísérleteknek mindig megvan az a veszélye, hogy „elvész az anyag”, nem tudjuk kimutatni, hová jutott be, és éppen hol tart – míg a sejtes rendszerben ezt közvetlen vizsgálattal meg tudjuk állapítani. Az élőállat-kísérletet ezért nagyon gondosan kell megtervezni, s egyáltalán, nagyon sok munkának kell megelőznie azt, hogy eljussunk odáig.

– *Nemcsak a kutatási eredmények fontosak, hanem az is, hogy a világ tudomást szerezzen róluk...*

– Eredményeinket rendszeresen bemutatjuk hazai és nemzetközi szakmai fórumokon és konferenciákon, ahol más kutatócsoportokkal történő együttműködésekkel vagy egy-egy gyógyszerceleg figyelmét felkeltve az ő támogatásukkal tovább folytathatnak a kísérletek. Azt tudnunk kell, hogy egy új gyógyszerhatóanyag-molekulá kifejlesztésétől az embereken végzett klinikai kipróbálásokig és az új gyógyszer piacra történő bevezetéséig akár 30 év is eltelhet. Nagyon szigorú szabályoknak kell megfelelni és nagyon komoly eredményeket kell letenni az asztalra ahhoz, hogy egy gyógyszerjelölt anyag embereken is kipróbálható legyen. Az esély természetesen megvan rá, ezért keményen dolgozunk hazai gyógyszergyári partnereinkkel együtt a sikerért.

Az interjút készítette: FARKAS CSABA

Az írás az OTKA PD 105622 számú projektje alapján készült.

E számunk szerzői

DR. CSABA GYÖRGY professor emeritus, Semmelweis Egyetem Genetikai, Sejt- és Immunbiológiai Intézet, Budapest; DR. CSÖSZ ÉVA egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem ÁOK, Proteomika Szolgáltató Laboratórium Biokémiai és Molekuláris Biológiai Intézet, Debrecen; DR. CSUTAK ADRIENNE egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem ÁOK, Szemklinikai, Debrecen; E. VOJTKÓ ANNA biológus, MTA Ökológiai Kutatóközpont, Tisza-kutató Osztály, Debrecen; FARKAS CSABA újságíró, Szeged; GLÁSSER ERIK gyógyszerészhallgató, Óbecse-Szeged; DR. HARANGI SZABOLCS tszv. egyetemi tanár, ELTE Közvetlen és Geokémiai Tanszék, MTA-ELTE Vulkanológiai Kutatócsoport, Budapest; DR. JANCsó GÁBOR professor emeritus, vegyész, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest; DR. KAPRONCZAY KATALIN könyvtáros, orvostörténész, Semmelweis Orvostörténeti Múzeum, Könyvtár és Levéltár, Budapest; DR. LUKÁCS BALÁZS ANDRÁS biológus, MTA Ökológiai Kutatóközpont, Tisza-kutató Osztály, Debrecen; MATHESZ ANNA tudományos segédmunkatárs, MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont Biofizikai Intézet, Szeged; DR. MATOS LAJOS szívgyógyász, Szent János Kórház, Budapest; DR. MOLNÁR V. ATTILA biológus, Debreceni Egyetem, Növénytan Tanszék, Debrecen; DR. NÁRAY-SZABÓ GÁBOR akadémikus, ELTE Szerkezeti Kémia és Biológia Laboratórium, ELTE-MTA fehérjemodellező kutatócsoport, Budapest; PÁTKAI ZSOLT meteorológus, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest; DR. PETŐ TÜNDE, a természet tiszteletbeli professzora, Dél-Dániai Egyetem, Kutatás és Fejlesztés Tanszék, Képolvasó Centrum vezetője, Moorfields Eye Hospital, UCL Szemészeti Intézet, Dánia; SÜLE BÁLINT PhD-hallgató, MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Kövesligethy Radó Szeizmológiai Obszervatórium, Budapest; Dr. TÖRÖK ISTVÁN ny. tud. munkatárs, Atomki, Debrecen; TÖRÖK ZSOLT PhD-hallgató, AstridBio Technologies Kft, ügyvezető, Debrecen; DR. VARGA PÉTER geofizikus, az MTA doktora, MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Kövesligethy Radó Obszervatórium, Budapest; DR. VOJNITS ANDRÁS biológus, Budapest.

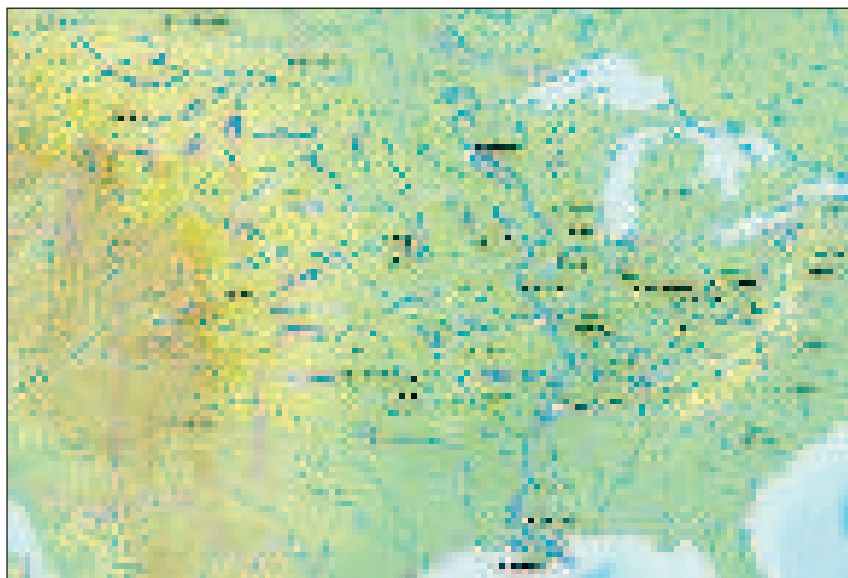
VOJNITS ANDRÁS

Amerre a Mississippi hömpölyög

Első rész

A Nagy Folyó

„A Mississippi mindkét oldalát nádasok és czipruserdők szegélyezik, melyeken belől félkör alakú tavak vannak, s ezek nem egyebek, mint a folyam el-elmaradozott mederrészletei, alligátorok és szárnyas vadak tanyáznak bennök. E mocsárok magas vízálláskor elöntetnek, s ilyenkor mocsárpálmák, cziprusok, s a legóriásibb növénytenyészet magaslik ki a széles víztükrök felett.” – írta dr. Toldy László 1879-ben megjelent Amerika című könyvében. Az azóta eltelt közel másfélszáz év alatt sok minden megváltozott az Allamokban, az óriásfolyót is igyekeztek megzabolázni, a „jelentés” mégsem évült el.



A Mississippi vízgyűjtője

Az észak-amerikai földrész észak-déli orientációjú, hozzávetőleg ilyen irányban futnak a csendes-óceáni partvidékkel párhuzamos Kordillerák hegyláncai, és velük „szemben”, az atlanti partokhoz közel a kisebb és alacsonyabb Appalache vonulatai. A kontinens törzse nyitott észak-déli irányban, délről, a Mexikói-öböl felől akadálytalanul száguldanak északnak a forró légtömegek. Illetve dehogyan akadálytalanul, legalább is télen nem, megállítja őket az Északi-sarkvidék fagyos lehelete. Ez történt 2014 januárjában is, amikor mint-

ha észak minden hidege Észak-Amerikára zúdult volna, és falként állta útját a meleg áramlatoknak. Óriási hőmérsékleti különbség alakult ki az USA „felső” kétharmada és „alsó” harmada között. Néhány tucat mérföld megtétele után a cikk szerzője is kora nyárból tomboló télbe jutott.

A mindenkori domborzati formák természetesen kétszeresen is rányomják a bélyegüket a vízrajzra. Egyrészt meghatározzák a vízfolyások irányát, másrészt közvetve, az éghajlat befolyásolásán át alakítják a folyók vízbőségét, vízjárását. A kontinens sajátos

felépítése az oka, hogy legnagyobb folyója, a Mississippi nem közvetlenül a két hatalmas óceán egyikébe, hanem az Atlanti-óceánhoz tartozó Mexikói-öbölbe ömlik.

Mennyi az annyi?

A felszíni és felszínalatti formák, képződmények „kézzelfogható” jellemzői azok nagysága, hossza, magassága, mélysége, szélessége és így tovább. Ez mind mérhető és számokban kifejezhető; vélhetnénk hát, hogy a különböző forrásmunkák azonos adatokkal operálnak – de nem. Az még érthető, hogy az egyre pontosabb műszerek mintegy kikényszerítik a korrekciót, de az már kevésbé, ha ezen a területen is valamiféle „versenyszellem” dik-tál. Így lesznek egyre hosszabbak egyes



A delta erdei átvészeli az elöntést

barlangok, miután a barlangászok szorgos munkával összenyitják az eddig elkülönült szakaszokat, és így nyújtózkodnak a folyók, amikor a leghosszabb mellékfolyókat hozzájuk csapják. Utóbbi még rendben is lenne, hiszen a forrásokat és a vízfolyásokat az ember nevezi el, de az már komikus, ha a Mississippi teljes hosszába beleszámítjuk a nála hosszabb Missourit, holott a két vízfolyásnak a térképeken természetesen más-más forrása van. Az ellentmondást kiküszöbölendő beszélnek Mississippi-Missouri vízrendszerrel – kérdés persze, hogy egy vízrendszer hossza azt jelenti-e, mint a leghosszabb vízfolyásnak hossza. Szerintem nem.

A Mexikói-öböl a földrész összterületének 28%-áról érkező víztömeget fogadja, az óriásfolyó vízgyűjtőterülete atlasztól függően változó, a legelfogadottabb 3 248 000 km², és az USA 31 államára és két kanadai tartományra terjed ki. A Mississippi a Missourival együtt 6212 (6420) km hosszú. Közepes vízhozama 17 545 m³/s, ez nem egészen tizede az Amazonas vízbőségének, az óriásfolyók között a 9. helyet foglalja el. Hossza – amenny-

nyiben a Missouri betorkollásától nem a főfolyót, hanem a hosszú mellékfolyót követjük – a harmadik a világ folyóinak sorában, nem sokkal maradva el a sokáig első helyezett Nilus-Kagerától, és az őt egy andokbeli folyócska hozzácsapásával detronizáló Amazonas-Ucayalitól. Nevét az odzsi bua indiánoktól (nagy folyó) vagy az algonkin indiánoktól (nagy víz) eredeztetik. A tulajdonképpeni főfolyó az USA területén, Minnesota államban, az Itascától ered, egymagában „mindössze” 3780 (3770, 3779, 4070) km-re futja, de így is meglátogatja Illionis, Missouri, Kentucky, Arkansas, Tennessee, Mississippi és Louisiana államokat. Legkisebb vízhozama 5000, a legnagyobb 56 000 m³/s. Felső szakasza a Központi-Préri-síkság északi töréslépcsőjének szegélyén egészen más jellegű, mint a hegyvidéki Missouri;

tóvidéken, majd síkvidéki mocsarak között kanyarog tiszta vizű folyóként. Miután nagy mellékvizet, a Minnesota, az Iowa és a Wisconsin beömlenek, erős sodrású folyamra dagad. Alapjában azonban a Missouri betorkollásától változik meg; a szállított hordalék többszörösére növekszik, vize innét már átlátszatlan, és vízjárása szélsőségesé válik. A bal parti Ohio felvétele után még több lebegő hordalékot ragad magával, és szélessége immár meghaladja a 2 kilométert, ártere pedig több tíz kilométer széles. Áradásakor vize hosszú időn át szétterül, és mivel az ártér jelentős része beépült (lám, nem csak hazánkban építkeztek ilyen okosan...), rendre komoly pusztítást okoznak a nagyvizek. Az áradó víztömegek lefolyását gátrendszerek építésével próbálják megzabolázni, éppen úgy, mint a Missourinál, ugyanazokkal az előnyökkel és hátrányokkal.

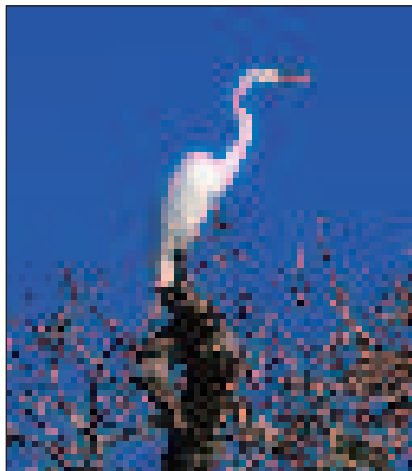
A Missouri (indián jelentése iszapfolyam) a Mississippi jobb parti, legnagyobb mellékvizet, önmagában Észak-Amerika második legnagyobb folyója. Montana államban, az USA északnyugati részén ered. Vízgyűjtő területe 1 370 000 km², mely átnyúlik Kanadába is, ezért mondjuk, hogy a Mississippi vízgyűjtőjéhez tartozik Dél-Kanada egy része. Jobb parti mellékfolyói, a Yellowstone, a Cheyenne, a Platte és a többiek a Sziklás-hegységből szállítják a vizet, a préri felől érkező bal partiak ezeknél sokkal rövidebbek. A 4300 méterig emelkedő csapadékos és télen magas hóval borított hegyvidék árvizeket gerjeszt, a 1133 m³/s közepes vízhozam ilyenkor több

mint hússzorosára duzzad. A sokszor egymást követő és összetorló árullámok nagyban hozzájárulnak a Mississippi árvi-zeihez. A folyó, híven indián nevéhez, sok hordalékot szállít, melynek jelentős része lerakódik a gátak mentén és a víztározó rendszerekben. A probléma nemcsak ezekre a folyókra jellemző, hanem globális; a pusztító árvizek megelőzésére – és villamos energia termelésére, valamint öntözésre – szabályozni kell a lefolyást, ami viszont megváltoztatja a hordalékszállítást. A két folyó St. Louis térségében, mindössze 120 m tengerszint feletti magasságban egyesül.

A Mississippi-alföldön, és azon túl

A folyó mentén húzódó síkvidék az Ohio torkolatától észak-déli irányban 1000 km hosszan a Mexikói-öböl nyúlik, szélessége 150–300 km. A lerakott folyóvízi üledékek tökéletes síkságot hoztak létre, amelyen a Mississippi hatalmas kanyarulatokat ír le. A lefűződött medrek a Tiszához hasonlóan morotvasorozatokként kísérik a folyót, melyeket ökörszarv-tóként (Oxbow Lake) emlegetnek.

A folyó menti alföld értelemszerűen a Belső-síksághoz (Interior Plains) tartozó Mississippi-medencében fekszik. A síkság – amely persze nem mindenütt sík – az USA területén éri el legnagyobb mélységét. A kanadai határtól az Appalache és a Sziklás-hegység között a Mexikói-öböl keretező Parti-síkságig terjed. A medence jellegzetes tájai a Nagy-tavak vidéke, az Északi-morénavidék, a Központi-síkság és az Ozark-Ouachita-vidék. A Nagy-tavak vidékét fenékmoréna takaró borítja és végmorénaöv szegélyezi, és nagy területet borítanak a tavi lerakódások. Ma is sok erre a tó és a nagy kiterjedésű mocsár. Itt vannak a Föld legforgalmasabb, tengeri hajókkal is járható belvízi útjai és az USA leggazdagabb vasércbányái. Ettől nyugatra az Északi-morénavidék a Mississippi felső folyásának mellékét foglalja magába. Itt is sok a tó és a mocsár. Ahogy az előző tájon, ezen is hiába keresnénk magas hegyeket, legnagyobb magasságát a Mississippi forrásvidékén éri el (512 m). Itt van a vízvázlatos a Hudson-öböl, a Szent Lőrinc-folyó és a Mexikói-öböl vízvidéke között. A Központi-síkság a Mississippi-medence középső része, a Missouri alsó folyásától az Appalache-fennsíkig terjed. A mezőgazdaság szempontjából fontosak a löszvidékek és a folyóvízi feltöltések, míg az öidei rétegek feketekőszén- és olajvagyona jelentős. Az Ohio bal partján alakult ki a világ legnagyobb barlangrendszere, a Mamut. Az Ozark- és az Ouachita-hegység a síkságból



Távol került rokon. Az amerikai nagykőcsag nem sokban különbözik az európaítól

szigetszerűen emelkedik ki. Legmagasabb részeik elérik a 800–900 métert, erdővel borított oldalaik zöld foltként emelkednek a környező sztyepp fölé.

A Nagy-síkság (Great Plains) a Belső-síkság másik nagytája, 700 km szélességben hosszan húzódik a kanadai határtól a Rio Grandéig a Sziklás-hegység lába előtt. A messze elnyúló préri övezet nyugat felé emelkedik és eléri a 2000 métert, de az iradatlan távolságok miatt az emelkedés enyhe. A korábbi geológiai korokban tenger borította, az üledékek a síkság nagy részén táblásan fekszenek, ami a Préri-tábla elnevezésben is tükröződik. A nagytáj négy tájra tagolódik, ezek közül a Missouri-fennsíkot emelem ki, mely az Északi- és a Középső-Sziklás-hegység, valamint a névadó folyó között fekszik. Sokkal változatosabb és persze magasabbra is emelkedik, mint a Mississippi-medence. A Sziklás-hegység előterében dómszerűen felboltozódott, vulkanikus eredetű szigethegyek emelkednek, köztük a Black Hills a legterjedelmesebb és legmagasabb (Harney Peak 2207 m). Nemcsak a Missourin, hanem néhány mellékfolyóján is völgyzárógátákat építettek. A hosszan elnyúló (200–400 km), 10–20 km széles, néhány száz km² kiterjedésű víztározók nagyon sok vizet tartalmaznak. Ezeknek nemcsak gazdasági jelentőségük van, hanem jelentős mértékben megváltoztatták természeti környezetüket is.

A Belső-síkság, mely javarészt a Mississippi vízgyűjtőjéhez tartozik, az USA legfontosabb mezőgazdasági területe. Északon és helyenként a folyók mentén is sok az erdő, mely éghajlati okokból vagy éppen emberi behatásra átadja a helyét a füves mezőségeknek, a prérinek. A termékeny talajon jól teremnek a gabonafélék, az ipari és a takarmánynövények. A szára-

zabb területeken máig fennmaradt az extenzív állattenyésztés. Bányakincsekben is gazdag a vidék, hogy csak néhányat említsek, van kőszén, kőolaj, földgáz, vasérc, színesfémek, arany, kősó. Mind az alapanyag-termelő, mind a feldolgozóiparra fejlett.

Mezőgazdaság, ipar és kereskedelem, ha valahol, hát ezen a vidéken a három gazdasági ágazat a modern Egyesült Államok kialakulásának kezdetétől fogva összefonódik. Pár sor neves felmenőm, Vojnich Oszkár (1864–1914, tehát idén kétszeresen is évfordulója van), alias Oszkár bá' Budapesttől Sitkáig (1894) című könyvéből:

„Délután 1 óra 30 perczkor megszakítottuk St. Paolban utunkat. A Mississippi partján álló két ikerváros, St Paol és Minneapolis megtekintésére 7 órát szenteltünk, több időt érdemelt volna a két szép és élénk kereskedő város! St. Paol fekvését a 13 emeletes Pioneer Press Office-ról, Minneapolisét az egy millió dollárért épült North Western Guarantee Loan nevű épület tetejéről néztük meg, ugyanezen épület 12-ik emeletén levő étteremben kitűnően ebédeltünk.

A Mississippi mindkét partján fekvő Minneapolis a legnagyobb lisztiacsa a világnak.

A Mississippi folyamnak 15 méter magas St Antony esését felhasználják a malmok hajtására; 50-100 000 lóerőt képvisel a St. Antony esés.

hivatott kormányosok által lesznek hosszú rudak által az illető malomhoz terelve: egy pillanat alatt végig van fűrészelve a legnagyobb törzs. Aránytalanul kevés munkás dolgozik a nagy malomban, gép végez ott mindent, az veszi fel a törzseket a vízből, az teszi fűrész alá stb., csak a gépek vezetését intézik emberek.”

Oszkár bá' nem közvetlenül Pestről, és nem is szülőföldjéről, a dél-magyarországi Bácskából, hanem Hamburgon és Londonon át érkezett az Államokba, mégis elképedt a pezsgő amerikai gazdaságtól, a gépésítés magas fokától.

A Mississippi-kultúra

A több ősi kultúrát magába foglaló ún. Mississippi-kultúra legkorábban és legmarkánsabban a Mississippi középső és alsó folyása mentén jelent meg a Kr. u. VII. században, de eljutott a Tennessee-, az Ohio- és a Missouri-völgybe is. A sűrűn lakott folyóvölgyekben elsősorban a kukorica, bab és tök termesztése volt kiemelkedő. A lakosság kézműves termékei agyagból, fából, kőből, kagylóból készültek, és otthonosak voltak a réz megmunkálásában is. A magyarországi kunhalmokra emlékeztetően, a síkságon akár 30 méter magas mesterséges dombokat emeltek, ezekre építették szögletes alaprajzú templomaikat és főnöki házaikat. A Mississippi-kultúra



Akit jobb elkerülni. A vízi mokasszinkígyó mérgeének még nem minden összetevőjét sikerült analizálni

A malmok naponként 45 000 hordó lisztet képesek feldolgozni, a fűrészmalomok évenként 120-140 000 000 méter fát váganak fel. A fatörzsek az egyes fűrészmalom tulajdonosainak pecsétjeivel ellátva úsznak le a Mississippin, a malmok előtt arra

az európai behatolás idején már hanyatlóban volt, és az idegenek a XVI–XVII. században teljesen el is pusztították.

Ilyen-olyan kultúráról általában az ún. történelem előtti időkben beszélünk, de miért ne terjeszthetnénk ki a fogalmat akár

egészen napjainkig? Különösen, ha az adott térségben ma is jelen van a régmúlt, és ha a térség kulturális elkülönülése napjainkban is kitapintható, mint az amerikai Délen és Középnugaton. Az európaiak megérkezése előtt főleg csikaszo, csaktó, houma és necsez indiánok lakták a területet, bár a sziú vagy dakota indiánok nyelvcsaládjához tartozó assziniboin, dakota, vinibego, apszazoka, hidatsza, mandan, omaha, ponka és oseds törzsek is elvándoroltak a Mississippivi vidékéig. Első európaiként a spanyol Hernando de Soto expedíciója szelte át (1539–1542). Ezután sűrűn váltogatták egymást a hódítók, a XVII. század végén francia birtok, 1763-ban brit, majd mindössze 20 évre rá, 1783-ban amerikai kézre került. Egészen 1795-ig a spanyolok is igényt tartottak a vidékre. Maga a folyó sokáig Új Franciaország, Új Spanyolország és a korai Egyesült Államok határát képezte. A mai Mississippiszövetségi állam, valamint Alabama déli részén 1798-ban megalakult a Mississippiterritórium, amelyhez 1804 csatolták az északi területeket. 1817-ben lett az USA 20. tagállama, de mai határait csak 1819-ben, a tengerpart megszerzésével nyerte el. Nagyjából ekkortól kezd elterjedni a



A mocsári ciprus légzőgyökerei

rabszolgatartó, ültetvényes gazdálkodás, mindenekelőtt a gyapottermesztés. 1861. január 9-én kilépett az Unióból és az Amerikai Konföderált Államokhoz csatlakozott. Az amerikai polgárháború (1861–65) egyik legjelentősebb ütközete, Vicksburg elfoglalása (1863) ennek az államnak a területén zajlott. Az Unióba 1870-ben vették vissza, és bár megszűnt a rabszolgaság, a feketék túlnyomó része nem járt sokkal

jobban. Kizsákmányolt bérlők lettek, akiket az 1890-es alkotmány szinte minden politikai joguktól megfosztott. A polgárjogi mozgalmak 1960-ban erősödtek meg, de hosszú évtizedeken és súlyos zavargásokon át vezetett az út addig, hogy az USA fekete elnököt választott. Missouri őslakói mizúri és oszidzs indiánok voltak. Területére az európaiak közül elsőként a franciák érkeztek, főleg prémvadászok és ólombányászok. Legrégibbi állandó településének neve is francia eredetű (Sainte Genevieve, 1735). Egyébként is szoros a francia kapcsolat, a XVII. század végén Louisiana francia gyarmat része, majd közel négy évtizedes kitérő után – 1763-1800 között spanyol kézre kerül – megint francia birtok. 1803-ban vásárlás útján kerül az USA-hoz az akkoriban 10 000 francia lakost számláló terület. (Az ország gyarapításnak sajátos és bevett amerikai módszere az adok-veszek, de bárkinek bármi is legyen erről a véleménye, még mindig jobb, mint a hódító háborúk sora. Nem mintha az USA ne vívott volna ilyesféle háborúkat is.) 1812-től önálló territórium, 1821-ben az USA 24. tagállama lett. A nyugat, a Vadnyugat felé vándorlás legfontosabb kiindulópontja, és egyben a rabszolgaság hívei és ellenzői közötti ütköző zóna, melynek eredményeképpen konfliktusok követték egymást. A polgárháborúban is megmaradt a megosztottság, a lakosság egyharmada a rabszolgaság szégyenteljes intézményének híve, kétharmada az eltörlésére törekedett. A rabszolgaságot végül 1865-ben számolták fel, ezzel egy időben új alkotmányt fogadtak el.

A hazánknál mintegy egyharmaddal nagyobb – vagyis Amerikában ugyancsak kicsiny – Louisiana állam valóságos külön kis birodalom, sajátos életmóddal – vagy inkább életstílussal –, nyelvvel és kultúrával. Már közigazgatása is különbözik a többiekétől, területét pl. nem countykra (megyékre), hanem parishokra osztják fel. Parish – ha a franciákra asszociálunk, nem tévedünk. Ugyan már a XVI. század elején jártak erre spanyol hajósok, de a folyótorkolatot nem vették észre. Majd évszázaddal később a francia La Salle Kanadából hajózott le a „Nagy folyón” – gondoljuk meg, ez akkoriban micsoda teljesítmény volt! – és engedélyt kért a francia királytól arra, hogy gyarmatot alapítson, és a birtokbavétel jeleként keresztet állítson fel a parton. De eltévedt, és 1687-ben a mai Texasban lelte halálát. Csak évekkel később hozták létre francia telepések New Orleans elődjét, mely gyorsan fejlődésnek indult és a francia gyarmat fővárosa lett. A hajók ontották a francia katonákat és a „vállalkozó kedvű” lányokat, egyre több lett a családos telepes. Mint mindenütt a világon, a francia gyarmati uralom másmilyen volt,

mint a többi, és kialakult a franciák, karibiak és spanyolok keveredéséből a kreolnak nevezett népcsoport. Más tekintetben is engedékenyek voltak; ha nem is törvényesítették a fekete rabszolgákkal való házasságot, gyakori volt a „vegyes” gyerek, és a mulattok akár fel is emelkedhettek a fehér uralkodó rétegbe, amelynek „franciás” kultúrája és életmódja minden néprétegre kihatott. Később spanyol uralom alá került a vidék, majd amikor megint a franciáké lett, ők eladták az Egyesült Államoknak. 1812-ben az amerikaiak és a kreolok együtt vívtak csatát az angolokkal, és bár Louisiana csakhamar jellegzetes déli állammá vált, a francia kulturális befolyás máig megmaradt. Gazdasági fejlődése hasonló volt a többi déli államéhoz: a gyapot jelentőségének ingadozásával nyomor és prosperitás követték egymást, majd megjelentek a más mezőgazdasági kultúrák. Fő kincsei aztán a hatalmas földgáz és nyersolaj készletek lettek, ebben a tekintetben a kicsiny államot az USA-ban csak Texas és Kalifornia előzi meg.

A delta

Ez mind szép és jó, számomra azonban a csúc, a highlight mégis csak a Mississippidelta. Aminek a fogalmát megint csak tisztázni kell: a tulajdonképpeni deltánál nagyobb a deltavidéknek nevezett Alsó-Mississippimente, arról nem is beszélve, hogy nehéz meghúzni a határvonalat a Mexikói-öböl partvidékén is. A bizonytalanság már abban is látszik, hogy a különböző forrásmunkák megint csak eltérő számokkal operálnak: szerintük a delta nagysága lehet 12 000 km², 15 000 km², sőt 75 000 km²! Kialakulásának történetét tekintve már inkább van egyetértés. Az elmúlt 5000 évben keletkezett, a folyó a medrét övező ártéren hordalékát lerakva egyre előrébb nyomult a tenger rovására, jelenleg 25–80 kilométernél tart. Közben irányt változtatott, gyakran szerteágazott. Mederváltoztatásai közben holtágak, szorosok, tavak keletkeztek, és az árterületek, mocsarak és lápok elhelyezkedése és nagysága is állandóan változott. Csupán 1700 és 1888 között négyszer kellett új hajózási útvonalat kijelölni. New Orleanstól 95 kilométerrel északnyugatra a Mississippit többször divergált az Atchafalaya-folyóval, mígnem gátakkal szabályozták az átáramlást. Jelenleg a víz 70%-a jut a Mississippinek, a többi a vele azon a szakaszon párhuzamosan futó Atchafalaya kapja.

A delta az USA, de az egész földréz egyik legjelentősebb vizes élőhelye, itt van az Államok sós mocsarainak 40%-a. Lenyűgöző az ártér, a nyílt vízfelületeket borító vízililiom, a fákról szakállként csün-



Közel hatméteres óriások is akadnak az aligátorok között (A szerző felvételei)

gő szakállzuzmó sűrű szövevénye, vagy a mélyzöld mocsári ciprusok. Nyolcvanféle halat mutattak ki a folyóból, és bár gazdasági jelentőségük nagy – a rákokkal együtt erre a területre esik az ország halászatának 16%-a –, mégis inkább a csukaorrú aligátorok is nevezett Mississippi-aligátorok kerülnek be a híradásokba. Nem véletlenül – egyes példányok hatalmasra, a hímek kivételesen 5 méternél is hosszabbak, a rekordot egy Louisianából származó példány tartja, amely 5,84 méter volt. A nőstények 2–3 méteresre nőnek, és különösen áradások idején messze elcsatangolnak szülőföldjükéről, szívbajt hozva a kertövezet lakóira. Betévednek a csatornába, sőt a golfpályákra is. Befogásukra ún. aligátor-sintérek szakosodtak, de jó néhányat le is lönek. Nem túl népszerűek, mert a házak körül megeszik a hobbiállatokat. Egyébként képesek az embert is megölni, de zsákmányuk közé tartozik minden hal, madár, emlős, hüllő és kétlélő, amit elkaphatnak. Aligátoréknál a nőstény viseli a nadrágot, a nagyságkülönbség ellenére ő irányítja a párzást, ő keresi fel a hímeket. Az aktusra a vízben kerül sor, közben a hím sajátos morgó hangot hallat. A nász után a nőstény biztonságos helyet keres, farkával kupacba söpöri a növényeket, amikből üreges fészket készít. Ide rakja 20–60 db. bőrhéjú, 8 cm átmérőjű tojásait, amelyek két hónapig nyugszanak. Ezalatt a nőstény szigorúan őrizi a fészket. Kikelés idején az aligátor fiókák nagy számban figyelhetők meg a fészkek környékén, hacsak az esőzéseket követő áradások el nem sodorják őket. Ilyenkor még a kisebb ragadozók is veszélyesek az aranysárga, fekete sávós bébikre, bár ők maguk is vadászni indulnak a vízbe, amint

kibújnak a tojásból, rovarokat, rákokat, kígyókat és békákat ejtenek el. Az aligátormama önállóságra neveli csemetéit, nem segít a táplálékszerzésben, de a ragadozók ellen igyekszik megvédeni őket.

A teknősök közül az aligátor-teknős is méltó nevére, a jókora állat nagyokat képes harapni, és nem veti meg a bébi-aligátor-ebédet. Iszapszínű bőre van és páncélját gyakran algák borítják. Észrevétlenül meglapul, majd hirtelen előre lendül, hosszú, rücskös nyakát kinyújtva nemcsak a halakat és a kis aligátorokat, hanem rokonait, másfajú teknősöket is megragad. Sőt, a kölyök aligátor-teknősöket sem kíméli, afféle vízi kannibál.

