

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

148. évf. 3. sz.

2017. MÁRCIUS

ÁRA: 780 Ft

Előfizetőknek : 670 Ft



- EPIGENETIKUS ÖRÖKLŐDÉS
- EMBER-INTERFERENCIA KÍSÉRLET
- INDUKÁLT FÖLDRENGÉSEK

- A TENGELIC
- AZ ALZHEIMER-KÓR
- A PLÚTÓ ÉS HOLDJAI

■ A SOPRONI SZÉCHENYI ISTVÁN GIMNÁZIUM DIÁKJAI EMLÉKEZNEK

A tengelic és ragadozói



A havas tájban kevés a táplálék. A tengeliccsapatok a hóból kilátszó növényi kórókon kutatnak apró magvak után



A kis sólyom télen gyakran követi a határban kóborló pintyfélék csapatait



A szarka és a dolmányos varjú elsősorban a városokban költő tengelicek fészekaljaira jelenthet veszélyt



A karvalytól leginkább a madáretetőkre gyülekező tengeliceknek kell tartaniuk



A szabadon élő házimacska gyakori vámszedője a kert madárvilágának

Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben

SZILY KÁLMÁN

KIRÁLYI MAGYAR

TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
148. ÉVFOLYAMA

2017. 3. sz. MÁRCIUS

Magyar Örökség-díjas és

Millenniumi Díjas folyóirat



nk



Szellemi Tulajdon
Nemzeti Hivatala



Nemzeti
Tehetség Program



EMBERI ERŐFORRÁS
TÁMOGATÁSKÉZELŐ

Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap, az Emberi Erőforrások Minisztériuma, az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő, a Nemzeti Tehetség Program és a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával.



A kiadvány a Magyar Tudományos
Akadémia támogatásával készült.

Főszerkesztő:

STAAR GYULA

Szerkesztőség:

1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.

Telefon: 327-8950, fax: 327-8969

Levél-cím: 1444 Budapest 8., Pf. 256

E-mail-cím: termvil@titnet.hu

Internet: www.termesztetvilaga.hu

Felelős kiadó:

PIRÓTH ESZTER

a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

Kiadja

a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat

1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.

Telefon: 327-8900

Nyomás:

PAUKER Nyomda

Felelős vezető:

Vértes Gábor

INDEX25 807

HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

Korábbi számok megrendelhetők:

Tudományos Ismeretterjesztő Társulat

1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.

Telefon: 06-1-3278-950

e-mail: titlap@telc.hu

Előfizetés, reklamáció:

Magyar Posta Zrt.

Telefon: 06-1-767-8262

E-mail: hirlapelofizetes@posta.hu

Internet: eshop.posta.hu

Postacím: MP Zrt., Budapest 1900.

Előfizetésben terjeszti: Magyar Posta Zrt.

Árusításban megvásárolható a Lapker Zrt. árusítóhelyein.

Előfizetési díj:

fél évre 4200 Ft, egy évre 8040 Ft

TARTALOM

Venetianer Pál: Örökölhetők-e a szerzett tulajdonságok?	98
Kalotás Zsolt: A tengelic	100
Hamvas Béla kétsorosos ember-interferencia kísérlete. Patkós András olvasónaplójából	104
Varga Péter: Indukált földrengések	107
<i>E számunk szerzői</i>	111
Harangi Szabolcs: Tűzhányó-hírek. 2016. szeptember–december	112
Hollósy Ferenc: A felejtés betegsége. Az Alzheimer-kór	117
<i>Adó 1% felajánlás</i>	120
Turcsányi Gábor–Turcsányiné Siller Irén: A Pinnacles-sivatag és a sztromatolitok. Utazás a múltba	121
Baranyi Tünde: A napkitörések. Első rész	125
Bencze Gyula: Aki kétszer jutott fel a csúcra. Keszthelyi Lajos 90 éves!	129
Arany 200	130
<i>HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSÉGEK</i>	131
Both Előd: A Plútó és holdjai	132
Szanyi Szabolcs: Mire jó a csalogató anyag? Innováció a növényvédelmi prognosztikában	135
Két különszámunk	137
Pátkai Zsolt: 2016 őszének időjárása	138
Bencze Gyula: Veszélyben a brit tudomány?	140
Kéri András: A cél az út maga (<i>OLVASÓNAPLÓ</i>)	141
<i>FOLYÓIRATSZEMLE</i>	142
<i>KÖNYVSZEMLE</i>	143

Cimképünk: A mexikói Colima vulkán 2016. december 8-án (*Hernando Rivera felvétele*)
Borítólapunk második oldalán: A tengelic és ragadozói (*Kalotás Zsolt felvételei*)
Borítólapunk harmadik oldalán: Nyugat-Ausztrália geológiai csodái. A Pinnacles-sivatag és a Thetis-tó élővilága (*Turcsányi Gábor és Turcsányiné Siller Irén felvételei*)

Mellékletünk: A XXV. Természet–Tudomány Diákpályázat cikkei. *Keszler Zsófia:* A Monty Hall-féle paradoxon és Marilyn, az IQ-bajnok. *Váradi Róbert:* Egyes Nagyenyed környéki gombák radioaktivitása. Megérkezett folyóiratunk a Székely Míró Kollégiumba. Levél Erdélyből. Mi lett velük? A soproni Széchenyi István Gimnázium díjnyertes diákjai emlékeznek: *Bacsárdi László, Horváth Dóra, Erdélyi Soma, Kovács Gábor Imre, Nickl István, Cserich Dávid, Kiss Dániel.*

A XXVI. Természet–Tudomány Diákpályázat eredménye.
Ericsson-díj, 2017. Felhívás díjazandó tanárok ajánlására.

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, RESZLER ÁKOS,
SCHILLER RÓBERT, CHARLES SIMONYI, SÓTONYI PÉTER,
SZATHMÁRY EÖRS, SZERÉNYI GÁBOR, VIDA GÁBOR, WESZELY TIBOR

Főszerkesztő: STAAR GYULA

Szerkesztők:

KAPITÁNY KATALIN (yka@titnet.hu; 327–8960)

NÉMETH GÉZA (n.geza@titnet.hu; 327–8961)

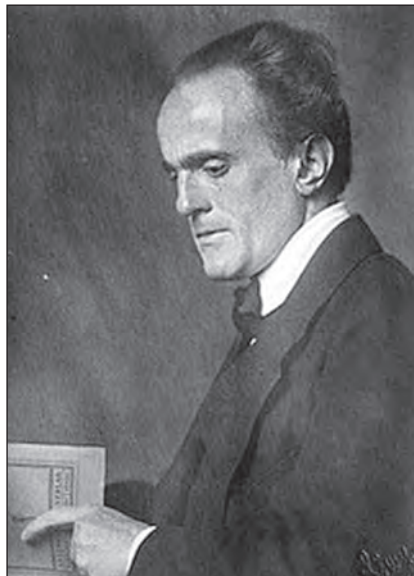
Tördelés: LÉVÁRT TAMÁS

Titkárságvezető:

HORVÁTH KRISZTINA

VENETIANER PÁL

Örökölhetők-e a szerzett tulajdonságok?



A szerzett tulajdonságok örökölhetőségének nagynevű hívei a tudománytörténetben: Lamarck, Kammerer, Liszenko

A címben feltett kérdésre a legtöbb olvasó nyilván úgy válaszolna: „Én úgy tudom, hogy nem”. Sokáig én is így vélekedtem, és a lényegét tekintve igazunk is van. A biológiában azonban nemigen vannak abszolút érvényességű törvények és százszázalékos igazságok, tehát ebben a kérdéskörben is némileg módosítanunk kell a kategórikus véleményt a legújabb eredmények tükrében.

A biológia történetében Lamarck volt az, aki első ízben válaszolt határozottan igen erre a kérdésre, de elmélete sohasem vált általánosan elfogadottá. A XIX. században Weismann úgy vélte, hogy kísérleteivel egyszer és mindenkorra megcáfolta a lamarcki elméletet, amire azután további csapást mért a mendeli tudományos genetika megszületése. A mendelizmus egyik apostola, Bateson kíméletlen harcot vívott az ellen a Kammerer ellen, aki kísérleti eredményeivel bizonyítani vélte a szerzett tulajdonságok örökölhetőségét. Miután kimutatta, hogy Kammerer minden bizonnyal csalt a munkájában, a csata boldogtalan vesztese öngyilkos lett (erről szól a magyar származású Arthur Koestler „A dajkabéka esete” című könyve). A

szerzett tulajdonságok örökölhetőségének leghírhedtebb XX. századi apostola az a Liszenko nevű sarlatán volt, aki Sztálin kegyenceként gyakorlatilag tönkretette a Szovjetunióban a tudományos genetikát.

Ezt a vitát, úgy tűnt véglegesen, a DNS mint örökítő anyag megismerése döntötte el. Crick – a DNS-szerkezet egyik felfedezője és a modern molekuláris biológia legnagyobb alakja – fogalmazta meg a biológia centrális dogmáját, ami úgy szólt, hogy információ csak a DNS-ből mehet a fehérjék felé, a fehérjéktől a DNS felé nem. Laikus nyelvre lefordítva ez annyit jelent, hogy egyszerűen nem képzelhető el, nem lehetséges olyan mechanizmus, amely a fenotípus (azaz a külső megjelenés, a „tulajdonságok”) felől módosíthatná a genotípust, az örökletességet. Azaz a szerzett tulajdonságok nem örökölhetők.

Persze ez a tézis is pontosításra szorul. Ugyanis mint tudjuk: az öröklési anyag igenis változhat, hiszen az ilyen változások, a mutációk az evolúció alapjai. Ezek a mutációk az egyedi élet során keletkeznek, azaz szerzettnek tekinthetők és öröklődnek. Igen, de e mutációk keletkezése véletlenszerű, tehát semmiképpen nem

azonosíthatók a Lamarck által feltételezett adaptivitással (a zsiráfnek azért van hosszú nyaka, mert generációkon át nyújtogatta, hogy elérje a magas fák leveleit). Azaz a pontos fogalmazás: a környezethez való alkalmazkodás révén szerzett (vagyis: adaptív) változások nem örökölhetők. Ettől a törvénytől való látszólagos eltérésre azért már régen ismeretesek voltak egyes esetek.

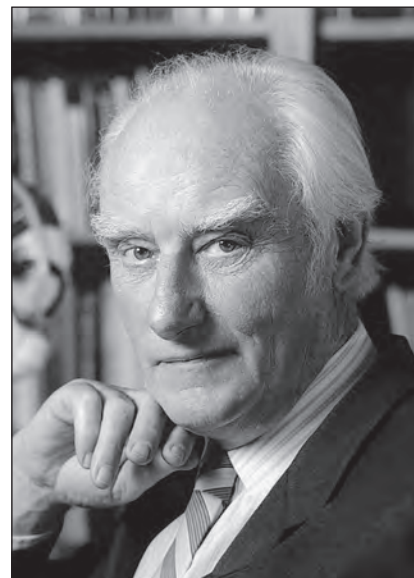
Illusztrációképpen egy példa. A molekuláris biológusok kedvenc „háziállata” az *Escherichia coli* nevű baktérium, annak is a tejcukorbontás és -felhasználás képességét meghatározó génje (e gén vizsgálata vezetett a génműködés szabályozási mechanizmusának felderítéséhez). Ezt a gént, mint bármely gént, egyetlen mutációval el lehet rontani, működésképtelenné tenni, és egy másik mutáció ugyanazon a helyen (ezt reverziónak nevezik) helyreállíthatja a működést. Ha a mutáns, azaz működésképtelen tejcukorbontó génű *coli* baktériumot olyan táptalajba helyezik, ahol más tápanyagforrás nincs mint a tejcukor, akkor természetesen nem tud növekedni és szaporodni. Egy a százmillióhoz valószínűséggel azonban a genom bármely pont-

ján keletkezhet véletlenszerűen mutáció, így reverzió is (azaz a hiba kijavítása), tehát százezer baktériumsejt közül átlagosan egy képes lesz szaporodni. A baktériumokkal való kísérletezésnek éppen az az előnye, hogy az óriási egyedszám miatt ez ténylegesen is megfigyelhető. Amikor azonban ezt a kísérletet valóban elvégezték, nem a vártak megfelelő számú baktériumtelep nőtt ki a kultúrából, hanem nagyságrenddel több, azaz több mint tízszer annyi. Azaz a baktérium mintegy „megérezte”, hogy neki erre az adaptív

vagy mint, ahogy a tudomány egy másik zsenije, *Darwin* mondta: „Mindig az elmélet vezessen. Enélkül a megfigyelések gyűjtése olyan, mintha azzal foglalkoznánk, hogy egy kavicsbánya kavicsait számozzuk és színeiket leírjuk.” Ez a helyzet aztán egy paradigmaváltás következtében változott meg, megszületett az *epigenom*, és az epigenetika fogalma, amiről e lap egy korábbi számában már írtam (Venetianer Pál: Mi az epigenetika? *Természet Világa*, 145, 2014, 540-542). Az epigenom a tágabb értelemben vett öröklési anyag-

Igen, de számos adat bizonyítja, hogy ez a törődés nem százszázalékos, helyenként, bizonyos valószínűséggel megmaradhat az epigenetikusan mintázat. Ha pedig ez így van, akkor feltételezhető, hogy ez a részleges megmaradás magyarázhatja azokat az olykor régen ismert, más esetekben friss példákat, amelyek a generációk közötti epigenetikusan öröklődésről tanúskodnak.

A növényvilágban régóta ismeretesek meggyőző és hiteles példái ennek a jelenségnek. A gyujtoványfű (*Linaria vulgaris*) két változatát már Linné leírta, az egyik-



A szerzett tulajdonságok öröklhetőségének cáfolói: Weismann, Bateson, Crick

mutációra van szüksége a túléléshez, és ezért ez sokkal nagyobb arányban keletkezett, mint az véletlenszerűen várható lett volna. Ez persze értelmetlen állítás. Hosszas vita után az elvégzett kontrollkísérletek kimutatták, hogy az éhezés következtében kialakuló stresszhelyzet általánosságban megnövelte a mutációk keletkezésének valószínűségét a genom bármely pontján, tehát a vártnál nagyobb számú kívánt mutáció nem a helyzethez való alkalmazkodás eredménye volt, pusztán csak véletlen. Ilyen példákat sokat lehetne felhozni, évtizedekkel ezelőtt a mi laboratóriumunkban, egészen más kísérleti rendszerben, szintén született hasonló eredmény.

Vagyis az elmúlt évtizedek során akadtak olyan adatok, amelyek látszólag alátámasztották a szerzett tulajdonságok öröklését, de az elfogadott molekuláris biológiai világtól szerint ezeket sehogyan sem lehetett megmagyarázni. Így értelmezésükre vagy bonyolult megkerülő hipotéziseket alkottak, vagy a tudomány periferiájára kerültek. Joggal, mert mint a nagy fizikus, *Niels Bohr* mondta: „Sohasem szabad elhinni egy olyan kísérleti eredményt, amit nem támaszt alá elmélet”,

hanem azaz nemcsak a DNS-ben, hanem a hozzá szorosan kapcsolódó fehérjékben és kis molakulasúlyú szabályozó RNS-ekben megtalálható olyan strukturális információ a *nukleotidsorrenden kívül*, amely befolyásolhatja a génműködést, és részben vagy egészen állandó, azaz fennmarad sejtosztódás után is. Az epigenom jelenleg a biológiai kutatások középpontjában áll, és egészen biztosan tudjuk, hogy ezt – ellentétben a DNS nukleotidsorrendjével – *környezeti hatások befolyásolják*. Az, hogy ez hogyan történik, milyen hatásokra, a genom melyik pontján, és milyen változást okoznak, a jelenlegi biológiai kutatások egyik centrális problémája. Nagyon sok konkrét esetben ismerjük a választ a kérdésekre, de általános elmélet még nincs. Természetesen az, hogy a környezet alakítja az epigenomot, egészen más kérdés mint az, hogy ezek a változások öröklődnek-e.

Általánosságban azt mondhatjuk, hogy az epigenom az egyedi életen belül továbbadódik, azaz a testi sejtek osztódása (szaknyelven: mitózis) során általában megmarad, viszont az ivarsejtek kialakulásához vezető meiózis letörli azt, és a következő generációban újra programozódik.

nek bilaterális (kétoldali), a másiknak sugaras szimmetriájú a virága, ezek évszázadok óta öröklődnek, és tudjuk, hogy a két típus DNS-szekvenciája azonos, csak az epigenomban különböznek (a DNS metilációs mintázatában). A paradicsomnak is van egy szintelen, éretlenül maradó variánsa, amelyre ugyanez igaz. A liszenkőizmus egyik alapjelensége, a jariovizáció vagy tavasziasítás, az, hogy a mag hosszabb hidegen tartása előbbre hozza a virágzást, szintén valós tény. Ma már pontosan ismerjük a molekuláris, epigenetikusan változást is, ami jellemzi, és ennek hatása is áterjedhet a következő nemzedékre. Az állatvilágban ritkább a jelenség, de ott is ismerünk rá példákat.

Egy érdekes kísérletben például hím egerrel a keserűmandula illatú acetofenont szagoltatták, és ezzel egy időben áramütést kaptak a lábukra. Néhány megerősítés után ez stabil feltételes reflexszé vált, vagyis az acetofenon szagának érzékelése pánikreakciót váltott ki náluk. Ezeket a hímeket normál nőstényekkel párosítva, az első generációs utódok, sőt az unokák közül is több mutatta a pánikreakciót az acetofenonra.

Embernél is akad példa szerzett tulajdonság egy-két generáción át történő öröklésére. Ezek – a dolog természeténél fogva – nem kísérletek, hanem nagyobb embercsoportokon végzett statisztikus jellegű megfigyelések. Így például megállapították, hogy a második világháború során éhező hollandok unokái között sokkal nagyobb (négyeszeres) volt a cukorbetegség előfordulása, mint a kontrollcsoportban. Tajvanon a bételt rágó szülők gyermekei, akik maguk soha nem rágtak bételt, bizonyos a bételrágástól eredő anyagcsere-betegségekben jóval gyakrabban szenvedtek, mint a kontrollcsoport. Hasonló eredményeket mutattak ki Angliában olyan dohányosok gyermekeinél, akik igen korán kezdték a dohányzást. Ezek a gyermekek átlagosan 5–10 kilóval nehezebbek voltak, mint a kontrollcsoport, noha maguk a dohányos szülők nem voltak elhízottak.

Szemben azonban a növényi példákkal, az állati vagy emberi öröklődő szerzett tulajdonságoknál még egyetlen esetben sem sikerült egyértelműen azonosítani a jelenségért felelős molekuláris változást. Valószínűnek látszik, hogy ezek többségéért nem a DNS metilációja, hanem a DNS-sel kölcsönhatásba lépő szabályozó szerepet játszó kisméretű RNS-molekulák a felelősök, amelyek a spermium DNS-ével együtt átkerülnek a megtermékenyített petesejtbe és ott befolyást gyakorolnak az egyedfejlő-



Gyújtóványfű

désre. E feltételezés létjogosultságát igazolja, hogy: 1. kimutatható a spermasejtben számos különböző kis-RNS-molekula jelenléte; 2. bizonyított, hogy bizonyos kis-RNS-molekulák injektálása a megtermékenyített petesejtbe (zigótába) befolyásolhatja a magzat fejlődését. A legújabb kutatások nyomán az a lehetőség sem zárható ki, hogy a *Weismann* által tételezett szigorú elválasz-

tó határ a testi sejtek és az ivarsejtek között mégsem olyan tökéletes, mint korábban feltételezték. Az úgynevezett „extracelluláris vezikulumok”, azaz apró, membránnal körülvett vegyes összetételű kis hólyagocskák, amelyek minden testnedvben, így az ondófoládékban is előfordulnak, szintén tartalmaznak különféle kis szabályozó RNS-molekulákat, amelyek bekerülhetnek a zigótába. Ennek örökítő szerepét a *Caenorhabditis* nevű kis fereggnél sikerült igazolni. Ha ez igaz emlősökre vagy az emberre is, akkor magyarázhatja azt az egyes állatfajoknál megfigyelt „telegónia” nevű jelenséget, hogy az anya előző szexuális partnerének valamely tulajdonsága megjelenik a biztosan nem tőle származó magzatban.

Az itt leírtak alapján tehát hogyan válaszolhatjuk meg a címben feltett kérdést?

1. Biztosan tudjuk, hogy környezeti tényezők alakíthatják az epigenomot.
2. Biztosan tudjuk, hogy az epigenom a meiózis során általában letörlődik, és újra programozódik, de olykor, egyes helyeken megmaradhat.
3. Tudjuk, hogy – kivételesen – néhány generáción át öröklődhetnek az egyed életben szerzett, feltehetően epigenomiálisan meghatározott tulajdonságok. Egyes esetekben ismerjük e jelenség molekuláris mechanizmusát is.

4. Általában nem bizonyított adaptív (azaz valamilyen környezeti hatáshoz történő alkalmazkodásnak tekinthető), epigenomiálisan determinált új tulajdonságok tartós örökletessé válása, de ez nem is zárható ki, mert ismerünk olyan mechanizmusokat, amelyek ezt lehetővé teszik.

5. Mindezek alapján változatlanul fenntartható az alaptézis: a biológiai evolúció alapja a véletlen és a szükségszerű összjátéka, ahol a változás általában véletlenszerű és a szelekció reprezentálja a szükségszerűséget. A szerzett tulajdonságok öröklése elvben lehetséges, a róla tanúsított példák nem feltétlenül elutasítandók, de nem valószínű, hogy lényeges szerepet játszanak a biológiai evolúcióban.

Irodalom

- Allis, C. D. and Jenuwein, T.: The molecular hallmarks of epigenetic control. *Nature Revs. Genet.* (2016) 17, 487.
- Chen, Q., Yan, W. and Duan, E.: Epigenetic inheritance of acquired traits through sperm RNAs and sperm modifications. *Nature Revs. Genet.* (2016) 17, 733.
- Heard, E. and Martienssen, R.A.: Transgenerational epigenetic inheritance: myths and mechanisms. *Cell* (2014) 157, 95.
- Miska, E.A. and Ferguson-Smith, A.C.: Transgenerational inheritance: models and mechanisms of non-DNA sequence-based inheritance. *Science* (2016) 354, 59.

A Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület (MME) internetes Szavazásán a három központilag kiválasztott madárfaj közül a házi veréb a leadott több mint 12 ezer szavazat 21 százalékát, az erdei fülesbagoly 35,5 százalékát, a tengelic pedig 43,5 százalékát kapta, és ezzel ez a közismert kis pintyféle énekes lett a 2017-es év madara. Már a kijelölésből is látszott, hogy az MME olyan madár-



A fiatal tengelic tollruhájából mindig hiányzik a piros szín

fajra igyekezett ráirányítani a figyelmet, amelyet a hazai lakosság jól ismer, hiszen mindhárom kiválasztott faj rendszeresen előfordul az emberek által lakott területeken. Ebből már egyértelműen látszik a legnagyobb hazai madárvédelemmel foglalkozó civil szervezet célja is; minél több embert belevonni abba a nagy országos akcióba, amely az év madara program keretében folyik, hiszen minél szélesebb kört érnek el, annál nagyobb hatású lehet a madárvédelmi tevékenységek hírverése, a madárvédelmi projektek társadalmi támogatottsága. A tengelic pedig, amely igen mutatós kis madár és igen gyakran felbukkan szűkebb környezetünkben is, kiváló szószólója lehet akár más, veszélyeztetett madárfajok megmentése érdekében folyó programoknak is.

A hazai kultúrkörben körültekintve, láthatjuk, hogy a tengelic elég gyakran szerepel irodalmi alkotásainkban. Elég, ha csak *Nemes Nagy Ágnes* vagy *Gyurkovics Tibor* költeményeire gondolunk, de talán mégis a legközismertebben Áprily Lajos: *Madarak zenéje* című verse, amely éppen a tengelicel indít ilyen formán:

„Kertünk ma hangos tengelic-tanya, az erdőn pintyszó cseng és cinkeszó, csetteg, de már nótát indítana a barkás fűzön egy hevült rigó.”

KALOTÁS ZSOLT

A tengelic

A tengelic név már 1320-ban felbukkan a korabeli oklevelekben helységnévként. Tengelic nevű település ma is létezik Tolna megyében, de az nem bizonyított, hogy ez a község azonos lenne a XIV. századi forrásokban szereplő faluval, hiszen a török hódoltság alatt ez a vidék szinte teljesen elnéptelenedett. Az viszont bizonyos, hogy Tengelic község 1996-ban megalkotott új címerében már szerepel az éneklő tengelic, mint olyan szimbólum, ami a település sokszínűségét jelképezi, és egyben azt sugallja, hogy a község folytonosságot vállal múltjával.

Madarunk neve nagy valószínűséggel hangutánzó eredetű, a tengelic hívogató-hangjából eredhet és feltehetőleg a szláv származású stiglic szó átalakulásával, a szó eleji mássalhangzó-torlódás kivetésével honosodhatott meg nálunk. Eleinte még tengelice formában használhatták, majd később a kicsinyítő képzőnek ható „e” betű elhagyásával rögzült nyelvünkben. Mások német eredetűnek tartják, hiszen a német nyelvben ma is Stieglitz néven illetik a tengelicet, és a stiglic név a magyar nyelvben ma is elterjedten használt elnevezése madarunknak. *Kiss Jenő* nyelvész szerint egyes vidékeken még a mák-hasogató néven is ismerik, utalva arra, hogy a megérett mákgubóból időnként kicsipegetik a szemeket. Néhány helyen a fiatal tengeliceket megkülönböztetett névvel illetik. *Chernel István* szerint Veszprém megyében például a cibebek elnevezést használják a fiatal stiglicekre, ami egyértelműen a kirepült fiókák táplálékot kunyeráló hangjára: *cibebek, cibebek* vezethető vissza.

A tengelic (*Carduelis carduelis*) az egyik leggyakoribb és legnagyobb elterjedésű pintyfélének, amely az északi félteke palearktikumi zónájában találja meg életfeltételeit. Észak-Amerika préri övezetében ökológiai testvérfaja, az aranytengelic (*Carduelis tristis*) él. Európában a magas északi részek kivételével mindenhol otthonos. Kontinensünkön 6 alfaját különböztetik meg. Közép-Európában – így Magyarországon is – a faj törzsalakja, a *Carduelis carduelis carduelis* költ. Hazánkban a mozaikos sík- és dombvidékeken rendszeres és gyakori fészkelő, a nagy kiterjedésű, zárt erdővel borított területeket kifejezetten kerüli. Kedveli viszont a ligetes erdőket, a folyóártéri ligeteket, de még az ültetett nyárerdőket is, ha azok nem túlságo-

san homogének. A mezővédő erdősávokban és az utak menti fasorokban is állandó költőfajnak számít. Kifejezetten keresi az ember közelségét. Urbanizációs hajlama meglehetősen erős, sokszor telepszik meg gyümölcsösökben, parkokban, temetőkben, kertekben. A költőhely kiválasztásában még a modern városi környezet sem riasztja, rendszeresen és nem is kis számban fészkel a nagyvárosok nagy forgalmú utcáit szegélyező fák lombkoronájában, legyenek azok akár Budapest centrumában vagy egy nagyobb vidéki város főutcáján. Fővárosunk kertvárosi kerületeinek, utcáinak és parkjainak fái mind a mai napig rendszeres tengelicköltő helyek. Néhány évtizede Gyula belvárosában *Korompai Viktor* amatőr ornitológus számba vette az ott költő tengelicek számát, és 360 fészkelő párt talált. Magam a múlt év végén Tolna város központi utcáin sétálva átlagosan 120 méterenként találtam fészkeket a lombjukat vesztett út menti fákon, és feltételezhető, hogy máshol is ehhez hasonló gyako-

amelyek segítettek volna a faj etológiai és ökológiai viszonyainak részletes feltárását. Pedig gyakorisága, emberközeli életmódja és megjelenése alapján azt gondolhatnánk, hogy ornitológusaink már rég kiszemelték maguknak mint kutatásuk alanyát.

A tengelic az egyik legtarkább, legszínesebb madaraink egyike, ezért a terepen még a gyakorlatlanabb madármegfigyelők is könnyen felismerhetik. Bár olyan élénk színek dominálnak tollruhájában, mint a kárminpiros és a kénsárga, ennek ellenére nagyon harmonikus színezetű a madarak tollazata. A homlok vöröse, a pofák és a farsík hófehére, a hát halvány fahéjbarnája, a melltollat világos okkere, a szárnyak és a fark feketéje, az evezőtollakon levő sárga sávok és fehér foltok nagyon kellemes és vidám összehatást adnak madarunknak. A hímek és a tojók nagyon hasonlóak. Olyannyira, hogy a terepen morfológiai jegyek alapján nem is nagyon lehet megkülönböztetni őket. Kézbe vett idős madaraknál viszont látszik, hogy a



A tengelic csodálatos szín pompája talán a repülő madaragnál látszik a legszebben

risággal költenek a városokban.

Meglepő, hogy ezzel a hétköznapi számító madárfajjal eddig hazánkban senki sem foglalkozott még behatóbban. Igaz, sok mindent tudunk róla, azonban olyan kutatásokat még nem folytattak hazánkban a tengelicekkel kapcsolatban,

hímek fején a piros szín kiterjedtebb, a csőr-tövön levő orrserték feketék, míg az idős tojóknál a fejen a piros szín mérhetően kisebb területet borít, és az orrserték is inkább szürkés színűek. A fiatal madarak tollazatából az első vedlésig, egészen őszig hiányzik a piros szín, és a fehér szín is csak halvány kantár-

ként van jelen a pofarészen. A fejtető színe ebben a korban halványszürkés, a mell tollazatát pedig elmosódott barnás csíkozás jellemzi.

A tengelic állandó madarunk. A hazai költőállomány egy része azonban a keményebb teleken délre húzódik, és a téli hónapokat a



Ilyen az a fenyegető magatartás, amikor a tengelic a territóriumát védi

Balkán-félsziget enyhébb telű részein (Görögországban, Bulgáriában és Dalmáciában) vészeli át. A jelölések és visszafogások adatai alapján a nálunk fészkelők kisebb része Horvátországon át az Adriai-tenger északi szegélyében vonulva Észak-Olaszországig és Szardíniáig is eljut. Hozzánk északabbról, Lengyelországból, Litvániából, Németország keleti részéből, Csehországból és Szlovákiából érkeznek nagyobb számban vendégmadarak. Télen a határban a nagy csapatokban mozgó tengelicek jó része a feltételezések szerint ilyen északról származó vendég lehet. A tengelicre azt mondják a szakemberek, hogy jellemzően parciális vonuló faj, olyan, amely a telet mindig elterjedési területén tölti, és csak akkor hagyja el költőhelyét nagy számban, ha ott az időjárási viszonyok kedvezőtlenülé válásával jelentősen csökkenek túlélésének esélyei.

Azokat a madarakat, amelyek tőlünk délre költöznek, március közepén már ismét a Kárpát-medencében találjuk. Nem tudhatjuk azt, hogy mennyire területhűek, vagyis pontosan oda mennek-e vissza, ahol korábban költöttek vagy ahol kikeltek, illetve azt sem vizsgálták még, hogy a téli hónapokban a költőhely néhány 10 kilométeres környezetében kóborlók visszatérnek-e eredeti költőhelyeikre. Az viszont bizonyos, hogy már a tél folyamán megkezdődik a nemek párba állása. Március végén, április elején már a legtöbb helyen megfigyelhető a párok területfoglalása. A költőhelyet a hím és a tojó közösen választja ki. A fészek általában 2,5–10 méter magasságban, a fák koronájának széléin levő vékony gallyak elágazásaiba kerül. A fészket mindig a tojó építi. A hím csak annyit segít, hogy rendszeresen elkíséri a tojót fészekanyag-gyűjtési helyekre, és amíg párja az alkalmas anyag megszerzésén munkálkodik, addig tőle néhány méterre figyel, és halkan énekelve biztatja párját. A készülő fészkekhez is együtt repülnek, de a hím itt is csak annyit tesz, hogy figyelemmel kíséri a környéket, és riaszt, ha veszélyt észlel. A mintegy 8 cm átmérőjű fészkek alapja növényi szálaból, vékony rostokból, állati szőrszálakból készülő művészi kis alkotmány. A fészkesztés – aminek átmérője 5–6 cm – a tojó puha növényi részekkel, általában a nyárfa szőszös termésével béleli ki. Városi környezetben gyakran használ olyan nem természetes szerves anyagokat is, amelyek helyettesíthetik a természetes fészkeképítő anyagokat. A tavalyi évben volt szerencsém hosszasan megfigyelni egy ilyen fészkeképítő párt.

Tavasszal a kertünkben levő mogyoróbokorra több helyre gyapjúcsumókat kötöttem, arra számítva, hogy a nálunk költő szencinegék és tengelicek számára ez alkalmas fészekanyag-nak bizonyul majd. A szencinegék szorgalmasan fosztogatták és hordták el a gyapjúszalakat, de a tengelicek egyáltalán nem foglalkoztak vele. Inkább abból a foszló bálakötöző zsinagból húzgált ki a tojó hajszálvékony szálat, amelyekkel a bokor szétterülő ágait összekötöttem. Épülő fészket a házunk előtt álló díszszilvafa koronájának harmadában, mintegy 5 méter magasan, a korona szélső részén találtam meg. Ekkor derült ki, hogy a madarak csak mintegy 35–40 méteres átmérőjű körből gyűjtötték a fészekanyagot fészekükhöz.

A tojó rendszerint 4–5 tojást rak, amelyen 12–13 napig kotlik. Ez idő alatt a hím gondoskodik a tojó táplálásáról, de a kotlásban nem váltja fel. A fiókák mintegy 14 napig maradnak a fészkekben, és kirepülésük után a szülők még legalább 2 hétig ügyelnek rájuk. Még egy ideig etetik a táplálékot kolduló fiatalokat, fokozatosan tanítgatják őket egyénileg táplálékot szerezni, elvezetik őket a legjobb táplálkozó- és ivóhelyekre, de mikor a következő költésükbe kezdenek, már nem törődnek önállósult fiókaikkal.

A tengelicek fészkekajuk pusztulása esetén újra próbálkoznak a költéssel, de ahhoz mindig újabb költőhelyet keresnek. Nálunk a párok rendszerint 2 alkalommal fészkelnek egy szezonban, de nem ritkán előfordul harmadik költésük is. Ilyen esetekben még augusztusban is megfigyelhetők fiókákkal járó párok. A késői költések miatt a hazai állomány egy része elvonulásának kezdete ezért rendszerint hosszán, akár 2–3 hónapig is elhúzódik.

A költés befejeződését követően, a madarak kisebb-nagyobb területeken kóborolnak. Mozgásukat elsősorban a táplálékszerzés lehetőségei határozzák meg. A tengelicek alapvetően magevők, ahogyan erre kúp alakú, de a legtöbb pintyféléknél karcsúbb csőrük is utal. Főleg apró magvakkal táplálkoznak, de a költési időben fiókaikat nemcsak apró és puha gyommagvakkal, hanem rovarokkal (hernyókkal, apró bogarakkal) is etetik. Jellemzően kedvelik a fészkes virágú növények magvait. Talán legkedvesebb táplálékuk a bogáncsfajok megérett magja. (Madarunk latin neve is a bogáncs tudományos nevére, a *Carduus*-ra vezethető vissza.) Nagy számban fogyasztják a gyermeklángfű (*Taraxacum officinale*), a közönséges bakszakáll (*Tragopogon orientalis*) röpitőkészülékes termését, és előszeretettel táplálkoznak a pástortáska, az üröm, és a különböző disznóparéjfajok magvaival is. Különösen a táplálékszegény téli időszakban, amikor a hótakaró befedi a tájat, figyelhetünk meg gyakran a hóból kiálló mezei katáng (*Cichonium intybus*) termését bontogató vagy a héjakút mácsonya (*Dipsacus laciniatus*) magvai után kutató tengeliceket. Városokban pedig szinte mindig a parkok platánfáin (*Platanus sp.*) figyelhetők meg kisebb csapataik, ahogy a fák gömb alakú termésein függészkedve próbálnak a magvakhoz jutni.

A tengelicek télen igen gyakran csatlakoznak nagyobb vegyes pintycsapatokhoz, amelyek rendszerint fenyőpintyekből (*Fringilla montifringilla*), zöldikéből (*Carduelis chloris*) kenderikéből (*Carduelis cannabina*) – nagy szikes pusztáinkon sárgacsőrű kenderikéből (*Carduelis flavirostris*) – állnak, de sokszor megfigyelhetünk ezekben a madártömegekben mezei verebeket (*Passer montanus*), citromsármányokat (*Emberiza citrinella*) és nádi sármányokat (*Emberiza schoeniclus*) is. Ezek a sokszor több ezer főt számláló vegyes madárcsapatok gyakran keresik fel a még be nem takarított, lábom maradt napraforgótáblákat és a napraforgótarlókat is, ahol bőven találnak elszóródott magvakat mindaddig, amíg a hó el nem takarja a táplálékot. A Hortobágyon megfigyelték, hogy a vegyes madárcsapatok nemcsak a mezőgazdasági területek tarlóin, hanem az ürömök, cickafarkas pusztagyepelen és parlagokon is szívesen táplálkoznak, ahol a nagyszámú gyommag a táplálékuk. Annak ellenére, hogy a tengelicek kifejezetten kedvelik az olajos napraforgómagvakat, a gazdák sehol sem tartják kártevőnek, mert táplálkozásával nem okoz mérhető termésvesztéséget. A madárkedvelők viszont örülnek annak, hogy a napraforgómag a tengelicek kedvelt csemegéje, mert ezzel az egyszerűen beszerezhető haszonnal könnyedén a téli madáretetőkre csalhatók

ezek a szép kismadarak, ahol azután akár testközlelől is tanulmányozhatók. Ha valaki hosszabb időt szán az etetőn megforduló madarak megfigyelésére, megállapíthatja, hogy a tengeliceket egyáltalán nem kell félteni, hogy a többi madárfaj esetleg kiszorítja őket a kedvelt napraforgó-csemegejük mellől. Ez az elegáns kis madár csak fogja magát és betelepszik az etetőben a napraforgóhalom közepébe, és nemcsak a cinegéket és a verebeket, hanem még fajtársait, és a vele azonos nagyságú pintyféléket sem hagyja addig leszállni, amíg jól nem lakik napraforgómaggal. Nem ritkán percekig is elidőz, amíg úgy érzi, hogy most már elég, jöhetnek a többiek is. A madáretető vendégei közül egyetlen madár van csupán, amely képes azonnali távozásra készíteni, ez pedig a tiszteletet parancsoló csőréről ismert meggyvágó (*Coccothraustes coccothraustes*).

Néhány évtizede még, amikor a természet védelmét nem tekintették igazán fontosnak, egyes emberek szívesen tartották fogságban, kalitkában ezt a szép énekű kismadart. Könnyű volt beszerezni, hiszen

nek minden énekesmadarat, amely fegyverek csöve elé kerül. Több sajnálatos hazai példa is mutatja, hogy ez a veszély még ma is élő probléma. És nemcsak Magyarországon, hanem a szomszédos államokban, Romániában és Szerbiában is, sőt ott talán még inkább. Nem múlik el úgy év, hogy a természetvédelmi örök és a vámosok hathatós együttműködésének eredményeképpen ne bukjon le déli határunkon néhány illegális madárszállítmány, amelyekben igen gyakran tengelictetek is előfordulnak. Biztosak lehetünk abban, hogy ez csak a jéghegy csúcsa! Számátalan illegális szállítmány célba ér, és a lelőtt énekesmadarak felkerülnek az olasz vendéglők étlapjaira, hiszen ott nemcsak az énekesmadár-vadászatnak és -befogásnak, hanem a zsákmányolt madarak kulináris hasznosításának is hagyományai vannak.

A tengelic hazánkban ma már általános védelmet élvez, a 13/2001. (V. 9.) KöM rendelet értelmében természetvédelmi értéke egyedenként 25 000 Ft. A védelem ellenére sem számít azonban veszélyeztetett madárfajnak. Hazai állományai a becslések

lentős állománycsökkenést nem okoznak. Az urbánus környezetben költő populáció szempontjából valószínűleg nagyobb veszélyforrásnak számítanak az utóbbi években a városokban rohamosan teret nyelő szarkák (*Pica pica*) és dolmányos varjúk (*Corvus cornix*). És ne feledkezzünk meg a környezetünkben szép számmal előforduló házi macskákról (*Felis catus*) sem, amelyek házi-asításuk során sem veszítették el vadászösztönüket, és bizony, ha lehetőségük adódik rá, elkapják a ház körül fészkelő madarakat, főképpen a kirepült tapasztalatlan fiókákat. Ennek ellenére is úgy gondolom, hogy a ragadozók nem veszélyeztetik alapjaiban az urbánus tengelic-populációkat.

Tapasztalataim szerint a közlekedésnek is sok tengelic esik áldozatul. Kemény teleken gyakran előfordul, hogy a havas tájban táplálékot nem találó magevő madarak az utak mellé gyűlnek, hiszen az útpadkákön mindig találnak szállítás során elszóródott magvakat. Azok a legyengült példányok, amelyek nem tudnak időben felrepülni az autók elől, bizony sokszor áldozatul esnek. Megleppő módon a mellékutak mentén sokkal gyakrabban láthatunk elütött tengeliceket, pintyeket, mint a főutakon. A pusztulás mértéke különösen akkor növekszik meg, ha köd vagy ónos eső is nehezíti az életüket.

Ezek ellenére is fontos azonban, hogy foglalkozunk tengeliceink védelmével, és itt nemcsak a sokunk által rendszeresen végzett téli madáretetés kerülhet szóba, hanem sokkal inkább a faj élőhelyeinek hathatós védelme is. Nagyon fontos, hogy megkíméljük az utak menti fasorokat, a mezővédő erdősavokat, ligeterdeinket, és emellett újabbakat is telepítsünk! Minél szélesebb körben teret kellene hódítani a biogazdálkodási formáknak is, mert nem tagadható, hogy a mezőgazdaságban felhasznált kemikáliák, különösen a peszticidek, potenciális veszélyt jelentenek a madárvilágra és ránk is.

Ezek a célok csak akkor érhetőek el, ha a társadalom akarata a jövőben erőteljesebben érvényesülhet a gazdasági döntésekben. Az emberek, de legfőképpen a legfiatalabb korosztály szemléletformálásában a madárvédelem nagyon fontos eszköz lehet. Ha gyermekeink el tudnak gyönyörködni a madáretetőn gyülekező színes madárcsapatban, nagy valószínűséggel felnőtt korukban is nagyobb felelősséget éreznek majd természeti környezetünk iránt, mert rájönnek arra, hogy a minőségi élet nem csak anyagiakon múlik. Szükséges hozzá az egészséges környezet, amelynek részei a tiszta tavak és patakok, a virágos rétek, az enyhét adó erdők, a színes nappali lepkék és az erdők és mezők madarai is. Az Év madarának választott tengelic éppen megfelelő arra, hogy általa a természetvédők széles körben megnyerjék az emberek nagy részének jóindulatát. ☞



A költési időben a tengelicpárok mindenhol együtt járnak. A hím ilyenkor nemcsak eteti, hanem gyakran még meg is itatja a tojót (A szerző felvételei)

abban az időben a nagyobb piacokon, kiskereskedéseken korlátozás nélkül lehetett vásárolni belőlük. Buda és Újpest például messze földről híres volt gyakorlott madárbefogóiról. Ezek a „madarászok” hívómadarakkal és lépvesszőkkel tucatszámra fogták be a téli időszakban a határban kóborló erdei- és fenyőpintyeket, a csízeket vagy éppenséggel a tengeliceket. A hosszadalmas és következetes természetvédelmi hatósági tevékenységnek hála, ma már nem nagyon találkozunk „hivatásos” madárfogókkal. Megjelentek viszont az újabb veszélyforrások, az Olaszországból érkező „vendégvadászok”, akik lelkiismeretlen magyar segítők közreműködésével és tiltott vadászati eszközökkel gátlástalanul lelővöldöz-

szerint 690 ezer és 910 ezer pár között lehet, és úgy látjuk, jelentősen nem is változik. Az európai költőállományt az oroszországi populációval együtt 8,2–12 millióra becsülik, és nem tapasztalják, hogy ez a szám jelentősen csökkenne.

Bár a tengelic igazi tömegfaj, amire ragadozók populációi épülhetnek, mégsem mondhatjuk, hogy a predáció jelentős hatással lenne a faj állományára. Azok a példányok, amelyeket a karvalyok (*Accipiter nisus*) vagy a kis sólymok (*Falco columbarius*) kiemelnek a téli csapatokból, a faj genetikai állományának megerősödését segítik, hiszen ezek a ragadozók elsősorban a kevésbé életképes, beteg vagy legyengült egyedeket emelik ki a tömegből, de ezzel je-

Hamvas Béla kétsorsos ember-interferencia kísérlete

Patkós András olvasónaplójából

Bormester Mihály „kísérleti alany” élményei

„... amint bizonyára jól tudja, igen sok embernek az élete valamely ponton kettéválk. Ismerek olyan esetet is, amikor az ember élete három ágra szakad. Biztosan tudja, mire gondolok. Az ember az egyik életét éli, de ugyanakkor a másikat ugyanolyan könnyen, sőt egészen természetesen nemcsak élhetné, hanem ténylegesen éli...

Attól a pillanattól fogva, hogy én a déli harctérre mentem, pont úgy éltem, mintha az északira mentem volna, de az északira mentem, és pont úgy éltem, mintha a délin lettem volna. Igenis én tudtam, hol vagyok. Én tudtam, hogy mind a kettőn ott vagyok. Persze ma sem tudom megmondani, hogy hol voltam, északon vagy délen...

Arra is gondoltam, ha én ezt az időt megkísérelném leírni, ezt kéthasábosan kellene írnom, de a két hasábot az olvasónak egyszerre kellene olvasnia. Ne nevessem. Az élet többszölamúságát akkor fedeztem fel, éspedig nem úgy, hogy a külső élethez belsőt, valóságoshoz valamilyen képzelget gondoltam ki, ami elég gyakori, hanem egyszerre két helyen voltam...

Az orvosok azt mondanák, hogy ez szkizofrénia, de az orvosok mondtak már nagyobb hülyeséget is, na mindegy, ezt a parallel életet nehezen szoktam meg, néha arra gondoltam, mi az ördögöt csinállok délen, ha északon agyonlőnek. ... Északon az oroszok elfogtak, nagy sereg fogollyal együtt bevagonoztak. A vonat megindult északnak. Ugyanakkor határon és vonalakon átszöktem, polgári ruhát szereztem, és tehervonatba rejtözve dél felé utaztam. Egyszerre.”

Ezek Hamvas Béla *Karnevál* című regényének [1] IV. könyvét felvezető, a rákövetkezőket előzetesen értelmező beszélgetés részletei a könyv főhőse, Bormester Mihály és a könyv írója között. Első olvasásra, majd sokadszorra sem tudtam szabadulni a kísértéstől, hogy az emberhős helyébe egy elektront, az első világháború két hadszínterét követő vándorút helyébe egy kétréses interferenciakísérletben résztvevő elektront két lehetséges útvonalán érő kölcsönhatások sorozatát képzeljem, a végén az utak

egyesítésekor fellépő interferencia jelenségéhez hihetetlenül közelálló művészi megoldással. Abszolút találónak érzem, hogy a hős utólag sem tudja megmondani, hol is volt, hiszen az elektron időfejlődése esetében is igaz, hogy a lokalizáció egyenértékű a két pálya közti interferenciaképesség megszűnésével. Még az agyonlövéstől való félelemre is nyilvánvaló analógiát találtam, bevezetve az elektron lehetséges abszorpciójának eseményét a részecskepályákon haladás lehetséges kimenetei közé.



Hamvas Béla és Kemény Katalin

Hamvas e könyvét, melyet sokan a XX. századi magyar regényirodalom csúcsteljesítményei közé sorolnak, 1947 és 1950 között írta. Előre megtervezte, hogy ötvenévesen kezd hozzá nagyregénye írásához [2]. Elhatározása megvalósítását nem gátolhatta meg, hogy teljes könyvtára és kézírásos jegyzettömege bombatámadásnak esett áldozatul a II. világháború végén, majd rövid felszabadult aktivitás után állását elvesztették és publikációs szilenciumot kényszerítettek rá a diktatórikus rendszer kulturális korifeusai.

Nagyszámú elemzője, kritikusa Hamvas művének értelmezését különféle módon, elsősorban a keleti ezoterikus filozófiai rendszerekbe illesztve kísérli meg. Ezen az úton felkészültségem hiányossága okán sem követhettem az író és értelmezőit. Viszont fantáziámat nem hagyta nyugodni a IV. könyv tartalmának és írói megvalósításának a regény többi ré-

szétől szinte teljesen különálló elemzése a kvantumfizikai analógia következetes végigvihatósága szempontjából. Egy ilyen önkorlátozással születő elemzés nyilvánvalóan alkalmatlan a mű teljes ívéből kiolvasható művészi üzenet értelmezésére, de ez nem is szándékom. Örömmel venném, ha némely olvasóm érdeklődését felcsigázva kedvet csinálnék a teljes regénnyel való megbirkózáshoz.

Nem az irodalomtudósoknak, hanem a mikrovilág jelenségeinek ismerői számára

szívesen szeretném felajánlani egy meglepetés-szerű párhuzamosságra való rácsodálkozás lehetőségét. Világos, hogy olyan interpretációs lehetőséget kínálok, amire Hamvas Arannyal együtt kórusban válaszolná: Gondolta a fene! Nyilvánvalóan pusztán egybeesésről van szó. Éppen az izgat, hogy mi vezethette az író egy olyan emberi történet kitalálására, ami szintetökéletes analógiá-

ba állítható a kvantumfizikát megalapozó alapkísérlet elrendezésével.

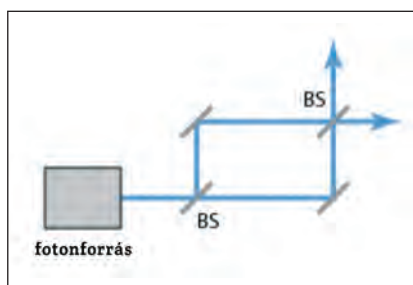
A következő részben arról igyekszem meggyőzni magamat és az olvasót, hogy nem alkalmi, néhány bekezdésnyi hasonlatosságról van szó, hanem a szükségzerűnek tűnő írói lépések sorával jutunk el a két sorspálya újbóli kereszteződésekor azok interferenciát idéző technikájú megjelenítéséhez. A cikk záró részében térek vissza az egybeesésre vezető lehetséges okok kereséséhez. Hamvas Béla eszmévilágáról olvasható munkák – szükségképpen hiányos megismerése – alapján kínálok választ arra a kérdésre, hogy mi vezethette az író olyan gondolatkísérlet elvégzésére az emberi életpályák terében, aminek mikrovilágbeli megfelelőjét egy fiatal amerikai kutató, *R.P. Feynman* egyetemi hallgatóként gondolta ki, majd először 1948-ban publikálta a *Review of Modern Physics* folyóiratban [3], azaz

nagyjából egyidejűleg Hamvas regényének megszületésével.

Hamvas Béla érdeklődött a XX. század természettudományának fejleményei iránt, amit bizonyít, hogy 1945 utáni rövid könyvsorozat-szerkesztői időszakában Heisenberg egy munkájának fordítását is kiadta. Azonban biztosra vehető, hogy a kvantummechanika feynmani újrafogalmazásáról nem jutott el hozzá információ, hiszen ez a megközelítés a szakmai köröket is csak az 1960-as évtizedben hódította meg [4].

Kvantumos foton-interferencia egyetlen képből

A legyengített fényforrásból egyesével (ritkán) induló fotonok az első BS nyaláboztóra érkeve két lehetséges úton halad-



hatnak tovább. A kvantum viselkedés kissé misztikus titka az, hogy a fotonok nem egyiket vagy másikat választják valamilyen valószínűséggel, hanem egyidejűleg a teljes rendszerre kiterjedve, mindkét utat érzékelve haladnak. A foton története a második nyaláboztóig mindkét úton különféle anyagokon át fejlődik (ezt az ábra nem jelöli), amely hatások módosítják tulajdonságait az adott út menti terjedés során. A második nyaláboztóan újra egyesítve a két történetet, természetesen a nyílak irányában elhelyezett két detektornak mindig csak egyikén ad beütést a továbbhaladó foton. A két detektor beütésszámaira az ábra teljes szimmetriája alapján egyenlő értéket várnánk, ha a foton klasszikus részecskeként véletlenszerűen választja valamelyik utat. Ehelyett meglepő módon aszimmetrikus beütésszám figyelhető meg, amelyek sorozatának mintázata a két útvonal egészen módosult tulajdonságokról ad információt. Ezt hívják interferencia-mintázatnak. Ha a berendezést úgy módosítják, hogy egyértelműen azonosítható legyen a foton haladásának útvonala, az interferencia-mintázat eltűnik.

