

Természet Világa

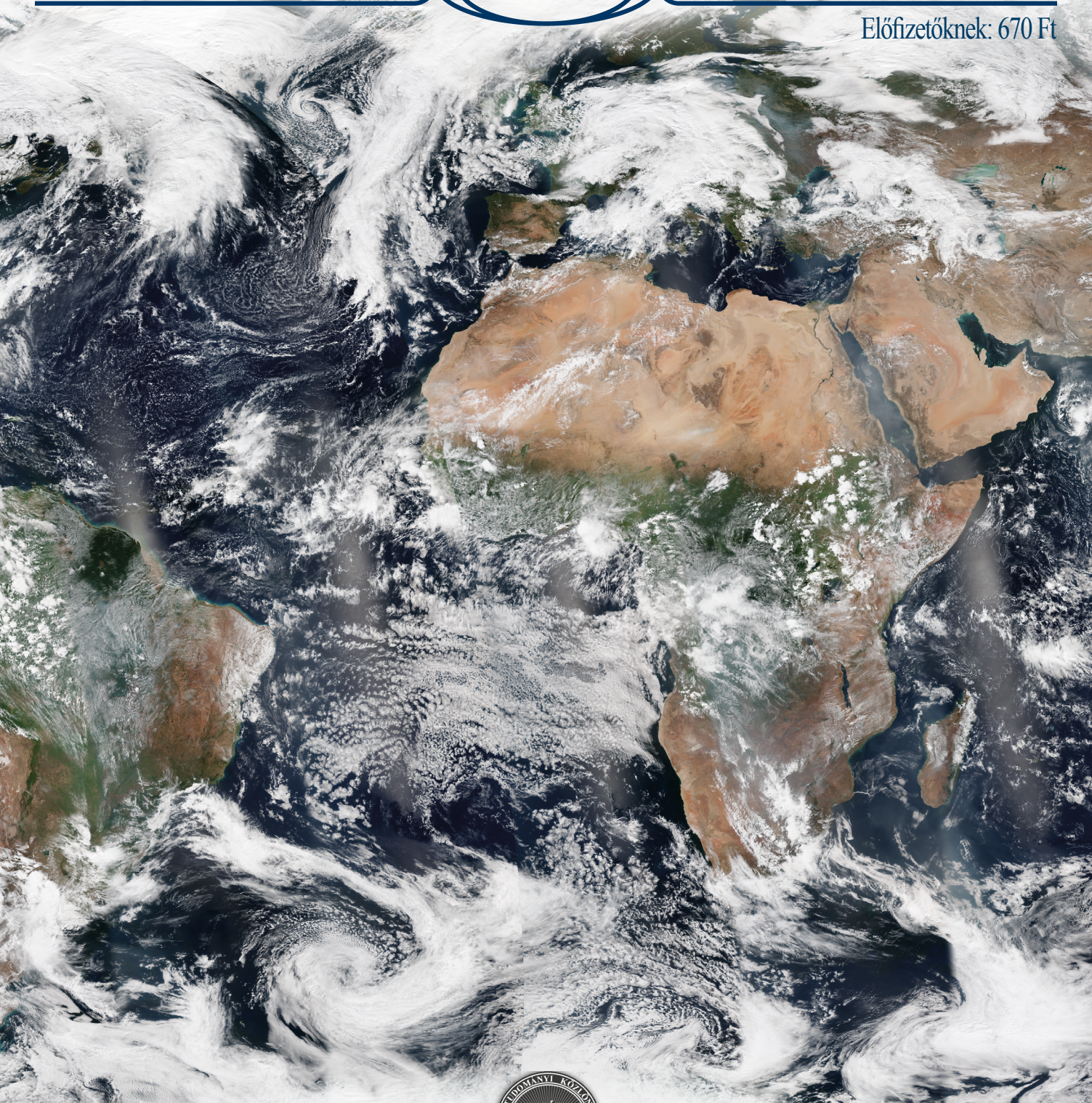
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

148. évf. 10. sz.

2017. OKTÓBER

ÁRA: 780 Ft

Előfizetőknek: 670 Ft



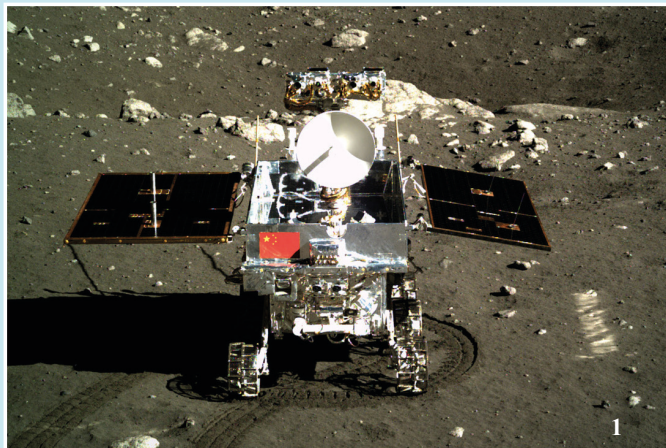
- HAT ÉVTIZED AZ ŰRKORSZAKBAN
- A SZPUTNYIK-1 STARTJA
- HA ÁRAM VAN, MINDEN VAN



- ZSEBMŰHOLDOK
- COPERNICUS ÉS SENTINEL
- KÉSZÜLÜNK A MARSRA

■ „NEM TEKINTEM A KUTATÁS HASZNOSSÁGÁT SZÉGYENNEK” –
BESZÉLGETÉS GOMBOSI TAMÁS ŰR-PLAZMAFIZIKUSSAL

60 év emlékezetes űreszközei



1. Már Kína is eljutott a Holdra, holdjárójukat a leszállógység fényképezte le (*National Astronomy Observatory of China*)

2. A Curiosity évek óta dolgozik a Marson (*NASA*)

3. A Nemzetközi Űrállomásnak köszönhetően 2000 óta folyamatos az emberi jelenlét az űrben (*NASA*)

4. Az űrverseny eldőlt – 1969–72 között 12 amerikai űrhajós járt a Holdon (jobbra a magyar Pavlics Ferenc tervezte holdautó) (*NASA*)

5. Az orosz Szojuz hordozórakétákat ma már a francia guyanai Európai Űrközpontból is indítják (*ESA – Stéphane Corvaja, 2017*)



Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
KIRÁLYI MAGYAR

TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
148. ÉVFOLYAMA



2017. 10. sz. OKTÓBER

Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi Díjas folyóirat



nka



Szellemi Tulajdon
Nemzeti Hivatala



EMBERI ERŐFORRÁS
TÁMOGATÁSKEZELŐ

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.

Megbitott főszerkesztő:

GOZON ÁKOS

Szerkesztőség:

1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.

Telefon: 06-1-327-8950, fax: 06-1-327-8969

Levélcím: 1444 Budapest 8., Pf. 256

E-mail-cím: termvil@titnet.hu

Internet: www.termeszetvilaga.hu

Felelős kiadó:

PIRÓTH ESZTER

a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

Kiadja

a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat

1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.

Telefon: 06-1-327-8900

Nyomás:

PAUKÉR 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: 06-1-327-8950
e-mail: titlap@telc.hu

Előfizetés, reklamáció:

Magyar Posta Zrt.

Telefon: 06-1-767-8262

E-mail: hirlelofizetes@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

Bacsárdi László – Both Előd: Hat évtized az űrkorszakban.....	434
Almár Iván: A Szeptnyik-1 startjának előzményeiről.....	435
Gschwindt András: A Szeptnyik-1 jeleinek vétele.....	439
„Nem tekintem a kutatás hasznosságát szegénynek” Gombosi Tamás űr-plazmafizikussal beszélget Both Előd	440
Frey Sándor – Farkas Péter – Grenczy Gyula: Copernicus, Sentinel és Magyarország.....	445
Bacsárdi László: A műholdas kommunikáció.....	449
Maradi István: Ha áram van, minden van. Elektromos energia előállítás az űreszközök fedélzetén.....	450
Ehmann Bea – Balázs László: Készülünk a Marsra. Földi űranalóg szimulációk legénységének pszichológiai vizsgálatai.....	452
Gézy Gábor: A Smog-1, az új magyar zsebműhold.....	454
Hirn Attila – Zábori Balázs: RadMag. Űridőjárás célú hazai technológia-fejlesztés.....	455
Dobos-Kovács Mihály: CanSat, avagy „műhold” a dobozban.....	456
Rózsa Szabolcs – Mile Máté: GPS a csapadék előrejelzésében.....	457
Hurtony Tamás: Röntgenmikroszkópos vizsgálatok az űrtechnológia szolgálatában.....	458
<i>E számunk szerzői</i>	459
HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSÉGEK	460
Beck Mihály akadémikustól búcsúznunk.....	462
Bencze Gyula: A magyar tudomány nagy vesztesége.....	462
Lente Gábor: Emlékszilánkok.....	463
Beck Mihály: Álmélni és elmélni.....	464
Lente Gábor: Tudományos kalandozások Beck Mihállyal (<i>OLVASÓNAPLÓ</i>).....	466
Szépszó Gabriella – Lakatos Mónika: Politikai döntések hatása az éghajlat megváltozására – nagyban és kicsiben.....	467
Babinszki Edit – Kőbányai Péter – Gáspár Anita: A Japáni szigetek cartographiája.....	470
Csaba György: Fókuszban a férfimeddség.....	473
Hollósy Ferenc: <i>A kvarc</i>	476
FOLYÓIRATSZEMLE	479

Címképünk: A NASA Suomi NPP műholdja 2015. október 14-i felvételeiből összeállított mozaik a Föld felszínéről és felhőzetéről (*NASA's Goddard Space Flight Center*)

Borítólapunk második oldalán: 60 év emlékezetes űreszközei

Borítólapunk harmadik oldalán: Ásványok (*Hollósy Ferenc felvételei*)

Mellékletünk: A XXVI. Természet–Tudomány Diákpályázat cikkei.

A XXVII. Természet–Tudomány Diákpályázat kiírása és a verseny szabályzata.

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

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

Szerkesztők:

KAPITÁNY KATALIN (yka@titnet.hu; 06-1-327-8962)

NÉMETH GÉZA (n.geza@titnet.hu; 06-1-327-8961)

LŐRINCZ HENRIK (lorinczhenrik@telc.hu; 06-1-327-8961)

NYERGES GYULA (nyergesgyula@telc.hu; 06-1-327-8960)

Tördelés: LÉVÁRT TAMÁS

Szerkesztőségi irodavezető:

HORVÁTH KRISZTINA



Hat évtized az űrkorszakban

Lapunk októberi száma szinte napra pontosan hatvan évvel azután kerül az olvasók kezébe, amikor a Föld első mesterséges holdja, a Szputnyik-1 pályára állításával elkezdődött az űrkorszak. Illőnek gondoltuk, hogy az űrkutatás östörténetétől a legújabb eredményekig néhány érdekességet bemutató cikk-szeállítással emlékezzünk meg a nevezetes évfordulóról. Annál is inkább, mert annak az 58 cm-es, bip-bip jeleket sugárzó fémgolyónak a működése nemcsak egy új tudományterület születését jelentette, hanem megváltoztatta a hétköznapi életünket is.

Szinte hónapról hónapra dőltek meg a különböző rekordok, az űreszközök elindultak a távolabbi célpontok, a Hold és a közelebbi bolygók felé. Állatok, majd emberek keringtek a Föld körül az apró kabinokban. Az amerikaiak felvették a kesztyűt: elindult az űrverseny. Alig több mint egy évtizeddel a Szputnyik-1 pályára állítása után, emberek léptek a Holdra. Közben a látványos vállalkozások árnyékában megszülettek az űralkalmazások főbb területei, pályára álltak az első távközlési, meteorológiai és a Földet megfigyelő mesterséges holdak. Később a rekordok fogyatkozni kezdtek, mintha az első évtized fejlődésének viharos tempója alábbhagyott volna. Ez azonban csalóka látszat, még az űrkutatás látványos területeire sem igaz, a fontos alkalmazásokról nem is beszélve.

Az említett alkalmazások többnyire észrevétlenül maradtak, sokszor még azok számára is, akik nap mint nap élvezik az előnyeiket. A háztartások többségébe eljutnak a műholdakról sugárzott tévécsatornák, de a földi sugárzású adók is bőven egészítik ki műsorukat műholdas kapcsolaton keresztül továbbított tudósításokkal. A műholdaknak köszönhetően pontosabbak lettek és egyre hosszabb időre szólnak a meteorológiai előrejelzések. Némi késéssel hódította meg a civil felhasználók körét a műholdas navigáció, elterjedése viszont annál rohamosabb volt.

Ma az emberes űrrepüléseknél már nem az a cél, hogy egyre hosszabb időtartamok kerüljenek a rekordok nyilvántartásába. Ehelyett a hangsúly az érdemi munkára tevődött át: a Nemzetközi Űrállomásnak köszönhetően immár több mint másfél évtizede folyamatos az emberi jelenlét a világűrben. A cél napjainkban már az, hogy az űrhajósok hasznos és érdekes tudományos kísérleteket végezzenek a súlytalanságban – hetente akár több tucatot. Ezek eredménye azonban egyre inkább csak a szakemberek szűk körét hozza lázba.

Hasonló a helyzet a csillagászatban és a bolygók kutatásában. A Naprendszer minden bolygóját, számos holdat, üstököst felkerestek már az emberkéz alkotta szerkezetek. A tartós vizsgálatok azonban már olyan szakmai mélységű ismereteket szolgáltatnak, amelyek tudományos publikációk tömegének az alapjául szolgálnak, az átlagember érdeklődését viszont nem kötik le. Talán nem véletlen, hogy a NASA legújabb, a Jupiter körül keringő űrszondájára egy olyan kamera is felkerült a műszerek közé, amelynek egyetlen feladata, hogy a laikusokat bámulatba ejtő felvételeket készítsen, miközben a többi fedélzeti műszer zavartalanul gyűjtheti a specialisták számára kincseshányát jelentő adatok tömegét.

Az űrtevékenység elmúlt hat évtizedben bekövetkezett fejlődésére ennél is jellemzőbb az, milyen széleskörűvé vált az aktív űrtevékenység. Az űrverseny idején a két „úrhatalom” szigorúan

állami kiváltsága volt az űreszközök építése és űrbe juttatása. Ma már tucatnyi ország képes hordozórakétát építeni és indítani. Sőt megjelentek a piacon a versenyképes magáncégek, amelyek nemcsak műholdakat építenek és állítanak saját rakétaikkal pályára, hanem utánpótlást szállítanak a Nemzetközi Űrállomásra, de arra sem kell már sokat várnunk, hogy űrhajóikkal ők vigyék az űrállomásra az ott dolgozókat. Több tucat ország büszkélkedhet már saját űrhajóssal, még több saját műhoddal. Az űreszközök építése is már réges-rég megszűnt állami privilégium lenni, a nagyobb műholdakat nemzetközi magáncégek építik, a kisebbeket akár egyetemi csoportok is elkészíthetik. Ezt a fejlődést látva gondoltuk úgy, hogy az évforduló alkalmából érdemes visszapillantani erre a nagyszerű történetre.

Az űrkorszak kezdetére és hat évtizedes fejlődésére emlékező tematikus összeállításunk elkészítéséhez a Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) nemcsak szellemileg, hanem anyagilag is hozzájárult, utóbbit a Nemzeti Fejlesztési Minisztériumban működő Magyar Űrkutatási Irodától kapott támogatás tette lehetővé. Ugyanaz a gyümölcsöző együttműködés, amely az elmúlt évtizedekben a Természet Világa több sikeres űrkutatási különszámában öltött testet.

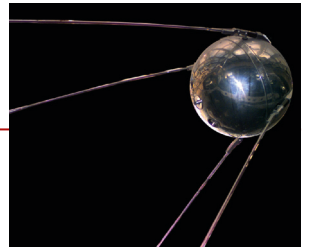
A MANT jogelődje az akkori Ismeretterjesztő Társulat Asztronautikai Bizottságaként már 1956 tavaszán megalakult, mert a különböző szakterületek képviselői már tisztában voltak azzal, hogy a fordulat bekövetkezik, az űrkorszak beköszönt, csak az volt a kérdés, pontosan mikor. Az Asztronautikai Bizottságból három év elteltével létrejött a MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztálya, amely 1986-ban, Magyar Asztronautikai Társasággá alakult.

A MANT az űrkutatás iránt érdeklődőket és az űrtevékenységgel aktívan foglalkozó hazai szakembereket tömöríti, küldetése megalakulása óta változatlan. Terjesztjük az űrhajózási-űrkutatási ismereteket, ezen belül kiemelten foglalkozunk az ifjúsággal, akik számára már két évtizede táborokat és más rendezvényeket kínálunk. Szisztematikusan küzdelmet folytatunk azért, hogy kialakuljon az egységes magyar szaknyelv az asztronautikában, és a szakmát elöntő angol kifejezések legalább egy részét nyelvtanilag és szakmailag egyaránt igényes fogalmakkal helyettesítsük. Megpróbáljuk tudatosítani, hogy az űrtan nemcsak az űrhajózást jelenti, hanem jelen van mindennapi életünkben: a katasztrófa-előrejelzéstől kezdve a termésbecslésen és a műholdas helymeghatározáson át az orvos- és jogtudományig egyaránt. Társaságunk szakmai programok, konferenciák, szemináriumok, találkozók szervezése mellett minél szélesebb közönséghez szeretne szólni, a fiataloktól az idősekig egyaránt. Az általános és középiskolás fiatalok számára pályázatokat, programokat, úrtáborot, a felsőoktatásban tanulók és fiatal szakemberek számára szakmai fórumokat, űr-akadémiát szervezünk. Megjelenünk a széles nagyközönségnek szóló tudománypopularizáló rendezvényeken, továbbá az Űrtan Évkönyv és körlevelünk formájában rendszeres kiadványokat jelentetünk meg. Végül, de nem utolsósorban, a MANT a *Tudomány születik* és a *Tárguló határok* című interjúköteteken a magyar űrtevékenység hőskora részeseinek visszaemlékezésein keresztül mutatta be, hogyan jött létre hazánkban az űrkutatás – szinte egy időben a Szputnyik-1 hatvan évvel ezelőtti felbocsátásával.

BACSÁRDI LÁSZLÓ,
a MANT főtájkára,
a Természet Világa szerkesztőbizottságának tagjai

BOTH ELŐD,
a MANT alelnöke,

A cikkek a Magyar Asztronautikai Társaság támogatásával jelentek meg.



ALMÁR IVÁN

A Szputnyik–1 startjának előzményeiről

A pám 1957. október 5-én reggel az-
zal ébresztett: „bemondta a rádió,
hogy az oroszok valami szputnyik-
ot lőttek fel a világűrbe!” Annak ellené-
re, hogy a „szputnyik” szót korábban soha-
sem hallottam vagy olvastam, mégis azon
kevesek közé tartoztam Magyarországon,
akik azonnal felfogták a hír minden túlzás
nélkül világtörténelmi jelentőségét: „Meg-
született a világ első mesterséges holdja”
– mondtam. Azonnal azt kezdtem magam-
ban fogalmazni mint alig 25 éves „szakér-
tő”, hogy mit fogok nyilatkozni a sajtónak.
Bár akkor már megjelent *Az űrhajózás* cí-
mű Nagy Ernővel, Aujeszky Lászlóval és
Sinka Józseffel közös könyvünk (1. áb-
ra), és sok előadást is tartottunk ország-
szerte az űrhajózásról mint tudományról,
de konkrétan a nap hősről, vagyis az első
szputnyikról a szűkszavú közlemény alig
árult el valamit. Nem ismertük a felszere-
lését, a pontos pályáját és a hordozóraké-
táját sem. Igaz, e tekintetben a Föld más
országaiiban is hasonló volt a helyzet, az
angol királyi csillagász például azt nyilat-
kozta, hogy „üres fecsegés” az egész.

Akkoriban a TTIT (később egyszerűen
TIT, a Tudományos Ismeretterjesztő Társu-
lat) volt a modern tudományos ismeret-
ek fő forrása az országban. A TTIT-ben
megértették, hogy az esemény nagyon fon-
tos, és azonnal segíteni kell: mind az elő-
adók és a tanárok, mind a diákok érdeklő-
dését legalább részben ki kell elégíteni.
A TTIT Gondolat Kiadó ezért napok alatt
megjelentetett egy kis füzetet: *Amit a mes-
terséges holdról tudni kell* címmel, amely
lényegében kivonatolta a Nagy Ernő mér-
nök, Aujeszky László meteorológus, Sinka
József csillagász és az általam írt fejezetek
lényegét a már említett űrhajózási könyv-
ből anélkül, hogy a forrásra bármiféle utalás
lett volna. De más érdekesség is akad
az 50 ezer (!) példányban kinyomtatott, 23
oldalas brosúra körül. Például az Előszót
„A szerkesztő” írta alá, de neve a füzetben
sehol nem szerepel. Fontosabb ennél, hogy
a címlap (2. ábra) furcsa módon mutatja
be az első szputnyikot, a rá jellemző, ak-

kor már ismert négy hosszú antenna nél-
kül, de egy-egy kiálló bütyökkel a gömb
alakú hold pólusainál. Több kép nincs is
a füzetben.

Ebből is látható, hogy milyen keveset
tudtunk még akkor az első műholdról, és
ennél is kevesebbet a hordozórakétájáról,
és abszolút semmit arról a folyamatról,
amely történelmi jelentőségű startját meg-
előzte. Ebben persze nagy szerepe volt a
Szovjetunió titkolódzásának, és az akko-



1. ábra. Az űrhajózás című könyv 1957 nyarán jelent meg

ri hidegháborús helyzetnek, amely meg-
akadályozta, hogy a katonai fejlesztések-
hez is sok szálon kapcsolódó űrprogram-
ról bármi kiszivároghasson. Ugyanakkor
az első szputnyik pályára állítása akkora
hatást váltott ki világszerte, ami még az
orosz illetékeseket is meglepte. A titko-
lódzás ugyan továbbra is megmaradt, de
ugyanakkor megpróbálták az esemény po-
litikai hatását maximálisan kihasználni.
Ehhez pedig újabb és újabb űrsikerek, és
bővebb információk kellettek. Valóban így
is történt, hiszen körülbelül egy évtizedig

a Szovjetunió – különösen az emberes űr-
repülések és a Hold kutatása területén –
látványos sikereket ért el vetélytársa, az
Amerikai Egyesült Államok előtt.

Rakétafejlesztés a V–2-től az R–7-ig

Térjünk vissza az 1957-es eseményekre
és főleg ezek előzményeire. Ahogy teltek
az évtizedek, Moszkvában egyre több in-
formációt tettek közzé erről a folyamat-
ról. Számomra azonban csak akkor vált ez
az „előtörténet” teljessé, amikor 2007-ben
az Orosz Tudományos Akadémia meghí-
vására Moszkvában részt vehettem az 50.
évforduló ünnepségein, és többek között
kaptam egy 300 oldalas könyvet, amely
oroszul és angolul is közzétette az űrtörté-
nelem sok fontos orosz és külföldi résztve-
vőjének visszaemlékezéseit a hősi időkre.
A könyv címe magyarul *50 éves az űrkor-
szak – első lépések a világűrben* (3. áb-
ra). Ennek több írása hiteles forrásnak
tűnik abban a tekintetben, hogy milyen
göröngyös út vezetett az első szputnyik
felbocsátásáig, kik voltak a Szovjetunió-
ban ennek a folyamatnak az igazi motor-
jai (nevüket a titkolódzás miatt korábban
nem is lehetett tudni). A továbbiakban fő-
leg Igor Bazinov részletes beszámolójá-
ból merítek (elhagyva a kevésbé fontos
személyek, valamint intézmények neveit).
A szerző 1951-től vett részt aktívan a
ballisztikus rakétafejlesztési kutatásokban.
Visszaemlékezései a hordozórakéta és az
első szputnyikok fejlesztésének történeté-
re vonatkoznak.