Nem a vízben, hanem a fákon él egy gyíkféle, a ragyogó színű zöld anolisz. Ránézésre a tigris szalamandra is hüllő, leginkább mintha gyíkféle lenne, pedig a valóságban kétlélő. Sok a kígyó, veszélyesek és ártalmatlanok egyaránt. Utóbbiak közé tartoznak a gabonasiklók, ezek szorítással ölik meg áldozatukat, de egernél nagyobb zsákmányt nem igen ejtenek. A vörös rokonasikló az egyik legkedveltebb terráriumi hüllő. Már inkább tarthatunk a vízi mokasszinkígyótól. Mérges összetett, a mérreg hatóanyagainak egy részét máig nem sikerült izolálni. Bár agresszívnek tartják, ritkán támad, és úgy mondják, a marások aránylag kisebb része halálos. A statisztikák szerint az USA-ban évente 700 embert segít a túlvilágra, azért ez nem túl megnyugtató számadat. Az emlősök között is akad jó néhány különlegesség. Van még puma – annak keleti alfaja – és óvatos állat mivoltának köszönhetően nem ritka a kanadai hiúznál kisebb, tarka bundájú és titokzatos életmódú vörös hiúz. Előfordul fekete medve,

vörös róka és az „eredeti” pézsmapocok – a ma már Euráziában szélesen elterjedt faj nálunk nem őshonos, az Újvilágból hurcolták be. Másféle jövevény az armadillo vagy páncélos tatu. A fura kinézetű dél-amerikai állatsoportnak 20 fajtát írtak le. Kettő közülük az időben, amikor kialakult a közép-amerikai szárazföldi híd a déli és az északi kontinens között, északra vándorolt és eljutott az USA déli területeire. A nutria is dél-amerikai, de ez a faj nem önszántából került északra, tenyészetekből szabadult ki és terjedt el. És hát persze rengeteg a madár. A sekély vízben nyurga nagy kék gém, nagy-kócsag, rózsás kanalas gém, veszélyeztetett barna pelikán, mindenféle kacsák és récék, a parton csigaforgatók, partfutók és társaik nyüzsögnek – ahol pedig dús „terülj asztalkám” várja a ragadozó madarakat, azok sem hiányoznak. A madarászok számára az igazi attrakció a két váltó évszak, főleg a tavasz, amikor a költöző madarak nagy rajokban pihennek meg. Az ősziak közül sok át is telel, hiszen a vizek délen nem fagynak be, akkor is akad eledel.

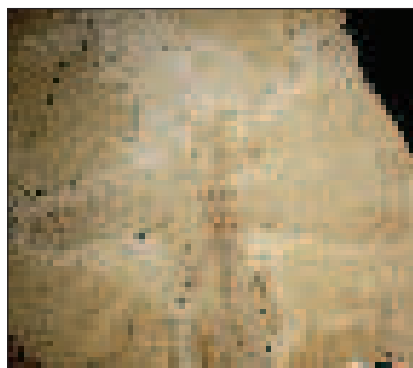
A vizes élőhelyek a világon szinte mindenütt veszélyeztetettek, sajnos nem kivétel a Mississippi-delta sem. Ennek egyaránt vannak az emberi tevékenységre visszavezethető, és a forgandó természet számlájára írható okai. A nagy hurrikánok időnként ugyancsak megzavarják a természet rendjét – amúgy ez értelmetlen megállapítás, a hurrikán is a természethez tartozik, bármilyen „rendetlen” is legyen –, elmossa a természetes gátakat (meg persze az építetteket is), másutt újakat emel, egyes medencékből mintegy kifújja a sekély vizet, másokat megtelít. A duzzasztó gátak – mint arról már volt szó – iszap-, vagy inkább hordalék csapdaként működnek, egyre kevesebb anyagot szállít a folyó a torkolatáig. Lassanként átbillen a mérleg, a delta pusztulása meghaladja növekedését. Számítások szerint a következő 50 évben Louisiana állam 2000 km² lápos területet veszíthet el. Az olaj- és gázvezetékek lefektetése során keletkezett csatornák sós vizet vezetnek a delta belsejébe, ennek következtében naponta egy labdarúgó pályányi édesvízi élőhely megy tönkre. Az ipari tevékenység sem tesz jót a természetnek, New Orleans úgy általában is óriási forgalmat bonyolít le, Port Fourchon pedig az USA olajszállításának 16–18%-áért felelős. Reményre ad okot, hogy az utóbbi években kidolgozták a deltavidék hosszú távú rehabilitációs programját, igyekeznek megvédeni a törekény ökoszisztémát.

Azonban a deltavidék nemcsak természeti értékeiről, hanem az USA egyik legkülönösebb és leghíresebb településéről, New Orleansról is nevezetes. Erről a „nem is igazán amerikai” városról lesz szó a cikk második részében.

ÖSSZEILLESZTETÉK AZ ÓRIÁSTEKNŐS CSONTJÁT

Egy fosszilis csont két darabja 163 év különbséggel került a paleontológusok kezébe. Ennek eredményeképpen sikerült a valaha élt egyik legnagyobb teknős méretét pontosan meghatározni. Eddig nagyon keveset tudtak a korábban talált karcsont darab (a könyökhöz közeli disztális vég) felfedezésének történetéről. Az Atlantochelys mortoni fajt a törött csont alapján írta le a híres természettudós, Louis Agassiz 1846-ban. Ismeretei szerint a csontot az 1840-es években találtak New Jerseyben lévő Burlington megyében. Gregory Harpel magánygyűjtő viszont a szomszédos Monmouth területén találta meg a közelmúltban a csont másik felét. A csontdarabokat összeillesztő kutatók alig hitték el, hogy ez megtörténhetett. A kiegészített csont alapján a kutatók most már sokkal többet tudnak az állatról. Az Atlantochelys mortoni nagyon hasonló volt a ma élő modern cserpes teknőshöz, leszámítva a hatalmas méretét. A teljes csont alapján ugyanis kiderült, hogy ez a példány legalább 3 méter hosszú volt a fejtől a farkáig. Csaknem ugyanilyen fontos, hogy most már tudják a csont pontos előkerülési helyét, így kiderült, milyen kőzetből van, és pontosítani tudták a korát (70-75 millió év, kréta időszak). Sőt további leletek után is nyomozhatnak a kérdéses rétegekben, abban reménykedve, hogy az óriásteknős egyéb csontjaira is rábukkanhatnak. (*Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*).

REJTŐZKÖDŐ BOTSÁSKA



Levélnék álcázva

Sok ma élő rovar hasonlít a falevelekhez és gallyakhoz, így könnyen el tudnak rejtőzni a lombok között a rovarevő madarak előtt. Ez azonban nem új alkalmazkodás. Egy nemzetközi kutatócsoport Kínában fedezett fel olyan 126 millió éves rovarfossilizációkat, amelyek a közelben élő

növényeket utánozták. A kutatók szerint ez a legidősebb ismert eset az ilyen trükkök alkalmazására. Az ÉK-Kína Liaoning tartományában talált *Cretophasmomima melanogramma* teljesen úgy néz ki, mint az ugyanabban a kőzetben előforduló egyik növény levele. A mai páfrányfenyők (*Gingko biloba*) rokonságába tartozó *Membranifolia admirabilis* fajnak nyelv alakú levelei voltak. Az ősi botsáskának párhuzamos sötét vonalak voltak a szárnyain, ami a rovar pihenő helyzetében szintén nyelv alakú mintát alkot, és elrejteti az állat potrohát a ragadozók előtt. A faj nőstényei 55 mm hosszúak voltak, míg a hímek kicsit kisebbek. Az ősi rovar meleg és nedves környezetben élt, ahol burjánzott a növényzet. A növénymaradványok alapján az erdőkben a fenyőfélék alkották az uralkodó csoportot, de gyakoriak voltak a ginkkofélék, a cikászok és más növénycsoportok is. A kistermetű rovarevő madarak és az agilis, fára mászó emlősök megjelenése erős nyomást fejtett ki a rovarokra, hogy kifejléssék az új, ragadozókat megtévesztő stratégiájukat, a levélszerű megjelenést biztosító mimikriát. A kréta időszaki *Cretophasmomima*-maradvány a botsáskák (*Phasmatodea*) rokonságába tartozott, melyeknek ma mintegy 3200 faja él. (*PLoS ONE*, 2014 március).

SZÉTESHET A NAPPIRAMIS

A Mexikóvárostól nem messze elterülő Teotihuacánban, a prehispán mezoamerikai kultúrák egyik legnagyobb városában a fénykorában, az I–VII. században becslések szerint 150 ezren is élhettek. Egyik leghíresebb műemléke, a 75 méter magas Nappiramis a maga nemében a harmadik legnagyobb a világon. Belseje földből épült, amit mintegy 3 millió tonnányi vulkáni kőzet borít. Fennmaradását azonban veszély fenyegeti, mert egyik oldala nedves, a másik pedig száraz. 2010 és 2013 között Arturo Menchaca mexikói kutató és csapata műonok alkalmazásával tanulmányozta a piramis belsejét. A műonok, ezek a szubatomi részecskék a legtöbb anyagon áthatolnak, ám eltérülnek, ha sűrűbb anyaghoz érnek. A műonok áthatolási sebessége alapján a kutatók háromdimenziós képet készíthettek a piramis belsejéről. Valójában belső kamrákat kerestek (mert a közeli Holdpiramis belsejében van királysír), azonban problémát találtak. A piramis belsejében a föld sűrűsége egyik oldalán 20 százalékkal kisebb, mint a másikon. Menchaca szerint ennek az lehet az oka, hogy a déli oldal kiszárad. Leginkább a tengerparton, nedves homokból épített homokvárhoz hasonlítható, mondja. Ha a homok kiszárad, a vár összeomlik.



A Nappiramis

A Nappiramis, persze, nem holnap fog összeomlani, de valamit tenni kell, hogy ez a későbbi jövőben se következzen be. Maga a mexikói főváros is ingatag altalajra épült, jórészt kiszáradt tavak, mocsarak fölé, és mivel az alattuk levő természetes víztározó rétegekből mind több vizet vesznek ki, Mexikóváros folyamatosan, évről évre süllyed. Menchaca szerint a szárazodó oldalt be kellene nedvesíteni. Alejandro Sarabia, a lelőhely igazgatója viszont másként vélekedik. Évtizedekkel ezelőtt a piramist burkoló kövek közötti réseket cementtel töltötték ki. Ez stabilabbá tette az építményt, és gátolta a növényzet elburjánzását. Másrészt viszont akadályozza a repedéseken beszivárgó csapadékvíz elpárolgását. Szerinte a műveletet meg kellene ismételni, de alkalmasabb anyaggal, például folyóvízi homokkal. (*New Scientist*, 2014. március 5.)

AZ ÓCEÁN REJTETT HULLÁMAI

A Dél-kínai-tengeren és laboratóriumban végzett kísérletek fényt derítettek a rejtélyes víz alatti hullámok eredetére. E hullámok felszíni hatásai elhanyagolhatók és a viharos tengerfelszínének szinte észrevétlenek maradnak. A mélyben azonban a magasságuk a 100 méteres nagyságrendet is eléri és hatással vannak a földi klímára és az óceáni ökoszisztémákra.

Több kutatóintézet összefogásával nemrégiben sok új ismeret sikerült szerezni ezekről a belső hullámokról. Keresztmetszetük sokban hasonlít a felszíni hullámokéhoz. A fő különbség közöttük a víz sűrűségében mutatkozik, mely a hőmérséklet- és sótartalom-különbségek függvénye. Ezek okozzák az óceánvíz rétegzettségét. Az alul levő hidegebb és sósabb rétegek, illetve a felettük levő melegebb és kevésbé sós vizek közötti határ ugyan szemmel nem érzékelhető, ám műszerekkel nagyon jól kimutatható. Mivel a mélységi hullámok észlelése igen nehéz, közvetlen tanulmányozásuk az óceánban nem könnyű feladat. Helyszínül a Luzon-szorost választották ki, mely Tajvan és a Fülöp-szigetek közötti tengerszakasz. A kutatók itt tapasztalták az eddigi legna-

gyobb belső hullámokat, melyeknek magassága akár a 170 métert is elérheti, viszont csak másodpercenkénti néhány centiméteres sebességgel mozognak. Méréseik ellenőrzésére Grenoble-ban modellezték a Luzon-szoros topográfiáját egy hatalmas, 15 méter átmérőjű tartályban, mely a maga nemében a legnagyobb ilyen berendezés a világon. A kísérletek kimutatták, hogy a belső hullámok keletkezésében a tenger alatti síkságokból kiemelkedő hátságoké a főszerep. A belső hullámok igen nagy szerepet töltenek be az óceánvíz összekeverésében, áttételese pedig a globális klímában. A jelenlegi éghajlati modellek nem veszik figyelembe a belső hullámok szerepét, pedig e hullámok potenciálisan kulcstényezők a hőszállításban az óceán felső és alsó vízrétegei között, továbbá tápanyagokat hoznak fel a mélyebb rétegekből.

Bár a belső hullámokról már jó száz éve tudnak, megfigyelésük nehézségei miatt igen szegényesek voltak róla az ismeretek. Az új technikák a terepi vizsgálatukat is megkönnyítik. Igaz, hogy a felszínen csupán pár centiméteresen, de a műholdas megfigyelések révén a hosszú távú adat-sorokból jól kimutathatók. (*Science Daily, 2014. január 8.*)

GRÖNLANDI VÍZ TÉLEN-NYÁRON

Új és hatalmas víztárolót találtak a Utah Egyetem kutatói a grönlandi jégtakaró belsejében, ahol a víz egész éven át, még a zord tél folyamán is folyékony állapotban marad. Kiterjedését mintegy 70 ezer négyzetkilométerre becsülik. Rick Foster, a kutatás vezetője és csapata 2010 óta méri Grönland délnyugati részén a hófelhalmozódást és azt, hogy ez évről évre hogyan változik. Ezen a vidéken hull le a jégtakarót tápláló hőmennyiség 32 százaléka. Három helyen végeztek kutatófúrásokat 2010 folyamán, téli időszakban. Két fúrólyukból a jégmintával együtt folyékony víz is kijött, miközben a léghőmérséklet mínusz 20 fok volt. Az egyik fúrás 10, a másik 25 méter mélységben érte el a vizet.

A vizet valójában egy firtéreg tartalmazza. A firt jéggé még nem vált, de már erősen összetömörödött hó. A firtéreg némileg hasonlóan tárolja a vizet, mint a jégmentes területen az üledékes kőzetek pórusai, csak ebben az esetben a jégrészecskék közötti levegőt tölti ki. Mivel ezen a vidéken nagy mennyiségű hó hull a nyár végén, ez afféle paplanként leszigeteli a vizet, mely így nem fagy meg, hanem egész éven át folyékony állapotban marad. Eddig ilyen víz jelenlétéről nem tudtak. Az ismert volt, hogy a felszíni olvadék bejut a jég belsejébe, sőt lefolyik egészen a jég és az alapkőzet határáig, ott pedig vagy újrafagy,

vagy belefolyik a tengerbe.

Azt egyelőre még nem tudják, hogy ennek a tárolt víznek milyen szerepe lehet a jégtakaró olvadásában. Elképzelhető, hogy tárolja az olvadékvizet, vagy annak egy részét, de az is, hogy sikosítóként elősegíti a gleccserek mozgását.

A vizsgálatot nem csupán a felszínről végzett fúrásokkal végezték, hanem a jégen áthatoló radarhullámok segítségével is. A NASA Operation IceBridge programja révén minden korábbinál részletesebb adatokhoz juthatnak a kutatók a sarkvidéki jég állapotáról és változásairól. (*Nature Geoscience, 2013. december 22.*)

JELENKORI KÖVÜLET



Ma is képződnek kövületek. Ez nem újdonság, csak nem szoktunk hozzá... Az ábrán látható édesvízi csiga recens, azaz ma is élő fajta, fancsikai gyevasércben találtak. Neve „lapos tányércsiga” (Planorbis planorbis). A kövület átmérője 7 mm. Néhány száz, vagy néhány ezer éves lehet. [A mintát gyűjtötte Török István. Fancsika (Debrecen mellett), 2010. Fotó: Török Gáborné, Rásonyi Pirokka.] Sok fancsikai gyevasérc ment már át a kezemen, de eddig még nem talákoztam ilyen jó megtartású csigaházzal. Az igaz, hogy szinte minden innen származó minta tele van apró (2–3 mm-es vagy kisebb) csigaházdarabkákkal, de ilyen szép egész csigaház nagyon ritka. A gyevasércben lévő csigaházak mésztartalmúak, és ez lehetővé tette a C-14-es kor meghatározást, amit az Atomkiban elvégeztünk: cca. 11 ezer évet adott.

A gyevasérc keletkezése és a kövületek képződése napjainkban is folyik. A csatornák, erek fenekén száraz időben pár centi mély pocsoltyák vannak. Ezekben a pangó vizekben megtelepednek a vasbaktériumok. A pocsoltya fenekén okkersárga mm-es kullmász van (valószínűleg vasokker), ami később valami módon átalakulhat rozsdabarna limonittá; ez a gyevasérc fő összetevője. A pocsoltyából kiálló nád- és sákszálakon ma is ott táplálkoznak a lapos tányércsiga mai változatai. (T. I.)

A SZÍNES FÉNY BAKTÉRIUMOT JELEZ

Csípő- vagy térdprotézis viselőinek rémálma az implantátumok felületén megtelepedő baktériumok lehetősége, melyek gyuladást kelthetnek, ami akár életveszélyes is lehet. Rendkívül fontos tehát az ilyen fertőzések korai felismerése. Egy nemzetközi kutatócsapat most kidolgozott eljárása éppen ezt teszi lehetővé. Antibiotikum segítségével fluoreszkáló anyagot juttatnak a szervezetbe, amely a baktériumra kapcsolódik és egy speciális kamerán színes fény formájában jelenik meg.

A kutatók „fluoreszkáló kopónak” neveztek el az anyagot, amely egy évtizedek óta staphylococcus fertőzések kezelésére használt antibiotikumból és a rá kapcsolódó fluoreszkáló elemből áll. A staphylococcus az a kórokozó, amely többek között a protéziseken lévő rettegett biofilmekért felelős. A baktériumokat ebben az esetben nyálkaburok veszi körül, amely burok a baktérium számára valamelyest védelmet biztosít a gyógyszerekkel, antibiotikummal szemben. Ha sikerül a fluoreszkáló molekulát tartalmazó antibiotikumot a szervezetbe juttatni, akkor az rátapad a baktériumra, s a kamerán narancs színű fény formájában jelzi a staphylococcus jelenlétét.

A kutatócsapat arra is végzett vizsgálatot, mely baktériumok mutathatók ki a fluoreszkáló anyag segítségével, valamint milyen módon tehető legjobban láthatóvá a fluoreszkálás. Ha ez a technika embereknél is alkalmazható, talán megelőzhető lennének az implantátumokon kialakuló fertőzések. Ha az adott protézis alkalmazását követően fertőzés jelei mutatkoznak, az orvosok kontrasztanyaghoz hasonló módon a beteg szervezetébe juttathatnák a „kopót”, és speciális kamera segítségével beazonosíthatnák a fertőzés helyét és kiterjedését, majd kezelésképpen célzott antibiotikum-kezelést alkalmazhatnának.

Jelenleg a staphylococcus-fertőzött implantátumok esetében súlyos esetben az is előfordulhat, hogy műtétileg el kell távolítani. Ezt követően a fertőzött területet kórokozómentessé kell tenni, mielőtt új protézist alkalmaznának. Az eljárással ilyen esetekben megkímélhető lennének a betegek az újabb műtétől.

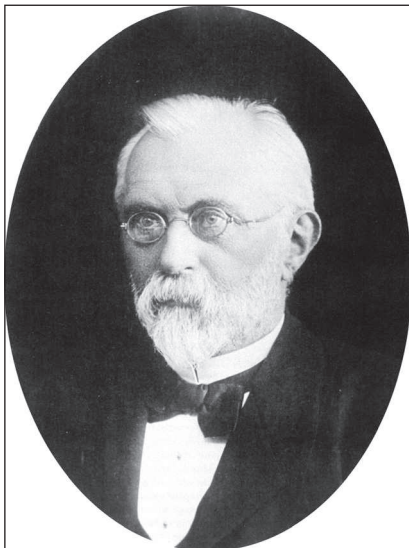
(*www.farbpulse.de, 2013. november 23.*)

RÉGEBBI SZÁMAINK ÁRA

Tájékoztatjuk kedves Olvasóinkat, hogy a 2013. évi és az azelőtti lapszámaink kedvezményesen, 500 forintos áron megvásárolhatók kiadónkban (Tudományos Ismeretterjesztő Társulat, 1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.).

Rejtőzködő információk a növényekben

Eugenius Warming (1841–1924) dán botanikus – akit sokszor ’a növény-ökológia atyja’-ként emlegetnek – vetette papírra 1909-ben: „...távol vagyunk még attól, hogy a számtalan növényi forma ökológiai magyarázatát megadjuk”. Az idézet még napjainkban is érvényes, amikor az erőforrások rohamtempójú kikapcsolása és a környezet állapotának rendkívül gyors romlása olyan kérdések elé állítja az ökológusokat, amelyeket a megszokott módszerekkel csak nagyon körülményesen, vagy egyáltalán nem lehet megválaszolni. Az ökológiával, vagyis az élőlények és környezetük kapcsolatával foglalkozó tudósok arra töreksznek, hogy kibogozzák a rendkívül bonyolult biológiai rendszerek szövevényes hálóját. Egy terület növényzetének leírását, és változásainak nyomon követését elsősorban a fajok jelenléte és tömegessége alapján végzik. Ezzel a megközelítéssel azonban az adott ökoszisztéma csak egy igen kis szeletét vagyunk képesek megismerni, a fajok tényleges alkalmazkodási mechanizmusai még



Eugenius Warming, a növényökológia atyja (Forrás: Wikipedia)

rejtve maradnak. Az élőlények egymás közötti kapcsolatainak és a számtalan környezeti tényező élőlényekre gyakorolt hatásainak leírására a kutatók egyszerű modelleket igyekeznek létrehozni, melyekhez számszerűsíteni és kategorizálni próbálják az élőlények sajátosságait.



A légybangó (*Ophrys insectifera*) a szexuálisan megtévesztő megporzású orchideák közé tartozik
(Lukács Balázs András felvételei)

A növények mérhetetlenül sokféle formája mindig is kíváncsisággal töltötte el a biológusokat, akik hamar felfedezték, hogy azok kapcsolatban állnak az élőhelyek környezeti jellemzőivel, és hűen tükrözik a fajok adott élőhelyhez történő alkalmazkodását. A növény egyedének magassága, leveleinek mérete és alakja, a gyökérzet típusa vagy a termések és a magok tulajdonságai mind-mind valamilyen külső környezeti hatáshoz való alkalmazkodás eredményei. Ez a környezeti hatás lehet élettelen (mint a hőmérséklet vagy szélereősség), de lehet élő is (mint a virágokat megporzó, a termést terjesztő vagy a növényt fogyasztó állat). Azaz, míg egy hínárnövénynek a víz felszínén kiterülő, lágy szövetű levelei vannak, amelyek éppen arra alkalmasak, hogy a növényt a víz felszínén tartsák, és elegendő fényhez juttassák, addig a száraz, sivatagi élőhelyeken élő fajok igyekeznek minél kisebb testfelületet létrehozni, így védekezve a vízvesztés (párologtatás) és a perzselő hőség ellen.

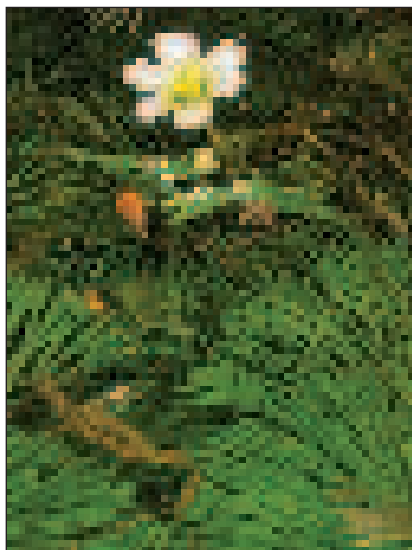
Történeti áttekintés

A felismerés, miszerint a növényfajok testfelépítése a környezetükre adott válasz, nem új keletű. A növények első ismert csoportosítása az ókori Görögországban történt, hiszen

Theophraszosz (i.e. ~371–~287) volt az, aki megkülönböztette a fákat, cserjéket és lágyszárúakat. A növények jóval későbbi, máig is használatban levő osztályozása *Christen C. Raunkiaer* (1860–1938) dán kutató nevéhez kötődik, aki az 1900-as évek elején elsőként hozott létre növényi életforma-kategóriákat, amelyek a növények klímához és talajhoz történő alkalmazkodását tükrözték. A növényi tulajdonságok egy másik, de egészen eltérő osztályozását *Heinz Ellenberg* (1913–1997) német biológus végezte el, aki a növények környezethez való viszonyát számszerűsítette azzal, hogy megállapította a Közép-Európában honos növényfajok talaj-, víz- és tápanyagigényét. Ehhez hasonló adatbázist készített hazánkban *Zólyomi Bálint* és *Borhidi Attila* is. A növények ilyen típusú kategorizálása a fajok rendszertani besorolásával párhuzamosan zajlott. Ezt az időszakot a növényökológia „klasszikus korának” is nevezik, amelynek szemléletmódja az elmúlt két évtizedben újra előtérbe került. Sorra jelennek meg a növényi attribútumokat összesítő adatbázisok, melyek egy bizonyos jelleg-típusra (például magterjedés vagy levélmorfológia) vagy földrajzi régióra (mint Nyugat- és Közép-Európa) koncentrálnak, de léteznek nagyobbak, átfogóbbak is. Kutatók tucatjai dolgoznak egy-egy ilyen adatbázis

Hazánkban az önmegporzó orchideák [mint a Tallós-nőszőfű (*Epiactis tallosii*)] virágzási ideje tolódott előre a legjelentősebben az utóbbi évtizedekben





Az észak-amerikai eredetű tündérhínár (*Cabomba caroliniana*) már természetes vizeinkben is megtalálható

zison, melyek minél több fajról igyekeznek információt felhalmozni, hogy később mások is felhasználhassák azokat.

Milyen növényi tulajdonságok használhatók a növények ökológiai jellemzésére?

A „növényi (funkcionális) jellegek” az adott növényfaj olyan jellemzői, amelyek a növény rátermettségét befolyásolják, tehát hatással vannak a növekedésre, a szaporodóképességre vagy a túlélőképességre. A „növényi tulajdonságok” viszont egy tágabban értendő fogalom, mely magába foglalja az adott faj környezeti tényezőkhöz való alkalmazkodását, ökológiai igényeit és tűrőképességét, valamint a más élőlényekkel való kapcsolatait is. Fontos, hogy ezek az értékek mindig pontos és egységes méréseken alapuljanak, amelyek így egymással összevethetőek lesznek.

Számos tudományterület sikerrel alkalmazza a növényi jellegeket. A legjobb és a legszélesebb körben használt típusok közé tartoznak a leveleken alapuló jellegek, mivel a növény számára ezek a túlélés legfontosabb szervei. A leveleknek számos tulajdonságát mérhetjük. A levél felületének mérete egyenesen arányos a gáz- és az anyagcsere-folyamatok hatékonyságával, ezen keresztül pedig minden olyan környezeti tényezővel, amely befolyásolja az anyagcserét. A fajlagos levélfelület megmutatja, mennyire tömör a levél szerkezete egységnyi felületen, azaz mennyire ellenálló a fizikai hatásokkal szemben (minél alacsonyabb ez az érték, annál tömörebb és ellenállóbb a levél szövete). A levél szárazanyag-tartalmának megadása kiváló eszköz arra, hogy megbecsüljük,

mennyi energiát kell befektetnie a növénynek ahhoz, hogy létrehozza ezt a szervet. Ez tehát önmagában is jól használható a fajok eltérő stratégiáinak jellemzésére. A levelek alacsony szárazanyag-tartalma korrelál a tápanyagtartalmával, vagyis ha megvizsgáljuk az adott területen előforduló fajok levelének szárazanyag-tartalmát, megtudhatjuk, hogy milyen a terület tápanyagokkal való ellátottsága. A levél nitrogén- és fosfortartalma is jól kifejezi az élőhely adottságait: a trópusokon alacsonyabb, míg a sarkvidékek felé nő a koncentrációjuk, vagyis a levél alapú jellegek akár egy terület klímáját is tükrözik. A klímaadatokkal azonban nemcsak a levél-jellemzők, hanem a virágzási idő, a megporzástípus és az életforma-tulajdonságok is összefüggnek. Éppen ezért ezeket a jellegeket a klímaváltozás kutatása során is használják.



Fehér tündérrózsa (*Nymphaea alba*) iszapos aljzatú, lassan folyó- vagy állóvizek jellegzetes őshonos hínárfaja

A növényi funkcionális jellegek egyébiránt felhasználhatók általános növényi sajátosságok leírására is. Egy érdekes példa erre az ugyanazon rokonságba tartozó ritka és gyakori fajok összevetése, hogy kiderítsük a ritkaság és a gyakoriság alapvető okait. Azt már a jellegek vizsgálata előtt is tudtuk, hogy a ritka fajok „válogatósabbak”, mivel kevesebb olyan élőhely létezik, ahol megtalálhatók. Tulajdonságaik mérésével és összehasonlításával viszont azt is megtudjuk, hogy miért: a ritka fajok kevésbé terjednek magokkal és vegetatív úton, kisebb termetűek és nagyobb magvúak, mint gyakoribb rokonaik. Hasonló különbségeket fedezhetünk fel, ha az idegenhonos és őshonos fajok jellemzőit hasonlítjuk össze egymással: az idegenhonos növények egyedei általában magasabbak, nagyobbak

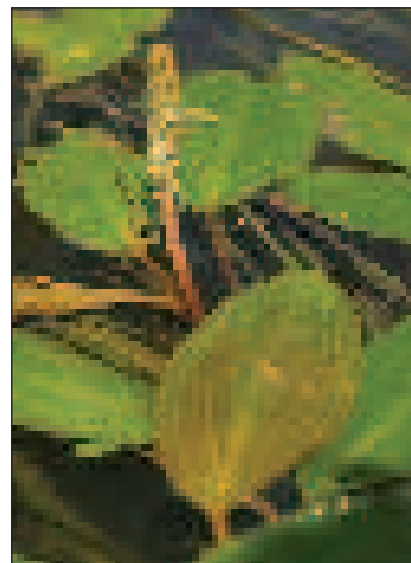
a levelek, a vegetatív szaporodást részesítik előnyben, illetve többnyire zavart élőhelyeken (például városi, mezőgazdasági területeken) jelennek meg. Ha virágoznak, akkor azt hosszabb ideig teszik, mint a területen őshonos növények, és sok apró méretű, könnyen terjedő mag jellemzi őket.

Mitől olyan sikeresek az idegenhonos hínárnövények?

A növényi funkcionális jellegek felhasználását egy konkrét hazai példán mutatjuk be. A hínárnövények a vízi ökoszisztémák alapjai, melyek erősen befolyásolják a tápanyagok eloszlását, a víz és az üledék minőségét, de az élőhely szerkezetén és minőségén keresztül hatással vannak a halakra és a vízi gerinctelen élőlényekre is. Éppen ezért komoly problémát jelent az idegenhonos hínárnövény-fajok tömeges betelepülése vizeinkbe, melyek kiszoríthatják az őshonos fajokat, megváltoztatva az élőhely szerkezetét és teljesen megbolygatva ezzel az igen sérülékeny vízi életközösségeket.

Levéljellegeken alapuló kutatással kerestünk választ arra a kérdésre, hogy megállapítsuk, mitől lehetnek sikeresek az idegenhonos hínárnövények a számukra idegen környezetben. Két dunántúli termálfvízi vízfolyás (Hévízi-folyás és Tapolca-patak) növényeit vizsgáltuk. Az őshonos és idegenhonos hínárnövények egyedeinek leveleit mértük, a felületüket, fajlagos felületüket, valamint szárazanyag-, nitrogén- és fosfortartalmukat. Az idegenhonos hínárnövényeknek átlagosan nagyobb a levélfelülete (hatékonyabb gáz- és anyagcsere), kisebb a fajlagos levélfelülete (fizikai hatásokkal szemben ellenállóbb levél) és a kisebb szárazanyag-tartalma (kevés-

Úszó békaszőlő (*Potamogeton natans*) őshonos hínárfajunk



bé tömör, könnyebben felépíthető szövetek). Összefoglalva ez azt jelenti, hogy a hazai termálvizekben megjelent trópusi-szubtrópusi eredetű hínámóvények gyorsabban fejlesztek nagyobb leveleket és fizikai hatásokkal szemben ellenállóbb leveleket, mint az őshonos fajok. Ezeknek a tényeknek döntő jelentősége lehet a fényért és tápanyagokért folyó versenyben.

Kitekintés

Az eddig felvázolt kérdések nemcsak természetvédelmi, hanem egészségügyi szempontból is fontosak lehetnek. Elég, ha azokra



A kereklevelű fogaskely (*Rotala rotundifolia*) kedvelt akvárium növény, nálunk hévizekben honosodott meg

az allergén növényekre (például ürömlevelű parlágfüre, parlagi rézgyomra, kaukázusi medvetalp) gondolunk, amelyek az utóbbi évtizedekben jelentek meg nálunk, és amelyekről még nem tudjuk pontosan, miért képesek olyan sikeresen terjedni.

A növényi funkcionális jellegek vizsgálata a napjainkban igen fontos témának számító klímaváltozás kapcsán is felmerül. Fontos tudnunk ugyanis, hogy melyek azok a fajok, és melyek azok a jellegek, amelyekre leginkább hatással van az éghajlatváltozás. Erre példaként a hazai orchideák hosszú távú, herbáriumi adatsorán végzett elemzés eredménye szolgálhat. Magyarországon az önmegporzó vagy megtévesztő rovarmegporzású, hosszú élettartamú és mediterrán jellegű elterjedést mutató orchideák (például a majomkosbor vagy a tornyos sisakoskosbor) követik a változó éghajlatot a legjobban. Viszont a megporzó rovarokat nektárral jutalmazó, rövid élettartamú,

nem-mediterrán elterjedésű fajok (például a zöldike ujjaskosbor) virágzási idejük korábbra tolódásával kevésbé tudnak válaszolni a jelenlegi klimatikus változásokra.