A kísérleti elrendezést a XIX. század végén Mach és Zehnder javasolta klasszikus fényforrással előállítható interferencia-mintázat tanulmányozására. A kvantum jelleg akkor válik nyilvánvalóvá, ha biztosítható, hogy minden pillanatban

Michail Bormester sorsvonala:	Mike Winemaster sorsvonala:
Fogságba és Lengyelországban (a foglyonatot Szibériába kísérő szépséges lány, Tamara)	Nápoly (katonaszökevény, aki két olasz csendőrt meggyilkolva jut fel Melius-szal, a hamis bélyegzők művésze az Algírba tartó hajóra)
Szibéria (forradalom, menekülés a fogolytáborból a tajgába, találkozás Uvdtloriaqkal, a Napot üvöltve ébresztő eszkimóval)	Algír (pókeren vagyont, egy Diana nevű jachtot és Mr. Cullachi feleségét nyeri el, majd mindent hátrahagy, nem mond le újabb kalandokról)
Menekülés Mongólia felé (a terhes Tamara elrablása és halála, találkozás a sorslátó Karipá-val: ikertestvér lát túl a tengeren) Szőkés Kínába (banditák fogságában, japán fogság)	Mandarru, Dél-Amerika (Josiah Pen a kakocentrikus filozófus, a „bennszülöttek” átverése: a (kitalált) huruchi nyelvet és nemzeti múltat dicsőítő zeplota mozgalommal kormányt buktatnak)
Tibeti kolostor (lelki megvilágosodás keresése, Yubainkan, a rádium-ember láma, útmutatás: „a szenvedést mindenkinek magának kell meginnia”)	
Hátsó-India (kényszer-besorozás a Hn-pcs vallás ellen vonuló Tj-seregbe, verekedés, fogság: „... van Hoopot futólag ismét láttam, mellette európai ült, a kocsi csak elsuhan, amint egy marok ezüstpénzt közénk hajított, az egyik pénzdarab éppen orron talált.”)	Hátsó-India (találkozás van Hoop fegyverkereskedővel, a történelmet mozgásban tartó népbűtítő KENYŐCS és alkalmazása háborúk előidézésére: vallásháború gerjesztése a mamalayo és a huruki népek, a Tj és a Hn-pcs vallási felekezetek között)
Latsa (himalájai lámakolostorok, katolikus hittérítők, Manuel barát: világválság a kereszténységen kívül (tudomány, szocialista tanok csődje) és a kereszténységen belül)	Kirándulás Kalkuttába, Kali-templom (félreértett találkozás egy vándorral: „Áj, áj Uvdtloriaq, you Michail? Tamara, Karipa, tajga: Tanácstalanul állok.”)
Út India felé (Curabanhe atya, a béketeremtés papja: megnyerhetők-e a vallások a háborút indító hatalmasok egységes, ökumenikus kiátkozására?)	African Mission (Mr. Ecqutre ülésében formát öltő kinyilatkoztatás az új világ születéséről, féltis-ürüléket evő négek és kaparongynak használt négernők, krokodilvadászat emberhússal)
Kalkutta, Kali templom (félreértett találkozás Melius-szal)	
Zanzibár (TALÁLKOZÁS, Mike felismerése)	Zanzibár (TALÁLKOZÁS, Michail felismerése)

egyetlen foton tartózkodik a berendezésben. Erre a helyzetre mondta Dirac, hogy a foton önmagával interferál.

Két sorsvonal interferenciája

Megfogadva a főhős tanácsát, két oszlopba rendezve, párhuzamosan igyekszünk elolvasni az I. világháború két frontjára „meghasadt” személyiséggel egyidejűleg kikerülő Bormester Mihály párhuzamosan alakuló életvonalait.

A két útvonalon két különböző személyiség halad. Kemény Katalin férjéről írott könyvében [2] ezt így foglalja össze: „Mike világfi, kalandor, aki népeket ugraszt össze, meggazdagszik és nevet dob el magától hatalmat, vagyont, így leplezi le a külvilág álcáit (a pójaca); Michail a szellem útvesztőit aszkéta kitartással fürkészi (a szent); s

hogy az evilág komédiája teljes legyen, Mike, anélkül hogy Michailt a katonák között felismerné, harcol az ellen az ország ellen, amelynek csapatába a véletlen játékból az belekerült.” Keményebben is fogalmazhatunk: Mike megveti a „bennszülötteket”, legyenek azok fehérek, indiánok, ázsiaiak vagy feketék. Élvezettel alkalmazza a szó szerinti sz..t érő filozófiai maszlag helyett a „kenyőcsöt”, azaz a felkorbácsolt nemzeti és vallási érzést a tömegek összeugrasztására, testi, anyagi és szellemi kihasználásukra. Rejtő Jenő nyelvében beszélő, igazi rejtői jellem. Michail viszont mindig azok között találja magát, akiket a történelem kifoszt. Meneküléseinek elfogyhatatlan számú kísérője, megjegyezhetetlen nevével, felcserélhető arculatukkal újra és újra arra az igazságra emlékeztetik, amit elsőként szerzetesi elhivatottságú szibériai börtönőre ismételtgett: „Lev Nyikolajevicsnek igazga volt. Szen-



Feynman kvantummechanikát magyaráz

vedni kell, szenvedni, mindig szenvedni.” (Ugye világos, hogy Tolsztoj-imádó börtönőrrel van szó?). Michail szeretné megérteni szenvedései értelmét, szeretne találni valakit, aki felvilágosítja egy mögöttes misztikus cél létéről. Ám a buddhista lámák és a katolikus hittérítők egyként azt sugallják, hogy mindezt csak maga találhatja meg.

A sorsvonalakat párhuzamosan szemlélve kiviláglik, hogy azok időnként közel kerülnek egymáshoz. A megkettőzött Bormester Mihály homályosan tudatára ébred a Michail-pálya és a Mike-pálya egyidejű létezésének, ám az Uvdtloriaq – Mike és a Michail – Melius találkozó során a pályák „neutrális fázisban” találkoznak: sem destruktív, sem konstruktív interferencia nem lép fel közöttük. Még kevésbé van hatással egymás pályájára a háborún meggazdagodott Mike és a háborúban megsebesült fogoly Michail futó közelsége Hátsó-Indiában. Számomra a legizgalmasabb a zanzibári Mike – Michail találkozás három oldal hosszúságú zaklatott zsúfoltságú leírása, amely az azonos fázisban összefutó sorsok konstruktív interferenciájának zseniális szöveges megjelenítése. A teljes szöveget hossza miatt nem idézhetem, de néhány részlet alapján is nyilvánvaló a fenti táblázat oszlopainak lelkes egységbe olvadása. Íme:

„A tér megnyílik, a parton a Diana horgonyoz, ... a kormányhídon Yubainkan tengerészsapkában tiszteleg, ... Manouel atya megjelenik, hóna alatt az újsággal, *Huesca Matador*, a zeploták diadala a választásokon, ... megjelenik a két olasz csendőr a narancshéjjal, és azt mondják, Latsa kolostor, tessék kiszállni, ... Karipát gyorsan megkötözik, és a krokodilusoknak dobják.” A két történet „interferenciája” egyetlen sajátos közös sorsot szül.

A leírás végül a következő szövegrészben kulminál, amelynek egymásra toluló köztözhullámai végképpen meggyőztek, hogy kettévált sorsvonalak dinamikus egymásba olvadásának vagyok tanúja: „ez Mike?, az Michail, nem, ez nem Mike, ez nem Michail, ez sem nem Mike, sem nem Michail, hello, Mike, áj, áj Michail, ez Mike is, meg Michail is, ez itt jön, az itt megy, hogyan, én vagyok ő, vagy ő én, aki én, és én vagyok nem én, és ő nem ő és”.

Az azonos fázisú fényhullámok erősítik, az ellentett fázisúak kioltják egymást. Úgy tűnik, hogy a Kali-templomban alkalmatlan fázissal zajlott találkozó-kísérletek után Zanzibár kikötőjében a két sorsvonal azonos fázisban találkozott (Mike el tudta volna képzelni azt is, hogy fegyverrel kezükben hőköljenek vissza egymástól és az interferencia tökéletes destrukcióra vezessen).

Mike Winemaster és Michail Bormester egyesülve Bormester Mihályként hajóra szállt és hét és fél nap alatt hazaért Budapestre.

Kísérlet Hamvas „kísérlet-tervezési” motivációjának megértésére

Hamvas indíttatása a megosztott sorsutak bevezetésére egyértelműen filozófiai és nem fizikai. A Bor filozófiája című könyvében [5] írja: „A különbözőnek látszó dolgok nagy sokasága végeredményben látszat. Minden egy.” Kemény Katalin pedig róla írta, hogy alapállása volt a „mindent megkóstolni, mindent kipróbálni, legyen együtt az egész”.

Az egész totális megtapasztalásának vágya vihette arra, hogy feltételezze a térben szétválasztott, azonos időben folytatott hatványozott gazdagságú tapasztalatszerzés lehetőségét. A Föld majdnem egészét beutazó főhős a világirodalom legfontosabb alkotásainak (az *Odüsszeia* meg az *Isteni színjáték* kezdő a sort) mintáját követi. Az újítás a külső és belső utazás párhuzamosságában van. Kommentátorai úgy vélik, hogy Mike és Michail párhuzamos létezése arra ad alkalmat Hamvasnak, hogy az emberben (az elektronban?) megbúvó sorsok (kvantumtulajdonságok?) sokszínűségét előhívja a környezet (a kísérlet berendezés?) változtatásával. Kemény Katalin idézi Hamvasnak egy 1949-es naplóbejegyzését: „Az ember mindig azzá változik, amivel szemben áll. Például Bormester Mihály mint Pen, mint van Hoop ... – benne felszívódik – ő az.” Mintha egy másik irodalmi alkotásból [6] kölcsönözhető idézet parafrázisát olvasnánk: „Az a kísérlet, amely az [elektron] hullámtermészetét igyekszik ellenőrizni, a hullámtermészetet észleli; a részecske jelleget alátámasztó kísérlet pedig arra talál bizonyítékot. A kettő kizárni látszik egymást, ám mégis együtt léteznek.” Hamvas Béla kettévált hősnének összeolvaszthatósága az *Egybe* nem magától értetődő, de végül az író úgy dönt, hogy Bormester Mihály egységbe képes fogni Mike és Michail karakterét. Meglepetésünk csillapítására Kemény Katalin Nietzsche idézi: „Az ember gazdagabb, mint gondolnók. Testünkben sok személy lehetősége rejlik. Karakternek vélik azt, ami csupán egyik maszkunk „persona”-jához tartozik.”

Hamvas Béla világlátásában a személyiség időleges szétválása nemcsak lehetőség, hanem szükségszerűség is. A Karnevál első három könyvének abszurdan nevetséges története a XIX. század végének, XX. század elejének poros magyar kisvárosában játszódik. Szereplőinek nincsenek sajátos vonásai, az egyes könyvek között a szereplők karaktert (Hamvas szóhasználatában: maszkot) cserélnek. Ilyen tulajdonságok nélküli alak Bormester Mihály apja, Virgil és ebben az időszakban maga a főhős is. A világháború ennek az életmódnak a válságát, folytathatatlanságát tetézi be, a tulajdonság nélküli személyiség „meghasadása” nélkülözhetetlen előfeltétel a valóban egyéni jellemvonások megnyilvánulására.

Kemény Katalin írja: „Bormester Mihály sokkal inkább tulajdonságok nélküli ember, mint Ulrich [Robert Musil „A tulajdonságok nélküli ember” című regényének hőse], aki ezt a jelzöt kívánja megszemélyesíteni, sokkal inkább, mint Kafka K.-ja [Franz Kafka „Per” című regényének hőse], akinek tulajdonságmentes lényét hangsúlyozandó még neve sincs, foglalkozása is csak azért, hogy ne legyen. Mert ki is ez a Bormester Mihály, mi a jellegzetessége? Míg ketté nem válik (a válság a hasadás), nem ismerjük a tulajdonságait. A tulajdonságok az *Egy* megosztásának, bomlásának eredményei. Bormester, szemben Ulrichhal, aki egy tulajdonsággal sem azonosítja magát, együtt veszi magára valamennyit, beleértve a regény többi szereplőit, akik mindnyájan Bormester Mihályok.”

Vagyis az ember-interferencia kísérletben nem destruktív interferencia következik be, Bormester nem válik újra tulajdonság nélkülivé, hanem a világot ellenmondásaiban is elfogadó, azt éretten szemlélő személyiségre tesz szert. Az *Egybe* visszatérő különböző utak tapasztalatainak konstruktív interferenciája képessé teszi a térbeli és időbeli teljesség megragadására, amit Hamvas így fejezett ki: „Amit elmondtam, az nem körül, vagy nem kívül van, vagy belül, hanem belül is, kívül is, körül is, felül is, ötszáz év előtt és tízezer év múlva.”

Irodalom

- [1] Hamvas Béla: Karnevál, Magvető Kiadó, 1985
- [2] Kemény Katalin: Az ember, aki ismerte a saját neveit (Széjegyzetek Hamvas Béla Karneváljához), Akadémiai Kiadó, 1990
- [3] R.P. Feynman, Space-Time Approach to Non-Relativistic Quantum Mechanics, Review of Modern Physics, 20 (1948) 367
- [4] R.P. Feynman és A.R. Hibbs: Quantum Mechanics and Path Integrals, McGraw-Hill Book Company, 1965
- [5] Hamvas Béla: A bor filozófiája, Medio Könyvkiadó, 2010
- [6] D. Kehlmann: Mahlers Zeit, Suhrkamp, 1999

VARGA PÉTER

Indukált földrengések

A földtani szerkezeteket elválasztó törésvonalak menti relatív elmozdulások során rugalmas energia halmozódik fel. A földrengés – egyszerűsítve a lejátszódó bonyolult folyamatokat – akkor következik be, amikor ez az energia eléri egy kritikus értéket és meghaladja a neki ellenálló súrlódási energiát. Ekkor a felhalmozódott energia egy része rugalmas hullámok energiájaként kisugárzódik, egy másik része hőenergiává alakul, illetve egy harmadik része mechanikus energiává lesz, létrehozva a kőzetblokkok hirtelen végbemenő relatív elmozdulását. A Föld belsejében egy adott helyen az energia-felhalmozódás folyamata ki van téve a forráshoz viszonyítva külső indukáló hatásoknak is. Ezek a földrengés méretét és kipattanási idejét befolyásoló indukáló hatások növelhetik, vagy éppen csökkenthetik a kőzetblokk-határon felhalmozódó, általában tektonikus mozgások következményeként felhalmozódó feszültséget és ezzel befolyásolják a terület szeizmicitását: növelhetik vagy csökkenthetik a földrengések magnitúdóját, megváltoztatják azok kipattanásának időpontját.

A földrengések időbeli eloszlása jelenlegi tudásunk szerint sporadikus, nem szabályos. Éppen ezért a várható földrengés méret (magnitúdó), melyre készülnünk kell egy adott helyen, rendkívül nehezen becsülhető. A közelmúlt eseményei, mint például a Tohoku földrengés (2011. március 11., $M=9,0$) vagy a 2015. április 25-i nepáli ($M=7,8$) azt mutatják, hogy a múltbeli földrengések alapján végzett földrengésveszély-becslések túlságosan optimisták voltak, a valóságos veszélyt alulértékelték. Ahhoz, hogy ez a helyzet kedvezően változzon, szükséges a múltbeli, tektonikai alapú földrengés-tevékenység adatbázisának minél pontosabb és teljesebb megismerése. Így szükség van arra is, hogy ezt az adatbázist megtisztítsuk azoktól a szeizmológiai viszonyokat befolyásoló, nem tektonikai eredetű, külső forrás által befolyásolt vagy keltett, triggerelt, indukált szeizmikus eseményektől, melyek a természetes földrengés-tevékenység jellegét változtatják, torzítják. Ez utóbbiak lehetnek természetes folyamatok következményei vagy az emberi tevékenység által keltettek. Ráadásul a mesterséges eredetű rengések esetenként komoly károkat is okozhatnak olyan területeken is, melyek korábban szeizmológiai szempontból egy-



1. ábra. Az Észak-anatóliai-törésvonal 1939 és 1999 között keletkezett legnagyobb földrengéseit keltő törésvonal-szakaszok ($M_{6,9-7,9}$) nyugati irányú migrációja. A szeizmikus veszélyeztetettség mértékének növekedését a sötétebb színárnyalatok jelzik

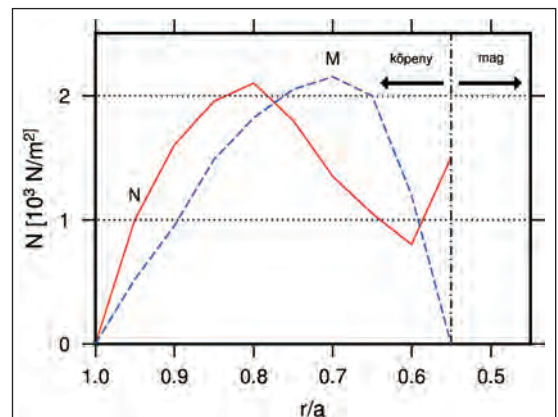
általán nem számítottak aktívoknak. Az indukált, keltett vagy triggerelt földrengések tehát jelentős összetevői lehetnek egy terület földrengés-veszélyeztetettségének és így fontosak a társadalom számára.

Természeti jelenségek földrengést indukáló hatása

A földrengést indukáló természeti folyamatok rendkívül változatosak. Egy szeizmikus eseményt kelthetnek, vagy a felhalmozódásban lévő feszültségek rengés formájában történő kiszabadulását kiválthatják például a vulkáni tevékenységet megelőző folyamatok a magmakamrában, a hó- és jégtakaró növekedése, vagy olvadása, föld alatti üregek beomlása. Vannak olyan – nem mindig igazolódott – híradások, hogy egyes szeizmikus események a légnyomás értékeknek, vagy a talajvíz szintjének változásaival hozhatók kapcsolatba.

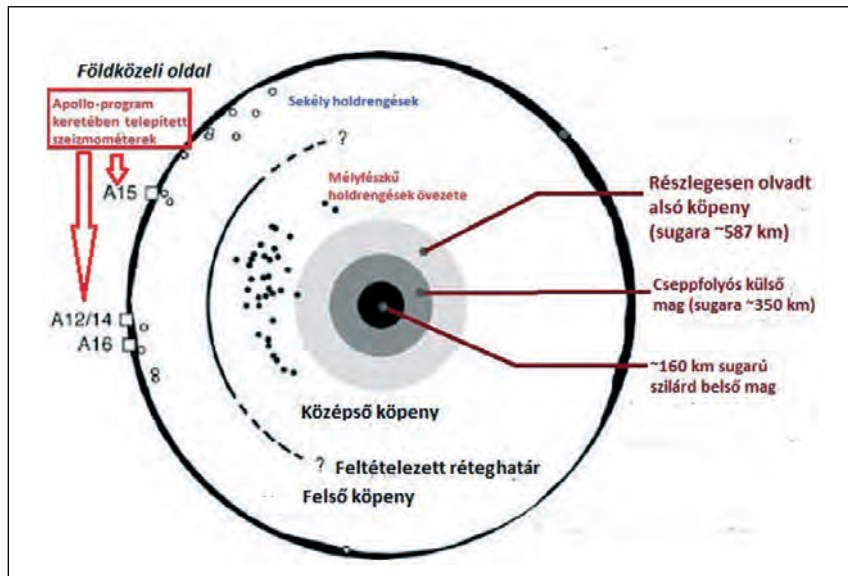
Már korábban felfigyeltek arra, hogy a földrengések hatása érvényesül térben és időben nemcsak a földrengés lefolyásában, például hogy a rengéseket gyakran követik olyan földrengések, melyek, úgy tűnik, oksági kapcsolatban vannak az előbbitel, bár attól térben és időben bizonyos eltéréssel figyelhetők meg. Az energiaátadás módja egy másik, későbbi földrengés fészkebe nem tisztázott, de a kérdéssel foglalkozó szeizmológusok közül sokaknak az a véleménye, hogy a „távhatás” hatékonyságát növeli, ha a hatás hosszabb ideig tartó

és több magas frekvenciájú összetevőkből gazdag. A szeizmikus indukáló hatás mértéke egyforma közeli (néhány száz kilométer távolságban lévő) kisebb és távoli 2–3 magnitúdó értékkel nagyobb földrengés esetében. Mint említettem, a tektonikai eredetű törésvonal mentén történő hirtelen elmozdulás kelti a földrengéseket. De a relatív mozgás lehet lassú is. Esetleg olyan lassú, hogy külső hatás nélkül egyes feszültség-felhal-



2. ábra. Normális (N) és a vízszintes (M) árapályfeszültségek a földköpenyben

mozódások külső hatás hiányában következmények nélkül relaxálódhatnak is. Az említett lassú elmozdulásokkal kapcsolatos „csúszásos események” („creep events”), gyenge rezgések (talajremegések, angolul: tremors) keletkezhetnek. Ezek műszeres megfigyelésére és lokalizálására csak az utóbbi években, a földrengésszelző állomáshálózatok sűrűbbé válása és a szeizmométerek érzékenységének növekedése révén nyílt lehetőség. A rezgésrajok elhelyezkedését és időpontját vizsgálva



3. ábra. Holdi szeizmikus jelenségek fészkei

amerikai geofizikusok arra a következtetésre jutottak, hogy ezeket gyakran távoli szeizmikus események generálják egy adott törésvonalon. Létrejöttük után ezek, eltérő sebességekkel, vándorolnak a törésvonal mentén, és olyan helyre érve, ahol már a kritikus értékhez közeli feszültség halmozódott fel, földrengést indukálhatnak. Ez a mechanizmus lehet a magyarázata a keltő és a kiváltott szeizmikus esemény időpontjai között tapasztalt eltéréseknek.

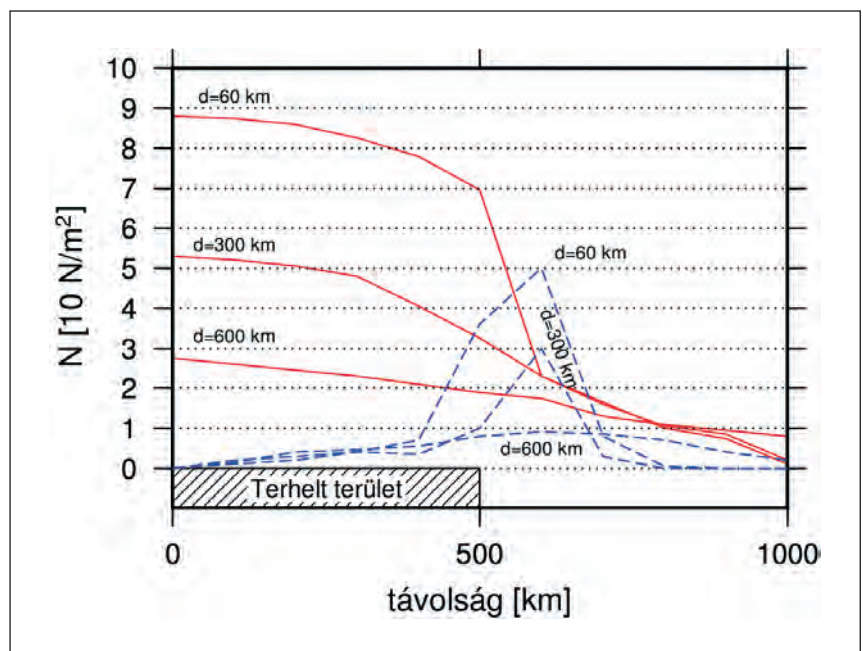
A távoli földrengés mikroföldrengéseket generáló hatásának példája volt a 2010. évi Maule (Chile) földrengés (M8,4) hatására az Antarktisz jégtakarójában keletkezett mikroföldrengés-raj. Ez jól megfigyelhető volt a helyi állomásokon, annak ellenére, hogy a hatodik kontinens szeizmológiai hálózata a földrész méreteihez képest nagyon ritka. Valószínű, hogy a krioszféra különösen kedvező feltételeket kínál a mikrorengések detektálásához.

A földrengésfészkek migrációja egy adott törésvonal mentén szintén a földrengés indukáláshoz köthető. A migráció talán legismertebb esete az Eurázsiai- és az Anatóliai-lemezeket elválasztó Észak-anatóliai-törésvonal. Ennek mentén a 33 ezer áldozatot követelő erzincani földrengés (1939, M7,9) óta hét $M \geq 7$ földrengés pattant ki, melyek epicentrumai fokozatosan nyugatra tolódtak. Az egyik esemény hatása indukálta az utána következőt. A legutóbbi két esemény a düzzei (1999, M7,2) és a Márvány-tenger partján lévő Izmitet sújtó (1999, M7,6, 17 500 áldozat) már veszedelmesen megközelítette Törökország legnagyobb városát, Isztambul (1. ábra).

Az árapályjelenség lehetséges hatása a földrengésekre már a XIX. század vége óta foglalkoztatja a szakembereket. Az 1930-as években többen kimutatták a Föld rugalmas

deformációit kiváltó árapály időbeli változásának korrelációs kapcsolatát a földrengések kipattanási idejével. Természetesen azt sen-

a földrengések keletkezési időpontját. Annak bemutatására, hogy az árapály triggerelő hatása – a szorosnak látszó statisztikai kapcsolat ellenére – nem egyszerűen kapcsolódik a földrengés-aktivitás időbeli eloszlásához, modellszámításokat végeztem a szeizmológiában jelenleg leginkább elfogadott STW 105 (más néven REF) modell sebesség- és sűrűségadatainak felhasználásával a normális N és a vízszintes M árapály keltette feszültség értékének meghatározására. A számításokat egy gravitációs hatású, rotációmentes Föld esetére végeztem a rugalmasság és a gravitációs potenciál időbeli változását leíró inhomogén hatod rendű differenciál egyenletrendszer felhasználásával a földköpenyben tíz egyenlő távolságban lévő szinten. A számítások eredménye azt mutatja (2. ábra), hogy a Föld felszínén és az ahhoz közeli mélységekben N és M értékei rendkívül kicsik, pedig a földrengés-aktivitás döntő része (90%) a felszíntől számított 50 km vastagságú réteghez kötődik. A számított görbék maximumai 1300 km (N esetében) és 1900 km (M esetében) mélységek körül találhatóak, ahol már nincs semmi-féle földrengés-tevékenység. (Az ismert legmélyebb földrengés a Fidzsi-szigetektől délre



4. ábra. Normális (piros folytonos vonal) és vízszintes (kék szaggatott vonal) felszíni terhelésből számított feszültségek a Föld belsejében különböző mélységekben (d). Terhelt terület: 106 km²

ki sem feltételezte, hogy a luniszoláris hatás képes önmagában kiváltani a földrengéseket, hiszen az általa keltett feszültség három nagyságrenddel kisebb a rengéseket létrehozó tektonikainál. A jelenlegi helyzet az, hogy a tudományos közlemények szerzőinek jelentős része, mondhatni többsége a két jelenség között talált korreláció alapján úgy véli, hogy az árapály okozta deformáció képes befolyásolni

684±10 km mélységben történt.) A 670 km mélységtől kezdődő alsó köpeny anyagának magas hőmérséklete már nem teszi lehetővé a földrengéseket kiváltó rugalmas feszültség felhalmozódását. Hasonló a helyzet a földrengéseket elsősorban kiváltó nyírási feszültségek esetében is, hiszen ezek a normális és a vízszintes feszültségek különbségeként határozhatóak meg.

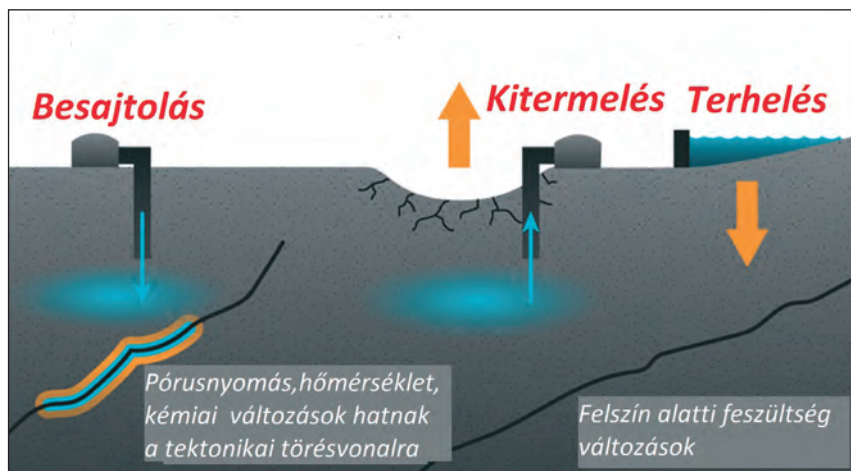
Egy kis kitérőt téve vizsgáljuk meg, mi a helyzet a Hold-szeizmicitás mélység szerinti eloszlása esetében (3. ábra). Az Apollo-program keretében telepített szeizmométerek 1972 és 1977 között összesen 12 000 holdrengést észleltek. A 28 legnagyobb ($M \geq 5$) sekélyfészklű esemény oka még nem tisztázott. Ezen kívül a Hold felszínéhez közeli termikus (a nagy nappali és éjszakai hőmérséklet-különbségek miatt keletkező) és meteorbecsapódások miatti rengések mellett a rengések jelentős részének (mintegy 7 000 esemény) hipocentruma mély, a köpeny középső részéhez köthető kis magnitúdójú ($M \leq 2$), 27 napos periodicitással jellemezhető esemény. Az időbeli változás jellege alapján valószínű: a mély rengéseket a Földnek a Holdnál 130-szor nagyobb árapálykeltő hatása indítja el. A Földdel szemben az alacsonyabb belső hőmérséklet miatt a holdköpeny középső részén jelentkező feszültséganomália létrehozhat rengéseket. A Mars eddig még meg nem ismert szeizmicitásában, nem lévén számottevő holdja, az elmondottak alapján nem várható jelentős szeizmicitás a bolygó köpenyének belsejében. 1976 augusztusától egy három komponenses, alacsony érzékenyséű szeizmométer működött a Marson (M3 rengés detektálására volt képes 200 km távolságról és M6,5 méretűt a bolygó egészéről). A műszer működésének első öt hónapja során egyetlen gyenge M3 Mars-rengést sikerült csak detektálni, ami arra utal, hogy a Mars földrengés-aktivitása lényegesen kisebb a Földénél, de nem sikerült képet kapni ennek területi és mélység szerinti helyzetéről. A tervezett InSight program egyik célja az ottani szeizmicitás megismerése, ami várhatóan segíteni fogja a Hold és a Föld aktivitásának értelmezését is.

De akkor mi lehet az oka annak, hogy a földi szeizmicitás időbeli eloszlása több esetben az árapály időbeli eloszlásával mutat kapcsolatot? A válasz: a tengerek árapályának a Föld felszínét terhelő hatása. Ennek illusztrálására az imént említett számítást ismétlem meg azzal az eltéréssel, hogy míg az előző esetben a Föld felszínén a normális feszültség $N=0$ (a Hold nem érintkezik bolygók felszínével), addig a tengeri árapály által mozgatott víztömeg esetében természetesen $N \neq 0$. A 4. ábrán lévő modell esetében 100 Nm^{-2} (100 Pa) terhelés nehezedik (ami 1 m vízoszlop nyomásának felel meg) egy 10^6 km^2 felületre. A normális N és a vízszintes M feszültségek értékeit különböző mélységek esetére (60 km, 300 km, 600 km) számítottam. Látható, hogy a tipikusnak tekinthető fészkmélység (60 km) esetében a keletkező normális és vízszintes feszültségek értéke 1–10 m amplitúdójú árapály esetében (10^4 – 10^5 Nm^{-2} , ami 10^2 – 10^3 -szorosa a földi árapály által 60 km mélységben keltettnek. Mivel a földrengések fészkeiben MPa (10^6 Nm^{-2}) nagyságrendű feszültségek vannak jelen, megállapíthatjuk, hogy a tengeri ár-

apály okozta terhelés önmagában nem okozhat földrengést, de lehet az „utolsó csepp a pohárban” és így hathat a földrengés kiptatanásának időpontjára. (A légnyomásváltozások generálta feszültségek értéke 10^2 – 10^3 Nm^{-2} .)

Az emberi tevékenység hatása a földrengés-aktivitásra

Az ipari tevékenység számos formája okozhat földrengéseket (5. ábra):

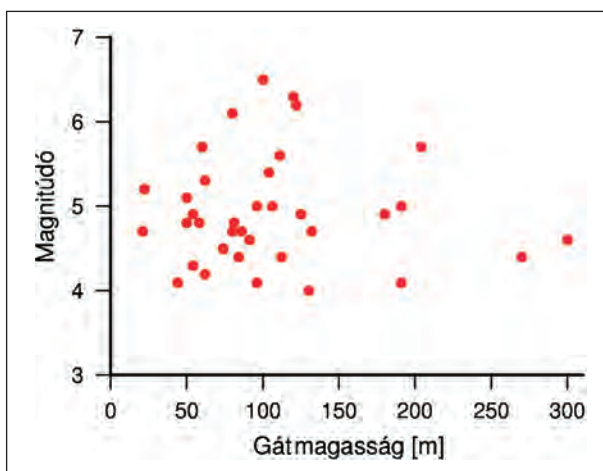


5. ábra. Az ipari tevékenység következtében kialakuló, földrengést keltő feszültségforrások

- terhelések víztározók feltöltése és vízszintjének változtatása miatt
- szilárd és folyadék bányászati tevékenység (kitermelés)

tásai (Hsinfengchiang, Kína M6,1; Kariba, Zimbabwe M=6,2; Kremasta, Görögország M6,3). Guha (2000) szerint 1960–1985 között 37 károkozásra képes, tározókhöz köthető $M \geq 4$ esemény történt világszerte.

A Níluson épült aszszuáni gát mögötti víztározó szintváltozásai több M5 vagy nagyobb földrengést keltettek. A legnagyobb ezek közül az 1981. novemberi volt ($M=5,6$). Figyelemre méltó, hogy az International Seismological Center (ISC) katalógusa 1920-tól a mesterséges tó feltöltéséig nem tartalmazott szeizmikus eseményt Asszuán térségéből. Azóta, a tó mélységének változtatásai következtében, a terület szeizmikusan aktívává vált. A 2008. évi szecsuáni földrengés (M7,9, 80 ezer áldozat) kapcsolata közelben akkor létesülő Zippingu víztározóval jelenleg is szakmai vita tárgya. Az viszont tény, hogy a gát a földrengés következtében megsérült.



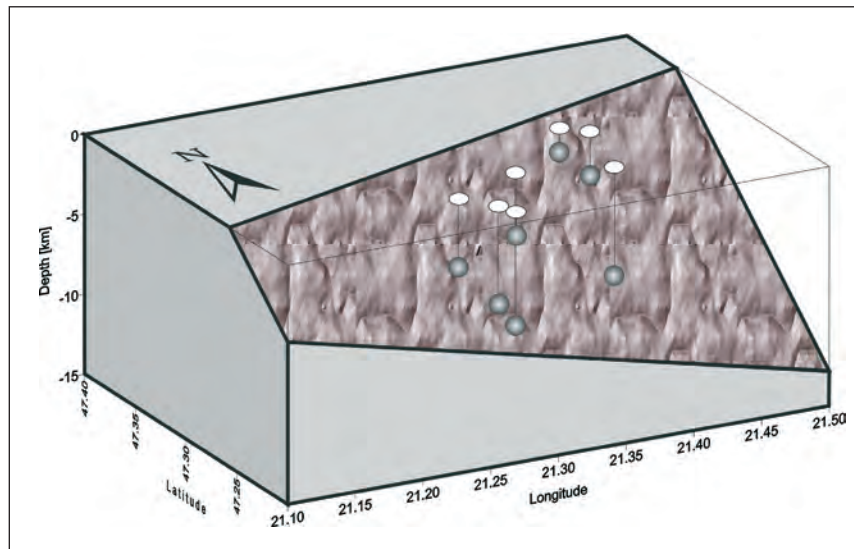
6. ábra. Földrengés magnitúdóértékek a víztározók gátmagasságának függvényében

- folyadékinjektálás (besajtolás) a felszín alá és repesztéses kitermelési tevékenység
- föld alatti robbantások
- Mesterséges víztározók színtingadozásai

Még nem tisztázott, milyen módon hatnak a tározók vízszintváltoztatásai a szeizmikus aktivitásra. Az előző részben ismertetett modellszámítás eredménye azt mutatja, hogy egy

höz járulnak a mélyművelésű bányászatban a járatokban jelentkező kőzetrepedések művelés alatt lévő, vagy felhagyott bányajáratokban egyaránt, melyek önmagukban képesek

zet préseltek nagy nyomás alatt alacsony permeabilitású kőzetbe. Ez a tevékenység 2006-ban és 2007-ben négy M3 méretű földrengést keltett. Ezek a gyenge földrengések és annak emléke, hogy 1376-ban itt volt Közép-Európa legnagyobb ismert földrengése, jelentős társadalmi ellenálláshoz és az egész energetikai projekt leállításához vezetett. Hollandiában sekély, laza üledékekből történő gázkitermelés 2013-ban Loppersumban jelentős károkat okozó földrengést (M3,4) eredményezett. Az Egyesült Államok középső részén a palagáz-kitermeléssel járó kőzetfeszültség-növekedés megváltoztatta a térség szeizmicitását. Az itteni $M \geq 3$ földrengések évtizedekig stabil éves szám értéke (21 esemény/év) 2001-től növekedni kezdett, és 2011-ben már 188 esemény/év értéket ért el. A növekedés oka emberi tevékenységhez köthető (Ellsworth, Science, 2013) (8. ábra). A számottevő épületkárokkal is járó oklahomai földrengést (2011. november 6., M5,7) valószínűleg föld alatti tározóba injektálás okozta. Az új eljárások jelentős mértékben azok szeizmikus aktivitást növelő hatása miatt az USA-ban intenzív politikai és tudományos vitákhoz vezettek és várható, hogy ilyenekre – az új eljárások terjedésével – más térségekben is hamarosan sor kerül majd.



7. ábra. A füzesgyarmati 1996. szeptember 29–30-i földrengésraj hipo- és epicentrumai

10^6 km² nagyságú terület 10 m magas vízszínpalattal történő terhelése esetén 10^5 Nm² nagyságrendű feszültség jön létre 60 km mélységben. Ha a terhelte terület két nagyságrenddel tízezer négyzetkilométerre csökken, a keletkező feszültség értéke alig változik. A tározót felduzzasztó gát magassága és ezzel a lehetséges színtingadozások amplitúdója a tározó működötése által keltett földrengések mérete (magnitúdója) nem mutat egyértelmű kapcsolatot (6. ábra). Valószínű, hogy a keltett szeizmicitás mértéke elsősorban a térség földtani, tektonikai viszonyaitól, a vízszintváltoztatások időbeli alakulásának jellegétől függ. Az indukált szeizmicitás két eltérő formáját sikerült megkülönböztetni:

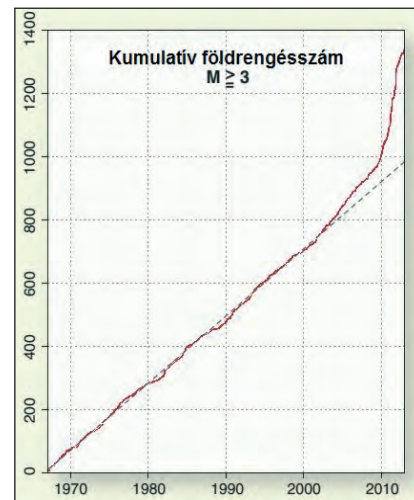
- „gyors szeizmikus reagálás” – a tározó feltöltése vagy leeresztését követő rugalmas feszültségváltozás és a már létező törésvonal mentén végbemenő hirtelen elmozdulás
- „késleltetett szeizmikus reagálás” – a pórusnyomás szétterjedése, mélységi lehatolása, mely törés közeli feszültséget eredményez és tektonikus elmozdulást kelt.

A szilárd, folyékony és légnemű nyersanyagok bányászata és a bányászati tevékenység után felhagyott területeken egyaránt létrejöhetnek az indukált szeizmicitás feltételei. A bányászathoz köthető szeizmikus aktivitás növekedés mértéke egyaránt függ a tevékenység mélységétől és geometriájától, a kitermelés intenzitásától, a tektonikai eredetű törések elhelyezkedésétől és természetesen a környezet már meglévő természetes szeizmicitásának szintjétől és jellegétől. Ezek

$M \geq 4$ méretű szeizmikus eseményeket kiváltani. Csehország Németországgal határos területén, illetve a sziléziai részen, a lengyel határ környezetében vagy Lengyelország délnyugati szegletében rendszeresek az indukált M3–M4 magnitúdójú földrengések, de előfordulnak ennél nagyobb károkat is okozó M5 körüli események is. Fontos megjegyezni, hogy az említett területeken a természetes, tektonikai eredetű szeizmicitás szintje rendkívül alacsony. Hasonló a helyzet a Fehéroroszország középső és déli részein lévő mélyművelésű káliumbányák esetében is, ahol gyakoriak az M4 körüli károkat okozó rengések. A kanadai Saskatchewan tartománybeli kálisóbányászat következtében 1976 és 1985 között 22 földrengés következett be ($2,3 \leq ML \leq 4,5$), olyan területen, ahol a bányászkozást megelőző időből gyakorlatilag nem volt földrengés.

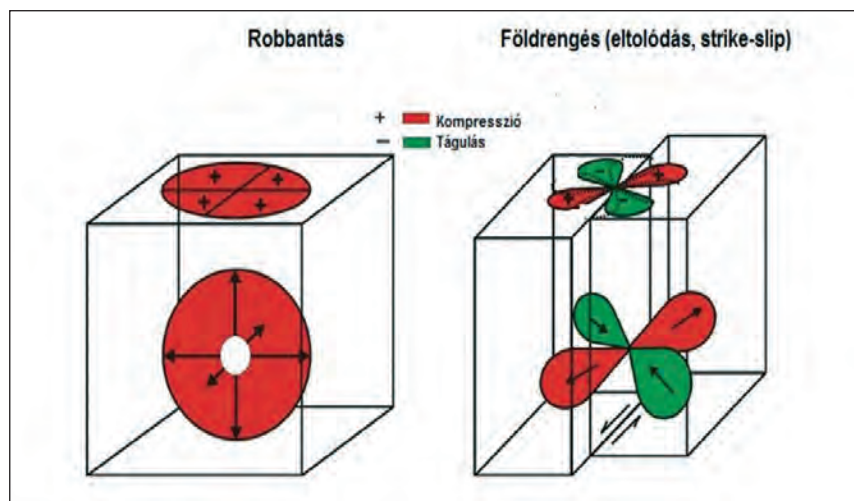
Valószínűleg kőolajkitermelés keltette azt a 7 eseményből álló, M3 körüli méretű eseményekből álló földrengés rajt, mely Füzesgyarmaton pattant ki (1996. szeptember 29–30.). A rengések mélysége 2 km és 12 km között volt és a fészkek egy 71° csapásirányú és 42° dőlési síkon helyezkedtek el (7. ábra).

A folyadék- (esetenként gáz-) injektálás a felszín alá különböző célokkal történhet: a palás szerkezetekből történő olajkitermelés produktivitásának növelése, geotermikus energia felhasználása, szennyvíz (vagy szén-dioxid) föld alatti tárolása. Ezek az új technológiák jelentős, a természetes szeizmicitást megváltoztató feszültséget hoznak létre. A Bázélbe tervezett fokozott hatékonyságú geotermikus energiatermelési rendszer megvalósítása érdekében vi-



8. ábra. Az Egyesült Államok középső részén kipattant $M \geq 3$ földrengések 1967 és 2012 között (folytonos vonal a kumulatív földrengésszámok 1970 és 2013 között, szaggatott vonal a földrengésszám-összegek trendje a 2002. előtti adatok alapján)

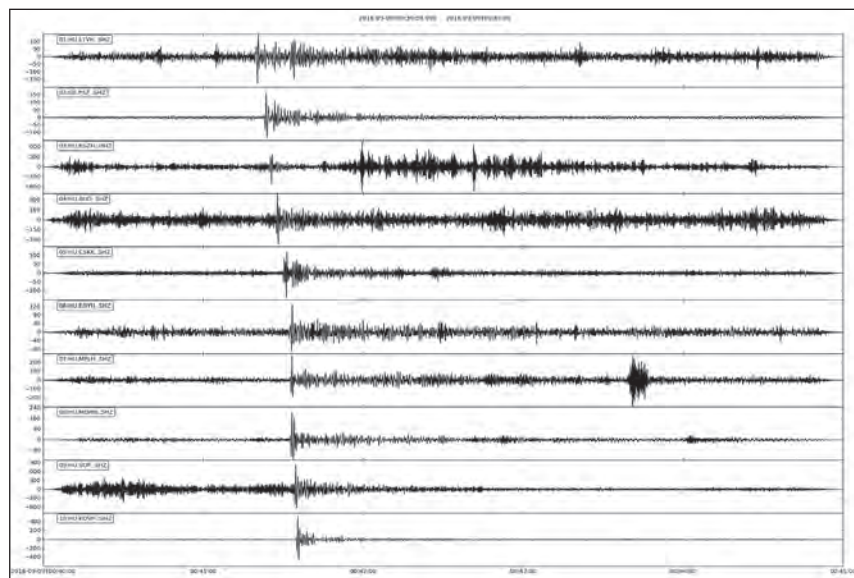
Szigorúan véve a föld alatti robbantások és ezen belül az atomrobbantások következtében felszabaduló rugalmas energia hatása nem tekinthető indukált földrengésnek. A robbantások által keltett rugalmas hullámok energiája azonban olyan jelentős, hogy azok a robbantás helyétől sok ezer kilométerre is megfigyelhetők szeizmológiai



9. ábra. Feszültségek föld alatti törésvonal mentén történő elmozdulások és föld alatti robbantások esetében

műszerekkel. A nukleáris fegyverekkel végzett kísérleti robbantásokra eleinte a felszín felett került sor. 1953–1958 között 231 légköri atomrobbantást hajtott végre az USA, a Szovjetunió és az Egyesült Királyság. Az ezek korlátozását eredményező részleges atomcsend-egyezmény (1963) megtiltotta a légköri kísérleteket, de a föld alattiakat nem. A teljes atomcsend-egyezményt 33 évi tárgyalást követően 1996-ban írták

A föld alatti robbantások megkülönböztetése nem mindig egyszerű feladat. Szempont lehet, hogy a robbantások fészkében végbemenő folyamat elsősorban térfogatnövekedéssel jár, míg a földrengések során a kőzetblokkok törésvonal mentén történő mozgás során tágulás és összenyomódás egyaránt előfordul (9. ábra). A föld alatti atomrobbantások által indukált földrengéseket a robbantás helyétől több ezer kilométerre lévő állomá-



10. ábra. A 2016. január 6-án végrehajtott észak-koreai nukleáris robbantás magyar állomásokon regisztrált szeizmogramjai

alá. A megállapodás megtartásának ellenőrzésére hozták létre 1997-ben az Átfogó Nukleáris Kísérleteket Tiltó Megállapodást (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty, CTBTO). A bécsi székhelyű szervezet több mint 330 megfigyelőhelyen végez szeizmológiai, hidroakusztikus, infrahang, radioaktív izotóp monitoringot.

sok is regisztrálják. Így az Észak-Korea által 2009. május 25-én (M4,7) és 2016. január 6-án (M4,9) végrehajtott robbantások keltette szeizmikus hullámokat a magyar állomások is regisztrálták (10. ábra).

Ezt a munkát az OTKA K 105399 projekt támogatta.

E számunk szerzői

BARANYI TÜNDE tudományos főmunkatárs, Napfizikai Observatórium, Debrecen; DR. BENCZE GYULA, a fizikai tudomány doktora, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Részecske- és Magfizikai Intézet, Budapest; DR. BOTH ELŐD csillagász, Budapest; DR. HARANGI SZABOLCS tszv. egyetemi tanár, ELTE Közvetlen-Geokémiai Tanszék, Vulkanológiai Csoport, Budapest; DR. HOLLÓSY FERENC biológus, klinikai kutatási munkatárs, KCR, Budapest; DR. KALOTÁS ZSOLT természetvédelmi tanácsadó, Tolna; DR. MATOS LAJOS szívgyógyász, Szent János Kórház, Budapest; DR. PATKÓS ANDRÁS fizikus, akadémikus, ELTE, Atomfizikai Tanszék, Budapest; PÁTKAI ZSOLT meteorológus, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest; SZANYI SZABOLCS PhD, Debreceni Egyetem, Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Tanszék, Debrecen; TURCSÁNYI-NÉ DR. SILLER IRÉN, mikológus, a SZIE Állatorvos-tudományi Karának docense, a Magyar Mikológiai Társaság titkára, Budapest; DR. TURCSÁNYI GÁBOR Pro Natura díjas botanikus, növényökológus, a Szent István Egyetem természetvédelmi alapszakának ny. vezetője, Budapest; DR. VARGA PÉTER, a földtudományok doktora, MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet, Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium, Budapest; DR. VENETIANER PÁL akadémikus, MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Biokémiai Intézet, Szeged.

Áprilisi számunkból

Lovas Rezső: A mindentudók árulása.

Apokrif adalékok az atombomba történetéhez

Csaba György: Vitaminok vagy hormonok?

Ujfaludi László: Űrművészet.

Fantáziaképek az Univerzumból

Szili István: Hóvirág, vadalma és más történetek

Trájer Attila: Az ázsiai tigrisszunnyog

Papp Henriett: Különcök a baktériumok között

Kubassek János: A földrajzprofesszor, akit mindenki szeretett: Tulogdi János

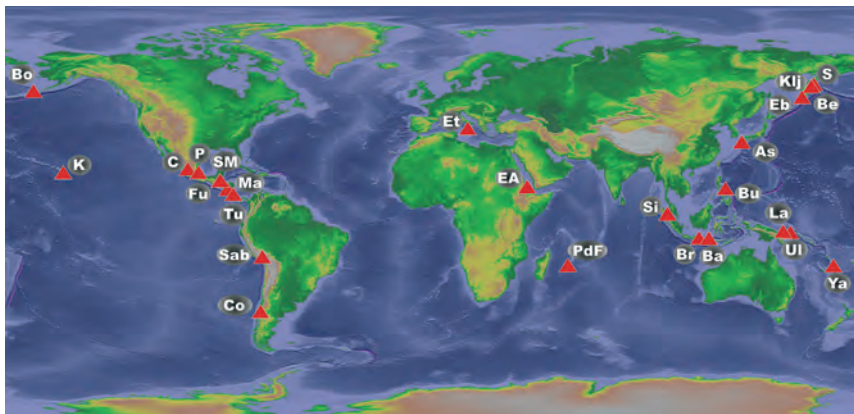
Kereszty Zsolt: Szuperrobbanás

Szibéria felett

HARANGI SZABOLCS

Tűzhányó-hírek

2016. szeptember–december



Térkép a szövegben szereplő vulkánok helyének megjelölésével (Bo – Bogoslof, K – Kilauea, C – Colima, Fu – Fuego, P – Popocatepetl, SM – Santiaguito, Santa Maria, Tu – Turrialba, Ma – Masaya, Sab – Sabancaya, Co – Copahue, Et – Etna, EA – Erta Ale, PdF – Piton de la Fournaise, Si – Sinabung, Br – Bromo, Ba – Barujari, Bu – Bulusan, As – Aso, Klj – Kljucsevszkoj, Be – Bezymjannij, S – Sivelucs, Eb – Ebeko, La – Langila, UI – Ulawun, Ya – Yasur)

2016 utolsó hónapjai vulkáni kitérésekben látszólag eseménytelenül teltek el, azonban ahogy az alábbi ismertető is tükrözi, nem volt pihenő. A tűzhányók továbbra is az elvártaknak megfelelően működtek és számos tanulságos eseményről is beszámolhatunk. Az év vége alkalmat ad arra is, hogy visszatekintsünk, melyik volt a legemlékezetesebb vulkánkitörés, melyik tűzhányó érdemelheti ki az év vulkánja címet. Erik Klemetti *Eruptions blogján* mindig megszavaztatja olvasóit. A voksok alapján 2009 óta olyan vulkánok érdemelték ki ezt a címet, mint a Szaricsev (2009), az Eyjafjallajökull (2010), a Puyehue-Cordón Caulle (2011), a Tolbacsik (2012), az Etna (2013), a Holuhraun-Bárdarbunga (2014) és a Colima (2015). Vajon ki kerül e díszes társaságba 2016-ban? Írásunk január első napjaiban zárult, még éppen a győztes kihirdetése előtt. Ez azonban jó alkalmat ad arra is, hogy különösen az év utolsó hónapjaiban zajlott eseményeket is figyelembe véve latolgassuk, kik az esélyesek és ezt mivel érdemelhetik ki. Látjuk majd, hogy nem könnyű a döntés, a kérdés az, hogy a szavazók mit részesítenek előnyben: a folyamatos aktivitást (pl. Sinabung, Santiaguito vagy Fuego), a különleges eseményt (pl. Kilauea, Hawaii vagy Piton de la Fournaise, esetleg Bogoslof), vagy a veszélyes helyzetet (pl. Barujari), esetleg a háttérben csendben, de látványosan történő

működést (pl. Kljucsevszkoj vagy Sivelucs)? Szerencse, hogy ehhez nem csatlakozik tragikus kimenetelű vulkáni esemény. A lista bizonyítja, hogy aktívak bolygónk tűzhányói és akkor nem is beszélünk azokról a hírekről, amelyek esetleges jövőbeli vulkánkitörés lehetőségét vetik fel, mint például a Nápoly közeli Campi Flegrei térségében. A vulkánkitörésekről és háttér információkról rendszeres tájékoztatást nyújt a *Tűzhányó blog* Facebook oldala a több száz csatlakozott olvasónak.

Kilauea, Hawaii, USA

A Nagy-sziget Kamokuna partjainál továbbra is küzd Pele, a hawaii vulkánok istennője, és testvére Namakaokaha'i, az óceán istennője. A 61g láva megállás nélkül ömlik az óceánba széles lávadelvét alakítva ki, ezzel növelve a sziget területét, miközben az óce-

án vize dühös hullámokban támadja a friss szárazföldet. Pele ismét győzelemre áll, ha szoros csatában is, azonban az év utolsó napjában Namakaokaha'i is beleerősített és jelentősen visszavágott. December 31-én 180 méter hosszan repedt fel a friss lávadelta és a mögötte lévő idősebb sziklafal és 70 méter szélességben zúdult az óceán vizébe. Ezzel szabadabbá vált a lávacsatorna kijárata és nagyobb intenzitással ömlött az izzó kőzetolvadék a vízbe. Heves robbanásos kitéréstől és esetleges további partszakadástól tartva a hatóságok lezárták a korábbi kilátópontot, a kíváncsi turisták csak távolabbról szemlélhetik a különleges eseményt. A friss lávadelta beszakadásának veszélye legalább akkora, mint ami a forró láva és hideg víz keveredése miatti heves lávacafat-szétfreccsenésé. A megszilárdult lávakőzet ugyanis kavicsos üledékre települ, amin az egyre nagyobb teher miatt könnyen előfordulhat megcsúszás, és az a korábbi partfal anyagát is mobilizálhatja. Az új lávadelta, azaz a szárazföld növekedése nem kevés. A Kamokuna partvonalon kialakult nyugati delta mérete az év végére több mint 24 ezer négyzetmétert ért el, míg a keleti delta nagysága meghaladta a



Igazi turistalátványosság az óceánba ömlő láva a hawaii Nagy-sziget Kamokuna partjánál (David Ford felvétele)

100 ezer négyzetmétert. Ez utóbbi csorbult meg az év végi beomlással.