Közismert, hogy az asztronautika égi
mechanikai alapjai már a XIX. században
ismertek voltak, de a földi gravitáció „le-
küzdésének” eszköze, a rakéta, bár évszáz-
adok óta használták már, még sokáig meg-
maradt a tűzijátékoknál és várostromok-
nál használt egyik segédeszköznek. Három
egymástól, és egyben a tudomány fejlődé-
sétől elszigetelten dolgozó tudós munkás-
ságának köszönhető, hogy a XX. század
elején megszületett a modern hordozóraké-

ta elmélete és gyakorlata. *Konstantyin Ciolkovszkij* Oroszországban volt időben az első, majd az erdélyi származású német *Hermann Oberth*, illetve az amerikai *Robert Goddard* fejlesztette és tökéletesítette a rakétákat a múlt század 20-as és 30-as éveiben. Ciolkovszkij hatására Moszkvában már 1931-ben létrejött a GIRD csoport a rakétameghajtás tanulmányozására. Ennek második vezetője már az a *Szergej Koroljov* volt, aki



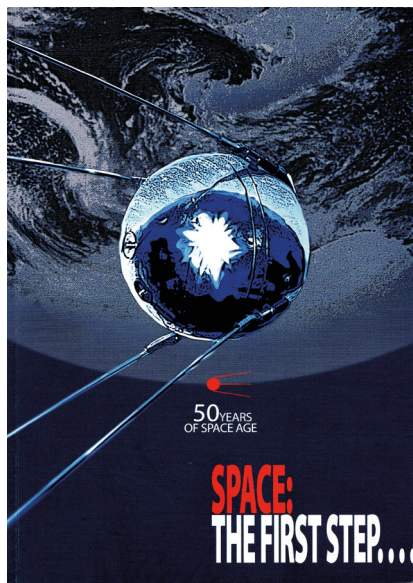
2. ábra. TTIT-brosúra 1957 októberéből

később a szovjet űrprogram vezéralakja lett. 1933 augusztusában egy folyékony hajtóanyagú rakétával 500 m magasságot ért el. Bár Goddard volt az, aki 1926-ban a világon elsőként bocsátott fel ilyen rakétát, az csak 15 m magasságra jutott. A II. világháborút megelőző évtizedben különböző nevű szovjet csoportok és intézmények (GDL, GIRD, RNII) foglalkoztak ugyan rakéták fejlesztésével, de egyrészt legjobb vezetőiket hamis vádakkal sorra internálták, másrészt a katonák fő feladata ebben az időben a szilárd hajtóanyagú taktikai rakéták fejlesztése volt (ezeket használta a Vörös Hadsereg Katyusa néven). Ugyanebben az évtizedben, a hitleri Németországban más utat választottak: Oberth munkásságának hatására, és a fiatal *Wernher von Braun* vezetésével kifejlesztették, és 1944-től London ellen V-2 néven már tömegesen be is vetették a 900 kg-os robbanófejű ellátott, folyadék-üzemanyagú rakétáikat, amelyek 1,5 km/s sebességgel repültek mintegy 300 km hatótávolságra.

Tudjuk, hogy *Churchill* levelekben hívta fel *Sztálin* figyelmét ezekre a félelmetes, új fegyverekre. Közvetlenül a háború befejezése után az angol hadsereg titkos találkozóan mutatta be amerikai, illetve szovjet

szövetségeseinek egy zsákmányolt V-2 rakéta működését. (Ezen a találkozón tudomásom szerint amerikai részről *Kármán Tódor*, szovjet részről az időközben szabadon bocsátott *Koroljov* is részt vett.) 1946 februárjában a szovjet hadsereg Kelet-Németországban létrehozta a Nordhausen Intézetet azzal a céllal, hogy gyűjtse be a még használható V-2 részeket és a műszaki dokumentációt. Az egy évig működő intézet igazgatóhelyettese *Koroljov* volt. Az összeszedett anyag már lehetővé tette hasonló nagyrakéták gyártását. Ehhez *Kapusztyin Jar* közelében az oroszok indítóhelyet is építettek, ahol 1947-től rakétakísérleteket végeztek az 1946-ban alakult és ugyancsak *Koroljov* vezette OKB-1 intézet irányításával. (Az OKB a „Kísérleti Tervezőiroda” rövidítése. Mai utóda az Enyergija nevű asztronautikai óriáscég.) Még *Sztálin* adta ki az utasítást arra, hogy a V-2 nyomán sürgősen meg kell építeni egy hasonló saját rakéta, az R-1 első példányaikat. Az első R-1 1948 szeptemberében lett kész. Közben belefogtak egy nagyobb teljesítményű rakéta, az R-2 tervezésébe is, amely 1 tonna terhet képes 600 km távolságra repíteni. (Ettől az időtől kezdve valamennyi szovjet rakéta főkonstruktöre *Koroljov* lett, akinek a nevét azonban haláláig nem hozták nyilvánosságra.)

Néhány fontos, új szereplő is megjelent ekkor a színen: *Mihail Tyihonravov* a tüzérségi akadémiáról érkezett, munkatársa *Mihail Klavgyijevics* pedig azért jelen-



3. ábra. A *Space: The First Step* című könyv címlapja

tős személy, mert jól ismerte Ciolkovszkij terveit a többlépcsős, úgynevezett „rakétavonatokról”. Ő vetette fel a gondolatot, hogy az OKB-1 építsen össze több hagyó-



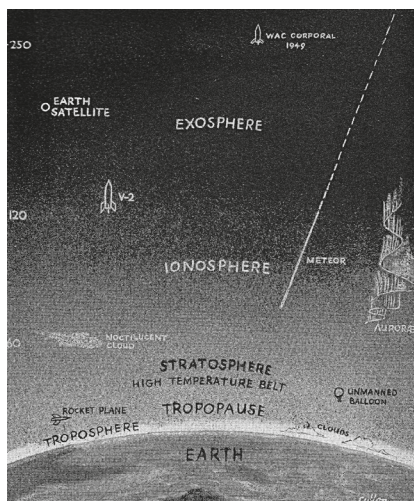
4. ábra. Moore könyve 1955-ből

mányos, vagyis egylépcsős R rakétát egyetlen többfokozatú rakétává, és ezzel növelje meg több ezer kilométerre a hatótávolságot. Ellentétben az amerikai konstruktőrökkel, akik az egyes rakétafokozatokat lineárisan egymásra állították, az orosz elképzelés az volt, hogy az összekapcsolt rakétacsomag a hajtóművek egyidejű működtetésével érjen el nagyobb sebességet. Pontosabban ez csak a nagyrakéta első, indító fokozatára vonatkozott, mert miután innen az üzemanyag elfogyott, az üres tartályok leesnek, és bekapcsolódik a 2. fokozat hajtóműve, tovább gyorsítva a könnyebbé vált rakétát. Végső megoldásként már ekkor felmerült, hogy egy 3. fokozattal akár a hasznos teher Föld körüli pályára állítása is lehetséges.

Tyihonravov megbízta *Igor Jacuzskij* nevű munkatársát a szükséges számítások elvégzésével. Az eredmény nagyon biztónak látszott, a már létező R-2 rakéták (nem hivatalos nevük „ezres rakéták” volt) segítségével a cél elérhetőnek tűnt. Tyihonravov tájékoztatta *Koroljov*ot az eredményről, akinek egyik munkatársa 1948 nyarán kiválasztott szakemberek előtt előadást tartott a nagyszerű témáról. A jelenlévő szakemberek túlnyomó többsége azonban élesen kritizálta és megvalósíthatatlannak tartotta az elképzelést! Ennek következtében Tyihonravov elveszítette eddigi pozícióját, és egyedül *Jacuzskij*nek engedték meg, hogy tovább foglalkozzon a témával – a műholdak felbocsátására vonatkozó „álmokat” azonban szigorúan betiltották.

Közben az OKB-1-ben elkészültek ugyan egy nagy kapacitású, egylépcsős R-3 rakéta tervei, ezek azonban nem valósultak meg. De ennek a tapasztalatai alapján kezdték meg egy még nagyobb hordozórakéta, az R-5 tervezését azzal a céllal, hogy terhet 3,2 km/s

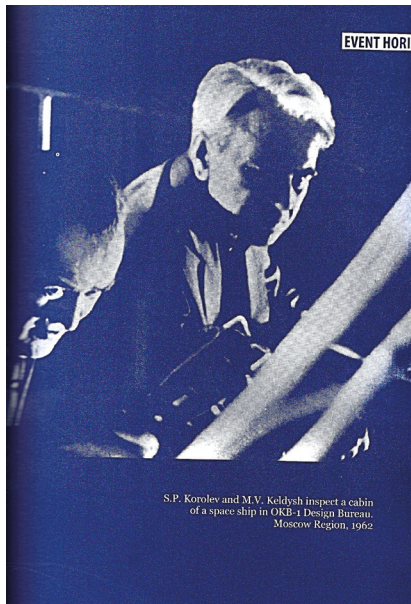
sebességgel 1200 km távolságra juttassa el. Kivitelezése hosszabb időt vett igénybe, az első startra 1953 májusában került sor. Közben, még 1950-ben Koroljov azt a mérész javaslatot terjesztette elő a kormánynak, hogy több intézmény szoros együttműködésével 5–10 ezer km hatótávolságú rakétákat hozzanak létre. Az akkori politikai és katonai helyzet elősegítette, hogy a szovjet kormány elfogadja ezt a javaslatot. Egyrészt a hidegháború élesedett, másrészt a Szovjetuniót akkor már amerikai légitámaszpontok gyűrűje vette körül, amelyekről az amerikai bombázók – akár atombombákkal is – szinte a Szovjetunió egész területét elérhették. Ugyanakkor a szovjet légierő képtelen lett volna ellencsapásra az Egyesült Államok területe ellen. Ezért történt, hogy a szovjet kormány reménye a nehezen elhárítható katonai nagyrakéták felé fordult. Koroljov újra elővette Tyihonravov terveit a többlépcsős rakéták megépítéséről. Klavgyijevec is újra munkához látott, titkos célja pedig a betiltott műhold megvalósítása volt.



5. ábra. A légkör térképe Moore könyvében

Tyihonravovnál az úgynevezett „legegyszerűbb kétlépcsős rakéta” megvalósítása volt az első cél, amely egy központi 2. fokozatból és az oldalára csatolt 2–4 segédtrakétából állt. Valamennyi rakétához azonos hajtóművet terveztek. Még sok más műszaki problémával is foglalkoztak, többek között megkezdték egy erre alkalmas indítási hely keresését is.

Egy másik lelkes mérnök, *Gleb Makszimov* már 1950-ben titokban egy mesterséges hold optimális pályára juttatásának problémájával foglalkozott. Célul tűzte ki, hogy a pálya 300 km fölött húzódjon. Azt javasolta, hogy két fázisban hajtsák végre a feladatot: először a perigeumig emelje a rakéta a holdat, majd az apogeumot elérve újabb gyorsítással emelje meg a pálya legalacsonyabb pontját (ami megnöveli a hold élettartamát).



6. ábra. Koroljov és Keldis

Tyihonravov 1950 márciusában újra nyíltan beszélt terveiről, nemcsak a többlépcsős, nagy hatótávolságú katonai rakétákról, hanem a később már akár embereket is szállítani képes mesterséges holdakról is. Ezt az előadását is szkeptikusan fogadta a szakmai közönség, de a programot már nem lehetett leállítani. Koroljov ekkoriban vette fel az OKB-1 tervei közé a három darab R rakéta összekapcsolásával működő lépcsősrakétát, ami az első jele volt annak, hogy egy műholdak pályára állítására alkalmas többlépcsős rakéta megvalósításával kíván foglalkozni.

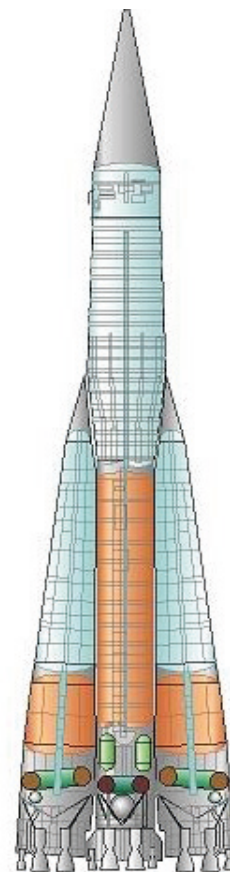
Tyihonravov csoportjában 1953-ig folytattak többlépcsős rakéta fejlesztésével kapcsolatos tanulmányokat. Ezek biztató eredményeit feljegyzésekben folyamatosan jelentették a kormánynak, hangsúlyozva, hogy ilyen ballisztikus rakétákkal lehet csak bármiféle eszközt (bombát) interkontinentális távolságra repíteni. E feljegyzéseknek szerepük lehetett abban, hogy 1954-ben megszületett a szovjet kormány határozata egy többlépcsős R–7 rakéta létrehozásáról. Tyihonravovék eredményei segítettek Koroljovot néhány alapvető döntés meghozatalában: például az OKB-1 elvetette a korábbi „szárnyas rakéta” verziót, és megkezdte az R–7 tervezését.

Új problémaként merült fel, hogy az R–7 startjához már nem alkalmas Kapusztin Jar mint indítóhely. A viszonylag sűrűn lakott vidéken nem lehetett nagyrakétákkal kísérletezni, mivel hiba esetén a leeső darabok súlyos károkat okozhatnak a lakosságnak. Jacunskij és csoportja több lehetséges helyszínt megvizsgált, köztük *Dzsuszali* város környékét Kazahsztánban, ahol végül a *Bajkonur* elnevezésű kozmódrom megépült. (Tulajdonképpen *Tyuratam* a kozmódromhoz legközelebb

eső település, Bajkonur több mint 300 km-re van, ezért az elnevezés „az ellenség félrevezetését” szolgálta. A kozmódrom helyét a szovjetek még sokáig titkos információként kezelték, bár viszonylag hamar pályára kerültek olyan amerikai mesterséges holdak, amelyek felvételein már jól látszottak az indítóhelyek és a rakéták.) Úgy tervezték, hogy a tesztindítások során a becsapódások az alig lakott Kamcsatkán történjenek. A szovjet Állami Bizottság jóváhagyta a helyszínt, és megkezdhetett a kozmódrom építését.

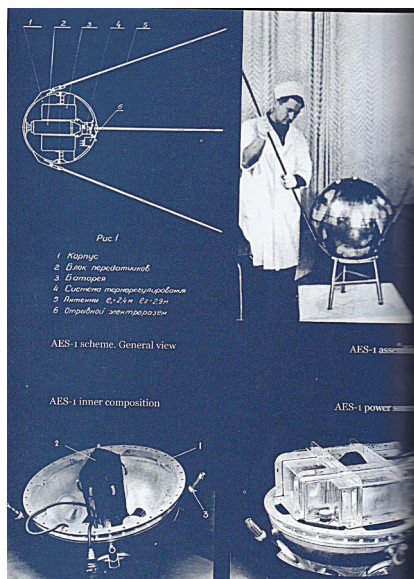
Már megengedték, hogy a műholdunkkal foglalkozunk!

Még 1953 elején *Bazinov* és társai felvetették, eljött már az ideje annak, hogy komolyabban foglalkozzanak egy mesterséges hold létrehozásának problémáival. Klavgyijevec vezetésével nekiláttak a tervek elkészítésének. Külön kiemelt feladat volt az első mesterséges hold tudományos programjának kidolgozása. 1954-ben már az intézet egyik fontos témájaként szerepelt a „legegyszerűbb szputnyik” (ez volt a nem hivatalos neve). Tyihonravov volt a tudományos vezető, és Jacunskij a PI,



7. ábra. A Szputnyik (R-7) hordozórakéta vázlata

vagyis a vezető kutató. Időközben az a korábbi parancs, hogy tilos műholdakkal foglalkozni, érvényét veszítette. A munka többek között a következő problémák megoldását tűzte ki célul: (1) a felszállási pálya megalkotása; (2) az R-7 rakéta esetében elvárható „hasznos tömeg” kiszámítása; (3) annak eldöntése, hogy az R-7 irányítása elég pontos lesz-e ahhoz, hogy a műhold a kívánt pályára kerüljön; (4) milyen perturbációkkal kell számolni magán a pályán, és milyen hosszú lehet a műhold várható élettartama. E vizsgálatokkal legalább hozzávetőleg tisztázták a műhold mozgására ható perturbációs erőket, amelyek részben a Nap és a Hold vonzása, részben a felsőlégkör várható fékező hatása, végül pedig a Földnek a gömbalaktól való eltérése következtében módosítják majd a műhold pályáját. Persze akkoriban az utóbbi két perturbációra vonatkozó ismeretek igen bizonytalanok voltak még. Egy híres angol csillagász, *Patrick Moore* 1955-ben megjelent könyvének (4. ábra) il-



8. ábra. A Szputnyik-1 szerkezete és szerelése

lusztrációja a légköri vizsgálatok akkori helyzetéről jól mutatja, hogy miért kellett erre mesterséges holdak (5. ábra).

A pálya folyamatos ellenőrzése tűnt a legnehezebb feladatnak. Már 1953-ban kidolgoztak egy pályakövetési módszert valamely, radarral és optikai megfigyelések útján a Föld különböző pontjairól bemérhető hold esetére. Ezt később *Pavel Eljaszberg* tökéletesítette, és alkalmazta a Sztrela nevű kezdetleges szovjet számítógépre is. (Később rájöttek, hogy ha folyamatosan működő rádióadót helyeznek a műhold fedélzetére, akkor annak bemérése a legalkalmasabb módszer egy aktív, vagyis működő műhold követésére. A már kimerült, vagyis passzív holdak, illetve rakétafokozatok követésére maradt a

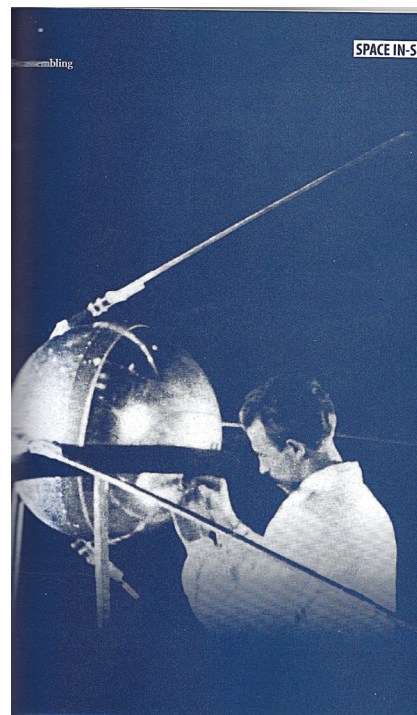
radaros és az optikai megfigyelési hálózatok használata. (Ez utóbbiban a magyar optikai megfigyelő hálózat 1958 elejétől egészen a 70-es évek végéig eredményesen részt vett.)

Természetesen a műhold stabilizálásának problémájával is foglalkozni kellett. Ezt a csoportot *Makszimov* vezette. Eleinte ehhez a Nap, a Hold, a Föld és a legfényesebb csillagok irányainak megfigyelését tervezték a műholdról, de később áttértek a fedélzeti giroszkópok használatának tanulmányozására. Az elektromosenergia-ellátás megoldása is fontos feladat volt. Az orosz fizikusok már akkor napelemek használatát javasolták, de ennek alkalmazására csak a későbbi holdakon került sor. További, tulajdonképpen váratlan probléma volt a hold hőháztartásának stabilizálása, a felesleges hő elvezetése. Ezt a problémát *Jacunskij* és *Gurko* speciális burkolati anyagok alkalmazásával oldotta meg. Ehhez még ventilátorokat és nyitható redőnyöket is terveztek. Alaposan megvizsgálták a meteorveszélyt is, és elhanyagolhatónak ítélték. Elkézdtek a sima visszatérés problémájának tanulmányozását is.

Ebben az időben alapvetően kétféle műholdtípus terveivel foglalkoztak. Az egyik, az egyszerűbben megvalósítható, a 2–300 km magasságban orientációs lehetőség nélkül keringő „D-hold”, a másik pedig egy földi irányítással bármely kijelölt irányba fordulni képes „OD-hold” volt. Nyilvánvaló, hogy tudományos programok végrehajtására ez utóbbi jóval alkalmasabb. Valamennyi műholdterv tartalmazott fedélzeti kommunikációs és telemetriai rendszereket is, amelyeket már az R-7 rakéták részére fejlesztettek ki.

Fontos említést tenni arról, hogy a felvetett problémák elméleti elemzése végig *Msztyiszlav Keldis* akadémikus (6. ábra) irányításával folyt. Koroljovval ellentétben az ő neve, mint kiváló matematikusé, világszerte ismert volt, de fontos szerepét a szovjet űrprogramban sokáig titkolták. (Keldis 1961 és 1974 között a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának elnöke is volt.) Helyette *Leonyid Szedov* akadémikus vált a szovjet űrprogram „szóvivőjévé”, sőt a sajtó „a szputnyikok atyjának” is nevezte. Valójában sok köze nem lehetett a tényleges rakéta- és műholdfejlesztéshez. Szedov sokat szerepelt a Nemzetközi Asztronautikai Kongresszusokon, 1955-ben Koppenhágában ő jelentette be, hogy a Szovjetunió mesterséges holdakkal is készül az 1957–58-as Nemzetközi Geofizikai Évre. Az 1960–61-es időszakban a Nemzetközi Asztronautikai Szövetség elnöke is volt. Emlékeim szerint nyilatkozatai és beszédei mindig általánosságokra szorítkoztak, műszaki vagy tudományos ismereteket közölni nem tudott, vagy nem is akart.

Ebben az időszakban lázas munka és szoros együttműködés jellemezte a kutatásokat. Ha lehetett, akkor több team is megoldotta ugyanazt a problémát, majd az eredménye-



9. ábra. A Szputnyik-1 indulás előtt

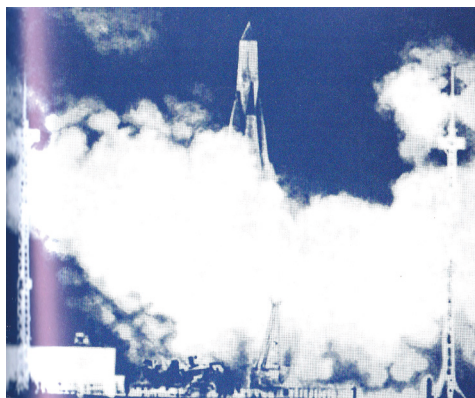
ket összevetették és megvitatták. 1954-re jutott el az előkészítés odáig, hogy a problémákra megnyugtató megoldások születtek. Ennek eredményeként Tyihonravov és Klavgyijevec vezetésével elkészítették „A mesterséges holdakról” című feljegyzés első változatát. Ezután az anyagot megvitatták Koroljovval és Keldissel, majd annak végleges változatát Koroljov még 1954-ben a szovjet kormány elé terjesztette. Hosszas tárgyalások után a minden kérdést eldöntő kormányhatározat csak 1956-ban született meg a Szputnyik-1 felbocsátásáról az R-7 (vagy későbbi nevén Szputnyik-rakéta) segítségével a Bajkonur kozmodrómból. Ezzel egyidejűleg átszervezték az űrprogram irányító szervezetét is. Tyihonravov és munkatársai végre csatlakoztak a Koroljov vezette OKB-1-hez, amelynek új, 9-es számú részlege lett az első szputnyikok, űrhajók és űrrakéták tervezésének és kivitelezésének központja. Természetesen az OKB-1 többi részlege is részt vett a feladatok végrehajtásában.