Összefoglalásként elmondható, hogy a növényi funkcionális jellegek bonyolult ökológiai folyamatok és interakciók értelmezését könnyítik meg. Segítségükkel kategóriákat állíthatunk fel, valamint modellezhetjük a valóságban sokkal szövevényesebb kapcsolatokat. A két esettanulmány szemlélteti, hogy mi mindenre alkalmazhatók a növényi tulajdonságok pontos mérései. Akár természetvédelmi szempontból értékes fajok klímaváltozásának tanulmányozása, akár a gazdasági szempontokat is érintő idegenhonos özőnnövények sikerességének felmérése a cél, a növényi jellegek vizsgálata új információkat és új vizsgálati szemléletmódot is szolgáltat. Az ilyen jellegű vizsgálatok kivitelezése azért is célszerű, mert viszonylag olcsó módszerekkel, könnyen, gyorsan mérhető adatokat nyerünk, melyek igen sok információt hordoznak, ezért a hazai fajokra történő jelleg-adatbázis felállítása roppant időszerű.

E. VOJTKÓ ANNA–
MOLNÁR V. ATTILA–
LUKÁCS BALÁZS ANDRÁS

A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. A kutatás eszközbeszerzése és infrastruktúrája az OTKA K108992 számú pályázata által biztosított forrásból valósult meg.

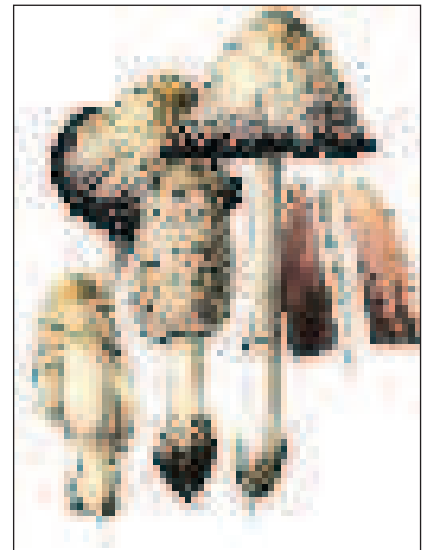
Irodalom

- Csecserits A., Szabó R., Czucz B. 2009: Növényi tulajdonságok, tulajdonság-adatbázisok és ezek felhasználása az ökológiai kutatásokban. *Botanikai Közlemények* 96: 1–17.
- Kleyer M., Bekker R. M., Knevel I. C., Bakker J. P., Thompson K., Sonnenschein M., ... & Peco B. 2008: The LEDA Traitbase: a database of life-history traits of the Northwest European flora. *Journal of Ecology* 96: 1266–1274.
- Kühn I., Durka W., Klotz S. 2004. BiolFlor: a new plant-trait database as a tool for plant invasion ecology. *Diversity and Distributions* 10: 363–365.
- Molnár V. A., Tökölyi J., Végvári Zs., Sramkó G., Sulyok J., Barta Z. 2012: Pollination mode predicts phenological response to climate change in terrestrial orchids: a case study from central Europe. *Journal of Ecology* 100: 1141–1152.
- Warming, E. 1909: *Oecology of plants – an introduction to the study of plant-communities*. Clarendon Press, Oxford. 422 old.

A gyapjas tintagomba

JANCSÓ GÁBOR

A gyapjas tintagomba kitűnő íze miatt a gombagyűjtők egyik kedvenc csemegéje, méltán lett így 2009-ben az Év Gombája. A fiatal gomba kalapja tojás alakú, később henger formájú, fehéres, gyapjas pikkelykékkel borított, közepe okkerbarnás, sima (1. ábra). A tintagombák neve onnan ered, hogy a lemezeik és a kalap rövid időn belül (legtöbbször 24 órán belül) elfolyósodnak, „rongyos” kalapot, arról lecsöpögő tinta-szerű fekete folyadékot és érintetlen tönköt hagyva maguk után. Ez a tintásodási folyamat ún. autólízis, amelynek során a tintagomba enzimek segítségével lebontja saját termőtestét. A hosszú fehér „karón” ülő ragadós, cafatos peremű, harang alakú kalapokra emlékeztető gyapjas tintagomba-csoportok különös látványt nyújtanak, amikor réteken, füves helyeken, trágyázott legelőkön, útszéleken, parkokban és kertekben találkozunk velük.



1. ábra. Gyapjas tintagomba

A gyapjas tintagomba a *Coprinus* nemzetség (tintagombák) típusfaja és tudományos neve *Coprinus comatus*. A *Coprinus* név a trágya görög nevéből (kopros) származik, míg a latin *comatus* jelentése sző-



2. ábra. Rugalmas fonal a gyapjas tintagomba tönkjében
(Várhidy Zsuzsanna felvétele)

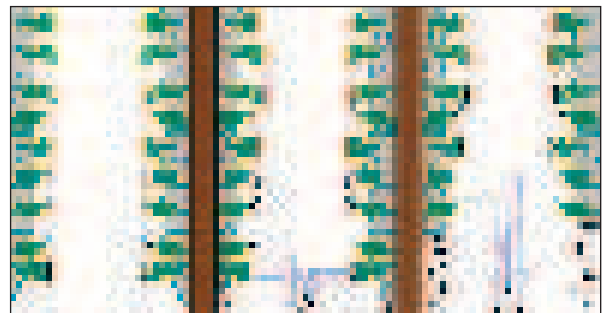
rös, hosszú hajú. A gomba angol neve shaggy mane, amely szó szerinti fordításban „gyapjas sörény”-t, míg a német neve Schopf-Tintling „bóbita tintagomba”-t jelent. A németek használják még a „spárgagomba” (Spargelpilz) elnevezést is, amely állítólag onnan ered, hogy a szegény emberek a gyapjas tintagomba tönkjét használják a drága spárga helyett.

A tintagombák alapos vizsgálatával bizonyos különbségeket figyelhetünk meg a különböző tintagomba-fajok között, így például nem minden tintagomba válik – a gyapjas tintagomához hasonlóan – a spóraérés során rongyos szélű, viharverte esernyő kinézetűvé. Sok tintagomba növényevő állatok (pl. ló, juh, marha, nyúl) ürülékén terem, azaz „trágya-kedvelő”, más tintagombák, köztük a gyapjas tintagombák is, korhadó faanyag, fatuskókon teremnek. A tintagombák modern filogenetikai módszerekkel történő tanulmányozása végül is arra az eredményre vezetett, hogy a *Coprinus* nemzetség nem homogén (nem monofiletikus) és a *Coprinus* nemzetségbe tartozó tintagomba-fajok négy különböző nemzetségbe sorolhatók. A közkedvelt gyapjas tintagomba a „valódi” tintagomba-fajok nemzetségében (*Coprinus*) maradt egyetlen közeli rokonával, a kevésbé ismert, trágyán növény, kisméretű, a gyapjas tintagomba törpe változatának kinéző bocskoros tintagombával (*C. sterquilinus*) együtt. E két „valódi” tintagomba-fajra jellemző további sajátosság, hogy kalaphúsuk és lemezeik felülete megvörösödik, mielőtt feketén szétfolyának. Ez a vörösödés nem a spóraéréssel kapcsolatos, hanem azonos néhány csiperke és özlábgomba-fajnál észlelt jelenséggel, ami alátámasztja azt a feltevést, hogy a *Coprinus* nemzetség a csiperkefélék családjába (Agaricaceae) tartozik.

A híres francia mikológus, *Bulliard* már 1781-ben felfigyelt a gyapjas tintagomba egyik érdekes morfológiai sajátosságára, arra, hogy a gyapjas tintagomba (akkor még *Agaricus typhoides* volt a neve), valamint a bocskoros tintagomba üres tönkjében egy pókhálószerű szálakkal felfüggesztett rugalmas fonal található (2. ábra). Annak ellenére, hogy a rugalmas szál jól látható a Bulliard által készített akvarelleken, továbbá későbbi gombakönyvekben lévő képeken is megtalálható, elkerülte a mikológusok többségének figyelmét. Nem található viszont ilyen fonal például a ráncos tintagombánál és a kerti tintagombánál, tehát a „valódi” tintagombák csöves tönkjében lévő rugalmas fonal jellegzetes határozóbélyegnek tekinthető. A filogenetikai vizsgálatok szerint a gyapjas tintagomba és a bocskoros tintagomba legközelebbi rokona egy hazánkban is előforduló sivatagi gomba, a kalapos pöfeteg (*Montagnea arenaria*), amely úgy néz ki, mint egy kiszáradt, homokban ülő tintagomba (3. ábra). A „molekuláris” rokonság alapján várható volt, hogy a *Montagnea* nemzetség fajainál is van fonal a csöves tönkjében, és valóban, a kalapos pöfeteg szárított herbáriumi példányában meg is találták! Arra a kérdésre viszont, hogy mi a szerepe a gyapjas tintagomba csöves tönkjében található viszonylag erős, rugalmas fonálnak, egyelőre nem tudjuk a választ.

A lemezes gombák túlnyomó többségénél a lemezek különböző részein, így az alsó és felső részén található spórák egyszerre érnek meg. Ezeknél a fajoknál a függőlegesen álló lemezek keresztmetszete V alakú, aminek következtében a szomszédos lemezek közötti levegős rés növekszik a kalap aljának irányában, így módon elősegítve a spórák eltávozását a kalapból. A gyapjas tintagomba sűrűn álló lemezei viszont nem V alakúak, hanem párhuzamos oldalúak, ráadásul nem szigorúan függőlegesek, ami megnehezíti a spórák hatékony szétszóródását. Hogyan lesz úrrá a gyapjas tintagomba ezeken a nehézségeken? A gyapjas tintagomba esetében a spórák nem egyszerre érnek meg; először a lemez alsó részén elhelyezkedő spórák érnek meg, kilökődnek, majd a lemez ezen része tintaszerűen elfolyósodik és lecsöpög. Ezután a lemez következő sávjában lévő spórák érnek meg, majd kilökődésük után a visszamaradó lemezrész elfolyósodik. A folyamat így megy

tovább mindaddig, amíg a lemez összes spórái megérnek. Az éppen megérett spórák alatt található lemezrész elfolyósodása és lecsöpögése teszi lehetővé, hogy ezek a spórák nagyon rövid esés után elhagyják az egyre kisebbé váló kalapot. Téves az a nézet, hogy a gyapjas tintagomba esetében a spóraterjedést a tintaszerű folyadék segíti elő azáltal, hogy oda vonzza a rovarokat, majd azok terjesztik a spórákat. Egyrészt a megfigyelések szerint nem szállnak rovarok a tintára, másrészt a lecsöpögő folyadék gyakorlatilag nem tartalmaz spórákat. A gyapjas tintagomba elfolyósodása során keletkezett fekete folyadékot helyesebb volna tusnak, mint tintának nevezni. A valódi tinta ugyanis színes folyadék, míg a tus színes szuszpenzió, ami úgy állítható elő, hogy színes részecskéket egy színtelen folyadékban eloszlatunk. A híres kínai tus esetében ez fenyőfakorom-szemcséket, míg a tintagombából készített „tinta” esetében fekete spórákat jelent. A tintagombából készített tintát régebben írásra és rajzolásra használták. A tintakészítést elsőként Buillard írta le a XVIII. század második felében. A híres francia orvos és mikológus *Quélét* ráncos tintagomba szétfolyó lemezeiből nyert fekete tintával írta gombaleírásait. Magunk is készíthetünk tintát a gyapjas tintagombából, ha az elfolyósuló kalapok levét kevés víz és



3. ábra. Spórák lelkődése a gyapjas tintagomba lemezeiről

néhány szegfűszeg hozzáadásával néhány percreig főzzük.

Buller, minden idők legkiemelkedőbb kísérleti mikológusa, a XX. század elején mikroszkópos méréssel meghatározta, hogy hány spórát termel egy gyapjas tintagomba termőteste. Megállapította, hogy a gomba lemezének 0,01 mm²-én 34 bazídium található, ami tekintettel arra, hogy minden bazídiumon 4 spóra van, 13 600 spórának felel meg mm²-enként. Az általa vizsgált, 12 cm hosszú tönkű nagy termőtesten 214 lemezt számolt meg, amiből az adódott, figyelembe véve a lemezek felületét, hogy egy lemez kb. 24 480 000 spórát termel, míg az egész termőtesten a spórák száma 5 milliárd 240 millió! Buller megfigyelé-

sei szerint a gyapjas tintagomba spóraszórása kb. 48 órán keresztül tart, így a termőtest minden órában 100 millió spórát lövell ki (3. ábra).



4. ábra. Parazita gomba (*Psathyrella epimyces*) a gyapjas tintagombán

A szelíd kinézetű gyapjas tintagombáról kiderült, hogy nem is olyan szelíd: megtámadja, megbénítja, megöli és elfogyasztja a talajban található fonálférgeket. A támadást a talajban lévő micéliumának hifáin képződő csillaghoz hasonló sejtek, „tüskés labdák” segítségével hajtja végre. A „tüskés labdák” által a fonálféreg kutikuláján okozott sebeket keresztül egyrészt a fonálféreg belsejében lévő anyag a nagy hidrosztatikus nyomás (turgor) következtében kifolyik, másrészt a gyapjas tintagomba által termelt mérgeanyagok behatolnak a fonálféreg belsejébe. Miután a támadás következtében a fonálféreg megbénult (azaz nagyon gyenge lett vagy meghalt), a belsejébe behatolnak és megtelepednek a gyapjas tintagomba hifái, amelyek néhány nap alatt elfogyasztják a férget. A gyapjas tintagomba által termelt és a fonálféreg megbénítására használt mérgeanyagok közül összesen hét, az oxigén-heteroatomos heterociklikus vegyületek csoportjába tartozó toxint azonosítottak. A fonálférgeket, illetve egyéb mikroorganizmusokat megtámadó, „ragadozó” gombafajok száma meghaladja a másfélszázat. Legtöbb esetben a fonálférgek nitrogéntartalmú kiegészítő táplálékként szerepelnek, amelyből a gombák fedezni tudják a növekedésükhöz elengedhetetlenül szükséges nitrogénmennyiséget.

Nemcsak a gyapjas tintagomba képes más élőlények (fonálférgek) megtámadására, hanem létezik egy olyan parazita gomba, a *Psathyrella epimyces*, amely viszont a gyapjas tintagombát támadja meg, és azon „élőködik” (4. ábra). Feltételezések szerint inhibitor-anyagok kibocsátásával képes meggátolni a gyapjas tintagomba autolízisét (saját termőtestének lebontását) előidéző enzimek működését. Ily módon a parazita gomba az áldozat termőtestét hosszabb ideig tudja táplálékként használni. A megtámadott gomba

termőteste furcsa alakzatokat vesz fel; továbbra is képez ugyan spórákat, de nem tudja azokat kibocsátani.

Ki ne látott volna már sóderből vagy az aszfaltjárda repedéseiből előbújó ízletes csiperkét? Más gombafajok is képesek odébb tolni a kerti udvar járdakölapját, áttörni nemcsak a tömör, kemény talajt, hanem stadionok tartán futópályáját, aszfaltozott repülőtéri felszalópályát, valamint a járda aszfaltját is. Ezzel a meglepő képességgel rendelkező legismertebb gombafajok a következők: ízletes csiperke, osztott pófeteget, erdei szömörccsög, csoportos pereszke, gyapjas tintagomba (5. ábra). Hogyan képesek a gombák

arra, hogy áttörjék a járda aszfaltját? A jelenséggel kapcsolatos első, gondosan megtervezett kísérleteket Buller végezte 1931-ben, aki megmérte, hogy a gyapjas tintagomba közeli rokona, a bocskoros tintagomba kis, törekeny termőteste függőleges növekedése során képes 200 g-nyi súlyt is felemelni, ami, figyelembe véve a tönk keresztmetszetét, kb. kétharmad atmoszféra nyomásnak felel meg (összehasonlításképpen, ez a nyomás képes 10x10 cm-es területet véve, egy 70 kg súlyú embert felemelni). Felmerül a kérdés, mi a magyarázata annak, hogy a gomba lágy szövetből álló termőteste képes ilyen hatalmas nyomást kifejteni. A jelenség a hifákat alkotó sejtek vízfelvétele következtében kialakuló, a sejtfalra ható hidrosztatikus nyomással (turgorral) magyarázható, ami mechanikai erővé transzformálódik, amikor a gomba növekedése során ellenállásba ütközik.

A gyapjas tintagomba kitűnő csemege gomba, azonban csak az egészen fiatal, zárt kalapú termőtesteket szabad felhasználni. Míhelyest a gomba kalapszéle elkezdi feketésre változni, a gomba étkezésre alkalmatlan, az ilyen termőtesteket hagyjuk a termőhelyükön. Az ily módon elszíneződött kalapok az elkészítés során gusztustalan feketés tömegé válnak. A gyapjas tintagomba gyűjtői körében ismert tapasztalati tény, hogy késleltethetjük a gomba érési folyamatát, ha a gomba leszedése után azonnal óvatosan elválasztjuk a tönköt forgatással a kalaptól. Így többé-kevésbé biztosak lehetünk abban, hogy a fehéren leszedett gyapjas tintagombát tintásodás nélkül haza tudjuk vinni. Egyes feltétele-

zések szerint ez a jelenség azzal magyarázható, hogy a tönk leválasztása után a kalap tintásodásában szerepet játszó kitináz enzimek nem tudnak a tönkből a kalapba jutni. Ezt a magyarázatot cáfolni látszanak a különböző tintagomba-fajokkal végzett kutatások eredményei, amelyek szerint a kitináz enzim csak a spórákibocsátás előtt kb. két órával képződik a tintagombákban, de akkor is csak a kalapban és a lemezekben, soha nem a micéliumban vagy a tönkben.

A tintagombából készült ételek fogyasztásával kapcsolatban általánosan elterjedt az a nézet, hogy nem szabad egyidejűleg alkoholt tartalmazó italt inni. A tintagombákban ugyanis egy koprin nevű vegyület található, amely a szervezetben 1-aminociklopropanollá alakul, ami gátolja az aldehid-dehidrogenáz enzim működését. Ez az enzim végzi az alkohol lebontása során keletkező acetaldehid ecetsavvá történő átalakítását. Az enzim gátlása következtében a szervezetben felhalmozódik az acetaldehid, ami hasonló tünetekhez vezet, mint amit az alkoholisták kezelésénél alkalmazott diszulfiram tartalmú gyógyszerek adagolása idéz elő. Meghatározták a különbö-



5. ábra. Gyapjas tintagomba áttöri a járda aszfaltját

ző tintagomba-fajok koprinttartalmát és a mérési eredmények szerint a ráncos tintagomba négyszer-öttször annyi koprint tartalmaz, mint a többi vizsgált tintagombafaj. Gyakorlati szempontból ez azt jelenti, hogy a ráncos tintagomba kivételével szabad a tintagombákkal (így a gyapjas tintagombával is) együtt alkoholos italokat fogyasztani. A ráncos tintagomba fogyasztása előtt egy nappal, utána 4 napig nem szabad alkoholt fogyasztani (a koprin még bent lehet a szervezetben).

A gyapjas tintagomba természetese ugyan megoldott, de a friss termőtestek gyors romlandósága mind a mai napig megakadályozta a természet gomba széleskörű elterjedését a kereskedelmi forgalomban. A kiváló íze mellett a különböző módon elkészített gyapjas tintagomba fogyasztása mellett szól az is, hogy táplálkozási szempontból sok értékes összetevőt tartalmaz, továbbá vércukorszintet csökkentő hatása is bizonyítottan tekinthető. ☀

A legnagyobb dicséretem

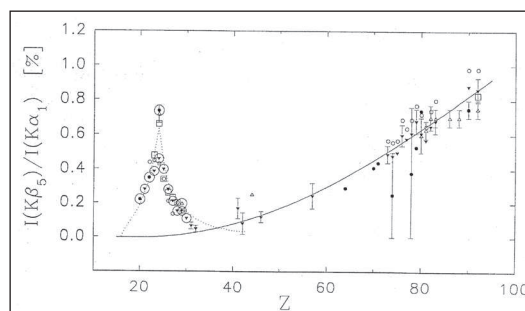
Elmesélem, hogyan kaptam meg életem legnagyobb dicséretét, amit valaha is elértem tudományos előadásért. Történt, hogy Ljubljában vendégeskedtünk, tudományos együttműködés ügyében. Már többször voltam náluk, és úgy illett, hogy egy intézeti (Jozef Stefan Institute) szeminárium előadáson beszámoljak az addigi eredményeinkről. Ékes (kissé tört, de folyékony) angol nyelven szabadon, papír nélkül, elmeséltem az összegyűlt kollégáknak és egyetemi hallgatóknak, hogy miért is kezdtünk ezzel a témával foglalkozni, illetve hogy idővel mire jutottunk.

Egyik kollégám régebben felhívta a figyelmemet egy érdekes ábrára egy röntgenfizikai könyvben. Ez azt mutatta, hogy a króm környékén a K β 5 röntgenvonallal intenzitása a rendszám függvényében rezonancia-szerű növekedést mutat. Utánanéztünk vagy hat közfoglaltatban lévő röntgensugár-táblázatban, hogy mit mondanak az intenzitásokról. Három táblázat a rezonanciaszerű csúcsnak megfelelő intenzitásokat adott, másik három pedig ennél jóval kisebbeket. A krómnál pl. mintegy hetvenszer kisebbet! No, most melyik táblázatnak van igaza? Hiszen a jó öreg Röntgen professzor már vagy száz éve felfedezte X-sugarait, elég idő volt, hogy kimérjék a valós intenzitásokat!

Elkezdtek bújni az irodalmat, hogy mit lehet egyáltalán tudni a kérdéses K β 5 csúcsról. Neves röntgensugár-szakértő azt írta, hogy ezekről a sugarakról nincs is kísérleti irodalmi adat úgy 60-as rendszám alatt. Egy szovjet kiadású táblázatban viszont volt adat a króm környékéről is! Megnéztük a hivatkozását. Egy Siemens házi folyóiratban írtak róla. Ezt külön nyomozással lehetett csak elérni. Az országban csak a BME könyvtárában van meg. Szerencsére a fiam éppen műegyetemi hallgató volt, őt kértem meg, hogy másolja ki a cikket és küldje el nekem. Kaptam is másolatot, de az nem ilyesmiről szólt. Kiderült, hogy a folyóiratnak több sorozata van: A, B, C, ... Végül sikerült megszerezni az igazi sorozatból is a másolatot. Valóban, a hivatkozott cikkben szó sem volt K β 5 vonalról. Viszont az adatok az intenzitást jól adták! Kiderült, hogy a mérés idején még nem volt felfedezve ez a vonal, együtt kezelték a K β 2 vonallal, csak egy-két évvel később egy japán kolléga javasolta (egy japán egyetem házi folyóiratában, amit csak japán barátaink közbenjárásával sikerült megszerezni), hogy ezeket a vonalakat el kell választani egymástól. Te-

hát Siemenséknél jól mértek, K β 5-öt mértek, csak még nem tudták, hogy ez az!

Jó lett volna magunknak kimérni az intenzitásokat, de volt egy kis probléma: a mi kristály spektrométerünkkel elemenként kb. egy hónapi mérés kellett volna a vonal kis intenzitása miatt. Ha lett volna drá-



A K β 5 röntgenvonallal intenzitása a rendszám függvényében

ga helyzetérzékeny detektorunk, azzal majd százszor gyorsabban boldogultunk volna. Az irodalomban találtam egy cikket, Ljubljában írták, ahol a K β 5 vonalakat vizsgálták más szempontok szerint, de a spektrumaik rajzán, a szélén ott voltak a minket érdeklő K β 5 vonalak is! Csak úgy az ábrából grafikus kiértékelve láttuk, hogy a nagy intenzitású változatot igazolják. Rövidesen városunk, Debrecen adott otthont egy nemzetközi röntgensugár konferenciának (X93), ahol találkoztunk a Ljubljani cikk szerzőivel. Nekik volt helyzetérzékeny detektoruk! Felajánlottuk, hogy együtt pontosabban mérjük ki a kérdéses intenzitásokat. Úgy is lett, többször kimentünk hozzájuk, és elvégeztük a méréseket. Kétszer kb. kétheti méréssel nagy pontossággal sikerült meghatározni az intenzitásokat vagy négy elemre (Ca, Ti, Cr, Fe,).

Az eredményeket az ábrán láthatjuk. A mi eredményeink mellett ábráztuk mások kísérleti eredményeit is, más elemekre is, meg egy elméleti görbét szabad atomokra vonatkozóan. Szépen beigazolódtott a nagy-intenzitású elképzelés. No jó, de mi van akkor a három kis intenzitást javasoló táblázattal? Aztán az is kiderült. Ők a szabad atomokra számolt elméleti értékeket adták meg. A mérések viszont fémeken történtek, ahol szilárdtestfizikai okokból nagy intenzitás növekedések léptek fel. Tehát mindegyik táblázat igazat mondott, csak nem mondták meg, hogy milyen viszonyok között érvényesek az adataik. Ez a rezonancia-szerű jelenség nem

teljesen betöltött atomi héjak esetén lép fel. Cikkeink megjelenése után hamarosan jött egy dolgozat, ami egy héjjal magasabban szintén mért több tízszeres vonalerősödéssről számolt be.

Amikor vége lett az előadásnak, körülvettek a szlovén egyetemi hallgatók: – De Mr. Török, ez olyan izgalmas, mint egy krimi! – mondta az egyik, – Igen – válaszoltam –, ezért szeretem a fizikát, mert akárhol megvakargatjuk, mindig ilyen rejtélyes problémákba akadunk... Ezeket aztán lehet vizsgálni, így pontosítva a teljes fizikai tudást. Ez volt tehát az a nagy dicséret, amit kaptam.

Egy röntgenvonallal intenzitása elméletileg kiszámítható. A nem zárt héjakkal kapcsolatos átmenet intenzitása erősen függ a peremfeltételektől, vagyis, hogy milyen körülmények között jött létre. A nem teljesen zárt atomi héj, ami részt vesz az átmenetben, ill. a szilárdtest állapot és az atomi állapot közti különbség ilyen különbséget jelent, az átmenet megengedett, vagy valamilyen rendben tiltott lesz, ami akár több nagyságrend intenzitás különbséget jelenthet. Esetünkben a zárt héj esetén tiltott az átmenet, míg a részben töltött héjak esetén a szilárdtestben bizonyos fokig megengedett lesz.

Köszönet minden hajdani társszerzőmnek és azoknak, akik segítettek munkánkban.

TÖRÖK ISTVÁN

Irodalom

1. Török I. A pontosabb röntgenanalitika felé. Az anyagvizsgálat rejtélyei. Élet és Tudomány, 57(2002)620.
2. Török I., Papp T., Pálkás J., Budnar M., Mühleisen A., Kawai J., Campbell J. L., Relative intensity of the K β 5 x-ray line. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B, Beam Interactions with Materials and Atoms, 114(1996)9.
3. Török I., Pálkás J., Budnar M., Kavcic M., Mühleisen A., Kawai J. Forgotten (?) X-ray intensity enhancement in solids at lines related to not completely filled shells. Application of Accelerators in Research and Industry. Proceedings of the 14th International Conference. Denton, Texas, Nov. 1996. Eds.: J. L. Duggan, I. L. Morgan. Woodbury, New York, AIP. (AIP Conference Proceedings 392), (1997)153.

2013 telének időjárása

PÁTKAI ZSOLT

Az átlagosnál jóval enyhébb télben volt részünk. Hosszantartó hideg időszak alig volt, a csapadék időbeli és térbeli eloszlása meglehetősen egyenlőtlennek bizonyult. A következőkben a téli időszak fontosabb időjárási eseményeit emeljük ki.

December

A hónap első 4–5 napjában még tartott az őszi átázó hideg időszak. Ekkor egy anticiklon áramlási rendszerében észak, északkelet felől érkezett fölének a hideg, száraz, kontinentális levegő. December 6-án azonban gyökeresen átalakult Európa időjárási képe. A Brit-szigetek térségében már hosszú ideje tartózkodó anticiklon leépült, helyét ciklonok vették át. A december 5–7. között tomboló, Xavér névre keresztelt viharral elkezdődött a kontinens északnyugati partvidékét sújtó viharciklonok végelethetetlen sorozata. Ennek a légörvénynek a hidegfrontja 6-án hazánk térségén is átvonult, országsszerte viharos széllelkéseket okozva. A maximális széllelkések jellemzően 70–100 km/h között alakultak, azonban a Győr melletti mérőállomásunk 112 km/h-s széllelkést is regisztrált.

A makroszinoptikus helyzet átalakulását követően egy anticiklon helyeződött Közép-Európa térsége fölé. A legmagasabb tengerszintű légnyomás hazánkban 1040 hPa körül alakult, ami magasnak mondható. Ez a magasnyomás eleinte enyhe időt biztosított, azonban a napok előre haladtával kialakult a téli időszakban gyakran előforduló hidegpárna. Ez azzal járt, hogy a hőmérséklet az alföldi tájakon 0 °C körül stabilizálódott, minimumra csökkent a napi hőingás mértéke.

A hidegpárnát alkotó alacsony szintű rétegfelhőzet napokon keresztül közel azonos magasságban helyezkedett el (hózzávetőlegesen 400–800 m között), a hőmérséklet itt volt a legalacsonyabb, jellemzően -4, -6 °C. Ez kedvező feltételeket teremtett a zúsmaraképződéshez. Egyes területeken hatalmas mennyiségű zúsmara halmozódott fel a fákon, tereptárgyakon. Így például Dobogó-kő környékén is nagymértékű zúsmaralrakódás volt tapasztalható, helyenként 10–15 cm vastagságban. (1. ábra)

A magasnyomás december 20-a környékén kezdett leépülni, így a hónap hátralevő részében olykor már ciklonok frontzónái is

átvonultak térségünk felett, az országos átlaghőmérséklet pedig egy hét alatt mintegy 8 fokot emelkedett. Csapadék viszont alig fordult elő, csupán december 26-án hullott néhány mm eső a nyugati megyékben. Előtte egy nappal, még a hidegfront előtt nagymértékű légnyomás-különbség alakult ki a Dunántúlon. Ennek eredményeként Sopron térségében egész nap viharos szél fújt, sőt a legerősebb széllelkés elérte a 110 km/h-t. Önmagában ez az érték – bár nem túl gyakori – nem is túl magas. Azonban jellemzően hidegfront mögött, északnyugati szélből, vagy heves zivatarokból fordulnak elő ekkora széllelkések. Ezúttal viszont a hidegfront előtt, a délnyugati szél produkálta ezt az értéket.

December rendkívül száraz hónap volt, 1901 óta a 2. legszárazabb. A legmagasabb havi csapadékösszeget – 22 mm-t – a Győr-Moson-Sopron megyei Harkán jegyezték fel, míg Bánkúton és még további 27 mérőállomáson nem hullott mérhető csapadék ebben a hónapban. A legalacsonyabb hőmérsékletet Zabar jegyzi (-12,0 °C, december 4), míg a legenyhébb nappal Békéscsabán volt (15,5 °C, december 27). Utóbbi egyben a hónap legmelegebb napja is volt, ekkor az országos átlaghőmérséklet majdnem 7 fokkal magasabbnak adódott a sokévi átlaghoz képest. A teljes hónap pedig 1,1 fokkal az éghajlati átlag felett alakult.

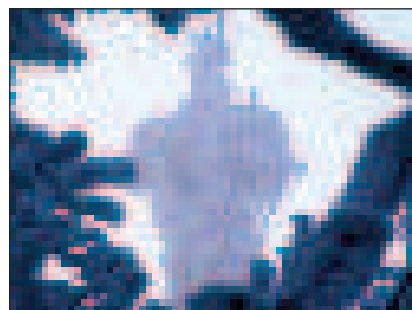
Január

A hónap első felében változatlan maradt a kontinens időjárási helyzete: míg a Brit-szigetek térségében rendszeres volt a ciklonképződés – köztük több újabb viharciklon is kialakult –, addig a Kárpát-medence jellemzően a ciklonok tág előoldali áramlási rendszerében helyezkedett el. Ez az átlagshoz képest jóval enyhébb időt jelentett, ebben az időszakban a középhőmérséklet országos átlaga jellemzően 5–6 fokkal haladta meg az éghajlati átlagot. Sőt, február 5-én 9, február 20-án pedig 10 fokkal enyhébb volt az idő. Említést érdemlő csapadék a hónap második, illetve harmadik dekádjában hullott, ugyanis ekkor a légköri frontok több alkalommal is elérték Közép-Európa térségét.

Az enyhe idő nem jelentette azt, hogy a nap is sokat sütött, hiszen alapvetően sok volt a felhő, egy-egy néhány napos időszakban még inverziós rétegfelhőzet is kialakult

(január 1–2., 7–11). Ám mivel a talajközeli levegő is a mediterrán térségből származott, ezért nem volt annyira hideg idő, mintha egy hidegfront mögötti levegőtömeg hőmérsékletét konzerválta volna a réteges felhőzet.