A Pu'u Ō'ō kráterben feltörő kőzetolvadék tehát megállás nélkül látja el utánpótlással a lávacsatornákat, ahol szinte hűlés nélkül jutnak el a több kilométer távol-

ságban lévő tengerpartig. Időszakonként azonban kibuggyanak a felszínre is, mint például november 21-én; a felszíni lávafolyás még decemberben is tartott. Az év végéig kitartó lávaömlés furcsa nevét – 61g – talán érdemes részletesebben elmagyarázni. Ehhez azonban vissza kell nyúlunk a kitörés kezdetéhez, azaz 1983. január 3-hoz, amikor a Keleti Riftzóna mentén hosszan felnyílt a föld és lávafüggöny emelkedett fel. Ez júniusra egy pontra szűkült és innenől vehető a Pu'u Ō'ō kürtő születése. A következő években káprázatos lávaszökőkút-kitöréseket mutatott a friss vulkáni központ, majd lávaöntő időszakok következtek. A helyi kutatók a vulkáni működést annak jellege, változásai alapján fázisokra osztották, amelyeket sorszámoztak. Persze akkor senki sem gondolta, hogy a működés több mint 30 éven keresztül tart majd. 1986-ban már a 47. kitörési fázisnál tartottak, amikor egy új hasadék-vulkáni működés kezdődött. Mindegyik hasadék külön betűjelölést kapott, így lett 48a, 48b és 48c kitörési fázis. A 48c eseményből lett végül az új Kupaianaha kitörési központ, ami 6 éven keresztül működött és ehhez tartozott például Kalapana település betemetése is. Ez a változás némileg összezavarta az eddigi beosztást, 1992 óta azonban ismét visszaállt a rend, és a kitöréseket egyedül a Pu'u Ō'ō kürtő táplálja. Voltak persze jeles események is, amikor a számozásos besorolástól eltértek a szakemberek. Az egy évtizeden (1997–2007) keresztül zajló 55-dik kitörési fázison belül például külön jelölték az Anyák napi (Mother's Day), valamint a Martin Luther King születésnapja (Martin Luther King's birthday) új lávaöntő eseményt. A mostani kitörési fázis, azaz a 61-dik, 2011 augusztusában kezdődött, ami először a Pu'u Ō'ō krátert töltötte ki (61a fázis). Ezt követte a Béke Napi (Peace Day; 61b fázis) lávafolyás szeptember 21-én. A korábbi Tűzhányó-hírekben már szereplő, Pāhoa települést fenyegető június 27-i (June 27th) lávaöntő kitörés (2014–2015) volt a 61e kitörési szakasz. Május 16-án újra felszakadt a Pu'u Ō'ō kráter északi és keleti pereme, ez a lávafolyás (61f fázis) azonban csak rövid életű volt, mert újabb hasadék nyílt a kráter peremén és azóta is ez táplálja a 61g lávaöntő fázist. Ez tehát azt jelenti, hogy a 61-dik kitörési fázisban ez a hetedik (g) önálló, azaz jól meghatározható kezdettel és kitörési hellyel jellemezhető lávaöntő esemény.

A Kamokuna partvonalon zajló látványos események mellett azonban nem szabad elfeledkeznünk a két látóval kitöltött kráterről sem. Folyamatosan változik a látató szint mind a Pu'u Ō'ō, mind a Halema'uma'u kráterben. A meredek kráterfalon időnként sziklaomlások történnek. December 2-án például egy jelentős töme-

gű kőzettömeg hullott a Halema'uma'u látóvába, a felfreccsenő lávacafatok betérítették a kráter körüli sík területet.

A közel 34 éves folyamatos vulkáni működés nem kap akkora figyelmet, mint más tűzhányó időszakos kitörése. A Kilauea vulkáni terület ez éves látványos kitörései alapján azonban méltán pályázhat az év vulkánja cím elnyerésére.

Bogoslof, Aleuti-ív, USA

2016 vége meglepetéssel teli vulkánkitöréssel zárult. Az Aleuti-ív vonalától mintegy 40 kilométerre északra található egy piciny (0,75x2 km nagyságú) sziget, aminek Bogoslof a neve. Vulkáni működéssel alakult ki, azonban megjelenése nem sokat árulkodik e tüzes eseményekről. A

posan megváltoztatta a szárazföld alakját. Új sziget keletkezett, míg a korábbi sziget területének jelentős része eltűnt. A kitörési központ víz alatt van, a vulkáni működést vélhetően freatomagmás robbanásos kitörések jellemzik. Ha ez folytatódik, nem kizárt, hogy egy tufakúp bukkanhat a vízszint fölé. Vajon ez a műszerektől és webkameráktól távol zajló, de mégis izgalmas, szárazföldet alakító friss kitörés bekerül-e az év vulkánja címért versengők közé, még kérdéses, de az év vulkáni megjelentése címet joggal elnyerheti!

Colima, Mexikó

A tavalyi év tűzhányója idén nyugodtabban kezdett, azonban szeptembertől ismét látványos műsorral bizonyította azt,



A guatemalai Fuego egyik káprázatos kitörése 2016-ból (Martin Rietze felvétele)

szabálytalan lefutású partvonal az óceáni erózió nyomait tükrözi. 1796-ban és 1992-ben viszkózus lávadóm türemkedett ki, aminek mára meglehetősen megcsontult sziklamaradványai maradtak csupán. 1992 óta csend és nyugalom honolt a szigeten, a vulkáni rendszer működését semmilyen műszeres megfigyelés nem követte. December 20-án azonban pilóták jelezték, hogy több mint 10 km-re tornyosuló kitörési felhőt látnak a sziget felett. A kitörés nagyjából fél órát tartott. A készültségi fokozatot rögtön emelték, ami alapvetően a légiközlekedésre vonatkozott. Másnap egy újabb kitörés történt, amit műholdas felvételek rögzítettek. A villámterképeken számtalan villámlási esemény jelent meg. A kitörési felhő ismét 10 km-nél is magasabbra jutott fel, de ez is csak rövid esemény volt. A következő napokban is folytatódott a rövid életű kitörések, ami ala-

hogy mire képes! Szeptember 26-án új lávadóm-anyag türemkedett ki a kráterben, ami másnap már túlsordult a kráterperemen és a vulkán meredek oldalán 100 méter hosszan omlott le. Az 5 km-es veszélyzónát 10 km-re növelték. A hónap végére kisebb-nagyobb robbanásos kitörések történtek, akár 5–6 km magas hamufelhővel, a környező településeken kitelepítéseket rendeltek el. Éjszakánként jól megfigyelhetők voltak az időszakos vulcanoi-kitörések ívelt pályán kirepülő lávadarabjai és a vulkán lejtőjén leereszkedő blokkos láva izzása. A lávafolyam október végére már 2,3 km hosszú, 320 méter széles volt, becsült mennyisége elérte a 10 millió köbmétert. December 17-én az elmúlt másfél év legerősebb kitörése zajlott, az izzó lávacafatok közel 2 km magasra repültek, a kitörési felhőben villámok cikáztak.

Popocatépetl, Mexikó

Mexikó másik folyamatosan aktív tűzhányója augusztus elején már a 69. számú lávadómot növesztette a 300 méter széles és 30 méter mély kráterben, ezt azonban a hó végén történt robbanásos kitörés teljesen megsemmisítette. A következő hónapokban rendszeresen napi több tucat, olykor több mint száz robbanásos kitörés történt. Ezek közül a november 25-i volt a legnagyobb, amikor 5 km magasra emelkedett a kitörési felhő és több településen jelentettek hamuesőt.

Fuego, Guatemala

Tavaly lemaradt az év vulkánja verseny első helyéről, most azonban komoly esélyekkel indul a guatemalai Tűz-hegye! 2016-ban 16 látványos paroxizmális kitörése volt, ebből év vége utolsó hónapjaiban öt történt. A stromboli-típusú látatűzijáték kitörések több száz méter magasra tornyosuló lávaszökőkútban csúcsosodtak ki. Mindezt a meredek hegyoldalon vékonyan lecsorgó lávafolyamok színezték tovább. A kapcsolódó hamufelhők többször okoztak hamuesőt a környező településeken. A legutolsó kitörési fázis december 21-én kezdődött, a lávaszökőkút 200–300 méter magasra tornyosult, a hegyoldalon három irányban indultak lávafolyamok, amelyek 1,5–3 km távolságba jutottak.

Santiaguito, Santa Maria, Guatemala

A másik guatemalai tűzhányó is éremesélyes az év vulkánja versenyben. Számátlan, háborzongató, lélegzetelállító robbanásos kitörése volt a Caliente lávadómnak. A nagy hanghatással felemelkedő gomba alakú, örvénylő hamuoszlopot többször piroklaszt-árak lezúdulásai kísérték és 20 kilométer távolságban is hamuesőket jelentettek. Nyugodtabb időszakokban, az esőzések következtében elinduló, sebesen mozgó, mindent elsodró laharok jelentettek veszélyt.

Masaya, Nicaragua

A Santiago kráterben továbbra is fröcsög, csobog az izzó látató és festi vörösre az éjszakai égboltot.

Turrialba, Costa Rica

Costa Rica lusta tűzhányója időszakos robbanásos kitörésekkel jelezte, hogy megközelíteni veszélyes. Szeptember 17-én,

majd a hó végén, valamint október közepén is több száz méter magasra örvénylő szürke hamufelhőt lövellt ki, a környező településeken a hamueső mellett az erős kénzsag is gondot okozott. A legerősebb kitörés szeptember 19-én történt, amikor 4 km magasra emelkedett a hamufelhő. Az október közepi folyamatos hamukilvellések tönkretették a kihelyezett mérőműszereket.

Sabancaya, Peru

A perui Ampato és Hualca Hualca vulkánok közelében fekvő tűzhányó a legfiatalabb a környéken és az egyetlen, amelynek történelmi időkben zajlott kitörései is voltak. A Tűz nyelve nevet viselő vulkán



Fantasztikus lávaszökőkút a Piton de la Fournaise szeptemberi kitörése során
(Fotó: Ilotdrones)

működése 2015 decembere után újult fel ismét. Augusztus végén a terepi vizsgálatok erőteljesebb gázkiáramlást rögzítettek és a hibrid-jellegű földrengések száma is megnőtt. A hó végén egy rövid ideig tartó hamu kilvellés történt, majd újra nyugalom következett. A vulkáni működés november 6-án újult fel és év végig folyamatosan tartott. Az erős robbanásos kitörések több kilométer magas hamufelhőt eredményeztek, amihez naponta 3000–7000 tonna kén-dioxid-kiáramlás kapcsolódott.

Copahue, Chile

A Chile és Argentína határa közelében fekvő Trapa-Trapa kalderában lévő vulkán november végén több robbanásos kitörést is mutatott, 3–4 km magasra feljutó kitörési felhővel. December 2-án stromboli-típusú kitörések építettek fel egy kis salak-kúpot az El Agrio kráterben. A hatóságok biztonsági okokból lezárták a kráter körüli másfél kilométeres területet.

Etna, Olaszország

Csendesebb évet zárt az Etna, a látványos május végi kitörést nem követte újabb. Ez persze nem jelenti azt, hogy ne újatana nap mint nap újabb és újabb csodát Szcília hatalmas tűzhányója. Joseph Nasi légi felvételei folyamatosan mutatják a kráterterület változásait, a cataniai INGV vulkanológusai pedig rendszeresen szolgáltatják az információkat az éppen aktuális helyzetről. Így bepillantást kapunk arról, hogy egy ilyen alapvetően eseménytelen időszakban is mennyi érdekes dolog történik egy vulkánon; olyanok, amikről nem tudnánk, ha mindez egy távoli térségben, mondjuk Kamcsatkán zajlana. Augusztus 7-én például a Voragine kráter keleti oldalában egy új kürtő nyílt fel, amin

keresztül folyamatosan áramlanak ki a gázok, esténként pedig sejtelmes vörös színbe öltözik. Időszakosan aktív a másik „puttusiddu” kürtő is az Új Délkeleti Kráter kúpjának oldalában. Október közepén egy kisebb robbanásos kitörés után érdekes eseményt figyeltek meg a csúcsra látogatók. A Voragine és Bocca Nuova krátereket kitöltő látavest berogyott, összetömrődött. Erőgyűjtés, hosszabb pihe-nő egy újabb látványos kitörés előtt, vagy megnyílik a vulkán oldala és egy veszélyesebb lávaöntő kitörés következik? Ezek a 2017-es év kérdései!

Erta Ale, Etiópia

A Föld legrégebben aktív látavata az Erta Ale pajzsvulkán beszakadásos kráterében található. A vulkáni működés 2016 vége felé a szokottnál aktívabbá vált. Lávaöntést jeleztek mind az északi, mind a látavtat tartalmazó déli kráterből is. A friss lávafolyam jelentős területet borított be a kalderán belül.



Egy pörgő-forgó „hamuördög” alakult ki a Sinabungon november 1-jén lezúduló izzófelhő előtt (Sadrah Peranginangin felvétele)

Piton de la Fournaise, Réunion, Franciaország

Május után szeptemberben újabb remek vulkánkitörés történt az Indiai-óceán területén fekvő, francia fennhatóságú vulkáni szigeten. Szeptember 10-én erősödött a szeizmikus aktivitás és megnőtt a kén-dioxid-kibocsátás, utalva arra, hogy friss magma nyomul a felszín felé. Nem sokkal később a felszínemelkedés is jelezte a magma jövetelét és egy nappal később megindult a vulkánkitörés! A l'Enclos Fouqué kaldera belsejében, a Puy Mi-côte és a 2015. júliusi kitörési központ közötti területen több hasadék nyílt fel és tucatszámú lávaszökőkút csapott fel 15–30 méter magasba több száz méter hosszúságban. Szeptember 15-re a hasadék menti kitörés az ilyen vulkáni működésre jellemzően végül egy-egy pontra szűkült. Két kúp épült fel, ahonnan izzó lávafolyamok indultak ki. A déli kúp kitörésének megszűntével a lávaszökőkút-kitörés intenzitása nőtt az északi kúpon és már 60 méter magasra repültek az izzó lávacafatok. Szeptember 17-én erősödött a kitöréssel együtt járó földrengés, majd szeptember 18-án kora hajnalban hirtelen abbamaradt, jelezve a vulkáni kitörési esemény végét. Az egy hetes kitörés során mintegy 7 millió köbméter bazaltos láva jutott a felszínre. Két látványos vulkánkitörésével a Piton de la Fournaise bizonyára jó eséllyel indul az év vulkánja versenyen.

Bromo, Tengger kaldera, Indonézia

A kis-közepes erősségű hamukibocsátással járó kitörés folytatódott a Bromo évi közel 1 millió turista által látogatott kráterében.

Az időszakos robbanásos kitöréseket erős hanghatások kísérték, a vulkán körüli területen erős kénes szag terjengett. Szeptember végén a kitörési felhő 3 km magasra emelkedett és 40 km távolságba sodródott. A hatóságok egy 2,5 km széles veszélyzónát húztak a vulkán köré és a második legmagasabb fokozatra emelték a készültséget, amit csak október vége felé csökkentettek, egyben 1 km-re szűkítve a veszélyzónát.

Sinabung, Indonézia

A szumátrai Sinabung továbbra is megállás nélkül dolgozik, mindennaposak a vulcanotípusú kitörések. A korábbiakhoz képest viszonylag nyugodtabb augusztusi időszakot lávadóm-kitüremkedés jellemezte. A tüzehányó kráterperemén lévő lávadóm mérete elérte a 2,6 millió köbmétert. Augusztus 26-án aztán váratlanul heves robbanásos kitörés történt, a hamufelhő 6 km magasba emelkedett és a lávadóm teljesen megsemmisült. Ahogy azonban korábban is történt, az élet ezzel nem állt le és néhány nappal később már az újabb lávadóm dugta ki a fejét és gyarapodott folyamatosan két hónapon keresztül. November 1-jén ez a lávadóm is megsemmisült, most a vulkán déli és délkeleti oldalán lefutó izzófelhők kíséretében. Szerencsére ez a kitöréssorozat nem követelt áldozatokat. A tüzehányó körzetében még mindig több mint 10 ezer

lakos él ideiglenes sáttortáborban. Úgy vélem, az indonéziai vulkán 2013 óta tartó megállás nélküli aktivitásával és környezetére gyakorolt hatásával 2016-ra jogosan érdemelhetné ki az év vulkánja címet.

Barujari, Rinjani, Indonézia

A Sinabung trónra lépését egy másik indonéz tüzehányó is veszélyeztetheti. A Lombok szigetén lévő nevezetes Rinjani kalderában kialakult Barujari vulkáni kúp a 2015-ös felébredését követően, ez évben is kiszámíthatatlan kitöréseivel ijesztgette környezetét. Több mint fél éves szünet után augusztus 1-jén közel 10 km magas hamufelhőt eredményezett robbanásos kitörése, ezért le kellett zárni a helyi repteret. A fantasztikus természeti szépséget mutató kaldera egyre népszerűbb kirándulóhely. 2016-ban a látogatók száma már meghaladta a 90 ezret, ami 20 ezres növekedést jelent a tavalyi évhez képest. A teljes turistaösvény bejárása 3 napot vesz igénybe. Egy aktív vulkán meglátogatása nem veszélytelen, az indonéziai hatóságok ezért fontosnak tartják a belépők regisztrálását. Egy váratlan kitörés esetében ugyanis ez létfontosságú lehet. Nemsokára be is következett egy ilyen



Menekülő turista a Barujari szeptember 28-i kitörése során (Giuseppe Salerno felvétele)

esemény. Rövid szünet után szeptember 27-én tört ki a vulkán, ekkor több mint 1000 turista volt a kalderában, amiből csak 464-en voltak hivatalosan regisztrálva. A turisták fejvesztve menekültek a nagy hanghatással járó és ijesztő vul-

káni hamu kilövelléssel járó kitörés elől. Október 1-jén még mindig 44 kiránduló nem jelentkezett a Sembalun lévő park bejáratnál elhelyezett ellenőrző ponton, azonban sérülésről, halálesetről nem volt beszámoló. A kitörést követően a nemzeti park lezárta a területet, hangsúlyozva, hogy a belépési tilalom mindaddig marad életben, amíg a készültségi fokozat figyelmeztetésen áll. A lezárás ellen többen tiltakoztak, azonban a szeptember végi események tükrében jogos volt a korlátozás. Végül december elején oldották fel részlegesen a zárat azzal, hogy a Rinjani hegy tetejére még mindig tilos a felmenetel és nem szabad a Barujari kúp 2 kilométeres körzetében sátrazni. A Rinjani kaldera jól példázza azt a kényes egyensúlyt, amit fenn kell tartani a megnövekedett turizmus igénye, illetve az aktív vulkáni területek veszély előrejelzése terén.

Bulusan, Fülöp-szigetek

Luzon legdélebbi tűzhányója szeptemberben és októberben több alkalommal mutatott rövid életű, alapvetően freatikus robbanásos kitörést.

Aso, Japán

A 24 km széles kalderában lévő Nakadake vulkáni kúp kitörése volt Japán első, a történelmi időkben dokumentált vulkáni eseménye 553-ban. Azóta is az ország egyik legaktívabb vulkánja, emellett Kyushu egyik legnépszerűbb turistacélpontja. Fontos tehát a fokozott figyelem, különösen mivel az elmúlt időszakban több váratlan kitörés is történt. Október 7-én és a következő napon két robbanásos kitörés is zajlott. Az utóbbi esetben a műholdas megfigyelések 11 km magas kitörési felhőt jeleztek. 3 cm vastag vulkáni hamuréteg borította be a 6 km távolságban lévő rendőrsőt és még 320 km távolságban is észlelték hamuhullást. A rögtön elvégzett tudományos vizsgálatok szerint a kitörési anyagnak mindössze 10%-a származott közvetlenül a fel-törő magmából, azaz a kitörés jellege freatikus-freatomagmás volt.

Kljucsevszkaj, Bezimjannij, Sivelucs, Kamcsatka, Oroszország

Az év utolsó hónapjaiban nagyüzemben voltak Kamcsatka vulkáni nagygáyi is. Ezekre a tűzhányókra jóval kevesebb figyelem irányul, mivel nehezebb a megközelítésük, kevesebb az észlelési adat és szerencsére kevés a körük települt lakos, azaz kicsi a közvetlen vulkáni

veszély. A KVERT vulkanológusainak azonban napi készültségben kell lenniük, mivel egy-egy nagyobb kitörés veszélyeztetheti a légi közlekedést. A ritkán csordogáló felvételek ugyanakkor pompás kitöréseket örökítenek meg, mint például az egyik legfiatalabb tűzhányó, a Kljucsevszkaj esetében. Augusztus óta folyamatos a vulkáni működés, amit stromboli-típusú lávatűzijáték és lávafolyás jellemez. Szeptember 7-én egy viszonylag erősebb robbanásos kitörés 7 km magas hamufelhőt eredménye-

tevékenységével. Ebből kiderülhet, hogy a Sivelucs joggal pályázhatna az év vulkánja címért, amiben csak a távoli elhelyezkedése hátráltatja.

Ebeko, Kuril-szigetek, Oroszország

A Paramushir sziget északi pontján lévő tűzhányó 2010 óta szunnyadt, azonban az év utolsó hónapjaiban több kisebb robbanásos kitöréssel hívta fel magára a figyelmet.



Izzásban a Kljucsevszkaj tűzhányó teteje (Jurij Gyemjancsuk felvétele)

zett. A légiközlekedésben vörös fokozatra emelték a készültségi fokozatot. Hasonlóan erős robbanásos kitörésre került sor szeptember későbbi napjaiban, majd októberben is.

November közepén a Bezimjannij is mozgolódni kezdett. A műholdak hőmérsékleti anomáliát észleltek, ami december közepére még jobban felerősödött. Vélhetően ez friss lávadóm-kitüremkedést jelez. December második felében kisebb robbanásos kitöréseket is detektáltak.

A legészakibb aktív tűzhányó, a Sivelucs karéjszerű sebhelyén folytatódott a lassú lávadóm-kitüremkedés. Ezt időszakos közepes-nagy robbanásos kitörések kísérték, amikor a hamufelhő 10 kilométernél magasabbra emelkedett és több mint 900 km távolra sodródott, a részleges lávadóm-összeomlási eseményeket pedig jelentősebb, több mint 10 km távolságba eljutó piroklaszt-árak kísérték. Mi történe, ha a Sivelucs, mondjuk, Indonéziában lenne? A Merapi vagy a Sinabung esetében már komoly veszélyt jelentenek az 5 km távolra eljutó izzófelhők! Érdemes a kitörésekhez kapcsolódó számadatokat is elemezni, összehasonlítva más tűzhányók

Yasur, Vanuatu

A Föld legaktívabb tűzhányóiról általában kevesebbet hallunk, mivel működésük megszokottá vált és csak akkor kerülnek be a hírekbe, amikor megváltozik kitörésük, esetleg veszélyesebbé alakul a helyzet. A Stromboli mellett ilyen vulkán a Yasur is, ami szintén látványos lávatűzijáték-kitöréseket mutat. A vanuatu obszervatórium szakemberei augusztus elején a második fokozatra helyezték a készültségi állapotot és a tűzhányó körül 600 méteres körzetben belépési tilalmat rendeltek el. Ennek okai az intenzívebbé váló robbanásos kitörések voltak. Október közepén tovább emelték a készültségi fokot, amit a hó végére csökkentettek ismét.

Ulawun, Langila, Pápua Új-Guinea

Szintén ritkán hallunk a Pápua Új-Guinea területén lévő tűzhányókról. Az év utolsó hónapjaiban mindkét tűzhányó aktív volt, a robbanásos kitörések során 2–4 km magásra emelkedett a sötét hamufelhő. 📸

HOLLÓSY FERENC

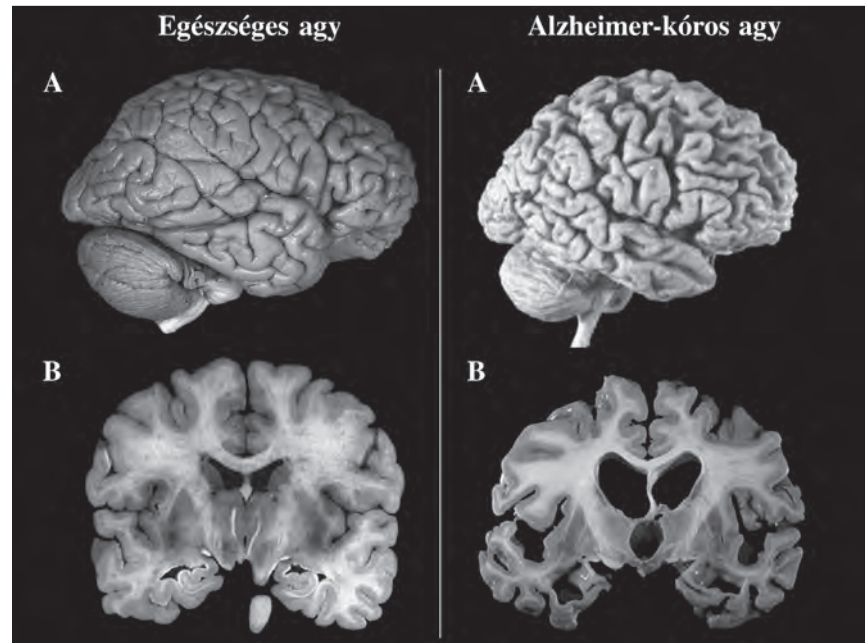
A felejtés betegsége

Az Alzheimer-kór

Mindenkivel előfordul, hogy elfelejt bizonyos dolgokat. Am, ha a figyelmetlenséghez később memória- és magatartászavar is társul, valamilyen rendellenességre kezdünk gyanakodni. Ha mindez együtt jár – főleg idősebb korban – a gondolkodási és megismerési (kognitív) funkciók beszűkülésével, akkor már nagyon valószínű, hogy valamilyen fokú demencia, azaz elbutulás van a háttérben. Demencia alatt többféle neurodegeneratív kórképet értünk. Közös jellemzőjük, hogy memóriaromlással kezdődnek, majd egyre gyorsuló biológiai leépüléssel folytatódnak. A 65 év felettek körében a demencia előfordulási gyakorisága még csak 1%, de 85 év felett már minden második embert érint. Az életkörülmények javulásával növekszik a várható élettartam és sajnos vele együtt a demencia előfordulásának gyakorisága is. Civilizációs problémával állunk szemben, ami mára népbetegségének tekinthető. Az adatok 20 éves duplázódást mutatnak. Egy 2015-ös nagy nemzetközi felmérés szerint a demenciában szenvedő betegek száma elérte a 46,8 milliót, míg 2030-ra már 75 millió beteget prognosztizáltak, 2050-re a szám elérheti a 131,5 milliót.

Meglepő, hogy a demens betegek 58%-a jelenleg az alacsony jövedelemmel rendelkező, sokszor élelmiszerhiánnyal küzdő országokban él. Így elsősorban Kína, India, a délkelet-ázsiai térség, valamint a nyugat-pacifikus térség gyorsan idősödő lakossága érintett a kérdésben. Ez az érték 2050-re elérheti a 68%-ot. De nem lélegezhetnek fel sem a jól szituált Amerika sem Európa országainak idősödő korosztályai, mert őket éppúgy fenyegeti a szellemi leépülés kérdése. Magyarországon ma körülbelül 200–300 ezer demens ember él.

A demenciák mintegy 10%-a a visszafordítható (reverzibilis) típusok közé tartozik, ahol a kiváltó ok kezelésével a tünetek megszüntethetők vagy legalábbis jelentősen javíthatók. A demenciák mintegy 20%-át az ér eredetű (vaszkuláris) demenciák közé soroljuk, melyekben a tünetek az agyi vérellátás valamilyen zavara (érelzáródás, súlyos érszűkület) miatt alakulnak ki. Cikkünkben a



1. ábra. Egészséges és súlyosan zsugorodott Alzheimer-kóros emberi agy hosszmetsetben (A) és keresztmetsetben (B)

(Forrás: http://dxline.info/img/new_dictionary/alzheimers-disease_1.jpg)

demenciák döntő hányadát, 70%-át kitevő Alzheimer-kórral foglalkozunk. Azt a kérdéskört járjuk körül a teljesség igénye nélkül, hogy hol tartunk jelenleg az Alzheimer-kór megismerésében és az ellene való küzdelemben? Milyen molekuláris célpontok jöhetnek szóba a gyógyszertervezés szempontjából, amelyekkel lassítható, vagy akár meg is állítható a betegség kifejlődése? Tekintettel arra, hogy az Alzheimer-kór egyre több embert érint és kezelésük egyre nagyobb pénzügyi problémát jelent világszerte, számos kutatási és gyógyszerfejlesztési program indult a betegség okainak feltárására és kezelésére.

Ennek fényében meglepőnek tűnhet, hogy az intenzív kutatás ellenére több mint egy évtizede nem került forgalomba új Alzheimer-kór elleni gyógyszer! Hogyan lehetséges ez? Az egyik ok valószínűleg az, ami az új szerek klinikai kipróbálása során előfordul, hogy a kutatás korai szakaszában hatékonyak és ígé-

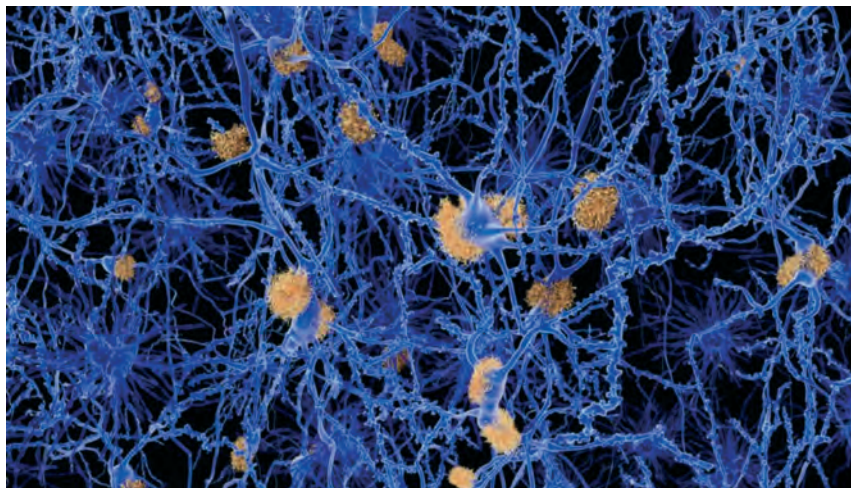
retesnek mutakozó készítmény később a nagyléptékű klinikai vizsgálatok során valamiért elbukik. A másik ok viszont eléggé különös. Nevezetesen az, hogy az Alzheimer-kór pontos kiváltó okát még ma sem ismerjük!

Számos tényezőről tudjuk, hogy szerepe van az Alzheimer-kór kialakulásában. Az örökletes tényezők, a magas vérnyomás, a cukorbetegség és a depresszió fontos faktorok, de vannak adatok immunológiai eltérés és anyagcsere-zavar alapján kifejlődött esetekre is szép számmal. Sőt! Még bizonyos étkezési szokások is gyanúba kerültek azért, hogy egyes betegek még kielégítő kalóriabevitel ellenére is jelentős mértékben lefogytak. Ezek után már talán nem is meglepő, hogy bizonyos szocio-ökonomiai tényezőkről is kiderült, hogy befolyással lehetnek a kór kialakulására. Az iskolázottabbaknál, a jobb jövedelmi helyzetben lévőknel és a „jobb táplálaknál” ritkább a betegség, szemben az

éhező vagy élelmiszerhiánnyal küzdő országok szegényeivel, akik között jóval gyakoribb a betegség.

Amint arról az előzőekben már szó volt, a betegség kifejlődésében az örökletes tényezők nagy szerepet játszanak. Számos génváltozatról kimutatták, hogy fokozhatja a betegség kialakulásának valószínűségét. Ilyenek bizonyos fehérjék (amiloid prekursor fehérje, presenilin-1 és -2 fehérje, tau-fehérje) mutációi, de egyes fehérjék (apo-E fehérje) génje több változatban is előfordulhat a szervezetben (polimorfizmus). Így például az Apolipoprotein E-epszilon 4 génnek 3 különböző változatát is ismerjük, melyek csak 1–1 nukleotidban különböznek egymástól. Az eddigi vizsgálatok szerint az Alzheimer-kóros esetek 15–20%-áért ez utóbbi jelenléte a felelős, ami 17-szeresére növeli a betegség előfordulásának gyakoriságát. Ez a fehérje főleg a lipidek transzportjáért és anyagcseréjéért felelős, s mint ilyen, nem véletlenül vált intenzív vizsgálat tárgyává.

A kiterjedt kutatómunka ellenére sem tisztázott még az Alzheimer-kór pontos genetikai háttere. Pedig fontos lenne tudni, mert ma úgy gondolják, hogy az eddig megismert genetikai faktorok



3. ábra. β -amiloid plakkok az idegsejtek között (Forrás: <http://www.gereports.com/brain-changes-signal-alzheimers-20-years-before-symptoms-appear/>)

tartják, vagy újabban az ubiquitin lebontási rendellenességek gyűjtőnévvel illetik, melyek patogenezisében mind a molekuláris chaperonok, mind az ubiquitin-proteaszóma rendszer fontos szerepet játszhatnak.

A mikroszkópba tekintve az látható, hogy a betegség előrehaladásával a plakkok változnak. A kezdetben szétszórót

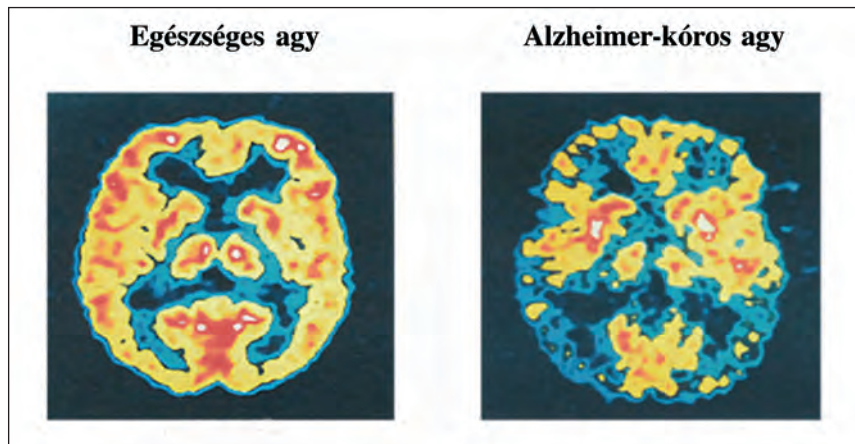
Az egyes idegrendszeri degeneratív betegségeket sokszor nem könnyű egymástól elkülöníteni, mert ugyanaz a fehérje-aggregátum többféle betegség típusban is megjelenhet. Alzheimer-kórban azonban jellemző az idegsejtek típusa, valamint károsodásuk és pusztulásuk lokalizációja. A kórképek közös mechanizmusára utal az a tény, hogy az aggregátumokat alkotó fehérjék valamennyi esetben konformáció-változást szenvednek és fehérjekötegekké, fibrillumokká állnak össze.

Sikerült kifejleszteni olyan monoklonális antitesteket, melyek képesek csökkenteni a β -amiloid szintjét az agyban, megakadályozva ezzel a plakkok kialakulását. A kór lefolyását – úgy tűnik – klasszikus immunválasszal sikerült lassítani.

Az immunvédekezésben fontos szerepet játszó mikrogliaikat is segítségül lehet hívni az Alzheimer-kór kezelésénél, mert szinte azonnal bekapcsolnak, amint a β -amiloid peptidek megjelenését érzékelik. Sőt aktivitásuk annyira fokozott lehet a plakkok jelenlétében, hogy a bontás eredményeként keletkező vegyületek már toxikusak lehetnek a szomszédos sejtekre.

A β -amiloid peptidláncához különböző típusú vegyületek kapcsolódhatnak ionos vagy másodlagos kötésekkel. Az ilyen vegyületek megakadályozhatják a peptidláncok aggregációját és elvileg alkalmasak lehetnek az Alzheimer-kór kezelésére. Ezeket az anyagokat összefoglaló néven β -szerkezetrombolóknak nevezzük, közöttük több azofesték is előfordul, ilyen például a Kongovörös. Alzheimer elleni hatásait intenzíven kutatják.

A sejtmembrán lipidösszetétele nagymértékben befolyásolja a β - és γ -szekretáz nevű enzimek aktivitását. Nagy mennyiségű koleszterin jelenléte a

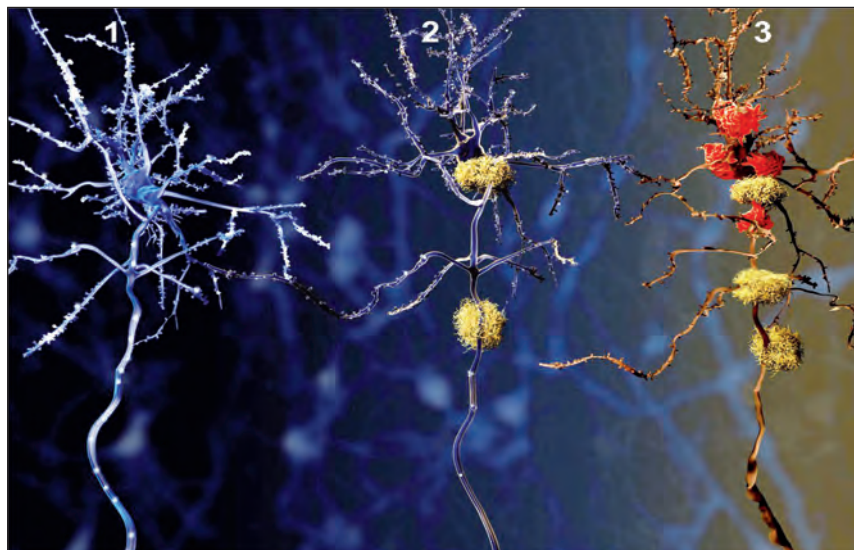


2. ábra. PET-CT felvétel az egészséges és az Alzheimer-kóros agyról. A kék és fekete területek nagysága a betegség miatt kieső agyi területeket jelzik (Forrás: <http://healamed.com/images/stories/statia/disease/alzheimers/alzheimers-brain-scan.jpg>)

együtt az Alzheimer típusú demenciák akár 20–25%-áért is felelősek lehetnek.

A neuro-degeneratív betegséghez hasonlóan, Alzheimer-kór esetén is intenzív és nagyfokú *neuronpusztulás* figyelhető meg az agyban. A betegség jellegzetessége a fehérje-anyagcsere zavara: egy vagy több kóros konformációjú, aggregációra és plakk-képződésre hajlamos fehérjeforma alakul ki, melyek sejten belüli vagy sejtek közötti fehérjezárványok formájában halmozódnak fel. E szöveti kép miatt a neurodegeneratív betegségeket egyre gyakrabban fehérje-konformációs betegségnek

plakkok több lépésben érett plakkokká alakulnak, közepén „keményítőszerűen” festődő maggal (amyllum = keményítő; innen jön az amiloid név). A mag kissé szivacsos állományú és főleg β -amiloid peptideket, tau-fehérjét, lipofuscint és más anyagokat tartalmaz. Az esetek többségében csak valószínűsíthető a kórkép fennállása a beteg és a családtagok beszámolóival, a különböző gondolkodási és megismerési funkciókat vizsgáló tesztek, a képkalkotó- és laborvizsgálatok alapján. Biztos diagnózist csak az agy szövettani vizsgálata ad.



4. ábra. A három idegsejt az Alzheimer-kóros leépülést szemlélteti. (1) egészséges neuron; (2) az amiloid plakkok sárga pamacsokként jelennek meg az idegsejtek nyúlványain; (3) az elpusztult idegsejtet mikroglia-sejtek (piros pom-pomok) takarítják el (Forrás: <http://www.gereports.com/brain-changes-signal-alzheimers-20-years-before-symptoms-appear/>)

si útvonalában stb.) A presenilin2 fehérje más enzimekkel együttműködve az amiloid prekursor protein kisebb darabokra történő hasítását végzi, minek hatására a prekursorból nagy mennyiségű, igen könnyen összecsapódó, aggregálódó, az idegsejtek pusztulását előidéző, neurotoxikus peptid képződik. A központi idegrendszert ért traumák hatására az amiloid prekursor protein nagy mennyiségben szabadul fel. Állandóan ismétlődő agyi traumák, illetve oxigénhiányos állapot hatására sok amiloid prekursor protein termelődik, ami a már ismertett módon β -amiloid-képződést okoz. Ezzel magyarázzák a gyakran hipoxiás állapotba kerülő sportolók (hegymászók, illetve bűvárok), valamint a bokszolók korai demenciáját.

Az idősebb korban kezdődő, jellemzően a 65. életév után jelentkező Alzheimer-kór legnagyobb részénél nem ismerjük a kiváló okokat. A betegség kialakulását több tényező is befolyásolja. Így a neurotoxikus β -amiloidok szintéziséért, illetve lebontásáért felelős proteázok egyensúlyának zavara, az idegsejtekben folyó ATP-termelés csökkenése (mitokondriumok sérülése), a szabad gyökök megkötéséért felelős enzimek csökkent működése. A hazai előfordulás

membránban növeli mindkét szekretáz aktivitását, így a koleszterin bioszintézisét gátló gyógyszerek jó hatással lehetnek Alzheimer-kórosban. Ugyanakkor a többszörösen telítetlen omega-3 zsírsavak jelenléte a membránban csökkentik a β - és γ -szekretáz aktivitást és a keletkező β -amiloidok mennyiségét. Fokozott kutatómunka folyik olyan diéta kidolgozására, amely többszörösen telítetlen zsírsavak bevitelével akadályozza meg az Alzheimer-kór kialakulását, illetve lassítja a betegség előrehaladását.

A tau fehérje sejten belüli felhalmozódása miatt a kórképet ún. *taupátiának* is tartják. A tau fehérje normálisan a sejtek mikrotubulus rendszerének része. Az idegsejtek axonális transzportjában játszik fontos szerepet, mivel a sejtek ezek mentén szállítják a különböző anyagokat az idegsejt nyúlványától (*axon*) a sejttesthez, illetve onnan vissza.

A tau fehérjének 6 térszerkezeti típusa, úgynevezett izoformája ismert. Alzheimer-kórosban mind a 6 izoforma kóros módosulása bekövetkezik. A kórosan foszforilálódott (*hiperfoszforiláció*) tau izoformák a sejteken belül kötegeket (*aggregátumok*) képeznek, melyek károsítják a mikrotubuláris rendszert. Ezzel tönkreteszik az axonális anyagtranszportot, mely demenciához, végül a sejtek pusztulásához vezet (pl. fronto-temporális demencia, Pick-kór stb.).

Fiatalabb korban, a 40–65. életév között jelentkező Alzheimer-kórt főleg az amiloid prekursor protein és a presenilinek (PS1 és PS2) génjeinek megváltozása (mutációk) idézi elő. Az

amiloid prekursor protein normálisan egy, az idegsejtek membránjában helyet foglaló sejtek összetapadásáért felelős fe-



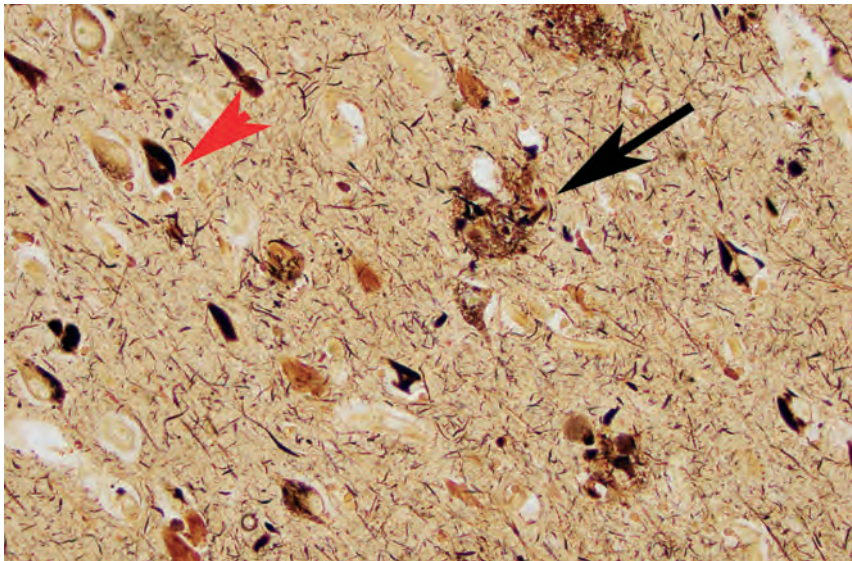
5. ábra. Az amiloid plakkok és kötegek kialakulásának fő mozzanatai (Forrás: <http://theadplan.com/alzheimersdietblog/wp-content/uploads/2013/04/Amyloid-plaque-prevention-from-fish-oil-to-help-with-Alzheimers.jpg> alapján módosítva)

hérje (adhéziós transzmembrán fehérje), mely fontos szerepet játszik a neuronok normális működésében, szinapszisok kialakításában. Pontos biológiai szerepét azonban nem ismerjük.

A presenilinek számos folyamatban vesznek részt (a neuronok Ca^{2+} jelátvitelben, a notch fehérje jeltovábbítá-

tekintetében az Alzheimer-kór gyakran társul ér eredetű demenciával, amelyben az agyi erek szűkülése, elmeszesedése (szklerózis) és a vér-agy-gát permeabilitásának növekedése is kimutatható.

Alzheimer-kórosban az említett folyamatok eredményeként a szinapszisok sérülése és az acetil-kolin típusú idegginge-



6. ábra. β -amiloid plakkok (fekete nyíl) és kötegek (piros nyíl) Alzheimer-kóros betegtől származó szövetmintában (Forrás: <http://www.cumc.columbia.edu/dept/taub/res-featured-9-2015.html>)

rület-átvitelét végző neuronok (kolinerg neuronok) jelentős pusztulása következik be. Az elhalt neuronokat már nem lehet pótolni, de a patomechanizmus ismeretében ma már nem reménytelen a neuronok tömeges pusztulása miatt bekövetkező acetilkolin-szint-csökkenést kolinészterázgátlókkal kivédeni. Ez természetesen csak tüneti kezelést jelent. Újabb terápiás lehetőség a *dimetil-amantadin* alkalmazása. Ez ugyanis bekötődik az N-metil-D-aszpartát-receptor (NMDA) ioncsatornájába és megakadályozza a Ca^{2+} -beáramlást. Ha az idegsejteket még csak „fojtogatja” az amiloid aggregátum, és nem haltak el, a Ca^{2+} -beáramlás megakadályozásával ezek a sejtek „újraéleszthetők”, visszanyerik működőképességüket.

Az idegsejtek egy részének felszínén található ún. 5HT₆ receptorokról kiderült, hogy befolyással vannak bizonyos idegingerület átvívó anyagokra. A neurotranszmitterek mennyiségének csökkenése kihat az idegsejtek közötti kommunikációra. Az Alzheimer-kórban szenvedő betegek acetilkolin-szintje alacsony. Az 5HT₆ receptorok gátlása nyomán növelni lehet az acetilkolin mennyiségét, mely segíthet fenntartani az idegsejtek normális kommunikációját.

A szakirodalom részletesen beszámol a reaktív szabad gyököket „eltakarító” anyagok (C-vitamin, E-vitamin, Coenzim-Q, flavonoidok) kedvező hatásáról is. Vannak növényi eredetű szerek is, mint a *Ginkgo biloba* kivonatai, amelyek egyes megfigyelések szerint lassítják az Alzheimer-kór lefolyását. Egy 2008-ban publikált nagy amerikai vizsgálat eredménye azonban ezt a feltevést nem igazolta. Ezzel

szemben a teljesítményfokozó-készítmények (nootropikumok) családjába tartozó gyógyszerek igazoltan javítják az idegsejtek anyagcseréjét, ennek köszönhetően javítják a memóriát és a fókuszálási képességet. A szteroidhormonok Alzheimer-kórra gyakorolt hatását is intenzíven kutatják.

Természetesen a betegség gyógyszerekkel történő kémiai befolyásolásán kívül léteznek más, fizikai és biológiai alapon nyugvó technikák is, melyek alkalmazhatóságát több kutatócsoport is tanulmányozza. Így például angol kutatók egy infravörös fényt kibocsátó sisakot fejlesztettek ki, melyet a beteg fejére téve célzottan tudják bizonyos agyterületek idegsejtjeinek működését serkenteni, elindítva ezzel az agyterület természetes regenerációs folyamatait.

Más kutatócsoportok nem a fényt, hanem a hangot, pontosabban az ultrahangot hívták segítségül vizsgálataikban. A Queenslandi Egyetem kutatói gyorsan rezgő ultrahanghullámokkal aktiválták az agy immunrendszerének részét képező mikroglia sejtjeit. A kutatók olyan egeret kezeltek heteken át, amelyekben előzetesen előidézett genetikai változások hatására agyukban jelentős mennyiségű β -amiloid rakódott le. Ultrahangos kezeléssel 75%-uknál csaknem teljesen eltűntek a plakkok anélkül, hogy agyszövetük látható sérülést szenvedett volna. Őssejtek alkalmazása is szóba került az Alzheimer-kór gyógyítására. Ennek során idegi (neurális) őssejteket és vérképzésért felelős (hemopoetikus) őssejteket együttesen ültettek be a betegbe, és a beavatkozást bizonyos idő eltelte után megismételték. Ezt követően a beteg kiegészítő

tő gyógyszeres terápiát kapott, valamint egy speciális vitaminterápiát és étrendkúrát kellett folytatnia. Az eddigi eredmények azt mutatták, hogy az őssejtkezelés akkor a leghatékonyabb, ha azt az Alzheimer-kór korai stádiumában alkalmazzák. Ma az őssejtterápia egyáltalán nem tekinthető rutin eljárásnak! Sőt! Annyira sok szereplős a beavatkozás, hogy még sikeres kezelés esetén is nyitott a kérdés: végül is melyik lépés, sejtípus vagy molekula felelős a hatásért?

Mint láttuk, az Alzheimer-kór ellen többfrontos harc zajlik abban a reményben, hogy közelebb kerüljünk a betegség valódi okainak megértéséhez. Minden sikeres vizsgálat egy-egy megnyert csatát jelent ebben a küzdelemben. Egyre gyarapodó ismereteink és a széleskörű összefogás adja a reményt arra, hogyha nem is tudjuk a betegséget teljesen meggyógyítani a közeljövőben, de legalább le tudjuk annyira lassítani a szellemi hanyatlást, hogy az idős kor ne legyen egyben „idős kór” is.

Irodalom

- Dementia statistics, <https://www.alz.co.uk/research/statistics>
 Penke Botond: Neurodegeneratív betegségek kémiai és biokémiai háttere. <http://chemonet.hu/osztaly/kemia/penke.html>
 What We Know Today About Alzheimer's Disease
http://www.alz.org/research/science/alzheimers_brain_tour.asp
 Treatment Horizon
http://www.alz.org/research/science/alzheimers_treatment_horizon.asp

ADÓ 1%

A tavalyi évben 541 060 Ft felajánlást kapott a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat, melyet

az ismeretterjesztés népszerűsítésére fordítottunk.

Köszönjük az Ön múlt évi felajánlását!

Köszönettel: A Kiadó

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

Ismeretterjesztő tevékenységét.

Tudományos Ismeretterjesztő Társulat

Adószám: 19002457-2-42

TURCSÁNYI GÁBOR – TURCSÁNYINÉ SILLER IRÉN

A Pinnacles-sivatag és a sztromatolitok

Utazás a múltba

P erthből, Nyugat-Ausztrália fővárosából az ún. indiai-óceáni úton mintegy 180 km-t kell megtenni északi irányban, hogy Cervantes városkája előtt, 4–6 km-re az Indiai-óceán partjától, homoksisivatagba jussunk. Egy homoksisivatag Ausztráliában önmagában nem jelentene nagy szenzációt. Itt azonban lélegzetelátlító meglepetésben van részünk, amikor a Pinnacles-sivatag tárul elénk. Sárgásbarna homokjából ezrével emelkednek ki a többé-kevésbé hegyes csúcsú, szél és eső által megtépázott mészkőoszlopok, melyek neve angolul *pinnacle*. A groteszk kinézetű kövek úgy merednek az ég felé ezen a kopár területen, mintha örökké itt álltak volna.

A Pinnacles-sivatag mészkőoszlopai-
nap alapanyagát sokmillió évvel ezelőtt élt mészvázás tengeri szervezeteknek a homok alkotta tengerfenékre leülepedő héjai adták. Miután ezek lebomlottak, az aljzattal összekeveredve mészben gazdag kvarcos homokot alakítottak ki, amit a szél a szárazföldre hordott, ott magas, mozgó dűnéket formálva. A Pinnacles-sivatag kőképződményeit szingenetikus karsztnak nevezik, mert közöttük alakulásuk az üledékképződéssel egyidejűleg ment végbe. A szingenetikus karszt tipikusan jellemző az olyan szélhordta üledékekre, mint a tengerparti dűnék. Ezek felszín közeli, tehát nagy nyomásnak ki nem tett anyaga gyengén cementálódott és térfogatának jelentős részét pórusok alkotják. A szél által egykor fölhalmozott mészkőforma, a kalkarenit szimultán karsztosodása és közöttük alakulása Délnyugat-Ausztrália óceánpartjain mintegy négyszázezer évvel ezelőtt olyan, a szingenetikus karsztra jellemző geomorfológiai képződmények kialakulásához vezetett, mint az oldódásos kúrtók és a kőoszlopok.