Mi tartott 3 évig a „mindennel készen vagyunk” feljegyzés benyújtásától a startig? Bazinov cikkében erre nem találunk utalást, ezért a könyv további cikkeire támaszkodom.

Utolsó lépések a start előtt

Mindenekelőtt tesztelni kellett az R-7 (népszerű nevén a „heteske”) hordozórakétát (7. ábra). A Szovjetunió Minisztertanácsa 1957. január 14-én hagyta jóvá a tesztrepüléseket. Ez félig-meddig nyilvánosan történt, az

„interkontinentális ballisztikus rakéták” repüléseit előre bejelentették. Egy-egy ilyen indítás előkészítése és kiértékelése hosszabb időt vesz igénybe még akkor is, ha minden rendben megy. De az R-7 első indítása 1957. május 15-én sikertelen volt. Hasonlóan súlyos hibák léptek fel a második és harmadik tesztrepülés során is. Végre 1957. augusztus 21-én végrehajtották az első sikeres repülést, majd ezt megismélték szeptember 7-én úgy, hogy már a hasznos teher makettje is a rakéta orr-részében volt. A kozmodróm indítóállásának készítése is a vártnál hosszabb időt vett igénybe.



10. ábra. A Szputnyik–1 startja

Közben a feszültség egyre nőtt, mivel júliusban már kezdetét vette a Nemzetközi Geofizikai Év, és az amerikaiak előzetesen szintén bejelentették, hogy ennek során felbocsátják saját műholdjukat. Ennek dátuma ugyan ismeretlen volt, de Koroljovék féltek, hogy megelőzhetik őket.

A másik időrábló és kényes probléma az első szovjet mesterséges hold tudományos műszereivel és feladataival kapcsolatban

merült fel. Ebben az időben a Szovjetunió Tudományos Akadémiáján zárt üléseken ismertették az akkor 1400 kg-osra tervezett műhold kínálta lehetőségeket, és várták az akadémikusok és intézeteik javaslatait. Ezekben nem is volt hiány, de – megfelelő tapasztalatok híján – a műszerek késtek. Az első mesterséges holddal nem lehetett megvárni, amíg leszállítják és tesztelik a műszereket. Ekkor született Tyihonravov és *Borisz Csertok* javaslata, hogy halasszák későbbre a geofizikai műhold felbocsátását, és a rendelkezésre álló két R-7 hordozórakéta egyikével minél előbb bocsásanak pályára egy „egyszerű szputnyikot”. Ennek jóval kisebb lenne a hasznos terhe, és feladata nem annyira tudományos, inkább a műszaki megoldások ellenőrzése, és az elsőbbség biztosítása, vagyis a világ első mesterséges égitestének pályára helyezése. A javaslatot jóváhagyták, és ez a hold, vagyis a Szputnyik–1 szerepelt a dokumentumokban „legegyszerűbb műholdként” (8–9. ábra). A geofizikai hold felbocsátására Szputnyik–3 néven 1958 májusában került sor.

A Szputnyik–1 adatai a következők voltak: a műhold tartálya 58 cm átmérőjű gömb, tömege 83,6 kg, hasznos terhe 25 kg. A tartályra szerelt négy antenna hossza 2,4–2,9 m, a kisugárzott frekvencia 20, illetve 40 MHz. A hold pályája 228 és 947 km magassághatárok között húzódott, pályahajlása 65,1 fok, a keringési idő 96,2 perc. 1958. január 4-én égett el a légkörben, miután 1440 keringést tett meg a Föld körül.

A startra moszkvai idő szerint október 4-én 22 óra 28 perckor került sor (10. ábra). Bár a start sikerült, és a műhold a kijelölt pályára állt, Csertok szerint voltak kritikus



11. ábra. Bélyegblokk 1967-ből a 10. évfordulóra

problémák az indítás során. A Szputnyik–1 azonban másfél óra alatt megkerülte a Földet, és visszatérésekor a figyelőállomások jelezték megjelenését az égen. Állítólag egy Puskin nevű katona látta meg elsőként, akinek jelentését a neve miatt először nem is merték komolyan venni. Ami ezután történt, az már történelem: az űrkorszak megkezdődött (11. ábra).

Irodalom

Space: The First Step (Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow 2007)

Űrhajózási Lexikon (szerk.: Almár I. és Horváth A.), Akadémiai Kiadó és Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest 1981

A Szputnyik–1 jeleinek vétele

Nehéz lenne visszaidézni, hogy honnan tudtuk meg az adás frekvenciáját. Arra viszont pontosan emlékszem, hogy néhány nappal az indítás után, már a jó öreg, világháborút megjárt BC348-as vevő előtt ültünk *Hídvégi Tibor* mezőberényi tanítóval. Őt tartom szakmába indító mentoromnak, aki lelkes rádióamatőrként sokunkat bevezetett a rádiózás rejtelmeibe. Azt latolgattuk, van-e esélyünk a jó vételre?

A Kepler-pálya elemei vagy a Doppler-effektus, mint távoli fogalmak léteztek számunkra, nem „zavartak”, nem csökkentették lelkesedésünket. A hallhatóság valószínűségét a kitartással növeltük. Az antenna nem volt optimális, de a műhold adójának nagy teljesítménye esélyt adott a meghallásra.

Amikor megszólalt, ámulva hallgattuk a jellegzetes bip-bip jeleket. Szinte hihetetlen volt, hogy ez a jel a világrúdból jön. Megpróbáltuk kitalálni, miért szól viszonylag rövid ideig és miért változik a jelek erőssége.

Később megtudtuk, a bip-bip-ek nagyon fontosak, a műhold külső felületének és belsejének hőmérsékletét közlő adatokat tartalmaztak. Ma, a kis műholdak tervezésénél is ezek a legnehezebben tervezhető paraméterek. Majd közleményekben láttuk, hogy a Posta tárnoki vevőállomása is vette a műhold jeleit.

Talán mi voltunk az elsők az országban, akik részestütnünk a nagy élményben, hallottuk az ember által készített szerkezet jeleit a világrúdból. Akkor voltam 16 éves.

GSCHWINDT ANDRÁS

„Nem tekintem a kutatás hasznosságát szégyennek”

Beszélgetés Gombosi Tamás űr-plazmafizikussal

Gombosi Tamás az űrkutatás hőskorában – Magyarország első főállású űrfizikusaként – a KFKI-ban és a moszkvai Űrkutatási Intézetben kezdett kozmikus plazmákkal foglalkozni. 1983 óta a Michigani Egyetemen dolgozik, ahol több professzori cím birtokosa, emellett az Űrkörnyezet Modellező Központ vezetője. Csoportjával a naprendszerbeli plazmakörnyezet és a naptevékenység földi hatásait leíró modellrendszert fejlesztett ki, amelyet szolgálatyszerűen használnak űridőjárási előrejelzések készítésére. Munkássága elismeréseképpen a Magyar Tudományos Akadémia 2016-ban külső tagjává választotta. Székfoglalóját 2017. április 26-án Viharok a világűrben címmel tartotta. Ebből az alkalomból beszélgettünk életéről, szakmai pályafutásáról és néhány eredményéről.

– Kedves Tamás! Szokatlan pályafutás a Tiéd, abban az értelemben mindenképp, hogy Moszkván keresztül vezetett a pályád az Egyesült Államokba. Mit tettél le fiatal kutatóként az asztalra, amire a szovjet Űrkutatási Intézetben (IKI) felfigyeltek?

– Ez a sztori valamikor 1971-ben kezdődött, miután 1970-ben fizikus diplomát szereztem az ELTE-n. Magyarország az 1960-as évek végén kapcsolódott be aktívan az Interkozmosz együttműködésbe. Az egyik első közös műhold az Interkozmosz-3 volt, amelyhez a csehszlovákok több műszert is építettek. Abban az időben az adatok feldolgozása és átadása még nagyon bonyolult volt. Ezen a műholdon például a digitális méréseket elképzelhetetlenül bonyolult módon kódolták, a nyolcas számrendszerben megadott adatokat számjegyenként, amit analóg formában rögzítettek. Bonyolította a helyzetet, hogy a féldzeti elektronika is elég bizonytalanul működött. Az egyes számjegyek különböző csatornákon jöttek le. Az oroszoknak volt egy titkos, analóg csatornájuk, ahol a jelek a beütésszámmal arányosak voltak, de a cseheknek ezekből a bonyolult digitális adatokból kellett dolgozniuk. A KFKI-ban Somogyi Antal megegyezett a csehekkel, hogy bár nekünk nem volt műszerünk a műholdon, de az adatfeldolgozásért cserébe hozzáférhetünk az eredményekhez. Tóni rám bízta, hogy a rögzített értékekből kibányásszam a fizikailag értékes adatokat, ami undorító munka volt. Utólag visszanezve azt mondhatom, hogy

sikerült kitalálnom egy statisztikai elemzésen alapuló, mai szemmel is elég modernnek tekinthető módszert. Nem volt tökéletes, de meglepően jó eredményeket adott. Erre figyelt fel Pavel Eljaszberg a szovjet Űrkutatási Intézetben (IKI), mert bár én Pesten dolgoztam a cseh adatokkal, a munkát az IKI felügyelte. Eljaszbergnek nagyon tetszett a módszerem, a számai alá vett, azt terjesztette az IKI-ben, hogy „itt van egy magyar kölyök, aki nem teljesen hülye”. Akkor Eljaszberg révén kerültem kapcsolatba az IKI-beli „nagy emberekkel”, Gringauzzal, Szaggyejevvel, Galejevvel. Ezután 1975–76-ban hosszabb időt töltöttem Moszkvában, ahol Gringauz csoportjába kerültem,

konferenciájára. Akkoriban egy ilyen kérésre aligha lehetett nemet mondani, így Seattle-ben előadhattad a Venyera-eredményeidet. Mi volt a hazai visszhangja az esetnek?

– Gringauznál már a Vénusszal foglalkoztam, a Venyera-9 és -10 adataival, és ott is csináltam egy-két jópofa dolgot. Jó kapcsolatba kerültem az IKI-ben dolgozó fiatalabb generációval is. Amikor visszajöttem Pestre, sikerült a Lenin-rendes Gringautz meghívatomra a KFKI-ba egy hónapra. Ez 1976 végén, 1977 elején volt. Akkoriban Pál Lénárd volt a főigazgató. Bement hozzá és közölte vele, hogy ha a KFKI kiküld engem Seattle-be, a Nemzetközi Geomágnességi és Aeronómiai Egyesület (IAGA) kongresszusára, akkor én mondhatom el a szovjet Venyera-eredményeket bemutató nagy előadást. Pál Lénárd beleegyezett, így kerültem ki a kongresszusra, amikor még nem voltam 30 éves. Elképzelheted, hogy az idősebb magyar kollégák „repestek a gyönyörtől”. Persze direkt nem éreztették, de tudod, az ember megérzi az irigységet, a féltékenységet, mert az nem olyan, amit el lehet titkolni.

– Mit válaszoltál, amikor az egyik amerikai utazásod során az FBI Noked szegelte a kérdést, hogy „Maga kém?” Tettek fel hasonló kérdéseket Moszkvában is, vagy ők nem kérdeztek, csak figyeltek?

– A dolog még rosszabb volt, mint ahogy ez látszik, mert a nővéremék 1971-ben a KFKI-ból disszidáltak. 1973-ban még Prágába is csak azért engedtek kiutazni, mert az oroszok nyomtak. Ami



A „titkos” űrhajóstalálkozó résztvevői (balról jobbra): Sally Ride, Szvetlana Szavickaja, a házigazda Farkas Bertalan és a találkozózt tető alá hozó Gombosi Tamás

(Forrás: Gombosi T. honlapja)

mert ők foglalkoztak plazmafizikával, engem igazán ez érdekelt. Amit ma tudok, azt lényegében ott, az IKI-ben tanultam. Ezen nincs mit szépíteni, ez így van, ezt az amerikaiaknak is megmondtam.

– Gringauz professzor személyesen járt közben a KFKI főigazgatójánál, hogy küldjön ki Amerikába, az IAGA



Gombosi Tamás 1982-ben a világhírű sci-fi író és tudományszerűsítő Isaac Asimov (középen) és a bolygókutató csillagász Carl Sagan (jobbra) társaságában (Forrás: Gombosi T. honlapja)

kor 1979-ben Amerikában postdoc-ként kezdtem dolgozni, eljött az FBI képviselője, bemutatkozott, és feltette az említett kérdést. Ettől én se köpni, se nyelni nem tudtam, mert az én kultúrámban ezt nem volt szokás így direktben megkérdezni. Csak annyit mondtam meglepődve, hogy „Tudtommal nem.” Éveken át figyeltek, és a helyzet később még rosszabb lett. Az oroszok mindig figyeltek, néha provokáltak, de soha, senki nem próbált meg beszervezni. Az amerikaiak igen, sőt 1985-ben meg is zsaroltak azzal, hogy ha nem dolgozom nekik, és nem egyezek bele, hogy visszamenjek Moszkvába, nem kaphatok többé vízumot. Nagyon megijedtem, és az Egyetemhez fordultam, mert a hírszerző szolgálatoknak tilos volt a campus területén bárkit beszervezni. Igaz, hogy a beszélgetés nem a campus területén zajlott, de szellemében mégis ellentétes volt a tiltással. Az Egyetemnek volt akkora hatalma és befolyása, hogy akkor az FBI-on keresztül végleg le tudták állítani ezeket a próbálkozásokat.

szovjet Roald Szaggyejev és a francia Jaques Blamont az erkélyen megegyeztek, hogy a szovjet-francia Vénusz szonda átalakul egy Vénusz-Halley-küldetésé. Vagyis a Vega gondolata a Ti lakások erkélyén született?

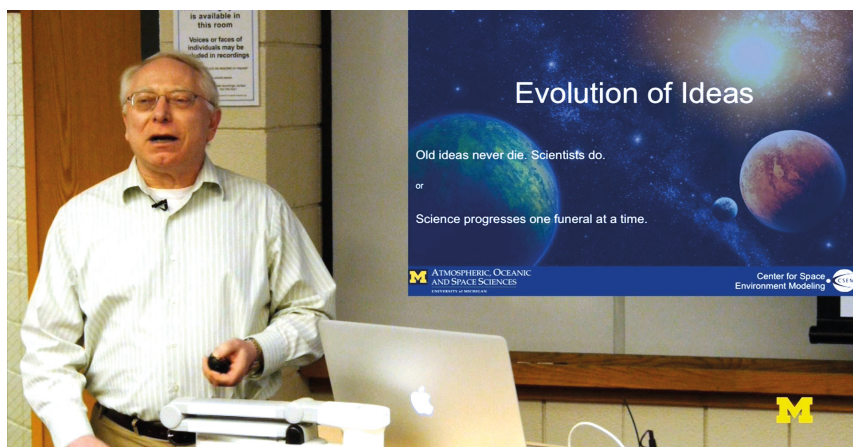
– Valóban akkor történt, de nem pontosan így. Azt nem lehet mondani, hogy az ötlet ott született. Szaggyejev már a kidolgozott ötlettel érkezett Moszkvából, csak a franciák még nem tudtak erről. A franciáknak ott mondták meg, a mi lakásunkon. Blamont beleegyezett, de a francia bürokrácia egy ideig ellenkezett, mert ők már elkezdték építeni a saját ballonjaikat és más eszközöket, de végül lett egy jelentős francia részvétel a Vegában. A ballonosok persze nem voltak boldogok, de ez már egy francia belső vita volt, amiről én nem tudok részleteket.

– *1982-ben tanácskozás volt Washingtonban a Halley-üstökös megfigyeléséről, ahol a Kosmosz sorozata okán akkor már ismert és népszerű Carl Sagan és a világhírű Isaac Asimov bevezetői után Te tartot-*

– Igen, ez így történt, 1982. november körül. Akkor volt a Mariner-2 Vénusz melletti elrepülésének 20. évfordulója. Erre szervezett Washingtonban a Planetary Society egy nagy eseményt. A Society-ben Sagan és Asimov egyaránt mozgatóerők voltak, akik mindig nagy tömegeket vonzottak. Ezt a rendezvényt egy több ezer fős teremben tartották, telt ház előtt, ahová meghívták Szaggyejevet, hogy tartson előadást a Vegáról. Addig a Vegáról még soha nem hangzott el nyilvános előadás, csak szakmai fórumo-



Gombosi Tamás a 2017. április 26-án tartott székfoglalóján vehette át az oklevelet arról, hogy előző évben az MTA külső tagjává választotta (Forrás: MTA Wigner FK)



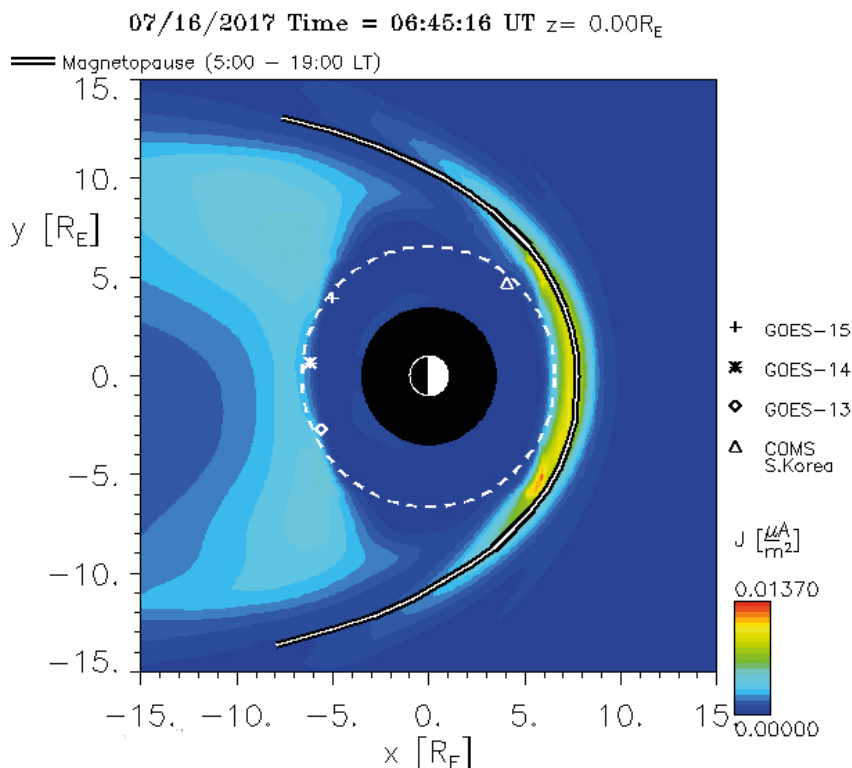
Gombosi Tamás a Michigani Egyetemen „Space Weather: Are We Having Fun Yet?” címmel tart előadást az űridőjárásról (2013) (Forrás: Michigani Egyetem, Michigan Engineering)

– *Az 1980-as budapesti COSPAR idején a lakásokon barátaid és közvetlen kollégáid részére tartott találkozón a*

tad a fő előadást. Hogy fogadták ők a „fital külföldi tudóst”? Neked milyen élményt jelentett a találkozás?

kon beszéltek róla. Szaggyejev nem tudott elmenni, de ő már többször használt közvetítőként, ezúttal is engem kért meg, hogy tartsam meg az előadást. Ez már az első amerikai utam után volt, tehát tudta, hogy az amerikaiak ismernek, az IKI-ben én voltam az első postdoc, tehát ők jól ismertek, szinte magukénak is tekintettek, mint ahogy még ma is. Akkor 35 éves voltam, gondolhatod, mennyit használt ez is az itthoni „népszerűségemnek”. Sagan és Asimov meg voltak lepve, de ők úgy tekintették az esetet, hogy Szaggyejev „egy ifjú zsenit” küld maga helyett, akít ő saját magával „egy súlycsoportba tartozónak” tekint. Ebben volt is némi igazság, ami sokat segített az amerikai hírnevem megszerzésének.

– *1983 októberében is fontos rendezvény volt Budapesten, akkor a Nemzetközi Asztronautikai Szövetség (IAF) tartotta itt éves kongresszusát. Eközben Te szervezted meg, hogy találkozhasson egymással a második szovjet és az első amerikai űrhajós, amire hivatalosan nem volt lehetőség. Hogyan történt ez a találkozó?*



A magnetopauza pillanatnyi helyzete és geoszinkron pályán keringő GOES műholdak elhelyezkedése 2017. július 16-án, az SWMF/BATS-R-US modell 7.78 verziója alapján (Forrás: T. Gombosi et al.)

– A kongresszusnak Almár Iván és Abonyi Magdi voltak a főszervezői, de a szervező bizottságban én is szerepeltem, ahol azt a feladatot kaptam, hogy segítsek az ide érkező űrhajósok kéréseit teljesíteni. Ez néhány évvel Farkas Berci repülése után történt, abban az évben, amikor Szevelényi Szavickaja és Sally Ride is az űrben járt. A politikai helyzet azonban nagyon feszült volt, mert nem sokkal korábban, szeptember 1-jén az oroszok lelőttek egy koreai utasszállító repülőgépet. Ezért az amerikaiak törölték az űrhajósaik találkozóit az orosz űrhajósokkal, holott az eredeti tervek szerint a két űrhajósnőnek több közös programja is lett volna. Sally Ride azonban nem vette egykönnyen tudomásul, hogy neki politikai okokból megtiltják a találkozót Szavickajával, amit ő nagyon szeretett volna, ezért arra kért, segítsek egy magántalálkozó megszervezésében. Elmentem Szabó Ferihez, a KFKI akkori főigazgatójához és Farkas Bercihez, akiknek nagyon tetszett az ötlet. Az oroszok persze akarták volna a találkozót, hiszen a politikai ügyben ők voltak sárosak. Farkas Berci beszélt az orosz űrhajósokkal, akik akarták a találkozót, így abban maradtunk, hogy Farkas Berci lakására szervezzük a „titkos” találkozót. Az amerikai követésen tartott fogadás végén Sally Ride és a másik amerikai űrhajós, Rick Hauck lelé-

pett. Az épület előtt egy katonai Zsiguliban vártam őket, és elmentünk Berci lakására. Szavickaja és űrrepülése parancsnoka már ott voltak. Este tíztől úgy reggel ötig dumáltunk, nagyon jó hangulatban, végig én tolmácsoltam oroszról angolra és vissza.

– Egy 2000-es cikkemben írod: „A Vega program története tele van drámai fordulatokkal, belföldi és nemzetközi intrikával. ... Talán egy későbbi alkalommal visszatérek erre a témára.” Ha úgy érzed, most jött el az alkalom, kérlek, meséld erről!