Az időjárási helyzet a hónap harmadik dekádjában végül megváltozott. Hosszas készülődést követően a szibériai magasnyomás – benne zord hideg levegővel – el-



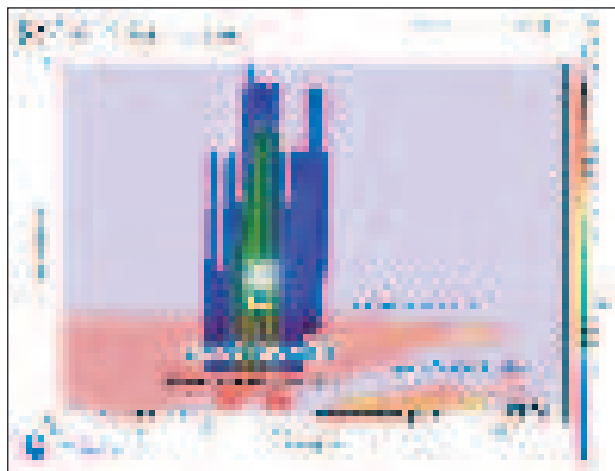
1. ábra. Jelentős zúsmara-felhalmozódás Dobogókőn, 2013. december 20.

jutott először Oroszország európai része fölé, majd tovább mozgott a Kárpát-medence irányába. Közvetlenül a hideg levegő beáramlása előtt további melegedés zajlott a légkörben, így január 20-án a csúcshőmérséklet 10, 15 fok között változott, de hajnalban sem volt hidegebb 5 °C-nál. Az ezt követő napokban viszont fokozatosan áramlott be a hideg levegő a Kárpátok hágoín keresztül, így a hőmérséklet is folyamatosan csökkent. Eleinte csapadék nem fordult elő, hiszen a kontinentális hideg levegő télen tudvalevően igen száraz. Ahogy azonban a hideg levegő elérte az enyhe vízi Földközi-tengert – ez január 23-án következett be –, mediterrán ciklon képződött. Ez a ciklon egy nappal később a Kárpát-medence fölé helyeződött át. Ekkor két napon keresztül, az ország északi megyéit leszámítva, kiadós havazás alakult ki. A hóréteg vastagsága a déli területeken általában 10–20 cm között volt, de a dunántúli dombok között 20–25 cm-t, sőt a Mecsekben található Mázán 33 cm-t regisztráltak. A havazást követő derült éjszakák során alacsonyra süllyedt a hőmérséklet: sokfelé mértek -10, -15 fokot, a leghidegebb Sellyén volt (-17,4 °C), és napközben is jóval fagyponthoz alatt maradt a hőmérséklet. A hónap utolsó napjaiban a hideg szorítása engedett, de a

középhőmérséklet továbbra is a sokévi átlag alatt alakult.

Eközben az Atlanti-óceán északi területei felett nem hagyott alább a viharciklonok képződése. Egy szakdolgozat keretén belül (Kurunczi R., 2009) vizsgálták a viharciklonokat, amely során azt az eredményt kapták, hogy évente legalább 40 ilyen ciklon képződik. Azonban ezen ciklonok pályája gyakran Izland és a Brit-szigetek között vezet. Ebben a december-januári időszakban viszont ezek a ciklonpályák egyenest a szigetország területén keresztül haladtak. Így nem csoda, hogy számos alkalommal komoly szélkárok keletkeztek, illetve rekordmennyiségű csapadék hullott a térségben. Az erőteljes ciklonképződés annyiban befolyásolta a Kárpát-medence időjárását, hogy a hatalmas kiterjedésű légörvények jelentős mennyiségű enyhe levegőt pumpáltak a kontinens belső területei fölé is, így összességében igen enyhe volt az idő.

Januárban a legmagasabb és legalacsonyabb hőmérsékletet egyaránt Sellyén regisztrálták (január 18., 16,8 °C, illetve január 27., -17,4 °C). A hónap középhőmérséklete 3,3 fokkal haladta meg a harmincéves átlagot. Nagy volt a területi különbség a csapadékot tekintve, hiszen míg északkeleten és délnyugaton sok eső esett (a legnagyobb mennyiséget, 102 mm-t a Borsod megyei Szőlőszárdon mérték), addig a Dunántúl északi részén csak kevés csapadék hullott, a szlovák-magyar határ menti Dunakilitin csupán 10 mm-t regisztráltak.



2. ábra. A 2014. január 30-i ónos esős helyzet vertikális keresztmetszete egy hozzávetőlegesen észak-déli irányú tengely mentén (forrás: Kolláth Kornél, OMSZ)

Február

A hónap első néhány napjában ismét mediterrán ciklon alakította időjárásunkat. Ekkor azonban a hőmérsékleti rétegződés miatt sokfelé fordult elő a legveszélyesebb csapadékforma, az ónos eső (1. ábra). Február 1-jén és 2-án piros fokozatú riasztás volt kiadva

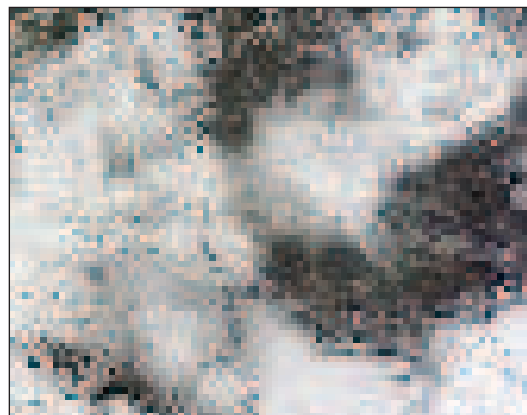
ónos eső miatt a Dunántúl egészére, valamint a Duna-Tisza köze nyugati felére. Az ónos formában lehullott csapadék mennyisége több mérőállomásunkon meghaladta az 5 mm-t. Ugyanakkor Szlovéniában sokkal kritikusabb volt a helyzet, hiszen a térségben kiadós mennyiségű (10 mm-t bőven meghaladó) csapadék hullott ónos esőként. Ennek eredményeként súlyos károk keletkeztek az infrastruktúrában, valamint a növényállományban. Szintén jelentős mennyiségű ónos eső esett január 20-án Lengyelország keleti részében, helyenként még -6, -7 °C hőmérséklet mellett sem váltott át havazásba a csapadék.

Az ónos csapadék a meglevő hórétegre hullott rá, így valamelyest tartósította a havat. A hónap 3–7. napja között északkelet felől a kontinentális hideg levegő újabb hulláma érkezett, de ezúttal csak a Dunától keletre eső területen éreztette igazán hatását – ugyanis itt volt a leghidegebb. A Szamosközben és Beregben több hajnalon mértek -10, -15 °C közötti hőmérsékleti értékeket. A hóingás mértéke nagy volt, hiszen napközben olykor a 4–5 fokot is elérte a csúcshőmérséklet, miközben hótakaró is borította a térséget.

Szintén ebben az időszakban Szerbiában (Bácska és Bánát területén) szokatlanul erős és tartós *kosava* alakult ki. Ez a helyi szélfajta akkor jön létre, amikor ciklon örvénylik az Adriai-tenger térségében, előoldalán pedig megnövekszik a légnyomás-különbség. Ebben a helyzetben a délkeleti légáramlás a Dinári-hegység és a Déli-Kárpátok között, az Al-Duna völgyén keresztül nagy sebességgel préselődik át, létrehozva a kosavát. A viharos szél rendszerint Csongrád megyében is tapasztalható. Mivel a térségben még vastag, bár rég hullott hótakaró borította a tájat, az erőteljes szél magas hótárszokát emelt a szerb-magyar határ mentén.

A hófúvás nyomai műholdképeken is megfigyelhetők voltak (2. ábra).

Az enyhülés 7-ét követően kezdődött, ezután az országban meglevő hótakaró nagyrészt elolvadt. Egészen a hónap végéig enyhe maradt az idő. A nyugati ciklonok gyakran elérték térségünket, így rendszeresen volt csapadék, bár ennek jelentős



3. ábra. A dél-alföldi hófúvás nyomai a NASA Terra műholdjának felvételén, 2014. február 5. (forrás: NASA worldview)

része a Dunántúl területén, ezen belül is főként Zala, Vas és Somogy megyékben esett. Ugyanakkor a Tiszántúlon továbbra is csapadékhiány mutatkozott: míg a Dunántúlon a talaj felső egy méteres rétege már teljesen telítődött, addig a Duna-Tisza közén 10–50, a Tiszántúlon pedig még 60–90 mm vízmennyiséget tudna befogadni a talaj – ez a vegetációs időszak szempontjából fontos lenne.

A hónap legalacsonyabb hőmérsékletét (-15,0 °C) február 5-én Milotán, a legmagasabb hőmérsékletet (19,2 °C) pedig február 16-án Sellyén regisztrálták. A hónap legnagyobb csapadékösszegét Nagykanizsán (149 mm), a legkevesebbet pedig Körösszakállon (8 mm) mérték. A hónap középhőmérséklete 4,1 °C volt, amely 3,4 °C-kal haladja meg a sokévi átlagot.

Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy az elmúlt tél 2,6 °C átlaghőmérséklete 1960 óta a harmadik legmagasabb volt. Csak a 2006/2007-os tél 3,7 °C, illetve az 1997/1998-as tél 3,0 °C hőmérsékleti átlaga volt ennél magasabb. A csapadékmennyiséget tekintve a nyugati határ mentén jelentős csapadéktöbblet mutatkozott, míg hazánk más tájain 20–60 mm-rel kevesebb hullott az átlagoshoz képest. *

Irodalom

Kurunczi R., 2009: Viharciklonok objektív detektálása az atlanti-európai térségben, Szakdolgozat, Budapest.

ábra. Jelentős zúzmara-felhalmozódás Dobogókőn, 2013. december 20.

ábra. A 2014. január 30-i ónos esős helyzet vertikális keresztmetszete egy hozzávetőlegesen észak-déli irányú tengely mentén (forrás: Kolláth Kornél, OMSZ)

ábra. A dél-alföldi hófúvás nyomai a NASA Terra műholdjának felvételén, 2014. február 5. (forrás: NASA worldview)

A Than fivérek emlékháza Óbecsén

Egy Tisza-menti kisváros romos háza foglalkoztatta évtizedeken keresztül a tudomány- és művészettörténeti köröket. A vajdasági Óbecse magyar közösségének többszöri sikertelen próbálkozása ért révbe, amikor 2013. április 12-én átadták a Than fivérek emlékházát. Jeles esemény volt ez mind a helyi, mind a Kárpát-medencei tudományos élet számára.

A gyógyszerész végzettségű, nemzetközileg elismert kémikus, Than Károly és testvérbátyja, a XIX. század akadémikus festészet kiemelkedő egyénisége, Than Mór ebben a házban élte gyermekéveit. Neves földijeikre a helyi lakosok mindig is büszkék voltak. A Than fivérek alkotó munkájuk által járultak hozzá a tudományos és kulturális életünk előrelendítéséhez, ezáltal is öregbítve városuk, Óbecse hírnevét. Az utóbbi évtizedekben azonban a rossz állapotban lévő ház sajnos fokozatosan enyészetre jutott. Ez rossz fényt vetett a községre is. A XX. század második felében elhanyagolttá vált, majd pusztulásnak indult épület mielőbbi rendbehozatala szükségszerű lett. A község méltó rendeltetést kívánt adni az – alulról szerveződő – emlékhelynek.

A felújítás sokáig csak a távoli jövőben bekövetkező eseménnyel számított. Sokan remélni sem merték, hogy a felújítás körüli kezdeményezés ilyen hamar célhoz ér. Azonban mindig akadtak elhivatott emberek helyben és szerte a Kárpát-medencében, akik felszínen tartották az ügyet. Az elért eredmény széles közösségi összefogás eredménye, egy több nemzedéken átnyúló kitartó és tördelmes munka gyümölcse.

Óbecsén elhivatottan őrzik a Than fivérek szellemiségét. Már a századforduló környékén is számon tartották érdemeiket. Helyi kultuszuk is ebben az időszakban gyökerezik. Óbecsén a helyben működő Than Fivérek Értelmisségi Kör ma is ápolja névadója emlékét. A község vezetése és az óbecsei lakosság is elevenen tartja a Than család emlékét.

A Than család egykori lakhelyének megmentésére az önkormányzat az 1990-es évektől több ízben is kísérletet tett. Than Károly születésének 175. jubileumáról Óbecsén 2009. december 12-én ünnepélyes keretek között emlékeztek meg. Varnyú Ilona kulturális megbízott és Dušan Jovanović, a képviselőtestület elnöke a városháza díszterme előtt emléktáblát leplezett le a város nagy szülőtere és díszpolgárára emlékezve. Az avatóünnepségen az 1902. évi jegyző-

könyvből felidéztek Than Károly díszpolgárságára vonatkozó sorokat, kiemelve a közösségi munka és az oktatás támogatásának fontosságát. Ezt követően Glässer Erik előadást tartott az óbecsei Népkönyvtárban Than Károly életéről, majd a város polgármestere és alpolgármestere megnyitotta az általa összeállított, Than Károly életét bemutató időszak kiállítását. A kiállításhoz nagy segítséget nyújtott Barna Gábor, a szegedi Néprajzi és Kulturális Antropológiai Tanszék tanszékvezető professzora, Tömpe Péter, a Magyar Kémikusok Egyesületének vezetőségi tagja és a Várpalotai Vegyészeti Múzeum. Nélkülük szerényebb lett volna a helyi megemlékezés. Külön köszönet illeti a város akkori kulturális megbízottját, Varnyú Ilonát a 175. jubileum körüli lelkiismeretes munkásságáért.

vor András államtitkár felé egy esetleges anyagi támogatás ügyében. Ezt követően kapott Óbecse magyarországi támogatást. Kapronczay Péter, a belgrádi magyar nagykövetség diplomatája megkeverte az illetékes szerb minisztériumot és a VMSZ-t az állami újjáépítési keret előteremtése érdekében. E két forrásból született újjá az épület. A Magyar Gyógyszerésztörténeti Társaság mindvégig jó kapcsolatot tartott fenn Óbecsével.

A Tartományi Nagyberuházási Alap 2008-ban és 2010-ben támogatta a ház felújítását, amelynek együttes összege 300 ezer euró körüli érték (30 millió dinár). A magyarországi Emberi Erőforrás Minisztériuma 110 ezer euró körüli összeggel biztosította az épület befejezését és berendezését.



Az óbudai Than Károly Ökoiskola kirándulócsoportja névadójuk házánál

2011 júliusában a Magyar Gyógyszerésztörténeti Társaság (MGYTT) a szabadkai gyógyszerésztörténeti nyári egyetem zárónapjaként a résztvevőkkel ellátogatott Óbecsére, ahol Varnyú Ilona bemutatta a belvárost, megkoszorúzták Than Károly emléktábláját a városházán, majd megnézték a Than-házat. Döbbenetes volt a látvány. Ennek hatására Kapronczay Károly, a Semmelweis Orvostörténeti Múzeum ny. főigazgatója az MGYTT más vezetőivel együtt hazatérésük után lépéseket tett Réthelyi Miklós miniszter és Já-

Az építkezési munkálatok csak 2011 decemberében kezdődtek. A házat teljesen lebontották és az eredeti épület rekonstrukcióját húzták fel. Az épület végleges funkcióját a tetőtér kialakítása és berendezése, valamint az udvari rész és a nyári színpad megépítése után nyeri majd el. Az emlékház további működtetését az önkormányzat a Than Fivérek Értelmisségi Körre ruházta át. A ház céljai között szerepel, hogy otthont adjon a helyi kulturális élet eseményeinek.

Nagy megtiszteltetés volt az óbecseieknek, hogy az ünnepélyes megnyitó előt-

ti napokban Óbecsén járt az óbudai Than Károly Ókoiskola kirándulócsoportha és felkeresték iskolájuk névadójának felújított emlékházát. Emellett megkoszorúzták a városháza folyosóján 2009-ben elhelyezett emléktáblát.

Az avatóünnepség megnyitója a zenitai Bolyai Tehetséggondozó Gimnázium és Kollégium diákjainak látványos kémiai bemutató kísérletével vette kezdetét. Üdvözlőbeszédet mondott a magyarországi és a szerbiai kormány képviselője, a vajdasági Tartományi Képviselőház elnöke, az óbecsei városi vezetés, a Tartományi Műemlékvédelmi Intézet képviselője, az MTA delegációjának tagjai, illetve a Than Fivérek Értelmiségi Kör elnöke, Bonifárt László, aki a rendezvény házigazdája volt.

Az MTA küldöttségének tagjaként jelen volt Tömpe Péter, aki méltatta Than Károly érdemeit. Kutatóvegyészként és egyetemi oktatóként szabad idejében aktívan foglalkozik a tudománytörténet művelésével. Than emlékének ápolásában is részt vesz és sokat segített a 2009-es Than-jubileumi kiállítás létrejöttében.

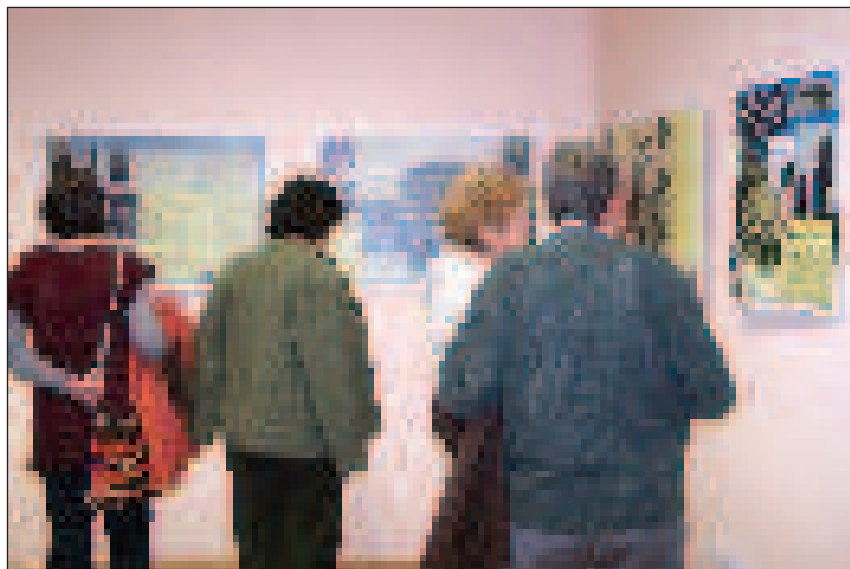
Tömpe Péter az ünnepségen átadta a Magyar Kémikusok Egyesülete által kiállítási céllal Óbecsére megküldött Than Károly Emlékérmét Bonifárt Lászlónak.

Külön megiszteltetés volt, hogy az MTA részéről Király Zoltán óbecsei származású akadémikus volt a rendezvény fővédnöke. Than Mór munkásságát Marosi Ernő akadémikus méltatta.

Az emlékházban két külön emlékszoba is helyet kapott a Than fivérek életének és emlékezetének megőrzése, ápolása céljából. Than Mór életét bemutató kiállítás az óbecsei múzeum művészettörténésze, Radoslav Mihailović tárlata. Than Károly emlékszobáját Glässer Erik poszterkiállítása díszíti. A tárlat további bővítésére helyben a jövőbeli célok között szerepel.

Emellett a ház otthont ad egy interaktív tudományos parknak, amely a látogató diákok számára a kémiai, optikai és fizikai kísérletek megismerésére ad lehetőséget.

Az emlékház megnyitása tudományos élet, kiemelten a gyógyszerész és kémikus szakma, büszkeségévé válik. Than Károly ugyanis a magyar tudományos kémiaoktatás megteremtője. Egyetemi tanári pályája kezdetén egy új Kémia Intézet kiépítésére törekedett. Felterjesztési terveket is beadott az illetékes hivataloknak egy nagyobb és jobban felszerelt intézmény felállítására. Kitaró munkája meghozta gyümölcsét, 1872-ben a Trefort-kertben felépült a modern kémia tanszék. Az új épület volt az első korszerű egyetemi intézménye Magyarországnak. Olyan sikeresnek számított, hogy Birminghamban, Rómá-



Látogatók a Than Károly emlékszobában

ban, Aachenben, Grazban, Bostonban, és Champaignben a későbbi egyetemi intézmények tervezésekor is figyelembe vették Than tapasztalatait.

Than Károly munkásságával és intézetalapításával lefektette a magyar nyelvű egyetemi kémiaoktatás alapjait. A maga korában modern infrastruktúrát teremtett meg. Tudományos és oktatói tevékenységéből számos kémikus-, orvos- és gyógyszerészgeneráció nőtt ki. Az első és második Magyar Gyógyszerkönyv szerkesztőbizottságának elnöke volt. A bécsi és a pesti egyetem tanáraként dolgozott. Az MTA alelnöki valamint a Magyar Természettudományi Társulat elnöki tisztjét töltötte be. Munkásságáért mind a hazai, mind a külföldi tudományos élet nagyra becsülte. Emellett számos szakmai, rendi és társadalmi kitüntetésben részesült. Másrészt pedig szülővárosa Óbecse és Bács-Bodrog vármegye is elismeréssel tekintett szülőföldre. Újrágondolt példája – a nemzetközi színvonalú tudás megszerzésének és művelésének a saját közösség szolgálatába állítása – mintául szolgálhat az új gyógyszerész és kémikus nemzedékek számára is.

Than Károly példája egyrészt felhívja a figyelmet az oktatás és nevelés családon belüli fontosságára. Than János, a Koronakerület főhivatalnokaként, minden erejét és vagyonát gyermekei iskoláztatására, a következő generációk boldogulására fordította. Másrészt rávilágít az intézményi, közösségi oktatás jelentőségére. Egy ilyen kis városból is, mint Óbecse, kinőhet olyan jeles ember és tudós, mint Than Károly. Ehhez mind helyi, mind pedig regionális és országos szinten elengedhetetlenek voltak a kornak megfelelő intézmények. Az oktatás fejlesztése és szín-

vonásának fenntartása ezért mindannyiunk elsődleges célja kell, hogy legyen.

Az újabb generációk felé Than Károly példájának üzenete pedig a tanulásra és az innoválásra való készség lehet. Érdemes és lehetőségeinkhez mérten mindent meg kell tenni a korábbi nemzedékek ismereteinek elsajátítására és újabbakkal történő bővítésére. Ez mind az egyén, mind pedig a közösség érdekét szolgálja.

A közelmúltban több megemlékezésnek is a tanúi lehettünk, mint például halála 100. évfordulója és születése 175. jubileuma. Az óbecsei felújított Than-ház eddig elkészült részét 2013. április 12-én ünnepélyes keretek között adták át. Emléke elevenen él.

Az óbecsei Than-ház az emlékezet és a példamutatás okán válik fontossá. A közösségeknek példaképekre van szükségük. Ezeket a példaképeket elődeinkben leljük fel. Ahhoz, hogy emlékezni tudjunk, mindig egy adott helyre van szükségünk. Elődeink emlékét, az általuk képviselt értékeket és iránymutató példákat ezeken az emlékhelyeken keresztül tudjuk megragadni.

A Thanok életét tőlünk sok emberöltő választja el. Világunk oly mértékben megváltozott, hogy életútjuk számos mozzanata nehezen idézhető fel és helyezhető el mindennapjainkban.

A Than-ház mint emlékhely ezt segíti áthidalni. Kiemeli a múlt lényeges dolgait és közelebb hozza a Thanok korát. A két nyelvű (szerb-magyar) kiállítások a Than fivérek életútja által képviselt értékeket segítenek megőrizni. A házban zajló foglalkozások pedig személyes élmények révén adják át a Thanok szellemiségét.

GLÄSSER ERIK

Leibniz és a medicina

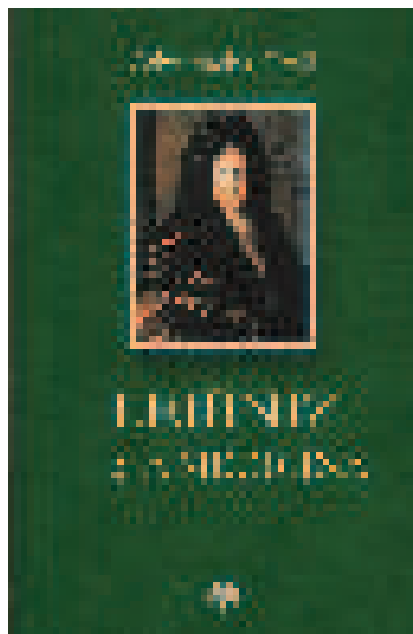
„*Ki nem ismeri?* – olvasható az 1704-ben metszett portréján. „*Önmagában egy akadémia*” – mondta róla Nagy Frigyes. Mindkét tőszavakban megfogalmazott megállapítás találóan jellemzi a munkásságát a XVII–XVIII. század fordulóján kibontakoztató *Gottfried Wilhelm Leibnizet* (1646–1716). Hasonlóan több kortársához, Leibniz tudományos kutatásait is a sokoldalú érdeklődés irányította, jellemezte.

A XVII. század tudosai túlléptek az arisztotelészi szemléleten, a reneszánsz statikusnak mondható tudományosságát a newtoni világkép, a dinamikus természetfilozófia váltotta fel. A század végére megfogalmazott jelszó – értelem és tapasztalat – a filozófia és a természettudományok közötti újszerű kapcsolatra mutat. A kor filozófusai a természettudományokat az igazság forrásának tekintették a megismerés folyamatában, és vallották, hogy a természet törvényszerűségeit a természet vizsgálata alapján kell megállapítani. Utóbbi alapigazság lett a leibnizi filozófia vezérelve is.

Nem csupán a filozófiában, az orvostudományban is jelentős szemléleti átalakulások történtek. Az alapvető változást az ókori gyökerekre visszavezethető nedvkörtani szemlélet megdőlése hozta, amelyet fokozatosan felváltott a kemia (az életjelenségeket vegyi folyamat eredményének tekinteni), és a mechanojatria, vagyis szilárdkörtan (a test apró szilárd részecskék halmaza, ezeknek alakja, sűrűsége és mozgása határozza meg az anyag tulajdonságait: az egészséges állapot a részecskék szabad áramlása, míg a betegséget a tökéletlen mozgásra lehet visszavezetni). A szolidáris patológiai szemlélet terjedésében nagy szerepe volt a padovai egyetem orvosi karának. Ilyen körülmények között lépett a nyilvánosság elé *René Descartes* tudományfilozófiai művével – *Principia philosophiae* címmel –, amelyben a gondolkodást (cogitatio) és a kiterjedést (extensio) nevezi meg a világ két alapelemeként. A létező dolgok közötti különbségeket szerinte az alak, a nagyság (kiterjedés) és a mozgás határozza meg. Minden a természet törvényeinek van alávetve, azonban – ennek ellentmondva – a determinált világ háttérben mégis Istent képzeli el. Descartes orvos-életteni szempontból legfontosabb tanulmányában (*L'homme*, 1662) az emberi testet óraműhöz, mechanikus gépezethez hasonlítja. Utóbbi elvnek sok orvoskövetője ismeretes: *Henricus Regius* (1598–1679), *Christian Vater* (1651–1731), *Alfonso Borelli* (1626–1691) és *Giorgio Baglivi*

(1668–1707) stb., majd a két XVIII. századi összegző: *Hermann Boerhaave* (1668–1738) és *Friedrich Hoffmann* (1660–1742), nem is beszélve a végletekig elmenő *Julien Offray de La Mettrie* (1709–1751) ember-gép elméletéről. A szilárdkörtan lényegi megismerésének folyamatában korszakos jelentőségű volt a mikroszkóp használatának terjedése, a szabad szemmel nem látható szilárd részecskék tanulmányozásának lehetőségével.

Nem szóltunk még a jatrokémiáról, amelynek eredete ugyan *Paracelsus* munkásságához kötődik, mégis a hagyományokkal először szakítani próbáló *Johan Baptista Van Helmont* (1580–1644) érdeme. A jatrokémia empirikus irányzatához tartozott *Franciscus de la Boe Sylvius* (1614–1672) és *Thomas Willis* (1621–1675).



A század harmadik, nagy hatású elmélete *Georg Ernest Stahl* (1650–1734) animista-vitalista teóriája, amely a mechanojatrikus elméletekkel szemben, vagy még inkább azok kiegészítéseként jött létre. Lényege, hogy a test működését kizárólag a mechanika és a kémia törvényszerűségei alapján lehetetlen meghatározni, bár ezt a magyarázatot alapvetően elfogadta, de mindemellett egy lényegét illetően immateriális erő (principium) létét hangoztatta, amely mindezt összetartja, a harmonikus működést irányítja. Stahl animizmus-vitalizmus elmélete az orvosokat

egészen a XIX. századig nagyban befolyásolta, a filozófusokat is vitákra ösztönözte. Ebben a vonatkozásban elsődlegesen *Nicolas Malebranche* (1638–1715) és Leibniz nevét kell említeni, utóbbi személyes kapcsolatban állt *Stahl*-al, és hosszas vitákat folytattak.

Leibniz mozgalmas pályafutása során – amelyet itt nem kívánunk részletezni – olyan körökben fordult meg, korának azon jelentős tudósaival kötött személyes ismeretséget, folytatott évtizedekig tartó tudományos levelezést, amelyek kivételesen sokoldalú gondolkodóvá, tudóssá érlelték.

A matematika és a filozófia mellett az orvostudomány foglalkoztatta leginkább, kiindulópontja kétségtelenül természetfilozófiai elmélete volt, de kiterjedt az orvoslás gyakorlatára és az egészségügyi szervezésre is. A tudománytörténet-írók mindenekelőtt Leibniz filozófiai és matematikai munkásságát tarták fel, az orvoslásra vonatkozó kutatásaival, e témára irányuló műveivel mindezidáig nem foglalkoztak kellő hangsúllyal, nem méltatták érdemeinek megfelelően.

Orvosi tanulmányait – bár nem készült orvosi pályára – már egész fiatalon elkezdte, komoly szakirodalmi tájékozódásáról készített, több mint 300 lap terjedelmű feljegyzései bizonyítják ennek színvonalát. Leibniz egyértelműen laikusnak tartotta magát az orvoslásban, mivel kizárólag az orvoslás elméletében képezte magát. Ezt azonban a tudomány szemszögéből nem érezte hátránynak, mondván, hogy az elfogulatlan gondolkodás nem hagyományos utakra, új felismerésekhez vezethet. Az autodidakta – írta –, ha alaposan felkészült és új gondolatai vannak, a „tudományos fejlődés fermentuma” lehet. Leibniz érdeklődését a fentiekben jellemzett orvosi irányzatok – kemia, mechanojatria, animizmus, mikroszkópos kutatások – foglalkoztatták, az irányzatok legfőbb teoretikusai (van Helmonttal, *Stahl*al, *Friedrich Hofmann*al, *Marcello Malpighi*vel) intenzív tudományos levelezésben állt. Orvosi ismeretei és természetfilozófiai szemlélete vezette annak felismerésére, hogy mi a szerepe a test és a lélek harmonikus egységének az egészség-betegség állapot kialakulásában, továbbá, hogy a lelki tényezőknek befolyásoló hatása van bizonyos betegségek létrejöttében (pszichoszomatikus elgondolás). Jó gondolati utakon közelítette meg az akkor orvosilag még megmagyarázhatatlan ún. fantom-fájdalom lényegét. Leibniz a matematika és a mechanika fontosságát emelte ki az orvostudomány fejlődésében, ezért is nevezte fordulópontnak

William Harvey felfedezését a vérkeringés mechanizmusáról, vagy Alfonso Borelli hasonlóképpen a fizika és matematika módszereire alapozott kutatásait az izületek mozgásával, illetve a szívizom erejének meghatározásával kapcsolatban.

Rendkívül alapos, a korszelmet is tükröző a közegészségügy megszervezésére vonatkozó munkássága. A korai felvilágosodás idején, a XVII. században az orvosok egyre növekvő érdeklődése figyelhető meg a közegészségügy vonatkozásában. A medicina privata szemléletet kiegészítette a medicina publica. Vagyis azt az addig vallott nézetet, mely szerint a betegség egyedüli oka egy a természetből származó, ismeretlen eredetű, nem egyszer isteni büntetésként sújtó hatás, felváltotta az a szemléletmód, hogy a betegség egy olyan – részben társadalmi gyökerekkel rendelkező – folyamat eredménye, amelynek következményei elháríthatóak, a kór megelőzhető. Leibniz és kortársai számos írásukban felvetik az egészség-közegészségügy közötti szoros kapcsolatot, továbbá megfogalmazzák az uralkodó, a kormányzat stb. szerepét, felelősségét a probléma megoldásában.