A szingenetikus karszt képződése azon alapul, hogy a mésztartalmú dűnékben lefelé szivárgó esővíz kioldja a homokból a kalcium-karbonátot, majd azt mélyebb rétegekben lerakja. A karszt kialakulásának korai stádiumában a cementálódás a



Egy homokdűnenövény, az *Anthocercis littorea* a burgonyafélék családjából

növények gyökerei körül kezdődik meg, ún. rizolitokat képezve. Oldódásos felszín alatti kúrtók szintén megjelennek ebben a korai stádiumban. A lefelé haladó vízből a kúrtók oldalára kiválik a kalcium-karbonát, cementálva azok falát. Annak a mechanizmusa azonban, ahogyan ebből a karsztosodásnak indult anyagból a sivatag mészkőoszlopai keletkeztek, a mai napig nem tisztázott, és több elképzelés is napvilágot látott. Az egyik szerint a kőoszlopok az elsődlegesen lerakódott kalkarenit egyenetlen kimállásakor maradtak meg. A puha állagú elsődleges kalkarenitből azonban csak akkor őrződhetek meg a mai képződmények, ha felszínüket időközben egy a mállásnak ellenálló cementálódott kéreg vontta be. Ezt az elképzelést támasztja alá, hogy a sivatag sok kőoszlopa az alapjánál most is összekapcsolódik egymással.

Egy másik elmélet is abból indul ki, hogy a kalkarenit oldódásos mállásának folyamata egyes pontokon erőteljesebben zajlott, de ebben az esetben először csak kisebb bemélyedéseket, majd üregeket, később pedig kúrtókat hátrahagyva. Ezek idővel tovább mállva vagy egymással összeolvadva megnagyobbodtak. Ahhoz, hogy egymástól kisebb-nagyobb távolságra elhelyezkedő oldódásos kúrtók alakulhassanak ki, olyan inhomogén terepviszonyok kellettek, amelyek a víz egyenetlen elszivárgását tették lehetővé. Egyrészt valószínűleg a felszín pórussága sem volt egyenletes, másrészt rések is előfordulhattak benne. Emellett változatos lehetett a felszín anyagának vízáteresztő képessége és a felszínen megjelenő növényzet is, különösen annak gyökérzete, ami a felszín cementálódott mészkérgének megbontásával a víz elszivárgását segítette. Az elfolyó vizek koncentráálásában szerepe lehetett a fák ágai által összegyűjtött csapadéknak is, mely a fák törzsén lefolyva, annak tövével érte el a földet. Ahol pedig a víz rendszeresen elszivárgott, ott előbb-utóbb üreget hagyott hátra. Az üregek korrozív kiterjesztését és mélyítését az is segíthette, hogy a bennük kialakuló paleotalajon átszivárgó víz az abból kioldott anyagokkal még agresszívabbá vált. Az így létrejött oldódásos kúrtók méretei igen nagy változatosságot mutathattak, de átlagban körülbelül 0,5 m-es átmérőjűek és 2–5 m-es mélységűek lehettek. A kőoszlopok úgy keletkezhetnek, hogy az üreget később mészkéreg, valamint keménnyé cementálódó anyag töltötte ki. A környező, laza szerkezetű elsődleges kalkarenit a víz és a szél idővel eltávolította, az alatta lévő kőoszlopokat szabaddá téve.

Egy további elgondolás azt tartja, hogy a kőoszlopok elpusztult és betemetett tengerparti fákából keletkeztek úgy, hogy miközben a talajvíz átszivárgott belül korhadó törzsükön és gyökereiken, besűrűsödött, és egy cementálódott mészkéreg és/vagy egy a környezetnél tömörebb anyag csapódott ki belőle. A

későbbi erózió hozta a felszínre a mészkéregből, valamint a kitöltésből létrejött oszlopokat.

Annak a folyamatnak az alapján, amelynek révén a Föld más részein – mindenekelőtt Dél-Afrikában – kisebb, gyöker alakú kőformációk alakultak ki, egy negyedik elmélet lehetségesnek tartja, hogy a növények aktív szerepet tölthettek be a Pinnacles-sivatag kőoszlopainak formálásában. Amint a növények transzspirációja a gyökerek révén vizet vonz a környező talajból, oldott ásványi tápanyagok áramlanak a gyökérfelszínhez. A folyamat neve tömegáramlás; ennek eredményeképpen a tápanyagok főlhalmozódhatnak a gyökerek közvetlen környezetében, ha nagyobb mennyiségben érkeznek oda, mint amennyire a növénynek szüksége van. A tengerparti szélhordta homokban, melyben nagy mennyiségben fordul elő a tengeri szervezetek mészvázából származó kalcium, a víz gyökerek felé irányuló áramlása ezt az elemet koncentráltan szállítja a gyökerek felszínéhez. Az itt összegyűlt kalcium idővel mészkéreggé alakul át. Amikor a gyökerek elpusztulnak, az általuk kitöltött teret is a szövetekben főlhalmozódott, valamint bemosódó kalcium-karbonát tölti ki. A Pinnacles-sivatag területén is nagy számban található rizolitok, ami azt bizonyítja, hogy a gyökerek elkövesedése is szerepet töltött be a kőoszlopok kialakításában.



Változatos kőformák a Pinnacles-sivatagban

hengeres alakúak, valamint legömbölyített vagy éppen több csúcsúak. De nagyszámban előfordulnak olyan formák is, amelyek a látogatókat valamilyen konkrét tárgyra vagy személyre emlékeztethetik. Felszínüket, de leginkább csúcsukat gyakran borítja be ellenálló mészkéreg, mely védelmet nyújt az erózió ellen akkor is, ha az alatta elhelyezkedő rétegek kisebb keménységűek. Az sem ritka, hogy az ellenálló kéreg belül üreget rejt. A kőoszlopokat gyakran kvarcot tartalmazó dűnehomok borítja be. A homok akkumulálódása, illetve erodálódása befolyásolja a kövek magasságát, ami az alig észrevehetőtlől általában 3 méterig terjedhet. Vastagságuk többnyire 0,2 és 2 méter közötti. Egymástól mért távolságuk rendkívül változatos: néhány cm-től 20 méterig terjed. Véletlen elrendeződésük ellenére viszonylag sűrűn, egymástól átlagban legföljebb pár méterre helyezkednek el. Anyaguk nagymértékű változatoságot mutat. Van olyan, amit elsődleges kalkarenitnek és alkotórégeinek – pl. rétegzett dűnehomoknak, mészkéregnek, fosszilis talajnak – a maradványai alkotnak. Más kőoszlopok anyaga másodlagosan cementálódott üregkitöltés, de akadnak olyanok is, amelyekben mindkét típusú anyag együtt fordul elő.

A Pinnacles-sivatag a világ előtt alig volt ismert egészen az 1960-as évekig, amikor a területet a Nambung Nemzeti Parkhoz csatolták. A látványosságot évente mintegy 250 ezer látogató tekinti meg. Az érdeklődők fogadására és tájékoztatására 2008-ban látogatóközpontot nyitottak. Legjobb időpont a látogatásra az augusztus és október közötti időszak, amikor az időjárás még enyhe és a tavaszi vadvirá-

gok virítása elkezdődik. A „kötenger” meglátogatására érdemes a kora reggeli vagy a késő délutáni órákat választani, mert ekkor a fény játéka kiemeli a színeket és meghosszabbítja a kőoszlopok árnyékait annyira, hogy azok alakja még kontrasztosabbá válik. A nemzeti park legtöbb állatlakója éjszaka aktív, de napal is lehet látni szürke óriáskengurukat, emukat és más madarakat. Ez utóbbiak közül

a fekete tollazatú ausztrál varjú (*Corvus coronoides*) ismertetőjele a nyakán lévő tollfodor. Jól alkalmazkodik az emberi környezethez. Nem éppen kellemes hangzású káromgát a városokban is gyakran hallani. A másik gyakori madárfaj a rózsás kakadu (*Eolophus roseicapillus*), ami szintén jól érzi magát az ember közelségében. Háta és farka szürke, míg hasa, nyaka, feje és taréja rózsaszín. Fák üregeiben fészkel. 20 évig is eltartó élete során végig kitart választott párja mellett. A Pinnacles-sivatag „holdbéli tája” gyakran szolgált helyszínt filmek készítéséhez. Nem véletlen, hogy ebben a kisérteties tájban bókászó turista is úgy érzi magát, mintha egy óriási színpadon lenne.

A sivatag területén előforduló növények is sok érdekességet tartogatnak a távolról jött utazók számára. Közülük kifejezetten sivatagi faj a szantálfafélék (*Santalaceae*) családjába sorolt *Santalum acuminatum*, mely félparazita cserje- vagy kisebb termetű faj. Akáciák, kazuárfaék vagy más növények gyökereibe mélyesztí szívógyökereit (hausztóriumait), melyekkel azok edénnyalábjaiknak farészéből a vizet és az ásványi sókat szívja el. Rendszerint több növényfajt is megtámad. Levelai lándzsásak (az eukaliptuszok leveleire hasonlítanak), de kissé görbültek. Fényes, élénkpiros, 2 cm körüli átmérőjű csonthéjas termései a virágzást követő tavaszon érnek be. A termések húsa az egyik legzamatosabb „bozótyümölcs”, az őslakosok mindig szívesen fogyasztották. Mára már két természetfajtáját kinemesítették, így kereskedelmi forgalomba is kerül. Agyvelőre emlékeztető magjaiból fülbevalót és nyakláncot készítenek.

A hangafafélék (*Ericaceae*) közé sorolt *Leucopogon parviflorus* szintén cserje vagy kisebb fa. Ausztráliában és Új-Zélandon honos. Apró virágai füzérvirágzatokat alkotnak. Amíg a bimbók a csúcsukon rózsaszínűek, a kinyílt virágok teljesen fehérek. Húsos, fehér és gömbölyű bogótermései hosszú érésük miatt sokáig nyújta-



Maori kárókatona a közeli óceánparton

Valószínű tehát, hogy a Pinnacles-sivatag kőoszlopai poligenetikus képződésűek, vagyis többféle módon is létrejöhetnek. Azonban bármilyen módon is keletkeztek, a természet erői most is hatnak rájuk: ma is felszínre kerülhetnek vagy betemetődhetnek, illetve megváltozhat az alakjuk. A vizsgálatok alapján az is bizonyosnak tűnik, hogy a kövek, sőt ugyanazon kő egyes rétegei is eltérő időpontokban jöhettek létre. Az sem zárható ki, hogy legalább a kövek egy része későbbi diagenézis során és más korú anyagokból jött létre.

A kőoszlopok alakja meglehetősen változatos. Akadnak közöttük kúp, gomba és

nak táplálékot számos madárfajnak. Egy Dryander-cserjefaj, a *Dryandra sessilis* a próteafélék (Proteaceae) családjából tövises, merev leveleket fejleszt. Fehér virágai a hidegebb, kevésbé változatos táplálékot nyújtó hónapokban nektárral látják el az



A szél és a víz felszínformáló tevékenységének nyomai a sivatagban

üket látogató rovarokat, magvai pedig madaraknak nyújtanak táplálékot. Mint sok rokonfaj, ez is alkalmazkodott a bozóttüzekhez.

A *Hemiantra pungens* egy elfekvő vagy fölálló szárú, sziklakibukkanásokon előforduló cserjefaj. A *Hemiantra* név arra utal, hogy porzóinak csak két pollenzsákjuk van. Az ajakosok (Lamiaceae) családjába tartozik; virágai ennek megfelelően kétajkúak. Egy iszalagfaj, a *Clematis linearifolia* kétlaki, más növényfajokra fölkapaszzkodó növény. Nyugat-Ausztrália óceánparti és ahhoz közeli, homokdűnékkel borított sávjában terjedt el.

A sivatag körüli homokdűnék növényei közül a burgonyafélék (Solanaceae) családjába tartozó *Anthocercis littorea* sárga virágai a repülő propellerére emlékeztetnek. A forrt párta csövét hosszanti vörösbarna csíkok díszítik. Minden *Anthocercis*-faj tartalmaz tropánvázak alkaloidokat, melyek néhány esetben gyermekeket mérgeztek meg, és állati mérgezések okozóiként is szóba kerültek. Az *Anthocercis ilicifolia* nagyon hasonlít az előbbi fajhoz.

A rutafélékhez (Rutaceae) sorolt *Diplolaena angustifolia* homokon és mészkővön előforduló cserje. A *Chamelaucium uncinatum* viaszág néven nálunk is dísnövényként árusított cserje. A mirtuszfélek (Myrtaceae) családjának faja. Homoktalajokon, erdőkben és fenyérszerű növényzetben található meg. A *Phyllanthus calycinus* egyivarú virágokat képező, egylaki, kisebb termetű cserje a Phyllanthaceae családból.

A *Banksia menziesii* cserje vagy kisebb fa. Északi irányban, a klíma melegebbé és szárazabbá válásával, egyre csök-

ken a magassága. Mint sok más Banks-cserje- és néhány eukaliptusz faj, ez is a pusztító tüzek után egy a gyökérnyak elfásodásával létrejött gumóból, az ún. lignotuberből vagy alvórügyekből újul meg. Egy lignotuberből akár sok hajtás is eredhet. Az itt talált példány virágzata vöröslő, de lehet éppen rózsaszín vagy ritkán sárga is. Őszi és téli virágzatai gyakran kétféle színűek. Virágai és magvai számos madárfajnak nyújtanak táplálékot. Nektárjából az őslakosok italt készítettek.

A pillangós- virágúak családjából több faj is előfordult a területen. Egy tövises növény azok közül, amelyeket az ausztrálok borsónak („pea”) neveznek, a *Daviesia angulata*. A „borsók” közé tartozik egy másik cserjefaj is, a *Daviesia divaricata*. Egy harmadik faj, melyet helyben korallszőlőnek (coral vine) neveznek, a *Kennedia coccinea*. Angol neve egyrészt a szirmok színére, másrészt a növény kü-



Az óceánparti dűnék jellemző pázsitfűfaja, a *Spinifex longifolius*

szó vagy fölkapaszzkodó habitusára utal. A *Labichea lanceolata* sárga szirmlevelei egyikének tövével nyitott patkó alakú vörös folt van. A *Templetonia retusa* téglavö-

rös virágai a 4 cm-es hosszúságot is elérik. A nemzetség a nevét „az ír botanika atyjáról”, *John Templeton*-ról kapta.

Fehéres-krémszínű, legfőljebb 2 cm-es átmérőjű gombvirágzata van a mirtuszfélekhez sorolt *Melaleuca systena* nevű, kisebb növésű cserjefajnak. Virágait nektárjukért sok rovarfaj látogatja, amire helyi elnevezése (coastal honey-myrtle = partmenti mézmyrtle) is utal. A *Conostylis candicans* (Haemodoraceae család) 30–40 cm magas zombékot képező, sárga, tömött virágzatú és szürke, szalagszerű levelű faj. A *Hakea erinacea* a próteafélék (Proteaceae) családjából közepes termetű cserje.

Dél-afrikai származású özöngyom a *Solanum linnaeanum*. Angol neve, a Szodoma almája (apple of Sodom) Szodoma bibliai városára utal, ahol egykor állítólag nagyon keserű termésű almák nőttek. Virágai lila színűek. A növény minden részét, még bogyóterméseit is másfél cm-esre növényborító tövisek borítják. Fiatalon zöld, majd később sárgára, végül pedig barnásra vagy feketésre szineződő termése gyerekek és juhok mérgezését is okozta már.

A homokdűnéken egy susulykafaj (*Inocybe sinuospora*) is előkerült. Ezt a gombát 2012-ben írták le Nyugat-Ausztrália búzatermő övezetéből. A többi itt élő susulykától eltérően sima spórái vannak és a tönkjének vége vastagon összecementálódik a homokszemcsékkel. Ez a szinte csizmaszerű képződmény segíti a gombát a száraz periódus átvészelésében.

Elhagyva a Pinnacles-sivatagot, Cervantes városától egy, az Indiai-óceántól pedig 2 km-re, homokdűnék között találhatunk rá a Thetis-tóra, mely különleges képződményei miatt világhírnévre tett szert. A negyedidőszaki mészkővön kialakult tó sekély, sós vízből ugyanis olyan különleges kőtuskók emelkednek ki, amilyenekből a világon csak nagyon kevés létezik. Ezek ma is funkcionáló sztromatolitok. Élő fossziliák, a földi élet legrégebbi bizonyítékainak mai képviselői. Őseik már a prekambriumi időkben léteztek.

A sztromatolitok olyan, biogén úton létrejött üledékes kőzetek, amelyek vízben élő mikroorganizmusok növekedése és anyagcseréje során az üledékalkotók megkötésével vagy a vízben oldott anyagok kicsapásával, majd cementálódásával keletkeznek. Ezeknek a hosszú idő alatt lezajló folyamatoknak az eredményeképpen finoman rétegzett mészkőből épülnek fel. Alakjuk nem mindig tuskóra (oszlopra) hasonlít; lehetnek még kupola vagy kúp alakúak, illetve hullámos felszínűek vagy elágazók is.

A sztromatolitok a mikroorganizmusok által létrehozott biofilmek bevonata alatt képződnek. A biofilmeket



Élő és növekvő sztromatolitok közelről

poliszacharidokból és más bonyolult szerves vegyületekből álló nyálka alkotja. A nyálka belső oldalán heterotróf baktériumok, külső oldalán pedig fototróf cianobaktériumok tevékenykednek. Az üledékalkotókat jelentős részben a nyálka szerves vegyületei kötik meg, de a megkötésben szerepet tölthetnek be a baktériumalkotók ostorai is. A sztromatolitok döntő alkotórésze mészkő. Ez annak következtében csapódik ki, hogy a cianobaktériumok a víz nagy kalcium- és hidrokarbonátion-tartalmából az utóbbi CO_2 -ját a fotoszintézisük során megkötik, a közeget ellúgosítva. A lúgossá vált kémhatás a szén-sav diszociációs egyensúlyát a karbonátionok felé tolja el, ami a kalcium-karbonát oldhatóságát csökkentve, a mész kiválásához vezet. A biofilmek szerves vegyületeinek kalciumionokat megkötő negatív töltésű csoportjai kristályosodási göcökké válva segítik ezt a folyamatot. A sztromatolitok képzésében közreműködő cianobaktériumok túlnyomórészt oxigént termelő fotoszintézist végeznek, de akadnak olyanok is, amelyek nem termelnek oxigént. Ez utóbbiak a víz helyett hidrogén-szulfidot használnak a CO_2 redukálására, aminek következtében kén vagy szulfátion szabadul fel. Az ősi időkben származó, megkövült sztromatolitok egy részében fosszilizálódott mikroorganizmusok nyomait is fölfedezték. Azonban a legtöbb ilyen kőzetben nem bukkantak mikrobákra. Ezért is merült föl annak a lehetősége, hogy sztromatolitok talán nem csak biotikus, hanem abiotikus úton is keletkeztek.

A legrégebbi, 3,5 milliárd éves sztromatolitok megkövült (fosszilizálódott) maradványait Nyugat-Ausztrália északi részének Pilbara nevű régiójában találták. 3,4 milliárd éves sztromatolitfossziliákra leltek Dél-Afrikában is. Nyugat-Ausztráliában a Cáp-öbölben (Shark Bay), a Pink-tóban (Pink Lake), a Spencer-tóban (Spencer Lake), valamint a Thetis-tóban található ma is élő sztromatolitok. Ismertek

prekambriumi időszakában cianobaktériumalkotóik fotoszintézisükkel a levegő oxigénben való dúsításához jelentősen hozzájárulhattak. Körülbelül 700 millió évvel ezelőtt azonban a sztromatolitok mennyisége és diverzitása rohamosan csökkenni kezdett, valószínűleg az őket beborító biofilmet fogyasztó eukarióták elterjedésének következtében. Csak olyan szélsőséges környezetben maradhattak meg, mint a nagy sótartalmú vizek, ahol a sókoncentráció az őket fogyasztó szervezeteket visszaszorította. A sztromatolitok rendkívül lassan növekednek. 1 m-es magasságot körülbelül 3000 év alatt érnek el.

A Thetis-tó élő sztromatolitjait közel 3500 éves korúnak tartják. Fő mészkőalkotójuk az aragonit. A legmélyebb pontján 2,25 m mély, eső- és talajvíz által táplált tó sztromatolitjai 30–40 cm-es átmérőjűek és mintegy 1 m-es magasságúak. A jelenkori sztromatolitoknak egy egészen ritka, belül elágazó oszlopokból álló típusa fordul itt elő. Biofilmjük cianobaktérium-alkotója egy gömb (kokkoid) alakú *Entophysalis*-faj. Ugyanez a taxon a fő alkotója az UNESCO által világörökségnek minősített cáp-öbölbeli sztromatolit-lelőhelynek is. Ez utóbbi helyen a víz sótartalma mintegy kétszerese a nyílt tengervízének. 2010-ben itt fedezték fel a klorofill ötödik típusát, amit klorofill-f-nek neveztek el. Napjainkban a Thetis-tó sztromatolitjait az eutrofizáció és a fizikai károsítás veszélyezteti.

A Thetis-tó menti növények közül a *Wilsonia humilis* törpecserje a szuláfkélek

(Convolvulaceae) családjából. Gyakran a puszta földet népesíti be. A növényt beborító fehér szőrök ezüstös színben csilognak. Apró, pár milliméteres, a földfelszínen kúszó szár felálló oldalágzásain elhelyezkedő levelei ülők, átellenes állásúak, konkáv alakúak és egymást átfedők. A növény fehér, szeptembertől decembe-
rig virító virágai toktermést érlelnek. Az *Acacia truncata* sűrű növésű cserje. Sárga virágzatai gömbölyűek, fillódiumai (levél-szerű levélnyelei) a csúcsukon levágottak, háromszögűek. Egy 1971-ben megjelent tudományos publikáció szerint ez a növényfaj volt egyike annak a kettőnek, amelyeket egy európai utazó, *William Dampier* 1699-ben elsőként gyűjtött be Ausztráliában. Dampierről nevezték el később a *Dampiera* növényfajnemzetséget.

Mintegy 700 millió évvel ezelőttig a sztromatolitok elterjedtek voltak a Földön. A földtörténet


(Convolvulaceae) családjából. Gyakran a puszta földet népesíti be. A növényt beborító fehér szőrök ezüstös színben csilognak. Apró, pár milliméteres, a földfelszínen kúszó szár felálló oldalágzásain elhelyezkedő levelei ülők, átellenes állásúak, konkáv alakúak és egymást átfedők. A növény fehér, szeptembertől decembe-
rig virító virágai toktermést érlelnek. Az *Acacia truncata* sűrű növésű cserje. Sárga virágzatai gömbölyűek, fillódiumai (levél-szerű levélnyelei) a csúcsukon levágottak, háromszögűek. Egy 1971-ben megjelent tudományos publikáció szerint ez a növényfaj volt egyike annak a kettőnek, amelyeket egy európai utazó, *William Dampier* 1699-ben elsőként gyűjtött be Ausztráliában. Dampierről nevezték el később a *Dampiera* növényfajnemzetséget.

A Thetis-tó és a Pinnacles-sivatag is alig néhány km-re fekszik az Indiai-óceán partjától. A geológiai látványosságok megtekintését követően meg lehet pihenni Cervantes halásztelepülésének fehér óceánpartján és korallszirtjein. Itt is találko-



3,5 milliárd éves élőlények ma is élő képviselőinek menedékhelye a Thetis-tó (A szerzők felvételei)

hatunk szemet gyönyörködtető élőlényekkel, a madarak közül például a maori kárókatonával (*Phalacrocorax varius*).

Ausztráliában meglepetéssel tapasztaltuk, hogy egy-egy alig több mint százéves börtönépület, ház, templom vagy egyéb építmény már történelmi nevezetességnek számít. Az évezredekkel mérhető korú műemlékekhez szokott európai utazót ez elmaradt kulturális élmények hozhatják lázba. A Wave Rock (lásd a Természet Világa 2016. évi áprilisi számát!), a Pinnacles-sivatag és a Thetis-tó sztromatolitjai élő és élettelen csodáinak megtekintése azonban bőséges kárpótlást nyújtott az elmaradt kulturális élményekért. Ez ad magyarázatot arra, hogy ez a különös földrész miért annyira vonzó a természet szépségei iránt fogékony látogatók számára. 

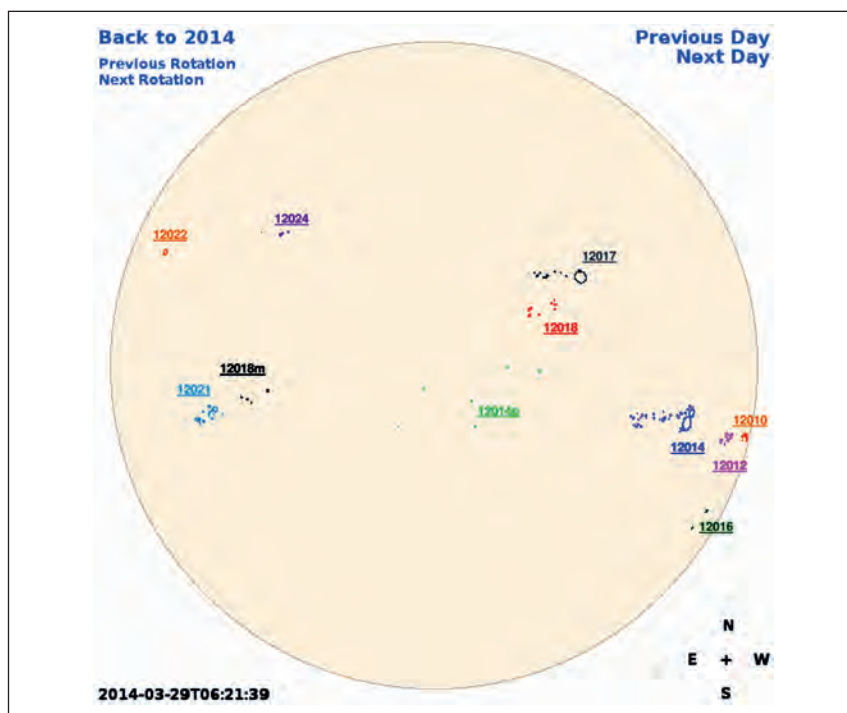
BARANYI TÜNDE

A napkitörések

Első rész

A Nap felszínét évszázadok óta vizsgálják a csillagászok látható (fehér) fényben rajtot vagy (1845, az első ilyen felvétel óta) fényképet készítve róla. Ezen észlelések alapján már nagyon sok fontos felfedezés született, és születik ma is a Napról, de ezzel a módszerrel a rajta lévő alakzatoknak csak egy része vizsgálható. A naptevékenység jellemzői közül így csak a felszínnél sötétebb napfoltok, a fényesebb napfáklyák, és igen ritka esetben egy-egy napkitörés hatására létrejövő felszíni felfénylés észlelhető.

Új típusú vizsgálati lehetőséggel bővült a csillagászok eszköztára 1814-ben, amikor *Joseph Fraunhofer* meghatározta a Nap spektrumában általa talált 350 vonal hullámhosszát. A spektrumvonalak vizsgálata információt nyújt az adott térszében uralkodó hőmérsékletéről, az ott található anyag sebességéről és a mágneses tér erősségéről. Azóta a különböző spektroszkópiai eszközök és optikai szűrők a Nap teljesen új arcait teszik megfigyelhetővé, mivel a napspektrum különböző hullámhosszain (az egyes színképvonalak fényében) a naplégkör különböző magasságú és eltérő hőmérsékletű tartományai észlelhetők. Az utóbbi évtizedekben a Nap űrszondák fedélzetéről történő megfigyelésével lehetővé vált olyan hullámhosszakon is az észlelés, amelyeken a földi légkör elnyelő hatása miatt a földfelszínen nem lehetséges adatok gyűjtése. Alapvetően fontos, hogy minél több eszköz álljon rendelkezésre a vizsgálatokhoz, mert a kutatások szerint számos olyan jelenség van a Napon, amelynek a megértése és átfogó leírása megkívánja több, különböző hullámhosszon végzett, egyidejű észlelés feldolgozását. Különösen érvényes ez egy olyan rendkívül összetett eseménysor elemzésénél, mint a napkitörés, amely igen gyorsan zajlik, és nagy, inhomogén tartományra terjed ki. A Napon és a Napból kiáramló anyagban zajló komplex folyamatok vizsgálata nagy időbeli, térbeli és spektrális felbontással csak akkor lehetséges, ha egy sor különféle műszert egyszerre irányítanak a jelenségre. Ilyen komplex vizsgálat megvalósíthatóságát mutatjuk be egy látványos esemény példáján, amelyen keresz-



1. ábra. A Napon látható foltcsoportok sematikus rajza 2014. március 29-én az MTA CSFK CSI debreceni Napfizikai Observatóriumában mért adatok alapján. A vizsgált napkitörés a 12017-es számú foltcsoportban történt (Forrás: DHO)

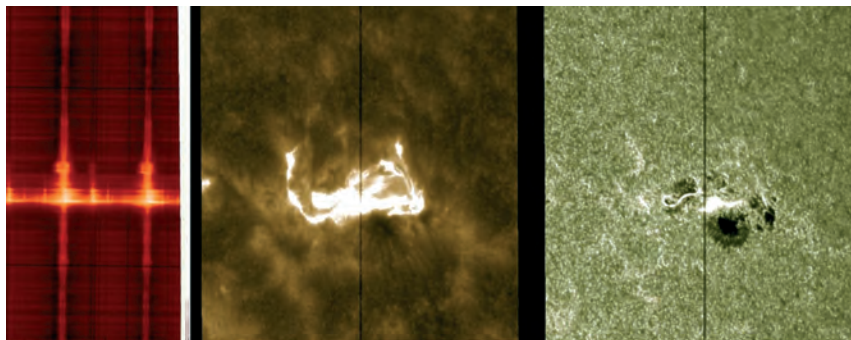
tül a teljesség igénye nélkül ismertetjük a napfizikai folyamatok jobb megértését segítő űrszondákat és észlelési típusokat. Erre a célra azt a nagyon nagy erejű (X típusú) napkitörést (flert) választottam, amely 2014. március 29-én történt, és ez idáig ezt tartják a legtöbb mérőeszköz által észlelt ilyen eseménynek.

Az elmúlt években a napkutató űrszondák új generációját bocsátották fel, valamint új típusú földi berendezéseket telepítettek, amelyek a korábbiaknál is jobb vagy újabb fajta észleléseket tesznek lehetővé. Az eszközök egy része rendszeres időközönként fényképezi az egész napkorongot, míg mások egy kisebb, előre kijelölt részéről készítenek különösen nagy felbontású képeket. Ezért némi szerezése is szükséges ahhoz, hogy a lehető legtöbb műszer végezzen méréseket a Napnak éppen azon a részén, ahol a kitörés váratlanul bekövetkezik. A cikkben

az űreszközök fedélzetéről készített összes színes képet a részletek kiemelését szolgáló, tetszőlegesen választott hamis színnel utólag színezték ki. A bemutatott esetek többségében a vizsgált hullámhossz nem is esik a látható tartományba, így nincsen a szokásos értelemben vett színe. Ha a látható tartományban történik egy észlelés, általában akkor sem szoktak a kutatáshoz színes képeket készíteni, mert a tudományos információt elsősorban a detektorra eső fény intenzitásának mértéke hordozza. A színes detektorokban szokásos három alapszínre bontás pedig elkerülhetetlenül torzítja az intenzitásinformációt, és rontja a térbeli felbontást. A színek tulajdonképpen az elektromágneses sugárzás spektrumának egy-egy szűkebb hullámhossztartományát jelentik, amelyek kiválasztását a távcsőre szerelt, megfelelő optikai szűrők vagy spektroszkópiai eszközök alkalmazásával

lehet a legjobban megoldani. A beérkező sugárzás nagyságát pedig a szürke skálán hozzárendelhető árnyalat jellemzi az eredeti észleléseken.

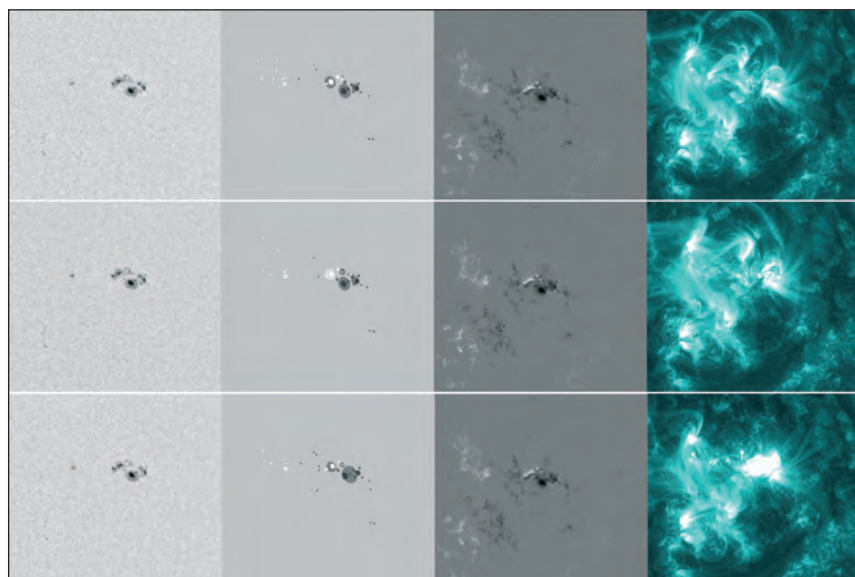
A Nap felszínének tekinthető, kb. 6000 kelvin hőmérsékletű fotoszférában (a Napnak azon részén, amelyiket hegesztőszemüvegen keresztül is láthatunk) rendszerint foltok láthatók, amelyek foltcsoportokba rendeződnek. Az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Csillagászati Intézetének debreceni Napfizikai Observatóriumában (angol nevének rövidítésével DHO) rendszeresen méri a foltok pozícióját és területét, amelyekkel a foltcsoportok fejlődése követhető. Az Observatórium honlapjáról vett **1. ábra** mutatja az adott napon földi észlelésen (Kanzelhöhe, Ausztria) mért foltok adatai alapján készített napkorong-rajzot az eltérő színekkel jelzett foltcsoportok sorszámával. A fler a 12017-es sorszámú foltcsoportban történt 2014. március 29-én világidőben (UT) 17 óra 35 perc és 54



3. ábra. Balra: IRIS spektrum az ionizált magnézium (Mg II) h és k vonala körül 20 Å-ös sávban 17:46:13.98 UT időpontban a fler maximuma előtt. Középen: IRIS réskép a Mg II k vonal közepe (2796 Å) körül 17:46:04 UT-kor. Jobbra: IRIS réskép a Mg II h vonal 2832 Å körüli szárnyában 17:45:55 UT-kor (Forrás: NASA/IRIS)

alapozva. Egy-egy sor azonos időponthoz tartozó képet tartalmaz ugyanazt a területet kivágva az egész-korong-észlelésből, a legfelső sor 16 órakor, a középső 17 órakor, az utolsó 18 órakor (nem sokkal a fler után) készült. Az első képet a sorban az SDO Helioseismic and Magnetic

jelentenek, míg a világos árnyalatok és a fehér szín a pozitív polaritású területeket mutatják a Nap felszínén, amelyek a napfelszín irányából kifelé mutató erővonalakat jelölnek. Minél nagyobb az eltérés a háttér szürke árnyalatától, annál erősebb a mágneses tér. Az ilyen típusú képek a magnetogramok, amelyek vizsgálata információt nyújt a foltokban és a környező fotoszferikus területeken lévő mágneses térben bekövetkező változásokról. A második kép a napfoltok pozíció-, terület- és mágneses polaritás-adatainak felhasználásával készült sematikus rajz, ami a Napfizikai Observatóriumban publikált adatok (SDO/HMI-Debrecen Data, HMIDD) áttekinthetőségét segíti. Ezeknek az adatoknak alapján vizsgálható, hogy flerhez vezető fejlődési folyamatoknak milyen jelei vannak a fotoszférában. A negyedik oszlopban az SDO Atmospheric Imaging Assembly (AIA) nevű műszerével készült képek látszanak, ezek az extrém ultraibolya hullámhossztartományba eső, a földről nem észlelhető 171 Å körüli szűk sávban (1 Å = 0,1 nm) készültek. Ezen a hullámhosszon jól látszik a napléggörnek a napfelszín fölötti, 2000–3000 km-nél magasabban elhelyezkedő rétege, a korona. A napkorona anyaga legnagyobb részben különféle egyszerűen vagy többszörösen ionizált gázok és elektronok keveréke (plazma). A korona plazmaanyaga a lentebbi rétegekéhez képest igen ritka, ezért fénye a fotoszféráé mellett elenyésző, így csak olyan hullámhosszakon van esély megfigyelésre, amelyeken a fotoszféra sugárzása a koronáéhoz képest elhanyagolható. A 171 Å hullámhosszú sugárzás például ilyen, mert a nyolcszorosan ionizált vas (Fe IX) egyik atomi átmenetéhez tartozik, amelynek a létrejöttéhez kb. 1 millió K ionizációs hőmérséklet szükséges, és ez a koronára jellemző hőmérsékleti tartományba esik. Ezen a képen az ellentétes polaritású foltokat összekötő mágneses fluxuscsöveket láthatóvá teszi az erővonalak mentén mozgó, a környe-

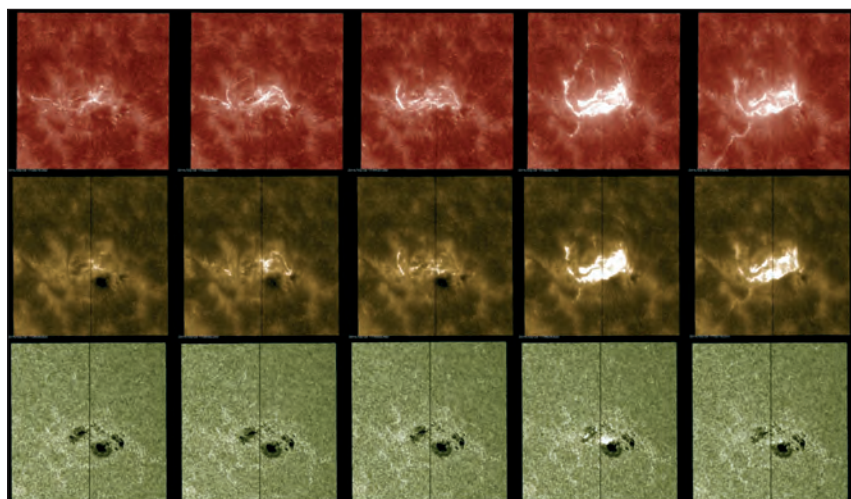


2. ábra. A 2017-es sorszámú foltcsoport fejlődése a flerig tartó három órán belül a 2014. márc. 29-én a 16:00, 17:00 és 18:00 órák (UT) készült észlelések alapján a fotoszférában (balról jobbra HMI kontinuum, HMIDD sematikus rajz, HMI magnetogram) és a koronában (AIA) (Forrás: NASA/SDO/HMI&AIA és DHO)

perc között. Lágyröntgen tartományban (1–8 Å és 0,5–4,0 Å közötti két sávban) a NOAA GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites) műholdak röntgenérzékelőinek mérése szerint a fler 17 óra 48 perckor érte el az csúcshintenzitását. Ez alapján az esemény szokásos jelzése SOL2014-03-29T17:48 hold.

A **2. ábrán** négyféle kinagyított kép látható ennek a foltcsoportnak fejlődéséről a fler körüli órákban a NASA által 2010 óta működtetett Solar Dynamics Observatory (SDO) műhold észleléseire

Imager (HMI) nevű műszerével a nappektrum egy viszonylag szűk tartományában végzett észlelés alapján készítették. Ez a kép a fehér fényben (széles hullámhossztartományt integráltn) láthatóhoz nagyon hasonlóan mutatja a fotoszférát a sötét foltokkal. A harmadik kép ugyanezzel az eszközzel készült észlelés, de ebben az esetben a látóirányú mágneses tér értékét kódolták a szürke különböző árnyalataival. A sötét árnyalatok negatív polaritásnak felelnek meg, a napfelszín irányába befelé mutató erővonalakat



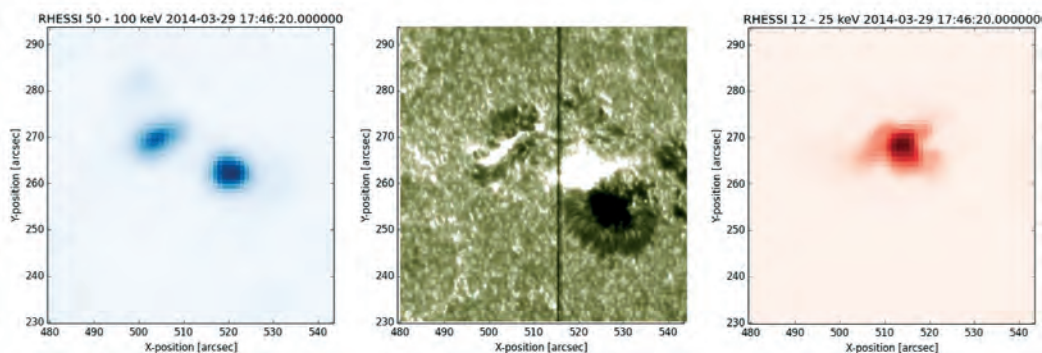
4. ábra. IRIS résképek a fler idején 17 óra 36, 40, 44, 48 és 52 perc körüli észleléssel. A felső sor közepes hullámhossza 1400 Å (65 000 K hőmérséklet), a középsőé 2796 Å (15 000 K), az alsóé 2832 Å (6000 K) (Forrás: NASA/IRIS)

rehozó atomi átmenetek más-más hőmérsékleti tartományban alakulnak ki, ezért a jól megválasztott spektrumvonalak tanulmányozása feltárja a Nap adott hőmérsékletű rétegeinek jellemzőit. 1334 Å és 1336 Å körül a Ca II-nak (egyszeresen ionizált kalciumnak) van két erős emissziós (kibocsátási) vonala, amelyek a felső kromoszféra és az átmeneti réteg alján alakulnak ki 30 000 K hőmérséklet körül. 1350 Å-nél hosszabb hullámhosszaknál találjuk a C I, O I, C I ionizálatlan atomok vonalait, amelyek az alsó és középső kromoszféra keletkeznek. Az ionizált magnézium (Mg II k és h jelzésű) két erős vonala 2796 Å-nél és 2803 Å-nél észlelhető, amelyek a felső fotoszférától a felső kromoszféraig tartó térrészben alakulnak ki. E vonalakhoz közeli hullámhossztartományban találunk fotoszferikus eredetű vonalakat is. A Si IV két erős emissziós vonala 1394 Å és 1403 Å körül található, amelyek az átmeneti réteg kb. 65 000 K hőmérsékletű részében keletkeznek. Az 1403 Å körüli tartományban viszont olyan gyenge O IV vonalak is észlelhetők, amelyek kb. 150 000 K hőmérsékleten alakulhatnak ki, és alkalmasak az átmeneti réteg sűrűségének meghatározására. Ez a három jól kiválasztott UV hullámhossztartomány alkalmas arra, hogy a felső fotoszférától az átmeneti rétegig különböző magasságokban egyidejű információt szerezzünk a Napon zajló folyamatokról. A műszer arra is alkalmas, hogy a rés helyzetét a foltcsoporton belül gyors egymásutánban változtassa, és ez-

zö koronánál sűrűbb plazma. Az egymás alatt lévő képeket összehasonlítva látható, hogy a koronában sokkal látványosabb, dinamikusabb a változás, mint a fotoszférában. Maga a fler úgy jön létre, hogy a mágneses fluxuscsovek struktúrájának folyamatosan zajló változása során olyan instabil állapot alakul ki, amelyben a mágneses erővonalak átkötődhetnek a koronában. Az átkötődés (rekonnektió) során rövid idő alatt igen nagy mágneses energia szabadul fel, ami az adott térrészben lévő részecskék mozgási energiájává alakul át. A részecskék egy része lefelé záporozik, és felfűti az alsóbb rétegeket (elsősorban a korona alatti kromoszféra, de esetenként a fotoszféra is), másik része pedig nagy sebességgel kifelé áramlik.

Az ultraibolya tartományban az IRIS (Interface Region Imaging Spectrograph) műhold nagy (0,33–0,4 ívmásodperc) térbeli, ugyancsak nagy (~ 20 s) időbeli és spektrális felbontással is éppen ezt a területet vizsgálta a fler idején. Az IRIS látómezőjébe csak körülbelül egy foltcsoportnyi terület fér bele, de szerencsére a fler idején éppen akkor erre a foltcsoportra volt irányítva a műszer, így ez volt az első nagy fler, amelyet észlelt a 2013-as indítása óta. Az IRIS a távoli-ultraibolyában tud adatokat gyűjteni a 1332–1358 Å és 1389–1407 Å között, valamint a közeli-ultraibolyában 2783–

2835 Å között. A távcső a szűrőkön keresztül beérkező fényt egy olyan felületre képezi le, amelyen egy optikai rés van. E rés után található a spektrográf, és az így keletkezett spektrum minden hullámhosszon a résre eső napterület monokromatikus képét adja a detektoron. Az észlelt spektrumtartományban több olyan fontos színképvonal található, amelyek vizsgálata kulcsfontosságú a Napon zajló folyamatok megértésében, és elsősorban a kromoszféra és a korona közötti vékony átmeneti ré-



5. ábra. Balra: A RHESSI észlelése a keményröntgen tartományban a fler maximumához közeli időpontban a kromoszféra látszó forró talppontokról. Középen: Az IRIS 2832 Å-ös, közel egyidejű méretarányos résképe. Jobbra: A RHESSI észlelése a talppontokhoz tartozó mágneses hurok tetejénél kialakult forró területekről (Forrás: NASA/RHESSI és NASA/IRIS)

tégről (transition region, TR) adnak információt. A TR azért jelentős, mert itt nagyon sok fizikai jellemző értéke ugrászerűen megváltozik. Például ebben a rétegben történik a kromoszféra kb. 20 000 kelvines hőmérséklete és a korona kb. 1 millió fokos hőmérséklete közötti átmenet. A különböző spektrumvonalakat lét-

zel az észlelt területet szkennelje, és így vizsgálatot egy résnyinél nagyobb térrészre is kiterjessze. A 3. ábrán az első kép azt a spektrumot mutatja, amelyen a Mg II k és h fényes emissziós vonala látszik a 20 Å-nyi környezetével a fler maximuma előtt két perccel. Ez a két vonal a függőleges rés mentén szinte mindenütt

fényesebb a környezeténél, de középtájtól kicsit lejjebb egy vízszintes sor mentén a legfényesebb. Ez az a hely, ahol a fler intenzív felfénylést okoz a résen. Itt szinte mindegyik környező vonal is emisszióban látható, amelyek egyébként fentebb vagy lentebb a függőleges irány mentén sötét abszorpciós (elnyelési) vonalként jelennek meg.

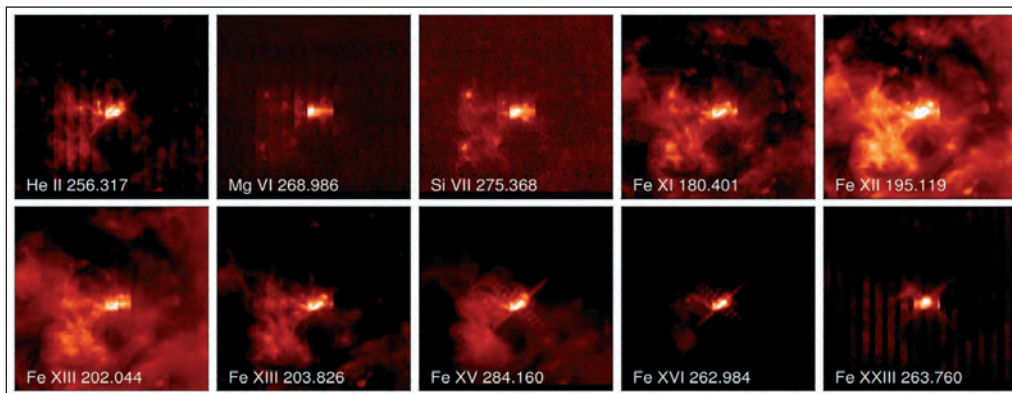
Annak érdekében, hogy láthassuk, pontosan milyen terület is esik a spektrográf részére, négy, viszonylag széles (több Å) sávzélességű szűrőn keresztül fényképezik a résre eső képet. Az Mg II k vonal közepe (2796 Å) körül, valamint a h vonal 2832 Å körüli szárnyában 4 Å áteresztésű szűrővel készült képeken láthatjuk a Nap 15 000 K, valamint 6000 K hőmérsékletű rétegeit. A 3. ábra középső képén látható

háromféle rés képen a fler lefolyását. A felső sortól az alsó sor felé csökken a hőmérséklet (65 000 K, 15 000 K és 6000 K) és a napfelszíntől mért magasság, egy soron belül pedig balról jobbra telik az idő. A soronkénti öt kép úgy lett kiválasztva, hogy jól lefedje a fler időtartamát 4 percenkénti mintavétellel 17 óra 36, 40, 44, 48 és 52 perc körüli észleléssel. A képeken való tájékozódást nagyban segíti, hogy minden hullámhosszon a réstől jobbra eső két nagyobb folt sötét umbra része viszonylag jól azonosítható. Látszik, hogy felső fotoszféra szintjére csak a maximum körüli néhány perces időszakban jut le a koronából lezáporozó részecskék által okozott fűtés hatása, és lényegesen kisebb területre is terjed ki, mint a Nap felsőbb atmoszferikus rétegeiben.

egyaránt észleli. Az 5. ábrán az első kép mutatja a RHESSI azon észlelését a keményröntgen tartományban, amelyet a fler maximumához közeli időpontban készített a felgyorsított elektronok által felfűtött kromoszféráról. A harmadik kép a talppontokhoz tartozó mágneses hurok tetejénél kialakult forró területet mutatja magasan a koronában, ahol kb. 25 millió K a hőmérséklet. A középső kép összehasonlításra szolgál: az IRIS 2832 Å-ös, közel egyidejű rés képe azonos méretű részletét mutatja, mint amelyik területről a RHESSI-észlelések készültek. A három kép alapján felmérhető, hogy hol és hogyan helyezkedik el a fler által fűtött mágneses hurok.

A JAXA japán űrügynökség és a

NASA közös napfizikai műholdja, a 2006-ban felbocsátott Hinode (más néven Solar-B) fedélzetén is háromféle műszer észlelte a flert. Az EUV Imaging Spectrometer (EIS) nevű műszer az IRIS-hez hasonlóan a napkorong egy kiválasztott részét vizsgálja. Az egyik fontos különbség, hogy az EIS olyan hullámhossz-sávokban (170–210 Å és 250–290 Å) észlel, amelyek az extrém ultraibolya tartományba esnek, és az itt található vonalakban készít monokromatikus képeket. Ezek a



6. ábra. A fler és környékének képe különböző színképvonalakra korlátozott hullámhossz-sávokban az extrém ultraibolya tartományban. Az egymást követő képek emelkedő magasságban készített metszetképeknek tekinthetők a kromoszférától a korona kb. 5000 km-es magasságig terjedő tartományáig (Forrás: JAXA/NASA/Hinode/EIS)

az észlelt terület a k vonal közepére állított szűrőn keresztül, a harmadik képen pedig a h vonal szárnyában bejövő fényben a spektrum elkészítésének idejéhez nagyon közeli időpontban. Ezen a két képen látszik a rés helyzete (függőleges fekete vonal a kép közepén) a Nap kromoszférajában és fotoszférájában lévő alakzatokhoz viszonyítva. A fehéren fénylő területek a fler során betáplált energia miatt látszanak erős emisszióban. Abban a vízszintes sorban, ahol a rés a mindkét képen fehér területre esik, a bal oldali képen minden spektrumvonal emissziós. Ez azt jelenti, hogy abban a térrészben a teljes vizsgált magasságtartományban gerjesztett állapotba kerülnek az atomok a napkitörés miatt.

Hasonló rés képek készülnek 1335 Å és 1400 Å körüli tartományokban is 40 Å sávzélességű szűrővel a naplégkör 30 000 K-es és a 65 000 K-es alakzatainak vizsgálatára. A különböző hullámhosszakon készült rés képeket egymás alá téve, majd az időben egymást követő képeket sorban melléjük helyezve térben és időben követhetjük a fler történetét. A 4. ábra mutatja a

A fler által felgyorsított nagy energiájú elektronok először nekiütöznék az alattuk levő mágneses hurkoknak, majd azok mentén lezáporoznak az alsóbb naplégkörbe, felfűtve a talppontokat. Az alsó kromoszférában és felső fotoszférában látszó fényes területek azoknak a mágneses hurkoknak a talppontjai, amelyek fölött a koronában mágneses átkötődés történt a fler kezdetekor. Ezek a rendkívül forró területek olyan nagy energiájú sugárzást bocsátanak ki, amely már a röntgen-tartományba esik, rendszerint annak is a kemény (nagyobb energiájú) részébe. A felforrósodott kromoszferikus anyag felfelé áramlik, és megtölti a mágneses hurkot lágyröntgenben sugárzó anyaggal. A NASA 2002-ben felbocsátott RHESSI (Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager) műholdja a lágy- és keményröntgen tartomány határvidékétől a gamma-sugárzás tartományáig tud mérni, így a hurok tetejénél kialakuló röntgensugárzást és a forró talppontokból származó sugárzást

vonalak a 100 000 K és a 15 millió K közötti hőmérséklet-tartományt fedik le a kromoszférától a koronáig a 6. ábrán látható, emelkedő hőmérséklet szerinti sorrendben. Ezek a képek olyanok, mintha különböző magasságokban vékony metszeteket készítenénk a fler által érintett térrészről, így együtt lehetővé teszik, hogy a flerről háromdimenziós modellt készítsünk. A 6. ábra képeinek látómezeje a 2. ábrához hasonló, tehát a fler által gerjesztett terület sokkal kisebbnek látszik, mint a 4. ábrán. Ennek ellenére a legtöbb képen jól kivehető, hogy a fényes terület alakja fekvő S betűre hasonlít, ami a 4. ábrán a felső sor második képén látszik a legjobban. Ez az S (vagy fordított S) alak a mágneses hurkok megcsavarodott szerkezetéről árulkodik. A kutatási eredmények szerint a fler olyan területekről indul ki, ahol a mágneses helicitásnak nevezett csavarodás mértéke a térben nagyon gyorsan változik, és közel van az ellentétes irányban csavarodó fluxuskötegek térrészéhez. ☞

Aki kétszer jutott fel a csúcsra

Keszthelyi Lajos 90 éves!