– Már utaltam rá, hogy a franciáknál folyt az intrika, a vita a ballonosok és a többiek között. Az amerikaiak viszont egy saját Halley-szondát akartak felküldeni, de a randevú nagyon drága lett volna, arra nem volt pénz. Az amerikai Akadémia viszont azt mondta, hogy egy flyby tudományos haszna nem indokolja a költségeket. Ezt meghallva, a Kongresszus törölte a programot. Ez a döntés megosztotta a szakmát, mert akik akarták a Halley-szondát, azok azzal érvelték, hogy így az USA lesz az egyetlen űrhatalom, amelyik nem küld szondát az üstököshöz. A többiek viszont örültek, mert több pénz maradt az ő Vénuszhoz vagy Marshoz indítandó küldetéseikre. Az amerikaiak megpróbálták felkerülni műszerekkel a szovjet szondákra, amely az első igazán nyílt szovjet program. Ettől az egész hirtelen hírszerzé-

si ügyvé fajult, abban az időben a különböző konferenciákon mindkét oldal részéről sok gyanús ember bukkant fel, akik sem azelőtt, sem később nem jöttek, de szerencsére a részletekről nem tudok.

Az oroszoknál ez volt a Gorbacsov-éra kezdete. Talán tudod, hogy Szaggyejev és Gorbacsov még az egyetemi éveikből ismerték egymást, kollégiumi szomszédok voltak. Akkor Szaggyejev lett Gorbacsov tudományos tanácsadója, nagy politikai befolyása lett, ezért csinálhatta meg a Vegát. A Gorbacsovval szembeni politikai ellenállás bizonyos körök részéről azonban Szaggyejeven keresztül rávetült a tudományos programra. Tudományos körökben az egyik fő ellenlábasa a Geokémiai Intézet igazgatója, Barszakov volt. Bár az intézete részt vett a Vegában, mégis állandóan fürta a programot, Szaggyejevéket. Szóval gyönyörű dolgok mentek a háttérben, a felszín alatt. De a végén a program nagy siker lett. Ezzel kapcsolatban csak a Sugárhajtás Laboratóriuma (JPL) jelmondatát tudom idézni: „Amikor megérkeznek a képek, minden meg van bocsátva!” Ez itt is így volt, a program sikeres lett, megjöttek a képek, minden ellentét újra a háttérbe került.

– Hozzájárultak ezek az intrikák ahhoz, hogy 1983-ban úgy döntöttél, családostul, végleg visszamész Ann Arborba, a Michigani Egyetemre, ahol azóta is dolgozol? Milyen maradt a kapcsolatot a hazai űrkutatókkal, elsősorban volt KFKI-s kollégáiddal?

– Bonyolult történet volt. 1983-ban 36 évesen, védtem meg a nagydoktorimat. A KFKI-ban bizonyos értelemben sztár voltam, bizonyos értelemben viszont abszolút közutálatnak örvendtem. A nálam idősebbek úgy érezték, hogy előretolakszom a sorban, pedig nekik is ugyanannyi joguk lenne az elismeréshez. Kétségkívül nagyon ambiciózus voltam, ezt nem tagadtam soha, de dolgoztam is érte. Akkor az volt a stílus, hogy űlni kell, és várni, hogy a világ fölfedezze a zsenialitásodat. Az én stílusom viszont nem ez volt. Én nem vártam, hogy fölfedezzenek, megpróbáltam ezt elősegíteni. Ez persze duplán nem tetszett, ezért körülöttem kettős hangulat volt. Szabó Feri, a főigazgatónk mindenben támogatott, de ő megtehetette, mert ő már jóval az ilyen mindennapi ügyek fölött állt. Szegővel korrekten feszült viszonyom volt, mert ő a főnököm volt, de ugyanazokért az eredményekért várt elismerést, mint én. A többiek meg szívből utáltak. Úgy éreztem, előttem itthon teljesen be volt zárva az út. Igaz, Amerikában szinte mindent előlről kellett kezdeni, de ez nem zavart, hiszen még csak 36 éves voltam. Utólag én is látom, önbizalomhiányom nem volt, úgyhogy belevágtam. Azóta ugyanott dol-

gozom. A váltásnak tehát semmilyen politikai háttere nem volt. Azóta is hálás vagyok a szovjeteknek azért, amit tőlük tanultam, emiatt még ma is nagyon szeretnek ott. Mindenesetre, nélkülük ma nem tartanék itt.

– 2000-ben egy cikkedben azt írtad: „Aki az amerikai tudományban akar boldogulni, annak meg kell tanulnia a cáppákkal valószínűsíteni (vagy magának is cápává kell válnia).” Te cápává váltál? Miben áll ez a cápává válás?

– Ez egy kicsit megfoghatatlan. Itthon is nehéz például megmondani, kik az intellektuális vezetők a szakmában, legalábbis néhez definiálni, érezni könnyebb. Ugyanez a helyzet a cápákkal. Arra gondoltam, hogy cápa az, aki egy bizonyos szakterület intellektuális vezetője. Ez viszonylag nehezen megfogható, de én úgy érzem, hogy az űrkutatásban a fizikai alapokon nyugvó számítógépes modellezést sokkal magasabb szintre vittem, mint ahol azelőtt volt. Ezt a szakma az Egyesült Államokban elfogadja és így látja. Amikor én kezdtem, a globális szimulációk meglehetősen primitív állapotban voltak, ma viszont ez a programok elválaszthatatlan

a földi meteorológiától, de mi is jócskán előreléptünk a fizikai egyenletek megoldásán alapuló számítógépes modellekig, ami reális eredményeket ad. Rengeteg folyamat van, amit még nem tudunk modellezni, de a globális képet már tudjuk. Engem elfogadnak e változás egyik mozgatóerejeként. Ezt tartom cápaságnak.

– Egyesek azt tartják, tízévente váltani kell. Mit gondolsz erről Te, aki egyetemi diplomád megszerzése óta ugyanazzal, űrplazmafizikával foglalkozol?

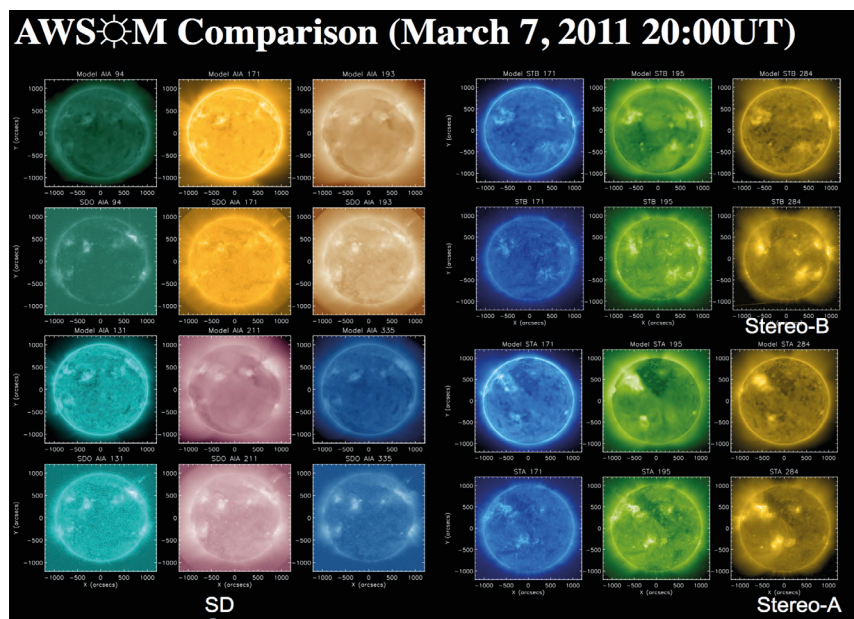
– Gyakrabban váltottam, mint tízévente. Csak nálam ezek a változások mind az űrplazmafizikán belül történtek. Én a matematikai oldalról közelítem meg a problémát, kitalálok vagy megtanulok egy új módszert, és azt megpróbálom mindenre alkalmazni, amire csak lehet. Először a 10^{15} eV-os tartományban a kozmikus sugárzással foglalkoztam, utána viszont a tized elektronvoltos tartományban ionoszférikus plazmákkal. Dolgoztam naprészcsekkkel, ami néhány MeV, csináltam napszelet, bolygó-magnetoszférákat, de kétségtelenül, ez mind az űrplazmafizikán belül volt. Valószínűleg nagyon kevesen vannak, akik

– Számos űrprogramban, üstökös- és bolygókatató-küldetésben vettél részt, most mégis inkább a Michigani Egyetemen az irányításoddal folyó űridőjárás kapcsolatos munkáról kérdezlek, elsősorban azért, mert az Akadémiai székfoglalódat is Viharok a világűrben címmel tartottad. Először is, miért fontos az űridőjárás kutatása?

– Én a fizikusok azon szűkebb csoportjába tartozom, akik nem tekintik a kutatás hasznosságát szegyenek. Amikor miniket fizikusnak képeztek, beléjük nevelték, hogy alapkutatást végzünk, ami viszont hasznos és mindennapi dolog, az „a Duna másik partja”, az nem mi vagyunk. Az utóbbi egy-két évtizedben kialakult a fizikusok, és különösen az űrfizikusok között egy viszonylag kis réteg, akik nem tekintik a hasznosságot szegyenek, és én ezek közé tartozom. Úgy érzem, hogy az űridőjárás kutatásának nagy befolyása van a társadalomra, mert az űridőjárás komoly problémákat okozhat. Így volt ez már a régi, magaslégköri atomkísérleteknél, de a napkitörések következményeinél is. Most még benne vagyok a Cassini és a Rosetta programban, de ezek 2018-ban befejeződnek, legalábbis Amerikában nem lesz pénz a folytatásukra. Az utolsó néhány hasznos kutatói évemet erre a társadalmi szempontból viszonylag hasznos területre, az űridőjárásra szeretném fordítani.

– Munkatársaidal elkészítettétek a BATS-R-US számítógépes modellt a naptevékenység, elsősorban a koronakitörések (CME) földi hatásainak modellezésére. Milyen adatokból és peremfeltételekből indul ki a modell, és mit ad eredményül?

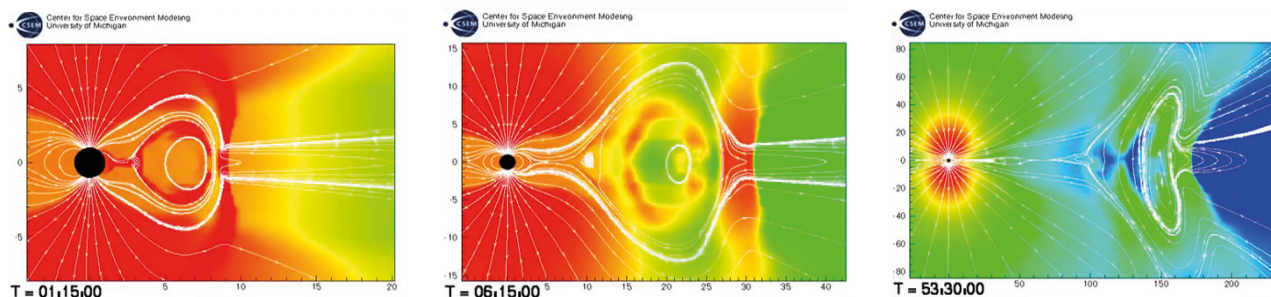
– A helyzet bonyolultabb, mint önmagában a BATS-R-US. Nekünk két nagy módszerünk van, az egyik a BATS-R-US, ami egy általánosított magnetohidrodinamikai modell, amelyik kontinuumként írja le a Nap és a Föld közötti űrt. A másik nagy módszerünk a Space Weather Modeling Framework (SWMF). Ez egy szoftverelem, amelyik különböző modelleket tud összekapcsolni, hogy azokat egymással szinkronizálva nagy teljesítőképességgel, hatékonyan lehessen futtatni. Az SWMF esetében például, ha van egy napszél-modellünk és egy magnetoszféra-modellünk, akkor az SWMF valós időben szimulálja a két modell kölcsönhatását, futás közben az adatok kicserélődnek a kettő között. Ezt tetszőleges számú elemre ki tudjuk bővíteni, tehát például futtatni tudjuk az egész Nap–Föld-kapcsolatot. Van egy napkorona-modell, egy napkitörést szimuláló modellünk, a bolygóközi tér modellje, a nagyenergiájú részecskék, a földi globális magnetoszféra, a Föld körüli köráramok, a felsőlégkör, az ionoszféra és a sugárzási övek modelljei. Az SWMF mindezeket és



A Nap különböző hullámhosszakon megfigyelhető, a modellek alapján előállított képének összehasonlítása a Stereo és az SDO űrszondák felvételeivel
(Forrás: T. Gombosi, Michigani Engineering)

része. Kell a szonda, ami mér, kell az adatok feldolgozása és intellektuális modellezése, a harmadik láb pedig a jelenség számítógépes modellezése. Hasonló ez a földi meteorológiához, ahol az elmúlt fél évszázadban a szinoptikus térképeken tologatott ceruzáktól eljutottak a számítógépes előrejelzésig. A mi szakmánk sajnos még nem tart itt, tíz-húsz évvel le vagyunk maradva

olyan sok területen dolgoztak, mint én. Ennek előnye az, hogy egy új jelenség láttán eszembe jutnak az analógiák, mondjuk más égitesteknél. Ezért jó, ha vannak olyanok, akik az egész Naprendszeren belül mindennel foglalkoztak egy kicsit. Ők nem a legnagyobb specialisták, de van áttekintésük. Mind a két szemléletre szükség van.



Napvihar terjedése a bolygóközi térben az SWMF és a BATS-R-US modellek alapján – a folyamat három mozzanata. A bal alsó sarokban a kitörés óta eltelt idő látható (óra, perc, másodperc), a tengelyeken a távolság egysége a Nap sugara (Forrás: T. Gombosi, Michigan Engineering)

ezek kölcsönhatásait egyszerre kezeli, és így írja le, hogyan jut el például egy napkitörés hatása a Földre. A különböző modellek többségét is mi készítettük, de beilleszthetők mások adott jelenségre vonatkozó modelljei is. Ebben az SWMF-ben az a gyönyörű, hogy bármit bele tudsz tenni, és a keret leírja a modellek közti kölcsönhatást. Bárki, bármelyik egység helyére beleteheti a saját modelljét, vagy akár a Föld helyére egy másik égitest modellje is behelyettesíthető. Nálunk például a rendszernek egyik elemét alkotó BATS-R-US fut mint a napkorona modellje, de a bolygóközi tér és a magnetoszféra modelljeként is, persze különböző felbontással és beállításokkal. Tehát különböző régiókat különböző módszerekkel modellezzünk, bármi bármivel kicserélhető, az SWMF pedig megteremti a kapcsolatot a különböző egységek között. A BATS-R-US az általános és talán a világon a vezető globális modell, de csak egy régióra. Mindegy, mi az a régió, de csak egy. A Framework viszont elintézi a különböző modellek összekapcsolását, összerakja a részeket egységes képpé, a Naprendszer teljes modelljévé.

Rengeteg olyan cikkünk van, ahol az egyik egységként betettük valamelyik bolygó magnetoszféráját, holdat vagy egy üstököszt. Bármilyen kombinációban bármit tudunk a Naprendszerben modellezni. A Jupitertől és a Szaturnustól kezdve a Vénuszon, a Marson és a Merkúron át az Enceladusig, a Ganymedesig, az Európáig és az Íóig, sőt éppen a Csurjumov–Geraszimenko-üstökösig bármit, a napfelszíntől a helioszféra határáig bármit tudunk modellezni.

– *Egyik előadásodban bemutattad, milyen jól egyeznek a modell adatai a Stereo és az SDO űrszondák mérési eredményeivel. Milyen időtávra, milyen pontosságu előrejelzést adnak a modelletek?*

– Gyakorlatilag most a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) űridőjárás előrejelző szolgálata, a SWPC [szvipiszi] (Space Weather Prediction Center) tavaly október óta három modellünket használja, az SWMF segítségével egymás-

sal összekapcsolva: a BATS-R-US-t a globális magnetoszférára, amellyel együtt egy körgyűrűáram-modell és egy ionoszféramodell fut. Átadtuk a szoftvert a NOAA-nak, akik szolgáltatásúruen használják, a honlapjukon bárki látja az előrejelzés eredményét. Ezzel regionális előrejelzést is készítenek, tehát például azt mondják, hogy holnap Alaszkában napvihar lesz, Svédországban viszont nem. Ehhez persze észlelni kell a Napon a kitörést, és ha látjuk a kitörést, akkor ki tudjuk számítani a hatását. Magát a kitörést viszont sajnos még nem tudjuk előrejelezni. Amit tenni tudunk, az a következő: nézzük a Napot, és látunk például egy napfoltcsoportot, amiről tudjuk, hogy aktív. Naponta kiszámítjuk, mi lenne, ha most lenne egy napkitörés. Amikor aztán ténylegesen bekövetkezik a kitörés, már tudjuk, mire számíthatunk, csak pontosítani kell a részleteket, hiszen minden napkitörés kicsit más. Erre bőven elég az az egy-két nap, mialatt a kitörés hatása eléri a Földet.

– *Jelenleg a naptevékenység minimuma felé haladunk, de az utóbbi ciklusokban a naptevékenység maximumai egyre „bágyadtabbakká” válnak. Egyes kutatók szerint akár hosszabb időre le is állhat a naptevékenységi ciklus. Nem tartotok attól, hogy mire a modell tökéletesen működik, már nem lesz mit előrejelezni?*

– Ezen nagy viták folynak, de szerintem nem fog elgyengülni a Nap. Ha megnézed a napfoltciklus történelmi feljegyzéseit, látod a változásokat, a Maunder-minimumot és a hasonlókat. De nem tudjuk szétválasztani a 11, illetve 22 éves ciklust a Nap hosszú távú változásaitól. Vannak tehát ilyen vélemények, de konszenzus távolról sincs.

– *Hol használják szolgáltatásúruen a modelleteket az űridőjárás események előrejelzésére? Mit lehetne tenni, ha a modell nagy biztonsággal súlyos veszélyt jelentő geomágneses vihart jelezne előre?*

– A NOAA-t már említettem. Most tárgyalunk az Brit Meteorológiai Szolgálattal (Exeter, Egyesült Királyság), mert ők is használni akarják. Megpróbáltak ugyan egy saját, európai modellt fejleszteni, de nem si-

került nekik, ezért hozzánk fordultak.

Ami a pontosságot illeti, most például azt mondhatjuk, hogy Alaszkában napvihar lesz. Ennél pontosabb előrejelzést jelenleg nem lehet készíteni. Ilyenkor a teljes alaszka távvezeték-hálózatot ideiglenesen olyan üzemmódba helyezik, ami kisebb terhelést jelent. Ez megoldható. Ezért a legnagyobb felhasználók pontosan az elektromosenergia-hálózatokat üzemeltető cégek. Használják az előrejelzéseket a légitársaságok is, mert például, ha napvihar várható, akkor a várandós légiutas-kisérőket nem engedik a sarkvidékek fölötti útvonalakra. Ugyanerre a pilóták szakszervezete is figyel, mert el akarják kerülni, hogy a pilóták nagy sugárdózist kapjanak, ezért olyankor kerülnek a sarki útvonalakat. Fontos felhasználó a katonaság, és természetesen maga a NASA is. A Nemzetközi Űrállomáson például várható napviharok idején nem engedik ki az űrhajósokat űrsétára, mert a szkfander olyankor nem nyújt elegendő védelmet. Sok helyen használják tehát, de talán ezek még nem olyan látványos területek, mint a földi időjárás előrejelzése.

– *Köszönöm az interjút! Olvasóink nevében is gratulálok az MTA külső tagjává választásodhoz, és további szakmai sikereket kívánok.*

Az interjút készítette: BOTH ELŐD

Irodalom

- Hogyan lettem űrkutató? (Fizikai Szemle, 2000. 11.): <http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz0002/gombosi.html>
- Gombosi Tamás honlapja (Michigan Egyetem): <http://www-personal.umich.edu/~tamas/>
- Gombosi Tamás publikációs listája és szakmai életrajza: <http://www-personal.umich.edu/~tamas/TIGpersonal/TIG-Resume.pdf>
- MTA székfoglaló (2017. IV. 26.): <https://www.youtube.com/watch?v=xxj9y1awgOs>
- NOAA Űridőjárás Előrejelző Központ: <http://www.swpc.noaa.gov/>

FREY SÁNDOR – FARKAS PÉTER – GRENERCZY GYULA

Copernicus, Sentinel és Magyarország

Csupán hatvan év telt el az űrkorszak kezdete, az első műhold, a mai szemmel nézve igencsak kezdetleges, de úttörő jelentőségű Szeptnyik-1 pályára állítása óta. Az űrkutató, az űrtevékenység azóta lélegzetelállító fejlődésen ment keresztül. E fejlődés számos lehetséges fokmérője közül az egyik, hogy milyen mértékben épültek be az űrtechnológia vívmányai mindennapi életünkbe, mennyire segítik a társadalom és a gazdaság hatékony működését világszerte. Azt kell mondanunk, hogy nagyon is! Ma már szinte közhely, hogy például az időjárás pontos modellezése, előrejelzése nem volna elképzelhető műholdas mérések felhasználása nélkül. Ugyancsak sokan tisztában vannak azzal, hogy az autós vagy a hétköznapi mobil távközlési eszközökkel végzett navigáció a helymeghatározó műholdrendszerek – közülük a legismertebb az amerikai GPS – adatain alapul. A globális információs hálózatok működése, vagy a távoli kontinenseken zajló sportesemények élő közvetítése pedig nehezen lenne elképzelhető a Föld körüli térben működő távközlési mesterséges holdak nélkül.

Ezekhez a közismerten „űrfüggő” területekhez zárkózik fel mostanában a földmegfigyelés. Nem mintha a korábbi években-évtizedekben nem alakultak, fejlődtek volna ki a műholdas távérzékelés sokrétű alkalmazásai. A felzárkózás inkább olyan szempontból értendő, hogy a társadalomban egyre jobban tudatosul a világűrbeli végzett földmegfigyelés haszna, alapvető fontossága. A folyamat talán a Google tömegek számára elérhetővé tett térképszolgáltatásával kezdődött. A földmegfigyelési alkalmazások – nem csak az egyszerű műholdfelvételek – egyre inkább átszövik mindennapjainkat, szolgáltatásuk válnak, a döntéshozók növekvő mértékben támaszkodhatnak az eredményeikre. A változások egyik fő hajtóereje pedig az európai Copernicus program.

Az Európai Bizottság nagyszabású földmegfigyelési programját 1998-ban kezdeményezték, a műholdas infrastruktúra



megvalósításában partner az Európai Űrügynökség (ESA). Eredeti neve a nem túl hangzatos GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*) volt, csak később keresztelték át Copernicusra – 2012 óta ez a program hivatalos neve. Ahogy Európa saját navigációs műholdrendszere,

egyik sarokköve, hogy a műholdas mérési adatokat könnyen, szabadon, ingyenesen hozzáférhetővé teszik minden felhasználó számára. A világ eddigi legösszetettebb földmegfigyelési programjára Európa 2020-ig a becslések szerint összesen 6,7 milliárd eurót költ az adófizetők pénzéből. A gazdasági haszon azonban, amit az adatok felhasználásától és az új alkalmazások által generált gazdasági fejlődéstől, munkahelyteremtéstől remélnek, a befektetett összeget hosszabb távon sokszorosan meghaladja majd. Az Európai Unió (EU) és az ESA hosszú távú el-



Fantáziarajz a Föld körül keringő Sentinel-3A műholdról (ESA – Pierre Carril)

a Galileo, úgy a földmegfigyelési program is világképformáló európai tudósról kapta tehát a nevét.