Leibniz 1671-ben készítette el a *Gondolatok az államigazgatásról* című memorandumát a hannoveri herceg számára, amelynek egyik fejezete az orvoslás társadalmi vonatkozásaival foglalkozik. A munka már egyértelműen a felvilágosodás alap gondolatává vált „közjó-közboldogság” szellemiségét sugallja. Az egészségügy – közegészségügy érdekében a következő feladatokat emeli ki: megfigyelésekre támaszkodó orvosi beszámolókat kell készíteni a gyakorta előforduló betegségek vonatkozásában is, nem csupán a ritka, kuriózumként előforduló kóresetekről. Egzakot orvosi adatgyűjtést tart szükségesnek az ars combinatorica segítségével, amelynek eredményeként világosabban megismerhetők a betegségek, azok okai. Az ilyen rendszeres, pontos szabályok szerint felépített orvosi dokumentáció azonban csak egy felvilágosult állam által létrehozott, irányított egészségügyi szervezetben valósítható meg – szögezte le Leibniz. A korszak ismeretében nyilvánvaló, hogy erre a felvilágosult abszolutista államgépezet volt képes, több évtizeddel később. Leibniz tehát megmaradt a javaslatok szintjén a gondoskodó medicina ideáljának bemutatásával, amelyben az egészség védelme, a lehetőség szerinti megelőzés csakúgy szerepet kap, mint a gyógyítás, az előbb vázoltak alapján az egyéni egészség ügye összekapcsolódik a közösség egészségének ügyével. Az orvos tevékenysége során az elméletet az empiriával, egyedi tapasztalatokkal ötvözve juthat valódi eredményekre. Az egészségügy rendszerében az orvosnak megkülönböztetett, felelősségteljes, a társadalom részéről elismert státusz szánt. Elgondolásainak fontos fejezete az orvoslás ismereteinek szisztematikus, tudatosan irányított terjesztése, a lakosság felvilágosítása, mindezt az ország vezetőinek

kötelességeként tüntette fel. Abban az időben utópisztikus az az elgondolása, amely a lakosság egészségi állapotának rendszeres ellenőrzésére vonatkozik: az egyéni vizsgálatok és a személyes beszámolókat szintén írásos formában rögzítse az orvos, majd összegezzék a hivatalos fórumok, ezáltal egy olyan központi „adatbázis” létrejöttét remélte, amely nem csupán a lakosság egészségi állapotának javulását, de a tudomány fejlődését is segítené. Az adatok gyűjtésének, lejegyzésének, értékelésének módja több írásában felbukkan, a statisztikai feldolgozásban, a következtetések levonásának módszertani kidolgozásában természetesen érződik matematikai tudása, logikája.

Az elméleti és szervezési vonatkozásokon túlmenően Leibniz nem riadt vissza a gyakorlati orvoslás kérdéseinek taglalásától sem (emlékezzünk vissza az autodidaktáról vallott véleményére). Fizikai tudása birtokában az emberi hallás mechanizmusával foglalkozott, de nevéhez köthető a radix ipecacuana gyógynövény alkalmazásának kutatása is a nagy mortalitással járó vérhas gyógyításában. Holisztikus természetfilozófiai szemlélete vezette a bioklimatológiához kapcsolódó javaslataihoz. Leibniz ugyanis az egyén egészségét egy nagyobb rendszer állapotának függvényeként képzelte el, amely elgondolást a mai ún. Umweltmedizin előfutáraként értékelhetünk. Több kortársa – Thomas Sydenham, Friedrich Hoffmann, Bernardino Ramazzini, Barthold Behrens – megfigyeléseit, nézeteit osztotta az időjárás és minden más klimatikus tényező egészségre gyakorolt hatásával kapcsolatosan. Erre a megfigyelésre hivatkozva hangsúlyozta, hogy a korábban említett orvosi adatgyűjtések, feljegyzések, felmérések során az orvosok fordítsanak figyelmet a klimatikus körülményekre is.

Leibniz írásaiban több helyen olvashatók azon megjegyzései, elmélkedései, amelyek az orvos egyéniségére, magatartására, tudására, továbbá a társadalomban elfoglalt helyére, megbecsültségére vonatkoznak. Az orvosokkal és sebészekkel kapcsolatos bírálatának, kifogásának legfontosabb pontjaként a minden orvosi ténykedés alapjának, az anatómiának – szerinte – nem kellő színvonalú ismeretét, művelését hozta fel. Ugyanakkor a kimagasló elméleti, vagy gyakorlati tudású orvosokat igen nagyra tartotta. Ennek ellenére az egészségügy-közegészségügy megszervezésében nem várt kezdeményezéseket, ötleteket az orvosoktól, sőt a lakosság egészségügyi felvilágosításában sem szánt nekik különösebb szerepet. Mindezt a hatóságok, az ország vezetőinek kötelességeként tüntette fel írásaiban. Az állam alkalmazásában és szigorú felügyelete mellett tevékenykedő, jól megfizetett orvostól viszont elvárta volna, hogy gazdagot, szegényt egyenértékű gondoskodással, ingyenesen gyógyítson.

Leibniz munkásságából nem hiányzott a tudományos társaság, akadémia megszer-

vezésére vonatkozó tervezetek elkészítése sem, amelyekben természetesen az orvostudomány is fontosságának megfelelő helyet kapott, az orvosképzéstől a szervezeti felépítésig minden apró részletre gondolva. Akadémiai tervezetében máig érvényes tanulságot ezt írja: „Mivel az emberi élet szent, semmilyen gazdasági megfontolásnak nem lehet tárgya.” A tervezetekből – különösen a medicina fejlődésére, a betegségek gyógyíthatóságára és megelőzhetőségére vonatkozó részletekből – nagy optimizmus árad, amit azonban kortársai nem csekély kétkedéssel, szarkasztikusán fogadtak.

Mindaddig csak arról esett szó, hogy mi és ki hatott Leibniz orvosi kutatásaira, de nem hanyagolható el az sem, hogy tőle mit tanult a kortárs orvostudomány. Mindenekelőtt Albrecht Haller és Friedrich Stahl, továbbá Georg Zimmermann és H. D. Gaub holland klinikus nevét kell említeni, akikre erős befolyást gyakorolt Leibniz természetfilozófiai szemlélete. A leginkább kimutatható hatást azonban mégis a közegészségügyi tárgyú művei érték el. Leibniz tanítványa és filozófiájának hirdetője, Christian Wolff (1674–1754) közvetítésével a természetjogra alapozott filozófiai irányzat egyértelmű hatással volt a Habsburg Monarchia felvilágosodott uralkodóinak – elsősorban II. Józsefnek – a működésére, felfogására, rendelkezéseinek szemléletére. Wolff 1721-ben megjelent *Vernünftige Gedanken von dem gesellschaftlichen Leben des Menschen* c. kötete a felvilágosodás jegyében fejlesztendő medicina számára is programot fogalmazott meg. Leibniz nyomán fejtette ki a megelőzés mindenekelőtt való fontosságának elméletét, amelynek megvalósítása az uralkodó és az állam kötelessége.

A XVIII. századi német egyetemeken tanuló és ott diplomát szerzett magyar orvosok is megismerték Leibniz munkásságát, diszsertációikban, későbbi műveikben többször felbukkan Leibniz neve. A debreceni Maróthy György (1715–1744), Borosnyai Nagy Márton (? - 1738), Marikowszky Márton (1728–1772) és Liebezeit Zsigmond (1689–1739) nevét kell ennek kapcsán említenünk.

Leibniz orvostudományi kutatásainak feltárása, közreadása kuriózumnak számít mind a hazai, mind a nemzetközi szakirodalomban. A hézagpótló mű a 90. életévét betöltött Schultheisz Emil orvostörténész professzor egyik ünnepi ajándékaként látott napvilágot, örömet szerzve a szerzőnek a sok éven át gyűjtött anyag közreadásával, egyúttal megörvendeztetve a szakmabelieket, kollégákat, és tanítványokat az élvezetes stílusban megírt, további kutatásokra ösztönző kötettel.

(Schultheisz Emil: *Leibniz és a medicina. Szerkesztette: Magyar László András. Budapest, Semmelweis Kiadó, 2013. illusztrált. 112 p.*)

KAPRONCZAY KATALIN

Orvosszemmel

MACSKAHARAPÁS MIATT KÓRHÁZBA IS KERÜLHETÜNK

A szelíden nyávogó házimacska viszonylag ritkán karmol vagy harap, de ha igen, ez veszélyes lehet. A cica legtöbbször a felé nyújtott kézbe mélyesztü tühegyes fogait és ennek a fájdalom a legkevésbé veszélyes következménye. A macskafog a legkülönbözőbb baktérium- és vírusfertőzést juttathatja be az emberi szervezetbe. A világhírű amerikai gyógyintézet, a Mayo Klinika sebészei három év tapasztalatait ismertették a *Journal of Hand Surgery*-ben.



Brian T. Carlsen és munkacsoportja a tanulmányban először arra hívja fel a figyelmet, hogy a macska harapása lényegesen veszélyesebb, mint a kutyaé. „A kutya foga tompább és nem hatol be olyan mélyen az emberi bőrbe, mint a macskáké, de sokkal szélesebb sebet ejt a kézen vagy a lábon. A macskafog élesebb és hosszán belemélyed az emberi szövetekbe, így a rajta lévő baktériumok az ízületek és inak köré jutnak.” – írják a folyóiratban. „A tűszúrásra emlékeztető fogmarás során a baktérium az ízületi tokba vagy az inhurba kerülhet, ahol a vér és az immunrendszer védekezési rendszerétől viszonylag rejtetten, relatíve zavartalanul és gyorsabban szaporodik. Így az antibiotikumok védőhatása is rosszabbul érvényesül” – hangsúlyozta a munkacsoport vezetője.

Három év alatt a sebészek 193 beteget kezeltek macskaharapás miatt. A betegek 69%-a nő volt, életkoruk középkorú 49 év. Legtöbbjüknek a cica a kezét marta meg, 57 páciens szorult átlagosan három napig tartó kórházi ellátásra. Három beteg esetén szükségtelennek ítélték az antibiotikum adását, a kezelést igénylők közül 36 páciens azonnal kórházba szállítottak, 154 pedig ambuláns módon kapott antibiotikumot. Az ambulánsan adott antibiotikus terápia 21 esetben (14%) eredménytelen volt, az ő kezelésüket szintén kórházi körülmények között folytatták. A kórházba kerülő betegeknél 38 esetben műtétre kényszerültek: a sebet föltárták, kitisztították, sőt nyolc betegnél ismételt sebészeti beavatkozásra került sor, többnél plasztikai műtétet is végeztek.

A Mayo Klinika sebészei hangsúlyozzák: sokan azt hiszik, hogy a cicamarás kellemetlen ugyan, de veszélytelen. Mind a macskatulajdonosnak, mind az orvosnak tudnia kell, hogy ez sokkalta súlyosabb gondot is jelenthet.

JOGHURTTAL A CUKORBETEGSÉG ELLEN?

A világhírű angol Cambridge Egyetem indította el az EPIC (European Prospective Investigation of Cancer) vizsgálatot, amely az eddigi legszélesebb körű tudományos tanulmány a táplálkozás és a rosszindulatú daganatok összefüggésének keresésére. Európa tíz országában csaknem félmillió ember vesz részt a vizsgálatban, mely nemcsak a daganatos megbetegedések és a táplálkozás kapcsolatára világíthat rá, hanem számos egyéb egészségügyi probléma megoldásához is elvezethet.

Az EPIC-Norfolk csaknem 25 000 olyan 45–74 éves nő és férfi adatait elemezte, akik már több, mint egy évtizede vesznek részt a vizsgálatban. A Norwich városában és környékén élő személyek rendszeres időközönként hetente pontosan följegyezték mit és mennyit ettek-ittak. A kutatók a későbbiekben ennek ismeretében értékelték a vizsgálati alanyok egészségének alakulását.

A Nita Forouhi vezette munkacsoport eredményeit a *Diabetologia* közölte. A 11 év alatt vizsgált 3502 résztvevőből 753 személyben alakult ki II-es típusú cukorbetegség. Rendszeres táplálkozásukat a csoport többi tagjának étkezésével összehasonlítva számukra is meglepő eredményre jutottak. A hetenként legalább öt alkalommal egy doboznyi (125 gramm) joghurtot fogyasztók 28%-kal kisebb eséllyel kerültek a cukorbeteg köze. A kedvező hatás nemcsak a joghurtra, hanem mindenféle alacsony zsírtartalmú, fermentált tejtermékre is igaznak bizonyult. A cukorbetegség elleni védőhatás a tejfogyasztás mennyiségével azonban nem mutatott kapcsolatot.

Forouhi professzor hangsúlyozta, hogy megfigyelésük nem jelent ok-okozati összefüggést. Bár a cukorbetegség kockázatát csökkentő készítmények igen egészséges fehérjéket, vitaminokat és sokat tartalmaznak, ez nem jelenti azt, hogy a joghurt rendszeres fogyasztása képes megakadályozni a cukorbetegség kialakulását. Valószínűleg inkább azzal függhet össze, hogy megfigyeléseik szerint a joghurtot kedvelők egyéb szempontok szerint is egészségesebben éltek.

Ha nemcsak a joghurtot vették figyelembe, hanem általában a gyakran fogyasztott, sovány tejtermékeket is, a kedvező hatás 24%-os volt. A számok még sokatmondóbbak azoknál, akik a sült krumplit délelőtt vagy délután képesek voltak joghurtra váltani, ekkor a fermentált tejtermék kedvező hatása 47%-osnak bizonyult.

Forrás: Weborvos

Júniusi számunk tartalmából

Beszélgetés Szemerédi Endre Abel-díjas gráfelméssel
Virág Csaba–Vásárhelyi Gábor–Vicsek Tamás:

Csoportos mozgás drónokkal

Geiger András–Holló András: Tartós aszfalt utak

Horváth Tünde: 5500 éves temetkezési

halmok az Alföldön

Fülöp Ottilia–Barabás Béla: Aszimmetria a természetben, megválaszolatlan kérdések az egészségvédelemben

Venetianer Pál: Straub F. Brúnó (1914–1996)

Szili István: Az év élőlényei

Farkas Sándor: Az év vadvirága: a szibériai nőszirm



(2014. február 24)

REJTETT FOLYÓK

A Boszporusz alatt egy rejtélyes folyó folyik. Vannak partjai, zúgói és néhol 1 km széles. Ha a szárazföldön lenne, a vízhozama alapján a 6. helyen állna a világon. A fölötté áthaladó hajók személyzete azonban nem is tud róla. 70 méterrel alattuk hőmpölyög, míg el nem éri a kontinentális párkányt és eltűnik a tenger mélyén. A rejtett folyónak nincs neve, ám ez egyáltalán nem különleges. Tömérdek folyó hálózta be az óceánfenéket, nem egy több ezer km hosszú és több kilométer széles. Ezek bolygónk artériái. Hordalékot szállítanak a mélybe, vele oxigént és tápanyagokat, melyek lehetővé teszik az életet nagy mélységekben is. Fontos a szerepük a szén ciklusban is, hiszen a partokról szerves anyagokat szállítanak, melyek betemetődnek.

Nem tudjuk azonban, hogyan működnek ezek a folyók. A műholdak nem látnak le odáig, felszíni a szonár és a radar sem nyújt túl sok segítséget. Most azonban kutató tengeralattjárók és laborkísérletek ablakot nyitnak e rejtélyes képződményekre. Mindez sokat segíthet a telekommunikációban, a klímakutatásban és a szénhidrogén-kutatásban is.

Ha eltüntetnék az óceánokat, tömérdek folyót látnánk a tengeraljazaton. Hasonlóan néznének ki, mint a szárazföldi társaik, csak másként viselkednek; inkább úgy, mint a lavinák, vagy a vulkánok izzófelhői. Nagy veszélyt jelentenek a tengeraljazaton húzódó telekommunikációs kábelekre. Ezek működtetői nagy figyelmet fordítanak arra, hogy lehetőleg elkerüljék a rejtett folyókat. Sokáig nem károsodtak, ám 1929. november 18-án egy 7,2-es magnitúdójú földrengés pattant ki az újfundlandi partokról 250 km-re délre. A szárazföldön is elég súlyos károkat okozott, de a tengeraljazaton még nagyobbakat. Mintegy 250 köbkilométer üledék zúdult le egy meredek lejtőn, 12 távirókábelt szakított el. Két évtizednek kellett elteltie, mire kiderült, hogy az igazi károkozó nem is közvetlenül a földrengés volt. Bruce Heezen és Maurice Ewing, a Columbia Egyetem geológusai az adatok elemzése nyomán arra a következtetésre jutottak, hogy a kontinentális párkányon lezúduló üledékáradatot a földrengés indította el. Számításaik szerint a sebessége a 100 km-t is elérte és mintegy 600 kilométerre jutott el az anyag a kiindulási he-

lyétől. Akkoriban a geológusok már gyanították, hogy az óceánaljazatot átszövik mélytengeri csatornák. Bár még messze nem voltak olyan részletes tengeri domborzati térképek, mint később, azt is sejtették, hogy a kontinentális párkányba olyan mély völgyek vésődtek be, mint a Grand Canyon és úgy vélték, a víz alatti eróziót ezek a zagyarak okozták. Az ilyen áramlások ma sokkal jobban veszélyeztetik a világ kommunikációját, mint valaha, hiszen a nemzetközi telefon-, internet- és egyéb adatátvitel 95 százaléka tenger alatti kábeleken megy. Ha ilyen sok forog kockán, még inkább meglepő, hogy szinte többet tudunk a Marsot vagy a Vénuszt behálózó csatornákról, mint a földi, tengeri társairól. Ezek feltérképezése olyan sziszifuszi feladat, aminek nem egyhamar érnek a végére. És akkor hol vagyunk még a működésük megértésétől? Azt már tudják, hogy a tenger alatti folyók is éppúgy „kiszáradnak” néha, mint a szárazföldiek szárazság idején. Víz persze ilyenkor is van bennük, ám iszap és homok nem áramlik. Csak akkor, ha pl. földrengés, vagy a kanyon falain történő csuszamlás miatt ismét beléjük kerül. Az is előfordul, hogy szárazföldi folyó folytatja útját a tengerben. Ilyen pl. a Kongó. Amikorra eléri az óceánt, már annyi hordalékot szállít, hogy az tovább folytatja útját a tengeraljazaton és saját medret váj magának. Hasonlóképpen, a Sárga folyó, ahogy beér a Xiaolangdi víztározóba, a mélyben csatornát váj ki. Ezeknél sokkal rejtélyesebbek azok a tengeraljazaton futó csatornák, melyeknek semmi közülük a folyókhoz, egyszerűen csak ott vannak az óceán közepén és fogalmunk sincs, hogy kerültek oda.

A mélybeli folyók nem jó partnerei a kutatóknak. Ha eddig mérőműszereket engedtek le, hogy az áramlás sebességét, az anyag sűrűségét megmérjék, az áramlás valamennyit tönkretette. A Boszporusz alatti folyó azonban barátságosabb; kevésbé iszapos, inkább sósabb víz, mely a Földközi-tengerből a Márvány-tenger felé áramlik; voltaképpen a sűrűségkülönbség mozgatja. Jeff Peakall, a Leedsi Egyetem kutatója az utóbbi években kétszer is lebozsátott egy torpedó formájú tengeralattjárót a Boszporusz vizébe, így csapata az első részletes méréseket végezhette el. Először is nagy meglepetésükre a csatorna medre kanyargott. Megteszik azt a szárazföldi folyói is, de a tengeriek egészen mások. Az Egyenlítő közelében kanyarognak, a pólusok felé közeledve a medrük kiegyenesedik. Ebből a Coriolis-erő hatására gyanakodtak. Mivel közelről nem tanulmányozhatták az összeset, laborkísérletet végeztek, és feltevések beigazolódott. Több más erő

(centrifugális, gravitációs) mellett a tenger alatti folyók lefutását számottevően befolyásolja a Coriolis-erő. Végül is a tengeri folyók egészen másként viselkednek, mint a szárazföldiek. Az utóbbiak az erózió miatt állandóan változtatják a medrüket, a tengeriek viszont nem. Ha elérték a kanyargás egy bizonyos fokát, utána már inkább vertikálisan formálják a medrüket.

A tenger alatti folyóknak gazdasági jelentőségük is van. A tengeri kutatófúrásokat végző olajcégek kifejezetten keresik az ősi mélységi folyómedreket, mert a bennük felhalmozódott iszap és homok csapdába rejtheti a mélyben vándorló kőolajat és földgázt.



(2014. 3. szám)

ELEKTRONIKUS TAPASZ

Elérkezett az elektronikus tapaszok ideje. Lehetővékony, rugalmas és öntapadó egyben. Érzékeli a lázat, a bőr nedvességtartalmát, valamint egyéb tüneteket. Koreai kutatók pedig még tovább bővítették a tapasz alkalmazásának palettáját: az általuk kifejlesztett tapasz nem csupán a probléma megállapítására alkalmas, hanem egyidejűleg a megfelelő adag gyógyszer is bejuttatja a bőrön keresztül a beteg ember szervezetébe. A koreaiak első modellje észleli például a Parkinson-kórosokra jellemző remegést, s bizonyos küszöbszint elérésénél a megfelelő hatóanyagot adagolja. A kutatók véleménye szerint ez a rendszer sok beteg ellenőrzését és kezelését teszi egyszerűbbé, észrevétlenebbé, kényelmesebbé.

Már az elektromos tapaszt megelőző időszakban sokan használnak fitness karkötőt, pulzusszámmérőt vagy minitelefont aktivitásuk, illetve alvásuk ellenőrzésére. A kis készülékek észlelik és tárolják a lépésszámot, karmozgást, s ezt kiértékelve megállapítanak egy bizonyos aktivitást, sokszor pulzusátlaggal megjelölve. Az orvostudomány is egyre gyakrabban alkalmazza a hordozható érzékelőket a betegek állapotának ellenőrzésére. Ezeknek a betegeknek azonban eddig számolniuk kellett a készülékek alkalmazásával járó bizonyos hátrányokkal: merevek, viselésük akadályoz bizonyos tevékenységeket és ráadásul nem helyezhető el bárhol a testen. E hátrányok miatt sok mozgást, élettani paramétert nem is mérnek kielé-

gítően. Léteznek persze rugalmas, bőrre ragaszható tapaszok, melyek ugyancsak adagolják a gyógyszert, ezek azonban előre beállított gyógyszeradagot juttatnak a beteg bőrére át a szervezetbe, mert nincsenek felszerelve a megfelelő érzékelővel.

A szöuli Basic Science Intézet kutatói – Donghee Son és kollégái – ezért most a kettő kombinációját hozták létre. Az általuk újonnan kifejlesztett érzékelő tapasz nemcsak vékony és hajlékony, hanem ellenőrzi, felállítja a diagnózist, sőt kezelés is egyszerre. Az elektronikus tapasz lelkei olyan nanorészecskékből és nanomembránokból álló összetevők, melyeket egy tapadós géltapasz mindkét oldalára felhelyeztek. Mozgásérzékelőként szilícium-nanomembránból font háló, memóriaegységként pedig egyfajta titánoxid-„szendvics” szolgál, melybe arany-nanorészecskéket ágyaztak. A kutatók hangsúlyozzák, hogy tetszés szerint változtatható mely érzékelőket alkalmazták adott tapasz esetében.

Különösen alapos kidolgozásra vall az a megoldás, hogy a tapasszal célzottan gyógyszert adjanak be abban az esetben, ha az érzékelők kóros elváltozást, tüneteket tapasztalnak: a tapasz alsó felületén szilíciumból álló nanorészecskék vannak elhelyezve, melyek kis kalitkákhoz hasonlóan a hatóanyagot tartalmazzák. Közvetlenül felettük található egy ugyancsak hajlékony nanodrótokból álló fűtőszerkezet, amely ha az érzékelő egységtől a hatóanyag-kibocsátásra vonatkozó utasítást kap, elkezd melegedni, majd a nanorészecskék leadják „szállítmányukat”, vagyis a beteg szervezetébe hatóanyagot juttatnak. Minél jobban felmelegszik a tapasz, annál több hatóanyag jut a bőrbe, miközben egy hőmérséklet-szabályozó gondoskodik arról, hogy ne történjen égési sérülés.

A multifunkciós tapasz gyakorlati alkalmazását a következőképpen magyarázzák el Son és munkatársai: képzeljük el, hogy egy Parkinson-kóros betegre helyeznek egy ilyen tapaszt. Az érzékelő méri a betegségre jellemző mozgászavar, a remegés mértékét. Laboratóriumi körülmények között bizonyították be, hogy ez valóban működik: a tapaszt egy műszerre ragasztották, mely a Parkinson-kórosokra jellemző remegést szimulálta. A tapasz elektronikus adattárolója összehasonlította a remegést egy korábbi, tárolt remegésmértékkel, s egy adott gyakoriság vagy intenzitás elérésétől kezdve jelez a fűtőszerkezetnek, mely működésbe lép, s a beteg bőrére leadja a megfelelő hatóanyagot a szükséges adagban.

A bemutatott rendszer túlhalad a hagyományos hordozható eszközök hatá-

rán, s képes az eddigi klinikai procedúrák minőségét, hatékonyságát és betegbarát voltát javítani – állítják Son és kollégái.

A multifunkciós tapasz alkalmazási területétől függően az érzékelők és a hatóanyagok variálhatók. Ezen kívül a rendszer még tovább fejleszthető, bővíthető például vezeték nélküli adatátviteli egységekkel, mikroprocesszorokkal vagy elemekkel. Ha mindez beválik, akkor kiválthatják az otromba, karra erősíthető műszereket, nyakba akasztható orvosi szerkezeteket – elegendő lesz a szinte láthatatlan, rugalmas multifunkciós tapasz.



(2013. szeptember 11.)

ZÖLD FOLYÓSÓ A SAHARÁBAN

A Szahara alatt ősi folyók és a maradványaik rejtőznek, melyek valaha zöld folyósóként szolgáltak a felszínen őseinknek ahhoz, hogy elhagyhassák Afrikát. Egy új klímamodell arról ad képet, hogyan nézhetett ki a táj nagyjából 100 ezer évvel ezelőtt, és ebből arra a következtetésre jutottak a kutatók, hogy a korai emberek a szubszaharai Afrikából nyugat felé mentek, követték egy nagy, termékeny folyórendszert, mely a Földközi-tengerbe torkollott.

Régóta viták tárgya az a nézet, hogy a Szahara útját állta-e a vándorló embereknek észak felé. Egyre több bizonyíték gyűlik azonban össze arra, hogy a 130–100 ezer évvel ezelőtti időszakban, az utolsó interglaciális idején a jelenlegi sivatag területén és a szomszédos vidékeken megnőtt a csapadékmennyiség. Oka pedig az volt, hogy a jelenlegi afrikai monszunzóna az északi féltekét erő erősebb besugárzás következtében jóval északabbra tolódott és a Transz-szaharai-hegység északi lejtőit öntöző esők észak felé folytak le a Földközi-tenger felé. Ezek a vizek potenciális vándorlási útvonalat jelentettek a korabeli embereknek. A dús növényzet és a gazdag állatvilág bőséges élelemforrást nyújtott az embereknek. Mostanáig senkinek nem volt megközelítően pontos elképzelése arról, hogy mennyi víz lehetett ezekben a folyókban, mikor és hova folytak és milyen messze nyúltak be a sivatagba. Tom Coulthard és munkatársai (University of Hull) kidolgoztak egy klímamodellt az utolsó interglaciális időszakra, hogy választ találjanak ezekre a kérdésekre. Há-

rom folyó nyomvonalát sikerült rekonstruálniuk, melyek közül a legnyugatibbi, az Irharhar tűnik a legígéretesebb jelöltnek. E folyó a jelenlegi tunéziai és algériai határ vidékén haladt északnak mintegy 800 kilométeres hosszúságban. Miután őseink elérték a tengert a folyó mentén, keletnek haladtak tovább, a Nílus deltavidéke felé, majd eljutottak a Közel-Keletre. Akik a másik két folyó vonalát követték, nagy valószínűséggel igen kellemetlen környezetben találták magukat, mivel azok a vízólyások elhaltak valahol a mai Líbia középső vidékein, mely akkor is igen száraz volt.

A kutatók olyan módszert alkalmaztak a korabeli csapadékvizonyok becsléséhez, amely figyelembe veszi a légkör-óceán-tengeri jég-bioszféra cirkulációs modellt. Ez realiztikus képet ad arról, hogy az afrikai monszun legalább 700 kilométerrel északabbra éreztette a hatását, mint napjainkban. Ez a monszunhatás érvényesült a Tíbeszti- és az Ahaggar-hegységig. A számítások szerint a vízgyűjtő hegyvidékeken az éves csapadékmennyiség az 1000 mm-t is meghaladta. Műholdfelvételek is megerősítik, hogy nagyobb folyómedrek húzódnak nagyjából déli-északi irányban a Szaharában, habár ezeket már jó ideje elborította a szél szállította homok. Mivel a vízutánpótlást a monszun adta, márpedig az időszakos, a kutatók úgy számoltak, hogy a folyómedrekben is csak időszakosan folyhatott víz; az Irharharban nagyjából három hónapig és legfőlegbb két hónapig érte el a tengert. A modellszámításoknál figyelembe vették a beszivárgást és a párolgást is. Miután a folyók elhagyták a hegyvidékeket, ahonnan a vízutánpótlásuk származott, útjuk közben már nem vettek föl mellékvizeket. A zöld folyósó szélessége helyenként a 100 kilométert is elérhette. Érdekes módon, bár a két feltételezett keleti folyó, a Sahabi és a Kufrah nagyobb vízgyűjtőről kapott vizet, nincs arra utaló nyom, hogy elérték volna a tengert. A nyugati és a keleti folyórendszerek között mintegy 2000 kilométer a távolság és azon a vidéken aligha élhetett meg ember akár néhány hónapig is víz nélkül. A tengerparton ismét viszonylag kedvező klíma várta az oda érkező embercsoportokat, mert ez a sáv elég bőséges téli csapadékot kapott. Az elméletet támogatják bizonyos régészeti adatok is, mert a nyugati régióban több középső kőkorszaki lelőhelyet is találtak (például nyílhegyeket), a keleti régióban viszont ilyenekről nincsenek ismeretek.

Arra is van bizonyíték, hogy a Szaharában a kérdéses időszakban léteztek tavak is, melyek ugyancsak a részei lehettek ezeknek a migrációs útvonalaknak.

XXIII. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

Benkő József, a nyelvész és a botanikus

FARKAS ORSOLYA

Bethlen Gábor Kollégium, Nagyenyed, Románia

Benkő József 1740. december 20-án az erdővidéki Barcocon látta meg a napvilágot. Édesapja Benkő Mihály lelkész, majd erdővidéki esperes volt. Édesanyja, Hermányi Dénes Judit, aki szintén lelkészcsaládból származott. Tizenegy testvére volt, hárman közülük fiatalon meghaltak, a többiek mind lelkészek, ill. lelkészfeleségek lettek. Benkő József életútját vizsgálva rokona, Benkő Ferenc református nagyenyedi tanár és mineralógus írásából olvashatunk hiteles adatokat, aki amellett, hogy atyafia volt, a botanikában tanítványa is.

Iskolai éveit a nagybaconi református falusi iskolában kezdte, majd Udvarhelyen folytatta, és Nagyenyeden fejezte be. Benkő Ferenc ezekről az évekről azt jegyezte le, hogy kisgyerekek korában, amíg édesapja prédikált, ő a templom ajtajában megbújva hallgatta, jegyzetelte és tanulta a szentírás igéit. A családnév eredetéről azt olvashatjuk Benkő Ferencnél, hogy mielőtt Nagyenyedre jött volna, Ajtai Józsefnek írta nevét, anyai nagyapja után, akit Ajtai Mihálynak hívtak.

Nagyenyedi diákként kitartó és szorgalmas volt, Benkő Ferenc szerint „Nem tanult hosszason, Nagy-Enyeden nem várta be azon időt, hogy az iskolai elsőbbségre kinevezés; még is e rövid idő alatt is annyira tökéletesítette magát, hogy elébb való és öregebb deákokat is tanított kamarába elzárkózva; becsülete is volt mind a tanuló ifjúság, mind a külső uraságok előtt; néha gyalog ment ünnepeken úgynevezett legatiokba, s lovon jött vissza...” [Mikó, 19. o.]

Külföldi továbbtanulását pártfogója, bethleni Bethlen Gergely gróf támogatta volna, ám József betegeskedő édesapja kívánságára hazatért, és 1767 tavaszán átvette a közép-



Benkő József

ajtai parókiát. Egy év múlva feleségül vette Fülei Csoók Mária¹, a középjaitai iskolamester lányát, „kivel boldog házi életet élt, mezei gazdaságot folytatott, papi hivatalát dicséretesen viselte, szorgalmasan olvasott, s jó hireneve és becsülete naponkint növekedett.”

¹ Mikó szerint Csög Mária, de ezt Szabó György megcáfolta.

[Mikó, 26. o.] Házasságukból öt lány- és két fiúgyermek született.

Életrajzírója, gróf Mikó Imre szerint az 1770–1773 közötti periódus volt kibontakozásának ideje, amikor lelkészi teendői mellett a Transsilvaniát írta, és a *Botanica* kötetére füveket és virágokat gyűjtött, Linné rendszerével ismerkedett, és az ötvenévi *Flora Transsilvanica* című fűvészetű könyvet is nagyjából ekkoriban alkotta. [Mikó, 28. o.]