Keszthelyi Lajos akadémikus

Keszthelyi Lajos Széchenyi-díjas akadémikus nem ismeretlen a Természet Világa olvasói előtt. Lapunkban 1993-ban már interjú jelent meg a neves tudóssal *Akinek kétszer kellett feljutni a csúcsra* címmel [1], amely azt a különleges tényt igyekezett hangsúlyozni, hogy kiemelkedő eredményeivel két szakterületen is nevet szerzett magának.

Keszthelyi Lajosnak az említett íráson kívül is szoros a kapcsolata a folyóirattal, fontos szerepe volt abban, hogy emlékszám jelenhetett meg *Simonyi Károly* professzorról, valamint a Központi Fizikai Kutatóintézet-ről is, annak 60. éves jubileuma alkalmából. [2-3] Úgy is fogalmazhatunk tehát, hogy lapunkban családtagként köszönhetjük őt születésnapja alkalmából.

Simonyi Károly professzor munkatársaként fontos szerepe volt a kísérleti magfizikai kutatások megalapozásában a Központi Fizikai Kutató Intézetben. A Simonyi Károly vezetésével megépített K-800 kaskád gyorsítón *Erő Jánossal* együtt végzett méréseinek eredményeit közlő cikk volt az első olyan magyar publikáció, ami részecskegyorsítóval végzett munkáról számolt be rangos nemzetközi folyóiratban. De a rákövetkező csaknem két évtizedben a neutronokhoz kapcsolódó vizsgálatok kivételével szinte valamennyi új kísérleti kutatási irányt ő kezdeményezett. Meghonosította

és iskolateremtően alkalmazta a Mössbauer-spektroszkópiát, a perturbált szögkorreláció és a perturbált szögeloszlás módszerét, a Rutherford-visszaszórás és -csatornahatás (Rutherford backscattering, channeling) és a részecskék keltette karakterisztikus röntgensugárzás (PIXE) spektroszkópiának nevezett ionnyaláb-analitikai eljárásokat. Ez utóbbi módszert, úttörő módon, már kifejezetten biológiai problémák megoldására használta. Fontos szerepe volt a pozitron annihilációs spektroszkópia beindításában is.

Magfizikai eredményeit illetően különösen érdekes tény, hogy a perturbált szögkorrelációs módszer alkalmazásával háromtagú kaskád bomlások vizsgálatára elsőként sikerült megmérnie atommagok gerjesztett állapotának giromágneses faktorát (g-faktor). Erről az említett interjújában a következőket mondta: „*Ez nem egészen így van. Mások már korábban is mértek g-fak-*

torokat gerjesztett állapotokra. Viszont valóban én voltam az első, aki ezt nagyon rövid élettartamú állapotokra is meg tudtam mérni. Az érdekes ötlet az volt, hogy nem külső mágneses teret, hanem az ötvözetekben uralkodó belső mágneses teret használtam fel a mágneses nyomaték elforgatására, a belső tér ugyanis két nagyságrenddel nagyobb. Ami a vibrációs magmodelleket illeti, a mérés konkrétan a higany 198-as izotópjának az első gerjesztett állapotára vonatkozott.”

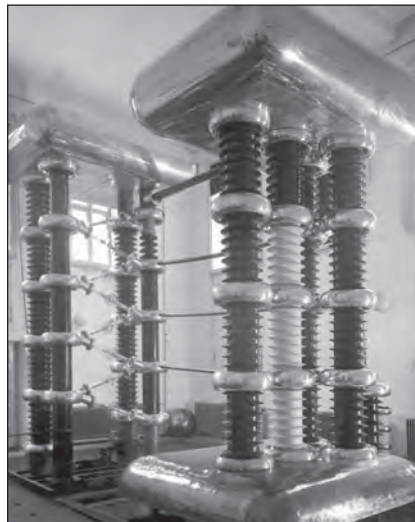
A magfizikában elért sikerei ellenére nem egészen saját akaratából távoznia kellett a KFKI-ból. Erről így beszélt: „*... a KFKI-ban a szellem megromlott, és sok vonatkozásban vitathatatlan szakmai sikereim ellenére egyre inkább háttérbe szorítottak... Távozásom másik oka az volt, hogy Straub F. Brunó, a Szegedi Biológiai Központ főigazgatója éppen akkor keresett igazgatót a szegedi Biofizikai Intézet részére. Többen engem javasoltak neki – én Ladik Jánosról és Marx Györgyről tudok – ,ezért meghívtott egy beszélgetésre, és megállapodtunk, hogy elvállalom a megbízatást. Ehhez persze az is hozzájárult, hogy én korábban sem maradtam meg egy téma mellett, mindig megpróbáltam új utakat keresni. Ez a lehetőség a biofizikában olyan kihívás volt, amelynek nem lehetett ellenállni.*”

A „második csúcsra” vezető út állomásai a következők voltak: 1973–74-ben az MTA Szegedi Biológiai Központja Biofizikai Intézetének igazgatóhelyettese, 1975-től igazgatója, majd 1989 és 1993 között az egész Kutatóközpont főigazgatója. Keszthelyi Lajos jelentős eredményeket ért el a biofizikában is. Világszerte elismert, kiemelkedő alakja lett a biológiai aszimmetria eredete és a bioenergetika kutatásának. Eredményeivel nagyban hozzájárult a bakteriorodopszin fényenergia-elektromos energia átalakulási mechanizmusának megértéséhez és ezen munkássága során iskolát teremtve egy sor nemzetközi sikereket elérő tanítványt nevelt.

Keszthelyi Lajost tudományos eredményeiért számos magas kitüntetéssel jutalmazták, amelyek közül csak a legfontosabbakat említve: Széchenyi-díj 1993, Ernst Jenő-em-

Keszthelyi Lajos (jobbról) és Erő János a K-800 kaskádgenerátor targetje mellett





A K-800 gyorsító

lékérem 1999, Árpád Akadémia, Cleveland, Ohio aranyérme 2007, a Magyar Tudományos Akadémia Aranyérme 2007, a Magyar Köztársasági Érdemrend középkeresztje a csillaggal 2012.

A két csúcs között azonban nem szűnt meg a kapcsolat, a kiemelkedő tudós egyaránt tekinthető magfizikusnak és biofizikusnak, a szakmai közösségek továbbra is hozzájuk tartozónak tartják és felnéznek rá. Ő maga erről így beszélt: „Úgy érzem, szerencse volt, hogy az Eötvös Collegiumba bekerültem, mert ott egészen sajátos szellemet ismerhettem meg és sok humán tanulmányokat folytató hallgatóval köthettem barátságot. Közük többen ma országunk szellemi életében vezető szerepet töltenek be. Szerencse volt, hogy éppen akkor alapították a KFKI-t, amikor pályámon elindultam, tehát jókor születtem. Aztán azt is szerencsésnek kell tartani, hogy amikor a helyzetem elég nehéz volt, mentőövként jött a szegedi lehetőség. Hálás vagyok azért a máig is tartó szeretetért, amellyel a kezdeti gyanakvás után ott fogadtak. Na és persze a KFKI-ban is úgy éreztem, hogy a kollégáim szeretettel vettek körül. Különösen jó érzéssel emlékszem vissza 60. születésnapom alkalmából a KFKI-ban szervezett meglepetészerű zenés felköszöntésre.”

Összegzőképpen ehhez csak annyit lehet hozzátenni: Isten éltesse még sokáig ezt a két csúcsot meghódító kiemelkedő tudóst!

BENCZE GYULA

Irodalom

1. Akinek kétszer kellett feljutnia a csúcsra, Természet Világa, 1993/6, 246-250 old.
2. Fizika emberközéiben, KFKI-60, Természet Világa 2011/I. különszáma.
3. Simonyi Károly-émléksám, Természet Világa, 2016/II.

ARANY 200

Arany János (1817–1882)
Barabás Miklós festménye

Márciusban 200 éve, hogy megszületett a magyar irodalom egyik legismertebb költője, Arany János. Legszébb műveivel mindenki találkozott e hazában, aki valaha írni-olvasni tanult. Azt talán kevesebben tudják, hogy a Széchenyi alapította Magyar Tudományos Akadémia 1858. december 15-én választotta levelező tagjává, majd még ugyanezen a napon rendes taggá. Később, 1865–1879 között titoknok, utóbb főtitkára lett a tudós társaságnak.

Folyóiratunk az évforduló alkalmából egy kései, talán egyetlen természetrajzi témájú versével tiszteleg előtte, melyben „az életet már megjárt...” költő fiatalkori, a Petőfivel való levelezéséből jól ismert finom humorú játékosága tűnik elő ismét. Verse a század tudományos-technikai forradalmából született új keletű látásmód kedves költői fricskája.

A reggel természetrajz*

Földünk mind hegyesebb szög alatt fordítja keletnek
A pontot, hol az én pusztai kis lakom áll.
Szőke világát már az egen terjeszti előre
A Nap s jelzi miképp fordulok arrafelé.
Majd pirosabb színt vált, megtörvén fénye a földi
Fennlebegő párok ködszerű cseppjeiben;
És, mint nagy gömböt, veti a horizonra családúrl
A levegő-réteg vérpirosan hüvelyét.**
Ez még nem nap - ihol szemmel nézhetni beléje;
Am, ha derékszög alatt dől zenithemre a fény:
Égő gáztakarója körét meglátom a Napnak,
Mely a mi Földünknel (szám ide!)-szorta nagyobb;
Hogy kicsinek látszik, nagy távolléte okozza,
Oly keskeny szög alatt éri sugára a szemem.
Már körül a gyarak kéményeiből viszi nagy fel
Könnyü korom-terhét a nekifüлт levegő.
Vas sinen a gőzgép nagy terhet vonva közelget,
Mert a súrlódás nem köti meg kerekét.
Mily szép most minden, kezdik kilehelni a fák is
Élenyöket, - s széngázt színi be lombjaikon.
A levegő-réteg, mely Földünket beborítja,
Kékszinű tömegén játszva eget mutogat.
Ah de mi ez? Hőség megritkította köröttem
A levegőt s felszáll, váltva rohanva hideg.
Képződnek szaporán s gyülekeznek vízi parányok
S összeverődve, legitt földre csapódnak alá.
Testem is a hőnyt likacsin már veszteni kezdi,
Adieu természet! Vissza lakomba megyek.

1881

* Gáncsolják a költőket, hogy a természetet még mindig a régi tudatlan módon írják le, nem úgy mint a tudomány haladása kívánná. Ehol egy kísérlet. A. J.

** Hiba, mert a Napnak nincs hüvelye. A. J.

FÖLDÖNKÍVÜLI ROVAR A BOROSTYÁNKÖBEN

Az *Oregoni Állami Egyetem* kutatói egy 100 millió éves rovarot fedeztek fel burmai borostyánkőekben (*Aethiocarenum burmanicus*). Az állatnak olyan sok szokatlan tulajdonsága volt, hogy a paleontológusoknak egy új rendet kellett felállítaniuk a rendszertani besorolásához (*Aethiocarenodea*). Ez jól jelzi a lelet ritkaságát, hiszen az eddig leírt mintegy egymillió rovarfajhoz elegendő volt összesen 31 rend. Az új rendbe ennek az egyetlen fajnak a két ismert példánya tartozik. Ezzel szemben például a bogarak (*Coleoptera*) rendjébe több százezer fajt sorolnak. A kisméretű szárnyatlan rovarok valószínűleg a fák kérgének a repedéseiben éltek és mindenevőként atkákkal, férgekkel, vagy gombákkal táplálkoztak. A hosszú, keskeny, és lapos testű állat gyorsan mozoghatott hosszú és karcos lábain. A legszokatlanabb jellemzője a háromszögletű fej a kidülledő szemekkel,



Rovar a borostyánkőben

amivel majdnem 180 fokos szögben körbe láthatott. A kutatók szerint a fej megjelenése ahhoz hasonlít, ahogyan a földönkívüli idegen életformákat szokták ábrázolni a filmekben.

(*Cretaceous Research*, 2017. január)

„ÉLETRE KELTEK” A FOSSZILIS FENYŐTOBOZOK

A túlevelűek tobozai száraz körülmények között kinyílnak, míg nedves környezetben bezáródnak. Ez a mechanizmus teszi lehetővé, hogy magjaikat kedvező környezeti feltételek mellett kezdjék kiszórni. A pikkelyek mozgása passzív, vagyis nem szükséges hozzá metabolikus energia. E tulajdonság miatt kerültek most a tobozok a kutatók figyelmébe, akik az autonóm mozgásokra képes technikai eszközök kifejlesztéséhez használták fel őket biológiai modellként. Kiderült, hogy a fosszilis fenyőtobozok még évmilliók után is képesek magjaik pikkelyeit mozgatni. A *Freiburgi Egyetem* kutatói azt találták, hogy a pikkelyek extrém hosszú idő eltelte után is funkcionálisan működőképesek maradtak. Fosszilis tobozokat vizsgáltak az egyik jégkorszaki interglaciálisból (126–113 ezer éves)

és a középső-miocénből (16,5–11,5 millió éves). Meglepve tapasztalták, hogy a tobozok még mindig reagáltak a nedvességváltozásra a pikkelyeik mozgatásával. Így ezek a tobozok az eddig ismert legrégebbi növényi struktúrák, amelyek még mindig képesek a mozgásra. A kutatók röntgensugaras komputertomográfiával kimutatták, hogy a tobozok elszenesedve őrződtek meg a fosszilizáció során és a fosszilis tobozokban nagyon kevés ásványkiválás tapasztalható. Ez tette lehetővé, hogy a nedvességtől függő mozgásokért felelős finom szerkezetek sértetlenek maradjanak.

(*Scientific Reports*, 2017. január)

ELNYELTE-E A TÁRSÁT A BETELGEUSE?

Az északi égbolt jellegzetes csillaga az Orion téglalapja bal felső sarkát kijelölő vörös óriás, a 650 fényév távolságban lévő Betelgeuse. A legújabb megfigyelések szerint túl gyorsan forog, ezért a csillagászok azt tételezik fel, hogy esetleg 100 000 évvel ezelőtt elnyelhetette kísérőcsillagát. A legújabb mérések szerint a Betelgeuse 19 nap-tömegű, vagyis valamivel nagyobb a korábban feltételezetténél. Felszíni hőmérséklete 3500 kelvin, és mivel átmérője legalább 1,2 milliárd km (közel ezerszerese a Nap átmérőjének, ha a Nap helyére képzeljük, a Jupiter pályáig érne a csillag), 126 000-szer annyi energiát sugároz ki, mint a Nap. Mindezen becslések a csillag látszó fényességén és távolságán alapulnak, utóbbit viszont csak 25%-os hibával ismerjük. Sajnos a csillag távolságát még az Európai Űrügynökség (ESA) Gaia pozíciós csillagászati műholdja sem fogja pontosabban megállapítani, mert a csillag túl fényes ahhoz, hogy a Gaiával észlelni lehessen. Színeképi mérések szerint a csillag légköre tetején az egyenlítőjénél 15 km/s a tengelyforgásából adódó kerületi sebessége, de mielőtt vörös óriássá fúvódott fel, ez akár 250 km/s is lehetett. (A Nap egyenlítőjén a kerületi sebesség csak 2 km/s.)

Amerikai csillagászok számítása szerint a Betelgeuse csak életének nagyon rövid, mintegy 1000 évig tartó szakaszában foroghat ilyen gyorsan. Kicsi a valószínűsége, hogy a hamarosan 8–8,5 millió éves fejlődése végére érő Betelgeuse-ét éppen ebben a rövid időszakban sikerülne megfigyelnünk, ezért más magyarázatot kerestek. Számításaik szerint a Betelgeuse gyors forgását megmagyarázhatja, ha szoros kettőscsillagként keletkezett, majd amikor vörös óriássá fúvódott fel, akkor elnyelte 1 naptömegű kísérőcsillagát. A feltételezés nem teljesen légből kapott, az O és B színeképtípusú csillagok jelentős hányada ugyanis valóban kettősként keletkezik. A kísérő elnyelése mellett szól, hogy

a Betelgeuse körül, attól 7 ívmásodperc távolságban gázhéj figyelhető meg, ami a viharos események maradványa lehet. Ez azonban nem tekinthető perdöntő bizonyítéknak. Biztosabbat akkor tudhatunk, ha sikerülne a Betelgeuse-ét asztroszeizmológiai vizsgálatnak alávetni (a csillag testének rezgéseit megvizsgálni), mert ennek eredménye elárulhatná, ha az óriás belsejében még nem teljesen oszlott szét az elnyelt társ maradványa.

(www.skyandtelescope.com, 2016. december 22.)

A NAGY ROVARVÁNDOROLÁS

Egy új tanulmány szerint a repülő rovarok is évszakonként vándorolnak. Az adatgyűjtéshez 15 évvel ezelőtt radarokat állítottak fel Dél-Angliában. Az ezekből, valamint a rovarhálókból nyert adatok alapján becslték meg a 70 000 km²-es terület feletti rovaráramlást. Radarral megmérték a rovarok súlyát, a repülés sebességét, magasságát, valamint az irányát. Az eredmények alapján nyilvánvalóvá vált, hogy ősszel délre, tavasszal pedig északra mozognak a populációk. A kutatók megdöbbentek a jelenség mértékén. 3,5 billió (10¹²) rovar vándorolt minden évszakban, mely 3200 tonna biomasszának felel meg. A vándorlás feltehetőleg több száz km távolságra, vagy ennél is messzebbre történik. A migráció a tengeren túlra is kiterjed, mivel Nagy-Britannia sziget, a rovarok valószínűleg tavasszal érkeznek, és legalább néhányuk ősszel eljut az európai szárazföldre. A szelet is kihasználják a repüléshez. Tavasszal a déli, ősszel pedig az északi áramlásokat. A rovarok navigációs képességeiket tudatosan alkalmazzák. A nagyobb testű rovarok a természetes repülési sebességüket a szélel fokozzák, így elérhetik akár az 58 km/h sebességet is. A felfedezésnek ökológiai következményekkel jár. A rovar teste általában 10% nitrogént és 1% foszfort tartalmaz, mely kiváló trágyát jelent a talaj számára, valamint tápláló élelmet a rovarévknek. A természetben a nitrogén és foszfor körforgása igen fontos, mivel ezek az elemek korlátozott mértékben fordulnak elő a táplálékláncban. A nagy tömegű rovarmozgás jelentős életfontosságú anyagszállítást is jelent. A rovar-biomassza összítőmege évente változik. Meleg nyarakon sokkal több rovar kel életre, mint a hűvöseken, ilyenkor a vándorló tömeg is sokkal nagyobb. A globális felmelegedés miatt elég nagy bizonyossággal becsülhető, hogy a rovarok száma is jelentősen emelkedni fog. Ennek következményei kiszámíthatatlanok. Az biztos, hogy eddig ez a legnagyobb kontinentális vándorlás a világon, amit igen gondosan kell figyelemmel kísérni. A vándorló tömeg majdnem nyolcszor akkora, mint a madaraké.

(sciencedaily.com, 2017. január 19.)

A Plútó és holdjai

BOTH ELŐD

A NASA *New Horizons* űrszondája 2015. július 14-én repült el a Plútó mellett. Az első eredményekről – a fedélzeti számítógép által kiválogatott és soron kívül továbbított adatok, a teljes adatmennyiség 1%-a alapján – lapunkban már beszámoltunk (*Természet Világa*, 2015. szeptember). Cikkünk megjelenése után kezdődött az 50 gigabitet meghaladó mennyiségű adat teljes letöltése, ami egy évig tartott, és tavaly október 25-én ért véget. Az utolsó adatsomagok már 5,5 milliárd km távolságból érkeztek és több mint 5 óra alatt tették meg az űrszondától a Földig tartó utat. Minthogy korábbi cikkünkben elsősorban a Plútó szilárd felszínéről volt szó, most részletesebben foglalkozunk a holdjaival, de röviden kitérünk a bolygó légkörére és felszínére vonatkozó újtonságokra is.



A Plútó és legnagyobb holdjának mérete a Földhöz viszonyítva (Képek forrása: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute)

A *New Horizons* kutatói nem sokkal az első részletes képek érkezése után javaslatot tettek a felszíni alakzatok elnevezésére, azonban a Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) illetékes bizottsága mindmáig nem tudott (vagy nem akart) döntenie az elnevezésekről. Egy év elteltével, tavaly augusztusban a bizottság már leült tárgyalni a javaslattevőkkel, de csak annyit jeleztek, hogy hosszú tárgyalássorozatra kell készülni. Úgy tűnik, a helyzet elmérgesedhetett, mert az IAU az égitestek felszíni alakzatainak nevét tartalmazó honlapjáról még magát a Plútót is eltüntette. Hivatalos nevek tehát nincsenek, és bár a



A Charonon kívül négy apró hold kering a Plútó körül

sajtóban gyakran felbukkannak az informális nevek, ezek használatát – a későbbi zavar elkerülése érdekében – cikkünkben mellőzzük.

Az első tudományos eredményeket közlő, átfogó cikk még 2015. október 16-án jelent meg a *Science*-ben. (A mélyebben érdeklődők számára jó hír, hogy a *Science* szokásos gyakorlatától eltérően ezúttal az egész, a projektvezető Alan Stern és 150 további közreműködő szerző nevével jegyzett cikk *szabadon letölthető* a folyóirat honlapjáról.) A cikk mindenekelőtt hangsúlyozza, hogy a Plútó és a Charon mind geológiailag, mind pedig geokémiaileg sokkal változatosabb, mint amire a kutatók legmerészebb álmaikban számítottak.

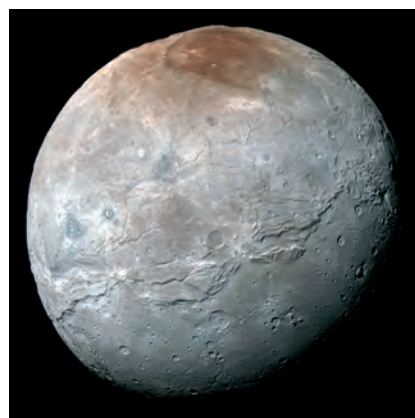
A Plútó és legnagyobb holdja, a Charon feltűnően szabályos gömb alakú, átmérőjük 2374 km, illetve 1212 km. A Plútó esetében ez a földi méréseknél valamivel nagyobb érték, a Charonnál jól egyezik a korábbi becslésekkel. Ennek megfelelően átlagsűrűségük 1,86 g/cm³, illetve 1,70 g/cm³. Ha elfogadjuk azt a (kutatók legtöbbször, és számítógépes modellek által is támogatott) hipotézist, miszerint a Charon a Plútót egykor ért hatalmas erejű becsapódás nyomán keletkezett, akkor a lapultság hiánya azt jelenti, hogy a Plútó a becsapódás után elég hosszú ideig meleg maradt ahhoz, hogy felvegye a tökéletes gömbalakot. A Styx és a Kerberos elnyúlt alakjából viszont arra következtetnek, hogy a becsapódás-kidobott törmelék darabjainak kis sebességű ütközése eredményeképpen álltak össze.

Sikerült pontosan meghatározni az öt hold fizikai és pályadatait. Feltűnő, hogy az öt hold fél foknál kisebb eltéréssel azo-

nos síkban kering (lásd a táblázatban). Pályáik szinte tökéletesen kör alakúak, az apró Hydra pályájának Plútóhoz legközelebb és legtávolabbi pontja között csupán 700 km a különbség, ami a pálya közel 130 ezer km-es átmérőjéhez képest igen csekély, a többi hold pályája még pontosabb kör. Történetük érdekessége, hogy a négy apró hold közül kettőt nem sokkal a *New Horizons* indítá-

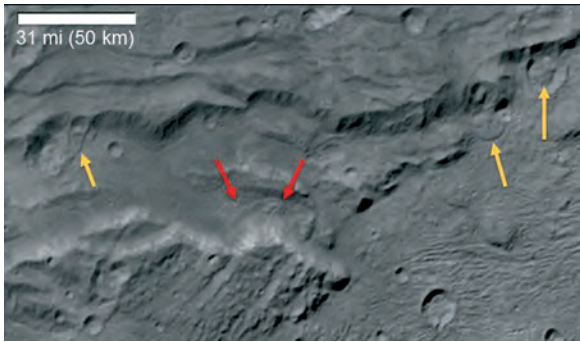
sa előtt fedeztek fel, a másik kettőt pedig akkor, amikor a szonda már a Plútó felé vezető útja nagyobb felét megtette. A legnagyobb, az 1978-ban felfedezett Charon kötött keringésű, a kicsik viszont szabálytalanul bukdácsolva keringenek a Plútó körül, ami szokatlan, más bolygók körül az ilyen apró holdak kötött keringésűek. Tengelyforgásuk gyors, a Hydra például egyetlen keringése alatt 89-szer fordul meg a tengelye körül.

A négy kis hold összetétele is a becsapódásos hipotézist támasztja alá, miszerint ezek az összeütköző nagy testek külső rétegének jeges törmelékéből álltak össze. Mindegyiknek szokatlanul nagy



A változatos felszíni Charon legjellegzetesebb alakzatai a sötét folt az északi pólusa környékén és az egyenlítője mentén futó hosszú, széles és mély repedésrendszer

az albedója, a rájuk eső fény 60–80%-át visszaverik, ami a frissen hullott hó fehérségének felel meg. Valójában az okoz



A Charon árokrendszerében a színes nyilakkal jelölt helyeken földcsuszamlások nyomait fedezték fel

fejtőrést a kutatóknak, hogyan maradtak évmilliárdokon át ennyire fehérek. A négy kis hold közül a New Horizons csak a Nixet tudta lefényképezni. Felszínét kráterek borítják, elég nagy számban ahhoz, amit az égitest mintegy 4 milliárd

talában körülbelül 5 km mély, de helyenként a 7 km-t is eléri a mélysége. Leginkább a marsi Valles Marinerisre vagy némileg a földi kelet-afrikai hasadékvölgyre emlékeztet. Keletkezése logikusnak tűnő hipotézise szerint a felszín alatti óceán megfagyott, kitágult, és megrepesztette a kérget. Számítások szerint a felszín alatti, 35 km mély óceán megfagyása magyarázhatja a sugár 3 km-rel történt megnövekedését.

A Charon északi pólusa közelében 275 km átmérőjű, sötétebb terület látszik, amelyet 450 km átmérőjű, valamivel világosabb, a szélei felé halványodó terület vesz körül, a kettő között

szublimáló gázok légkört alkossanak körülötte. Kijelenthetjük, hogy a Charonnak nincs légköre, hiszen környezetében a gázok nyomása legfeljebb néhány pikobar (ami a földfelszíni légnyomás néhány billiomod része).

Ezzel szemben a szilárd ammónia ezen a hőmérsékleten is meglehetősen stabil, jelenlétét a Charon felszínén 2007-ben már földi mérésekkel kimutatták. Ezt egészítette ki a New Horizons LEISA spektrométere azzal az információval, hogy sokfelé található ammónium-hidrát is a felszínen. A műszerrel az ammónia eloszlását is vizsgálni lehetett, kiderült, hogy az egyik fiatalnak látszó kráter környezetében különösen magas a koncentrációja. Az viszont nem világos, hogy az ammónia a krátert létrehozó becsapódás nyomán a hold belsejéből került a felszínre, vagy a becsapódó test hozta magával.

A felszínükön látható kráterek száma alapján tehát kijelenthető, hogy a Plútó és a Charon felszínének egyes területei ösiek, közel négy-milliárd évesek. Ugyanakkor mindkét égitesten megfigyelhetők a kráterekben nagyon szegény, vagy teljesen krátermentes területek. A kráterek nagyságából viszont azt állapították meg, hogy a Kuiper-övet alkotó égitestek – amelyek becsapódásai egykor a krátereket létrehozták – a korábban fel-

A Plútó holdjai (forrás: Sky and Telescope, 2016. december)

Hold	Fél nagy-tengely (km)	Keringési idő (nap)	Tengelyforgási idő (nap)	Pálya excentricitása	Pálya-hajlás	Átmérő (km)
Charon	19 596	6,387	6,387	0,00005	0,0°	1212 ± 2
Styx	42 213	20,162	3,24	0,00001	0,0°	14 × 10 × 8
Nix	48 690	24,855	1,829	0,00000	0,0°	50 × 31 × 26
Kerberos	57 750	32,168	5,31	0,00000	0,4°	18 × 11 × 9
Hydra	64 721	38,202	0,430	0,00554	0,3°	56 × 41 × 37

éves kora indokol, vagyis a holdakat létrehozó becsapódás a Naprendszer korai időszakában történt.

A Charon geológiai szempontból ropant változatos felszínű, formációi szintén alátámasztják 4 milliárd éves korát. Ugyanakkor a déli félgömbön az egyik nagy kiterjedésű síkságon kevesebb a kráter, viszont párhuzamos árkok futnak a területen. A geológusok feltételezik, hogy a terület röviddel a hold keletkezése után „megújulhatott”, talán a tektonikus erők hatására a fagyponthoz közeli állapotban lévő sós jégkása a felszínre törhetett (kriovulkanizmus). Különösen érdekesek a Charonon helyenként előforduló, magányos, 3–4 km magas hegyek, amelyeket akár 2 km mélységet is elérő árok vesz körül. Kialakulásukra egyelőre nincs magyarázat.

A nagy hold legfeltűnőbb képződménye az északi és a déli félgömb síkságait elválasztó, hatalmas árokrendszer. A törés legalább 1600 km hosszú, de gyanítják, hogy a Charonnak azon az oldalán is folytatódhat, amelyet a New Horizons nem fényképezett le. Szélessége helyenként az 50 kilométert is meghaladja, ál-

vetődés vagy heglánc határozott körvonalai látszanak. Ez arra enged következtetni, hogy a felszínt sötétre színező anyagok a Charon belsejéből származnak, nem a Plútóról. (Más feltevések szerint viszont a Plútó igen ritka légkörében képződő, vörösesbarna színű tholin egy része megszökik a Plútó vonzásából, és a Charon felszínére ülepszik le. A tholinok a Plútó felszínéről szublimáló nitrogénből és metánból a Nap ibolyántúli sugárzása hatására alakulnak ki, majd koromszerű szemcsékké összeállva leülepsznek a felszínre.)

A Charon felszínének többi részén, a kutatók várakozásainak megfelelően, a vízjég dominál. A Plútóval ellentétben nincsenek fagyott nitrogén-, metán- vagy szén-monoxid-lerakódások. A Charon ugyanis a maga dermesztő, 44 kelvin (–229 °C) hőmérsékletével túl „meleg” ahhoz, hogy ezeket az illékony anyagokat fagyott állapotban megtartsa, gravitációja pedig gyenge ahhoz, hogy a

tetelezettnél nagyobbak, nem néhány, hanem néhányszor tíz kilométeresek, vagyis a belső kisbolygóöv égitestjeihez hasonló méretűek.

A Plútó légkörét illetően az első meg-

lepő felfedezést szintén földi mérésekkel tették: megállapították, hogy az elnyúlt pályáján 1989 óta a Naptól távolodó



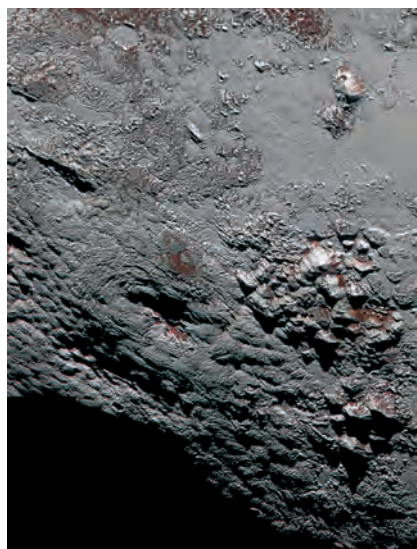
Az ellenfényben készített felvételen jól felismerhető a Plútó ritka légkörének réteges szerkezete

tételezettnél nagyobbak, nem néhány, hanem néhányszor tíz kilométeresek, vagyis a belső kisbolygóöv égitestjeihez hasonló méretűek.

A Plútó légkörét illetően az első meg-

Plútó légkörének nyomása nem csökken, hanem a várakozással ellentétben nő. A jelenséget a bolygó forgástengelyének szokatlan helyzetével magyarázták, de a részletes értelmezést a New Horizonstól várták.

Az első meglepetést a Plútó felsőlégköre jelentette, amely a vártnál sokkal hidegebbnek bizonyult, 100 K helyett csak 70 K hőmérsékletet mértek. Ennek következtében a légkör kompaktabb és jobban ellenáll a napszél hatásának, amint arról korábban már beszámoltunk (*Természet Világa*, 2017. február, Hírek). A kompakt légkörből a vártnál 10 000-szer lassabban szökik a nitrogén, mindössze 10^{23} molekula másodpercenként. A kevés megszökő gáz főként metán. A légkör szokatlan hidegségére még nincs magyarázat.



A Plútó felszínét a kriovulkanizmus is alakíthatta. Valószínűleg kriovulkán lehet a kép közepén látható, 150 km átmérőjű, 4 km magas, a közepén bemélyedő hegy.

Ha ez így van, akkor ez a Naprendszer legnagyobb kriovulkánja

Az ellenfényben készített képeken a légkörben határozottan elkülönülő rétegeket lehet felismerni, amit a földi méretek (csillagfedések) alapján már sejtettek. Meglepő, hogy a felvételeken mintegy húsz ilyen, egyenként néhány kilométer vastag réteget tudtak megkülönböztetni, amelyek közül a felsők már nem lehetnek stabilak. A légkörben a napfény könnyen felbontja a metánmolekulákat, a molekulatöredékek könnyen az aeroszolt alkotó, nehezebb vegyületekké (acetilén, etilén, etán) egyesülnek, amelyek jelenlétét az űrszonda mérési kimutatták.

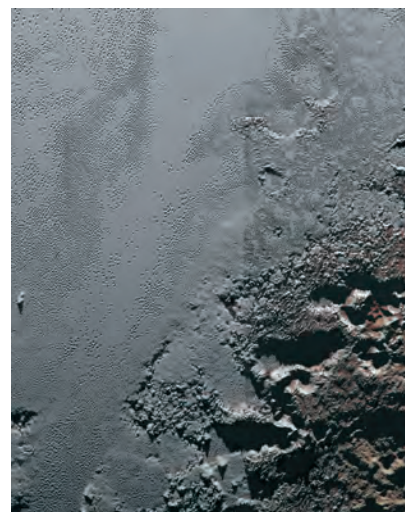
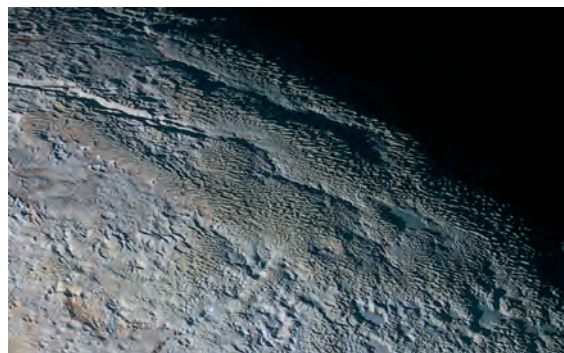
A rádióokkultációs mérésekből (amikor a szonda a Földről nézve a Plútó takarásába került) a felszíni légnyomás

10–11 mikrobarnak adódott, ami a földfelszíni légnyomás 0,001%-a. Bizonyítani sikerült azt is, hogy a Plútó légköre soha nem tűnik el teljesen (naptávolban sem fagy ki maradéktalanul), sőt bizonyos körülmények közt sűrűsége a mostaninak több ezerszerese is lehet. Utóbbi az égitest tengelyferdeségének több millió éves periódusú billegésével függ össze. Legutóbb 900 000 éve a Plútó északi pólusa a pálya napközeli pontján éppen a Nap felé nézett, következésképpen a hőmérséklet 7 K-nel magasabb lehetett a jelenleginél. A csekély melegedés elég ahhoz, hogy exponenciálisan nőjön a szublimáció, így a nyomás 18 és 280 millibar közöttig emelkedhetett (utóbbi a földfelszíni nyomás kb. negyede). A felszínen több olyan alakzatot találtak a kutatók, amelyek formája arra enged következtetni, hogy egyes időszakban valóban a mostaninál sokkal sűrűbb lehetett a légkör.

Magát a Plútót illetően a legfontosabb újdonság, hogy a nagy világos, jéggel borított síkságról (a szív alakú terület részéről) a sztereóképek alapján bebizonyosodott, hogy nem fennsík, hanem mélyföld, 3–4 km-rel a környezete alatt. Így csaknem bizonyos, hogy nagy erejű becsapódás hozta létre a medencét, amelyet a jég kitölt. A síkság korát legfeljebb 100 millió évesnek becsülték, később ezt legfeljebb 10 millió évesre módosították. Ez a geológiai időskálán azt jelenti, hogy a Plútó ma is aktív. A síkságon egymással érintkező, 10–40 km közötti kiterjedésű sokszögek mintázata figyelhető meg, közöttük sekély árkokkal. A legrészletesebb képeken az is látható, hogy a síkságot körülvevő hegyektől a nitrogénjég – a földi gleccserek mozgásához hasonlóan – a síkság felé folyik.

A különböző hőmérsékletű területeken (37–50 K között) különböző anyagok jegei találhatóak: víz, nitrogén, metán és szén-monoxid. Ezek közül csak a vízjég elég szilárd ahhoz, hogy a megfigyelt

Különös, kígyóbőrre emlékeztető felszíni képződmények a Plútón. A képen látható terület mintegy 500 km kiterjedésű



A világos síkság peremén a tholintól vöröses hegyek között 8–13 km átmérőjű, 2,5 km mély gödrök sora látható.

Aljukat nitrogénjég borítja. A kutatók feltételezik, hogy a felszín beomlása révén jöttek létre, azonban nem tudják, mi okozhatta a beszakadást

felszíni alakzatokat alkossa. Valószínűleg a Plútó tömegének kétharmadát szilikátos kőzetek teszik ki, ezekből azonban a felszínen semmi sem látható. Viszont az ezekben lévő radioaktív elemek bomlási hője alulról fűti a felszínt, és a geológiai folyamatok hajtóerejével szolgálhat. Vélhetően konvekciós áramlás alakul ki, ezeknek az óriás buborékoknak a felszíni megjelenése a sokszöges szerkezet. Az áramlás sebessége évente néhány centiméter lehet, ami azt jelenti, hogy a síkság felszíne legfeljebb egymillió évente megújul, ezért nem látunk krátereket rajta.

Jelentős különbségeket mutat a Plútó felszínének fényvisszaverő-képessége (albedója). Egyes területeken ez csak 8%, míg másutt 100% közelében van, meglepő helyenként a sötét és világos területek közötti hirtelen átmenet.

A jéggel borított területek világosak, ezzel szemben a vörösesbarna árnyalatú, idősebb területek színét a tholin nevű szerves vegyület szemszíj adják.

A mérési eredmények valószínűleg kincsésbányát jelentenek a kutatóknak, kiértékelésük, feldolgozásuk még évekig eltarthat. Eközben a New Horizons következő célpontja, a 2014 MU₆₉ jelű Kuiper-objektum felé halad (*Természet Világa*, 2015. november, Hírek rovat), amely mellett 2019. január 1-jén repül el. ↩

Mire jó a csalogató anyag?

Innováció a növényvédelmi prognosztikában

SZANYI SZABOLCS

A klímaváltozásról és különféle negatív hatásairól egyre többet hallhatunk manapság. Tények hívják fel a figyelmünket arra, hogy mi is felelősek vagyunk a változásokért, melyek káros következményeit környezet- és egészségudatos magatartásunkkal enyhíthetjük. Ezzel együtt azonban lábra kapnak kellően alá nem támasztott híresztelések is. Így az utóbbi időben egyre sűrűbben hallhatók olyan vélemények, amelyek szerint az elmúlt időszak enyhe téli időjárása következtében a mezőgazdasági kártevők rohamos elszaporodása várható, és ennek következtében a hazai gazdaságok komoly veszélynek lehetnek kitéve. Valóban van néhány olyan melegebb éghajlatú vidékről származó mezőgazdasági kártevő, amelyeknek kedvez az átlagosnál melegebb időjárás. Ilyen a hazánkba bevándorolt gyapottok-bagolylepke, amellyel három-négy évtizeddel ezelőtt még csak ritkán találkozhattunk, újabban azonban mint a kukorica kártevője hívta fel magára a figyelmet. Az elhamarkodott általánosítás azonban káros. Évek óta érzékeljük, hogy egy-egy enyhébb tél után alig látjuk a kifejlett lepkéként áttelelő védett nappali lepkéinket, mint például a nappali pávaszemet, a nagy rókaalepkét és társait.

Szakszerű megfigyelésekkel, kutatásokkal állapítható csak meg, hogy valóban várható-e egy-egy kártevő elszaporodása. Így például az áttelelő hernyófészkek (aranyfarú szövő) vagy petecsomók (gyapjaslepke) vizsgálata nélkül megalapozatlan lenne elszaporodásukra következtetni, hiszen ezek mint őshonos fajok, jól alkalmazkodtak a téli alacsonyabb hőmérsékletekhez, és az enyhe tél inkább a betegségeik terjedésének kedvezhet. Legfeljebb a növényvédő szerek forgalmazói húzhatnak hasznát az efféle megalapozatlan, a kártevők várható elszaporodása vonatkozó jóslatokból. A lakosság körében folyó pánikkeltés a sokszor szakértelem nélkül felhasznált vegyszerek túlzott felvásárlását és használatát eredményezheti, ami negatív hat a biológiai sokféleségre. A nem megfelelő mennyiségben és időben alkalmazott növényvédelmi beavatkozás ugyanis nemcsak a kártevő fajok egyedszámát csökkenti, hanem minden más, az adott területen vagy annak közelében élő ízelt-

lábú közösség tagjait is. Itt érdemes megjegyezni, hogy a különböző, a gyümölcs-termés számára nélkülözhetetlen beporzó rovarok világméretű csökkenésének is egyik fő okozója a túlzott vegyszerhasználat, illetve újabban bizonyos neonikotinoid származékok csávázószerként való használata. Számos szakértő ezek használatának tulajdonítja a házi méh, illetve általában a méhfélék egyedszámának rohamos csökkenését Európa legnagyobb részén, így hazánkban is.

A XX. század közepére a növényvédelmi prognosztika leghatékonyabb módszerévé a fénycsapda vált, amely az éjjel aktív rovarfajok pozitív fototaxisán alapszik. Észak-amerikai példák alapján *Jermy Tibor* akadémikus fejlesztett ki egy egyszerű, könnyen kezelhető fénycsapdatípust. Ennek nyomán 1952-ben elkezdődött egy világszinten egyedülálló fénycsapdahálózat kialakítása Magyarországon. A fénycsapdahálózat működtetésére és a gyűjtött anyag feldolgozására létrehoztak egy növényvédel-



1. ábra. A mintavételi terület (Forrás: Google Earth)

Ezek a negatív hatások két módon küszöbölhetők ki. Az egyik – a sokkal kockázatosabb – a kártevő fajokkal szemben ellenállóvá tett génmódosított növények termesztésbe vonása, ami azonban az elővigyázatosság elve alapján elkerülendő, és ami Magyarországon alaptörvényünkbe is ütköző. A másik – a szakmailag kifogástalan és egyben gazdaságos – megoldás a lehető legpontosabb prognózis felállítása. Csak ott és akkor, és csak az ellen a kártevő ellen kell védekezni, amely a szakmai prognózisokkal igazolt, és ami alapján pontosan kiszámítható, hogy mikor, milyen mennyiségben és hányszor kell vegyszeres kezelést alkalmazni. Az adott területre vonatkoztatott megfelelő prognózis felállításához azonban szükség van a kártevő fajok folyamatos monitorozására. Ennek érdekében a kutatók még ma is napról napra újabb módszereket fejlesztenek ki.

mi prognosztikai rendszert, amely sajnos, ma már nem működik. A növényvédelmi fénycsapdarendszer mintájára az Erdészeti Tudományos Intézet is létrehozta a maga fénycsapdahálózatát, amely ma is sikeresen működik nemcsak a kártevők jelzésében, hanem ökológiai és faunisztikai vizsgálatokban is. A hálózat rengeteg adatot szolgáltatott és továbbra is szolgáltat arról, hogyan változik a biodiverzitás erdeinkben.

A ma is használatos fénycsapdáknak azonban számos hátránya van:

- fényszennyezett környezetben alacsony hatásfokkal működnek, illetve maguk is okoznak fényszennyezést;
- számos faj nem vonzódik a mesterséges fényhez, így a gyűjtött anyag nem ad teljes képet egy adott terület faunájáról;
- emellett vannak olyan fajok, melyeknek eltérő ivarú egyedei nem egyfor-

mán röpképesek, illetve nem vonzódnak a fényhez, így előrejelzésük akadályokba ütközik.

A XX. század végén elkezdődött egy másik módszer kísérleti alkalmazása a növényvédelmi prognosztikában. Az új módszer a rovarok fejlett kémiai érzékelésére épül. A rovarok szaglószerveik, leginkább csápjuk révén szereznek információt környezetük állapotáról, tápnövényeik, illetve a hímek a nőtény egyedek hollétéről. Az ilyen irányú kísérletek során először az úgynevezett feromonok (fajspecifikus ivari illatanyagok) vonzó hatását aknázták ki, melynek lényege, hogy a nőtény egyedek által kiválasztott „parfüm” komponenseit laboratóriumi körülmények között elemezték, majd szintetikusán is előállították. Hátánya, hogy az illat csupán egy adott faj hím egyedét vonzza, ami nem elegendő ahhoz, hogy pontos képet kapjunk a faj rajzásdinamikájáról. Ennek ellenére ezt a csapdatípust mára széleskörűen alkalmazzák a különböző mezőgazdasági kultúrákban, az adott kártevő faj állományának gyérítésére.

A nőtény egyedek rajzása a hímekhez képest eltolódhat, amely adott esetben a peték lerakásának időszakával függhet össze, ezáltal rajzásuk ismerete nélkülözhetetlen. Ez olyan módszerek kifejlesztését indokolta, amely mindkét ivar egyedét egyformán fogja. Ehhez az aktívan táplálkozó lepkéfajokra különböző, úgynevezett táplálkozási csalogató anyagokat (attraktánsokat) fejlesztettek ki. Az első tesztek során a fenil-acetaldehid bagolylepke-nőtényekre gyakorolt vonzó hatása (Cantelo és Jacobson 1979) vált ismertté, majd az izoamil-alkohol-alapú csalétek hatékonyságát bizonyították be Észak-Amerikában végzett kísérletekben. Hazánkban az ilyen irányú vizsgálatok a 90-es évek végén kezdődtek.

A Magyar Tudományos Akadémia, Agrártudományi Kutatóközpontjának Növényvédelmi Intézetének CSALOMON® csoportja Tóth Miklós akadémikus vezetésével már számos kártevőre nézve fejlesztett ki hatékony feromoncsapdát. Az elmúlt évtizedben egy új, innovatív kutatás során kezdődött meg az említett komponensek alkalmazásával a táplálkozási csalogató anyagok fejlesztése, magyarországi tesztelése. Ilyen irányú vizsgálatok eredményeit néhány éve be is mutatták. A tesztekben a fenil-acetaldehid-csalétek főleg a Plusiinae és a Melicleptriinae bagolylepke-alszaládok (például gamma-bagolylepke, gyapottok-bagolylepke), míg az izoamil-alkohol-alapú csalétek a többi alszalád (Noctuinae: például vetési bagolylepke, fekete C-bagolylepke; Hadeninae: például veteménybagoly-fajok) fajait vonzották. 2013-ban a Debreceni Egyetem Növényvédelmi Intézeté-



2. ábra. Kihelyezett CSALOMON® VAREL+ varsacsapda

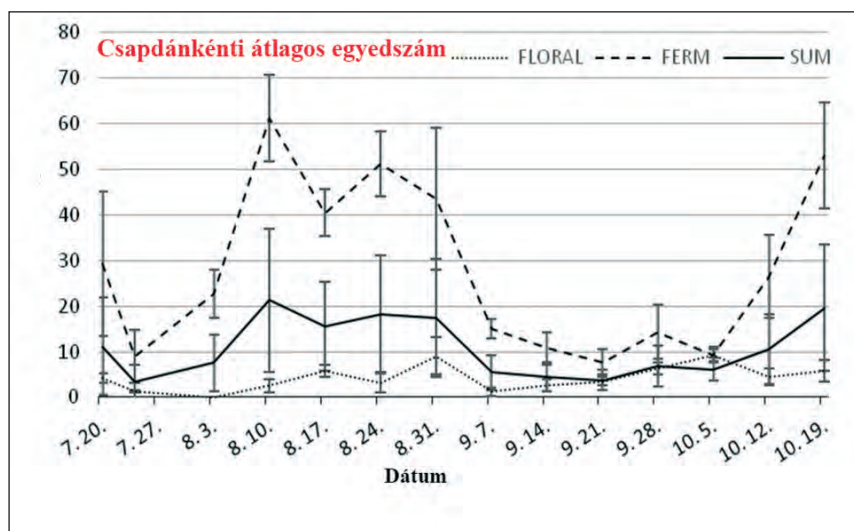
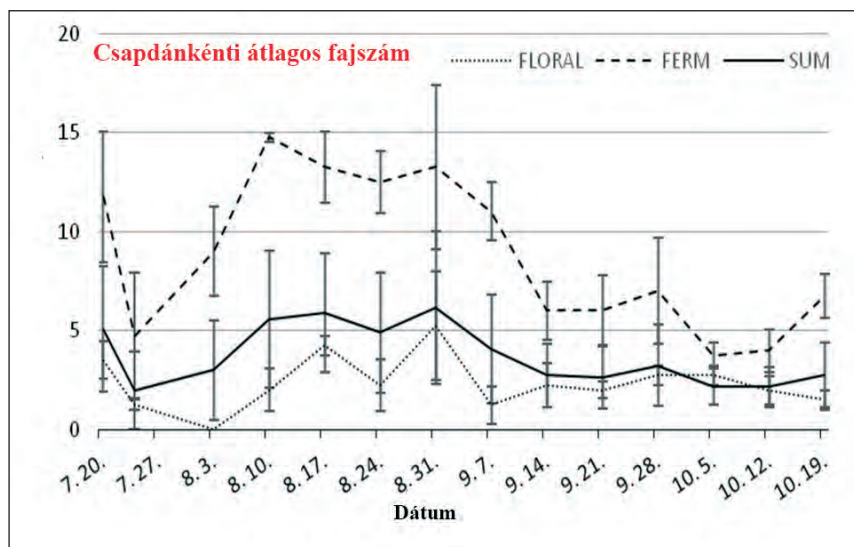
nek munkatársaival karöltve indítottak vizsgálatosorozatot a már említett anyagok hatékonyságának tesztelése érdekében észak-magyarországi területeken. A kutatások során a korábban már igazolt hatású elegyeket tartalmazó csalétekhez kis mennyiségű sört vagy bort is adtak. A továbbiakban ezek csapdahatékonyságra gyakorolt hatását vizsgálták mind a faj-, mind az egyedszámok tekintetében. A vizsgálatok során kiderült, hogy a hozzáadott bor és sör pozitív irányba tolt a csapdák hatékonyságát. A kísérletek agrárterületeken folytak, ennek ellenére meglehetősen magas bagolylepke-fajszámot produkáltak, ezért felvetődött a faunisztikai vizsgálatokban való felhasználásuk lehetősége is. Az eredmények alapján feltételezhető volt, hogy a fénycsapdás módszer a rendszeresen monitorozott terület faunájáról újabb adatokkal tud szolgálni, annak eredményeit ki tudja egészíteni. Ezen a ponton sikerült becsatlakoznom a vizsgálatokba egy saját, a csoport által koordinált kutatás elvégzésére.

Fénycsapdás vizsgálatokat 2009 óta folytattam Kárpátalján, a Nagydobronyi Vadvédelmi Rezervátumban. A rezervátum természetközeli állapotokat mutató elegyes lomberdő, amit mesterségesen kialakított csatornák, monokultúras agrárterületek és kezeletlen gyepterületek vesznek körül. A vizsgálatok lámpázásos és vödörtrapdás módszerek kombinálásával történtek. 2009 és 2013 között összesen 352 faj került elő (1. ábra).

A csalogató anyagok hatékonyságának tesztelésére irányuló vizsgálatokat 2014-ben végeztem. A mintavételek CSALOMON® VAREL+ típusú varsás csapdákban történtek. A kísérlet során két táplálkozási attraktáns (FERM, FLORAL) alkalmaztam, illetve csalétek nélküli úgynevezett kontroll- (UNB) csapdát is kihelyeztem a területre. Az FERM csalétek kibocsátója kb. 4 ml befogadóképességű polipropilén-cső volt, amely csalétekkel átítatott fogorvosi tampont tartalmazott. A hatóanyag izo-amil alkohol, ecetsav és vörösbőr elegye (1:1:1, 3 ml) volt. A FLORAL, polietilénzacskócska kibocsátóban fenilacetaldehid, eugenol és banzilacetát (1:1:1, 0,6 ml) keveréke volt (Tóth és mtsai. 2010). A csalétekkel felszerelt csapdákba egy-egy illatanyag kibocsátót is elhelyeztem. Minden kezelést négyszer ismételt meg. A csapdákat a talajfelszíntől mintegy 1,8–2,0 m magasságban helyeztem ki a mintaterületeket szegélyező fasorra, egymástól 20 m távolságban, meghatározott sorrendben. A csapdahely torzító hatásának kiküszöbölésére a csapdákat minden ürtéskor eltoltam. A csapdák 2014. július 20. és október 19. között működtek, melyeket hetente egy alkalommal ürítettem, a csaléteket háromhetente cserélve. A bagolylepke-népeség faji összetételét és fajonkénti, valamint összesített egyedszámait meghatároztam, majd az anyagot a laboratóriumi feldolgozásig mélyhűtőben tároltuk. A fajok határozásában és a nevezéktanban Varga (2010) munkáját követtem (2. ábra).

A vizsgálati időszak során összesen 107 éjjeli nagylepke került elő. Ebből 91 bagolylepke volt, amiből 31 olyan, ami a terület faunájára nézve új faj. A csapdákban a nagylepkék mellett még számos rovarcsoport egyedét is megtaláltam: legyeket, darazsakat, molylepkéket. Pollinátor-szervezeteket a csapdák azonban nem, vagy csak nagyon csekély példányszámban fogtak, ezáltal közvetlen károkat működésük nem okozott.