A Copernicus feladata dióhéjban: globális, folyamatos, nagymértékben automatizált, megbízható, pontos, gyors földmegfigyelési adatok biztosítása operatív módon, nem utolsósorban műholdas eszközök felhasználásával, a lehető legváltozatosabb formákban és adattípusokkal. A program

kötelezettsége a program mellett garanciát jelent a kiszámíthatóságra, a szolgáltatások kifejlesztésébe való befektetés megtérülésére. A program fontos eleme ugyanis, hogy a Copernicus adataihoz és szolgáltatásaihoz való szabad hozzáférés legalább a 2030-as évekig biztosított marad. Ez pedig korábban sosem látott lehetőséget teremt azon szervezetek, vállalkozások számára, amelyek most a műholdas adatokon alapu-

A januárban a Dunán, Dálya mellett kialakult jégtorlasz a Sentinel–1 radaros műholdak „szemével”



1. ábra. A Duna Apatin és Vukovár közötti szakaszának részlete 2017. január 15-én, a Sentinel–2A műhold látható fény tartományában készült képén (Copernicus Sentinel adatok 2017/Geo-Sentinel Kft.)

A Sentinel műholdak észleléseiből származtatható információ például a tavak vagy folyók téli jég-helyzetének áttekintésére, a jégborítás mértékének és változásának megfigyelésére alkalmazható. A műholdas mérések így hozzájárulhatnak a helyzet felméréséhez és a hatékony védekezés tervezéséhez. A Duna dályai kanyarulatában idén januárban keletkezett, majd a jégtörők munkájának köszönhetően átvágott jégtorlasz kialakulása, növekedése és áttérése jól nyomon követhető képsorozatunkon, az európai Copernicus program Sentinel–1 radaros földmegfigyelő műholdjainak január 14–22. közötti adataiból készült, a radarjel polarizációs tulajdonságait kiemelő, hamis színezésű képek sorozatán.



2. ábra. A Sentinel–1 műholdak radarképeiből készített összeállítás a jelenséget legjobban láttató hamis színezéssel.

A felső képen a jégtáblák már sűrűn borítják a folyót, a középsőn a kialakult, összefüggő jégtorlasz látható, az alsó képen pedig a jégtorlaszba a jégtörő hajók által vágott csatorna és a jég meginduló „lefolysása” látható

(Forrás: Copernicus Sentinel adatok 2017/Geo-Sentinel Kft.)

Az 1. ábra a Sentinel–2A műhold felvételeiből készült, a 2017. január 15-én érvényes állapotot mutatja, a valódihoz közeli színekben. Jól felismerhető rajta a Duna északról dél felé kanyargó szalagja. Ezen a szakaszon a Duna határfolyó Szerbia (keleten) és Horvátország (nyugaton) között. A kép alsó felén a Dálya melletti kanyarban szembetűnő a folyót teljes szélességében kitöltő, összefüggő fehér jégtorlasz. Megfigyelhető továbbá az attól északabbra található Apatinnál a már járható, áttört jég is. A határtól délre fekvő folyószakaszon januárban Magyarországról odavezényelt jégtörő hajók segítettek a torlasz megszüntetésében.

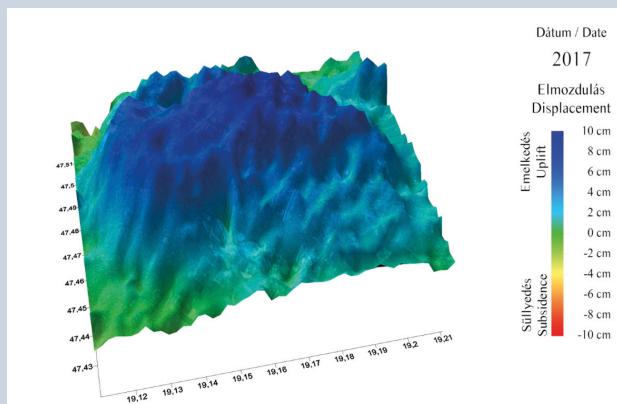
Az optikai műholdfelvételek alkalmazását korlátozza, hogy csak nappali megvilágítás és derült idő mellett tudják a tájat leképezni. Ezzel szemben az apertúraszintézis elvén működő, a saját maguk által kibocsátott jelekkel aktív távérzékelést végző radaros műholdak – mint amilyenek a Sentinel család 1A és 1B jelű tagjai – éjszaka és borult, ködös, párás időben is használhatók a vizsgált jelenségek műholdas felmérésére és nyomon követésére. A Sentinel–1 műholdak felszálló és leszálló műholdpályán és éjszaka is észlelnek, ezáltal jelentősen növelve az elérhető adatok gyakoriságát. Az itt vizsgált terület ráadásul két, egymással átfedő észlelési keret határán található, így 1–4 naponta garantáltan kapunk adatot. Ezzel szemben a Sentinel–2 műholdpár optikai felvételei esetében a visszatérési idő 5 nap, de időjárási okok miatt előfordulhat, hogy akár egy hónapig is használható információ nélkül maradunk.

A 2. ábra képsorozatának középső képe a Sentinel–1 radarműholdak 2017. január 16-án gyűjtött adataiból készült. Az amplitúdókép monokróm, a felszínről visszaszórt radarjelek különböző polarizációjú összetevőinek mesterséges színezésével esetünkben a folyami jég láthatóvá válik. Mivel a vízszintes felületekről nem verődik vissza a műhold irányába jel, a radarképen a nyílt vízfelületek és az állóvízi jég sötétnek mutatkozik. Azonban a folyami jég egyenetlen felületeinek tulajdonságai egészen mások, a visszaszórt radarjelek miatt így szinte „világít” a dályai kanyar jégtorlasza a Dunán. ❖

Felszín- és épületmozgások Budapesten

Milyen felszín- és épületmozgások voltak az elmúlt két és fél évben Budapesten és környékén? Erre ad választ közel 7000 négyzetkilométeren, mintegy 1,5 millió pontban a legkorszerűbb űrgeodéziai módszerrel, a Sentinel-1 műholdak adatain végzett állandó szórópontú műholdradar-interferometriás elemzés segítségével a Geo-Sentinel Kft.-nél nemrég elkészült felmérés. A 2014 októbere óta eltelt időszakban összesen 80 mű-

A Sentinel-1 műholdak észlelései hosszú időn keresztül folytatódnak, az idő előrehaladtával a mozgástörténet a mostaninál is pontosabb meghatározása válik majd lehetővé. Ezek az adatok fontosak lehetnek például bányászati, olajipari és vízügyi szakemberek, nagy fontosságú létesítmények üzemeltetői, közmű- és útépítők, mélyépítők, ingatlanfejlesztők, biztosítótársaságok, önkormányzatok számá-



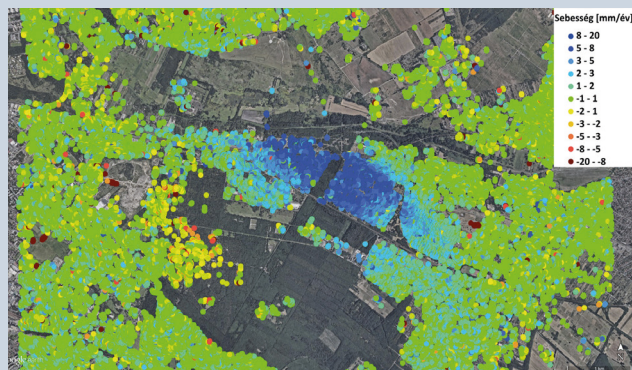
3. ábra. A legújabb Sentinel-1 műholdradar-interferometriás vizsgálatok eredménye szerint Kőbánya egy részének az elmúlt évtizedekben tapasztalt felszínemelkedése mostanra lelassult. Az ábra a műholdradaras mérések kezdete, 1995 óta összegzett emelkedést illusztrálja. A színskála szerint helyenként akár 10 cm-t is megemelkedett a felszín bő két évtized alatt (Forrás: Geo-Sentinel Kft.)

holdátvonulás alkalmával észlelt adatok alapos, komplex feldolgozásával soha nem látott részletességgel rajzolódik ki környezetünk elsősorban magassági irányú mozgása.

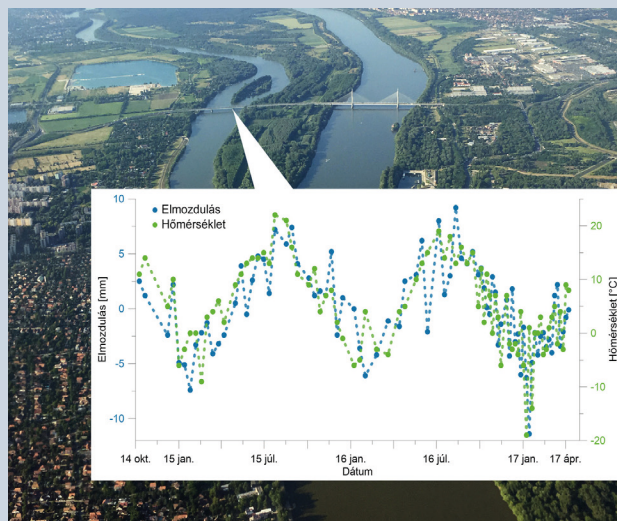
Budapesten és környékén a legkiterjedtebb és legnagyobb, akár több mint 1 cm/év nagyságú felszínemelkedés Kőbányán volt kimutatható a korábbi műholdradaras, illetve földi ellenőrző mérések alapján. Ennek oka a feltételezések szerint a múlt század második felében még számottevő helyi vízkivétel megszűnése, a talajvíz elmúlt évtizedekben tapasztalható jelentős megemelkedése volt. Az új eredmények egyértelműen bizonyítják, hogy a kőbányai kiemelkedés a terület közel egészén lelassult és lényegében megállt. Jelenleg már csak az anomália délnyugati részén mérhető a korábbiakhoz képest jóval kisebb, legfeljebb 2 mm/év sebességű emelkedés (3. ábra).

A Sentinel-1 adatain alapuló friss elemzés által kimutatott, az elmúlt két és fél évben zajló felszínmozgások közül egy érdekes eset Budapesten, a Jászberényi út környezetében mért anomália. Itt egy nagy kiterjedésű, központjában több mint 1 cm/év sebességű emelkedés zajlik (4. ábra), ami érinti Kőbánya és a Rákosmente egyes részeit is.

A műholdradar-interferometriás mérésekkel elérhető pontosságot jól példázza a Megyeri híd esete, ahol a híd egyes részeinek műholdirányú mozgásában megfigyelhető, kb. 1 cm amplitúdójú, évszakos periódusú jel egyértelműen összefüggésbe hozható a hőmérséklet változásával. A műholdas módszerrel többek között a hídstruktúra hőtágulásából adódó kis deformációkat is ki lehet mutatni (5. ábra).



4. ábra. Az elmúlt két és fél év műholdirányú (a függőlegeshez közeli) felszínmozgási sebessége Budapesten, a Jászberényi út környékén. A körök a beépített környezetben a radaros szórópontok elhelyezkedését jelölik, a szinkódolás a sebességük nagyságára utal mm/év egységben. A pozitív értékek emelkedést, a negatívak süllyedést jelentenek (Forrás: Geo-Sentinel Kft., háttér: Google Earth)



5. ábra. A Megyeri híd műholdirányú mozgását az évszakokhoz kapcsolódó hőmérséklet-változások alakítják (Forrás: Geo-Sentinel Kft., hőmérséklet adatok: LHBP METAR)

ra, de bárki másnak is, akinek a világ bármely pontján a talaj, az épületek és építmények stabilitásának, mozgásának ismerete hasznos vagy érdekes.

ló új alkalmazásokat fejlesztenek, és üzleti modellt alakítanak ki. A Copernicus Európában – de persze nem feltétlenül csak a kontinensen – gyökeres változást hozhat, felforgathatja a műholdas földmegfigyelés piacát. Jelenleg még az útkeresés időszakának tanúi vagyunk, de nem nehéz megjósolni, hogy a korábbi, alapvetően tudományos kutatási területről igen gyorsan a közvetlen gazdasági-társadalmi hasznosítás, a gyakorlati alkalmazások irányába (is) fordul a földmegfigyelés.

A Copernicus program három fő pillérre alapul. Az egyikük az űrkomponens, amelynek részei maguk a Föld körül keringő, a méréseket végző mesterséges hol-

adott műholdcsalád feladatára utal. Az 1-es számú sorozat tagjai például az apertúraszintézis elvén működő radaros, a 2-eséi optikai és infravörös sávú megfigyeléseket végeznek. Az összetett feladattal rendelkező Sentinel-3 holdak főleg az óceánokat, de a szárazföldeket is vizsgálják, a felszín hőmérsékletét, színét, valamint a tengerszint magasságát mérik. Az említett sorozatokból már egy (Sentinel-3A) vagy két (Sentinel-1A és -1B, valamint Sentinel-2A és -2B) példány repül. A sorozatszámok mögött álló betűjelek (A, B, később majd a továbbiak) pedig a fő szabály szerint a felbocsátás sorrendjét jelzik.

A radaros távérzékelést végző Sentinel-1

ben) készítene felvételeket, elsősorban – de nem kizárólag – a szárazföldi területek vizsgálatát megelőzve. A család első tagja, a Sentinel-2A 2015 júniusában, a második, a 2B jelű 2017 márciusában startolt. Poláris napszinkron pályáról 290 km széles felszíni sávokat térképeznek fel, 10 m-es felszíni felbontással.

A Sentinel-3 sorozatból egyelőre az A jelű van Föld körüli pályán, 2016 februárja óta. A következő, a Sentinel-3B a jövő év elején kerülhet sorra. Ezek a műholdak változatosabb műszerezettséggel épültek. Fedélzetükön egy közepes felbontású, 21 hullámhosszon érzékeny optikai kamera, egy a felszínhőmérséklet mérésére alkalmas infravörös sugárzásmérő, egy mikrohullámú sugárzásmérő, és egy az apertúraszintézis elvén működő radaros magasságmérő (altiméter) repül. Fő feladatuk az óceánok hőmérsékletének, színének és vízszintjének a vizsgálata, de a szárazföldek fölött például a növényzet állapotának megfigyelésére és tüzek detektálására szolgálnak.

Magyarország, mint az EU és az ESA tagja, különösen érdekelt a Copernicus programban és annak hasznosításában. A terület kiemelt jelentőségét a kormányzat is felismerte. Megkezdődött a Földmegfigyelési Információs Rendszer kialakítása, amely a földmegfigyelési adatinfrastruktúra és szolgáltatások alapjait jelenti, a nemzeti felhasználók – közigazgatási szervek, vállalkozások és a lakosság – hatékony kiszolgálására. A hazai űripar is kivette a részét a Copernicus program műholdjainak elkészítéséből. A miskolci Admatis Kft. vezetésével több mint 70 fféle alkatrészt szállítottak a már pályán levő Sentinel-2A és -2B számára. A sikeres munka révén pedig részt vesznek a sorozat később felbocsátandó, de már készülő C és D jelű tagjának építésében is.

Cikkünk illusztrálásaképp bemutatunk néhány olyan magyar vonatkozású képet és eredményt, amelyek a Copernicus program révén elérhető műholdas földmegfigyelési adatok alapján készültek a közelmúltban. Az összeállítás természetesen nem készülhetett a teljesség igényével, hiszen a Copernicus adatok alkalmazási területei szinte végtelenek. Biztosak vagyunk abban, hogy az elkövetkező években egyre többet találkozunk majd az európai földmegfigyelési adatok alkalmazásaival, hasznosításaival itthon is!

Irodalom

- Almár Iván: ESA-szolgáltatások és -alkalmazások áttekintése. *Európával a világűrben. Természet Világa 2014/2. különszám*, 61. old.
 Űrvilág asztronautikai hírportál (urvilag.hu) cikkei
 Sentinel blog (geo-sentinel.hu/blog) cikkei



A Sentinel-3A műhoddal 2017. március 29-én készült kép a Kárpát-medencéről és földrajzi szomszédságáról (Copernicus Sentinel adatok 2017/Geo-Sentinel Kft.)

dak, valamint azok földi követőállomás-hálózata. A Copernicus számára a Sentinel (a szó jelentése: őrszem) műholdak hat családja dolgozik, tagjaik kifejezetten a program keretében álltak (vagy állnak hamarosan) pályára. Ezek a látható, infravörös és ibolyántúli fény tartományában vagy radaros technikával végeznek megfigyeléseket: képet alkotnak a Föld felszínéről, mérik az óceánfelszín magasságát, színeképeket készítenek. A második pillért a földi vagy légi adatgyűjtésre alkalmas mérőhálózatok jelentik. Végül a Copernicus fontos eleme az adatok alapján a felhasználóknak nyújtott szolgáltatások kiterjedt rendszere.

Ami a Copernicus program keretében működő vagy épülő űreszközöket illeti, a Sentinel név mögött álló sorszám

holdak napszaktól és időjárástól függetlenül is képesek a felszín leképezésére. A Sentinel-1A – a Copernicus program számára készült műholdak közül legelsőként – 2014 áprilisában, a Sentinel-1B két évvel később, 2016 áprilisában állt pályára. Azonos alakú, alacsony, a pólusok fölött húzódó pályán, egymással „szemben” keringenek a Föld körül, így optimalizálják a visszatérési időt a földfelszín egy adott területére vonatkoztatva. Már megkezdődtek az előkészületek két újabb műhold gyártására (1C és 1D), ami lehetővé teszi, hogy legalább a 2030-as évek végéig folyamatos legyen a mérések sorozata.

A Sentinel-2 műholdak a látható fény és a közeli infravörös hullámhosszak tartományában, összesen 13 sávban (szín-

BACSÁRDI LÁSZLÓ

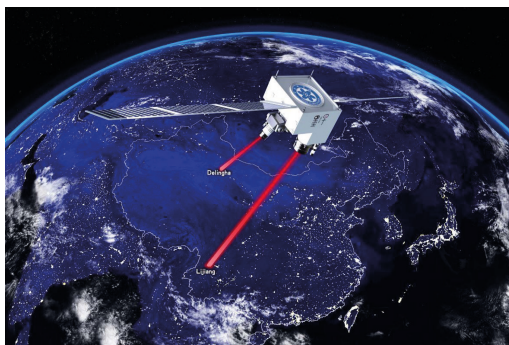
Műholdas kvantumkommunikáció

Míg hatvan évvel ezelőtt a Szputnyik-1 rádiójelei tartották igazolomban a kommunikációval foglalkozó szakembereket, addig idén a kvantum lézerek vételére koncentrálnak. Izgalmas korszak küszöbén állunk: a kvantumkommunikációs műholdak segítségével a közeljövőben ugyanis lehallgathatatlan módon kommunikálhatunk, sőt még információt is teleportálhatunk.

A folyóirat olvasói az elmúlt években több kvantumkommunikációról szóló írással is találkozhattak. A *Kommunikáció mélyben és magasban* (2013. január) a kvantuminformatika alapelveit járta körbe, a *Biztonságos kommunikáció kvantumalapú hálózatokban* (Hálózatokutatás – hálózatelmélet különszám, 2015) főként a vezetékes megoldásokra koncentrált, míg *Az igazi kvantum csendje* (2016. január) már a műholdas világ felé is tartalmazott egy kitekintést. Amit a cikkek sejtetni engedtek, azóta történelmi tény lett: 2016. augusztus 16-án Föld körüli pályára állt a világ első kvantumkommunikációs műholdja. Egy százmillió dolláros kutatási program keretében a kínaiak által felbocsátott mintegy 600 kg tömegű Micius műhold közel 500 kilométerrel a Föld felszíne felett kering. A műhold a számos lehetséges kvantumkommunikációs erőforrás közül az összefonódás jelenségét alkalmazza, amelynek révén képesek vagyunk információt teleportálni vagy biztonságos kommunikációhoz szükséges titkosítási kulcsokat megosztani.

Az összefonódás egyszerűsített példája a következő. Fej vagy írás játékot játszunk két olyan pénzérmével, amelyek különleges kapcsolatban vannak egymással. Ha feldobjuk őket egyszerre a levegőbe, az egyiket lecsapjuk a kezünkre, és írást kapunk (a másik közben még mindig pörög), akkor biztosan lehetünk abban, hogy bármikor is csapjuk le a másik érmét, annak is írás lesz az értéke. (Ha pedig fejet kapunk, akkor fej lesz a másik is.) Ez ráadásul akkor is igaz, ha a pénzérméket nem ugyanazon a helyszínen dobjuk fel a levegőbe, hanem mondjuk a Föld két különböző pontján. Persze kvantumkommunikáció esetében nem pénzérméket, hanem összefonódott fotonpárokat használnak a szakemberek.

Idén júniusban a kínai kutatók a *Science* folyóiratban számoltak be arról, hogy minden eddigi távolsági rekordot megdöntve, 1203 kilométeres távolságban sikerült összefonódott fotonpárt megosztani. Augusztusban pedig a *Nature*-ben a világ első sikeres, műhold és földi állomás közötti kvantum alapú kulcsszétosztásról, valamint teleportációjáról publikáltak.



közökre. Egy szingapúri kutatócsoport cubesat szabványú kisműholdat épít, s ugyan az első technológiai kísérletük nem jutott fel a világűrbe (2014 októberében, az indítás után 15 másodperccel felrobbant a hordozórakéta), azóta ballonos kísérletekkel tesztelték a technológia működését, és 2018-ra tervezik kisműholdjuk indítását.

Európa felzárkózik

Európai kutatók is jelentős eredményeket értek el, elsősorban a bécsi, illetve padovai kutatócsoportok munkáit szoktuk kiemelni. Ahhoz képest, hogy 2006-ban a szabadtéri kvantum alapú kulcsszétosztás rekordját (143 kilométer) a Kanári-szigeteken egy európai kutatócsoport jegyezte (ezt döntötték meg most idén a kínaiak), az azóta eltelt évek során nem sikerült európai kvantum eszköznek a világűrbe jutnia, pedig 2008-ban még a Nemzetközi Űrállomás fedélzetére is terveztek kísérletet. Egyre többen hangoztatták, hogy Európának fel kell zárkóznia. Nem véletlen, hogy 2016 októberében elindult egy négyéves európai együttműködési program *Kvantumtechnológia a világűrben* címmel, amelynek a munkájában 25 európai ország – köztük hazánk is – részt vesz. Az Európai Bizottság pedig 2016 tavaszán hirdette meg a *Quantum Manifestót*, amely keretében a következő 10 év során egymilliárd eurót fordítanak kvantumtechnológiai kutatásokra.

Itthon a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen működő kvantumkommunikációs kutatócsoport ért el jelentős elméleti eredményeket – együttműködve az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont kutatóival, valamint a Soproni Egyetem oktatóival és hallgatóival – a műholdas kvantumkommunikáció területén, idén pedig az első, szabadlégköri kvantumkommunikációs berendezés megépítésébe is belevágtak. Alapozva más hazai kutatócsoportok jelentős kvantumfizikai eredményeire, idén tavasszal a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal meghirdette az első hazai kvantumtechnológiai kiválósági programot, amely keretében négy éven keresztül támogatnak hazai kutatásokat.