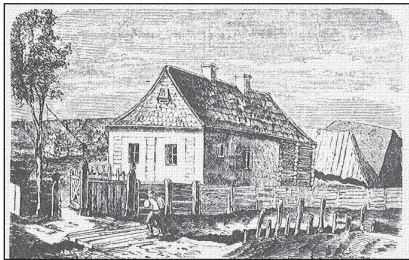
A középjaitai éveket joggal tekinthetjük Benkő életművéből a legtermékenyebb korszaknak, ugyanis akkoriban írta történelmi és fűvészetű művei legjavát. Ezeknek a tervbe vett műveknek csupán a töredékét sikerült kiadnia: a *Transsilvania generalis* és a *Milkovia*, valamint a *Téli Bokréta* című köteteket.

1785-ben élete fordulatot vett, az Erdővidéki Egyházmegye esperesévé választották. 1787-ben Daniel István báró, aki a Székelyudvarhelyi Kollégium főgondnoka volt, tanári állást kínált fel neki. Benkő elfogadta az ajánlatot, és a kollégiumban retorikát, teológiát, történelmet, földrajzot, természetismeretet, hébert, görögöt is tanított, egyszóval vérbeli polihisztornak bizonyult.

Nagy tisztelője, Mikó Imre így jellemzi a sokoldalú tudóst: „Társalgási modora nyájas, tréfás és előzékeny, sőt általában oly emberbecsülő volt, hogy midőn valakivel találkozott: senki őt a köszöntéssel meg nem előzhette; a mint mondani szokta volt, amaz elvette: sis omnibus suavis, nemini gravis, paucis familiaris.” [Szabó, 23. o.]

Idős korában középjaitai birtokára visszavonulva féltő gondokkal kialakított, hat-

² Légy mindenkivel kedves, senkivel gorbóba, néhányakkal barátai.



Szülőháza Bardocon

száz növényt számláló botanikus kertje közelébe tért meg. Élete során számos művet adott ki ugyan, de sajnos erdélyi alkotóként és tudósként nem került be az európai körforgásba. Mikó Imre feljegyzéseiből olvashatjuk, hogy egyetlen művéért sem kapott anyagi honoráriumot, mindössze néhány tiszteletpéldányt. A sors iróniája, hogy pont akkor érte a szerencse, amikor már nem számított rá. Botanikai kutatásai során rájött arra, hogy a kordovánbőr megmunkálására Havasalföldről importált drága szkumpia (*Rhus cotinus*) helyettesíthető az erdélyi kertekben is megtalálható ecetfával (*Rhus coriaria*). E felfedezését hamar le is jegyezte, és a nagyszabedényi főkörmányzósággal közölte, akik vállalták a kis könyvecske kiadását. A könyvecske 1796-ban jelent meg Kolozsváron. Felfedezéséért az udvar 20 aranyat nyomó aranyéremmel jutalmazta, és könyvét németül is megjelentették.

1793-ban Kőpecen kapott lelkészi állást, sajnos ezekben az években az alkohol rabjává vált. Valószínű, hogy az alkohol hatása alatt kezdte elveszíteni ítélőképességét, akorkoriban ugyanis többször figyelmeztették a felettesei törvénytelen esketések miatt.

1798-ban kénytelen volt visszaköltözni Középpajtára, ahol továbbra is folytatta a törvénytelen esketések, amiért megrovásképpen megvonták a fizetését. 1803. február 7-én kétévi fogságra ítélték, később az ítéletet pénzbírságra enyhítették. 1804–1805-ben öt újabb panaszt nyújtottak be ellene, emiatt az egyház kénytelen volt újra megfeddni: megvonták a nyugdíját. 1805-ben, felesége halálát követően átköltözött József nevű fiához, ahol írással és gyógynövénygyűjtéssel, illetve előadások tartásával foglalkozott. 1812-ben ismét panaszt nyújtottak be ellene a törvénytelen esketések miatt, 1813. február 28-án életfogytiglani börtönbüntetésre ítélték. A főkörmányszékről utasítás érkezett, hogy adják tudtára az ítéletet, de hagyjanak időt neki törvényes védelemre. Mikó szerint a bírók is sokallották az ítéletet, előrehaladott korára való tekintettel abban reménykedtek, hogy talán nem kell bebörtönözniük. 1814. december 28-án átment József fia szobájába, ahol a tűznél melegebben gyomorfájdalomra panaszkodott, hirtelen rosszul lett, fia után kiáltott, és annak karjában érte a vég.

Szemelvények botanikai munkásságából

Teológiai, történelmi és egyháztörténeti írásai külön tanulmányt érdemelnének, ezért a továbbiakban botanikai és nyelvészeti munkásságára térek ki. Különösnek tűnik, hogy egy tudós, aki főleg történelmi kutatásokkal foglalkozott, hogyan lett botanikus. A két kutatási terület összefonódik, ugyanis gyakran kellett botanikai ismeretek birtokában állniuk azoknak a kutatóknak, akik történetíráshoz kezdtek. Benkő rájött arra, hogy Erdély rendkívül gazdag flóráját addig még nem kutatták elég alaposan, ugyanakkor nagy tisztelője volt a természetnek, főleg a növények büvölték el, egyik levelében így ír: „Mert gyönyörűséges dolog, a nálunk önként termő Fákat és Fűveket látni és esmérni”. [Éder, 25. o.]

Már az 1778-ban Bécsben kiadott *Transsilvania sive Magnus Transsilvaniae Principatus* című könyvében megemlíti, hogy senki sem tárta fel Erdély növényvilágát, ott csak két növényosztályt mutat be, az erdei és a természetett fákat, illetve a vadon termő és a természetett fűveket, de utal arra, hogy hamarosan kinyomtatják a *Flora Transsilvani-Sicula* című munkáját. Sajnos erre nem került sor és a kézirat is eltűnt. De a *Transsilvania*-ban ő jelöli magyarországi munkában a növényeket a Linné-féle binominális elnevezéssel. [Éder, 26. o.]

A pozsonyi Magyar Hírmondóban publikált, 1780. november 10-én keltezett levelében azt olvashatjuk, hogy: „Sokat fáradtam, megvallom, tíz esztendőktől fogva, s kevés jövedelemhez képest, magam megerőltetéssel is költöttem utazó alkalmatosságá-



A középpajtai református templom

imra, az esmeretlen hegyeken, havasokon, és egyéb helyeken vezető emberekre, s több e félékre, hogy kitanulhassam, és úgy írhasam le magamlátásomból minemű Fái és Fűvei teremnek Erdélynek [...] igyekeztem,

hogy az a féle fűveknek, mellyek az én lakásom földjén nem termenek, vagy gyökereiket, vagy magvaitak hozzam [...] és természetem kertembenn: az hol is illy móddal már a Fűvek számát hat százig felszaporítottam...” [Éder, 27. o.]

1773-ban az erdélyi főkörmányzószék körlevelet bocsátott ki a gyógynövények és ásványvizek feltérképezésére. Erre Benkő jelentést írt, hogy már elkészített egy ötvenívnyi fűvészkönyvet magyar nyelven



Középpajtai falukép

Linné rendszere szerint, továbbá megemlíti azt is, hogy ki szeretné adni a *Flora Transsilvanica*-t, ha erre támogatást kapna. Sajnos nem részesült támogatásban, de 1775 januárjában felkérték, hogy tartson botanikai előadásokat Szebenben és Brassóban gyógyszerészek számára. Ezt felterjesztették a bécsi udvarhoz, amely azt ajánlotta, hogy jobb lenne, ha a kolozsvári egyetemen tanítana Benkő fűvészetet, és katedrát kínáltak neki. Erre nem számított, nehéz döntés előtt állt. Végre elismerték érdemeit, de kétségek győttörtek, vajon helyt tudna-e állani? Feltette családját, ezért nem fogadta el a megtisztelő állást. [Éder, 28-30. o.]

Növénytani munkáit 1773–1781 között írta. Ezek a következők:

- *Flora Transsilvanica* (kiadatlan, a kézirat eltűnt);
 - *Scintilla botanica* (Fűvészeti szikra), 1776-ban terjesztette fel a főkörmányzó székhez, később elveszett;
 - *Transsilvania sive Magnus Transsilvaniae Principatus* I. kötet (az említett növénytani résszel), Bécs, 1777;
 - *Téli bokréta* (Cserei Miklósné Tornyai Borbála temetésére 1777-ben írt gyászbeszéd), 1781-ben jelentette meg;
 - *Nomenclatura Botanica*, Magyar Könyv-ház, I. szakasz, Pozsony, 1783;
 - *Nomina Vegetalium*, Magyar Könyv-ház, II. szakasz, Pozsony, 1783.
- Két kis füzetecskéje később jelenik meg, a másodikért kapta az egyetlen anyagi elismerést:
- *Középpajtai Dohány*, melyet némes Erdély országgyűlése alkal-

matosságával Kolozsvárra eladni küld. Nagyszében és Kolozsvár, Hochmeister, 1792.

- *A Közép-Ajtai Szkumpia, vagy esmeretesebb néven etzeta és annak Kordovány-bőr készítésére való haszna.* Kolozsvár, 1796.

Benkő József munkássága nemcsak azért fontos, mert először alkalmazta magyar nyelvterületen a Linné-féle binominális elnevezést, hanem azért is, mert számos ma is használt növénynevet vett át a népi elnevezések alapján, illetve ezek híján ő alkotott új neveket.

Földi János³ 1793-ban megjelent *Rövid kritika és rajzolat a magyar fűvésztudományról* című munkájában 32 növénynevet tulajdonított Benkőnek, Éder Zoltán 1978-ban megjelent, Benkő József nyelvészeti munkásságát bemutató könyvében már 60 növénynevet sorolt fel. Újításai közül egyese- ket ma is használunk: *akácfa, fűzény, őszike, paradicsom(alma), pityóka, vadgesztenye*, mások ma is névváltozatokban élnek, mint galóca(gomba), *gyermekláncfű, hóvirág, pappusvirág*. Sajnos megint mások mára már eltűntek, mint a *démulka, emreke, gomborka, körköly*. [Éder, 76. o.]

A repkény elnevezés is tőle származik, a *Nomenclatura Botanica*-ba nem is foglalta be, mert azt hitte, tájszó, amit a csikiak használnak. Ott *Fai Borostyán*-nak nevezi, de az 1784-ben Kazinczy Ferencnek címzett levelében ezt írja: „A’ mi illeti a *Hedera Poeticát*, [...] annak *Repkény-fa* nálunk az ő neve, úgy tetszik, az egyéb fákra való fel-folyásáról [...] Székely földünkön mindenfelé ismeretes nevezet”

Érdekességként említhetjük meg, hogy Benkő volt az, aki *Pápai Páriz Ferenc* szótárából vette át a farkasrépa (*Aconitum napellus*) nevét, mint *Katika répjája fű*, amely aztán *Diószegi Sámuel* és *Fazekas Mihály Magyar Fűvészkönyvében* Katika sisakvirágként jelenik meg, és csak a múlt század végén mutatott rá *Borbás Vince*, hogy Pápainál nyomdai elírás lehetett, a növény akkori neve valószínű, hogy *Patika sisakvirág* volt.

A *Nomenclaturában* csak 21 gombanévvel találkozunk, egyese- ket mint *Bozsa-fa gomba, Ránczos Sárga Gomba, Bagoly Gomba, Tövises hasú Gomba* vagy *Büdös süveges Gomba* már nem így nevezünk tudományosan, de fennmaradtak a következő elnevezések: *Kenyer Gomba, Keserű Gomba, Tshiperke Gomba* vagy *Pöffeteg*. [4, 431–432. o.]

Botanikai munkássága megérdemelne, hogy az utókor elismerje, akárcsak nyelv-

újítói érdemeit, mint ahogyan azt Kazinczy tette, aki az 1816-os erdélyi körútja során Nagynyeden megtisztelő figyelemmel érdeklődött a sokoldalú tudós művei iránt.

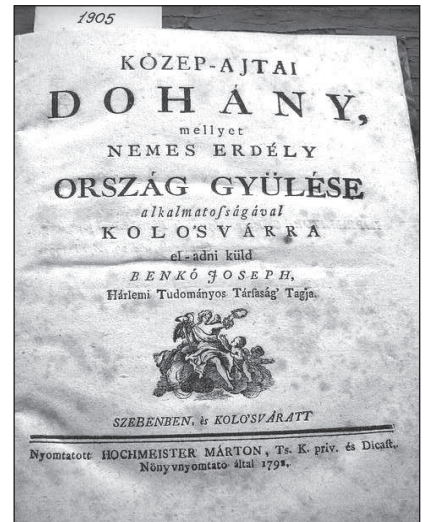
Élete utolsó szakaszáról Zeyk János irásából ismerhetünk meg részleteket, aki 1810-ben látogatta meg Középjáttán a tudóst. Benkő zavarban volt, mert nem készült fel grófi látogatásra, és lenge öltözékére hivatkozva így szabadkozott: „*Aspectus minuit famam*” (azaz a látvány csökkenti a hírnevet). Zeyk így jegyezte le a találkozás emlékeit: „*A tisztas öreg fejét nyírt ősz haj fejejtette, kopaszság nélkül. Elviselt szederjes köpönyeg felöltve borítá száraz középtermét. Lábán avatóg csizma vala. Belruháit akkor nem látók. Több ismeretlen plántanemet mutata, s mindenikre tudományos jegyzeteket tón. Egy sáte nevű plántát leszakasztván, általada nekem, hogy gyökérmédvét szívja kóstoljam. Igen fűszeres ízű volt*”. Benkő behívta szobájába és pálinkával kínálta: „*Régi magyar szokás szerint rám köszönt vele eme szomorú szavakkal »Nincs egyebem!« Csak azért, mert Benkő Józsefé volt, ittam egy kortyot [...], s ize örökre nyelven maradt. Tudakozódván állapotjáról, széttárta köpönyegét, csak inget s lábravalót látánk, az öreg sóhajtvá mondá: »Nincs nad-*



Benkő József sírja

rágom. «Mély sóhajtással szorítám meg a kezét az öregnek: »Tisztelendőség fordgatta a szent könyvet; ritka idő, ritka haza becsüli eléggé nagyfiát.« [...] Mikor elkövetkezett a búcsúzás, Benkő így szolt: »Emlékezzék reám! Mi tán nem fogjuk látni többé egymást az életben – én felső országba sietek.« Tán csak nem, ily agg korban? – kérdém hirtelen. Ő az égre mutata: »Vaj igen, a felső országba megyek nemsokára.«» [Szabó, 23–24. o.]

Sajnos kortársai sem ismerték el tehetségét, temetésén szerény gyülekezet vett részt 1814 decemberében, a környék papsá-



A dohányról írt könyvének első oldala

ga nem jelent meg. A helyi lelkész a következő ígét választotta temetési prédikációjához: „*Jóllehet a lélek kész, de a test erőtlen.*” Az 1927-ben felújított sírján a következő felirat olvasható: „*Középjáttai Benkő József, református pap és tanár; jeles hazai történetíró, a Haarlemi Tudós Társaság tagja. 1740–1814.*” Gróf Mikó Imre, ezekkel a szavakkal zárja a Benkő-életrajzt: „*Némuljon el sírjánál a zaj; kortársainak, akik őt félreismerték s gyöngeségeiért nagy érdemeit elismerni vonakodtak, utódai zárandokoljanak sírhához, kérjenek engesztelő bocsánatot megbántott emlékezetétől! A sár és kő, melyeket rövidlátás és irigység rádobált; a tövis és tör, melyeknek szúrásával végzetes balsorsa szívét kétségbeesésig vitte, váljanak az ő emlékkövévé, s őrizzék e földön emez egyszerű férfiúnak a halhatatlanság honába szállt szellemalakja emlékét, míg a nemzet gondoskodó figyelme neki is érdemlett oszlopot emelend.*” [Mikó, 235–236. o.]

Az írás diákpályázatunkon a Simonyi Károly alapította Kultúra egysége kategóriában I. díjat kapott.

Irodalom

Mikó Imre: Benkő József élete és munkái, Ráth Mór Bizománya, Pest, 1867

Éder Zoltán: Benkő József nyelvészeti munkássága és az Erdélyi Magyar Nyelvművelő Társaság, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1978

Szabó György: Benkő József és Transsilvaniája, előszó (Benkő József: Transsilvania specialis – Erdély földje és népe, Fordította, bevezető tanulmánnyal és jegyzetekkel közléstesi Szabó György, Kriterion Könyvkiadó, Bukarest–Kolozsvár)

Benkő József: *Nomenclatura Botanica*, Magyar Könyv-ház, I. szakasz, Pozsony, 1783

3 Földi János (1755–1801) orvos, természet- tudós, nyelvtudós, költő. Bírálata alá vette az akkor ismert magyar növény- és állatneveket, behatóan tárgyalta eredetüket, és javasolta sok név kicserélését vagy javítását, újak alkotását.

Bezdán vizei

KAPITÁNY SZABOLCS

Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja

„Az ember csupán vékony szál az élet szövedékében.
Bármit igazít rajta, magának teszi.
Amerikai törzsfőnök, Seattle”
Morgan, Marlo: Vidd híret az Igazaknak.

Napjainkban gyakran kerülnek előtérbe a klímaváltozás problémái, de ezzel összefüggésben az édesvízkészletek – az ivóvíz – megóvása és az elsivatagosodás kérdésköre is megoldásra vár. A Kárpát-medencét ilyen szempontból külön érdekfűző övezi, és sajátos feladatok jellemzik.

sokaságával van körülveve. Így van ez már a régi idők óta: nyugatról a Duna, északról a Baracskai-Duna, délről a Kalandosi-Duna és a Duna Kis-Duna nevű mellékága, keletről pedig a Kígyós-vízfolyás határolják.

Battyán falut – helyén jelenleg Bezdán van – az első okirat 1305-ben említi. Annak

mellett kialakult 1742-ben Bezdán falu. 1765-ben Bezdán faluról és pusztáról jelentés készült: „A mai Bezdán falu nevét a nyugati szélén elhúzó folyócskáról vette, melyet ennek a falunak uradalmi alattvalói 40 forint árendáért halászatra használnak. Ennek a földbirtoknak a falutól északra eső része gyöngye minőségű, csupa víz és mocsárból áll, és mivel itt a Duna csekély nádasban vész el, úgy csak egykét magasabb helyen lehet juhokat legeltetni vagy füvet kaszálni, mikor azonban a vízszint megnő, ezt az egész földterületet víz árasztja el, tehát megművelésre nincs semmi remény...” – olvashatjuk Balla Ferenc munkájában. A királyi kamara költségén épült új töltésút Bezdán és a Sebesfok között 1784-ben már állt. Még használták az Ó-hidat, de a Bezdán-vízen már állt az Új-híd, valamint a Sebesfokon az ugyancsak Új-hídnak nevezett objektum. „A Duna-szabályozás első munkálatai Bács-Bodrog vármegyében 1820-ban kezdődtek. A hajóút megrövidítését kívánták elérni. A munkálatok főleg a Duna Baja és Apatin közti szakaszán folytak” – írta Balla Ferenc a Duna itteni szakaszának szabályozásáról.

A magas dunai vízállás miatt 1822-ben gátszakadás történt Monostorszegnél. Már akkor felmerült annak a gondolata, hogy a



Bezdán és környékének műholdas térképe, a kép bal oldalán a Duna látható

Egyrészt azért foglalkoztat, mert itt, ezen a vidéken élek, másrészt az itt alkalmazott megoldások és átgondolt beavatkozások a Föld számos részén használhatók lehetnek. Innen táplálkodik azon meggyőződésem, hogy a dolgozatomban leírt hidrográfiai értékek egyetemes kincseknek tekinthetők.

Az emberi kultúrák kialakulása, majd a későbbiekben azok fennmaradása, minden kétséget kizáróan, csakis kellő mennyiségű víz jelenlétének függvényében képzelhető el. A mindenkor folyók, tavak, patakok partján létrejövő települések és azok lakói rendkívül szoros és egyben meghatározó kapcsolatrendszerben éltek és élnek mindennapjaikat környezetükkel: a víz meghatározta életmódjukat, gazdálkodásukat, befolyásolta gondolkodásukat.

Szülővárosom Bezdán – a magyar, horvát és szerb hármastárterületében – vizek

ellenére, hogy a zombori náhije 1579. évi defterében is szerepel Bezdán falu, később ez is elnéptelenedett.

A XVIII. század elején találkoznunk újból a Bezdán névvel, amelyet akkor egy folyóra és egy a körüle elterülő pusztára használtak. „A XVIII. század harmincas éveiben halászcsaládok telepedtek le a Bezdán pusztán. Zala és Somogy vármegyéből érkeztek” – jegyezte fel könyvében Balla Ferenc. Néhány további fontos esemény Bezdán kiépüléséről. A vármegye 1737-ben a dunai révhez tartó töltésút építésébe kezdett a Bezdán-víz és a Sebesfok között, a Bezdán-víznél 60 öl hosszú fahíddal. A Bezdán-víz



A Baracska részlete

Ferenc-csatorna építését Bezdánig kellene folytatni, és ott össze kellene kötni a Duna fő ágával.



A mindkét végén lezárt holtág neve Döglött-Baracska

Holtágak Bezdán környékén

Környékünk egyik legnagyobb holtága a Baracska. A Duna medrének megváltoztatásával jött létre. Ez egy zárt víztest, amely elsősorban a környező termőföldek vízellátására szolgál, valamint halászatra.

A Baracska csak kezdete annak a valamikori Duna-ágnak, amelyet több részre oszthatunk. Utána következik a Döglött-Baracska, amely teljes mértékben elzárt a Baracskától, így a Dunától is, tehát tulajdonképpen állóvíz. Ezen a részen számos hétvégi ház található. Ha a tó másik végére érünk, akkor megérkezünk a Sebesfokhoz, ahol a zsilip található. A Sebesfok nevét onnan kapta, hogy a Duna akkori ága nagyon keskeny volt, és gyors folyású. Így érkezzük el a következő holtágakhoz: a Korlátoshoz és a Vajashoz (első vizek), amelyek szintén a Duna medrének alakításából származnak. Ezek is a termőföldek vízellátására szolgálnak, valamint turizmusra. A Korlátos északi részén található egy töltés, amely elválasztja a Ferenc-csatornától, jelenlegi nevén Veliki Bački Kanal-tól, azaz Nagy-Bácskai csatornától.

A Korlátos-Sebesfok-tó a Bezdán-sziget területéhez tartozik, amelynek területe 1690 hektár. Közvetlenül a *Felső-Dunamente természetvédelmi terület* mellett fekszik nagy öko-turisztikai lehetőségekkel. A Korlátos jobb partján több mint 100 hétvégi ház található.

A tó szabálytalan alakú és változatos mélységű (legmélyebb helyen 10 méter). Ez a terület a dunai terasz vízterületén található, amire jellemző a viszonylag alacsony földterület és a nagyfokú csatornázás, mint ahogy azon területekre, amelyek rétek (mocsarasok), mivel ezek a földrészek sokszor voltak víz alatt még az első védelmi vonal kiépítése előtt a magas dunai vízállásokkor.

A Korlátos-tó olyan mélyedés, amelynek nincs közvetlen kapcsolata más vizekkel, és amely föld alatti forrásból táplálko-

zik. Feltételezzük, hogy a tó nagy mélységből kapja a vizét. A növényzetnek közvetlen a kapcsolata a talajvízzel és a talaj menti vízzel. A csatornák tele vannak lerakódott iszappal, a folyamatos feltöltődés átalakítja az élőhelyi jellemzőket, és hatással van a növény- és állatvilágra. Pillanatnyilag a legnagyobb problémát a Korlátos csatornájának eliszaposodása jelenti. A tónak ezen a részén a folyamatok nagymértékben negatívak akkor, amikor alacsony a vízállás és meleg a levegő, mert

ez nagyon rossz hatással van az ökoszisztémára. Ilyenkor megindul az algák szaporodása, amely a víz oxigéntartalmát jelentősen csökkenti: a köznyelv vízvirágzásnak nevezi



A Korlátost és a Nagy-Bácskai csatornát elválasztó töltés, amely mentén számos szép ház épült

a folyamatot. Megoldás a mederkotrás: eredményei a tó és a környéke vízjellemzőiben és értékeiben látványosan jelentkeznek.

A Korlátos olyan többszörösen összetett mozaikterület, amely többféle ökoszisztémát ölel fel: a mocsári, vízi, mezei, bokros és erdei élőhelyek együtt különleges egységet képeznek. A területnek gazdag és érdekes a növény- és állatvilága: például fehér tündérrózsa, vízitök vagy sárga tavirózsa, számos vízimadár és hal. Veszélyeztetett fajok többek között a réti sas, a fekete gólya és a vadmacska.

Ferenc-csatorna (Duna–Tisza-csatorna)

A győzelemmel végződött zentai csata (1697) után a török kitarodott Bácskából. A nagyrészt lakatlan területű, mocsaras vidéken az 1720-ban végzett összeírás szerint Bács és Bodrog vármegyék lakosainak száma összesen 32 000 volt. Mivel nem maradtak fenn régi iratok a pontos beosz-

tásról, a két vármegyét 1786-ban Zombor székhellyel egyesítették.

Udvari kezdeményezésre megkezdődött a gyéren lakott vidékek újratelepítése. A birodalom területéről magyarok, svábok, szlovákok, ruszinok érkeztek. A telepeseknek élettérre volt szükségük, amit a mocsaras vidék nem tudott biztosítani. *Kiss József* kamarai mérnök feladatul kapta a felszíni vizek lecsapolásának megtervezését a Bácskában. Első terve egy Verbásztól keletre húzódó csatorna volt, amellyel 1785-ben lecsapolta a Kúla környéki vizeket a Tiszába. Felbátorodva a sikeren, 1786-ban javaslatot tett a csatorna meghosszabbítására Ószivácig: ez a csatorna – beváltva a hozzá fűzött reményeket – 1787-ben elkészült.

A Duna és a Tisza összekötésére először 1789-ben *II. József* császárnak Schönstein budai kamarai mérnök tett javaslatot. Mellette mások is készítettek terveket. E tervek egy Pest és Szolnok között húzódó csatorna építését irányozták elő. A csatornának négy különböző nyomvonalat is terveztek. Ezeket a terveket a bécsi udvar végül nem fogadta el.

A Kiss fivérek 1791. december 12-én nyújtották be tervüket *II. Lipót* császárnak. Korábbi méréseik alapján megállapították, hogy a Duna szintje mindig magasabb a Tiszáénál. Részleteiben kidolgozott és feldolgozott tervüket figyelembe vették, engedélyezték a kivitelezést. Az elaborátum szerint a Monostorszegtől Bácsföldvárig húzódó 110 kilométer hosszú csatorna 158 kilométerrel rövidítette le a vízi utat. A terv megvalósítása, valamint a beruházók kinevezése körül hosszas vi-

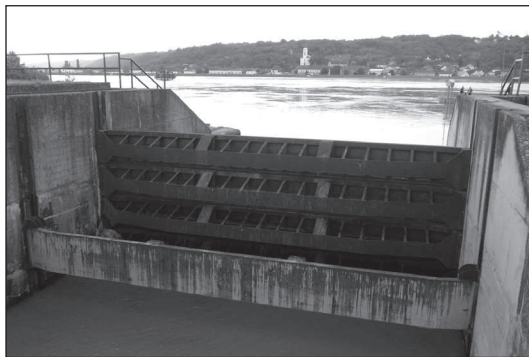


A Korlátos vízfelülete

tára került sor. Időközben *II. Lipót* elhunyt. Helyét *II. Ferenc* foglalta el, aki 1793. március 27-én jóváhagyta a munka megkezdését. A csatornaépítés hivatalosan 1793 májusában kezdődött, műszaki átadására 1801 júliusában került sor. Az Udvari Kamara 1801. augusztus 20-án fogadta el a jelentést a munkálatok befe-

jezéséről. A csatorna ünnepélyes megnyitására 1802. május 1-jén került sor. Kiss Józsefet az építkezésben fellépő bonyodalmak miatt már korábban eltávolították a vezetésből, és az ünnepségre meg sem hívták. A korábban beígért javadalmi is elmaradtak. Később Kiss Józsefnek a bíróság csak hosszú pereskedés után hagyott jóvá 25 000 forint végkielégítést.

II. Ferenc császár 1807-ben Bácskába látogatva megtekintette a csatornát, és Zombortól Verbászig lehajózott. Az elkészült Ferenc-csatorna a tervezett egymillió helyett négy millió forintba került, de húsz nappal lerövidítette a bányászi búza és az erdélyi só útját Bécsbe. Hatalmas forgalom zajlott a csatornán, több ezer teherhajó és dereglye haladt át rajta illetékfizetés mellett. A csatornával szinte mindenki jól járt: a részvényesek négy millió forintos befektetése negyed század alatt húszmillió tisztja jövedelmet hozott. A táj természeti képe teljesen átalakult: a száz-



Az áteresztő hajószilip madártávlatból

követelményeinek. A 25 éves koncessziót élvező részvénytársaság – különösen a kedvezményes bérbeadás lejártának vége felé – a karbantartást elhanyagolta, ezért a hajók csak kis merüléssel, kevesebb rakománnyal közlekedhettek. A jobbításra különböző javaslatok születtek, például a már említett 1822-es monostorszegi gátszakadás utáni elképzelés, hogy a Ferenc-csatorna építését folytassák Bezdánig, és ott kössék össze a Duna fő ágával.

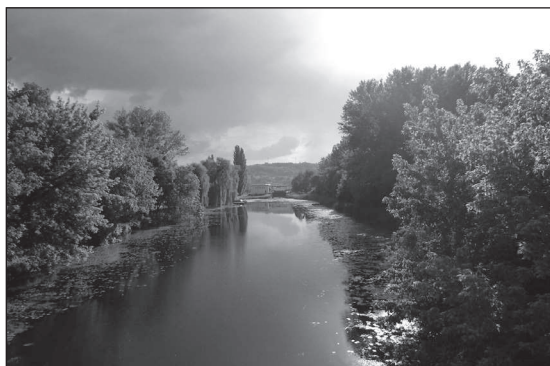
A 25 szabadalmi év lejártával a kincstár visszavette birtokait, a csatorna azonban továbbra is a hajózási társaság kezelésében maradt. Az állam nem tudott dönteni az átvételről. Kiküldte gróf Zichy Ferencet, hogy vizsgálja meg, érdemes-e a kincstárnak fenntartania a csatornát, vagy inkább a meder betemetése len-

Korlátosnak neveznek, nemcsak a csatornát, hanem a falut is és az Öreg-szigetet is védte az árviztől. Az építkezés 1846-ban kezdődött, és 1850-ben fejeződött be.

Manapság a Ferenc-csatorna ismét igen elhanyagolt állapotban van. Jugoszlávia megszűnését követően Bácskában sok minden átalakult, így a csatorna vízi közlekedésben betöltött szerepe jelentősen megváltozott. Önmagáért beszél az a tény is, hogy egyes szakaszain annyira szennyezett, hogy szinte teljesen kipusztult élővilága...

A Ferenc-csatorna dunai áteresztő hajószilipje

Az objektum a maga korában műszaki újdonságnak számított, ugyanis Európa első olyan betonépítménye volt, ahol betont használtak a víz alatti építkezéshez. Az új építészeti eljárásról így tudósított a Magyar Néplap: „*A beton olyan keverék... mely eleinte lágy, de mindinkább megkeményedik a vízben, s egy év alatt olyá lesz, mint a legszilárdabb gránitkő, amelynek színét is magára ölti. Ilyen anyaggal megtöltött vasládákat süllyesztett Mihálik úr a víz alá, hol a vasládák arra alkalmazott egyszerű gépezet által maguktól felnyíltak, kiürítették a lágy anyagot, mely természeténél fogva mindinkább megszilárdult, s úgy egybeforrott egymással, hogy midőn a kész medencéből a vizet kiszivattyúzták, úgy tetszett, mintha egy darabból lenne az egész roppant teknő kivája.*”



A torkolati hajószilip madártávlatból

húszezer hektár ármentesített területen a mocsaras föld termőre fordult, a föld ára négyszeresére-ötszörösére emelkedett. A 110 kilométer hosszú, 18,60 méter szélességű, 2 méter vízmélységű vízi út munkálatainak finanszírozására jött létre vidékünk első nagy tőkés vállalkozása is, a Ferenc-csatornai Királyi Szabad Hajózási Társaság.

Kiss József 1813-ban Zomborban halálozott el, mindenkitől elfeledve. Kora méltánytalanul bánt vele, majdnem az utókor is. Óhajára saját szólejében temették el Verbásznál, a csatorna partján, a Telecskaidombok egyik olyan magaslatán, ahonnan szép kilátás nyílik élete főművére. Siremlékét is maga tervezte, amelynek fölrirata szerint Kiss József „*halhatatlanságát a Ferenc-csatorna tanúsítja, de akit mégis holtak mond a márvány*”. Halálának 200. évfordulóján Verbászon emlékünneppel adóztak életútjának és munkásságának, majd megkoszorúzták sírját.