Az eredmények számos fontos adatot közvetítenek a gyűjtött fajok életciklusával és ökológiájával kapcsolatban (3. ábra). Például azt, hogy a befogott fajok száma egy nyár végi fajgazdag faunahullám után folyamatosan csökken, de az egyedszámok nem követik a tendenciát. Ez azzal lehet összefüggésben, hogy az ősszel röpköző fajok természetes táplálék hiányában könnyebben bekerültek a csapdákba. Az ebből az időszakból származó fénycsapda-anyagban a kártevő fajokból csak egy-két példányt találtam. Ezzel szemben a csalogató anyaggal felszerelt csapdákban tömegesen voltak jelen mindkét ivar képviselői, ami pontosabb prognózis felállítását teszi lehetővé. Az előzetes eredmények alapján



3. ábra. Csapdánkénti átlagos faj- és egyedszámok (Szanyi és mtsai. nyomán)

megállapítható, hogy a csalogató anyaggal felszerelt csapdák kiválóan alkalmasak adott területek faunájának felmérésére, kártevő fajainak előrejelzésére és monitorozására. Ezen felül, azokon a területeken, ahol növényvédelmi fénycsapda működik, a hatékonyság növelése érdekében ajánlott együttes alkalmazásuk. 📷

Az írás szerzője a Magyar Tudományos Akadémia Természettudományi Kutatóközpontja (MTA TTK) és a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat (TIT) közös ismeretterjesztő cikkpályázatán dícséretben részesült.

Irodalom

- Cantelo, W. W. and Jacobson, M. (1979): Phenylacetaldehyde attracts moths to bladder flower and blacklight traps. *Environmental Entomology* 8:444-447.
- Landolt, P. J. (2000): New chemical attractants for trapping *Lacanobia subjuncta*, *Mamestra configurata*, and *Xestia c-nigrum* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economical Entomology* 93: 101-106.
- Landolt, P. J. and Alfaro, J. F. (2001): Trapping *Lacanobia subjuncta*, *Xestia c-nigrum* and *Mamestra configurata* (Lepidoptera: Noctuidae) with acetic acid and 3-methyl-1-butanol in controlled release dispensers. *Environmental Entomology* 30: 656-662.
- Szanyi, Sz. (2015): Egy kárpátaljai erdőrezervátum jellemzése az éjjeli nagylepkefauna alapján. *e-Acta Naturalia Pannonica* 8: 91-110.
- Tóth, M., Szarukán, I., Dorogi, B., Gulyás, A., Nagy, P. and Rozgonyi, Z. (2010): Male and female noctuid moths attracted to synthetic lures in Europe. *Journal of Chemical Ecology* 36: 592-598.
- Varga, Z. (Ed.) (2010): Magyarország nagylepkei – Macrolepidoptera of Hungary. Heterocera Press, Budapest, pp. 354.

KÉT KÜLÖNSZÁMUNK

Ember és környezet kapcsolata a Kárpát-medencében

Különszámunk az ember és a környezet, a különböző régészeti és történelmi kultúrák környezettel kialakított hosszú távú kapcsolatát mutatja be a hazai kutatások tükrében. Ezek a kutatások igen sokszínűek és sokrétűek, a régészet révén a történelemtudományok, a kronológiai vizsgálatok révén a fizikai tudományok, a beágyazott közetek és a beágyazott természet, tenyésztett, vagy vadászott, gyűjtögetett növények és állatok, illetve gyomnövények nyomán a földtudományokkal és a biológiával állnak kapcsolatban.

Igy a különszámunkban több tudományterületet átívelő, napjainkban egyre hangsúlyosabbá váló kutatások legújabb eredményéről írnak a magyar kutatók érdekes, magas színvonalú ismeretterjesztő cikkeket. Adataik révén az egész Kárpát-medencére kiterjedően, és több ezer évet átfogóan értelmezhetik az ember és környezet kérdéskörét és mutathatják be eredményeiket.

Simonyi Károly-émlékszám

Legendás műegyetemi professzor születésének századik évfordulójára készítettük ezt a 100 oldalas különszámunkat.

Első fejezete Simonyi Károly hat, nálunk megjelent tudománytörténeti írását tartalmazza. A következő fejezetben magáról beszél, egy interjúban kritikus önvizsgálattal visszatekintve életére és munkálkodására. Egy másik beszélgetés során pedig azt mondja el, miért írta meg folyóiratunknak *A magyarországi fizika kultúrtörténete* című különszám-kötetet. Ebben a fejezetben megszólal két fia is, elmondva, miként formálta életútjukat a családi légkör...

A harmadik fejezetben Simonyi Károlyra emlékeznek munkatársai, a híres könyvének egyik lektora, a hallgatója, a tanítványa és a szoftverfejlesztő mérnök fia. A negyedik fejezetben a nevet megőrző intézmények vezetői, az egyetem rektora és dékánja, az egykori kutatóintézetének mai főigazgatója, a róla elnevezett iskolák igazgatói és a népszerű tudományos ismeretterjesztő folyóirat főszerkesztője.

Az ötödik fejezetben az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontnak a munkatársai tisztelgnek munkássága előtt, tudományterületük mai állapotát bemutató írásokkal. Olyan szakterületeket megvilágítva, ahol a hazai kutatók megindulásának egykor Simonyi Károly is aktív részese volt.



2016 őszeinek időjárása

PÁTKAI ZSOLT

Eleinte úgy tűnt, hogy eseménytelen lesz az ősz, hiszen jórészt egész szeptemberben folytatódott a nyárutó. Az október azonban meghozta az őszi esőket, majd novemberben már néhol havazás is előfordult.

Szeptember

Az ősz első napjaiban egy nagy kiterjedésű anticiklon alakította időjárásunkat. Ebben az időszakban a csúcshőmérséklet jellemzően 30 fok körül alakult. Az egyébként egész szeptemberre jellemző anticiklonális időjárást csak rövid időre szakította félbe a szeptember 5-én főként helyeződő ciklon. Ekkor országszerte esett az eső, sőt a Dunántúlon záporok, zivatarok is kialakultak. A légörvény az Észak-Alföld térségében hullámot vetett, ezért arra felé jelentős, mintegy 10–30 mm csapadék hullott. A napi országos csapadékmennyiség 12 mm volt területi átlagban, amely egyben szeptember legmagasabb értéke, miközben a maximumhőmérséklet 20, 25 °C közé esett vissza.

A felhőzet feloszlását követően azonnal visszatért a nyári idő, ami egészen a hónap közepéig kitartott. Az ősz legmagasabb hőmérsékletét ebben a periódusban mértük: Körösszakállon szeptember 10-én 33,7 fokig melegedett fel a levegő. Másnap hajnalban Szeged belterületén csupán 21,1 °C-ig csökkent a hőmérséklet, amely új napi rekordot jelentett.

A nyári meleg megszüntető hidegfrontra szeptember 17-ig kellett várni. Ezen a napon több helyen alakult ki zápor, illetve zivatar, de jelentősebb (10–20 mm) csapadék csupán kisebb körzetekben hullott. A meginduló hidegadvekción több napon át tartott, ezt a folyamatot segítette a 19-én érkező mediterrán ciklon is. Felhőzetéből főként a Duna vonalában és attól keletre esett az eső. Elsősorban a déli határ közeléből jelentettek jelentős csapadékokat, Kelebián például 35, Szegeden 54 mm esett, ám a hónap és egyben az ősz legnagyobb 24 órás csapadékösszegét – 66 mm-t – ezen a napon a Gerecsében fekvő Tardoson regisztráltuk.

A ciklon mögött beáramló hűvösebb légtömegben már csupán 20 fok közelébe melegedett fel a levegő. A napi átlaghőmérséklet öt nap alatt mintegy 8 fokot csökkent. Szeptember 23-án regisztráltuk a szezon első fagyos reggelét: Zabaron -0,4 °C-ot mértek, egyben ez volt a hónap legalacsonyabb hőmérséklete.

Szeptember végéig azonban újabb fagyos éjszaka nem fordult elő. Az utolsó dekád során, bár ugyanígy magasnyomás uralta az időjárást, mint korábban, ezt a légköri objektumot már hűvösebb levegő töltötte ki, így a csúcshőmérséklet jellemzően 20, 25 fok között változott. Csupán a hónap utolsó két napján kezdődött ismét melegedés.

Szeptember középhőmérséklete országon 16, 17 °C körül alakult, amely 1,9 fokkal volt magasabb a sokévi átlagnál. A legtöbb hőségnapot Békéssámsonon regisztráltuk, ahol 12 napon keresztül mértek 30 °C feletti csúcshőmérsékletet. A Balaton térségén kívül a Tisza vidéke volt szeptemberben a legszárazabb, a legkisebb havi csapadékösszeg Békésszentandrásan csupán 9 mm-nek adódott. A legtöbb csapadékot nem meglepő módon Tardoson mértük, ott összesen 99 mm hullott. A hónap átlagos csapadékösszege (32 mm) mintegy 40%-kal maradt el a sokévi átlagtól.

Október

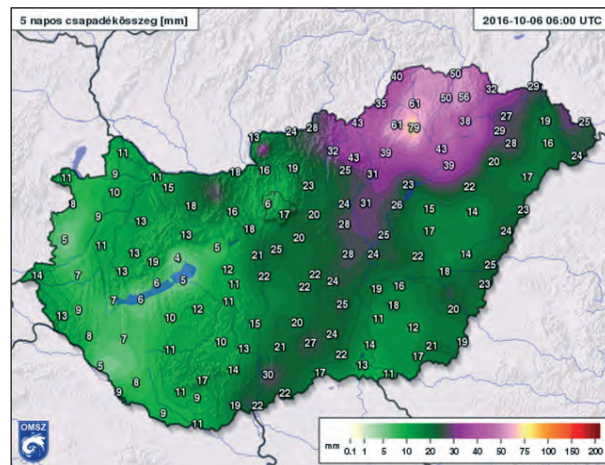
A szeptember végén meginduló felmelegedés nem sokáig tartott, mivel október 2–6. között több ciklon is átvonult térségünk fölött. Az első ciklon hidegfrontjának érkezése előtt, október 2-án Mezőkovácsházán mértük a hónap legmagasabb hőmérsékletét, 27,7 °C-ot.

Az október 5-én átvonult újabb hidegfront mögött már sarkvidéki eredetű légtömeg árasztotta el a Kárpát-medencét, melynek eredményeként újfent előfordultak gyenge éjszakai fagyok. Kékestől október 6-án megjelentek a szezon első hópelyhei is. A hónap első néhány napjában országszerte több alkalommal esett az eső, főként az Északi-középhegység, valamint a Dunazughegység környezetében fordult elő jelentős mennyiségű csapadék. Az októberi legnagyobb napi csapadékösszeget is ebben az időszakban regisztráltuk: miskolci mérőállomásunkon október 3-án 48 mm-t mértek. Ennek az időszaknak a csapadékösszeget láthatjuk az **1. ábrán**.

A hidegbetörést követően a hónap hátralevő részében általában hűvös, olykor kifejezetten csípős időjárás uralkodott, a hőmérséklet csupán néhány napon emelkedett a sokévi átlag fölé, egyébként pedig 1–5 fokkal az alatt alakult. Október 10-én derült és szélcsendes volt az éjszaka, így az Alföldön többfelé képződött köd, amely a Tisza vonalában helyenként csak nagyon lassan oszlott fel. Másnap dél felől egy mediterrán ciklon csapadékösszege haladt át felettünk. A ciklon felhőzetéből a Mátrában átmenetileg nagypelyhes havazás fordult elő, hiszen a hőmérséklet 0 fok közelében alakult, amely kedvezni szokott a hópelyhek esés közbeni összetapadásának.

A hónap középső dekáját valamelyest szárazabbnak, csapadékmentesebbnek nevezhetjük, bár ebben az időszakban is voltak frontátvonulások, annyi különbséggel, hogy felhőzetükből jelentős csapadék nem hullott. Így például október 12-én és 15-én is egy-egy mediterrán ciklon haladt el középpontjával hazánktól délre, melynek fő csapadékrendszere elkerülte az országot.

Október harmadik dekája ismét csapadékos időt hozott. A Nyugat-Európa fölött kimélyült magassági teknőhöz kapcsolódó frontrendszerek, illetve mediterrán ciklonok a Kárpát-medence térségében is jelentős csapadékokat okoztak. Október 21-én országszerte esett az eső, a Dunától keletre szinte min-



1. ábra. Az október 2–6. közötti időszak csapadékösszege. Az Északi-középhegység keleti felében kiemelkedően sok eső esett

den mérőállomáson kiadós (10 mm-t meghaladó) mennyiséget regisztráltak. Sőt a Tiszántúlon és az Északi-középhegység keleti

felében nem volt ritka a 20–30 mm sem. Az országos átlagot tekintve ezen a napon esett a legtöbb eső – közel 12 mm.

Néhány nappal később, október 25-én ismét országosan esett az eső, csupán a csapadék területi eloszlásában volt különbség az előző ciklonhoz képest. Ezúttal az ország déli fele, azon belül is kiemelten a Dél-Dunántúl részesült az égi áldásban. Utóbbi térségben 15–45 mm volt a jellemző érték. A csapadékzóna érkezése előtti másfél napban a hőmérséklet átmenetileg több fokkal az átlag fölé emelkedett, a csúcserték délen 20, 23, északon 15, 20 °C között változott. A maximumhőmérséklet ugyanakkor a hónap hátralevő részében már sehol sem érte el a 15 fokot. A hidegfront mögött több napon keresztül áramlott be a hideg levegő, amely a hónap végére nyugalomba jutott, ezért erősödött az éjszakai lehűlés. Október 31-én mértük a havi legalacsonyabb hőmérsékletet – ezúttal is Zabaron, ahol -6,3 °C-ot regisztráltak.

Októberben országos átlagban 77 mm eső esett, amely a sokévi átlag közel másfélszerese. A csapadék területi eloszlásában jelentős különbségek mutatkoztak. A legtöbb eső az ország keleti harmadában hullott, arrafelé jellemzően meghaladta a 100 mm-t. Borsod-Abaúj-Zemplén megye bizonyult a leginkább csapadékosnak, Tolcsván 133 mm-t regisztráltak. Ugyanakkor a Duna vonalában, ezen belül is kiemelten a főváros térségében sokkal kevesebb esett, errefelé 30–50 mm volt a jellemző. A legkevesebb mennyiséget Budapest Hűvösvölgy városrészben mértük, itt csupán 30 mm hullott. A csapadékos idő a hőmérsékleti értékekben is éreztette hatását, hiszen a havi középhőmérséklet országosan mintegy 1,2 °C-kal maradt el az átlagtól, ezen belül is a déli megyék voltak a leginkább hűvösök, arrafelé 2,5 °C-os negatív anomáliát jegyeztek fel.

November

November első dekádjában folytatódott a csapadékos időjárás. Ciklonok jöttek mentek Közép-Európa térségében, két jelentős csapadékhullás is volt ebben az időszakban. Az elsőre november 5–6-án került sor. Egy Nagy-Britannia felől érkező, fejlődő állapotban levő ciklon okozta a felhő- és csapadékképződést, amely az Alpok fölött hullámot vetett, így mozgása lelassult. Bár már önmagában ez a folyamat is kedvező a nagy csapadékok kialakulásának, ezúttal volt még egy másik hatás. A szakirodalom légköri folyónak (atmospheric river) nevezi a keskeny zóna mentén koncentrált jelentős nedvességet, amely hosszanti irányban áramlik, mint egy folyó. Ennek a nedvességnek a forrása túlnyomó részben a trópusi öv, ahol a légkör ned-

vességtartalma kiemelkedően magas. Az Alpok mögött hullámot vető frontrendszer áramlási rendszerébe egy ilyen légköri folyó nedvességtartalma került bele. Az eredmény nem maradt el: e két nap során országos átlagban mintegy 24 mm eső esett. A legnagyobb 24 órás csapadékösszeg is ehhez az időszakhoz kötődik: november 5., Kékestető, 54 mm. Az eső mellett az első síkvidéki havazás is megérkezett, a Nyugat-Dunántúlon több helyen havazott átmenetileg. Ugyanakkor megmaradó hóréteg csupán a hegyekben alakult ki, ott is csupán 2–4 cm volt a hó vastagsága.

November 8-án középpontjával a Balkán-félsziget felett újabb mediterrán ciklon haladt át. Felhőrendszeréből ezúttal nem hullott jelentős mennyiségű csapadék, ugyanakkor a Kőszegi-hegységben intenzíven havazott. Ennek eredményeként az Írótt-kő környékén 15 cm hóréteg alakult ki.

A már több hete tartó csapadékos periódust záró mediterrán ciklon november 11–12-én alakította időjárásunkat. A két nap során országos átlagban mintegy 18 mm csapadék hullott. A legtöbb csapadékot (10–30 mm) a Nyugat-Dunántúlon, valamint az Alföld déli megyéiben regisztrálták. A Dunántúl magasabban fekvő részein, illetve Kékestetőn ismét havazott, a hóréteg vastagsága a legmagasabb hegycsúcsok közelében elérte a 10–15 cm-t, sőt a Soproni-hegységben helyenként a 20 cm-t is. A fák lombjukat még nem hullatták le teljesen, ezért a nedves hóréteg súlyos terhet jelentett az ágak számára.

November második és harmadik dekádjában a ciklonális irányítású helyzeteket felváltotta az anticiklonális. Többnyire magasnyomás helyezkedett el térségünkben, lecsökkent a függőleges és horizontális irányú légcseré, ez a levegőminőség romlását is magával vonta. A november 13-án átvonult mediterrán ciklon mögött sarkvidéki eredetű levegő árasztotta el a Kárpát-medencét, jelentősen lehűlt az idő. A november 14–15-i reggeleken ország-szerte fagyott, sőt Magyarország észak felén kemény fagyok ($T_{min} < -5$ °C) is előfordultak -5, -8 fok közötti értékekkel.

Az idő november 18–19-e táján pár napra megenyhült; ekkor egy Skandinávia térségében örvénylő ciklon előoldalán kellemes tavaszias jellegű időjárás alakult ki.

A hőmérséklet csúcsertéke hazánk északi, északkeleti vidékeit leszámítva 10, 17 fok között alakult, sőt november 19-én Körösszakállon 20,0 °C-ig melegedett fel a levegő. Ugyanakkor az Észak-Alföld és az Északi-középhegység térségében felhős maradt az ég, a hőmérséklet csúcsertéke mindösszesen 3 és 8 fok között változott.

November 25-ig folytatódott a derült, napos, enyhe időjárás. Két nappal később észak felől egy markáns hidegfront vonult át, mögötte ismét száraz, hideg levegő érkezett. November 28-án a magasban is megérkezett a hideg egy magassági teknő formájában. Hatására az alsó néhány km-es légréteg labilis állapotúvá vált, amely



2. ábra. Hózápor a Bakony felett. A Kab-hegyen elhelyezett OMSZ égboltkamera-képe. A felhők nem fejlődtek a 4 km-es magasság fölé, ennek ellenére intenzív csapadékgócok alakultak ki. Ennek okát elsősorban a hőmérsékleti profilban kereshetjük. A felhő -10 és -20 fok közé eső centrumában ugyanis a jégkristályok hatékonyan képesek növekedni a vízgőztartalom lecsapódása, valamint a felhőt alkotó apró, túlhűlt vízcseppekkel való ütközés révén

kedvezett a hózáporok kialakulásának (2. ábra). Ezek a hózáporok gyorsan vonultak, így megmaradó hóréteg nem alakult ki. Az ősz utolsó néhány éjszakáján ország-szerte fagyott. A hónap legalacsonyabb hőmérsékletét is ekkor regisztrálták: -10,1 °C, Zabar, november 29.

A havi csapadékmennyiség magasabb értékei leginkább a Dunántúltra koncentráálódtak, a legtöbb csapadék Szalafőn (Vas megye) hullott, itt 107 mm-t mértek, míg a legkevesebb a Fejér megyei Zichyújfalun esett (27 mm). Emellett viszonylag kevés hullott a Duna–Tisza közén is. Érdekeséggé válhat megjegyezzük, hogy a hónap csapadékösszegének mintegy 90%-át a november eleji két mediterrán ciklon adta. A hónap középhőmérséklete átlag körülíneke adódott.

Összefoglalásként az őszről elmondhatjuk, hogy kissé enyhébb volt az átlagosnál (+0,3 °C anomália), az októberi hideget a szeptemberi meleg anomália bőségesen ellensúlyozta. Az évszak csapadékösszege országos átlagban 160 mm körül alakult, amely mintegy 10%-kal haladja meg az 1981–2010-es időszak átlagát.

Veszélyben a brit tudomány?

BENCZE GYULA

Az EU-ból való kilépéssel kapcsolatos júniusi népszavazás óta a brit tudományos közösség csak kapkodja a fejét és tanácstalanul forgolódik. A kérdéssel rengeteg cikk foglalkozik 2016 júniusa óta.

A brit tudományos közösség vezetői igen komor jóslatokba bocsátkoznak arról, hogy mi lesz a hazai kutatással és fejlesztéssel. A tudósok arra figyelmeztetnek, hogy a brit kutatásnak okozott kár csak egyike lesz azoknak az akaratlan, de nagymértékben megdöntött következményeknek, amit az EU-ból való kilépéssel kapcsolatos népszavazás okozhat.

A Royal Society több mint 150 tagja, köztük *Stephen Hawking*, a *Times*-hoz írt nyílt levélben ellenzi az EU-ból való kilépést [1], mivel a Brexit „*katasztrófa lenne az Egyesült Királyság számára*”. Ahogy a tudósok fogalmaztak: „*A legjobb kutatóinkat a kontinentális Európából toborozzuk, beleértve azokat a fiatalokat, akik EU-ösztöndíjat kaptak és úgy döntöttek, hogy nálunk fognak dolgozni... Az a körülmény, hogy képesek vagyunk megszerezni és támogatni a legtehetségesebb európaiakat, biztosítja a brit tudomány jövőjét és a legjobb tudósokat a világban ráveszi, hogy ide jöjjenek.*”

Theresa May brit miniszterelnök igyekszik csillapítani a kedélyeket, és a Royal Societyhoz írt levelében kijelentette, hogy a kormány „*elkötelezettsége a tudomány és kutatás iránt továbbra is rendíthetetlen marad.*” [2]. Közölte továbbá, hogy egy *UK Research and Innovation (UKRI)* nevű testületet hoz létre, amely figyelemmel fogja kísérni a különböző kutatási tanácsok tevékenységét. Az, hogy a tudomány-nal kapcsolatos ügyek az új *Kereskedelmi, Energia és Ipari Stratégia Minisztérium (Department for Business, Energy and Industrial Strategy)* hatáskörébe fognak tartozni, „*nem jelzi bármiféle csökkenését annak a magas prioritásnak, amely az oktatásnak és kutatásnak kijár.*” Hangsúlyozta továbbá, hogy a Brexitnek nem lesz semmiféle káros következménye a tudományra nézve.

A kutatók attól félnek, hogy a kormány nem fogja pótolni a az EU által adott támogatást, ami évente 1,2 milliárd euró, közel egytizede a kormányzervezetek által folyósított teljes kutatási támogatásnak. A kutatói közösség azonban még jobban fél attól, hogy a külföldi együttműködő partnerek elfordulnak tőlük, és az ország egyetemei elszigetelődnek a kutatás élvonalától. Az a körül-

mény, hogy a brit kutatási tevékenység szerves része „*a páneurópai konzorciumnak*”, nagyban hozzájárult ahhoz, hogy Anglia a tudományos publikációk számát tekintve a legjobb országok között van. A tudományos körök arra is emlékeztetnek, hogy a brit egyetemek, amelyek a világ legjobbjai között vannak, rengeteg kiemelkedő képességű külföldi szakembert alkalmaznak. Hasonló módon a posztgraduális és doktori programok nagy részét is a kontinensről származó fiatal tudósok nevelik be.

Két friss (2016. évi) Nobel-díjas tudós is bekapcsolódott a vitába, és hangsúlyozta, hogy a kormány Brexittel kapcsolatos politikája elriasztja a kutatási elit tudósait a brit kutató-laboratóriumoktól [3].

Duncan Haldane fizikai Nobel-díjas megjegyezte, hogy felmerült a Princeton Egyetemi állásából Nagy-Britanniába való visszatérése: „*Néhány éve komolyan fontolgattam, hogy visszatérek, mivel azt mondták, hogy lehetőség nyílik egy 5 millió eurós ERC támogatás elnyerésére. Ez sokkal nagyobb*

meglenne a B tervem... ezek nem jó hírek a brit tudomány számára. Van egy csomó dolog, amit különösen egy skót nem tehet meg.”

Az is jogos kérdés, hogy a külföldieket ezután is szívesen látják-e majd a brit laboratóriumokban, valamint a brit kutatók továbbra is részt vehetnek külföldi együttműködésekben. *Jocelyn Bell Burnell*, a Royal Society, Edinburgh elnöke hívta fel a figyelmet arra, hogy a vezető skót egyetemek kutatóinak egyharmada EU-tagállamokból kerül ki.

2017. elején egy több mint 1000 egyetemi kutató részvételével végzett felmérés azt az eredményt adta, hogy ha az ország kilép az Európai Unióból, ez tudományos exodushoz fog vezetni. A megkérdezett professzorok és egyetemi előadók 42%-a mondta, hogy a kilépés miatt valószínűleg elhagyja a brit felsőoktatási szektort. Ez az arány még nagyobb volt (76%) az University College Union által alkalmazott nem brit állampolgár kutatók között, ami csak Londonban tízezer főt jelent.

„*Az, hogy képesek vagyunk ide vonzani és alkalmazni a legtehetségesebb európaikat, biztosítja a brit tudomány jövőjét és arra bátorítja a világ legjobb kutatóit, hogy ide jöjjenek.*” [4].

A hazai olvasókban a hírekkel kapcsolatban két kérdés merülhet fel. Tényleg olyan nagy a tudományt fenyegető veszély, mint amitől a brit kutatók félnek? Nem lehet, hogy pesszimizmusuk egy kicsit túlzott, annak ellenére, hogy kiemelkedő tudósok hívják fel a veszélyekre a figyelmet? Élesebben fogalmazva: kinek lehet igaza a brit tudomány jövőjét illetően, a tudósoknak vagy a politikusoknak? A másik kérdés már gyakorlati jellegű: ha valóban létrejön a brit tudósok exodusa, akkor ki fog dolgozni a brit kutatásban és fejlesztésben? Lehet, hogy a politikusoknak kell majd a hiányzó tudósok helyébe lépni? ●

Irodalom

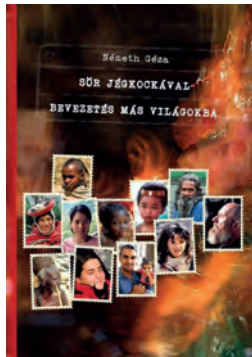
1. Brexit would be a disaster for UK science, say scientists, *The Guardian*, 2016. március 10.
2. Theresa May reassures UK scientists in wake of Brexit fears, *New Scientist*, 2016. július 28.
3. Brexit „not good for news for science” warn new Nobel laureates, *The Guardian*, 2016. október 06.
4. Brexit vote drives UK academics to think about leaving, *Nature*, 2017. január 9.



A friss brit Nobel-díjasok: Haldane és Stoddart

támogatás volt, mint amit itt kaptam. Ezeknek az ösztöndíjaknak az a fő célja, hogy hazatérésre ösztönözzék az eredményes tudósokat. E nélkül nagyon nehéz visszahozni az embereket.”

A másik, skót kémiai Nobel-díjas, *Sir Fraser Stoddart* arra hívta fel a figyelmet, hogy a kormány tervei a bevándorlás feltételeinek szigorítására elriaszthatják a legjobb brit és külföldi tudósokat. „*Nagyon zavarnak az Egyesült Királyságban folyó viták... Bármilyen, ami az emberek szabad mozgását akadályozza, negatív hatással van a tudományra... ha fiatal kutató lennék Nagy-Britanniában, már*



A cél az út maga

*Az utazás olyan, mint a szerelem,
csak azt szeretnénk, hogy véget sose érjen.*
Andrés Pí de San Martín (Curaçao)

A kedves olvasó talán megbocsátja, hogy személyes indíttatás okán – egykori egyetemi évfolyamtársként, kollégaként és barátként – nem egy hagyományos könyvismertetést kap *Németh Géza* legújabb könyvéről. **Tanulmányait befejezve, 1978 szeptembere óta a Természet Világa világljáró geográfus szerkesztője, s a közel négy évtized alatt neve összeforrott a lappal.** Eközben 95 országban járt, a Spitzbergáktól Tüzföldön át az Antarktiszig, Kamcsatkától Madagaszkáron át Új-Zélandig bolyongott, és útjairól ezzel együtt hetedik kötetében és számtalan cikkben számolt be. Szaktudását többek között tudományos művek, könyvek fordításával, televíziós munkákban kamatoztatta és kamatoztatja ma is. Megrögzött világljáróként alighogy egyik útjáról hazatér, máris szervezi a következőt. Régi nagy utazók nyomdokain jár, hogy felfedezze magának – és nekünk, olvasóknak – az elmúlt évtizedek és napjaink valóságát, s nagy szakértelemmel kötetekbe rendezze élményeit. E szakmát művelő azon kevesek közé tartozik, akik ilyen mélységben személyesen is megtapasztalhatják Földünk sokszínűségét. **Egész életét a világ megismerése utáni vágy, a kíváncsiság, az utazás szenvedélye töltötte ki.** Nem csoda, hogy bárhol is jár, mindig otthonosan mozog, és mindenhol van egy-két jó sztorija.

Nagyszabású alkotás (557 oldal), amely önmagában is rendhagyó mű. Nem hagyományos útleírás, hanem eddigi tapasztalatainak tematikus szintézise, amellyel új „műfajt” teremt. De erre csak megszállott kevesek képesek, mert egy emberöltő is kevés lenne rá. **A 23 tematikus fejezet** párhuzamos világokat tesz áttekinthetővé és ezáltal Földünk kultúráinak sokszínűségét érzékelhetővé. **Minden fejezet külön időutazás.** Az 1970-es és 80-as évekbeli ifjúkori utazásaival indít, majd a már világljáró tapasztalatait osztja meg velünk a nyelvek világában. Felhívja a figyelmünket arra, mitől válik halálos veszéllyé, ha nem értjük meg egymást. Itt tudjuk meg, hogy a leghosszabb, 74 betűből álló ábécét Kambodzsában találjuk, hogy Mexikó nevében is fellelhető X kiejtése az indián eredetű szavakban miként változik. Nem kevésbé érdekes a pénz világa sem, s megtudhatjuk, hol fizethetünk CUC-cal vagy guaraníval. Nem is gondolnánk, hogy a közlekedési eszközök tárháza milyen széles: az ismertebbek közé tartozik San Francisco és

Lisszabon híres villamosa, Havanna Cocotaxija (amely nevét kókusz formájáról kapta), de meglepődünk azon, hogy Vietnamban menetirányba ülnek be a csónakba, és nem húzzák, hanem tolják az evezőt, van, ahol lábbal. A Galápagos-szigeteken a hajók többsége 16 személyes, mert maximum 16 fő léphet ki egyszerre a felkeresett szigetre, ezzel is védve páratlan értékű növény- és állatvilágát. Továbbá ebben a fejezetben említi meg a szerző, hogy 60 légitársasággal a világ 170 repülőtérén fordult meg. A következőben már elleshetjük tőle, hogyan kell kényelmesen, Németh Géza módra függőágyban aludni, vagy a San Antonio vulkán parazitakráterében ébredni, mert valahol „lakni kell”, akárcsak enni és inni, megkóstolni a helyi sajátosságokat, például a tengerimalacot. Az, hogy ki mit eszik és hogyan – például kézzel, pálcikával vagy késsel és villával –, vagy mit iszik, kukoricasört vagy jerez, mezcalt vagy yerba matét, és eközben hol és mit illik, vagy mi az illetlenség, már nehéz falat. Ahogy mondani szokták, ahány ház annyi szokás. Mindeközben a biztonságunk is fontos: hol a malária és a tűzhangyák csipései fenyegetnek, máshol a bolíviai Altiplano magassága okoz nehézséget, vagy egy nagyvárosi mustáros rabló. Az egyik legérdekesebb rész a „hol élünk”: cölöpökön álló házakban, szárazon vagy vízben, a Titicaca-tó nádszigetén, bárkavárosban, **sátorban, jurtában, igluban, vályogból készült viskókban, indián kunyhókban, vagy egyszerűen csak a megszokott lakásban.** Az sem mindegy, hogy miből készülnek. Chile patagóniai részén, Puerto Natales faházait kívülről bádoggal borítják be a jobb szigetelés érdekében. A budik világa talán a legkevésbé ismert, de nagyon is fontos fejezet. Aki e témában el kíván mélyülni, most itt a lehetőség. **Megtudhatjuk belőle, hol fűtik az ülőket és hol szembesülhetünk a pottyantósnál is nehezebb helyzetekkel.** A témához tartoznak a különös foglalkozást űzők közül azon indiaiak, akik valóban „szarból is aranyat csinálnak”. Megismerkedhetünk a főbb vallásokkal, a tradicionális öltözködéssel, szoknyás férfakkal, vagy olyan nőekkel, akik „a” kalapot hordják, míg életük párja színes kötött, többnyire lámaszorból készült füles sapkát viselnek az Andok világában. A frizurák, a fejfedők, a testékszerek, a testfestés és az ajakkorong is nagy változatosságot mutat a helyi divat világában. Nem szabad elfelejteni, hogy ezek mind, vagy legalábbis többnyire

valamit képviselnek, jelentésük van. A maja lányok és asszonyok tradicionális blúzaira, ruháira (*huipil*) is minden rá van írva, csak olvasni kell tudni. Azon túl, hogy mely törzből, népcsoportból származik, például családi állapotára is utal. De arról se feledkezzünk meg, hogy világmárkákat képviselő, luxus-termékeket előállító divatcégek főképp ázsiai gyermekmunkán híznak. A nyomorregyedek tanúsítják, hogy a szegénység napjaink egyik rákfenéje. Persze ez is üzlet egyeseknek. Virágzik a nyomorturizmus a riói favelákban. Lassan a könyv végére érünk, pedig szinte el sem kezdtük, csupán egy-egy címszavát, pillanát idéztük fel. Nem szóltunk azokról az apróságokról, amelyekkel utazásaink során már szembesültünk: nem mindegy, hogy km-ben, vagy mérföldben méri a távolságot, hogy bal-, vagy jobbkezes autók járnak az utakon, hogy a hőmérő Celsius-, vagy Fahrenheit-fokban mér. Igaz, ezt azért érezzük. Azt is észrevesszük, ha a konnektorhoz elfelejtettünk adaptert venni, és nem lepődünk meg azon sem, ha a második emeletre felérve máris a harmadikon vagyunk. Már tudunk az eltérő méretszámzásról, ha vásárolni akarunk, arról is, hogy a Gergely-naptárt használó országokban a karácsony nem **mindenhol esik egybe, hogy az ajándékot hol a Téalapó, hol a Jézuska hozza, vagy éppen a napkeleti bölcsek a széles nyomtávon futó vasutak félszigetén, Ibériában.**

Az ilyen „tankönyvekből” mindenki szívesebben tanulna. Volna mit, például toleranciát. Látnunk kell, hogy a világ attól válik izgalmassá, hogy mennyire mások vagyunk mi, kultúraalkotó emberek, de arra is, hogy mindezek ellenére több az, ami minket összeköt, mint ami elválaszt. Kiknek ajánlhatom e nagyszerű művet? Mindenkinek, aki nyitott a világra. Gazdag életmű mindazok számára, akik bolygónk megismerésének igényével születnek, de különböző okok miatt nem követhetik a szerző példáját. „A világ egy könyv, és aki nem utazik, az csak egyetlen lapját olvassa el.” (Szent Ágoston) Ezen segít némiképp e profin kivitelezett, a szerző fényképeivel gazdagon illusztrált igényes alkotás.

(*Németh Géza: Sör jégkockával – Bevezetés más világokba, Flaccus Kiadó Kft, Budapest, 2016*)

KÉRI ANDRÁS

KURIER

(2017. január 25.)

MIT KUTATOTT DARWIN VALÓJÁBAN?

Úgy tűnik, visszafejlődik a világ: egyre gyakrabban a tudomány helyett a hit az érvényes mottó. Törökországban például törölni kell a tankönyvekből az evolúcióelméletet, miközben néhány keresztény országban a kreacionistáké a szó. Pedig a tudósok számára Charles Darwin 150 éves elmélete alapvetően a mai napig érvényes, amit a brit királyi flotta hajóján, a HMS Beagle-en tett kutató-expedícióját követően fektetett le. Úticélja távoli országok élővilágának katalogizálása és leírása volt. Néhány sziget – különösen Galápagos – meglátogatásakor meglepve állapította meg, hogy mennyire differenciált állat- és növényviláguk. Vagyis egyes fajok kizárólag egy zárt területen fordulnak elő. Lassanként arra a következtetésre jutott, hogy azoknak az évszázadok során optimálisan alkalmazkodniuk kellett a környezetükhöz. Darwin nem az első volt, aki kételkedett a teológusok teremtéselméletében. Már öt megelőzően is jelent meg evolúcióelmélet, például a tudós Jean-Baptiste Lamarcktól.

Darwin abból indult ki, hogy egy populáció egyedei általában több utódot hoznak világra, mint amennyi szükséges ahhoz, hogy a populációt állandó szinten tartsák. Tehát szelektálni kell. Annak az egyednek van a legjobb esélye a túlélésre, amely a szaporodás érdekében a legjobban alkalmazkodik a környezethez. A Bécsi Egyetem munkatársa, *Ulrich Technau* biológus ezt így magyarázza: „Nem feltétlenül a legalkalmasabb a túlélő, hanem az, aki a legjobban képes szaporodni. Ennek két oka van: a környezethez való optimális alkalmazkodás, valamint a szexuális szelekció, ami egy állatot a társa számára különösen vonzóvá tesz. Ilyen például a páva farokdíszé, a papagájok színes tollruhája és a szarvas óriási agancsa.”

Amit Darwin még nem tudott: a DNS-ben végbemenő spontán változások révén valami új jön létre. A legtöbb ilyen mutáció inkább hátrányt jelent az állatnak, kevés előnnyel jár. Csak ha a következő generációnak továbbadják az új gént, akkor képes rögzülni egy populációban. Sok mutáció el is tűnik a génállományból, mások bizonyos gyakorisággal jelen vannak, ami hozzájárul a szervezet változékonyságához.

A kreacionisták alapvetően kétségbe vonják azt a változékonyságot, ami ily módon egy populációban létrejön. Nem csoda, hiszen Darwin arra a következtetésre jutott, hogy végül minden élőlény rokona egy-

másnak és közös eredetűek. Ennek tagadása *Ulrich Technau* szerint katasztrófa. Nem is azért, mert ez a teremtés alternatív magyarázata, hanem mert a jövőbeli technológiai fejlődésre nézve is következményei vannak. Létrehozhatók például baktériumok, amelyek olyan dolgokat képesek megemészteni, amit eddig még semmilyen élőlény nem emésztett meg – ez egy környezetbiológus számára fontos. Ha eltérünk az alapeltől, hogy ezek az egysejtűek változni képesek, akkor ezt a lehetőséget máris kizártuk.

Az evolúcióelmélet nem hit vagy hitetlenség kérdése. Vallásos ember is elfogadhatja az evolúcióelméletet – vallja a filozófus, *Rudolf Langthaler* is: „A Biblia nem nyújt tudományos magyarázatot a világ keletkezésére, de sokat ír arról, hogy milyen viszonyban kell élnie az embernek a világgal és Istennel.”

Ez a kereszténységben sokak számára elfogadott. 200 éve magától értetődő a bibliakritika léte, amely a szavakat nem szó szerint érti, hanem szövegkörnyezetben. Másképp van ez az Egyesült Államokban, ahol sok evangéliumi csoport van, valamint az iszlámban, ahol a Koránról való vita ilyen formája még nem létezik.

Tény, hogy a kreacionisták egyre nagyobb tömegeket vonzanak. Ezért néhány radikális és megosztó tudós is felelős. Kiemelkedő példa erre *Richard Dawkins*, aki elkötelezetten vallásellenes, ami ugyanolyan probléma, mint egyes keresztények és muzulmánok missziós buzgósága. Nem ismerik ugyanis fel, hogy a tudomány és a valóság különböző magyarázatokra tart igényt, de mindkettőnek van létjogosultsága. Isten megteremtette a világot, minden állatot és az embert kerekén 6000 évvel ezelőtt, pontosan hét nap alatt. Ezt állítja a Biblia, és a világ létrejöttét Kentucky államban a „Teremtés Múzeumában” néhány éve így mutatják be. Bár a csarnokokban látható dinoszaurusz-modell és más állatok sokasága, megtalálható életnagyságú ábrázolásban Ádám és Éva is a Paradicsomban, vagy Noé bárkáján.

Ezek azok az igazságok, amikre a kreacionisták (a latin *creatio*, teremtés szóból) hivatkoznak. Hogy miben hisznek e mozgalom többnyire evangélikus-keresztény követői, az az egyes csoportokban eltérő. Ami egyesíti őket, hogy elutasítják Darwin teremtéstörténetét megkérdőjelező evolúcióelméletét.

Az USA-ban a Biblia szó szerinti értelmezése mint egy világkép alapja különösen elterjedt, az utóbbi időben még a legmagasabb politikai körökben is. Az új alelnök, *Mike Pence* például elutasítja Darwin elméletét és az „intelligens tervezés” követője, ami nem más, mint az eredeti kreacionizmus modern változata. Indiana kormányzójaként szeretne volna elérni, hogy a tankönyvek tartalmazzák, hogy minden egyes fajok háttérben isteni Teremtő húzódik meg.

Az evolúció ellenzőinek már korábban is kiemelkedő támogatói voltak. Például *Ronald Reagan* elnök az 1980-as években kampányában megfogalmazta, hogy ha tanítják az evolúcióelméletet az iskolákban, akkor a teremtés bibliai elméletét is tanítani kell. Ugyanezt képviselte *George W. Bush* is. Európában az USA-ból származó kreacionizmus még többdrangú kérdés. Világszerte terjed ugyan, de szervezett közönsége hiányzik.



(„Oceans” különszám, 2017)

A JEGES-TENGER ŐSZI JÉGNÖVEKEDÉSE

Az Északi-sarkvidék nyári jégvesztését alaposan kutatják, ám a kutatási időszakok legtöbbször szeptember végével zárulnak – ekkor éri el a sarki jég a legkisebb kiterjedését. Arra vonatkozó részletes vizsgálat, hogy miként épül vissza a tengeri jégbázis ősszel, korábban nem volt, ám most az Amerikai Haditengerészet Óceánkutató Hivatala által finanszírozott projekt pont erre az időszakra koncentrált. A projekt széleskörű, modern eszközpark bevonásával 2015. szeptember 28. és november 10. közt folytatott expedíciójának ideje alatt a tengerjég határa kb. 460 km-t tett meg dél felé, a Csukcs- és a Beaufort-tengerekről Alaszka partvidékéig. A nyári olvadáskor nemcsak a jégmentes tengeri terület növekszik, hanem ennek a hullámzása is felerősödik, s a hullámok távolabbra jutnak el. A kutatóexpedíció figyelmét elsősorban erre a hullámzásra összpontosította. A projekt során óceánkutatóra szakosodott jégtörő hajóval, tengeri bójákra applikált hőmérséklet- és hullámzásmérő műszerekkel, víz alatti és légi automata járművek segítségével elvégzett vizsgálatokkal, műholdról és repülőgépről lefolytatott radarmérésekkel, időjárási adatokat gyűjtő automatakkal felszerelt komplex képet kaptak a változásokról.

A szél hatása s így a hullámzás szeptember végén a legerősebb, és a fokozódó lehülés miatt ekkortól kezd kialakulni a tenger felszínén a laza szerkezetű jégkása. A hullámzás hatására a kis csomókban összeálló jégkásadarabok egymáshoz sűrűlve kerekded formát öltenek, ez az ún. palacsintajég (nyugodt vízfelületen nagyméretű, de vékony, hátryszerű jégréteg alakulhat ki). A palacsintajég egészen apró, általában egy méteresnél kisebb darabokból áll, ez a műholdas távérzékelés felbontóképességénél kisebb, így

csak hajókról, repülőgépekről vagy automata kamerákkal felszerelt platformokról látható. Az antarktisi jégmezők határmezsgyéin gyakorlatilag állandóan jelen van e jégtípus, ám a Beaufort- vagy a Csukcs-tengeren eddig nagyon ritkán észlelték. A 2015-ös expedíció során jóval gyakrabban figyelték meg, mint az azt megelőző kora őszi kutatási szezonban, s ez volt a domináns jégforma az újonnan kialakuló tengerjégben. A megfigyelések egyértelmű összefüggést mutattak ki a szeles és hullámszásban gazdag időszakok és a palacsintajég megjelenése közt. Az őszi előre haladtával a szeles időszakok egyre ritkábbak voltak, s az addig képződött palacsintajég egyre nagyobb jégmezőkké állt össze. Ahogy egymáshoz sodródtak a palacsinták, összecementálódtak, és vastagabb és stabilabb úszó jégmezők alakultak ki, mint a hullámszásmentes tengeren összeállt ún. nilas jégből. A palacsintajégből kialakult jégréteg a vastagsága miatt hosszabb élettartamú volt, s nagyobb valószínűséggel maradt fenn a téli jégborítás részeként, mint a nilasból kialakult.

Az expedíció kutató-jégtörő hajójának egyik fő feladata volt a jégképződés közvetlen megfigyelése és térképezése. Ennek során a jég napi részletességű és hosszabb távú alakulását is regisztrálták. A hajó útvonalát naponta tervezték meg, a kitelepített műszerekből nyert pontos időjárási és hullámvérési adatok birtokában. Azt is megfigyelték, hogy a már kialakult palacsintajég lecsillapította a nem túl erős hullámok mozgását, és ezáltal a darabok összetapadása hatékonyabb volt, a palacsintajégből álló terület pereme feltartóztatta a hullámvérést, így a középső régióban a védett jég szorosabban egymáshoz fagyhatott. Máskor viszont a nagyobb szélben nagyobb hullámokkal járó idő során megsemmisültek a már összeállt kisebb jégmezők. Az évszak során a jégborítás tehát előre-hát-ra vándorló jéghatárral tudott apránként növekedni, s ezt közvetlen megfigyeléseken kívül a műholdas mérések is megerősítették.

Amikor nyáron nagyobb területről tűnik el a tengerjég, ott a víz több hőt nyel el, s ez a hő a megfigyelések szerint nem keveredik be a mélyebb rétegekbe. Az őszi jégképződés során az így eltárolt nyári hő a felszíni hullámvéréssel együtt visszaveti a jég hízását, vagyis minél nagyobb a jégmentes nyári felület, annál több a sarki tengerek hőtartaléka, s ez a következő téli szezon jégborításának kialakulására is kihat.

KÖNYVSZEMLE

M. MESTER KATALIN: Somlóország II. Istenadta szép vidék (Magánkiadás) Némileg szabálytalan e könyv megjelenése: a 2011-ben napvilágot látott első kötetet követő második csak némi rábeszélés, és hát a dolgok kényszerítő ereje révén

PALEOBIOLOGY

(2017. január)

A KLÍMAVÁLTOZÁS SEGÍTETT...

A legutolsó jégkorszak során Ausztrália, Tasmania és Új-Guinea egyetlen földtömeget alkotott, amit Szahul-földnek neveznek. Ez egy furcsa és gyakran ellenséges terület volt, amit bizarr megjelenésű, hatalmas állatok népesítettek be. Voltak itt 230 kilogrammos kenguruk, ló méretű erszényes tapírok, és víziló méretű, wombat-rokon élőlények. Előfordultak a mai emunál kétszer nehezebb röpképtelen madarak, 10 méter hosszú kigyók, 6 méteres krokodilok, 2,5 méter hosszú teknősök, és csaknem 2 méteres varánuszok, amelyek ráadásul még mérgezőek is voltak.

Körülbelül 30 ezer évvel ezelőtt azonban a megafauna legtöbb tagja eltűnt Szahul-földről egy globális tömeges kihalás során. Majdnem az összes olyan nagyméretű állat kihalt, amelyek evolúciójuk során az extrém jégkorszaki éghajlat túlélésére alkalmazkodtak. Az ausztráliai megafauna kihalását előidéző tényezők körül azonban maig jelentős viták zajlanak. Sok szakértő érvel amellett, hogy a körülbelül 50 ezer éve megjelenő korai ausztrál őslakosok a kihalásig vadászták őket, vagy fokozatosan megsemmisítették az élőhelyeiket. Mások szerint viszont Ausztrália fokozatos kiszáradása és az ausztrál monszon gyengülése játszotta a főszerepet a kihalásukban.

Egy új kutatás során összehasonlították az ausztrál megafauna növényevőinek a táplálkozását, amikor még széleskörű elterjedést mutattak (350–570 ezer évvel ezelőtt), és amikor már erősen hanyatlóban voltak (30–40 ezer évvel ezelőtt). A vizsgált fogakat a DK-auztráliai Cuddie Springs lelőhelyről gyűjtötték. A terület egy rövid életű egykori tó partján helyezkedett el, és ez az egyetlen olyan lelőhely az ausztrál kontinensen, ahol fossziliák bizonyítják az emberek és a megafauna együttes előfordulását. A fosszilis fogak vizsgálatának eredménye szerint a klímaváltozásnak nagyon jelentős hatása volt a táplálkozásra és ez lehetett az elsődleges tényező a kihalásban. A *Vanderbilt Egyetem* kutatói szerint az éghajlat szárazabbá válásával az állatok táplálkozása drámai módon változott.

Meglepő és bámulatos, hogy az egykori őskörnyezet rekonstrukcióját végző paleontológusok milyen sok információt tudnak kinyerni a fosszilis fogakból fogászati fúróval, kopásnyomok alapján és néhány modern berendezéssel. A fogzománcban lévő oxigén- és szénizotópok aránya bizonyítékokat nyújt az állat táplálkozásáról, valamint a környezet hőmérsékletéről és nedvességtartalmáról a fog képződése idején. Az egyes fogak közötti különbségek tükrözik az éghajlat változékonyságát. A fogak felszínén lévő mikroszkopikus méretű karcolások vizsgálata bizonyítékokat szolgáltat arról, hogy mit evett az állat az elpusztulása előtti néhány hétben. A kopásmin-ták különbségei alapján el lehet különíteni a fívet legelésző állatokat a bokrok leveleit fogyasztó növényevőktől.

A ma élő kenguruk vizsgálata alapján ismert, hogy fogaikban az oxigénizotópok aránya erősen korrelál a környezetük nedvességtartalmával és a csapadék mennyiségével. Ez ideálissá teszi őket annak nyomon követésére, hogyan változott egy adott területen a nedvesség/szárazság a földtörténeti idők során. A fogak izotópjai alapján a megafauna virágkora alatt, körülbelül 500 ezer évvel ezelőtt az éghajlat felszáraz volt. Ráadásul az állatok táplálkozása nagyon változatos volt, ami arra utal, hogy számos különböző ökológiai fülle elérhető volt számukra. Feltűnően különbözőek az eredmények a 30–40 ezer évvel ezelőtti időszakból származó fogak esetében. Akkor az éghajlat már lényegesen szárazabb volt, és az óriási növényevőknek kevésbé változatos táplálkozási lehetőségeik voltak.

Úgy tűnik, hogy a fokozatosan szárazabbá váló éghajlat csökkentette a megafauna képességét, hogy bizonyos típusú növényeket megegyen. A sóban gazdag növények elfogyasztása például megkívánja, hogy több vizet igyanak az állatok, ami viszont már egyre kevésbé volt elérhető, így valószínűleg megnekedett a verseny a növényi táplálékokért. Ezek az adatok tisztázták a klímaváltozás hatását az erszényes megafaunára, és azt sugallják, hogy Ausztrália hosszú távú kiszáradása kulcsfontosságú szerepet játszott ennek az egyedülálló faunának a hanyatlásában, majd eltűnésében. A múlt élőlényei alapján kapott eredmények segíthetik a kutatókat annak előrejelzésében is, hogyan fogja a jelenlegi klímaváltozás befolyásolni napjaink élővilágát. A klímaváltozás, ahogyan a múltban, úgy a jövőben is alapvetően hozzájárul egyes fajok visszaszorulásához, vagy kihalásához.

újjaszülésétől, a somlói emberekről, a Somló mai arcáról. Kiemelt figyelmet érdemel Papp Zoltán összefoglalója a Somló geológiai múltjáról és vízföldtani kérdéseiről. Egy önálló fejezetben szóba kerül a taposókút mostoha sorsa, lehetséges újálesztése, és a felújításhoz szükséges pénzforrás hiánya is.

A kötet legérdekesebb olvasmányai közül talán a szőlőtulajdonosok, borosgazdák, pincészetek bemutatása tartozik. Itt több mint ötven bemutatkozás szerepel, ahol az irányító kérdések szerint a tulajdon megszerzésére, felújítására, a termelés és gazdálkodás problémáira és örömeire, sőt még a lehetséges utódlására vonatkozó adatok is szerepelnek. A megjegyzések között elmaradhatatlan a hegy, a szőlő, a bor és a pince környezetének dicsőítése, nem egyszer költői hangulatban. A könyvet gazdag illusztráltság jellemzi, csak egy térkép hiányát nélkülözi, amit akár a belső borítóra is rányomtathattak volna. Mindettől függetlenül hiánypótló munkáról van szó, és mindez M. Mester Katalin elkötelezettségét, a Somló iránti hűségét és kitartását dicséri.