Égen, földön

Bár működő holddal egyelőre csak a kínaiak rendelkeznek, más országok is jelentős eredményeket értek el, elsősorban a vezető nélküli kulcsszétosztás területén. A kvantum alapú kulcsszétosztás elméletét 1984-ben publikálták, ma már több kvantumtechnológiai cég árul vezetékes termékeket. Miért éri meg ilyen termékeket venni? A klasszikus információelmélettel foglalkozó szakemberek megmutatták, hogy amennyiben úgynevezett szimmetrikus kulcsú titkosítást használunk az üzenetek titkosításához, azaz ugyanazt a titkosító kulcsot használja a küldő és a fogadó fél is, akkor bizonyos peremfeltételek teljesülése esetén feltörhetetlen titkosítást érhetünk el. A kérdés csupán az, hogyan osztjuk meg a titkosító kulcsot a kommunikáló felek között anélkül, hogy mások hozzáférjenek (azaz lehallgassák), hiszen éppen a megosztandó kulcsot szeretnénk arra használni, hogy titkosítsuk a kommunikációt. Erre kínál megoldást a kvantum alapú kulcsszétosztás, amely a kvantummechanika törvényszerűségeinek köszönhetően lehallgathatatlan (egészen pontosan, ha egy illetéktelen támadó megpróbál hozzáférni a kulcs bitjeihez a kulcsesere folyamata közben, akkor arról értesülnek a felek).

A kanadai Waterloo-i Egyetem kutatói sikeresen demonstrálták a kvantum alapú kulcsszétosztás működését földön mozgó jármű és épület, valamint repülőgép és épület között. Míg a legtöbb kísérletben általában az adó mozog és a vevő fix helyen áll, addig a kanadaiak a nehezebb utat választva, a vevőiket helyezték el a mozgó esz-

A szerző műholdas kvantumkommunikációval kapcsolatos kutatását az OTKA PD-112529 pályázat támogatta.

MARADI ISTVÁN

Ha áram van, minden van

Elektromos energia előállítása az űreszközök fedélzetén

A mikor valaki űreszközről beszél, sokan azonnal egy rakétára gondolunk, amely pályára állítja őket, óriási hang és fényjelenségekkel kísérve. A manapság önállóan visszatérni és leszállni képes első fokozatok sikerei csak erősítik ezt a képet.

Van azonban egy egyre fontosabb terület a modern kor űreszköz-fejlesztései területén, ez pedig az elektromos energia biztosítása a fedélzetén. Ahogy egyre bonyolultabb feladatokat látnak el a műholdak, és ahogy egyre távolabbi helyekre jutnak el az űrszondák a Naprendszerünkben, úgy értékelődik fel egyre jobban az elektromos energia fedélzeti előállítása. Sőt mi több, mára az elektromosan táplált ionhajtóművel működő, teljesen elektromos műholdak is a mindennapok részei lettek.



A Jupitert kutató Juno űrszonda napelemtábláinak ellenőrzése (Forrás: NASA)

A Szputnyik-1-et, vagyis az első műholdat 1957-ben bocsátották fel az akkori Szovjetunióból. A tervezők, főképp az űrverseny nyomásától hajtva, a lehető legegyszerűbb (és így leggyorsabb) megoldást választották a fedélzeti 1 wattos rádióadó meghajtására. Három darab, az akkori kor szerint legfejlettebb, ezüstcink alapú elemet helyeztek el az ötven centiméternél kicsivel nagyobb átmérőjű, gömb alakú műholdban. Az elemek közül kettő biztosította a rádióadó áramellátását, egy pedig a belső teret kitöltő nitrogént keringető ventilátor meghajtását. Az elemek 21 napig voltak képesek áramot

szolgáltatni a rádió számára, amely két frekvencián sugárzott szaggatott sípoló jelet a Földre. A belső hőmérséklet egy bizonyos alsó és felső határértékének átlépését a rádiójelek hosszába kódolták be.

Érdekesség, hogy abban az időben már lehetőség lett volna napelemeket is elhelyezni a fedélzetén, és így megújuló energiával ellátni a műholdat. A szelén felvevő kristály fény hatására áramot termelő képességét már az 1800-as

évek végén felfedezték, és az 1950-es évekre a gyakorlatban is alkalmazható napelemeket készítettek Amerikában és a Szovjetunióban egyaránt. A későbbi műholdakon a napelem lett a leggyakrabban alkalmazott áramellátó megoldás, amelyet először 1958-ban az amerikai Vanguard-1 műholdon használtak éles körülmények között.

Hamar nyilvánvalóvá vált a tervezőmérnökök számára, hogy a műholdak és űrjárművek számára olyan fedélzeti áramellátásra van szükség, amely hosszabb időn át is fenntartható, és viszonylag nagy teljesítményű áramellátást tesz lehetővé. Az egyszer használatos elemek kora szinte el sem jött, már a korai áramellátást is igyekeztek hosszabb ideig fenntartható technikával biztosítani.

A ma legáltalánosabban alkalmazott fedélzeti áramellátó eszközt a napelemek jelentik. A Föld légkörének külső határán a Napból érkező energia mennyisége körülbelül 1300 watt négyzetméterenként, ami a levegőben található víz- és egyéb molekulák energiaelnyelése vagy fényvisszaverése miatt a Föld felszíné-



Az űrsétát végző űrhajóhoz képest érzékelhető a Nemzetközi Űrállomás energiaellátását biztosító napelemtáblák tekintélyes mérete (Forrás: NASA)

re érkező körülbelül 1000 wattra csökken. Az űrben ma alkalmazott napelemek a többrétegű megoldások következtében már 30% feletti hatékonysággal üzemelnek. A Napból a legtöbb energia a látható tartományban érkezik, ezért a napelemek ebben a tartományban nyerik a legtöbb energiát. A többrétegű megoldások viszont lehetővé teszik, hogy az infravörös és az ultraibolya hullámok energiáját is megesszopljuk, így jön ki a 30% feletti hatásfok (iparági források már 48%-ot elérő hatásfokról is beszélnek). A napelemek alkalmazásának is vannak azonban korlátai. Az egyik, hogy a Naptól való távolság négyzetével arányosan csökken a kinyerhető energia. Így például a Földtől kétszer olyan távolságra elhelyezett napelemtábla csak negyedannyi energiát szolgáltat, mint a Föld körül keringő társa. A nagyobb napelemeket a Föld körüli pályára érve ki kell tudni „csomagolni”, illetve mechanikai rögzítésükhöz passzív tartószerkezetek kellenek, amelyeket fel kell juttatni az űrbe, megnövelve a szállítandó tömeget. Ez is limitálja a használhatóságot, így a Föld körüli pályán nagyjából 300 watt/kg teljesítményarány érhető el.

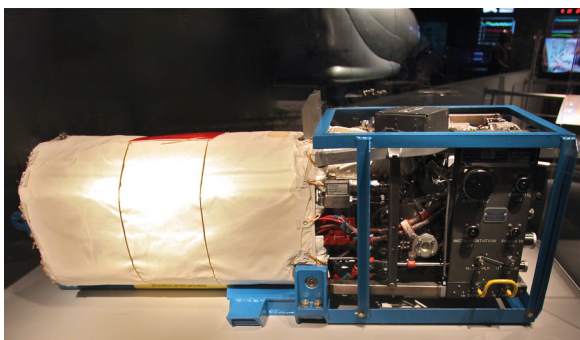
Kísérleteznek fóliaszerűen össze- és kiterítendő napelemekkel is a Nemzetközi Űrállomáson (ISS), ami forradalmasíthatja a napelemek használhatóságát, hiszen könnyebb lesz azokat feljuttatni, és ott kiteríteni, tárolni. Ugyanakkor a napelemek

élettartamát a becsapódó nagysebességű részecskék roncsoló hatása limitálja, ami miatt évente néhány százalékot veszítenek a táblák a kapacitásukból.

Ma 4–5 csillagászati egység távolságig alkalmazunk napelemeket, ami nagyjából a Jupiter távolsága. A Vesta és a Ceres kisbolygókat meglátogató Dawn űrszonda a nukleáris üzemanyag nehézkes elérhetősége miatt napelemmel előállított elektromos energiával hajtotta meg ionhajtóművét. A szonda napelemei a Föld közelében 10 kW elektromos teljesítményt adtak le, ami a Ceres mellett 1300 wattra csökkent.

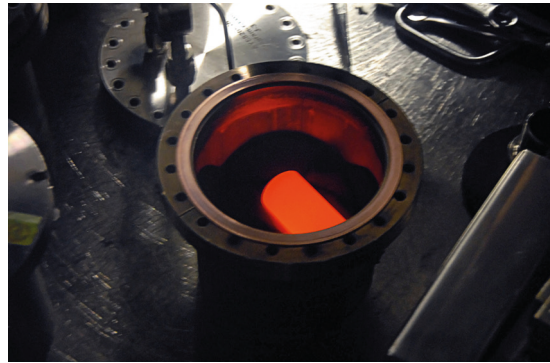
Ma a világ legnagyobb teljesítményű, űrben alkalmazott napelemtáblái a Nemzetközi Űrállomáson működnek. Az ISS összes, napelemekkel előállított teljesítménye eléri a 120 kW-ot, amely teljesítmény egy részét közvetlenül elfogyasztja az űrállomás (körülbelül 70 kW-ot), a fennmaradó részét pedig a Föld árnyékában töltött időszakra lítium-ion-akkumulátorokban tárolják.

Ha megnézzük a Space Shuttle programot, akkor észrevehetjük, hogy az űrrepülőgépeken nem alkalmaztak napelemeket, tehát valami más módon kellett megoldani az emberes repülések villamosenergia-ellátását. Az űrrepülőgépek és a korábbi Hold-küldetések energiaellátását az úgynevezett hidrogén-oxigén üzemanyagcellák biztosították. Anélkül, hogy túl mélyre merülnénk a kémiai összefüggésekben: az üzemanyagcella katód, anód és egy elektrolit-környezet segítségével a hidrogénből és oxigénből elektromos áramot, vizet és hőt (utóbbi kettőt mint mellékterméket) állít elő. Az űrrepülőgépeken három ilyen egységet alkalmaztak a teljesítmény megosztása és a tartalékolás érdekében. Az űrrepülőgép egy üzemanyag-cellája átlagosan 7 kW teljesítményt tudott előállítani, amely csúcstüzeben rövid időre elérhette a 12 kW-ot is. A hidrogént és az oxigént két nagy tartályban, folyékony állapotban tá-



Az űrrepülőgépeken használt üzemanyagcella (Forrás: NASA)

rolták. A Hold-program során az egyik ilyen tartály keverőberendezésében történt robbanás az Apollo-13 Hold felé tartó „járátán”, ami miatt a küldetést megszakítva vissza kellett fordulniuk.



A kerámiapogácsába épített plutónium üzemanyagot a radioaktív bomlás hője vörösen izzó állapotban tartja. A forró üzemanyag és a hideg külső környezet közötti hőmérséklet-különbséget használják elektromos energia termelésére (Forrás: NASA)

Az űrrepülőgépek közül az Atlantis volt az egyetlen, amely nem volt képes az űrállomással történő dokkolás után az ISS áramellátó rendszeréhez kapcsolódni (és annak napelemtábláiból nyerni az energiát), ezért a teljes program alatt végig az üzemanyagcellájára kellett támaszkodnia. Ez természetesen korlátozta a küldetések elérhető időtartamát. A leghosszabb űrrepülőgépés küldetés 17 napig tartott.

Az üzemanyagcellák nagy előnye, hogy mindaddig képesek áramot termelni, amíg hidrogén és oxigén van a fedélzetén. Az űrsiklón melléktermékként keletkezett víz szolgált az űrhajósok által fogyasztott ivóvíz és használati víz

biztosításához is. Amennyiben túl sok vizet termeltek, a felesleget egy fűtött szelepen keresztül kipumpálták a világűrbe.

Vannak azonban olyan küldetések, amelyek vagy nagyon távolra mennek, és a Napunkat csak mint csillagot látják már, vagy pedig sokáig kell, hogy üzemeljenek (vagy e kettőnek a kombinációi). Ilyen küldetés például a Voyager-1 és -2, amely szondák 40 évi utazás után még

ma is működnek, pedig elérték a Naprendszerünk határát. A Marson működő Curiosity, amely egy kisautó méretű jármű, távirányítással ma is a Gale-kráter szikláit járja. Ezekon az eszközökön úgy-

nevezett radioizotópos nukleáris minierőművet alkalmaznak. Az úgynevezett RTG (Radioisotope Thermoelectric Generator, magyarul nagyjából rádíoizotópos (mini)hőerőmű) azt az elvet használja ki, hogy bizonyos anyagok elektromos áramot generálnak, ha két oldaluk között elég nagy hőkülönbséget hozunk létre. Egy RTG minierőműben a hőt kerámiába ágyazott plutónium-238 por biztosítja, amely 1000 °C hőmérsékleten izzik mindaddig, amíg a felezési idejével arányosan lassan csökken a leadott hő mennyisége (azaz feleződik nagyjából 87 éven-

te). A hideget az űr vagy a meglátogatott bolygó hidege biztosítja. Az így előállított elektromos teljesítmény ugyan csak töre-



A Curiosity marsjáró számára készült radioizotópos termoelektromos generátor laboratóriumi tesztje (Forrás: NASA)

déke az elsugárzott hőnek, mégis néhány száz watt elektromos teljesítményt lehet tartósan biztosítani vele.

Az ilyen minierőművek hordoznak bizonyos mértékű nukleáris kockázatot, bár a Földtől távol üzemelnek, de indításkor mégis történhet baleset. Ezért alkalmazzák a plutóniumot kerámiapogácsában. A kerámia jellegzetessége, hogy nem porlik, hanem viszonylag nagy darabokban törik szét egy esetleges balesetben. A plutónium akkor mérgező igazán, ha por formájában belélegezzük, így baleset esetén a kerámiás megoldás nyújt valamennyi védelmet.

RTG minierőműveket a Föld körüli pályán ma már nem alkalmaznak. Korábban voltak rá példák, amiből baleset is származott, szerencsére nem okoztak nagy sugárzennyezést. Az RTG erőművek egyértelműen a jövő fedélzeti energiaforrásai, fejlesztésükre az űrutatásban aktív országok sok energiát fordítanak.

BALÁZS LÁSZLÓ – EHMANN BEA

Készülünk a Marsra

Földi űranalóg szimulációk legénységének pszichológiai vizsgálatai

A nagy földrajzi felfedezésekről szóló történetek az emberiség közkinccsei. A Vörös bolygó meghódítása is szervesen illeszkedik majd ezek sorába. Olvasmány- és filmélményeinkből már ma is némi fogalmat nyerhetünk arról, milyen lesz a majdani marsi telepek élete. Ebből két dolgot mindenképpen megsejthetünk: egyrészt, hogy bizonyos lesznek majd emberi drámák is a jövőben expedíciók során, másrészt, hogy az előkészítő munkában az űripar, a tudomány – s így a pszichológia – sok-sok ezer művelője vesz részt, s így e nagy kaland világméretű összefogással valósul majd meg.

óhatatlanul kialakulnak pszichológiai problémák. Annak idején már Byrd kapitány is tudta, hogy a sarkkutató expedíció tagjainak „pszichológiai sebezhetetlensége” a leggondosabb kiválasztás és felkészülés ellenére sem szavatolható előre: „Már Little Americában [az első bázison] is volt olyan társam, aki hallgatagságba burkolózott, mert mindenki azzal gyanúsította a másikat, hogy suttymban áttolja a holmiját az ő számára kijelölt területre. (...) A sarkvidéki táborban az ilyesféle esetek még a legfegyelmezettbebb embert is képesek örületbe kergetni. Little Americában töltött első telem során órákig sétálgattam egy emberrel, akit gyilkossági és öngyilkossági gondolatok foglalkoztattak egy olyan társunk általi képzelte üldözése miatt, aki egyébként szívbéli jó barátja volt. Mindez azért, mert nincs hova menekülni. Az embert minden oldalról beszorítja (...) társainak nyomakodó jelenléte.” (Byrd, R. E. (1938). *Alone*. Putnam, New York, 12. o.)

A marsi utazás előkészületeként napjainkban – széleskörű nemzetközi összefogással, nagyrészt az ESA és NASA közreműködésével – több helyütt folynak ICE-környezetekben pszichológiai kutatások.

E helyszíneknek két fő típusa ismert. Az egyik az ún. *űranalóg környezet* – ilyenek például a sarkvidéki áttelelést magukban foglaló déli-sarkvidéki kutatóállomások. A másik típus az *űranalóg szimuláció*. Csaknem két évtizede működik az Egyesült Államokban a Mars Society által létrehozott Mars Desert Research Station. Itt önkéntes legénységek két hetet tölthetnek el „Mars-telepeként” – ebben a szimulációban 2008-ban, HungaroMars néven magyar legénység is részt vett. 2010–2011-ben jelentős közfigyelmet kapott a moszkvai Institute for Biomedical Research intézet által nemzetközi összefogásban szervezett Mars-500 projekt, amelyben hattagú nemzetközi legénység összesen 520 napot töltött egy olyan létesítményben, melyben a Marsra utazást, a leszállást, majd a hazautat modellezték. Nyolchónapos izolációk zajlanak Hawaiiin a HI-SEAS projektben. Mindezen projektekről olvasóink az interneten kimerítően tájékozódhatnak.

Az izolált legénységek távoli pszichológiai monitorozása

Az egyik legfontosabb kérdés az, miképpen láthatunk bele távolról az ICE-környezetek legénységeinek életébe. A korábbi időkben a külvilág csak utólag – naplók és visszaemlékezések révén szerezhetett tudomást az eseményekről. Napjainkra azonban már megváltozott az elszigeteltség természete. Az antarktisi áttelelők interneteznek; az űrhajósok – és majdan a marsi telepek – mindennapi életét embermilliók láthatják egyidejűleg.

Az ICE-környezetek lakóinak pszichológiai állapotai és folyamatai azonban szabad szemmel éppoly kevéssé láthatók, mint a nem elszigetelt emberekéi. Az űrpszichológiában ezért teszték, kérdőívek és egyéb vizsgálóeszközök sokaságát alkalmazták. Mindemellett több évtizede



A marsi környezetet szimuláló sivatagi kutatóállomás (MDRS) az USA Utah államában – a HungaroMars küldetés helyszíne (HungaroMars, 2008)

Az izoláció pszichológiai hatásai

Az emberi túlélés optimális terein kívül eső létesítményeket – a hajdani sarkvidéki jégkunyhóktól a tengeralattjárókon át a majdani marsi telepekig – kapszula-élőhelyeknek, illetve az Isolated, Confined és Extreme (=elszigetelt, összearat és szélsőséges) angol szavakból képzett rövidítéses ICE-környezeteknek nevezik.

Noha a küldetések résztvevőit hagyományosan hosszú kiválasztási folyamat révén szűrjük meg, az ICE-környezetekben

presszióba esnek, kisebb testi kellemetlenségeiket fokozottan és felnagyítva érzélik, és túlerzékenyebbé válnak a vélt vagy valós társas sérelmekre. Újabban a pozitív pszichológiai hatások elemzése is előtérbe került. Kimutatták, hogy az izolációs tünetegyüttes a hosszú elszigeteltségből való visszatérés után rendszerint nyomtalanul elmúlik, a küldetések résztvevői pozitívan, önbizalomtelibben, spirituálisabban szemlélik embertársaikat, és ráébrednek a Föld sérülékenységével kapcsolatos közös felelősségünkre.



A moszkvai Mars-500 űrszimuláció helyszíne (Forrás: IBMP)

használatos a küldetések során keletkezett szövegek – írásos feljegyzések, naplók, a külvilággal, a küldetésirányítókval folytatott kommunikáció tartalomelemzésének módszere is.

Tartalomelemzés révén azért láthatunk bele az egyének és a csoportok pszichológiai állapotaiba és folyamataiba, mert ezek nyelvi jelek formájában „belekódolódnak” az írott és elbeszélte szövegekbe, a verbális viselkedésbe. Napjainkban a nyelvtudomány, az informatika és a tartalomelemző szoftverek rohamos fejlődésének köszönhetően egy-egy pszichológiai jelenség nyelvi markerei terjedelmes szövegekben, egyre inkább „dekódolhatók”, automatikusan azonosíthatók és számlálhatók, statisztikai elemzés tárgyává tehetők. Az adatfeldolgo-

Az MTA TTK Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézetének Környezeti Adaptáció és Űrkutatási Csoportja csaknem egy évtizede végez űrpszichológiai vizsgálatokat. Nemzetközi együttműködések keretében végzett tartalomelemzéses kutatásaink a következő földi űranalógokat érintik: MDRS HungaroMars – legénységi naplóelemzések; Mars-500 – a legénység és a földi irányító központ kommunikációja; Concordia és Halley VI. BAS (British Antarctic Survey) antarktisi

kutatóállomások – az áttelelő személyzet videonaplóinak elemzése. Az alábbiakban bemutatjuk vizsgálódásaink három érdekes témakörét.

Érzelmi állapotok követése

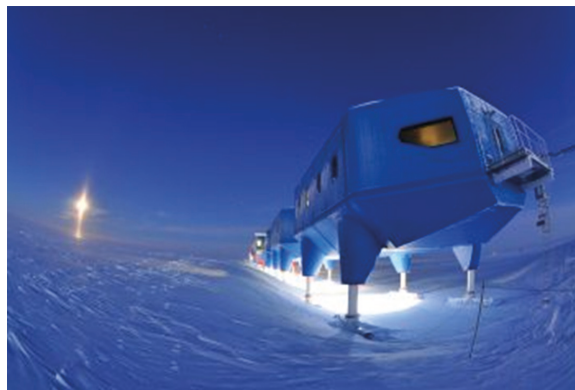
Az izolációs tünetegyüttes kutatásában régóta ismert, hogy – a küldetés időléptékétől függetlenül, az esetek nagy részében, ám nem minden küldetés során – az izoláció harmadik negyedében az érzelmi állapot jelentősen romlik.

A naplók pozitív és negatív érzelmszavainak arányát elemezve, jól összevethető az érzelmi állapotok alakulása a különbö-

ző szimulációs helyszíneken: úgy találtuk, hogy a hangulati kilengések az olaszok és a franciák lakta Concordia állomáson jelentősebbek voltak, mint a túlnyomórészt brit Halley VI. állomáson.

Legénységi autonómia és csoportkohézió

Minthogy nagyon fontos, hogy a hosszú távú űrutazások során a legénységi autonómia optimális tartományban maradjon, a Mars-500 vizsgálatban a földi irányításhoz intézett kéréseket és szükségleteket kifejező szavak arányából következtettünk ennek alakulására. Elemzésünk azt mutatta, hogy a legénységi autonómia az 520 nap során jelentősen növekedett. A csoportkohézió jó mutatója az „én”-re és a „mi”-re való utalások együttes arányának változása: ezáltal a csapatszellem időbeli változása a különböző szimulációkban jól összemérhető.

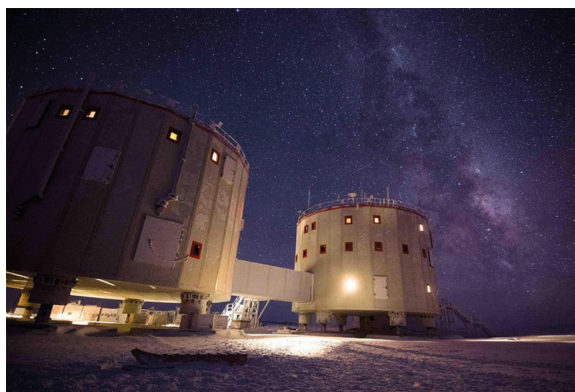


A British Antarctic Survey Halley VI kutatóállomása (ESA)

Mentális állapotok követése

A mentális állapotok változásainak egyik markere az idővel kapcsolatos szavak arányának alakulása. Kimutattuk, hogy a hosszú elszigeteltség eseménytelenebb, ingerszegény időszakokban az időtudatosság romlik, a küldetés végére azonban helyreáll. Tartalomelemzés révén a szövegek sztereotipizáltsága is több módon nyomon követhető – ez utóbbi jelenség a gondolati elszegényedés érzékeny mutatója.