Az 1802-ben rendeltetésének átadott csatorna jelentős áruforgalmat bonyolított le, de mind kevésbé felelt meg a hajózás

ne célszerű. Abban, hogy gróf Zichy Ferenc a csatorna átvétele és kijavítása mellett foglalt állást, döntő szerepe lehetett egy öreg cservenkai sváb parasztgazdának, aki szó szerint így nyilatkozott a grófnak: „*Mindent, amink van, a csatornának köszönhetjük.*”

Az átvételt követően Zomborban külön csatornavezetést állítottak fel, majd a műszaki vezetést a temesvári székhelyű országos építési igazgatóságra bízták. A sok gondot okozó monostorszegi torkolatot még 1850-ben Bezdánba helyezték át, ahol négy év múltán megépítették a Ferenc József torkolati hajószilipet.

A Ferenc-csatorna utolsó, 18 km hosszú szakaszának építésénél *Sztahulyák Endre* mérnök volt a munkavezető. A csatornameder kiásásával nyert földből töltés épült a csatorna jobb partján, a Dunától Monostorszegig. Az új töltés, amelyet ma



A Ferenc József áteresztő hajószilip

A műtárgy hossza 70 m, szélessége pedig 9,40 m. A betonhoz felhasznált cementet is a helyszínen felépített kementékben égették ki. A vállalkozás felkeltette a kontinens szakembereinek érdeklődését is, sokan érkeztek a helyszínre megtekinteni. A költségvetés 800 000 forintra rúgott. Az építmény a Ferenc József nevet kapta. Akár 62 m hosszú és

2 m mély járatú hajók is átkelhetek rajta.

A zsilipet 1856-ban, Martina lovag császári és királyi udvari tanácsos, császári és királyi biztos jelenlétében nyitották meg. A szabad ég alatt istentiszteletet tartottak, majd népünnepély vette kezdetét. A délután folyamán először Schumacher búzakereskedő László nevű hajója haladt át a zsilipen. A feldíszített hajón a legnagyobb bácskai búzakereskedők fiai voltak. Fénykorában 500–600 hajó is áthaladt rajta évente. A zsilip egészen az 1970-es évekig működőképes volt. Jelenlegi állapota szerint a



A Sebesfoki-zsilip észak felől nézve

a Ferenc-csatorna elegendő vízmennyiségét egész éven át, öntözéshez és hajózáshoz egyaránt. Tudta, a hajózható Ferenc-csatorna lehetővé teszi az olcsó áruszállítást, és a kereskedelem is fellendül. 1870-ben megkezdődött a Baja–Bezdáni táp- és hajózási csatorna kiépítése. Bajától kezdődően érintve Bátmonostort, Nagybaracsát, Dávod, Béreg, Küllöd mellett húzódva Bezdánnál a Sebesfoknál torkollik a Ferenc-csatornába. Megépítve itt a zsilipet, szabályozva a víz beáramló mennyiségét és a hajózáshoz szükséges vízszintet.

Igen sokan dolgoztak akkoriban a csatorna és a zsilip építésén, ami nem kis dolog,

mert a szegény sorsú emberek kenyérkereseti lehetősége adva volt. Mivel a Ferenc-csatornát is át kellett építeni, évekig munkát adott az itt élő embereknek. A kitarítás, a buzdító erő, a sikerbe vetett hit Türr Istváné volt.

A bezdáni Sebesfoki-zsilip egymástól 67 m távolságra levő elzárható kapupárból áll. Az alsó kaput a Ferenc-csatornára közvetlen nyíló, jobbról és balról egy-egy 3,5 m szélességű tiltókkal elrekeszthető vízbeeresztő nyílás egészíti ki.

Végre 1875 novemberére elkészült a tápcsaatorna, a zsilip. Mindenki a sikert várta, csak hogy a jól végzett munka után az édes pihenés elmaradt. Közbeszólt a természet. A munkálatok befejeztével egymást követték a csatornát érő természeti csapások. Az 1876. február végén lezúdult árvíz okozta károkat helyre kellett állítani. Pontosabban a Bezdán melletti védgátakat meg kellett erősíteni. 1877 tavaszán ismét árvíz sújtotta a területet. Majd aszályos évek következtek, nagy megpróbáltatás volt ez az itt élő embereknek. Az ebből származó alacsony vízszintek orvoslásának lehetőségét az illetékesek az 1916 tavaszára elkészült bajai – a Deák Ferenc-zsilip melletti – szivattyútelepben látták, ám a próbaszivattyúzás nem hozott elfogadható eredményeket:



A Baja–Bezdáni tápcsaatorna

közeljövőben történő felújítása nem tűr halasztást. Az objektum fontos mint ipari és építészeti örökség is.

A Baja–Bezdáni tápcsaatorna

A vízellátási probléma néhány évtizeddel később újra jelentkezett: ismét nem volt elegendő víz az év minden szakában a Ferenc-csatornában. A hajók nagyon kis teherrel tudtak közlekedni, megcsapant az árukereskedelem is. 1863-ban súlyos aszály sújtotta Bezdánt és környékét, amiről – mint utólag kiderült – tudomást szerzett a száműzetésben élő *Türr István*, délvidék egyik legnagyobb magyarja. Azt írják róla: „*kettős koszorú illeti őt, aki a szabadság katonájából a béke munkásává lett.*” Ő látta be először, hogy a nem elegendő mennyiségű víz a csatornában beláthatatlan következményekkel jár, ha sürgősen nem tesz valaki hasznosat és okosat. Várni kellett, míg e nagy tudású ember amnesztiát kap és hazatér. Ez 1867-ben megtörtént. Türr István kezébe vette szülőhelye és környéke gazdasági fellendítését. Megvolt a jó szándék és a vele járó szervező erő, a természet adta lehetőség, megvolt minden. Megvalósította elgondolását. Tápcsaatornát épített, így biztosította

Sebesfoknál nem emelkedett a vízszint. Így a telep szivattyúit leszerelték.

Ekkorra a Mohácsi-szigetet védő gátak elkészültek, és a tápcsaatorna legsebezhetőbb pontja a Sebesfoki-zsilip maradt. 1926-ban az árvíz annyira megrongálta a zsilipet, hogy a két ország közös meg egyezése alapján megjavították, 1932-re el is készült. Költségeit a Magyar Ferenc-csaatorna Rt. és a Péter-csaatorna Rt. fedezte. Ugyanis a trianoni országhatár kitérésével a Jugoszláviához került Ferenc-csaatornát Péter-csaatornára nevezték át. Az 1956-ban a lefolyt árvíz még nagyobb próbára tette az összes zsilipet, a Deák Ferenc, a Sebesfoki, a dunai-zsilipet, de állták a sarat, igaz 50–60 centiméterrel a víz szintje meghaladta a zsilip legmagasabb pontját Bajánál (csak magasítással tudták tartani a védvonalat). Az 1965-ös árvíz alkalmazásával a műtárgyak a kiépített védvonalakkal együtt megvédték a települést az elöntéstől. Azóta is minden árvíznel sikerült megvédeni az itteni embereket és értékeket.

Utószó

Kétszáz év távlatából újra megállapíthatjuk, hogy Kiss József, Sztahulyák Endre, Mihálik János mérnökök, valamint Türr István és társai örök értékű csatornázási és lecsapolási munkálatokat végeztek. Művük az utóknak alapot teremtett egy új vízrendszer kialakítására és további lehetőséget Bácska déli részének termővé tételére. Ezzel megteremtették az Alföld máig legjobb szántóföldi növénytermesztésű vidékét.

Bízom benne, hogy a szülőhelyemen és környezetemben részben természetes folyamatok és tudatos emberi beavatkozások eredményeképpen kialakult komplex vízrendszer továbbra is a vidék harmonikus fejlődését és az itt élők megélhetését, rekreációját egyaránt szolgálja. ♪

Az írás a Természettudományos múltunk felkutatása kategóriájában a Tudományos Újságírók Klubjának különdíját kapta.

Irodalom

- Bácsország – Vajdasági honismereti szemle 2005. 1. szám, 32. o. és 2008. 1. szám, 44. o.
 Dr. Balla Ferenc (1993): Bezdán története a kezdetektől 1914-ig. Bezdán
 Iványi István (1909): Bács-Bodrog vármegye helynévtára. I-V. kötet, Szabadka
 Kalapis Zoltán (2007): Emlékezzünk régiekről. Zombor
 Volt Bezdániai társasága (1984): Szülőföldünkre emlékezzünk, Budapest
 Internet:
 www.bezdan.org.rs

Égtájak és madárodúk

NAGY ÁRON

Budapesti Fazekas Mihály Általános Iskola és Gimnázium

Hazánkban sok madárfajt fenyeget a természetes élőhelyek pusztulása. Ennek oka a városok, utak, szántóterületek térhódítása és az erdőirtás. Mivel ezeket a folyamatokat megállítani lehetetlen, ezért a felmerülő problémákat inkább csak el-
 lensúlyozni tudjuk. Sok madarunk odúköltő, őket az odúkészítéshez megfelelő faállomány pusztulása fenyegeti a legjobban. Ennek kompenzálására az egyik legjobb módszer a mesterséges madárodúk kihelyezése. Magyarországon a mesterséges odúk négy típusát alkalmazzák a leggyakrabban. Az A típusú odúban költenek a legkisebb odulakó madarak, például a kék cinege, a B típusú odú valamivel nagyobb, a D típusú pedig a legnagyobb. A C típusú odú abban különbözik a többtől, hogy ez olyan madárfajok költőhelye, amelyek nem odúban költenek, de fedett helyre van szükségük tojásaik kiköltéséhez, ezért ez az „odú” az egyik oldalán teljesen nyitott. Természetesen ez a négy típus közismert, de az ornitológusok még többféle más madárodút is alkalmaznak.



Madárodúk kihelyezésre várva

A mesterséges madárodúk kihelyezésének megvannak a szabályai: mérete, röpnílás átmérője, kihelyezés magassági minimuma és maximuma, hova szabad elhelyezni, a nyílás tájolása. Úgy gondoltam, hogy az odúk bármely égtáj felé nézhetnek, viszont a Természetbúvár 2010/6. számában Bankovics Attila szerint: „A röpnílás kelet vagy délkelet felé nézzen, ágak ne takarják!”. A kihelyezéssel kapcsolatban ugyanakkor az interneten olyan elméletet is olvastam, miszerint az odú nyílásának északi irányba kell néznie, mert nyáron a második költési időszakban a kelet vagy dél felé tájolt madárodú nem megfelelő költőhely, sőt nyílásán besüt a nap, és a fiókák elpusztulnak a melegben. Úgy véltem, hogy az interneten található állítás, amelynek hívei melles-



Az odú első lakója

leg valószínűleg nem madarászok, nem igaz. Én tavasz elején két B típusú odút helyeztem ki, az egyik keleti, míg a másik északi irányba nézett, mert így az egyiket a nappaliból, a másikat a szobám ablakából lehetett látni. Így ezek alkalmasak voltak az elmélet helyességének vizsgálatára.

A megfigyelést június 17-én kezdtem. A B típusú odú 12,5 cm × 12,5 cm × 25 cm nyílása 3,4 cm átmérőjű és 2–4 m magasra kell kihelyezni. Ilyen odúkban költ általában a szencinege, a nyaktekeres, a házi veréb, a mezei veréb és a csuszka is. Az odúban már nyolc nappal előbb lerakta tojásait egy-egy tojópár. Az odúkat a kísérlethez szerencsére nem kellett áthelyezni, igaz, nem is lehetett volna, mert ha az odút elmozdítjuk, akkor általában a szülők nem találják meg. Minden nap megnéztem a fészkeket, és leírtam a változásokat, feljegyeztem a legmagasabb, illetve a legalacsonyabb kinti hőmérsékletet, és hetente fényképet is készítettem. A kísérletben részt vevő négy madár szencinege volt.

A szencinege egész Európában és Kiszáziában is megtalálható. A legnagyobb cinegefaj 13–15 cm hosszú. Könnyen felismerhető fekete fejről, szeme alatti fehér pofafoltjáról, sárga hátát kettéválasztó fekete hasi szalagjáról. Háta mohazöld, szárnya és farktolla szürkés-kék. Védett, eszmei értéke: 25 000 Ft. 2011-ben Magyarországon az év madara volt. Egy évben kétszer költ, először tavasszal vagy nyár elején, ha az első költés késik, akkor a második költés is később kezdődik. A tavaszi költés kezdetét a rovarok tavaszi elszaporodásának üteméhez igazítják, hogy a fiókákat etetni tudják majd. Akkor költenek másodszer is, amikor az első költés

nem sikerül, például kevés fióka repül ki, elpusztulnak. Idén késett az első költés, ezért a nyári is eltolódott körülbelül egy héttel.

A fészkezeményeket június 6-án fedték fel a szüleim, míg én Budapesten voltam. A keleti nyílású fészkek száraz pázsitfűvekből és a kutyám kihullott szőréből, míg az északi nyílású inkább mohából és még nem teljesen elszáradt pázsitfűfélékből állt. Június 9-én, illetve 10-én rakták le a tojók a tojásokat. A keleti nyílású fészkeodúban 9, az északiban 8 barnán pettyezett tojás volt. Ugyanazon hónapban 24-én keltek ki a tojások, a keleti nyílású odúban mind a kilenc, az északiban viszont csak 4 tojás kelt ki. Már ekkor jelei voltak annak, hogy az északi nyílású fészkek alj nem lesz olyan jó, mint a keleti nyílású. A két cinegepár folyamatosan etette a fiókákat különböző hernyókkal, szitakötőkkel, legyekkel és más rovarokkal, amiket a kertben találtak. Július 3-án sajnos az északi fészkek összes fiókája elpusztult. Ennek oka valószínűleg az volt, hogy előző nap csak 10 °C volt a hőmérséklet éjszaka, északi szél fújt, és az eső is esett. A szél befújta a nyíláson az esőt, és az odú belülről teljesen átázott, a fészket és a csak félig tollas fiókákat is beleértve. A keleti nyílású madárodú félig csupasz, félig tollas 9 fiókája átvészelt a vihart, és július 11-én kirepült.

A megfigyelés során a keleti nyílású odú fiókáinak 100%-a kirepült, míg az északi nyílású fészkekből csupán négy tojás kelt ki, és a négy fióka el is pusztult a kedvezőtlen időjárási körülmények miatt. Tehát az odú nyílásának megfelelő tájolása nagyon is fontos tényezőnek bizonyult. A kelet felé néző madárodúban nem me-



Tojásoköltés

legednek túl a fiókák, viszont az az odú, amelynek nyílása észak felé néz, nem védi meg a fiókákat az esőtől és a szélétől. A Kárpát-medencében viszont éppen északi az uralkodó szélirány. A legtöbb vihar-

Dátum	É	K	max.	min.	megjegyzés
jún. 17.	8 db tojás	9 db tojás	34°C	18°C	
jún. 18.	8 db tojás	9 db tojás	36°C	20°C	
jún. 19.	8 db tojás	9 db tojás	38°C	21°C	
jún. 20.	8 db tojás	9 db tojás	37°C	23°C	
jún. 21.	8 db tojás	9 db tojás	34°C	22°C	
jún. 22.	8 db tojás	9 db tojás	32°C	20°C	
jún. 23.	8 db tojás	9 db tojás	28°C	17°C	
jún. 24.	8 db tojás	9 db tojás	25°C	13°C	
jún. 25.	4 kikelt, csupaszkok	9 kikelt, csupaszkok	16°C	12°C	Az északi odú fiókái betelepítették a ki nem kelt tojásokat a fészekbe
jún. 26.	4 db, csupaszkok	9 db, csupaszkok	19°C	11°C	
jún. 27.	4 db, csupaszkok	9 db, csupaszkok	21°C	13°	
jún. 28.	4 db, csupaszkok	9 db, csupaszkok	23°C	14°C	
jún. 29.	4 db, csupaszkok	9 db, csupaszkok	24°C	15°C	
jún. 30.	4 db, csupaszkok	9 db, csupaszkok	25°C	14°C	
júl. 1.	4 db, csupaszkok	9 db, csupaszkok	24°C	11°C	
júl. 2.	4 db, csupaszkok	9 db, csupaszkok	27°C	10°C	
júl. 3.	4 db, csupaszkok	9 db, csupaszkok	29°C	10°C	
júl. 4.	mind a négy fióka elpusztult	megjelentek a tollak	32°C	16°C	tegnap este vihar volt, valószínűleg ezért pusztultak el
júl. 5.	—	félíg tollasak	31°C	18°C	
júl. 6.	—	tollasak	32°C	18°C	
júl. 7.	—	tollasak	32°C	19°C	
júl. 8.	—	tollasak	31°C	21°C	
júl. 9.	—	tollasak	30°C	18°C	
júl. 10.	—	tollasak	30°C	17°C	
júl. 11.	—	tollasak	26°C	15°C	
júl. 12.	—	kirepültek	25°C	14°C	

Táblázat a megfigyelési napló alapján

ra jellemző, hogy északi széllel jár, ezért az észak felé néző madárodú fiókái szinte összes nyári viharnak kitétek. A vizsgálat természetesen nem teljesen hiteles, mert több kísérletet kellett volna végezni több madárpárral és -fajjal.

Amióta 2011-ben a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület megválasztotta a széncinegét Az év madarának, azóta egyre többen tesznek ki etetőt, madárodút, esetleg mindkettőt az udvarukban, iskolájukban, ezzel segítve a hazai madárpopuláció megőrzését. A nagy mennyiségű kihelyezésnek viszont lehetnek hátulütői is. Néhányan rossz helyre helyeznek ki madáretetőt, például túl gyenge ágra, ami letörik, ha túl sok madár repül bele, vagy leesik egy nagyobb szélben.



Cinkefiókák

Sokkal többen vannak azok, akik elkezdik etetni a madarakat, és utána rájönnek, hogy nem akarnak egész télen madáreleséget vásárolni, vagy egyszerűen elfelejtkeznek róla, megunták, de a madarak már odaszógtak



Télen igazán szükség van az odúra

az etetőhelyhez, és csak sokára állnak odébb táplálékot keresni. Így nagy esélye van annak, hogy nem találjanak időben elég táplálékot, és néhányuk elpusztul. Szerencsére ma már csak ritkán adnak a kertí madaraknak nem megfelelő táplálékot, például kenyeret, amitől az énekesmadaraknak bélygyulladásuk lesz, és elpusztulnak. A mesterséges madárodúknál is hasonlóan oda kell figyelni. Az odúknál be kell tartani a méretekre vonatkozó szabályokat, ha túl kicsi a röpnylás, akkor lehet, hogy nem költ bele semmi, ha túl nagy, akkor pedig a ragadozó állatok, főleg



Fontos az odúk szakszerű kihelyezése

a macskák, serüléseket okozhatnak a madaraknak, vagy meg is ehetik őket. Fontos a jó alapanyag-választás és a gondos összeszerelés, hogy az odú sokáig szolgálhassa a madárvédelmet, ne nyíljanak szét az oldalai, és ne jusson be az eső a tetőn keresztül. A környékünkön élő madarak segítése hasznos a madaraknak és számunkra is, hiszen rengeteg megfigyelési élménnyel gazdagodunk, de ha felelőtlenek vagyunk, nagyobb kárt tehetünk, mint amennyit segítenénk. ↓

Az írás az Önellő kutatások, elméleti összegzések kategóriában III. díjat kapott.

Irodalom

- Lars Svensson, Peter J. Grant (2003): Madárhatózó. Park Kiadó, Budapest
 Schmidt Egon (2001): Madárvédelem a ház körül. Kossuth Kiadó, Budapest
 Természetbúvár 2010/6. száma
www.mme.hu
www.badogkakas.hu
www.network.hu
www.madarvedogolyokapokodo.blog

A partra vetett Zádor-híd

KOVÁCS MIKLÓS

Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakközépiskola, Karcag

Hazánkban ritka az olyan különleges építmények előfordulása, mint szülővárosom, Karcag keleti határában a legendákkal átszőtt Zádor-híd, amely a Nagykunság fővárosának legismertebb, legérdekesebb nevezetessége. A Tisza-szabályozás előtt erek, vízfolyások szabdalják át meg át ezt a területet, a stabilnak tűnő kőépítmény, amelyről a karcagi emlékezet úgy tartja, hogy madártojással oltották be a meszet a köveket összetartó habarcsához, az 1830-as árvíz során úgy megrongálódott, hogy az eredetileg kilenclyukúnak épült híd két végén lévő pilléreit elsodorta az ár.¹ Ha vidékről vagy külföldről érkeznek vendégek Karcagra, mindig büszkén mutatjuk meg nekik ezt a különleges műemléket, amilyen kunkarcagi büszkeséggel. A messziről jött idegenek azonban meglehetősen furcsának, sokszor érthetetlennek találják a szemük elé táruló látványt: valamivel a Zádor-híd előtt elfogy a betonút, a szántóföldek és a szikes puszták között középen egy híd, egy roppant különös téglahíd árválkodik teljesen céltalanul a szárazon. Nem folyik alatta víz, csak vele párhuzamosan egy csatorna, folyót sehol sem lehet látni a közelben, nem vezet rajta át



Az ötlyukúvá csonkult Zádor-híd

om így indokolt a témaválasztást illetően. Pályamunkámban ismertetem a híd nevének eredetét, a mellékletben közlöm a hozzá kapcsolódó Zádor- és Ágota-legendát, valamint részletesen bemutatam a híd megépítésének történetét. Kutatómunkám során felhasználtam a Karcagi Györfly István Nagykun Múzeum Adattárában és Orientalisztikai Gyűjteményében fellelhető dokumentumokat, továbbá betekintést nyertem Mándoky Kongur István, Körmendi Lajos, Gáll Imre, Bellon Tibor és Bartha Júlia munkáiba. A legizgalmasabbnak mégis a Magyar Tudományos Akadémia Könyvtárában végzett kutatásaim ígértek, ahol rendkívül értékes anyagokhoz és információkhoz jutottam a Zádor név kutatását illetően. A szakirodalom tanulmányozása után, terepbejárás alkal-

mával vizsgáltam és mértem fel a híd paramétereit, amely alapul szolgált a múlt és a jelen összekapcsolásához, annak megértéséhez. Az általam felkutatott dokumentumok, illetve a saját készítésű filmkockák segítségével próbálom bemutatni és még érdekesebbé tenni ezt a karcagi látnivalót.

A híd nevének eredete

Az MTA Könyvtárában találtam rá Kimnach Ödön 1903-as írására, amely a helynevekhez fűződő mondákról szól Karcag vidékén: „Zádor-híd: közel a Zádor-halomhoz

van egy még ma is meglévő kőhid melyet Zádorról neveztek el”. Itt történik említés az ugyanilyen nevet viselő erdőről és kunhalomról is: „Zádor-erdő: nevét a hasonló nevű lovagtól nyerte. Zádor-halom: Zádor lovas tábora ezen halom körül szokott megtelepedni”.³

Pesty Frigyes kéziratos helynévtárában a következőt olvashatjuk: „Kis és Nagy Zádor-ér; hajdani Zádor kunvezérről nyerte nevét, ki a rege szerint, Ohat Mártonné Ágota leányát nőül venni akarván, Bengerseger nevű fegyvernökét küldi Agotához, kinek nevével egy határszélenni korcsma nevezetik. Bengerseger hűségtelensége következtében ura által azon méreggel itattatván, melylyel ő urát elveszteni akarta, azon hely hol eltemetett máig is Bengersegernek nevezetik”.⁴

Mándoky Kongur István kun törzsvagy nemzetségnévi eredetűnek tartja a Nagykunságban fellelhető helynevek közül a következőket: a karcagi Szálgor (ma Zádor), Tokszaba, Kongrulu, a kunmadarasi Zsalajir, a Kisújszállás határában levő Bajandor és Pecsene határrésznevek, továbbá a kiskunsági Törtel, Tázlár, Bodoglár helynevek. Az Ulas nevet mind a történelmi források, mind pedig az eredetmondák és hősi eposzok együtt említik a Szalgor vagy Szalur névvel.

³ Kimnach Ödön (1903): Helynevekhez fűződő mondák Karczag vidékén, MTA Könyvtára, Ethnographia XIV. évfolyam, Budapest, a Magyar Néprajzi Társaság Kiadása (58-60.)

⁴ Pesty Frigyes (1978): Pesty Frigyes kéziratosa helynévtárból, I.: Jászkunság, Katona József Megyei Könyvtár és a Verseygy Ferenc Megyei Könyvtár, Jász-Nagykun-Szolnok Megyei Levéltár, Kecskemét-Szolnok (150-155.)



Az 1806-1809 között épült Zádor-híd az egykori S6-út forgalmát segítette

az út, hanem elhalad mellette.² Ma már csak ötlyukú, de valamikor olyan volt, mint a hortobágyi, ráadásul építése két évtizeddel megelőzte azt, így mintául szolgált annak építéséhez, éppen a bátyja is lehetne.

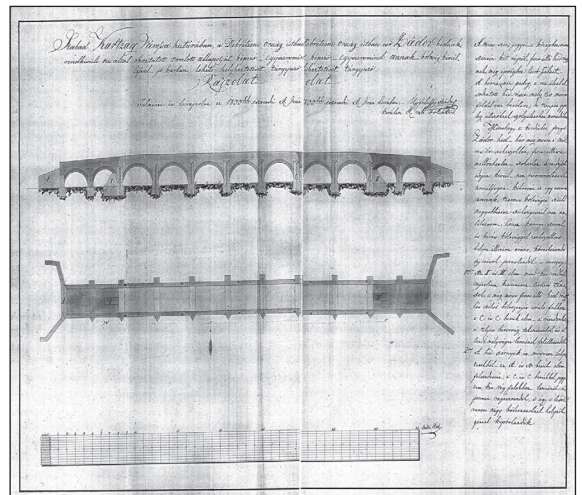
Bátran ki merem jelenteni, hogy a Zádor-híd gyermekkorom mítosza, motiváció-

¹ Dr. Bartha Júlia: A Zádor-híd 1833. évi tervezett felújításának terv- és költségvetése, Kézirat, Györfly István Nagykun Múzeum Adattára, Karcag, No. 2838-98.

² Körmendi Lajos (2006): Az álom fonákja, Válogatott írások, Barbaricum Könyvműhely, Karcag (175-178.)

Szalur nevű faluból Kis-Ázsiában tizenhetet számolt meg Mándoky: hármat Antalja, kettőt-kettőt Konja, Manisza és Tokat, egyet-egyét meg Bolu, Iszparta, Csorum, Kajszeri, Csankiri, Szamszun, Jozgat és Erzindsán tartományokban. Szerinte megvan e név a türkméneknél is, akiknek Szalor nevű törzse egyike a legnagyobbaknak, többek között gyönyörű szőnyegeikről, de elsősorban kiváló, pompás lovairól híres. A krími tatárok egyik törzsét vagy nemzetségét is Szalgurnak hívták, erről a Krím félsziget helynevei tanúskodnak. A Szalgor és Szalur vagy Szalor ugyanannak a névnek az egyes török nyelvjáráások szerinti változata. Mándoky véleménye szerint Szalgor törzsbeliék a kunok között is voltak, s azok az Ulasokhoz hasonlóan szintén a mai Nagykunság területén telepedtek meg: „Karcag határában levő Zádor neve ugyanis, amely korábban Zágór-nak, illetőleg Zálgor-nak hangzott, egy régi kun Szalgor névből keletkezett. A kun törzsszövetségben belül az Ulas és a Szalgor törzseket erős szálak fűzték egymáshoz, valószínűleg ezért is telepedtek le közel egymáshoz a mai Nagykunság területén.”¹ A 2013. év aktualitása, hogy felmerült a karcagi Mándoky Kongur ház rendbetétele, egyben kazah ház-

írott levelében kifejti, hogy a Szalgor név megtalálható a török kultúrkörben mind földrajzi, mind pedig népnévként (Szalgor-Salgi'r, szalorsalar). Valamennyi szó egy *sal-* 'lehelyez, enged, dob, épít' igetéből, valamint egy *ar-gar; i'r-gi'r* affixumból áll. Ha ez nem tévedés, Mándoky feltételezése ezen az alapon nyugszik. Nem derül fény viszont arra, hogy a Szalgorban az első magánhangzó miért *á* és miért nem *a*, valamint hasonlóképpen nincs magyarázat arra, hogy a második magánhangzó miért ajakkerekítéses. A végződés labializálódására a kipscak nyelvekben számos példa van, de jelen szó esetében ezt semmi sem indokolja.² A Szalgor egy folyó neve, a Krím félsziget legnagyobb, 181 km hosszú folyója Tauria orosz kormányzóságban, amely Jaila-hegységben a Csatir-dag lábánál ered és a Szivasba torkollik.



A Zádor-híd 1833. évi tervezett felújításának terv- és költségvetése Újfalussy Sándor nevéhez köthető

jegyzőkönyvében: „Contractatus Stephani Góci fabri legnarii super accorda Pontis in Fluvio Zador noviter struendi”, azaz a Zádor vízfolyáson Góc István ácsmester újjáépítette a hidat.⁴ A Bécsi Hadilevéltárban őrzött, II. József uralkodása idején készült haditérképen, a Karcag és Nádudvar közötti mocsaras, vizes területen három híd van jelölve, köztük a Zádor-híd elődje is. Az országot azonban gyakran járhatatlan volt, a kis fahíd árvizek idején nem tudta teljesíteni rendeltetését, ebből kifolyólag 1804-ben több panasz is beérkezett, miszerint a Zádor gátján egyetlen híd van, amely alatt a víz nem képes elfolyni, meghágja a töltést és lehetlenné teszi a biztonságos közlekedést. Illési János Nagykun kerületi kapitány jelentése szerint „a rendkívül nagy árvizek az ország úján való járást annyira elzárták, hogy Kardszagrul Nádudvarra a postát sem lehetett küldeni”.⁵

Nem volt mit tenni, a panaszokat orvosolni kellett, ezért Illési Jánost és Dóka Márton esküdte a Districtualis Földmérővel együtt javaslatételre szólították fel és kiküldték őket a helyszínre. A földmérői hivatal részéről Bedekovics Lőrinc feladata volt javaslatot tenni az árvíz által okozott bajok végleges elhárítására, majd megérkezett a nádori engedély: „A Felső Herczeg a Kardszagi határban a Zádoron építendő köhídra a Nagy-Kun Parti Xassából 3486 F és 33 és fél kr költséget az ide vissza zárt és az Aedilis Directio által megállapított projectum szerint megengedni méltóztatik”.⁶ 1804. június 14-én Illési János a királyi kamarához fordul, kérvényezi, hogy a híd megépítéséhez



A hídon átvezető út esős időben járhatatlan, sáros-poros földút

ként való működtetése. Az 1992-ben elhunyt, Almatyban eltemetett, Kazahsztánt bejárta és jól ismerő magyar turkológus-nyelvész rendkívül sokat tett a két ország közti kapcsolatok ápolásáért, emlékének megőrzése mindkét országnak kiemelten fontos. A jelenleg elhanyagolt épület felújításáért a város mindent meg kíván tenni, ehhez ajánlotta fel segítségét Timur Kulibajev is, a kazahsztáni „Samurk Kazina” Nemzeti Jóléti Alap elnöke.

Mándoky nem adta meg a Zádor szó jelentését, erre Kovács Előd tett elsőként kísérletet: ágat, elágazást, eret jelent. Dr. Bartha Júliának, karcagi néprajzkutatónak

1 Mándoky Kongur István (2012): Kunok és Magyarok, Török-magyar Könyvtár, Molnár Kiadó, Budapest (219-227.)

verses formában egyaránt ismert Kunságszerte, de kiváltképp Karcagon.³ A legenda egyik érdekes prózai változatát a mellékletben közlöm.

A híd története

A híd mindmáig megőrizte „kétszáz év magányát”, évtizedek kun arculatát és konokságát, nincs rajta burkolat, esős időben járhatatlan, sáros-poros földút. Elsőként 1783-ban említik a hidat a Jászok kerületi gyűlési

2 Kovács Előd (2000): A Szalgor (Zádor) névről, Kézirat, Györfly István Nagykun Múzeum Orientalisztikai gyűjteménye, Karcag, No. 80-98.

3 Bartha Júlia (2002): A Kunság népi kultúrájának keleti elemei, Studia Folkloristica et Ethnographia 44, Debrecen (35-48.)

4 Dr. Gáll Imre (1970): Régi Magyar Hidak, Műszaki Könyvkiadó, Budapest (187-194.)

5 Dr. Gáll Imre (1970): Régi Magyar Hidak, Műszaki Könyvkiadó, Budapest (187-194.)

6 Dr. Gáll Imre: Régi Magyar Hidak című könyvéből, Györfly István Nagykun Múzeum Adattára, Karcag, No. CSH 2170/2-1986

szükséges köveket ne szekereken szállítsák a helyszínre, mert ez szinte lehetetlen. 2000 szál fenyőt igényel, hogy azokból tutajt építve Tokajtól Abádig le tudják úsztatni a köveket. A készlet csekély voltára hivatkozva a kamara azonban megtagadja a 2000 szálfa kiadását, hajót javasol a kövek Karcagra történő szállításához. A hid építéséért felelős Varró János esküdt nehéz helyzetbe kerül, ugyanis abban az időben a tiszai hajózás még nem vállalkozhatott ilyen feladatra. Ideiglenes megoldásként egy átmeneti fahíd megépítését javasolják, amely 1805-ben épül meg a német származású Tunkel Ferenc ácsmester irányításával.