(A kötet beszerezhető a szerzőnél – +36 30/387-0499)



SZILI ISTVÁN

NICK THORPE: A Duna – Utazás a Fekete-tengertől a Fekete-erdőig. Fordította: Gebula Judit (Scolar Kiadó, Budapest, 2015)

Rendhagyó útikönyv. Nem csak azért, mert a szokásostól eltérően N.T. a torkolattól a forrásig követte végig a Dunát. Elvégre ugyanezt más is megtette már, például Balázs Dénes az Amazonasszal. Sokkal inkább azért, mert a felkínálkozó számtalan lehetőség közül szinte mindig önkényesen választotta ki riportanyagait. Vagyis nem annyira a természetéről, létesítményekéről, építményekéről szól ez a könyv, hanem az ott élő emberekről. Akiken keresztül azért a tárgyi valóság is szóhoz jut. Így hát az sem véletlen, hogy protokoll-emberek helyett kétkezi munkások: románok, lipovánok, tatárok, törökök és románok, bolgárok és szerbek, hor-



vátok, magyarok, szlovákok és németek népesítik be a könyv lapjait. Vagyis a Duna menti népek, akik között ma is többször feldeleg az ellenség-kép, mintsem a megértésé dominálna. Thorpe, aki negyedszázada él hazánkban (a BBC tudósítója) és nyelvünket is bírja, többek között abban különbözik más nemzetek tudósítóitól, hogy gyakran él magyarországi hasonlatokkal, például. Mindezek ellenére egyetlen szóban sem említi a Vaskapu–Kazán-szoros témánál Széchenyi István nevét, miközben például Ada Kalehról

sok szó esik. Meg az eltűnt civilizációkról, élükön a kőkorszak-végi, rézkor-eleji rejtélyes írásbeliségről. Persze nagy kérdés, ki lehet-e témi minden témára egy riportkönyv keretein belül a világnak egy olyan helyén, ahol legfeljebb 50 év múlt el úgy, hogy nem dúlt semmilyen háború. Thorpe jó szándékkal írta meg a könyvét, olyasfajta meggyőződésből, hogy a mások, más népek ismerete inkább összehoz, mintsem még jobban eltávolít. Mert „a Duna vigaszt nyújt, a tolerancia szent igéjét hirdeti”.

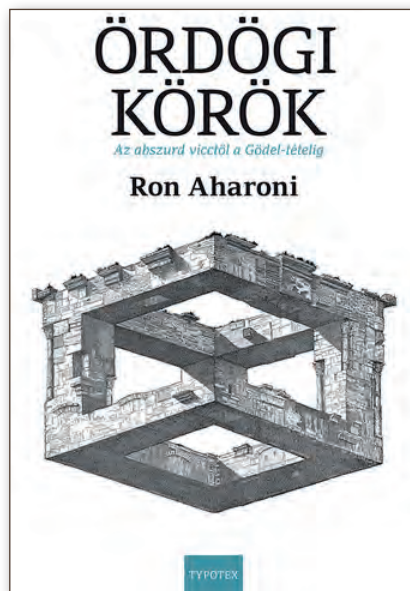
SZ. I.

RON AHARONI: Ördögi körök (Typotex Kiadó, Budapest, 2016)

Mindennapjaink során valamennyien gyakran találkozunk paradoxonokkal, bár nem mindig ismerjük fel, hogy miről is van szó. Karel Čapek így fogalmazta meg ezek közül az egyik leggyakrabban előfordulót: „Elvesztette a szemüvegét, anélkül pedig nem tudta megtalálni.”

Mint látszik, ez olyan helyzet, amelyet más szavakkal ördögi körnek is nevezhetünk. Ron Aharoni, az Izraeli Műszaki Egyetem professzora Ördögi körök című könyvében elkalauzolja az olvasót a mindennapok paradoxonjaitól a magasabb matematikát a XX. században alapvetően átforgató elméletek világába.

Az alig több mint 200 oldalas könyv két részre oszlik: a mű első fele a paradoxonok „rossz oldalával” foglalkozik három részben, a második felében pedig az ördögi körök jó oldalát mutatja be a szerző, ugyancsak három részben. A hat rész ezen túlmenően 56 fejezetre tagolódik, az olvasó így minden új gondolattal vagy akár régi ered-



ménnyel egy rövid fejezet keretei között ismerkedhet meg. A szerző anélkül képes bemutatni a halmazelmélet vagy a matematikai logika alapismereteit, hogy bonyolult matematikai apparátust használja. A „Gyakorlott hegymászóknak” című kis fejezet például a végtelen számú elemet tartalmazó halmazok két fajtáját, a megszámlálható, illetve a nem megszámlálható végtelen számosságú halmazokat mutatja be. A fejezetcím és bonyolultnak látszó tartalom riasztónak tűnhet, azonban minimális odafigyeléssel könnyen megérthetőek ezek a szokatlan fogalmak is.

Az egyik leghosszabb fejezet a viccek hatásának titkát kutatja, számos példán keresztül bemutatva, hogy sok elementáris hatású vicc is a paradoxonoknak köszönheti ellenállhatatlan nevetető erejét.

A könyv lapjain Zénontól, az ókori filozófustól Gödelig, a modern matematika egyik megalapozójáig szinte mindenki feltűnik, akinek szerepe volt az emberi gondolkodás, s ezen belül különösen a matematika elméletének új utakra terelésében, de egy világnak még Micimackó észjárásával is megismerkedhetünk. Szó esik Isten létének bizonyításáról éppúgy, mint a test és lélek viszonyáról s a szabad akarat problémájáról. A tágas körkép legfőbb célja, hogy az érdeklődő olvasó a lehetőségekhez képest mélységében is megérthesse Gödel út. nemteljességi tételét, amely nemcsak a matematikát, hanem a filozófiai gondolkodást is megújította, megértette, hogy csodálatos világunk jelenségei nem szoríthatók be egy zárt axiómarendszer keretei közé.

A könyv borítóján Orosz István abszurd építményt ábrázoló többértelmű grafikája látható, ami igen jó választás volt a kiadótól, mivel egy rápillantásra mutat meg valamit ennek a kitűnő könyvnek a lényegéből.

GÁCS JÁNOS

XXV. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

A Monty Hall-féle paradoxon és Marilyn, az IQ-bajnok

KESZLER ZSÓFIA

Révai Miklós Gimnázium, Győr

A Monty Hall-paradoxon feltehetően az egyik legismertebb, első ránézésre egyszerűnek tűnő valószínűség-számítással kapcsolatos probléma. Tétélezzük fel, hogy egy televíziós vetélkedőn veszünk részt, ahol három ajtó közül kell egyet választani. Tudjuk, hogy összességében a három ajtó mögött két kecske és egy autó található. Tegyük fel, hogy az egyes számú ajtót választottuk, és még nem nyitottuk ki. A műsorvezető, aki tudja, hogy melyik ajtó mit rejt, kinyitja a hármask számú ajtót, ami mögött kecske van. Ezek után felteszi a kérdést: „Váltunk a kettesszámú ajtóra vagy megtartjuk eredeti döntésünket?”



Monty Hall (1921–)

A kérdést Monty Hall, amerikai műsorvezető tette fel a „Let's Make a Deal” („Kössünk üzletet”, magyar változatát *Zsákbamaczka* név alatt sugározta a televízió) elnevezésű műsorban adásról adás-

ra. Felmerül a kérdés, hogy statisztikailag számít-e, hogy kitarunk döntésünk mellett vagy pedig ajtót cserélünk? A paradoxon 1991-ben tett szert hatalmas hírnévre, amikor a *Parade Magazine* („Parádé Magazin”) „Ask Marilyn” („Kérdezd Marilynt”) című rovatában Marilyn vos Savant kijelentette, hogy nagyobb lesz az esélyünk megnyerni az autót, ha megváltoztatjuk döntésünket. Marilynt, aki az 1980-as években bekerült a Guinness Rekordok Könyvébe, mint a valaha mért legnagyobb IQ-val (288) rendelkező ember, matematikusok hada vádolta „egy ilyen egyszerű probléma” hibás megoldásával.

„May I suggest that you obtain and refer to a standard textbook on probability?” (Javasolhatom, hogy szerezd meg és sajátítsd el a valószínűség-számítás alapjait?)

„I am sure you will receive many letters from high school and college students. Perhaps you should keep a few addresses for help with future columns.” (Biztos vagyok benne, hogy középiskolások és egyetemisták leveleinek sokasága fog hozzád érkezni. Talán meg kéne tartanod pár címet, hogy segítsenek a további rovatok megírásában.)

A tudósok küldték a becsmélő hangvételű üzeneteket, a probléma népszerűsége pedig egyre nőtt, de végül bebizonyosodott, hogy vos Savant nem tévedett. [Olofsson, 2007] [Marilyn, 1990–1991]



Marilyn vos Savant (1946–)

A probléma megoldása

A probléma megoldását a Havil-könyv és az Olofsson-könyv alapján mutatom be.

Jelöljük a három ajtót *A*, *B* és *C*, az autó megnyerését *W*, míg a kecskét rejtő ajtó nyitását *L* betűvel, és tekintsük az **1. táblázatot**:

Az *1. táblázatról* leolvashatjuk, hogy az esetek 1/3 részében nyer a játékos, ha kitar a döntésénél, viszont 2/3 részében nyer, ha cserél.

Eredetileg választott ajtó	A	A	A	B	B	B	C	C	C
Az autó tényleges helye	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Az ajtók, amit Monty kinyithatna	B, C	A, C	A, B	B, C	A, C	A, B	B, C	A, C	A, B
Ha a játékos nem cserél	W	L	L	L	W	L	L	L	W
Ha a játékos cserél	L	W	W	W	L	W	W	W	L

1. táblázat

A paradoxon kulcsa

A probléma kettő fontos tényen nyugszik: az első, hogy Monty Hall tudatosan választ ajtót, és a második, hogy lehetőség van megváltoztatni az első döntésünket.

Monty Hall tudatossága

Amennyiben a játékos és Monty is véletlenszerűen választana ajtót, három egyenlően valószínű felállás születhetne:

(A műsor menetének megfelelően a játékos választ először.)

1. autó–kecske
2. kecske–autó
3. kecske– kecske

Miért egyformán valószínű a három eset? $\frac{1}{3}$ az esélye annak, hogy a játékos autót választ és ilyenkor Monty csak kecskét tud választani ($\frac{1}{3} \times 1 = \frac{1}{3}$).

$\frac{2}{3}$ az esélye annak, hogy a játékos választása kecskét rejtő ajtóra esik, ebben az esetben $\frac{1}{2}$ a valószínűsége annak, hogy Monty kecskét választ, de annak is, hogy autót. Így az esélye a kecske–autó és a kecske–kecske kombinációnak egyaránt $\frac{1}{3}$. ($\frac{2}{3} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{3}$)

Ha a Monty véletlenszerű ajtónyitása során kecskét rejt a kinyitott ajtó, akkor kettő egyenlően valószínű befejezés lehet, hiszen

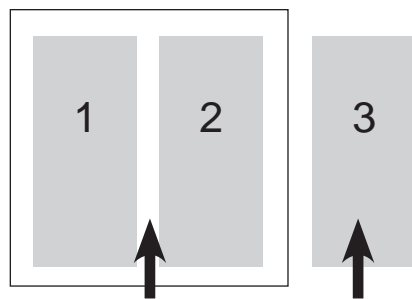


Martin Gardner (1914–2010)

a második kecske–autó lehetőség kiesik. Ekkor $\frac{1}{2}$ az esélye annak, hogy a játékos első választása során kecskét választott, pontosan úgy, ahogy annak is, hogy autót. Így az egyik alkalommal a játékos nyer, a másik alkalommal azonban veszít.

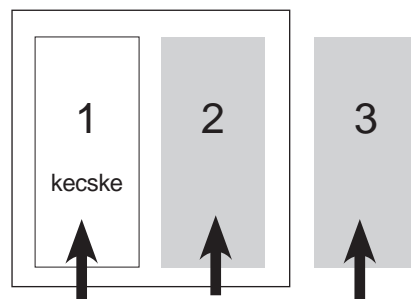
Vegyük észre, hogy a véletlenszerű ajtónyitás során Monty szabadíthatna fel kecskét is, csak az említett alkalom során nem tette.

Körülbelül az esetek egyharmadában nyitná ki Monty az autót rejtő ajtót, azonban



$\frac{1}{3}$ eséllyel van itt az autó

1. ábra



itt kecske van (0 az esély autóra)

$\frac{2}{3}$ eséllyel van itt az autó

$\frac{1}{3}$ eséllyel van itt az autó

2. ábra

ha ezektől eltekintünk, a fennmaradó eseteknek körülbelül a felében nyerne a játékos.

Kritikus pontja a problémának, hogy Monty tudja, hol van az autó, hiszen ha nem tudná, nem számítana, hogy változtatunk-e a döntésünkön. A műsorban azonban Hall tudja, hogy melyik ajtó mit rejt és így a kecske–autó valószínűsége 0, viszont a kecske–kecske eset valószínűsége $\frac{2}{3}$ (1–2. ábra).

A döntés fontossága

Valójában a probléma maga nem új keletű, Martin Gardner, a híres amerikai matematikai tudomány népszerűsítő [Staar, 1998] [Hargittai, 2010], az 1982-ben kiadott „Aha! Gotcha” („Aha! Elkaptalak”) című könyvében a 100-101. oldalon elemzte a „Three Shell Game” („Három pohár trükk”) következő változatát:

Játékmester: Figyelem emberek! Nézzük, meg tudjátok-e tippelni melyik pohár alatt van a borsó. Megduplázom a pénzt annak, aki nyer.

Miután a játék már egy ideje folyt, Mr. Mark eldöntötte, hogy nem tud többször nyerni, mint egyszer a háromból.

Játékmester: Ne menj el, Mac. Adok egy lehetőséget: Válassz akármelyik poharat. Én pedig megfordítok egy üreset. Így a borsónak vagy az egyik, vagy a másik alatt kell lennie, és megnő az esélye annak, hogy nyersz.

Szegény Mr. Mark hamar csődbe ment. Nem vette észre, hogy nem változtat az esélyein az, hogy először egy üres poharat fordítanak fel.

Ebben az esetben, mivel a döntést nem befolyásolja az új pohár felfordítása, a játékos nem kap értékes információt. Azonban Monty megadja a lehetőséget a váltásra, így a játékos jelentősen megnövelheti a nyerési esélyeit.

Egy szimuláció dobókockával

A következőkben a Monty Hall problémának egy szimulációját ismertetném.

Először arra próbáltam fényt deríteni, hogy ha nem vált a versenyző, akkor 100 kísérletnél hányszor fog nyerni. Ennek érdekében egy hagyományos hatoldalú dobókockával dobtam kétszer. Az első dobás azt határozta meg, hogy az autó az A, B vagy C jelölésű ajtó mögött legyen. A második dobás arról döntött, hogy a versenyző melyik ajtót választja ki. Mégpedig a következő módon:

Amennyiben 1 vagy 2 lett a dobott érték, akkor a versenyző az A ajtót választotta. Amennyiben 3 vagy 4 lett a dobott érték, akkor a versenyző a B ajtót választotta. Amennyiben 5 vagy 6 lett a dobott érték, akkor a versenyző a C ajtót választotta.

Ebben az esetben akkor nyer a játékos, ha ugyanazt az ajtót választja, mint amelyikben az autó van. Így például, ha az első dobás az A ajtót jelöli ki, akkor a játékosnak is az A ajtót kell választania, ahhoz hogy nyerjen, tehát a második dobásnak is az A ajtót kell kijelölnie.

	A ajtó	B ajtó	C ajtó
1. dobás	30 esetben	33 esetben	37 esetben
2. dobás	34 esetben	33 esetben	33 esetben
Azonos	10 esetben	13 esetben	11 esetben

2. táblázat

A 2. táblázat azt ismerteti, hogy melyik dobásnál hány esetben kaptuk az A, B, illetve a C ajtót. A 100 esetből összesen 34-ben (10+13+11=34) volt a dobott ajtó azonos.

Vagyis a győzelem relatív gyakorisága 0,34, míg a győzelem korábban számított valószínűsége $\frac{1}{3}$, amely századpontoságra kerekítve 0,33.

Ezek után olyan 100 esetet vizsgáltam meg, ahol a versenyző mindig váltott. Arra voltam kíváncsi, hogy mi történik, ha a versenyző vált.

A véletlenszerűséget ismét a dobókocka segítségével értem el. Ebben az esetben a következőképpen:

Amennyiben 1 vagy 4 lett a dobott érték, akkor a versenyző az A ajtót választotta. Amennyiben 2 vagy 5 lett a dobott érték, akkor a versenyző a B ajtót választotta. Amennyiben 3 vagy 6 lett a dobott érték, akkor a versenyző a C ajtót választotta.

	A ajtó	B ajtó	C ajtó
1. dobás	34 esetben	33 esetben	33 esetben
2. dobás	30 esetben	28 esetben	42 esetben
Nem azonos	21 esetben	20 esetben	24 esetben

3. táblázat

A 3. táblázatról leolvashatjuk, hogy 100 esetből összesen 65-ben (21+20+24=65) nem egyezik az autót rejtő és az elsőre választott ajtó. Mivel váltás esetén akkor nyer a versenyző autót, ha elsőre nem az azt rejtő ajtót választotta, így a táblázat megmutatja, hogy ezen újabb kísérletsorozat eredménye az, hogy a győzelem relatív gyakorisága 0,65. Míg az elmélet szerint $\frac{2}{3}$ a valószínűsége a győzelemnek, ami századokra kerekítve 0,67.

Szimuláció Mathematica programmal

A következő szimulációt a Manganokönyvben leírt Mathematica programmal végeztem.

Ezen szimulációval szintén a kétféle stratégiát vizsgáltam, miszerint: választ-e a versenyző új ajtót vagy nem választ, miután Monty kinyitott egy kecskét rejtő ajtót. Mindkettő stratégiára hét kísérletsorozatot hajtottam végre a program segítségével.

A program mindkét stratégiát először 10 majd 100, 1000, 10 000, 100 000,

	1. stratégia (nem változtat)	2. stratégia (váltott)
10 esetben	4	6
100 esetben	32	68
1 000 esetben	318	682
10 000 esetben	3270	6730
100 000 esetben	33 276	66724
1 000 000 esetben	333 833	666 167
10 000 000 esetben	3 333 369	6 666 631

4. táblázat

1 000 000 és végül 10 000 000 esetben vizsgálta meg. A kapott eredmények a következők:

A 4. táblázatban szereplő számok azt mutatják meg, hogy az adott kísérletsorozatnál hányszor nyert a versenyző.

A táblázat eredményeiből azt láthatjuk, hogy az eddigieknek megfelelően itt is érdemes változtatni a játékban, vagyis a második stratégiát használni, mert akkor nagyobb a nyeresé esélye. Valamint azt is megfigyelhetjük, hogy minél több kísérletet végzünk, a nyeresé relatív gyakorisága annál jobban megközelíti az elméleti $\frac{1}{3}$, illetve $\frac{2}{3}$ valószínűséget. Például 10 millió kísérletnél a 0,3333369, illetve a 0,6666631 a relatív gyakoriság.

Az Irodalom internetes forrásainál megadok egy-két interneten online elérhető szimulációt a Monty Hall-féle paradoxonra [simulation1], [simulation2]. Természetesen még egyéb szimulációkat is könnyen találhatunk.

Néhány általánosítás

A következő általánosításokat Havilkönyv alapján tárgyaljuk.

Egy autó, sok kecske

Tegyük fel, hogy n db ajtónk van, és hogy csak egy ajtó rejt autót. Így $(n-1)$ db kecske van az ajtók mögött.

(Ahhoz, hogy Hall ki tudjon nyitni egy ajtót, szükséges, hogy $n \geq 3$ legyen.)

A játék menete nem változik. Választunk egy ajtót, mire Monty kinyit egyet, ami mögött kecske lapul, majd döntünk kell, hogy szeretnénk-e változtatni a döntésünkön.

A valószínűsége, hogy az autót az első ajtó mögött található:

$$\frac{1}{n}$$

A valószínűsége, hogy az autót rejtő ajtót választjuk, ha váltunk:

$$\frac{n-1}{n} \times \frac{1}{n-2} = \frac{n-1}{n-2} \times \frac{1}{n}$$

Ahol $\frac{n-1}{n}$ annak a valószínűsége, hogy

az elsőre választott ajtó mögött kecske van

és $\frac{1}{n-2}$ annak a valószínűsége, hogy autót

rejtő ajtóra váltunk. Hiszen $(n-2)$ ajtóból kiválasztunk egyet, mert egyet már korábban megjelöltünk és Monty is kinyitott egy kecskét rejtő ajtót.

A két valószínűség egymástól független, ezért szorzatuk adja meg annak a valószínűségét, hogy autót nyerünk, ha változtatunk.

Tekintve, hogy: $\frac{n-1}{n-2} > 1$ igaz, így igaz

az is, hogy: $\frac{n-1}{n-2} \times \frac{1}{n} > \frac{1}{n}$.

Ezzel igazoltuk, hogy n db ajtó és 1 db autó esetén jobban járunk, ha új ajtót választunk, hiszen nagyobb az esélye annak, hogy nyerünk.

Amennyiben ebbe a képletbe visszahelyettesítjük az eredeti probléma számait, szintén megkapjuk, hogy váltani érdemesebb.

$$\frac{1}{3} < \frac{3-1}{3-2} \times \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{3} < \frac{2}{3}$$

Sok autó, sok kecske

Tegyük fel, hogy n db ajtónk és c db autónk, illetve $(n-c)$ db kecskénk van. Ebben a feltevésben Monty kinyithat olyan ajtót is, ami mögött autó van. (Ahhoz, hogy Hall ki tudjon nyitni egy ajtót, ismét szükséges, hogy $n \geq 3$ legyen, valamint, hogy biztosan legyen autónk, akkor is, ha Monty azt nyit ki, $c \geq 2$ kell, hogy legyen, ahol $c < n$.)

Mindegyik esetben a valószínűsége annak, hogy elsőre autót választunk, tehát hogy autót nyerünk, ha nem váltunk:

$$\frac{c}{n}$$

Nézzük meg, hogy mi történik, ha ajtót változtatunk:

1. eset: Ha Monty kecskét mutat.

Az esélye, hogy mi először kecskét választottunk, majd onnan autóra váltunk:

$$\frac{n-c}{n} \times \frac{c}{n-2}$$

Az esélye, hogy először autót választottunk, majd onnan egy másik autóra váltunk:

$$\frac{c}{n} \times \frac{c-1}{n-2}$$

Összegezve: annak a valószínűsége, hogy autót nyerünk, ha váltunk:

$$\frac{n-c}{n} \times \frac{c}{n-2} + \frac{c}{n} \times \frac{c-1}{n-2} = \frac{c \times (n-c+c-1)}{n \times (n-2)} = \frac{(n-1) \times c}{(n-2) \times n}$$

Mivel $\frac{n-1}{n-2} > 1$, ezért

$$\frac{n-1}{n-2} \times \frac{c}{n} > \frac{c}{n}$$

A fenti egyenlőtlenségnek megfelelően n db ajtó és c db autó esetén, ha Monty kecskét mutat, akkor érdemes megváltoztatni a döntésünket és másik ajtót választani.

2. eset: Ha Monty autót mutat. Az esélye, hogy kecskét választottunk, majd onnan autóra váltunk:

$$\frac{n-c}{n} \times \frac{c-1}{n-2}$$

Az esélye, hogy autót választottunk, majd onnan egy másik autóra váltunk

$$\frac{c}{n} \times \frac{c-2}{n-2}$$

Összegezve, annak a valószínűsége, hogy autót nyerünk, ha váltunk:

$$\begin{aligned} & \frac{n-c}{n} \times \frac{c-1}{n-2} + \frac{c}{n} \times \frac{c-2}{n-2} = \\ & = \frac{c-1}{n} \times \frac{n-c}{n-2} + \frac{c}{n} \times \frac{c-2}{n-2} < \\ & < \frac{c}{n} \times \frac{n-c}{n-2} + \frac{c}{n} \times \frac{c-2}{n-2} = \\ & = \frac{c}{n} \times \left(\frac{n-c}{n-2} + \frac{c-2}{n-2} \right) = \frac{c}{n} \end{aligned}$$

Tehát:

$$\frac{n-c}{n} \times \frac{c-1}{n-2} + \frac{c}{n} \times \frac{c-2}{n-2} < \frac{c}{n}$$

A második esetben, ahol Monty autót mutat, érdekes módon az eddigiekkel ellentétben nem érdemes másik ajtót választani. Vagyis ebben az esetben érdemes az első stratégiát alkalmazni, azaz, hogy nem változtatunk.

További általánosításokról

Számos érdekes általánosítás lehet még a Monty Hall-féle problémának például, amikor négy ajtónk és egy autónk van. [Havil, 2008, 65-66. oldal] Ekkor a játékmenete pedig legyen a következő:

1. Választunk egy ajtót.
2. Monty kinyit egy ajtót, ami mögött kecske van.
3. Választunk, hogy megtartjuk-e a döntésünket.
4. Monty ismét kinyit egy ajtót, ami mögött kecske van.
5. Mi pedig ismét választunk, hogy megtartjuk-e a döntésünket.

Ekkor három döntést kell meghoznunk, az eredeti választást és kétszer azt, hogy megtartjuk-e a döntésünket. Olvasóinkra bízunk, hogy szimulációval, illetve elméleti úton meghatározzák a különféle döntések következményeinek a meghatározását. Azért megemlítyük, hogy a legkedvezőbb eset az, amikor a második döntésnél nem változtatunk, de a harmadik döntésnél viszont változtatunk, ekkor 0,75 lesz a nyerésünk valószínűsége, míg a több esetben ennél kisebb lesz a nyerési valószínűség.

Ezen általánosítást *M. Bhaskara Rao* az Észak-dakotai Egyetemről továbbfejlesztette és elemezte. Munkájában n db ajtó és $(n-1)$ döntési lehetőség szerepel.

Annymira szerteágazó lett a problémakör, hogy egy egész könyvet is szenteltek a Monty Hall-féle problémának. [Rosenhouse, 2009] Itt olvashatjuk többek között azt is a 14. oldalon, hogy a probléma legkorábbi ismert változata szerepel *Joseph Bertand* francia matematikus *Calcul des probabilités* (Valószínűségszámítás) című 1889-ben megjelent művében.

Az írás szerzője diákpályázatunk Martin Gardner alapította Matematika kategóriában I. díjat nyert.

Irodalom

Gardner, Martin: *Aha! Gotcha (Paradoxes to puzzle and delight)*, W. H. Freeman and Company, New York, 1999., 100-101. oldal

Hargittai István: A játékos tudományészerősítő: Martin Gardner (1914-2010), *Természet Világa*, 141. évf. 8. szám, 2010. augusztus (Az interneten is elérhető: www.termeszetvilaga.hu/szamok/tv2010/tv1008/mg.html)

Havil, Julian: *Impossible? (Surprising Solutions to Counterintuitive Conundrums)*, Princeton University Press, Princeton and Oxford, 2008., 60-61. oldal és 63-66. oldal

Mangano, Sal: *Mathematica Cookbook*, O'Reilly, Beijing-Cambridge-Farnham-Köln-Sebastopol-Taipei-Tokyo, 2010., 502-504. oldal

Olofsson, Peter: *Probabilities (The Little Numbers that Rule Our Lives)*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2007., 50-52. oldal

Rosenhouse, Jason: *The Monty Hall Problem (The Remarkable Story of Math's Most Contentious Brainteaser)*, Oxford University Press, Oxford, etc., 2009.

Staar Gyula: A matematika játékos lelke, Martin Gardner a játékmester, *Természet Világa*, 129. évf. 2. sz., 1998. február, 64-67. oldal (Az interneten is elérhető: www.termeszetvilaga.hu/tv98/tv9802/gardner.html)

Források

Az internetes források elérhetőek voltak 2015. 10. 25-én.

[Gardner] gaussian.com/images/Gardner.jpeg
[Marilyn, 1990-1991] <http://marilyn.vossavant.com/game-show-problem/>

[Monty] http://www.latimes.com/includes/projects/hollywood/portraits/monty_hall.jpg
[simulation1] <http://www.nytimes.com/2008/04/08/science/08monty.html>

[simulation2] <http://math.ucsd.edu/~crypto/Monty/monty.html>

[vos Savant] static.parade.com/wp-content/uploads/2011/02/marilyn-vos-savant-13.jpg
https://e.wikipedia.org/wiki/Monty_Hall
https://hu.wikipedia.org/wiki/Monty_Hall-paradoxon

Egyes Nagyenyed környéki gombák radioaktivitása

VÁRADI RÓBERT

Bethlen Gábor Kollégium, Nagyenyed, Románia

Manapság sokat olvashatunk az egészséges táplálkozásról, arról, hogy milyen vegyi szennyeződések kerülhetnek be az élelmiszerekbe. Sok szó esik a levegő-, víz- és talajszennyezésről, a génkezelt élelmiszerek veszélyességéről és a bioételek előnyeiről. Arról azonban már ritkán cikkeznek, hogy mennyire kellene odafigyelni az élelmiszerekben található radioaktív izotópok szervezetünkre gyakorolt hatására. A korábbi csernobili és a nem olyan rég történt fukusimai nukleáris

katasztrófák következtében nagy mennyiségű radioaktív anyag került a légkörbe, majd onnan a felszíni vizekbe és a talajba, ezért követni kellene, hogy milyen mértékben tartalmaznak élelmiszereink radioaktív izotópokat. Konkrétan a gombákra összpontosítottam, mivel környékünkön gyakorta lehet nagy mennyiségben szedni, és sokan egészítik ki étrendjüket ezzel az ízletes, ugyanakkor kalóriaszegény élelmiszerral. Utánanéztem, hogy mit ír erről a szakirodalom, és megpróbáltunk mér-

seket is végezni. Ebben segítségemre volt felkészítő tanárom és iskolánk volt diákja, *Szacsavai Kinga* fizikus, aki rendelkezésünkre bocsátotta a kolozsvári Sapientia Tudományegyetem laboratóriumát, és szívesen segített a mérésekben.

Mi a radioaktivitás?

Radioaktivitásnak nevezzük a radioaktív, más néven a nem stabil atommagok bomlásának folyamatát, amelynek követ-

kezteben más atommagokká alakulnak. Háromféle bomlási folyamatot különíthetünk el:

– Alfa-bomlás, amelynek során a radioaktív atommag két proton és két neutront bocsát ki, ez gyakorlatilag egy hélium ion kibocsátásával egyenértékű folyamat, az atom rendszáma 2-vel, tömegszáma pedig 4-gyel csökken.



Nagy őzlábgomba

– Béta-bomlás, amelynek következtében a radioaktív atommag egy negatív töltést, azaz egy elektront bocsát ki, így rendszáma 1-gyel nő.

– Gamma-sugárzás, amikor a gerjesztett atommag fotont bocsát ki, így gerjesztett állapotból alapállapotba kerül.

A radioaktív atommag bomlások sorozatán megy át addig, amíg stabil atommaggá nem alakul. Mivel az egyedülálló részecskéket nem lehet megfigyelni, ezért a radioaktivitást részecskehalmozatokon tanulmányozzák, és statisztikai törvényekkel írják le. A radioaktív bomlási törvény matematikai alakja:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

A képletben N a radioaktív részecskék számát jelöli a t időpontban, N_0 a radioaktív részecskék kezdeti száma, λ pedig a bomlási állandó. A felezési idő, $T_{1/2}$ az az idő, amely szükséges, ahhoz, hogy a radioaktív anyag mennyisége felére csökkenjen:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

A felezési idő nagyon tág határok közé esik, lehet mikroszekundum, lehet azonban milliárd év nagyságrendű is! [1]

Hogyan hat a radioaktivitás az élő szervezetekre?

A radioaktív sugárzás nagy energiájú, ez pedig azt eredményezi, hogy képes megváltoztatni az atomok elektronszerkeze-

tét, ha velük kölcsönhatásba lépnek, így megváltozhatnak a sejteket alkotó molekulák is. A megváltozott molekulák a normálislól eltérő hatást keltenek a sejtekben, amely hatások a sejtek roncsolásához vezetnek. A sugárzási energia kiválthatja a DNS-lánc hasadását, amely közvetlen, illetve közvetett módon mehet végbe. Az első esetben a radioaktív részecske a DNS egyik atomjával ütközve megváltoztatja az ezt tartalmazó nukleobázis szerkezetét, ezért megszakad a DNS-lánc, és torzul a gén szerkezete. A második esetben az eltalált atom ionizációja következtében szabadgyökök keletkeznek a sejtanyagban, amelyek reakcióba lépnek a nukleobázisokkal, megváltoztatva azok szerkezetét, ezáltal roncsolva a DNS-t. Ha a hatást a sejt enzimeit kijavíthatják, helyreáll a sejt normális működése, ellenkező esetben azonban mutációról beszélünk, amely életképtelen sejtekhez vagy olyan sejtekhez vezet, amelyek megváltozott örökítő anyagú utódsejteket hoznak létre. Egy-két sejt pusztulása még nem okoz kárt, viszont, ha sok sejt károsodik, az már nagyon megváltoztathatja az adott szövet működését.

Amikor radioaktív anyagokat tartalmazó ételt fogyasztunk, nem mindegy, hogy a radioaktív anyagok egyszerűen áthaladnak a szervezetünkön, vagy beépülve a sejtek molekuláiba, állandóan sugároznak. Az első esetben csak néhány sejt változik meg, ami nem vezet súlyos következményekhez, a másodikban azonban az állandó sugárzás eredményeképpen sokkal több sejt változik, ez pedig káros mutációkhoz vezethet.

Milyen hatása volt a csernobili nukleáris katasztrófának?

Környékünkre a fukusimai nukleáris baleset valószínűleg nem fejtett ki számottevő hatást a nagy távolság miatt, ezért csak a csernobili okozhatott változást a talaj radioaktivitása szempontjából. A csernobili nukleáris katasztrófa hatással lehetett a gombafajokra is, amelyek a talajból radioaktív elemeket, például kálium- és céziumizotópokat építhettek be szerkezetükbe, ezáltal növekedhetett radioaktivitásuk. Szacsvai tanárnő rendelkezésemre bocsátott néhány cikket az erre vonatkozó szakirodalomból, ezek alapján sikerült képet alkotnom magamnak a gombák radioaktivitásáról. Ezekből a cikkek közül említek meg néhány következtetést.

Nyolc finnországi podzol talajú erdőből vettek mintákat és a következőket jelezték: A ^{137}Cs radioaktív atomok négyzetméterenkénti aktivitása $1,7 \text{ kBq/m}^2$ és 42 kBq/m^2 közé esik, ez bizonyítja a csernobili katasztrófa következményeit. Öt cm mélységben még megtalálhatóak a katasztrófa során létrejött radioaktív anya-

gok, amelyek közül 47%-ban a ^{137}Cs izotóp szerepelt, de nagyon kis mennyiségben még 20 cm mélységben is találtak ^{137}Cs izotópokat. A Cs aktivitáskoncentrációját 6 gombafaj esetében határozták meg, jelezve ezen koncentrációk eloszlását a gombák különböző összetevői között. [2]

A gombák természetes állapotban is tartalmaznak radioaktív anyagokat, így például 1 kg gombaszárítmány 1,5–117 gramm káliumot tartalmaz, amelynek 0,017%-a radioaktív ^{40}K izotóp. Az atomerőműből a katasztrófa következtében $3,8 \cdot 10^{16} \text{ Bq}$ aktivitású ^{137}Cs került a levegőbe. Ekkor már a radioaktív és a nem radioaktív cézium aránya 2:1 volt. A céziumizotópok aktivitáskoncentrációját több tényező határozza meg: a gomba faja, a talajszennyeződés, a katasztrófa óta eltelt idő, a nedvesség. [3]

1997-ben és 1998-ban Törökországban is vizsgáltak mezőgazdasági területekről származó talajmintákat. Ezeket 42 különböző helyről gyűjtötték be, az aktivitás értékei pedig $2,81 \pm 0,17 \text{ Bq/kg}$ és $20,75 \pm 0,29 \text{ Bq/kg}$ között váltakoztak. [4]

Braziliában 17 gombafaj mesterséges és természetes radioaktivitását mérték meg. Ezek közül 3 faj árusított ehető gombafaj volt. A következő értékeket kapták gamma-spektrométeres mérések során: ^{137}Cs esetén az aktivitás



Császárgomba

$1,45 (\pm 0,04) - 10,6 (\pm 0,3) \text{ Bq/kg}$, ^{40}K esetén pedig $461 (\pm 2) - 1535 (\pm 10) \text{ Bq/kg}$. [5]

Mit sikerült nekünk mérni?

Ezek után már csak neki kellett fogni gombát gyűjteni, szárítani és porítani. Úgy terveztük, hogy erre az elmúlt nyár megfelelő lesz, de szomorúan tapasztaltuk, hogy az aszály miatt alig bújott elő gomba. Ilyenkor fel kell menni a magasabb hegyekbe, ahol akkor is van elég nedvesség,



Piruló galóca

amikor a csapadékmentes völgyekben elszárad a növényzet, és még az erdőkben is repedezik a talaj. A legközelebbi ilyen hely a Gyalui-havasokban volt: Kisbánya környékén akadtak gombák, így augusztusban és szeptember elején sikerült begyűjteni egy adagot. Szeptember végén komoly esők pótolták a nyári szárazságot, és Nagyenyed környékén is megjelentek a gombák, most október közepén már valóságos invázióval számolhattunk, rég nem termett ennyi! Egy részük még mindig szárad, ezeket majd később tanulmányozhatjuk, de így is elég sok fajt sikerült előkészíteni a mérésre. Sajnos, a gombák jó részét nem sikerült azonosítani, pedig elég komoly gombahatározó készlettel rendelkezünk (ezeket a könyvészetben tüntettük fel), és felkészítő tanárom jártas a gombák világában. Elhatároztuk, hogy csak azoknak a radioaktivitását fogjuk mérni, amelyeket pontosan sikerült meghatározni. A pályázatban csak 27 gombafaj radioaktivitását sikerült meghatározni, de hamarosan mérésre kész lesz egy újabb, ennél nagyobb adag, mert szeretnénk, ha a méréseket nagyobb gombapopulációra terjeszthetnénk ki.

Két izotóp jelenlétét kerestük, azokét, amelyekre a szakirodalom is kitér. Az egyik a ^{137}Cs , amelynek a felezési ideje 30,16 év, tehát a csernobili katasztrófa folytán a talajba jutott radioaktív céziumizotóp fele még most is béta-sugárzást bocsát ki. Az 1945 óta végzett kísérleti nukleáris robbantások következtében nagy mennyiségű ^{137}Cs került a légkörbe és csapadék részeként a talajba is. A béta-sugárzás kibocsátása révén csak az esetek 7,6%-ában alakul át a ^{137}Cs sta-

bil ^{137}Ba izotóppá, 92,4%-ban gerjesztett ^{137}Ba atommag jön létre, amely 661 KeV energiájú gamma-foton kibocsátása következtében alakul át stabil ^{137}Ba maggá. [6]

A másik az $1,25 \cdot 10^9$ év felezési idejű ^{40}K , amely nagy mennyiségben fordul elő a természetes káliumban. Ez a szervezetben előforduló legnagyobb aktivitású radioaktív izotóp. Egy 70 kg tömegű emberi testben másodpercenként 4400 ^{40}K atommag bomlik el, és legtöbbször (88,8%) béta-bomlás következtében ^{40}Ca izotóppá alakul. [7] Azonban 11%-ban a ^{40}K befoghat egy elektront, és metastabilis ^{40}Ar atommaggá alakul, amelynek során 1,46 MeV energiájú gamma-foton kibocsátása által stabil ^{40}Ar maggá alakul. [8]

Tehát mindkét radioaktív izotóp bomlását gamma-sugárzás kibocsátása is kíséri. A gamma-aktivitás meghatározására a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem szcintillációs detektorát használtuk. A radioaktív bomlások, maghasadások után a keletkező új atommagok általában gerjesztett állapotban jönnek létre. Ebből az alapállapotba jutás egyik lehetséges módja gamma-fotonok kibocsátása. A gamma-sugárzás spektrumának a vizsgálata alapján következtetni lehet az illető magok energiaszintjeinek rendszerére.

A gamma-spektrumok mérése napjainkban félvezető detektorok alkalmazásával történik. Ezek felbontóképessége és határfoka viszonylag jó, könnyen kezelhetők, a mérések kényelmesen végezhetőek el.



Pecsétviaszgomba

A szcintillációs detektor a gamma-sugárzás fotonjainak a hatására elektromos impulzusokat szolgáltat, mégpedig úgy, hogy az impulzusok nagysága arányos az azt keltő foton energiájával. A gamma-

spektrum vizsgálata tehát a detektor szolgáltatta elektromos impulzusok elemzésére vezethető vissza.

A gamma-kvantumok közvetlenül nem hoznak létre felvillanásokat a szcintillátorban. A szcintilláló anyag és a gamma-sugárzás kölcsönhatása során először nagy energiájú elektronok keletkeznek, amelyek lefékeződése váltja ki a szcintillációhoz vezető jelenségsort. A szcintilláció során keletkezett fotonok száma természetesen a fotonokat kiváltó másodlagos nagy energiájú elektronokkal van kapcsolatban.

Méréseinket NaI mérőfejjel ellátott sokcsatornás analízátorral végeztük. A mérések elkezdése előtt a detektorra rákapcsoltuk a nagyfeszültséget. A detektorra adott nagyfeszültség és a detektort követő erősítő



Narancsszínű enyveskorallgomba

tő segítségével lehet beállítani a kívánt jel nagyságot. A jel nagyságnak olyannak kell lennie, hogy a jeleket kényelmesen fel lehessen dolgozni az analízátorral. Igen fontos, hogy a spektrumnak még feldolgozni kívánt legnagyobb jelei is az analízálható tartományba essenek, ugyanakkor ne legyenek a jelek túlságosan gyengék sem.

A sokcsatornás analízátor esetén a preparátumokkal végrehajtott mérések gyorsan mennek. Néhány próbamérés alapján a detektor energiafelbontása könnyen megbecsülhető, egyszerűen beállítható a kívánt erősítés és az optimális csatormaszám, illetve csatormaszélesség.¹

A mintákat ráhelyeztük az ólomkamrába elhelyezett detektorra. A mérési idő a gyártó által megadott 1 óra volt. A mérés befejezése után a kapott spektrumot lementettük, majd elemeztük.

A begyűjtött gombákat azonosítás után kiterítettük száradni, néhány nap múlva betettük az előmelegített sütő-

¹ A detektor működésének leírását Dr. Szacsvai Kinga tanárnőnek köszönhetően ismerhettük meg

be, ahol annyira kiszáradtak, hogy kávédarálással poríthatjuk (ez nem sikerült tökéletesen egy pár szívósabb példány esetében, de a mérést nem zavarta). Az így nyert próbákat analitikus mérleggel századgramm pontossággal megmértük. Sajnos egyes próbák esetében nem tudtuk összevetni a szárítmány tömegének az arányát a friss gomba tömegével, mivel szárítás közben egyes fajok részben elrothadtak. Ideális lenne a frissen szedett gomba aktivitását rögtön megmérni, ehhez azonban a detektorba még aznap kellene elhelyezni a próbát, ez a jelen esetben nem volt lehetséges. A mérések így is hosszú időt vettek igénybe. Szacsvai tanárnő kitartásának és türelmének köszönhetően elegendő próbát sikerült megmérni, így a következtéseink elég sok mérés alapján születhettek meg.

Hogyan értelmezhetjük eredményeinket?

Az irodalomban azt találtuk, hogy a gyakrabban fogyasztott élelmiszerek tömegsűrűségére vonatkoztatott aktivitása nem ha-



Ízletes vargánya

ladhatja meg az 1 kBq/kg értéket, a ritkábban fogyasztott élelmiszereké pedig az 1,250 kBq/kg értéket, olyan radioaktív izotópok esetében, amelyek felezési ideje



Sárga rókagomba

hosszabb, mint 10 nap. [9] A méréseinket gombaszárítmányon végeztük, így elég nehéz visszaszámolni a nyers gomba tömegére vonatkoztatott aktivitást, ugyanis a szárítási arány nagyon különböző (1/4 és 1/20 között változott), nagymértékben attól is függ, hogy a leszedés pillanatától mennyi idő után sikerül megmérni a gombát, néha egy része el is rothadt szárítás közben. Tehát csak a szárítmány tömegét vettük figyelembe, a friss gomba tömege legkevesebb négyszer és legfeljebb hússzor nagyobb volt!

A táblázatokból kiderül, hogy mindkét izotóp esetében a tömegsűrűségekre számított aktivitás jóval a megengedett érték alatt van.

Egyes gombák esetében nem sikerült kimutatni, hogy tartalmazzanak ^{137}Cs radioaktív izotópot. A 27 próba esetében csak 12-ben volt ^{137}C , ebből is 10-ben 1 kBq/kg alatti értéket jelzett a műszer. A népszerűbb ehető gombáknál mind 1 kBq/kg-nál kisebb vagy nulla volt az érték.

A ^{40}K izotóp aktivitása a céziuménál kisebb volt, a megmért népszerű ehető gombák kevesebb radioaktív káliumot tartalmaztak, mint a mérgező vagy ehetetlen társaik.

Méréseink alapján nem lehet általános következtetéseket levonni, de egyelőre azt tapasztaltuk, hogy a gombák a korábbi nukleáris balesetek ellenére nagyon kevés radioaktív ^{137}Cs -, illetve ^{40}K -izotópot tartalmaznak.

Az írás szerzője diákpályázatunkon az Önálló kutatások, elméleti összefoglalók kategóriában különdíjat kapott.

Irodalom

- [1] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Radioaktivit%C3%A1s>
 [2] Jukka Lehto – Kaisa Vaaramaa – Anumaija Leskinen (2013): ^{137}Cs , 239, 239, ^{240}Pu and ^{241}Am in boreal forest soil and their transfer into wild mushrooms and berries, Journal of Environmental Radioactivity, 116, 124–132
 [3] Pavel Kalač (2001): A review of edible mushroom radioactivity, Food Chemistry, 75, 29–35
 [4] Mahmoud A. A. Aslani – Sule Aytas – Sema Akyil – Günseli Yaprak – Gungor Yener – Meral Eral (2003): Activity concentration of caesium-137 in agricultural soils, Journal of Environmental Radioactivity, 65, 131–145
 [5] de Castro, L. P. – Maihara, V. A. – Silva, P. S. C. – Figueira, R. C. L. (2012): Artificial and natural radioactivity in edible mushrooms from Sao Paulo, Brazil, Journal of



Gyűrűs tuskógomba

- Environmental Radioactivity, 113, 150–154
 [6] https://hu.wikipedia.org/wiki/A_c%C3%A9zium_izot%C3%B3pjai
 [7] https://hu.wikipedia.org/wiki/A_k%C3%A1lium_izot%C3%B3pjai
 [8] http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFGFT6001T/sco_03_03.scorm
 [9] http://energiaklub.hu/dl/kiadvanyok/bomlas_viragai.pdf

Gombahatározók:

- Thomas Læssøe: Gombák, Panemex/Grafo, Budapest, 1998
 Helmuth és Renate Grünert: Gombák, Magyar Könyvklub, Budapest, 1995
 Ewald Gerhardt: Der grosse Pilzfürer für unterwegs, München, 2010
 Locsmándi Csaba – Vasas Gizella: Gyűjtünk gombát erdőn, mezőn! CSER Kiadó Budapest, 2013
 Albert – Locsmándi – Vasas: Ismerjük fel a gombákat! Gabo, Budapest, 1995
 Albert – Locsmándi – Vasas: Ismerjük fel a gombákat! 2., Gabo, Budapest, 1997
 Dr. Rimóczi Imre: Gombaválogató 2., Szépiá Könyvkiadó Kft., 1993
 Dr. Rimóczi Imre: Gombaválogató 3., Szépiá Könyvkiadó Kft., 1995

A gyűjtött gombák által tartalmazott radioaktív ¹³⁷Cs tömegegységre számított aktivitása kBq/kg-gombán

	Magyar elnevezés	Latin elnevezés	Hely	Időpont	Tömeg (gramm)	A ¹³⁷ Cs (Bq)	C ¹³⁷ Cs (kBq/kg)	A ⁴⁰ K (Bq)	C ⁴⁰ K (kBq/kg)
1	Lilásfehér pokhálógomba	<i>Cortinarius alboviolaceus</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	2,29	11,09	4,843	13,94	6,087
2	Vörösbarna tejszögombó	<i>Lactarius quietus</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	5,82	14,28	2,454	31,58	5,426
3	Begöngyöltésű cölöpgomba	<i>Paxillus involutus</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	1,70	1,55	0,912	15,85	9,324
4	Dióízű galambgomba	<i>Russula heterophylla</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	14,42	11,41	0,791	7,16	0,496
5	Piruló galóca	<i>Amanita rubescens</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	5,72	4,31	0,753	46,95	8,208
6	Ízletes rizike	<i>Lactarius deliciosus</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	8,59	3,71	0,432	16,6	1,933
7	Elékszíni nyírókgomba	<i>Camarophylus pratensis</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	5,23	1,78	0,340	14,85	2,839
8	Sárga rókgomba	<i>Cantharellus cibarius</i>	Kisbánya	2014 aug.	7,59	2,47	0,325	19,58	2,579
9	Naranesszini nyveskorallgomba	<i>Calocera viscosa</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	2,92	0,77	0,263	1,40	0,479
10	Ízletes vargánya	<i>Boletus edulis</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	13,35	1,03	0,077	16,03	1,201
11	Gyűrűs tuskogomba	<i>Armillaria mellea</i>	Orbói erdő	2015 szept. 13	8,83	0,47	0,053	5,40	0,612
12	Rézvörös lakkostapló	<i>Ganoderma pfeifferi</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	57,53	0,26	0,005	12,51	0,217
13	Légyölő galóca	<i>Amanita muscaria</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	11,36	-	-	56,01	4,93
14	Változékony tinóru	<i>Boletus luridus</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	7,55	-	-	23,08	3,057
15	Bimbós pótfeteg	<i>Lycoperdon perlatum</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	1,69	-	-	22,48	13,302
16	Pecsviaszögomba	<i>Ganoderma lucidum</i>	Orbói erdő	2015 május	2,06	-	-	20,80	10,097
17	Arvégü füleke	<i>Collybia fusipes</i>	Szabaderdő	2015 június	14,38	-	-	32,4	2,253
18	Mezei szögfügomba	<i>Marasmius oreades</i>	Orbói legelő	2015 május	9,56	-	-	23,61	2,469
19	Nagy özlábogomba	<i>Macrolopiota procera</i>	Orbói legelő	2014 június	7,49	-	-	16,75	2,236
20	Császargalóca	<i>Amanita caesarea</i>	Szabaderdő	2013 június	1,93	-	-	9,01	4,668
21	Ízletes vargánya (sötétbarna kalapú változat)	<i>Boletus pinophilus</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	4,22	-	-	18,56	4,398
22	Püpos egyrétiapló	<i>Trametes gibbosa</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	24,2	-	-	8,64	0,352
23	Viaszféher tölcsergomba	<i>Clitocybe phyllophilla</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	1,36	-	-	7,85	5,772
24	Sereges tölcsergomba	<i>Clitocybe gliba</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	2,28	-	-	7,09	3,109
25	Lepketapló	<i>Trametes versicolor</i>	Orbói erdő	2015 szept. 13	5	-	-	11,56	3,312
26	Lepketapló (változat)	<i>Trametes versicolor (var.)</i>	Orbói erdő	2015 szept. 13	33	-	-	2,16	0,065
27	Csoportos füleke	<i>Collybia marasmioides</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	0,59	-	-	8,41	14,254

1 Bq (Becquerel) az aktivitása annak a radioaktív anyagnak, amelyben másodpercenként egy atommag bomlik el

A gyűjtött gombák által tartalmazott radioaktív 40K tömegegységre számított aktivitása kBq/kg-gombán

	Magyar elnevezés	Latin elnevezés	Hely	Időpont	Tömeg (gramm)	A ¹³⁷ Cs (Bq)	C ¹³⁷ Cs (kBq/kg)	A ⁴⁰ K (Bq)	C ⁴⁰ K (kBq/kg)
1	Csoportos füleke	<i>Collybia marasmioides</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	0,59	-	-	8,41	14,254
2	Bimbós pótfeteg	<i>Lycoperdon perlatum</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	1,69	-	-	22,48	13,302
3	Pecsviaszögomba	<i>Ganoderma lucidum</i>	Orbói erdő	2015 május	2,06	-	-	20,80	10,097
4	Begöngyöltésű cölöpgomba	<i>Paxillus involutus</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	1,70	1,55	0,912	15,85	9,324
5	Piruló galóca	<i>Amanita rubescens</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	5,72	4,31	0,753	46,95	8,208
6	Lilásfehér pokhálógomba	<i>Cortinarius alboviolaceus</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	2,29	11,09	4,843	13,94	6,087
7	Viaszféher tölcsergomba	<i>Clitocybe phyllophilla</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	1,36	-	-	7,85	5,772
8	Vörösbarna tejszögombó	<i>Lactarius quietus</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	5,82	14,28	2,454	31,58	5,426
9	Légyölő galóca	<i>Amanita muscaria</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	11,36	-	-	56,01	4,93
10	Császargalóca	<i>Amanita caesarea</i>	Szabaderdő	2013 június	1,93	-	-	9,01	4,668
11	Ízletes vargánya (sötétbarna kalapú változat)	<i>Boletus pinophilus</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	4,22	-	-	18,56	4,398
12	Lepketapló	<i>Trametes versicolor</i>	Orbói erdő	2015 szept. 13	5	-	-	11,56	3,312
13	Sereges tölcsergomba	<i>Clitocybe gibba</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	2,28	-	-	7,09	3,109
14	Változékony tinóru	<i>Boletus luridus</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	7,55	-	-	23,08	3,057
15	Elékszíni nyírókgomba	<i>Camarophylus pratensis</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	5,23	1,78	0,340	14,85	2,839
16	Sárga rókgomba	<i>Cantharellus cibarius</i>	Kisbánya	2014 aug.	7,59	2,47	0,325	19,58	2,579
17	Mezei szögfügomba	<i>Marasmius oreades</i>	Orbói legelő	2015 május	9,56	-	-	23,61	2,469
18	Arvégü füleke	<i>Collybia fusipes</i>	Szabaderdő	2015 június	14,38	-	-	32,4	2,253
19	Nagy özlábogomba	<i>Macrolopiota procera</i>	Orbói legelő	2014 június	7,49	-	-	16,75	2,236
20	Ízletes rizike	<i>Lactarius deliciosus</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	8,59	3,71	0,432	16,6	1,933
21	Ízletes vargánya	<i>Boletus edulis</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	13,35	1,03	0,077	16,03	1,201
22	Gyűrűs tuskogomba	<i>Armillaria mellea</i>	Orbói erdő	2015 szept. 13	8,83	0,47	0,053	5,40	0,612
23	Dióízű galambgomba	<i>Russula heterophylla</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	14,42	11,41	0,791	7,16	0,496
24	Naranesszini nyveskorallgomba	<i>Calocera viscosa</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	2,92	0,77	0,263	1,40	0,479
25	Püpos egyrétiapló	<i>Trametes gibbosa</i>	Kisbánya	2015 szept. 10	24,2	-	-	8,64	0,352
26	Rézvörös lakkostapló	<i>Ganoderma pfeifferi</i>	Kisbánya	2015 aug. 25-27	57,53	0,26	0,005	12,51	0,217
27	Lepketapló (változat)	<i>Trametes versicolor (var.)</i>	Orbói erdő	2015 szept. 13	33	-	-	2,16	0,065

1 Bq (Becquerel) az aktivitása annak a radioaktív anyagnak, amelyben másodpercenként egy atommag bomlik el

MEGÉRKEZETT FOLYÓIRATUNK A SZÉKELY MIKÓ KOLLÉGIUMBA

Levél Erdélyből

Tisztelt Staar Gyula főszerkesztő úr,

Dvoráczek Ágoston kolléga jóvoltából megkaptuk Szelle Ernő ajándékát, az elmúlt évek *Természet Világa* évfolyamainak gyűjteményét.