A földi űranalógokban keletkező szövegek pszichológiai tartalomelemzése az izolált kiscsoportok pszichodinamikájának feltárása mellett azt a célt is szolgálja, hogy a későbbiekben – valós idejű automatizált kommunikációelemzés és értékelés révén – a földi irányítóközpont gyorsan észlelhessen és orvosolhassa az egyéni és társas pszichológiai problémákat.



A Concordia antarktisi kutatóállomás (Forrás: ESA)

zás eredményeként távolról nyomon követhetjük a vizsgált pszichológiai folyamatok időbeli alakulását a küldetés során.

GÉCZY GÁBOR

A SMOG–1, az új magyar zsebműhold

A Szputnyik–1 felbocsátása óta az emberiség hatalmas erőfeszítéseket tett az űr meghódítására. Az elmúlt 60 évben technológiai szintünk élvonalát képviselték az űreszközök, amelyek lehetővé tették, hogy kiterjeszthessük ismert univerzumunk határait és jobban megismerhessük szülőbolygónkat.

Az elektronika fejlődése megengedte, hogy egyre intelligensebb és önállóbb rendszereket hozhassunk létre parányi méretekben. Magyarország már az űrkorszak kezdete óta jelentős szerepet vállalt műholdas rendszerek tervezésében és megépítésében, 2012-ben pedig a Masat–1 sikerével bizonyítottuk, hogy hazánk önállóan is képes létrehozni és működtetni egy műholdat a világűrben. Ez a szerkezet az első olyan 10 centiméteres élhosszúságú, úgynevezett CubeSat osztályú kockaműholdak közé tartozott, amelyek sikeresen fejezték be küldetésüket.

A Masat–1 sikere után egy, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem fiatal hallgatóiból és tapasztalt kutatókból álló maroknyi csapat nem kisebb célt tűzött ki, mint hogy megalkossák a világ legkisebb tudományos kutatási célú műholdját. Ez az eszköz a zsebműholdak, avagy PocketQube-ok osztályába tartozik, mérete kisebb egy Rubik-kockánál, össztömege pedig 250 gramm alatti.

A SMOG–1 küldetése

Civilizációnk fenntartásával sokféleképpen szennyezzük környezetünket, aminek egyik formája az elektromos berendezéseink által kisugárzott, ugyanakkor nem hasznosuló elektromágneses hullámokkal okozott szennyeződés. Ez az elektroszmog érzékszerveinkkel ugyan nem észlelhető, de a kommunikációs eszközök elterjedésével folyamatosan növekszik, és érzékeny műszerekkel kimutatható.

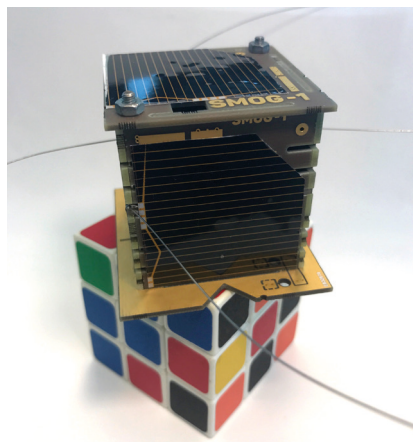
A SMOG–1 elsődleges küldetéséként egy parányi spektrumanalizátor segítségével ezt a szennyezést fogja vizsgálni a 430 és 860 MHz közötti frekvenciatartományban, ahol a hatás a hullámok terjedéséből adódóan jól megmutatkozik. Föld körüli pályájáról folyamatosan mintavételezi az

adott pontban mérhető elektromágneses térerősséget, így a mérési adatok feldolgozása után képesek leszünk előállítani egy szennyezettségi térképet bolygónk teljes felületéről, amire még nem volt példa. [1]

A tartalom

A kis méret nagy előnye az olcsó pályára állítás lehetősége, ezért is vált népszerűvé világszerte a kisműholdak építése a műszaki egyetemek körében. A méretből adódó kötöttségek viszont különleges szakmai kihívások elé állították a tervezőket, a tervezésnél igen nagy szükség volt a híres magyar találatekonyságra.

A spektrumanalizátoron kívül minden olyan alrendszert bele kellett sűríteni a kockába, amely ahhoz szükséges, hogy ez



A SMOG–1 modellje egy Rubik-kockán

a parányi szerkezet életben maradjon az űrben. Az energiaellátó rendszerek napelemek segítségével biztosítják a működéshez szükséges energiát. A legtakarékosabb módon, legnagyobb határfok mellett kellett ezeket a rendszereket megépíteni, hiszen a napelemmel borított felületek kis méretéből adódóan a fedélzeten mindössze 0,3 W átlagos villamos teljesítmény áll rendelkezésre. Ez kevesebb, mint egy átlagos mai LCD televízió teljesítményfelvételének a tizede – a készülék kikapcsolt állapotában.

A mérések időzítését és minden alrendszer vezérlését a fedélzeti számítógép látja el, amely az adatok feldolgozásáról és az üzenetek visszafejtéséről is gondoskodik. A Masat–1-től eltérően sem a hely, sem az energiakorlátok nem tették lehetővé, hogy kamera kerüljön a fedélzetre, ehelyett olyan további kiegészítő szenzorokkal szereltük fel a műholdat, amelyek segítségével összetett tudományos kísérletek is kivitelezhetők. Ilyen például a mágneses térerősség vizsgálatára elhelyezett magnetométer, a háromtengelyű giroszkóp, vagy az oldalakon elhelyezett fotoszenzorok.

Másodlagos küldetéséként a fedélzeten helyet kapott két doziméter is, melyek feladata az elektronikus alkatrészeket érő teljes ionizációs sugárzás folyamatos megfigyelése.[2] Ez a műszer szintén saját fejlesztésű, jelenleg a világ legkisebb aktív elektronikus dozimétere. Az áramkör hordozópaneljén mindössze 13 × 13 mm méretű felületet foglal el.

A mérőrendszerekből közel száz különböző mérési adat keletkezik, amelyeket a kommunikációs rendszer rádiós áramkörei továbbítanak. Rádióamatőr műhold révén, megfelelő vevőeszközök segítségével az összes mérési adat a Föld bármely pontján szabadon elérhető lesz mindenki számára.

A hosszú és alapos tervezési fázis után több ezer parányi alkatrészből összeállt a kész műhold. Jelenleg a tesztelési folyamatok zajlanak, a Földön mesterségesen kialakított tesztkörnyezetekben igyekeznek a fejlesztők létrehozni minden olyan állapotot, amely várhatóan fennállhat az űrben a küldetés során. Így zajlanak az alkalmassági vizsgálatok, valamint a műhold felkészítése a legrosszabb eshetőségek túlélésére is. A felbocsátás várhatóan 2018 második negyedévében lesz, amikor remélhetőleg kezdetét veszi egy új sikeres magyar küldetés a világűrben. ✦

Irodalom

- [1] Dudás Levente, Szűcs László, Dr. Gschwindt András, The Spectrum Monitoring System of SMOG-1 Satellite
- [2] Géczy Gábor, SMOG–1 műhold központi energiaellátó rendszer és kísérleti doziméter tervezése, OTDK dolgozat, 2016

HIRN ATTILA – ZÁBORI BALÁZS

RadMag

Űridőjárási célú hazai technológia-fejlesztés

A XXI. század elejére az emberiség eljutott oda, hogy gyakorlatilag nem létezik a Földön olyan tevékenységi terület, amely kisebb vagy nagyobb mértékben, közvetlenül vagy közvetve ne támaszkodna a különféle globális műholdas rendszerekre. Az ipari infrastruktúrák és az egész földi technikai civilizáció védelme érdekében így nem elegendő a közvetlenül földi eredetű veszélyekre, kockázatokra gondolnunk, hanem a közvetlenül vagy közvetve a világűrbeli származó káros hatásokkal is számolnunk kell.

A Föld körüli térség állapota – a plazmakörnyezet és a kozmikus sugárzási tér összetétele, a földi magnetoszféra és a légkör állapota – jelentős mértékben függ a Nap időben erőteljesen változó, és sokszor megjósolhatatlan aktivitásától. A Földről, esetenként a sztratoszférában repülő ballonok és repülőgépek fedélzetéről végzett megfigyelések, mérések mellett központi csillagunkat számos napszonda és műhold vizsgálja a nap 24 órájában, hogy annak aktuális állapotáról minél részletesebb és valós idejű információ álljon rendelkezésünkre.

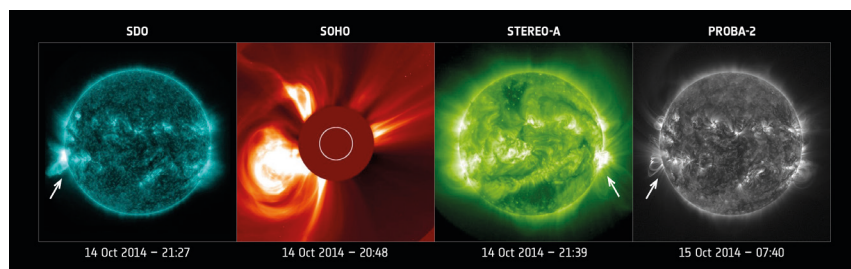
Meglehetősen összetett, mérési adatokon és csatolt matematikai modelleken alapuló előrejelző rendszerek szükségesek ahhoz, hogy a Napon megfigyelt változásokból a kutatók a Föld körüli térség rövidtávú változásaira, valamint abból az űrbéli és a nagyobb földi infrastruktúrákra (nagyfeszültségű elektromos hálózatokra, olaj-, illetve gázvezeték-hálózatokra) gyakorolt hatásokra következtethessenek. Ezen modellek validálásához, pontosításához elengedhetetlenek a Föld körüli térség különböző pontjain végzett folyamatos mérések. Ezek segítségével különféle elektronikai alkatrészek és egységek közvetlenül a világűrben történő, sugárzásállósági vizsgálatára is lehetőség nyílik. A Földön rendszerint csak adott energiájú protonokkal vagy nehezebb töltött részecskékkel lehet ilyen tesztek elvégezni. Mivel nincs mód a valódi sugárzási tér reprodukálására, így általában jelentős mérnöki tartalékokkal kell számolni.

Magyarország 2015-ben csatlakozott az Európai Űrügynökséghez (ESA), és az ESA önkéntes programjai közül elsőként az általános technológiafejlesztés segítő programra (General Support Technology

Programme, GSTP) iratkozott fel. Ennek keretében az MTA Energiatudományi Kutatóközpont Űrdozimetriai Kutatócsoportja egy olyan műszer fejlesztésére vállalkozott (RadMag), amellyel a kozmikus sugárzási tér összetételének, spektrumának mérésével párhuzamosan a mágneses tér változásait is nyomon lehet követni. További fontos szempont volt, hogy a műszer a CubeSat nanoműhold-szabványnak megfelelő egymásfél egységnyi térfogatba és tömegbe beférjen (egy CubeSat egység $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ térfogatú és 1,33 kg tömegű), így a később-

sejében, valamint a műhold testétől egy méter távolságban, egy nyitható árbóc végén vizsgáljuk. 2017 nyarán a fejlesztés a megvalósítási (B2/C/D/E/F) fázisba lépett, melynek keretében elkezdődött a műszer terveinek részletes kidolgozása.

A RADCUBE küldetés egy hosszabb távra szóló hazai tervnek, a CROSS (*Cosmic Radiation mOnitoring Satellite System*) rendszernek is része, melynek keretében a Föld körül különböző pályákon keringő, hasonló műszerezettségű műholdak konstellációja olyan, a sugárzási és a mágneses térre vonat-



A 2014. október 14-i koronaanyag-kidobódás különböző napszondák felvételein különböző irányokból és időpontokban (Forrás: SDO/NASA; SOHO (ESA & NASA); NASA/Stereo; ESA/Royal Observatory of Belgium)

biekben CubeSatokból álló flottán és űridőjárási célú nagyműholdakon is használható legyen. A demonstrációs repülésre egy hazai, a C3S Kft. által fejlesztett három egységű CubeSat platform fedélzetén kerül majd sor várhatóan 2019 első felében. A műhold, illetve a küldetés a RADCUBE nevet kapta.

A fejlesztés A/B1 fázisában (Study Phase) elvégeztük a RadMag komplex űridőjárási mérőműszer mérés-technikai paramétereinek definiálását. Ezzel párhuzamosan elkészült egy technológiai tanulmány, amelyben bemutattuk, hogy a műszer a definiált követelmények szerint és a három egységű CubeSat küldetés technikai határain belül valójában megvalósítható. Egy nagy és egy kis érzékenységű szilícium detektoros teleszkóppal a beérkező protonok (1 MeV – 1 GeV), elektronok (100 keV – 8 MeV) és nehezebb töltött részecskék (100 MeV/n – 1 GeV/n) energiaspektrumát regisztráljuk, amivel párhuzamosan a sugárzás dózisait apró felvezető detektorokkal mérjük. A mágneses teret a tervek szerint háromtengelyű magnetométerek segítségével a műhold bel-

köző adatokat szolgáltatna, amelyekkel az ediginél jóval pontosabban és hatékonyabban lenne biztosítható az űrbe feljuttatott eszközök és személyek biztonsága, valamint az űridőjárás-előrejelző számítások végzése. 🌍

A fejlesztés A/B1 fázisa az ESA 4000117620/16/NL/LF/as, a B2/C/D/E/F fázisa az ESA 4000120860/17/NL/GLC/as számú szerződés keretében valósul meg.

Irodalom

- <http://spacedosimetry.com/eredmenyeink>
<https://www.radcube.hu/>
<http://www.kormany.hu/hu/nemzeti-fejlesztési-miniszterium/infokommunikacioert-felelos-allamtitkarsag/hirek/egyedulallo-hazai-fejlesztés-forradalmasíthatja-a-nemzetközi-uripart>
http://mta.hu/tudomany_hirei/cross-magyar-muholdrendszer-urvihar-uridojaras-mta-energiatudomanyi-kutatokozpont-106503

DOBOS-KOVÁCS MIHÁLY

CanSat, avagy műhold a dobozban

A mikor az ember azt a feladatot kapja, hogy néhány szóval jellemezze a műholdakat, nehéz helyzetben találja magát. Méretükben a 10 cm-es élhosszúságú kockában elférő CubeSatoktól egészen a csuklósbusz hosszúságú Hubble-űrtávcsőig terjednek. Tömegüket tekintve hasonló a változatosság: egy CubeSat könnyebb, mint egy kisebb görögdinnye, míg egy nagyobb műhold több tíz tonnát is nyomhat. Az egyetlen, ami talán a világrőn mint célponton kívül közös pont, az a hihetetlenül magas ár. Egy kisebb CubeSat ára is 60 millió forint körül mozog, így jelentős anyagi háttér hiányában nem tud bárki komolyan foglalkozni vele.

Ez az exkluzivitás leginkább az utánpótlás nevelésénél problémás. Ekkora tőkét jól futó startup-ok sem tudnak bevonni, nemhogy oktatási intézmények, ahol a fiataloknak lehetősége lenne megismerkedni a témával. Részben ezért, részben pedig kihívásként vetette fel *Bob Twiggs*, a Stanford University professzora 1998-ban azt az ötletet, hogy juttassanak egy 330 ml-es üdítő dobozban elférő eszközt az űrbe. Az az elgondolás vezérelte, hogy ha kicsi, akkor olcsó, ha pedig olcsó, akkor egyre több egyetem engedheti majd meg magának, hogy oktatási célból műholdat építsenek. Ebből nőtte ki magát a CanSat projekt.

Bár eredetileg *Twiggs* professzor az űrbe szánta őket, CanSatok a mai napig nem jártak még ott. Mostanában jutott csak el oda a tudomány és a technika, hogy egy ekkora eszközt megérje feljuttatni az űrbe. Sőt jelenleg többen kísérleteznek úgynevezett PocketQubeokkal, ami egy Rubik-kockánál is kisebb műhold. Egy példa erre a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen épített SMOG-1.

A CanSatokra viszont a bukott ötletek temetője helyett egy másik terep várt. Különböző intézmények karolták fel, mert felismerték a bennük rejlő potenciált az oktatás terén. Egy kezdő CanSat készlet 70 000 forint körüli árat iskolák is meg tudják fizetni. Ráadásul egy CanSat sok tekintetben jól utánoz egy műholdat, például egy üdítő dobozba kell mindent becsúfolni, figyelve a súlykorlát betartására, a



Egy CanSat (IT Sligo)

rádiókapcsolat stabilitására stb. úgy, hogy bármilyen kis változtatás hatással lehet az egész eszközre.

Az évek folyamán, ahogy egyre többen próbáltak meg CanSatokat építeni, egyre összetettebb feladatokat valósítottak meg. Kezdetben egy küldetés abból állt, hogy az eszköz minél magasabbra repüljön, méréseket végezzen, majd visszaessen. Ezt követően viszonylag hamar megjelent az igény arra, hogy az eszköz ne csapódjon be a földbe, hanem sérülés nélkül landoljon, újra lehessen vele repülni. Ma pedig már olyan komplex feladatokat is megvalósítanak, mint 750 méter magasból való landolás úgy, hogy egy rakományként szállított tyúktojás túlélje a műveletet. Emellett a mérések jellege is megváltozott. Míg eleinte a cél csupán a hőmérséklet mérése volt különböző magasságokban, manapság már, hála a technika fejlődésének, bármit meg lehet mérni egy 5 forintos méretű szenzorral. Így mérhető a különböző üvegházhatású gázok koncentrációja, az UV-sugárzás, vagy akár a levegőben lévő por mennyisége is. Még ennél is komplexebb feladat, amikor egy űrszondát szimulálnak. Ekkor a CanSatnak beépített kerekek és egy GPS vevő segítségével a landolás után el kell jutnia egy előre meghatározott célzónába, majd ott például a talaj nedvességét vagy humusztartalmát kell megmérnie.

Az eddigi eredményekben az a legszembetűnőbb, hogy azokat nem „profik” valósították meg, hanem diákok, és a számukra

kiírt CanSat versenyeken mutatkoztak be velük. Az egyik verseny ezek közül az USA-ban évente szervezett, többek között a NASA által is támogatott CanSat Competition, amelyen egyetemi csapatok versenyeznek egymással, minden évben más-más feladat megoldásával. Az említett tyúktojásos landolás lesz a 2018-as feladat. Magyar szemmel érdekesebb az Európai Űrügynökség (ESA) által szervezett nemzetközi

CanSat verseny, amelyik középiskolási diákokat céloz meg. Ezt a versenyt évente rendezik meg, mindig más helyszínen, szerte Európában. Minden ESA tagországból egy csapat vehet részt rajta, amelyet nemzeti válogatóversenyeken választanak ki. Bár jelenleg Magyarországon még nincs olyan csapat, amely CanSatokkal foglalkozna, és az országot képviselne ezen a versenyen, de szerencsére alulról felfelé van egy, amely a 2018-as versenyen már képviselheti hazánkat. Ez azért lenne kifejezetten előnyös, mert megteremtene a CanSat hagyományát itthon, és néhány éven belül akár 5–10 csapat is versenghetne az indulás jogáért egy nemzeti válogatóversenyen.

Összességében a CanSat kiváló lehetőség, hogy fiatalok megismerkedhessenek egy kis „műhold” működésével, és tapasztalatokat szerezhessenek az építése folyamán. Az itt szerzett tudás jó alapot jelent a mérnöki pályához a villamosmérnököktől kezdődően az informatikusokig, ezen felül bevezetést nyújt az űrkutatás világába az eziránt érdeklődőknek. Ami pedig talán a legjobb, hogy egy CanSatot egy iskolai szakkör keretében is el lehet készíteni, így pedig a mai világban kiemelkedően fontos csapatmunka terén is tapasztalatokat lehet szerezni. Remélhetőleg néhány éven belül Magyarországon is komoly versengés lesz azért, hogy ki képviselje az országot az ESA versenyen. ★

RÓZSA SZABOLCS – MILE MÁTÉ

GPS a csapadék előrejelzésében

A GPS rendszert napjainkban gyakran használjuk helymeghatározásra és navigációra gépkocsinkban, mobiltelefonunkon. Azt már viszont kevesebben tudják, hogy az elmúlt években hasonló rendszereket fejlesztett ki Oroszország (GLONASSZ), Kína (Beidou) és az Európai Unió is (Galileo). Ezeket a rendszereket összefoglalóan globális műholdas navigációs rendszereknek (GNSS) nevezzük.

Mindegyik műholdrendszer alapelve, hogy a műholdak a földi felhasználók felé időbélyeggel (kóddal) ellátott mérőjelet küldenek, amelyek alapján a műhold és a vevő távolságát meg tudják határozni. A műholdak helyzetének ismeretében egyszerű geometriai összefüggésekkel számíthatóvá válik a műholdvevő helyzete.

Bár az alapelv nagyon egyszerű, a méréseket számos szabályos hiba terheli. A mérőjel a légkörben változó sebességgel terjed. Az ionoszférában a Nap ionizáló sugárzása miatt létrejött szabad elektronok okoznak késleltetést, míg a légkör alsó néhány száz méteres részében – a sztratoszférában és a troposzférában – a légköri gázok és a vízpára jelenléte lassítja a mérőjelek terjedését. A késleltetések nagyságrendje zenit irányban mintegy 2–10 méter az ionoszféra, és 2–2,5 m nagyságú az elektromosan semleges troposzféra és sztratoszféra esetében.

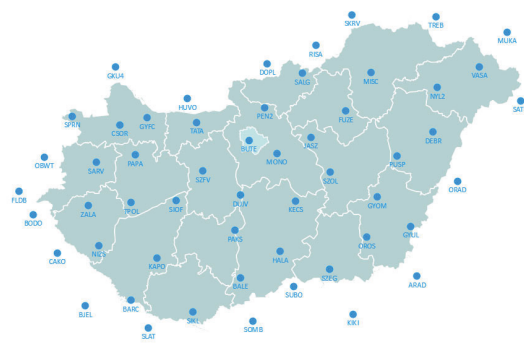
A navigációban jellemzően néhány méter pontos helymeghatározást szolgáltató GNSS méréseket precíz feldolgozási technikákkal a geodéziában is fel tudjuk használni azáltal, hogy ily módon a helymeghatározás pontosságát akár milliméteres nagyságrendre is fokozhatjuk. Ennek megvalósításához ismert koordinátájú pontokon végzett észlelésekre van szükségünk. A fixen telepített GNSS vevőkből felépített hálózatokkal (1. ábra) a geodézia, az építőipar, a földtudományok és a mezőgazdaság számos területén tudjuk biztosítani a néhány centiméter pontos helymeghatározást, így navigálva például az önvezető mezőgazdasági erőgépeket.

A helymeghatározáson túl azonban ezen állomáshálózatok Földünk megfigyelésére is alkalmasak. Köszönhetően annak, hogy ezen GNSS állomá-

sok helyzete nagy pontossággal ismert, a mért műhold-vevő távolságokból a vevők helyzete mellett a méréseket terhelő hibahatások mértékét is meg tudjuk határozni. Ezáltal a GNSS mérések a légkör néhány paraméterének megfigyelésére is alkalmassá tehetők.