Az 1806-os esztendő mérőföldkő a köhid megépítésének életében. Illési János kerületi kapitány, valamint Laczka Ferenc komisszárius tárgyalásokat folytatnak Magurányi József egri kőművesmesterrel.

A szerződést május 13-án meg is kötötték, amelyben Magurányi kötelezettséget vállalt arra, hogy egri bányában kifaragtatja a megépítendő híd köveit, irányítja a helyszínen a munkálatokat, s azokat 1807 őszeig be is fejezi. Illési felterjesztéssel a Palatinushoz fordult a költségek engedélyezése végett. Levelére a válasz július 13-án meg is érkezett: „*Ó Királyi Herczege a Zádor folyón építendő köhidnak az újonnan beadott költségek feltétele szerint való jelállítását és az e végre megkívántató 8489 ft-okat a Nagy Kun Particularis Cassából leendő kiadásait jóváhagyni méltóztatik*”.¹ A háborús időszak egyébként is megkövetelte a biztonságos utakat, a szállítmányok, küldemények, ide-oda vonuló csapatok minél gyorsabb célba jutását. Ez volt a következő karcagi nagy beruházásnak, a Zádoron átívelő köhid megépítésének az indoka. A Nagykun Kerület pénztárából finanszírozott munka 1806. október 2-án, ünnepélyes alapköletétellel vette kezdetét: „*a Helynek színére ki menvén az első fundamentom követ tulajdon kezek által le tették ezen napon munkára meg jelent Túr Kevi Deputátus és számos oda való szekeres és gyalogszolgálatú Lakosok jelenléteben*”.² A munkálatok valóban megindultak, hozzákezdtek a pillérek alapjainak földmunkáihoz, megkezdődött az egri fejtőben bányászott kövek átszállítása a tiszai réveken. Érdekes, hogy az építéssel kapcsolatos nehézségekről egyetlen feljegyzés sem emlékezik meg, csupán Illési jelentése 1808 feb-



A legnagyobb hídníylás 3'3", az áthidalt összníylás 17'3"

ruárjában: „*a Zádor vizén építendő köhid lábai már a földből mind fölvitettek, bolthajtás már négy készen vagyon és reménységek szerint a jövő esztendőben azon egész hid tökéletességre is fog vitetni*”.³ A következő évben, 1809-ben valóban be is fejeződött a hid építése. A kilenc boltívre épült híd költségei közel 10 ezer forintra rúgtak. Laczka Ferenc komisszárius költségelszámolásában ki is derül, hogy az eredeti 8489 forint előirányzattal szemben a híd 1316 forinttal és 58 krajcárral került többbe. A többletköltségek kifizetését a nádor engedélyezte a Nagykun Particularis Cassából. Summa summarum, 1809-ben végre állt Magyarország legnagyobb köhida, a 40 öl hosszú, kilencnyílású, kőalapzatú, téglaboltozatú Zádor-híd, 20 évvel megelőzve a hortobágyi hid megépítését. Ellenállva a vizek ostromának, több mint két évtizeden át, minden említésre méltó zavar nélkül szol-

gálta célját a híd, hordozta az egykori Só-út, a Pest-Szolnok-Debrecen országos és kereskedői út forgalmát.

1829-et írunk, Karcag lakossága már mintegy 13 000 lélek. Ez az év azonban súlyos időszak nyitánya lett. Július 1-jén kisebb földrengés rázta meg a várost, kárt nem okozott ugyan, de sokáig emlékezetben maradt. November 16-án leesett az első hó, karácsonytól fogva pedig „*mindég esett valamennyi*”, vagyis naponta újabb havazás hízta a hótakarót. Sajnos így volt ez az egész keleti országrészben mindenütt, úgyhogy áprilisban az olvadáskor „*a Felsőbb részeken lévő Hegyek között a' víz mennyisége olly nagyságban indult meg, hogy a' sokkal nagyobb árvizet okozott az eddig valónál*”. A Tisza egész árterületén gátak szakadtak át, emberek haltak meg, állatok, növények, házak pusztultak el. Az eddiginél jóval nagyobb mennyiségű víz öntötte el a még szabályozatlan árterületeket, az árapasztóként

működő folyók és erek, köztük a Zádor-ér is, nagyon megduzzadtak, vízállásuk megemelkedett. Karcag határára 1830. április 25-én tört be a víz, és igen gyorsan elborította a keleti határ legnagyobb részét. Az ár olyan erővel zúdult alá a sík vidéken, hogy a karcag-nádudvari „*útban esett Gátakat, Kő s fa hidakat elszaggatta*”, egy éjszaka alatt a város alá ért.⁴ A vis maior időjárási helyzetnek a Zádor-híd sem tudott ellenállni, a jeges víztömeg ugyanis két-két szélső boltívet elszakította, a szélső nyílások összeomlottak. A hatalmas árvíz következménye az ötboltozatúvá csonkult karcagi híd. Az árvíz pusztítása komoly veszteségeket okozott, határok és gátak sem tudtak ellenállni, s minek utána sérült a Zádor-híd is, megszűnt rajta az országúti közlekedés. A köhid rekonstrukciójára még csak gondolni sem lehetett, maradt a legkisebb költséggel járó, rövid idő alatt felépíthető fahíd terve. A munkával Szvitek Ignác szolnoki ácsmestert bízták meg, 24 nap alatt el is készült, a híd építése 714 forintba került. Az elsodort pilléreket ideiglenesen úgy pótolták, hogy a két csonkhoz kétoldalt fából ún. lábbó hidat csináltak, amely a víz járását követve hol felemelkedett, hol lesüllyedt. Ez azonban nem látszott biztonságosnak, mert a nyári szárazságkor bele-süllyedt az iszapba, s az új áradás már nem bírta felemelni. Elhatározták hát, hogy az öt lyukat meghagyják, s melléjük támpilléreket és új, erős töltést csinálnak.⁵ Ilyen állapotban láthatjuk ma is a hidat.

1833-ban a híd helyreállításának ügyét Bozóky András nádori táblabíró vette kezébe, minek utána Újfalussy Sándor földmérő tervet és költségvetést nyújtott be az eredeti dokumentumon is feltüntetett Szent Iván havában, júniusban. A korabeli árfolyamokhoz mérve tetemesnek tűnt a felújítás költsége, ami kőművesmunkát és anyagárakat számolva 1436 forint 22 krajcárt számlált, nem számítva bele a fuvarozás költségeit.⁶ Ennélfogva elvetették, a végleges költségvetést Dobrova Fábán abonyi kőművesmester állította össze, s minden valószínűség szerint ő végezte el a helyreállítási munkálatokat. A két-két szélső, megrongálódott nyílást lebontották, a szárnyfalakat pedig a megmaradt pillérekhez helyezték át. 1833 őszén a Zádor-híd helyreállítása befejeződött, így a hídon megindulhatott a forgalom.⁷ (15. ábra)

A Zádor-híd életében a következő változást „a Széchenyi-gát” megépítése hozta. A

1 Dr. Gáll Imre (1970): Régi Magyar Hidak, Műszaki Könyvkiadó, Budapest (187-194.)

2 Dr. Bellon Tibor (1980): A Karcagi Zádor-híd, Élet és Tudomány, 1980. I. 18. (95.)

3 Dr. Gáll Imre (1970): Régi Magyar Hidak, Műszaki Könyvkiadó, Budapest (187-194.)

4 Elek György (2008): Várostörténet ötvenkét tételben, Karcag város története 1506-1950 között, Karcag (82-91.)

5 Dr. Bellon Tibor (1980): A Karcagi Zádor-híd, Élet és Tudomány, 1980. I. 18. (95.)

6 Dr. Bartha Júlia: A Zádor-híd 1833. évi tervezet felújításának terv-és költségvetése, Kézirat, Györffy István Nagykun Múzeum Adattára, Karcag, No. 2838-98.

7 Dr. Gáll Imre (1970): Régi Magyar Hidak, Műszaki Könyvkiadó, Budapest (187-194.)

elzárta azt a 11 km-es rést, amelyen át a Tisza árvizei eddig kitértek a Hortobágyra, növelve ezzel a Berettyó és a Körös víztermelését. Az 1846-ban megépült töltés ezáltal mentesítette a Hortobágyot a tiszai árvizektől, a Tisza szabályozása pedig teljesen megváltoztatta az Alföld vízgazdálkodási rendszerét. Az eddigi vízfolyások kiapadtak, vízállásuk lecsökkent, vagy helyettük csatornák épültek, elsőként lecsapolási, később öntözési céllal. A Zádor-ér így örökre kiapadt, elveszítette forrását, a Tiszát, a helyette épített csatorna nem követte a Zádor vízének irányát, elkerülte a Zádor-hidat.¹ A hid így végérvényesen partra vetődött, ezért is adtam dolgozatomnak „*A part-ra vetett Zádor-híd*” címet. A végső csapást a hidra az mérte, hogy a Debrecenbe vezető utat tőle délre építették ki, így az átkelón a forgalom teljesen megszűnt.

Karcag határában, a Hortobágy peremén ma méltóságtelegen terpeszkedik a Zádor-híd, a sokaktól ismert hortobágyi kilenclyukú hídnak a testvére. Számomra vitathatatlan, hogy ez a régi műemlék több ezer titkot rejt magában. Karcag Város Örökségvédelmi Hatástanulmányát áttekintve jelenleg tíz épület, illetve ipari emlék áll a településen műemléki védelem alatt, köztük a 2392/3 hrsz.-ú, a várostól 3 km-re található Zádor-híd. Terepbejárásaim során többször meggyőződtem arról, hogy a hid állapota jelenleg kielégítőnek, elfogadhatónak mondható, egyedül azt nem értem csupán, hogy miért csak helyi, s miért nem országos jelentőségű művi értékvédelmet vívott ki magának. Pedig igazán rászorgálna erre. Nyílásainak száma 5, a legnagyobb hídníylás 3°3', az áthidalt összníylás 17°3'. Eredetileg 76 méter hosszú volt, az 1830-ban elsodort pillérek miatt ma már csak 40 méter, néhai Magurányi József egri kőművesmester remekműve. Őt félköríves nyílású, a hídfőn kiszélesedő, falazott mellvédű, kőből és téglából falazott híd. Hogy híre megfakult, sőt kiesett az emlékezetből, az azért van, mert e híd már régen nem teljesíti a rábízott feladatot. Nem folyik már alatta víz, s a nagy forgalmú utak is messze elkerülnek. Györfly István így ír a Nagykunsági Krónikában: „*Csak két emberöltő telt még el, mióta a mérnökök vérért vették a Sárrejtének, mégis úgy megváltozott ez a vidék, mintha századok múltak volna el*”.² A magyar néprajztudomány legnagyobb hatású, karcagi születésű egyéniségének szavai

1 Dr. Gáll Imre: Régi Magyar Hidak című könyvéből, Györfly István Nagykun Múzeum Adattára, Karcag, No. CSH 2170/2-1986

2 Györfly István (1955): Nagykunsági Krónika, „A rétes emberek”, Szépirodalmi Könyvkiadó, Budapest (44-68)

méltán helytállóak a híd tragikus történetében, amely minden eredeti funkcióját elveszítve ma már műemlék, jelentős kultúrtörténeti érték. A hidat a környező szikes pusztával együtt 1976-ban védetté nyilvánították, és a 71,5 hektáron elterülő Zádor-híd és Környéke Természetvédelmi Terület részét képezik.

Befejezés

A néhai Zádor-eret átívelő, 1806-ban épült Zádor-híd alighanem az egyetlen az ország hídjai közül, amely alól elfogyott a víz. Szomorú mementóként áll a hajdani tiszai áradásokat idézve torzoként a pusztában.³ A 207 éves híd különös és mély gondolatokat ébreszt mindenkiben, így bennem is. Csonkahíd, hiszen az egykori kilenc ívből négy odaveszett. Céltalan, hiszen száraz területet hidal át, ahol nincs szükség hidra, ugyanakkor értelmetlen is, mert a rajta átvető földúton már nincs számottevő forgalom. Minden korábbi funkcióját elveszítve, ma már közlekedési műemlékként áll a pusztá-



A híd természetes vegetációjának megújulásáról Farkas Mihály szilaj pásztor birkanyája gondoskodik

közepén, pedig hajdanán a Só-út részeként az ország egyik legforgalmasabb útvonala volt.

Bár a híd oldalán egy tábla hirdeti – mellette békésen megfér a kövek repedéseibe beköltözött vadméh család - annak műemlék rendeltetését, ugyanakkor a város is nagy gondot fordít a híd megőrzésére, eredeti állapotban való fenntartására, ezt a tényt sokan sajnós figyelmen kívül hagyják. Az ide tévedt emberek mit sem törődnek ezzel, ráhajtanak motorral vagy személygépkocsival a hidra, a piknikezők maguk után hagynak szemetet, cigarettacsikket, műanyag palackot, konzervek és sörös dobozokat, a legprimitívebb módon belevésik nevüket a híd falába. Az elméleti és gyakorlati műemlékvédelem időnként sajnós elkerüli egymást. Úgy vélem, hogy tizenévesként a híd környezetének megóvása érdekében tehetek a legtöbbet, s ennek megfelelően fogok eljárni a közeljövőben az illetékeseknél. A Zádor-hídhöz látogatóknak nem szabad

3 Dr. Bartha Júlia: A Zádor-híd 1833. évi tervezett felújításának terv-és költségvetése, Kézirat, Györfly István Nagykun Múzeum Adattára, Karcag, No. 2838-98.

megfelekedniük arról, hogy szülővárosom mindig is kiemelten óvta a hidat, az egyre nehezező anyagi körülmények között is mindent elkövet annak érdekében, hogy a Zádor-híd fenntarthatósága és megújíthatósága biztosítva legyen. Gyermekkorom mítosza így életre kel: megállok a híd egyik oldalán, átnézek rajta, mögöttem a múlt, előttem a jövő, a távolban látszik egy lehetőség, csak át kell menni a hídon.

A szerző a Természetudományos múltunk felkutatása kategória első díjasa

Előző számunkban e cikkhez technikai okokból hibás képek is bekerültek, ezért az írást teljes terjedelmében újraközöljük. A Szerző és az olvasók elnézését kérjük.

Irodalom

- Dr. Bartha Júlia: A Zádor-híd 1833. évi tervezet felújításának terv-és költségvetése, Kézirat, Györfly István Nagykun Múzeum Adattára, Karcag, No. 2838-98.
- Dr. Bartha Júlia (2002): A Kunság népi kultúrájának keleti elemei, Studia Folkloristica et Ethnographia 44, Debrecen (35-48.)
- Dr. Bellon Tibor (1980): A Karcagi Zádor-híd, Élet és Tudomány, 1980. I. 18. (95.)
- Elek György (2008): Várostörténet ötvenkét tételben, Karcag város története 1506-1950 között, Karcag (82-91.)
- Dr. Gáll Imre: Régi Magyar Hidak című könyvéből, Györfly István Nagykun Múzeum Adattára, Karcag, No. CSH 2170/2-1986
- Dr. Gáll Imre (1970): Régi Magyar Hidak, Műszaki Könyvkiadó, Budapest (187-194.)
- Györfly István (1955): Nagykunsági Krónika, „A rétes emberek”, Szépirodalmi Könyvkiadó, Budapest (44-68)
- Kimnach Ödön (1903): Helynevekhez fűződő mondák Karczag vidékén, MTA Könyvtára, Ethnographia XIV. évfolyam, Budapest, a Magyar Néprajzi Társaság Kiadása (58-60.)
- Kovács Előd (2000): A Szálgor (Zádor) névről, Kézirat, Györfly István Nagykun Múzeum Orientalisztikai gyűjteménye, Karcag, No. 80-98.
- Körmendi Lajos (2006): Az álom fonákja, Válogatott írások, Barbaricum Könyvműhely, Karcag (175-178.)
- Mándoky Kongur István (2012): Kunok és Magyarok, Török-magyar Könyvtár, Molnár Kiadó, Budapest (219-227.)
- Tóth Albert (2002): Az Alföld piramisai, Alföldkutatásért Alapítvány, Kisújszállás (42-43.)
- Pesty Frigyes (1978): Pesty Frigyes kéziratos helynévtárából, I.: Jászkunság, Katona József Megyei Könyvtár és a Verseggy Ferenc Megyei Könyvtár, Jász-Nagykun-Szolnok Megyei Levéltár, Kecskemét-Szolnok (150-155.)

Megérkezett a Természet Világa Nagyenyedre!

Nem először fordul az elő, hogy a Természet Világa sok-sok összegyűjtött évfolyamát felajánlják szerkesztőségünknek, ha jó otthon találnak nekik. Így juttattuk el folyóiratunk 140 évfolyamát a kolozsvári Apáczai Csere János Liceumba, az elmúlt évben pedig csaknem 40 évfolyamunkat Csikszeredába, az Kájoni János Megyei Könyvtárba. Most pedig a híres nagyenyedi Bethlen Gábor Kollégium könyvtára kapta meg a budapesti Herpai Istvánné jóvoltából édesapja, Mráz Ferenc hagyatékaként őrzött 40 Természet Világa évfolyamot. A nagyenyedi diákok évek óta rendszeres és sikeres résztvevői diákpályázatunknak, az idei díjátadó ünnepségünkre is hivatalosak voltak. Felkészítő tanáruk, Dvoráček Ágoston pedig ez alkalommal, gépkocsival hazaszállította lapszámainkat. Az ajándékozót, az iskola igazgatónőjét, a tanár urat és a könyvtár vezetőjét arra kértük, írjanak pár sort az adományozásról.

Kedves Főszerkesztő Úr! Nagyon örülünk, hogy az ifjúság fel tudja használni majd a lapokban rejlő ismeretanyagot.

Édesapám, Mráz Ferenc 1931. május 20-án született és 76 éves korában halt meg. Életének legnagyobb részében a Ganz-MÁVAG volt a munkahelye.



Mráz Ferenc

Emlékszem, gyermekkoromban volt egy szórakoztató-tudományos tévéfilmsorozat gyerekeknek, aminek a címe „Mindent tudni akarok.” Ő így élte az életét. Érdekelte a természettudomány, a művészetek, a gyógyászat és a technika világa és még a barkácsolás is. Belső készletét érezte, hogy tudását állandóan bővítsék és mindenre emlékezett, amit elolvasott. Sajnos nem élt elég sokáig, hogy azt mondhasa, ennyi elég volt.

Nagyon szerettük, sokat segített nekünk. Szeretett édesanyám, a lánya, veje, unokái voltunk a mindene, mert számára a család volt az első a világon. Nem élhette meg a dédunokái születését, amit pedig már úgy várt.

Reméljük, az Önök által küldött képen látható gyerekeknek is hasonló életük lesz tele tudásvágygal és szeretettel a természet világa és a családjuk iránt. Ehhez kívánok nekik fiatalosan nagyon nagy lendületet és az élet szeretetét mindvégig.

*Üdvözléssel:
Herpai Istvánné*

Intézményvezetőként nagy büszkeséggel töltöttem el a Dvoráček Ágoston által irányított Fenichel Sámuel Önképzőkör működése és diákjaink eredményei. Számos diákolgozat jelent meg a Természet Világa folyóiratban, amiért nagyon hálásak vagyunk, mert a romániai oktatási rendszerben a kutató diákoknak nagyon kevés lehetőség adatik meg a sikerélményre, mely elengedhetetlenül szükséges a kutató munka fortélyainak elsajátításához.

Az iskolai könyvtárunk számára adományként átvett Természet Világa-kollekciót örömmel és haszonnal forgatják tanáraink és diákjaink egyaránt. Meggyőződésem, hogy az adomány hozzájárul az iskolában zajló oktató-nevelő tevékenység hatékonyabbá tételéhez. Köszönet érte.

*Szőcs Ildikó
igazgató*

Amikor 2000 márciusában diákjaimmal első alkalommal vettem részt a Természet Világa diák-cikkpályázatának díjátadó ünnepségen, még nem tudtam, hogy mit jelent ez a Bethlen Gábor Kollégium önképzőköri tevékenysége szempontjából. Ez volt az a szikra, amelyre feléledt egy évszázadokra visszatekintő diákhagyomány, mert ugyanazon év őszén megalakult a Fenichel Sámuel Önképzőkör és elindult egy olyan sikeres mozgalom, amely ferasztó kutatással, az azt követő összeggel, szerkesztéssel, korrekciójával járt, de végül legtöbbször sikerélményt hozott a kitaláló diákoknak. Nemcsak a cikkpályázaton nyertünk, hanem lassan elismert versenyzői lettünk a TUDEK és TUDOK konferenciáknak, a Kutdiák Esszé-pályázatnak, a csurgói RKTDK konferenciának és az Ifjúsági Innovációs Versenynek.

Legjobban azonban a cikkpályázattal kapcsolatban izgultunk és miközben februárban a filmesek Los Angeleszt lesték Oscar-díjakról álmodozva, mi a Természet Világa értesítését vártuk szívrepesve. Csak egyszer,

A tanár úr csomagtartóját teleraktuk



2003-ban csalódtunk egy kicsit, de a következő évben szépitettünk. Külön öröm volt viszontlátni cikkeinket a lapban, ezen felbuzdulva újabb cikkek születtek és más lapokban is elkezdtek publikálni diákjaink. Hálás vagyok a lap szerkesztőinek ezért a lehetőségért; nemcsak diákjaink tanultak sokat az önképzőköri tevékenység révén, hanem mi a tanárok is. Számomra különösen hasznos volt a cikkek átfűsülése és javítása, mert sokat tanultam a magyar nyelv rejtelmeiről és fejlesztettem helyesírássomat, mivel iskoláimat az elemi kivételével románul végeztem. Nem utolsó sorban megismertem egy olyan tudománynépszerűsítő lapot, amelynek színvonala kivételesen magas, egy olyan csapatot, amely lelkesen nevel, amelyhez úgy érzem, hozzáított az a sok enyedi diák, akik felnőtként is szívesen fogják lapozni a Természet Világát. Külön szeretném megköszönni azt az értékes ajándékot, amely hozzájárulhat a kollégium diákjainak és tanárainak a folyóirat majdnem félévszázados kollekcióját.

*Dvoráček Ágoston
tanár, az önképzőkör vezetője*

Megtiszteltetés iskolánk könyvtárának, hogy Herpai Istvánné jóvoltából édesapja, Mráz Ferenc Természet Világa folyóirat gyűjteménye, amely közel 40 év példányait tartalmazza, az állomány részévé vált. Köszönet érte. Sokat fogják a diákok, tanárok lapozni, hiszen mindenik szám tartalma széles skálán mozog, bárki talál érdeklődésének megfelelő olvasnivalót.

Nem ismeretlen iskolánkban ez a rangos, Magyar Örökség Díjjal elismert folyóirat, mert a 2000. évvel kezdődően tíz évig minden hónapban megkaptuk.

A lap diák-cikkpályázatát figyelemmel követik a diákok. Itt jelenik meg a középiskolások számára meghirdetett pályázat, ahol több témakörben adhatják be írásaikat a jelentkezők. Pályázóink listája elég terjedelmes, az évek során szép számban jelentkeztek, és munkájukat legtöbbször siker koronázta. Dolgozataiknak köszönhetően a lap olvasói szerte a nagyvilágban megismerhették a Bethlen Kollégium múltját, híres diák-



Ercsey Etelka, a könyvtár öre és a Természet Világa évfolyamok

jait és tanárait, Nagyenyed és környéke nevezetességeit. A szigorú bizottság sokszor ítélte valamelyik tanítványunknak a legrangosabb díjat. Mindemellett dicséret és különdíj is akad bővében. Ezen eredmények az iskola tudományos önképzőköreinek keretén belül zajló aktív tevékenységet tükrözik.

A legjobb dolgozatok megjelentek a Természet Világában, ami ösztönzőként hatott a kevésbé bátrakra. A lapot napokig kiemelt helyen tartottuk a könyvtárban, mindenki láthatta, bárki elolvashatta a díjazott

pályamunkát. Elismerés volt a diáknak, láthatta-érezhette, hogy mindannyian értékeltük elért eredményét.

Jó dolog, hogy megadatott diákjainknak ez a határokon átívelő megmérettetés lehetősége. A tudásbeli gyarapodás mellett alaposra, rendszerességre nevelődnek, megtanulják, tanáraik hozzáértő irányításával, a tudományos dolgozat helyes összeállítását, szerkesztését, aminek a további tanulmányaik során is nagy hasznát veszik

A Természet Világa nem csak az alkotni, kutatni vágyókat segíti. Sok olvasó talált különböző témakörben hiteles, megbízható, naprakész információt a folyóiratot lapozgatva most, amikor a diákok játszva kezelik az elektronikus könyvolvasót, okostelefont, táblagépet. A világhálón pillanatok alatt témérdek információhoz jutnak, már nem annyira fontos a könyvek, folyóiratok használata, szeretete. A könyvtáros szerepe is átértékelődött az oktató-nevelő munkában. Nem igazán az a kérdés, hogy sikertelen információhoz juttatni a diákokat, hanem az, hogy a megszerzett információ megfelelő, hiteles legyen. Az irányításra került a hangsúly, rávezetni a diákokat az információhalmazban a



Ők is olvashatják

helyes, a megbízható megtalálására. Épp ezért jó érzés látni, amint a diákok, sokszor kis csoportot alkotva, kikérik a folyóirat bekötött példányait, böngészik, lapozgatják, időt szánnak a számukra fontos információ megtalálására.

Színesíti, gazdagítja, tartalmi értékét növeli könyvtárunk állományának a Természet Világa gyűjteménye, ami sok diáknak volt kapaszkodó, kiindulópont a helyes út megtalálásában a pályaválasztás terén, az életben való eligazodásban.

*Ercsey Etelka
könyvtáros*

A XXIV. Természet–Tudomány Diákpályázat pályázati felhívása

Útmutató a diákpályázat benyújtásához

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

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

Természettudományos múltunk felkutatása (I)

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

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

3. A dolgozat írója tágabb régiójához kapcsolódó tudományos vagy műszaki intézmények története, tudóstársaságok története, eredeti dokumentumok bemutatásával.

Önálló kutatások, elméleti összegzések (II)

Önálló kutatáson a természeti értékek, jelenségek megismerése érdekében végzett diák-ku-

ratások bemutatását értjük. Különösen örülénk az egyéni, fiatalos, a cikkírók alkotó gondolataiból kifejlesztett kutatásokról szóló élvezetes és szakszerű beszámolóknak.

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

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

A pályázat feltételei

1. Alapvető követelmény, hogy a cikkek olvasmányos, stilisztikai és helyesírási szempontból kifogástalan állapotúak legyenek. Ezúton kér-

jük a felkészítő tanárokat, szíveskedjenek e tekintetben is útmutatást adni tanítványaiknak. Ne feledjék, hogy a diákpályázat cikkírói pályázat is, ezért a dolgozatokat úgy kell megírni, hogy annak tartalmát a természettudományok iránt érdeklődő, de a témában nem járatos olvasók is megértsék. Ennek elősegítésére és a bírálóbizottság munkájának megkönnyítésére a pályamunkák irodalomjegyzékkel, benne a forrásmunkák megjelölésével fejeződjenek be! A szó szerinti idézetek forrásának fel nem tüntetése etikai vétség, és a dolgozatnak az értékelésből való kizárásával jár.

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

Díjazás mindkét (I–II.) kategóriában:

1–1 db I. díj 30 000–30 000 Ft

2–2 db II. díj 20 000–20 000 Ft

3–3 db III. díj 10 000–10 000 Ft,

valamint számos különdíj.

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

A kultúra egysége különdíj

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

Ajánlott témák:

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

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

3. Egy huszadik századi polihisztor. Olyan ember életének és munkásságának bemutatása, akinek a személyiségében megvalósult a kultúra egysége.

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

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

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

Díjazás:

I. díj: 25 000 Ft,

II. díj: 15 000 Ft,

III. díj: 10 000 Ft.

Szkeptikus különdíj

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

Randi a különdíjra az alábbi ajánlásokat tette: A résztvevőkre a hagyományos pályázati kategóriák szerinti elvárások érvényesek életkor, lakhely stb. tekintetében.

Alapszempontok a díjazott pályázat kiválasztásához: a) a tiszta érvelés, b) átgondolt, komoly előadásmód, c) bizonyítékok megfelelő megalapozottsága, d) a kísérleti adatok bemutatása (ha a pályázó használ ilyet).

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

Felajánlásom a hagyományos díjakkal együtt is odaítélhető, amennyiben a bizottság azt úgy látja helyesnek.

Küldődíjammal szeretnék hozzájárulni a magyar diákok kritikai gondolkodásának fejlődéséhez.

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

Matematikai különdíj

Martin Gardner, a kiváló amerikai matematikus emléket őrzi ez a különdíj. Küldődíjára az alábbi irányelvek vonatkoznak.

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

Néhány javasolt téma:

1. Egy ismert vagy újonnan kitalált játék matematikai háttere.

2. Önálló kérdésfelvetés, sejtések megfogal-

mazása és ezek „jogosságának indoklása”.

3. Egy matematikai módszer vizsgálata és alkalmazása egymástól távol eső területeken.

4. Váratlan és érdekes összefüggések, és ezek magyarázata.

5. A matematika valamely kevésbé ismert problémájának a története.

6. Variációk egy témára: egy feladat vagy tétel kapcsán a kisebb-nagyobb változtatásokkal adódó problémacsalád vizsgálata.

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

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

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

Díjazás:

I. díj 25 000 Ft,

II. díj 15 000 Ft,

III. díj 10 000 Ft.

Metropolis különdíj

Nicholas Metropolis, görög származású amerikai elméleti fizikus és matematikus alapítványt hozott létre a számítástechnika alkalmazásai iránt érdeklődő tehetséges fiatalok részére. A Los Alamosban (Egyesült Államokban) működő Metropolis Alapítvány diákpályázatunkon a legjobb eredményt elérő középiskolásokat és felkészítő tanáraikat díjazza.

A Metropolis-díjra pályázó középiskolás diákoktól a szakmai zsűri azt várja el, hogy választ fogalmazzanak meg arra, a természettudományok területén milyen segítséget nyújthat a számítógép, a számítógépes szimuláció. A díj odaítélésénél előnyben részesülnek az önálló gondolatokon alapuló, egyéni megközelítésű, konkrét kutatómunkával összeállított, ugyanakkor olvasmányosan megírt pályaművek.

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

A *Biofizika-biokibernetika* és az *Orvostudományi különdíj* pályázati kiírását következő számunkban közöljük.

A Természet Világa szerkesztősége és szerkesztőbizottsága

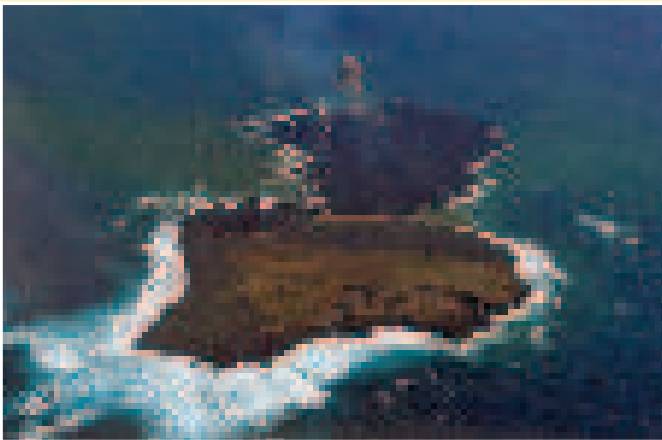
Egy vulkán-sziget születése



Egy sziget története elkezdődik (2013. november)



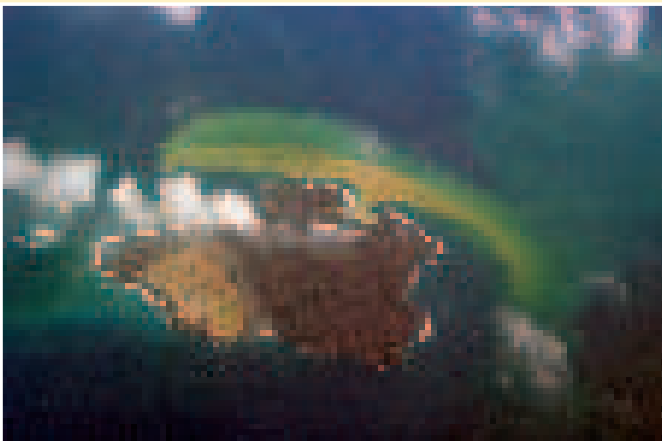
Három hét alatt lávanyelvek indulnak ki a kúrtóból, és ezzel megerősödik a sziget (2013. december 13.)



Már majdnem összeér a régi, Nishino-shima és az új Niijima sziget (2013. december 24.)



Megtörtént az egyesülés, most már a Nishino-shima szigetet növelik a folyamatosan előretörő lávafolyamok (2014. január 12.)



Hónapok után is tovább gyarapodik a sziget



Április 15-i felvétel



ITALIA: I PIÙ BELLI



n.a.
 Via ...
 ...

...
 ...
 ...