Köszönjük ezt az értékes csomagot, ugyanis az utóbbi években ritkán jutottunk hozzá a folyóirathoz, mert az iskola nem rendelhet folyóiratokat. Így egyéni adományokból, néhány lapszám szabad megvásárlásával jutunk hozzá.

A legtöbb diákunk csak az iskola könyvtárában vagy valamelyik szakterem gyűjteményei között ismerkedik a folyóirattal. Viszont a *Természet Világa* írásai nagyon jól használhatók földrajz, biológia vagy természettudomány órákon, szakkörökön. Különösen örülünk a Diákpályázat gyűjteménynek.

Üdvözlettel,
Pető Mária,
Székely Mikó Kollégium
Sepsiszentgyörgy



A Székely Mikó Kollégium diákjai birtokukba veszik a *Természet Világa* évfolyamait

Kérdések az adományozóhoz

– Az évek óta gyűjtögetett, bekötött *Természet Világa* lapszámairól mondott le, egy iskola javára? Miért?

– Szerettem volna eladni, olyanoknak, akiket érdekel a tudomány e területe és nem veszik kárba az általam gyűjtött és bekötve őrzött anyag. Természetesen jól jött volna egy kis „pénz” is, sajnos, vagy így már hála a jó égnek,

ez nem sikerült. Ráadásul az évek múlása is döntésre kényszerített, hiszen a családomon belül sem tudtam másra hagyni, így maradt a *Természet Világa* szerkesztőségének a megkeresése. A többit már Ön is tudja, jó ötletet kaptam: ajándékozom egy határainkon túli magyar tannyelvű iskolának a *Természet Világa* évfolyamaimat. Utólag már remekül látszik, ez milyen jól sikerült, köszönöm a segítségüket. Amúgy szívesen ajándékozom könyveket mások is, ha az élet úgy hozza.

– Az Ön türelmének és kitartásának eredményeképpen – és Dvoráczek tanár úr segítségével – most célba érkezett a *Természet Világa* több évfolyama Sepsiszentgyörgyre. Úgy érzi, megfelelő helyre kerültek a lapszámok?

– Az Önök munkáját figyelve, abban biztos voltam, hogy jó helyre került az anyag, amit a levelében leírtak és az elkészült képek is bizonyítanak. Nagyon örülök annak, hogy ilyen sikere lett a közös kezdeményezésünknek.

Természetesen
k ö s z ö n e t
Dvoráczek tanár úrnak is, aki eljuttatta Sepsiszentgyörgyre, a Székely Mikó Kollégiumba a folyóiratot.

– Kérem, mutassa be önmagát. Kit kell tisztelnünk Szelle Ernőben, aki hosszú évekig hűségesen járatta és olvasta folyóiratunkat?

– Nyugdíjas vagyok, a természet iránt elkötelezett „madarász”, aki a civil életben szennyvíztisztítással foglalkozott, és itt jutottam hozzá először a *Természet Világa* folyóiratokhoz, így olvashattam az abban szereplő cik-



Csörgey Titusz mellszobrának költségeit adakozásból gyűjtötték össze, Szelle Ernő, a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület veszprémi tagjának kezdeményezésére

keket. Ezen kívül számtalan más folyóiratot járatam, olvastam, majd a Magyar Madártani Egyesületben vállaltam nagyobb szerepet, és így a madártan felé fordultam, de összességében a természet, illetve annak védelme foglalkoztatott, és foglalkoztat ma is. Az egyesületi rendezvényeink sok szép emlékekkel ajándékoztak meg, és talán másoknak is sikerült sok szép élményt nyújtanunk, ezért érdemes élni és munkálkodni. Két képet csatolok majd, ami ehhez kapcsolódik, Önökre bízom, melyiket használják



Szelle Ernő

fel. Az egyik életem nagy eredményéről szól, ezért már érdemes volt küzdeni.

(S. GY.)

Mi lett velük?

A soproni Széchenyi István Gimnázium díjnyertes diákjai emlékeznek

A Természet Világa diák-cikk-pályázatának megindulásától már 26 év telt el. A korábbi évek *díjnyertes* diákjai felnőttekké váltak. Igyekszünk nyomon követni sorsuk alakulását, kíváncsiak vagyunk rá, hogy milyen pályákat választottak élethivatásnak. Többen leírták már, hogy örök élményt adott nekik írópalántává avatásuk a Természet Világában. Egy-egy középfokú tanintézményben néhány lelkes rátermett tanár irányításával sok értékes diákcikk született, sok díjnyertes fiatal ismerhettünk meg személyesen is az Akadémián tartott díjátadó ünnepségeken. Mostani összeállításunkban a soproni Széchenyi

István Gimnázium egykor díjnyertes tanulói emlékeznek, elmondják, hogy mi lett velük.

Ők mindannyian egy kiváló tanár, Lang Ágota tanítványai voltak. Tudjuk, életutakat meghatározó lehet, hogy milyen tanáregyenységek kezei alatt pallérozódunk. A tanármű irányításával Sopronban, a Széchenyi István Gimnáziumban kutatódiákok sora nőtt fel. A megszerzett ismereteket megosztani kész diákokból pedig Sopronban a Természet Világa kis fiókszerkesztősége alakult és működik a mai napig. Örömmel mondhatjuk, hogy ilyen kis „szerkesztőségünk” a Kárpát-medence több középfokú tanintézményében is megtalálható.



Lang Ágota, a soproni Széchenyi István Gimnázium fizika-matematika-informatika szakos tanára (Sopron Kiváló Pedagógusa-díjas, Mikola-díjas, Rotary-díjas, Metropolis tanári fődíjas)

Bacsárdi László

Amikor fizikatanárnőnk biztatására három osztálytársammal elhatároztuk, hogy GM-csővel bebarangoljuk a soproni erdőket, nem gondoltam volna, hogy a megszülető pályamunkával elsők közt csatlakozhatok a Természet Világa soproni fiókszerkesztőségéhez. A túrázáson kívül még nagyon sok élményt köszönhetek a középiskolás diákpályázatoknak: üstökös megfigyelése, ultrahang és CT működésének megismerése, száguldás kocsival egy felhőmentes napfogyatkozás-hely után, visszaemlékezés a XX. század nevében.

A folyóirat révén október 31. állandó határidő lett a tanévben (az előtte lévő napok pedig nagy hajtás jegyében teltek). Alaposan elolvasva a diákpályázat kiírását, szerzőtársammal, *Friedl Zitával* még első éves egyetemistaként is készítettünk egy utolsó pályamunkát, egy varázsló útkalauzt a diákpályázóknak...

Bár 20 évvel ezelőtt volt, még mindig emlékszem az első díjátadó ünnepségre. A – soproni diákszemmel – hatalmas és zajos fővárosban, egy patinás helyszínen, a Kossuth Klubban vehettük át a Tudományos Újságírók Klubjának különdíját (s milyen szép keretes a történet, évekkal később, 2001-ben az utolsó diákpályázatunk eredményhirdetésén szintén a TÜK-küldődíjat



nyertük el). A terem felett egy hatalmas térképen tüntették fel az adott évi diákmunkák forrásvidékét – Sopron is felkerült rá. Az ünnepséget követően felkészítő tanárunk, Lang Ágota meghívott minket egy étterembe, ahol fizetéskor hoztak néhány dobókockát. „Ha mindegyikkel hatost dobunk, a fogyasztásunkat a hely állja.” Hagyománnyá vált a diákpályázati díjátadók után eljönni ide szerencsét próbálni – minden évben valaki más dobhatott. Ha a hely nem zárt volna be pár éven belül, talán feldolgoztuk volna egy pályamunkában a matematikai különdíj kate-

gória számára, mennyire vállalt rizikót a játékkal az üzemeltető...

Több szempontból is különleges volt a diákpályázat. Először is, minden pályázatunk egy-egy lenyűgöző kaland volt, amely segített kicsit más szemmel nézni a világra. Másodsor, nagyszerű érzés volt minden évben elutazni Budapestre a díjátadóra, átvenni a különböző díjakat, köztük a Metropolis-nagydíjat. De a folyóirat szolgált minden évben még egy harmadik meglepetéssel is, amikor a postás meghozta azt a lapszámot, amelyben neves szerzők mellett a mi diákpályázatunk is megjelent. De a diákpályázat megtanított arra is, hogyan lehet egy kutatás eredményét közérthetően leírni.

Az első díjátadón többek között egy lila borítójú könyvet kaptam. Lang Ágota bízott, menjek oda a szerzőhöz, és dedikáltam. Azóta is őrzöm a polcomon a *De mi az igazság...* című könyvet, benne *Staar Gyula* kedves soraival. Nagyon sokat beszélgettem azóta a főszerkesztővel, szakmai kérdésektől a geoládák rejtelméig... Másodéves egyetemista voltam a Műegyetemen, amikor meghívott a folyóirat szerkesztőbizottságába. Meghatározó élmény volt részt venni az első szerkesztőbizottsági ülésen és olyan emberekkel koccintani, akiknek a könyvei kötelező tankönyvek az egyetemeken. Az eltelt évek során próbáltam felnőni a szer-

kesztőbizottsági tagsághoz. Ugyan még saját tankönyvem nincs, de sok hallgatóm végezte már el sikeresen a mérnök-informatikus, illetve a gazdaságinformatikus képzést, szerepeltek sikeresen versenyeken – tavaly pedig abban a megtiszteltetésben volt részem, hogy egy Természet Világa diákpályázó forrásmunkákat hivatkozta az egyik diákpályázatunkat.

Mi történt velem a diákpályázatok óta? Elvégeztem a Műegyetemen a mérnök-informatikus szakot, elmélyedve a kvantum-informatikai világában megszereztem a doktori fokozatot, az idén nevet váltott Soproni Egyetem intézetigazgatója lettem, óraadóként tanítok a BME-n, egy ürtevékenységgel foglalkozó hazai szervezet főtítkárává választottak, beválasztottak egy ENSZ-támogatással működő úrkutatói szervezet nemzetközi vezetőségébe. Feleségemmel napfelkeltét néztünk a Fuji tetejéről, elefántokat kerülgettünk Dél-Afrikában, láttuk az utolsó ürrepülőgépet az indítóállványon, sétáltunk a Mojave-sivatagban – de mindez eltorpül amellest, hogy 2016 februárja óta már hármasban fedezhetjük fel a világot.

De közben mindig kapcsolódtam valamilyen módon a folyóirathoz díjátadón mondott beszédekkel, úrturistával való rádiókapcsolat szervezésével, archívum pakolásával, az újságban megjelenő írásokkal.

Továbbra is kötődök a soproni fiókszerkesztőséghez. Nemcsak azért, mert Lang Ágotával belevágtunk néhány nagyobb kalandba (2004-ben a CERN-ben jártunk, 2005-ben együtt kerestük fel Hell Miska emléktábláját a messzi északon, 2011-ben pedig a Fertő tavon kenutztunk egyet, 2015-ben közösen szerveztünk egy táborot), hanem mert időnként találkozhatok a mostani tanítványaimmal. Akik GM-számlálót cipelnek magukkal egy úrkutatói táborba, robotokat programoznak, csillogó szemmel fedezik fel a világot, s rendszeresen szerepelnek eredményesen különböző pályázatokon. Öröm látni, hogy a Lang Ágota körül kialakult soproni fiókszerkesztőség ennyi idő távlatában is aktívan működik.

Horváth Dóra

Mindig nagy szeretettel és örömmel gondolok vissza a soproni gimnáziumi éveimre, aminek meghatározó része volt a Természet Világa diákpályázatán való részvétel.

A reáltárgyak iránti érdeklődésemet Lang Ágota tanárnő fedezte fel. Délutáni foglalkozásokra hívott, ahol levelezős fizikaversenyekre készített fel, majd később diákpályázattal kapcsolatos kutatásokat is végeztünk.

Először csillagászati pályázatot készítettem a Rosetta űrszondáról. Emlékszem, évekkor később a híradásokból értesültem róla, amikor útjára indították a szondát, hogy majd egy üstökösrel találkozson és közelebbről is tanulmányozhassa.



Visszaemlékeztem a sok iskola utáni, fizikateremben eltöltött órára, amikor a témával kapcsolatos kiadványokat tanulmányoztuk és további anyagok után kutattunk.

Ezután tudománytörténeti pályázatokat készítettem, amely kutatások még intenzívebbek voltak. Egy-egy Sopronhoz köthető jelentős magyar professzor munkásságát kutattuk. Ezért egyetemi levéltárakban, könyvtárakban töltöttük a délutánokat. A tudósok még élő hozzátartozóival is sikerült felvenni a kapcsolatot, és meglátogatni őket, hogy interjút készítsünk velük.

Többször is elindultunk kisebb-nagyobb utazásokra egy-egy érdekes és hasznos felfedezés reményében. Általában már nyáron előkészítettük a következő pályázatot néhány utazással, máskor pedig az őszi szünetet vagy egy hétvégét „áldoztuk fel” rá. Szerencsére mindig sikerrel jártunk és újabb részleteket tudunk meg, amelyek aztán hozzájárultak a pályázat sikeréhez.

Volt szerencsém *Simonyi Károly* házába is ellátogatni és a feleségével egy kellemes délutánt eltölteni a családi ereklyék, fényképek nézegetése közben. Így jutottunk el Svájcba a CERN-be is, ahol egy magyar kutató kalauzolt minket az éppen átépítés alatt álló részecskegyorsító egységeiben. Egy nagyobb kirándulás keretében pedig a Skandináv országokat is bejártuk.

A gimnázium után a BME-n tanultam tovább mérnök-informatikus szakon, majd a diploma megszerzése után az Ericsson Magyarország Kft-nél helyezkedtem el és jelenleg is itt dolgozom, egy szoftverfejlesztő csapatot vezetek.

A diákpályázaton való részvétellel megtanultam, hogy a befektetett plusz munka meghozza a gyümölcsét, hiszen többször is díjazott lettem. Nagyon felfelé emelő érzés volt a Magyar Tudományos Akadémia dísztermében átvenni a díjakat. A pályázatok által kiszélesedett a látóköröm, különleges élettörténeteket és velük együtt érdekes embereket ismertem meg.

Erdélyi Soma

Már az első gimnáziumi évemben megismertem Lang Ágota tanárnőt, ő lett az informatikatanárom. Amikor felajánlotta a csoportnak, hogy szívesen felkészítené a vállalkozó szelleműeket egy programozási versenyre, akkor több osztálytársammal együtt én is jelentkeztem. A verseny nagyon jó első tapasztalat volt, ahol pozitív visszajelzéseket kaptam, de tanulságokkal is gazdagodtam.

Második tanévem előtt, a nyári szünet végén megszörcsört a telefon, a Tanárnő arról érdeklődött, nem szeretnék-e egy tűzoltó robotot építeni és programozni. Nagyon izgalmasan hangzott, azonnal rávágtam, hogy benne vagyok. *Nickl István* diáktársam akkor már elkezdte összeállítani a robot hardverét, én a szoftver írásával csatlakoztam be. Több hónap kemény munka következett. Először a hétfőgécen, később egyre több nap iskola után is. Egyik nap végül letettük a forrasztópákát és a csavarhúzó, helyette billentyűzetet ragadtunk, hogy megírjuk munkánkat, eredményeinket a Természet Világa diákpályázatára. Következett az izgatott várakozás. Mikor megtudtuk, hogy a pályázat bírálói első díjjal jutalmazták munkánkat, a pro-



jektbe addig befektetett sok munka és ve-rejtek után nagyon örültünk a pozitív fogadgatásnak. Újult erővel vetettük bele magunkat a további projektekbe: következő évben már egy sugázmérő műszerrel felszerelt robotautóval jártuk végig az iskolánkat, és készítettünk minden emeleten méréseket. Az újabb projektünk eredményeit is természetesen megírtuk a Természet Világa pályázatára, ahol a zsűri ismét első díjjal jutalmazta pályázatunkat.

A gimnázium későbbi éveiben további projektek és pályázatok következtek, nagyszerű csapatban tevékenykedhettem. Eredményeimnek köszönhetően pedig több nemzetközi versenyen, kiállításon vehetem részt. Képviselhettem Magyarországot Londonban, Kínában, Finnországban és Svájcban is. Feladatomban főleg a különböző eszközök, robotok programozása volt, így a Tanárnő szakköréből egyenes út vezetett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai

Karára. A mérnök-informatikus alapképzés elvégzése után jelenleg a mérnök-informatikus mesterképzésen folytatom tudásom elmélyítését. Az egyetemi éveim alatt is igyekeztem megragadni a pályázati lehetőségeket, készítettem interneten keresztül vezérelhető robotautót és virágöntözőt is.

A beküldött cikkek a mai napig megvannak – minden fényképpel, programsorral együtt –, nemrég elő is vettem és újra elolvastam őket. Továbbra is jó érzéssel gondolok vissza azokra az évekre, és nagyon örülök annak, hogy részt vehettem a pályázatok elkészítésében, hozzájárulhattam a sikerükhöz. Köszönöm Lang Ágota tanárnőnek, hogy megadta nekünk ezt a lehetőséget és a Természet Világának, hogy diákpályázatával egy olyan helyet teremtett, ahol munkánkat elbírálták, további kíváncsiságra és kutatásra ösztönöztek.

Kovács Gábor Imre

Szerencsésnek mondhatom magam, mert még ma is rendszeres kapcsolatban állok Lang tanárnővel, és a Természet Világa tavalyi díjkiosztóján is részt vettem, természetesen csak mint néző. A mai napig nagyon kedves emlék minden, amit közösen csináltunk, leginkább azért, mert az érettségi előtti két év nagyon nehéz időszak volt számomra: a családommal otthagytuk Sopront, ezért a közös munka a tanárnővel (és persze a barátokkal a kapcsolat is) részben megszakadt akkor, amikor éppen a legjobbá vált volna. Rengeteg utazgatás volt abban a két évben, hogy a cikkek – és természetesen más projektermékek is – elkészüljenek. Akkor talán



én is kicsit dacosabb voltam, de Lang tanárnővel együtt dolgozni mindig nagyon ösztönző volt mindenféle versenyeken, pályázatokon, ami túllendített az akadályokon, és a többi problémán is, ami akkoriban előjött.

A mai napig nehezen mondok nemet arra, ha a Tanárnő hasonló dolgokon ötlettel, bár jóval kevesebb alkalmunk nyílik találkozni, amelyek közül egyedül a FizikaTúra – amelyen egyszer a Főszerkesztő úr is részt vett – minden évben egy örökös visszatérési alkalom.

Számomra nagyon nehéz elvonatkoztatni a sok másik közös projektől is, amiben a Tanárnővel volt részem 2005 és 2007 között, és nagyon nehéz ma megmondani, mi motivált akkoriban. Azt viszont tudom, hogy amiken akkor dolgoztunk, és amiket akkor elértünk, inspirálni tudnak ma is, ha kicsit elbizonytalanodom.

Ahogy már a „Természet Világás időkben” is, most is szeretek mindennel foglalkozni, és éppen emiatt elég nehéz behatárolni azt, hogy pontosan mi is lett belőlem. Jelenleg projektvezetőként dolgozom az ország egyik legnagyobb informatikai rendszerén, a köznevelésben használt KRÉTA rendszeren. Habár programtervező informatikus lett a végzettségem, jelenleg talán pont az informatikai az, amivel a legkevésbé kell foglalkoznom: valóban a fejlesztői és terméktámogatói csapat munkáját koordinálom, és természetesen az üzletfejlesztés (a bővülés, a folyamatos kiegészítés) folyamatai is nálam csapódnak le. Majdnem minden részét szívesen is csinálom, de ez nem működne, ha nem egy kiváló és fiatal fejlesztői csapat venne körül, akik miatt, és akikkel megéri együtt dolgozni feszített tempóban is. Emellett egy online filmes folyóirat főszerkesztője vagyok, így az írástól sem távolodtam el nagyon.

Remélem, hogy idén is részt tudok venni a díjátadón nézőként, amely így már az ötödik lesz, ha jól számolom, és ami mindig egy kicsit több, mint amit más versenyek adhattak mind a folyóirat, mind a helyszín nivója miatt.

Nickl István

Lang Ágota tanárnővel a soproni Széchenyi István Gimnáziumban ismerkedtem meg, már első pillanatban lenyűgöztek az órái, ahol szemléletes stílusával mindenki számára szerethető és érthető módon tanította a fizikát. Igyekezett minden alkalmat megragadni ahhoz, hogy a diákokhoz közelebb hozza a természettudományokat, és ez a cél motiválhatta akkor is, amikor 2006-ban megrendezte az első Fizikatúrát, ahol a versenyzőknek Sopron erdeiben túrázva kellett érdekes feladványokat megoldaniuk. Valószínűleg a Tanárnő sem sejtette még akkor, hogy milyen nagy sikere lesz a kezdeményezésének, melyet nagy örömmre azóta is minden évben töretlen lelkesedéssel szervez az iskola diákjai számára.

Az első Fizikatúrán – igaz egy kisebb eltévedés után – csapatommal megosztott első helyezést értünk el, ennek következtében ismerhette fel a Tanárnő a természettudományok iránti lelkesedésem, és még abban az évben megkeresett, lenne-e kedvem másodmagammal részt venni egy természettudományos versenyen. Erre a felkérésre semmiképpen nem lehetett nemet mondani! A siker szerencséjére nem is vártott magára,



az országos fordulón rögtön a harmadik helyet szereztük meg. Ebben a Tanárnő szakmai támogatása mellett nagy szerepe volt annak is, hogy a délutánonkénti versenyre való felkészülés során olyan légkört varázsolt körénk, mely motiválta az embert, így a közös munkát sosem éreztük kényszernek vagy megerőltetésnek.

Ezen felbuzdulva vágtunk neki a következő tanévnek, de a Tanárnő hamar felismerte, hogy igazán jó érzékem leginkább a műszaki tudományokhoz van, így már a nyári szünetben neki is láttunk egy új feladatnak, egy számítógép vezérlésű tűzoltórobot tervezésének. Már a legelején látszott, hogy ez sokkal több egy egyemberes projektnél, így a Tanárnő egy másik tanítványa – Erdélyi Soma – is bekerült a csapatba, aki után hosszú évekig dolgoztunk még együtt. A feladatokat is hamar szétosztottuk egymás között, én készítettem a robot hardveres részét – azaz a mechanikát és villamos komponenseket –, Soma pedig a szoftveres részért felelt, ami robotot irányította. A legzseniálisabb, hogy ez a felállás most is teljes mértékben megállja a helyét, ugyanis Soma azóta informatikus, jómagam pedig villamosmérnök lettem.

A tűzoltórobotunk – igaz nem kevés munkával és bukott leközűdésével – elkészült, közben hatalmas tapasztalatot szereztünk a robotika terén. Nagy örömről, munkánkat mások is elismerték, hiszen ugyanabban az évben a Tudományos Diákkörök Országos konferenciáján is első díjasok lettünk és a Természet Világa diákpályázatán odaitélték nekünk a Metropolis-külföldi díjat, ami egyúttal azt is jelentette, hogy munkánk egy tudományos ismeretterjesztő folyóiratban is megjelent, ami akkor engem nagy büszkeséggel töltött el.

A következő tanévnek már az előző év tapasztalatait felhasználva vágtunk neki, új kihívásokat keresve. Ezúttal egy automatikus sugárzásmérő robotot készítettünk, melynek során először alkalmaztuk a NXT programozható Lego kockát, ami a továbbiakban állandó vezérlő eleme lett a szakör keretében készült robotoknak és egyéb eszközöknek. A robottal egy területről tudtunk sugárzástérképeket készíteni, amivel meg tudtuk ismételni korábbi sikereinket.

Ismételten kiérdemeltük a Természet Világa Metropolis-különdíját, és a Tudományos Diákkörök Országos konferenciájáról is újra elhoztuk az első díjat.

A Tanárő nagy hangsúlyt fektet arra is, hogy mindenki olyan témán dolgozzon, ami számára a leginkább megfelelő. Így nagy örömmre szolgál, hogy pár évvel később egy életrajzi kutatásnak eredményeként testvérem – *Nickl Eszter* – is díjat vehetett át az Akadémián, szintén Lang Ágota mentorálásával, a Kultúra egysége és a Hargittai-házaspár díját érdemelte ki másodmagával, így az ő kutatásukról szóló pályázat is olvasható volt a Természet Világában.

Eközben szakkörünk folyamatosan új tagokkal bővült, és a Tanárő vezetésével más projekteken is megmérítettük magunkat. Részt vettünk a Husar–Hunveyor programban, melynek keretében előadhattunk a EuroPlanet konferencián is Potsdamban, eljutottunk Svájcba is a First Lego League Közép-Európai döntőjébe. A Tanárő energiát és fáradságot nem kímélve tanulmányutat szervezett Norvégiába is, ahol a XVIII. századi magyar nyelvész és csillagász – Sajnovics János – útját járhattuk végig. Az egyik legnagyobb megtiszteltetés akkor ért, amikor 2009-ben a Tanárő ajánlásával részesülhettünk *Bacsárdi László felajánlásában* (aki korábban szintén tanítványa volt), és *Erdélyi Somával* részt vehettünk az U.S. Space&Rocket Centerben megrendezésre kerülő űrtáborban az Egyesült Államokban.

Mindezekkel párhuzamosan, 2009-ben a Kutató Diákok Országos Szövetsége tisztségviselőjévé választottak, így alelnöke, egy évvel később elnöke, végül pedig a szervezet ügyvezető elnöke lettem. Ennek köszönhetően lehetőségem volt a kuliszszak mögé is bepillantani, és versenyek, konferenciák szervezésével magam is hozzájárulhattam ahhoz, hogy más diákok is megismerhessék a felfedezés örömeit. Több éven keresztül szervezője voltam a Kutató Diákok rendezvényeinek, nyári táborainak, többek között a Tudományos Diákkörök Országos konferenciájának is, melynek korábban én is résztvevője voltam. Nagy örömmre szolgált, amikor pár évvel később mint zsűritag hívtak vissza a rendezvényre.

Felsőfokú tanulmányaimat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen folytattam, ahol 2016 januárjában alapfokú villamosmérnök diplomát szereztem. Jelenleg a mesterképzés utolsó évét végzem, szakterületem a beágyazott- és biztonságkritikus rendszerek, FPGA alapú és multi-core rendszerek tervezése.

Nagy megtiszteltetésnek érzem, hogy a Méréstechnika és Informatikus Rendszerek Tanszék és konzulensem ajánlására több alkalommal részt vehettem az Ericsson Magyarország HWLab hallgatói ösztöndíj programjának konferenciáján, ahol az adott

félév projektmunkáját a vállalat mérnökei előtt is prezentálhattam.

A Tanárővel azóta is jó kapcsolatot ápolok, akinek lelkesedése a fiatalok mentorálásában most is töretlen, így nagy örömmel veszem, amikor segítségükre lehetek valamely projektjük során, vagy amikor felkér zsűritagnak-segítőnek egy általa szervezett versenyen.

Cserich Dávid

Meglepetésként ért, majd előhozta a kellemes, boldog emlékeimet a felkérés, hogy készítsek egy kis beszámolót, visszaemlékezést arról, mi történt velem azóta, hogy pályázatot küldtem a Természet–Tudomány Diákpályázatra, valamint milyen hatással volt rám a Természet Világa diákpályázatán elért eredmény.

Az egész a soproni Széchenyi István Gimnáziumban kezdődött a tizedik, tizenegedik évfolyamban. Érdekesség, hogy a kutatások megkezdése előtt a vegyészmérnöki pályát tűztem ki magam elé célként, azonban ekkor ismerkedtem meg Lang Ágota tanárővel és „robotika csoportjával”, későbbi kedves kutató társaimmal. Életem első találkozása egy autonóm járművel azonnal megfertőzött, és elindult valami, ami azóta is hajt.

Akkoriban rengeteg robotikaversenyen megmérítettük magunkat a kis önképző körünkkel, ahonnan rendre szép eredményekkel tértünk haza. A versenyek mellett elindult egy kutatásunk is, melynek alapja Wilson, egy autonóm autó volt. Ekkor még nem gondoltam, hogy a kutatás keretein belül eljutunk Bécsbe, Rómába neves kutatók előtt bemutatni a munkánkat, valamint sikeresek lehetünk egy ilyen neves pályázaton, mint a Természet Világa diákpályázata.

Kutatásunk során egy önjáró autót készítettünk, amelyet egy sajnálatos esemény, a vörösiszap-katasztrófa miatt élesben is teszteltük. *Kiss Dániel* és *Erdélyi Soma* kutatótársammal, valamint Lang Ágota tanárővel fáradságos munka során, sokszor éjszakákon, hétvégéken át készítettük el a méréseinket. A munka során szerzett tapasztalatokat a mai napig hasznosítom a mindennapos munkám során.

A kutatómunka, valamint a robotikaversenyek eredményeit mind iskolám, mind szülővárosom díjazta, előbbi a gimnázium Széchenyi Nívó-díjával, míg városom a Sopron Ifjú Tehetsége kitüntetéssel.

Gimnáziumi éveim után az eredeti vegyészmérnöki elképzelés helyett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen végeztem villamosmérökként alapképzésen, mely során a korábbi tapasztalatokat hasznosítva folytattam tevékeny mérnöki munkámat. Egyetemi éveim során többedmagammal elkészítettünk egy Guinness-rekorder Goldberg-gépet, valamint megannyi mérnöki versenyen vettem részt

szép eredményekkel. A versenyek által kerültem egy nemzetközi autóipari gyártó budapesti fejlesztési központjába, ahol az első évem során egy intelligens gokart elkészítésén dolgoztam, azon belül is az automata kormányrendszerrel, valamint az automata parkolással.

Jelenleg folytatom tanulmányaimat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán mint villamosmérnök Msc-hallgató.



Ezen kívül a korábban említett cégnél dolgozom sztereokamera-alapú automata vészfékező rendszereken, emellett pedig diplomamunkám során autonóm autó lokalizációjával kapcsolatban fogok kutatást végezni.

Nagy örömmel gondolok vissza a mai napig a diákpályázatra, a díjkiosztó ünnepekre, ha elhaladok Budapesten az Akadémia épülete előtt, ahol a díjat átvehettem. Azt gondolom, hogy az olyan tanárok, mint Lang Ágota tanárő, valamint az olyan folyóiratok és pályázatok, mint a Természet Világa és annak diákpályázata, elengedhetetlenek ahhoz, hogy fenntartsuk, valamint közelebb hozzuk a tehetséges fiatal diákokat a tudomány ismeretéhez, valamint a kutatás örömehez.

Kiss Dániel

A soproni Széchenyi István Gimnáziumban 2008 őszén kezdtem meg középiskolai tanulmányaimat. Az volt a kitűzött célom, hogy az iskolát jó eredménnyel végezzem el, közben csak a tanulásra koncentrálna, iskola melletti tevékenység vállalása nélkül. Aztán jött Lang Ágota Tanárő és az ő robotika szakköre...

Ez a plusz tevékenységek nélküli időszak egészen két hónapig tartott. Fizikaórán a szabadesést, hajtásokat tanultuk. Ezek vizsgálatára a Löwy-féle ejtőgép szolgál. (A kísérlet: azonos magasságból azonos időpillanatban szabadeséssel és vízszintes hajtással indított, azonos tömegű testek ugyanabban az időpillanatban érnek földet.) Mivel ilyen kísérleti eszköz nem volt az iskolában, a tanárunk felajánlotta, hogy jár az 5-ös, ha valaki épít egy ilyen gépet. Szerintem ezt ő sem gondolta komolyan, hogy egy hétféle alatt valaki előáll egy kísérleti eszközzel.

Fogtam magam és megépítettem a tankönyv alapján a szerkezetet LEGO-ból. Sikertelt bemutatni a kísérletet, járt az 5-ös és Lang Ágota tanárnő is felfigyelt rám. Ezzel meghívást kaptam a szakkörbe, amit természetesen nem utasítottam vissza.

A szakkörben nagyon jó hangulatú csapatba kerültem, ahol hasonló érdeklődésű fiatalokkal dolgozhattam együtt, elsősorban robotikával, robotépítéssel és programozással foglalkoztunk. A munkához a Tanárnő minden feltételt és körülményt maximálisan biztosított. Másfél hónappal az éjtőgép bemutatása után már Svájcban találtam magam a First LEGO League Közép-Európai döntőjében. Középiszkolásként egyetemeken mutattuk be a munkáinkat, a Kutató Diákok Országos Szövetségének számos versenyén vettünk részt, szerepeztünk több ízben a Kecskeméti Főiskola Mobilrobot Programozó Versenyén, illetve a Magyarok a Marson Robotversenyén is.

Az ELTE Hunveyor-Husar programjának keretében egy marsjáró rovert építettünk, melyet több kísérlet elvégzésére készítettünk fel. A rovert külföldi konferenciákon (EPSC, EGU) is bemutattuk, többek között Potsdamban, Bécsben és Rómában. A sors iróniája, hogy a legnagyobb sikereket az ajkai vörösiszap-katasztrófa hozta el számunkra.

A rover által végzett kísérletek közül az egyik a talaj kémhatásának és radioaktivitásának mérése volt. Ehhez a vörösiszappal szennyezett területek jó kutatási helyszínt biztosítottak. Felkerestünk a robotunkkal és majdnem egy évig tartó kutatást végeztünk a Marcal folyóra koncentrálna. Hat al-



kalommal voltunk terepen rovert futtatni és mérni. A projekt lényege a gyakorlati, terepi munka volt, mely sok előadás témájával is szolgált. Elhoztuk a Szabadfogású Számítógépversenyt első díjjal is.

Többek között a témából írtam meg társammal, Cserich Dáviddal a Természet Világa Diákpályázatára a vörösiszap-kutatásról azt a cikket, amelyet 2012-ben az Önálló kutatások, elméleti összegzések kategóriában első díjjal jutalmaztak, illetve megkaptuk a verseny Metropolis-

Az emlékező diákok Természet Világában megjelent írásai

- Bacsárdi László–Friedl Zita –Gibicsár Éva: *Barangolások GM-csővel a soproni erdőkben avagy radioaktív-e a (gáz)harisnyánk*
 Bacsárdi László–Friedl Zita: *Versenyfutás az árnyékkal, avagy az 1999. augusztus 11-ei napfogyatkozás hiteles története*
 Bacsárdi László–Friedl Zita: *Varázsló útikalauz pályázóknak. Hogyan készítsünk pályázatot a Természet Világa Diákpályázatára*
 Bacsárdi László–Friedl Zita: *Útmutatás öcsémnek. A XX. század ajándékai a XXI. századnak*
 Bacsárdi László–Friedl Zita: *Versenyfutás a felhőkkel. Egy égi vándor figyeléséről.*
 Bacsárdi László–Friedl Zita: *Közel a csillagos éghez. Egy csillagvizsgáló története*
 Horváth Dóra: *Egy éjszaka Galileóval*
 Horváth Dóra: *Baleksors e-mailben elbeszélve, avagy a Selmechányai Akadémia hagyományai a Soproni Egyetemen*
 Horváth Dóra–Balogh Tamás: *Simonyi Károly, a kultúra egységének varázslója*
 Horváth Dóra–Stubenvoll Zsolt: *NEURÓDA = neuron + dióda. Hogyan modellezzük idegsejtet?*
 Horváth Dóra–Kovács Gábor Imre: *Hát ez kész káosz, avagy egyszerű nemlineáris jelenségek szemléltetése számítógép segítségével*
 Horváth Dóra: *A geotudományok (professzor) ura. Amiről a fényképek mesélnek*
 Kovács Gábor Imre: *Egy feddhetetlen ember: Budó Ágoston*
 Iván Brigitta–Kovács Gábor Imre: *Escher, avagy a rend és a gekkók*
 Kovács Gábor Imre: *Behálózva*
 Kiss Dániel–Cserich Dávid: *Vörös bolygó helyett vörös folyó*
 Erdélyi Soma–Nickl István: *Hogyan készítsünk házi sugármérő robotot?*
 Nickl István– Erdélyi Soma: *Intelligens tűzoltó apparátus*

különdíját is. Nagy bánatomra, a díjadót pont az angol nyelvvizsgám napjára tették, így Dávid vette át a nevemben is a díjat az Akadémián.

A gimnázium vezetősége az érettség után a munkánkat nívódíjjal jutalmazta, Sopron város vezetésétől Dáviddal Sopron Ifjú Tehetség díjat kaptunk. A szakkörben végzett munka hatására a műszaki pálya felé kezdtem orientálódni. Kicsit kilógtam a sorból, mert a Tanárnő szakköréből többnyire villamosmérnöki vagy informatikai pályára mentek az emberek. Én mindig a robotépítésben vettem részt, mindig az érdekelt, ami kézzel fogható, ezért inkább hardveres feladataim voltak, a munka dokumentálása és az előadások mellett. Így a gépészet irányába tanultam tovább, gyermekkori motorszerelési élményeim hatására a járműgépészet mellett döntöttem.

2012 szeptemberében kezdtem meg járműmérnöki tanulmányaimat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen, ahol 2016 nyarán szereztem meg az alapszakos mérnöki diplomát. Az utolsó évben egy járműdiagnosztikával foglalkozó cégnél fejlesztőmérnök gyakornokként dolgoztam, itt írtam meg a szakdolgozatomat. Rengeteget tanultam a gyakorlati munkából, nem volt kérdés, hogy folytassam a tanulmányaimat, így jelenleg (2016 telén) a BME Járműmérnök MSC képzésén tanulok, autógépész szakirányon.

A szakkör és a Tanárnő keze alatt végzett munka minden értelemben formált, kialakult az irány, hogy mi is érdekel igazán. Megtanultam határidőkre pontos, pre-

cíz munkát végezni, előadásokkal emberek elé kiállni. A csapatmunkáról nem is beszélve, amikor több emberrel együtt kell tevékenykedni. A cikkírás és a dokumentálás során szerzett tapasztalataimat a munkában és az egyetemen is kamatoztattam, a tervezési dokumentációk írása a legkedvesebb tevékenységeim közé tartozik. A mérnöki munka másikkal, számomra preferált, kihívásokkal teli és élvezetes területe a tervezés, és a számításkok, szimulációk végzése. Tulajdonképpen mérnökként is LEGO-zom, csak a LEGO-elemeket is én tervezem és állítom össze belőlük a szerkezetet.

A családom mindvégig mellettem volt, támogatott és támogató mindenben a mai napig. Nagyon szeretek hazalátogatni hozzájuk Völcséjre, a szülőfalumba. A nagyvárosi nyüzsgése után ez igazi felüdülés. Matematikus hűgom is Pesten tanul, szintén mesterképzésen, így a fővárosban is tudunk találkozni. A barátnőm fogorvostan-hallgató, a családom mellett rengeteg támogatást kapok Tőle is. A szakkör tagjaival is jó viszonyt ápolok, tartjuk a kapcsolatot, mindnyájan Budapesten élünk, tanulunk, dolgozunk. A Tanárnővel is rendszeresen találkozunk, nagyjából fél évente érkezik meghívás középiszkolás robotversenyeken való zsűrizésre, vagy akár egy közös ebédre, ha Sopronban járunk.

Ezúton is köszönöm a lehetőséget és a felkérést a Természet Világának és Staar Gyula főszerkesztő úrnak! A felkérés után azonnal elkezdtem írni az összefoglalót, megtiszteltetés volt a folyóiratban (ismételt) írással megjelenni.



A XXVI. Természet–Tudomány Diákpályázatunk díjnyertesei

A díjátadó ünnepséget 2017. március 11-én (szombaton) 14 órai kezdettel tartjuk a Magyar Tudományos Akadémia Felolvasótermében (1051 Budapest, Széchenyi tér 9.). A díjazottakat és tanáraikat e-mailen és levélben is értesítjük.

Önálló kutatások, elméleti összefoglalók kategória

A beérkezett pályázatokat dr. Kordos László, dr. Szabados László és Kapitány Katalin értékelte.

I. díj. Vad Petra–Varga Sabrina: Mi is az eugenol? Avagy a szegfűszeg hatóanyagának vizsgálatai

Berzsenyi Dániel Gimnázium, Budapest
Felkészítő tanár: Dobóné dr. Tarai Éva

II. díj. Kocsis Ábel–Bór Dorina: Hol „tartunk”?

Soproni Széchenyi István Gimnázium
Felkészítő tanár: Lang Ágota

II. díj. Félegyházi Luca–Lengyel Sára Ágnes: Meglepetés-szetyepp a pleisztocénben: paleoökológiai vizsgálatok a Somssich-hegy 2-es lelőhely cickányai alapján

Ferences Gimnázium, Szentendre
Felkészítő tanár: dr. Mészáros Lukács

III. díj. Tóth Zoltán: Diszciplínák találkozásai: a karcagi Asszony szállási-halom földrajzi, néprajzi és régészeti kutatása

Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakközépiskola
Felkészítő tanár: Major János

III. díj. Szócs Boróka: Királynőnek is teljesíteni kell?

Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia

Felkészítő tanár: Szatmári Enikő-Katalin

III. díj. Lekka Ákos: Egy invazív fafa-junk, a mirigyes bálványfa szövettani vizsgálata

Bessenyei György Gimnázium és Kollégium, Kisvárd

Felkészítő tanár: dr. Jambrik Katalin, dr. Koncz Gábor

Különdíjak

Csötönyi Viktor: A Lánycsók-Marázai patak

Szent László ÁMK Vízügyi Szakgimnázium, Baja

Felkészítő tanár: dr. Nebojszki László

Csubák Ramóna: Hóvirág- és vetővirág-szövettenyésztések és a kiindulási növények enzimmintázatainak összehasonlító vizsgálata

Bessenyei György Gimnázium és Kollégium, Kisvárd

Felkészítő tanára: dr. Máthé Csaba, dr. Koncz Gábor

Természet tudományos múltunk felkutatása kategória

A beérkezett pályázatokat dr. Gazda István, dr. Kecskeméti Tibor és Németh Géza értékelte.

I. díj. Kapitány Szabolcs: Kiss József és a Ferenc-csatorna

Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja

Felkészítő tanár: dr. Nebojszki László

II. díj. Cserepes Tamás–Ruzsa Bence–Tomolya Szabolcs: Petrik 165 – az anyagi iparos szelleme még mindig él

Budapesti Műszaki Szakképzési Centrum Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Vegyipari, Környezetvédelmi és Informatikai Szakgimnázium, Budapest

Felkészítő tanárok: Szalkay Csilla, Szabados István

II. díj. Veréb Sándor Andor: Anker Alfonz, az állatnemesítés művésze

Kiskunhalasi Bibó István Gimnázium

Felkészítő tanár: Nagy-Czirók Lászlóné

III. díj. Éliás János: Egy karcagi tudós tanár: Bujk Béla

Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakgimnázium

Felkészítő tanár: Domjáné Nagy Tünde

III. díj. Kis Máté: Treitz Péter emlékezete születésének 150. évfordulóján

Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja

Felkészítő tanár: dr. Nebojszki László

Orvostudományi különdíj

Az Ernst Grote, a Tübingeni Egyetem agysebészeti tanszékének professzora által alapított kategória pályázatait dr. Rosivall László és Kapitány Katalin értékelte.

I. díj. György Attila Tamás–Pálosi Réka: A szem evolúciójának vizsgálata informatikai adatbázisok segítségével

Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia

Felkészítő tanár: József Éva

II. díj. Péterfi Orsolya: Sic volo, azaz így akarom!

Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia

Felkészítő tanár: Szász Ágota Judit

III. díj. Kunecz Eszter: Az félelmetes, ami ismeretlen

Csokonai Vitéz Mihály Református Gimnázium Általános Iskola és Kollégium, Csurgó

Felkészítő tanárok: Mellesné Fonyogáb Kornélia, Varga Jolán

Különdíj: Németh Olga Mária: Ép testben ép Lélek?

Csokonai Vitéz Mihály Református Gimnázium Általános Iskola és Kollégium, Csurgó

Felkészítő tanárok: Mellesné Fonyogáb Kornélia, Varga Jolán

Biofizika különdíj

A Varjú Dezső magyar származású biofizikus, a Tübingeni Egyetem egykori biokibernetika tanszékének emeritus professzora által alapított különdíj pályamunkáit dr. Horváth Gábor értékelte.

I. díj. Engel Botond–Incze Áron: Az UV-sugárzás káros hatása a növényekre

Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia

Felkészítő tanár: József Éva

II. díj. Tihanyi Kata: Lovak és más négy lábú állatok járműdjai és ábrázolásuk

Kiskunhalasi Bibó István Gimnázium

Felkészítő tanárok: Nagy-Czirók Lászlóné, Kiski Magdolna

III. díj. Kovács Benedécz: Játék az irammal

Csokonai Vitéz Mihály Gimnázium, Általános Iskola és Kollégium, Csurgó

Felkészítő tanárok: Mellesné Fonyogáb Kornélia, Varga Jolán, Peperő Miklós

Különdíj: Mészáros Mirtill: Poláros ÖKOskodás

Dunaújvárosi Széchenyi István Gimnázium és Kollégium

Felkészítő tanár: Márkus Zoltán

Kultúra egysége különdíj

A Simonyi Károly professzor alapította különdíj pályamunkáit dr. Füzi László, dr. Radnai Gyula és dr. Schiller Róbert értékelte.

I. díj. Darvay Zsuzsanna: Egy magyar orvos a román függetlenségi háborúban

Báthory István Elméleti Líceum, Kolozsvár, Románia

Felkészítő tanár: Darvay Béla

Metropolis-küldöndíj

Kocsis Ábel és Bór Dorina

Soproni Széchenyi István Gimnázium

Felkészítő tanár: Lang Ágota

ERICSSON-DÍJ 2017

Felhívás díjazandó tanárok ajánlására

BEÉRKEZÉSI HATÁRIDŐ: 2017. MÁRCIUS 15. (ÉJFÉL)

Az Ericsson Magyarország 2017-ben ismét nemcsak 8 kiváló pedagógust díjaz összesen 2 000 000 forinttal, hanem egy kiváló iskolának is támogatást nyújt 500 000 és 1 000 000 forint közötti értékű eszközvásárlás lehetőségével. Az „Egy álom megvalósul” pályázatot az adott évben Ericsson-díjnyertesek iskolái nyújthatják be – e pályázat kiírására a díjazottak személyéről szóló kuratóriumi döntést követően kerül sor (2017. április 20. után).

Az Ericsson Magyarország Kutatás-Fejlesztési Igazgatósága által 1999-ben alapított díjat általános-, vagy középiskolákban fizikát vagy matematikát oktató pedagógusok nyerhetik el.

Az elismerés azért jött létre, hogy támogassa, elismerje és erősítse a magyarországi, világviszonylatban is kiemelkedő matematikai és természettudományos alapképzést.

Az Ericsson Magyarország elkötelezte magát a hazai oktatás fejlesztése mellett; vállalásának fontos része ez a díj. A közel kétezer fős hazai vállalat nemcsak a telekommunikációs ipar egyik legnagyobb munkáltatója, hanem 1300 fős Kutatás-Fejlesztési Központjával a legnagyobb telekommunikációs és informatikai kutatással, szoftverfejlesztéssel foglalkozó szellemi centrum Magyarországon. Számára ezért elengedhetetlen a kiválóan képzett fiatal diplomás munkaerő. A díjra esélyes pedagógusok szakmai munkája és emberi hozzáállása teszi lehetővé, hogy a hazai műszaki és természettudományi diplomával rendelkezők tudása megfelelő szellemi értéket képviseljen, és vonzóvá tegye a beruházást infokommunikációs csúcstechnológiák kutatás-fejlesztésébe Magyarországon.

Az ERICSSON-DÍJAKAT 2017-ben két kategóriában ítélik oda:

1. „Ericsson a matematika és fizika népszerűsítéséért” díj, ami 2 matematikát és 2 fizikát tanító pedagógus (általános vagy középiskolai) részére

„Egy álom megvalósul” tájékoztató az Ericsson meghívásos pályázatáról

A 2017. évi Ericsson-díjazott tanárok iskolái kísérleti, informatikai eszközök beszerzésére meghívásos pályázatot adhatnak be. A pályázóknak be kell mutatniuk, hogy milyen programot terveznek a következő tanévben az általuk szükségesnek tartott eszközökkel, és hogy ez a tevékenység hogyan járul hozzá az iskolában a matematika, a természettudományok, vagy az informatika népszerűsítéséhez, oktatásához vagy tehetségeinek gondozásához.

A 2017-es Ericsson-díjazottak iskoláinak igazgatói értesítést kapnak a díj odaítéléséről, és ezzel egy időben megkapják a részletes pályázati felhívást. A pályázói körbe tartozó legfeljebb 8 iskola közül egyetlen nyertest hirdet ki az Ericsson 2017 őszén. A pályázatokat az Ericsson Magyarország Kutatás-Fejlesztési Igazgatósága bírálja el a pályázati útmutatóban leírt szempontok alapján.

egyenként 250 000 Ft-tal járó díj.

Azok kaphatják, akik tanítványaikkal aktívan bekapcsolódtak a Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapok vagy az ABACUS folyóiratának pontversenyeibe, vagy a tanítás mellett évek óta a legtöbbet teszik a tantárgyuk iránti érdeklődés felkeltéséért és megszerettetéséért.

2. „Ericsson a matematika és fizika tehetségeinek gondozásáért” díj, ami 2 matematikát és 2 fizikát tanító pedagógus (általános vagy középiskolai) részére egyenként 250 000 Ft-tal járó díj.

Azok kaphatják, akiknek tanítványai a legjelentősebb hazai vagy nemzetközi egyéni versenyeken, például a Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapok vagy az ABACUS versenyek;

a Varga Tamás, Kalmár László, Zrínyi Ilona, Arany Dániel matematikaversenyek; matematika vagy fizika OKTV; Öveges József, Jedlik Ányos, Mikola Sándor, Szilárd Leó fizikaversenyek; a Nemzetközi Matematika vagy Fizika Diákolimpiák, a Kürschák József matematikai tanulóversenyek vagy az Eötvös Loránd fizikaversenyek valamelyikén a 2011–2012-es tanévtől kezdődően elnyerték az első öt díj egyikét.

A díjakat a MATFUND Középiskolai Matematikai és Fizikai Alapítvány ítéli oda a Bolyai János Matematikai Társulat és az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Ericsson-díjbizottságainak ajánlása alapján.

A díjazandókra írásos javaslatot nyújthatnak be szakmai és társadalmi szervezetek, a javasolt tanár tevékenységét ismerő kollégák, tanítványok. Az ajánlásnak tartalmaznia kell a javasolt személy részletes szakmai jellemzését, különös tekintettel azokra a szempontokra, amelyek alapján a díjra érdemesnek tartják.

Pályázatot csak a különböző kategóriák elektronikus „Pályázati adatlapjaiban” nyújthatnak be. A pályázati űrlapok elérhetők 2017. február 10-től a www.komal.hu oldalon. Ha a korábbi években már javasolt tanár nem kapott díjat, a felterjesztést (aktualizálva) kérjük, ismételjék meg! Rátz-életműdíjas tanárt kérjük, ne jelöljenek Ericsson-díjra! Viszont Ericsson-díjas tanár 8 év elteltével újra felterjeszhető az Ericsson-díjra.

A pályázati adatlapok 2017. március 15. éjfélig (23:59) lesznek elérhetők. A pályázatokat kizárólag online lehet benyújtani. Kérdés esetén a következő e-mail címre írhatnak: matfund@komal.hu. A szakmai bizottságok a benyújtott írásos javaslatok alapján részletes indoklást mellékelve javaslatot tesznek a jelöltek sorrendjéről, mely alapján a MATFUND kuratóriuma 2017. április 20-ig dönt a díjazandók személyéről. A díjkiosztó ünnepségre 2017. május végén kerül sor.

Nyugat-Ausztrália geológiai csodái

A Pinnacles-sivatag és a Thetis-tó élővilága



A sótüdő *Tecticornia pergranulata* a Thetis-tó partján



Rózsás kakaduk napoznak a Pinnacles-sivatag egyik kőoszlopán



Szürke óriáskenguru a Pinnacles-sivatag melletti autóparkolóban



A Pinnacles-sivatag a kövekkel kijelölt úton autóval is bejárható



A Thetis-tó sztromatolitjai



A *Banksia menziesii* egy füzérvirágzatában akár 1000 virág is lehet

Turcsányi Gábor és
Turcsányiné Siller Irén felvételei

Agykutatás Nemzetközi Hete
2017. március 13-19.



Meghívó!

Agykutatás Napjai Budapesten

2017. március 17-18
10.00 – 18.00

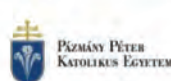
Eötvös Loránd Tudományegyetem
Természettudományi Kar
Déli épület, Aula
Budapest, XI. Pázmány Péter sétány 1/c

Belépés ingyenes

Minden érdeklődőt örömmel várnak az agykutatók és a szervezők.



okiti HUNGÁRIAI KÖZMŰVELÉSI ÉS TUDOMÁNYOS AKADÉMIA



mindennapi pszichológia



nka
Nemzeti Kulturális Alap