2011–2016 között a BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszékének vezetésével több hazai intézmény kutatói vizsgálták, hogy a GNSS mérések miként használhatók a meteorológiai előrejelzések pontosítására. A várható csapadék mennyiségének és intenzitásának előrejelzéséhez kulcsfontosságú, hogy ismerjük a légköri oszlopban található vízpára mennyiségét, az integrált vízgőztartalmát. Ezt a légköri jellemzőt általában meteorológiai ballonokra rögzített rádiószondákkal határozzák meg. A mérések magas költsége miatt ilyen észleléseket hazánkban csak Budapesten és Szegeden, 12 órás időbeli felbontással tudunk végezni.

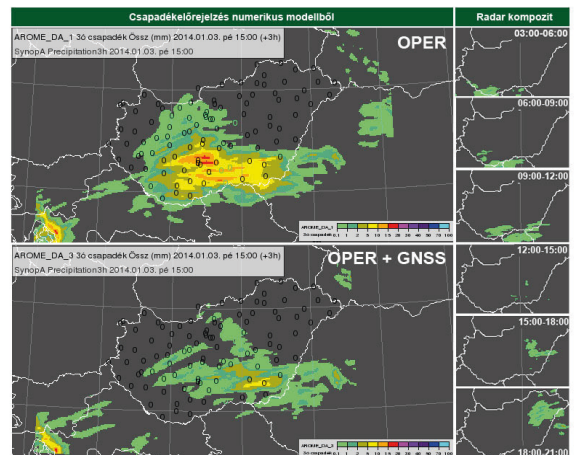
Kimutatható, hogy a GNSS mérésekből levezetett ún. nedves troposzférikus késleltetés szoros kapcsolatban áll a légkör



1. ábra. A hazai aktív GNSS hálózat felépítése

(Forrás: Budapest Főváros Kormányhivatala, Földmérési, Távérzékelési és Földhivatali Főosztályának Kozmikus Geodéziai Osztálya, röviden KGO)

integrált vízgőztartalmával. Így a földmérési célból kiépített aktív GNSS hálózat méréseinek felhasználásával mintegy 60



2. ábra. GNSS mérések hatása a csapadék-előrejelzés pontosságára (balra fent: csapadék-előrejelzés numerikus modellből GNSS nélkül, balra lent: csapadék-előrejelzés numerikus modellből GNSS mérések bevonásával, jobbra: a vizsgált nap radar kompozit képei)

km-es térbeli, és jelenleg egyórás időbeli felbontással meghatározható az átlomások feletti légköri oszlop teljes vízpáratartalma.

A projekt keretében a BME a Kozmikus Geodéziai Observatóriummal együttműködve kialakította azt a GNSS feldolgozó rendszert, amely rutinszerűen állítja elő a nedves troposzférikus késleltetések értékét az aktív GNSS hálózat minden állomására. Az adatok numerikus előrejelző modellek kiindulási állapotába történő bevonását az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársai jelenleg is tesztelik. A 2. ábrán egy ilyen teszt eredményét mutatjuk be. Ennek bal oldalán látható, hogy a vizsgált időszakban a numerikus modell jelzett előre, ugyanakkor a jobb oldali oszlopban található radarképek azt mutatják, hogy a tényleges csapadék mennyisége nem haladta meg sehol a néhány millimétert. A GNSS adatok bevonásával jelentősen javult a numerikus modell csapadék előrejelzésének a pontossága, ahogyan azt az ábra bal alsó részén láthatjuk.

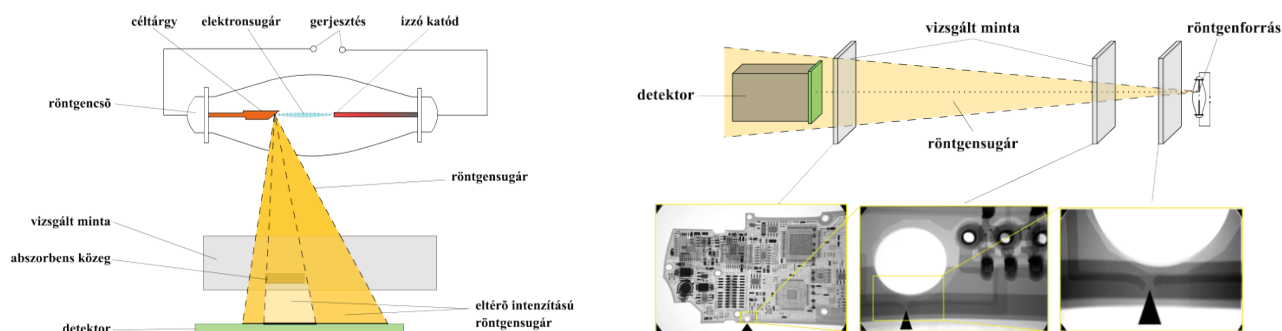
A biztató eredmények hatására a fejlesztések tovább folytatódnak, így a közeljövőben a meteorológiai előrejelzésben már a hazai GNSS mérések eredményei is hasznosulhatnak.

Röntgenmikroszkópos vizsgálatok az űrtechnológia szolgálatában

Az űrtevékenységgel kapcsolatos tervezői munka számos nehézséget rejt magában. A világűr mint működési környezet – szélsőséges fizikai paraméterek sokszor egymást erősítő hatásával – megnehezíti az űrkutatási, vagy űrtechnikai eszközök működését. Az esetek döntő többségében alkalmazott távüzemel-

rán tapasztalhatók. A teljes projektköltség viszont csak töredéke az űrküldetéseknek. Az utóbbi időben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Elektronikai Technológia Tanszéke (BME ETT) a Magyar Tudományos Akadémia Energetikai Kutatóközpontjával (MTA EK) közösen több magaslégtéri kísérletben vett részt.

A küldetés során 4 darab Centronic ZP1210-es GM-csővet alkalmaztunk a kozmikus sugárzás mérésére. A csövek merőleges elrendezésének köszönhetően lehetőség volt a sugárzás irányfüggő viselkedésének kimutatására. Technológiai demonstrációs kísérlet céljából a mérési összeállításban helyet kapott to-



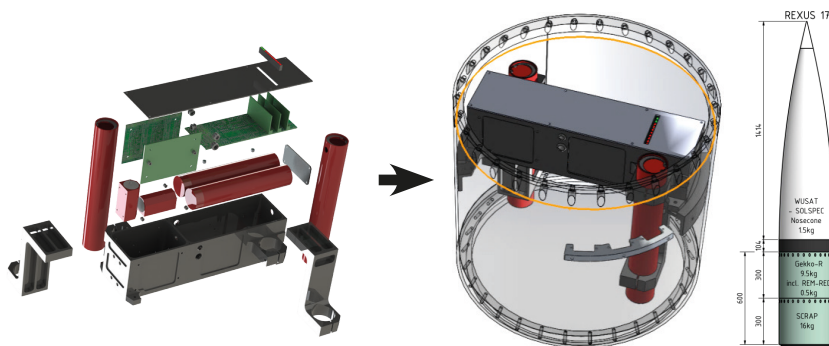
1. ábra. Balra: Röntgensugárással történő képkalkítás sematikus rajza. A minta egyes elemei más-más mértékben nyelik el a röntgensugarakat, ezáltal kontrasztos kép jön létre a detektoron. Jobbra: A geometriai nagyítás elvét szemléltető ábra. A forráshoz közelebb lévő minta képe nagyobbak látszik

tetés kizárja az esetleges javítási lehetőségeket, ezért a nagyobb megbízhatóság eléréshez körültekintőbb tervezésre, precízebb kivitelezésre és még több tesztre van szükség. A felsorolt tényezők többletköltséget jelentenek, végeredményben jelentősen drágítva a küldetést [1–2]. Az űrtechnikai alkalmazásokban a repülő példányt is teljeskörűen tesztelik, ezért nagy jelentősége van a roncsolásmentes analitikai módszereknek, mert alkalmazásukkal szerkezeti károsodás kockázatát nélkül vizsgálhatjuk az űreszközöket. Ilyen roncsolásmentes vizsgálati módszer például a röntgenmikroszkópos vizsgálat, melynek során a minta belsejében található, eltérő röntgenelnyelő-képességű szerkezeti elemek kontrasztos képet hoznak létre a detektoron. A geometriai nagyítás elvét kihasználva, a röntgenforráshoz közelebb elhelyezkedő tárgy képe nagyobbak látszik a detektoron, ezáltal olyan kis részletek is vizsgálhatók egy komplex rendszer belsejében, mint a nagy rajzolatlanságú alkatrészekhez vezető fémvezetékek (1. ábra).

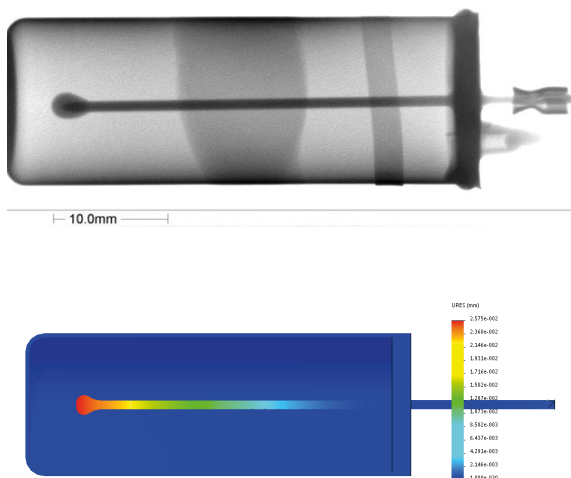
A magaslégtéri rakéta- és ballonkísérletek az űrtechnikai alkalmazások tesztelésének nagyon fontos eszközei, mert az ezek során fellépő hatások sok tekintetben hasonlítanak az űrben folytatott küldetések so-

A REXUS program keretében például egy továbbfejlesztett Orion típusú rakéta fedélzetén 90–100 km magasságban Geiger-Müller-számlálókon alapuló, kozmikus sugárzást mérő kísérletet végeztünk. A küldetés tervezésének és kivitelezésének több fázisában is segítségünkre volt a BME ETT hibaanalitikai laborjában működő Dage XD 6600 típusú analitikai röntgenberendezés.

vábbi két darab, 49,2x15,1 mm méretű ZP1200 típusú GM-cső, hossz tengelyekkel egymásra merőleges elrendezésben (2. ábra). Az előzetes tervezési fázisban (Preliminary Design Phase) elkészítettük a ZP1200 CAD rajzait, hogy mechanikai szimulációk segítségével eldönthető legyen az ilyen típusú csövek alkalmazhatósága egy rakétakísérletben. A CAD modellhez szükséges anyagi paramétereket elektron-



2. ábra. A REXUS-17-es rakéta fedélzetén repült REM-RED kísérleti összeállítás robbantott rajza és a tudományos kísérlet rakétamodulban elfoglalt helye. A hat darab GM-cső merőleges elrendezésben mérte a kozmikus sugárzást



3. ábra. ZP1200 típusú Geiger–Müller-cső röntgenmikroszkópos felvétele és a 3D modelljén végzett statikus szimuláció eredménye 20g terhelés hatására

sugaras mikroanalízis (SEM-EDX) segítségével határoztunk meg, szintén a BME ETT hibaanalitikai laborjában. A fém katódos GM-cső belső szerkezete kívülről szabad szemmel nem látható, ezért röntgenmikroszkópban a megfelelő tárgysík megválasztása után megmértük a belső struktúra méreteit. A **3. ábra** röntgenmikroszkópos képén látható, hogy a ZP1200 cső anódja csak egyik oldalán rögzül a katód testtől elszigetelő zárósapkán. Az ilyen típusú elrendezés különösen érzékeny lehet a külső mechanikai rezgésekre, ezért a statikus szimulációk mellett dinamikus számításokat is végeztünk.

A dinamikus szimulációk bemenő paraméteréül szolgáló mechanikai terhelést a REXUS User Manual [3] adatai alapján tápláltuk a szimulációba. A GM-cső működése szempontjából az anód kihajlása kritikus kérdés, hiszen a tipikusan 400–600 voltra előfeszített GM-cső esetében a katód-anód távolság csökkenése az átütés kockázatát rejtheti magában. Az anód maximális kihajlása a szimulációk alapján a statikus terhelés hatására következett be. Korábbi REXUS küldetések repülési adatainak tanulmányozása során a statikus terhelés maximumát 20 g-nek választottuk, ekkor az anód kihajlása kb. 25 μm , ami a névleges anódvastagság 1/40-ed része. Ilyen mértékű deformáció még nem okoz érezhető karakterisztikatorzulást vagy átütést a GM-cső működése során. A GM-csőveket meghajtó áramkör tervezésénél külön hangsúlyt kellett fektetni a nagyfeszültségű részek helyes szigetelőtávolságának beállítására, amit a beültetett áramkörön szintén röntgenmikroszkóp segítségével vizsgáltunk. A felületszerelési technológiával beülte-

tett alkatrészek forrasztásait egyesével szintén röntgen segítségével vizsgáltuk, gázzárányt és esetleges repedést keresve.

Egy ballisztikus rakétakísérlet teljes repülési ideje jellemzően 4–5 perc, amely idő alatt a külső hőmérsékleti viszonyok ugyan széles tartományban változnak, de a küldetés rövid ideje alatt a nagy hőtehetetlenség következtében nincs idő az állandósult termikus állapot elérésére. A 3D modellen termikus szimulációkat végeztünk és azok eredményeire alapozva a GM-csőveket a kísérleti egység belsejében hőszigetelő anyaggal bélelt alumínium modulokba rögzítettük. A végszerelést követően szintén röntgenmikroszkóppal ellenőriztük, hogy a nagyfeszültségű kivezetések a beépítést követően sehol sem közelítik meg kritikus távolságon belül a környező alkatrészeket.

2015. március 17-én, az észak-svédországi Esrange űrbázisról a REXUS–17-es rakéta sikeresen elstartolt a Geiger–Müller-csővel felszerelt REM-RED kozmikus sugárzás mérő platformmal. A küldetés tudományos és technikai szempontból is sikeresen zárult, sikerült kimutatnunk a kozmikus sugárzás irányfüggő viselkedését, ami a mérési eredményeink alapján kb. 50 km magasságig tapasztalható, ezután izotróp jeleget mutat.

A biztonságkritikus rendszerek analizálásával kapcsolatos tapasztalataikat a BME ETT hibaanalitika csapata azóta is több űrtechnikai vonatkozású tevékenységben sikerrel kamatoztatja. ✎

Irodalom

- [1] LARSON, Wiley J.; WERTZ, James Richard. Space mission analysis and design. Microcosm, Inc., Torrance, CA (US), 1992.
- [2] WERTZ, James Richard; LARSON, Wiley J. (ed.). Reducing space mission cost. Hawthorne: Microcosm Press, 1996.
- [3] Simon Mawn, REXUS User Manual, Document ID: RX_UserManual_v7-11_08Jan14, version 7.11, 2014.



**Magyar
Asztronautikai
Társaság**

A cikkek a Magyar Asztronautikai Társaság támogatásával jelentek meg.

E számunk szerzői

DR. ALMÁR IVÁN űrkutató-csillagász, c. egyetemi tanár, Budapest; DR. BABINSZKI EDIT geológus, PhD, tudományos főmunkatárs, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; DR. BACSÁRDI LÁSZLÓ PhD, intézetigazgató egyetemi docens, Soproni Egyetem, Sopron; DR. BALÁZS LÁSZLÓ PhD, pszichológus, kutatócsoport-vezető, MTA TTK Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet, Budapest; DR. BENECZE GYULA a fizikai tudomány doktora, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Rézecske- és Magfizikai Intézet, Budapest; DR. BOTH ELŐD, csillagász, Budapest; DR. CSABA GYÖRGY professzor emeritus, Semmelweis Egyetem, Genetikai, Sejt- és Immunbiológiai Intézet, Budapest; DOBOS-KOVÁCS MIHÁLY BSc-hallgató, BME VIK, Budapest; DR. EHMANN BEA PhD, pszichológus, tudományos főmunkatárs, MTA TTK Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet, Budapest; FARKAS PÉTER geofizikus, PhD, ELTE és Geo-Sentinel Kft., Budapest; DR. FREY SÁNDOR PhD, csillagász, MTA CSFK Csillagászati Intézet és Geo-Sentinel Kft., Budapest; GÁSPÁR ANITA informatikus könyvtáros, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; GÉCZY GÁBOR okl. villamosmérnök, Bonn Hungary Electronics Kft., BME SZHVT SMOG-1, Budapest; DR. GRENERCZY GYULA PhD, geofizikus, Geo-Sentinel Kft., Budapest; DR. GSCHWINDT ANDRÁS okl. villamosmérnök, c. egyetemi docens, Budapest; DR. HIRN ATTILA PhD, mérnök-fizikus, tudományos főmunkatárs, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest; DR. HOLLÓSY FERENC biológus, klinikai kutatási munkatárs, KCR, Budapest; DR. HURTONY TAMÁS PhD, egyetemi docens, BME Elektronikai Technológia Tanszék, Budapest; KÓBÁNYAI PÉTER geográfus, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; LAKATOS MÓNKA meteorológus, Országos Meteorológiai Szolgálat, Éghajlati Osztály, Budapest; DR. LENTE GÁBOR egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Kémiai Intézet, Debrecen; DR. MARADI ISTVÁN, okl. villamosmérnök, Budapest; MILE MÁTÉ meteorológus, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest; DR. RÓZSA SZABOLCS egyetemi docens, BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest; SZÉPSZÓ GABRIELLA meteorológus, Országos Meteorológiai Szolgálat, Klíma-modellezési Csoport, Budapest; ZÁBORI BALÁZS fizikus, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest.

BARNA TÖRPÉK SOKASÁGA

A legújabb kutatási eredmények szerint az eddig feltételezettnél sokkal több barna törpe csillag található a Tejútrendszerben. Chilei és portugál egyetemek csillagászai egy közeli, nagyon fiatal csillagokból álló csillaghalmazt megvizsgálva arra a következtetésre jutottak, hogy átlagosan két „igazi” csillagra jut egy barna törpe, vagyis egy úgynevezett „félresikerült csillag”. Az első barna törpét csak az 1990-es évek közepén sikerült felfedezni. Tömegük nem éri el a Nap tömegének 8%-át, ezért nem indul be a belsejükben a magfúzió. Csak a keletkezésükkor, a gravitációs kontrakció révén fejlődött hőt sugározzák ki évmilliárdokon át, saját energiatermelésük nincs (lásd szeptemberi számunkban: *A csillagok és nem csillagok közötti határ*). Mivel halványak, a néhány ezer ismert barna törpe többsége viszonylag közel van a Naphoz, legfeljebb néhány ezer fényévre. A kutatók az Európai Déli Obszervatórium (ESO) VLT óriástávcsövével a Naptól 5500 fényévre lévő, RCW 38 halmazt vizsgálták, ahol intenzív csillagkeletkezés folyik (a Tejútrendszer csillagainak többsége hasonló halmazokban keletkezett az elmúlt évmilliárdok során). Vizsgálataik során a halmazban tucatszám találtak barna törpéket, még azokat is azonosítani tudták, amelyek tömege csak 2%-a a Napénak. Így statisztikai megfontolások alapján jutottak az említett következtetésre, miszerint az RCW 38-ban a csillagok mintegy harmada barna törpe. Eredményüket extrapolálva úgy gondolják, hogy a körülbelül 200 milliárd „működő” csillagot tartalmazó Tejútrendszerben mintegy 100 milliárd barna törpe lehet. A megállapítás gyenge pontja magától értetődően az egyetlen halmazra kapott eredmény extrapolációja a Tejútrendszer egészére. Az eredmény helyességének bizonyítására (vagy megcáfolására) két lehetőség is kínálkozik. Egyrészt megvizsgálhatunk más, hasonló csillaghalmazokat, például az Orion-ködben található, ugyancsak fiatal csillagokból álló, és intenzív csillagkeletkezést mutató halmazt. Másrészt, a közeljövőben várható, hogy új eszközökkel elkészülhet az égbolt minden eddigiénél részletesebb átvizsgálása. Ebben elsősorban két új műszerre számítanak a csillagászok, egyrészt a jövő évtized közepén pályára állítandó WFIRST infravörös űrtávcsőre, másrészt a Chilében a La Serena csúcson már épülő LSST (Large Synoptic Survey Telescope) óriástávcsőre (lásd: *Adatözön a csillagászatban (is)*, 2016. szeptember, *Folyóiratszemle*). Mindkét műszerrel a

mostaninál jóval nagyobb mintán lesz ellenőrizhető, valóban a Tejútrendszer egészére, vagy legalábbis nagy részére jellemző-e a barna törpék most megállapított, meglepően nagy gyakorisága. (*www.skyandtelescope.com*, 2017. július 18.)

SZILÁSCETEK MIOCÉN SZAPORODÓ HELYE JAPÁNBAN

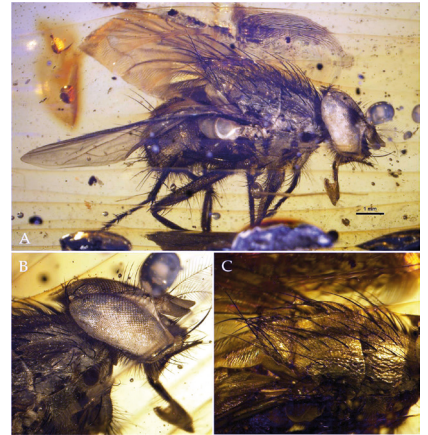
A valaha élt legnagyobb állatok közé tartozó bálnák szaporodásáról még ma is keveset tudnak a kutatók. Például a rendkívül veszélyeztetett, alig 100 egyeddel számláló nyugati szürkebálna szaporodó területe sem ismert pontosan, és így elég nehéz védelmi stratégiát kidolgozni számukra. Nyilván még nagyobb kihívás egy kihalt faj esetében az egykori szaporodó területet kijelölni, de ez most mégis sikerült a 15 millió éves *Parietobalaena yamaokai* esetében. A kutatók ugyanis egy bálnaborjú maradványát találták meg Hiroshima miocén rétegeiben, ami a legkorábbi ismert sziláscet-szaporodó helyre utalhat az északi féltekén.

A felfedezés egy korábban talált, és a hirosimai múzeumban őrzött példány újra vizsgálatán alapult. A lelőhely anyagában számos felnőtt egyed maradványa mellett rábukkantak egy nagyon fiatal példányra is, melynek a koponyáján még nyitottak voltak a csontok közötti varratok. Ez arra utal, hogy a példány elpusztulásakor biztos, hogy fél évesnél fiatalabb volt, de még valószínűbb, hogy újszülött borjú lehetett. A kutatók reményei szerint egy 15 millió évvel ezelőtt kihalt faj szaporodó helyének feltérképezése és megértése segíthet majd a mai fajok túlélésében is.

(*PeerJ*, 2017. augusztus)

A LEGYEK ROBBANÁSSZERŰ RADIÁCIÓJA

A torpikkelyes legyek (Calypttratae) 22 ezer fajjal az összes légy 14%-át alkotják. A kainozoikumban (65,5 millió évtől) megjelenő csoporthoz változatos és ökológiailag fontos fajok tartoznak, amelyek a legtöbb szárazföldi ökoszisztémában gyakoriak és gyakran kulcsfontosságú szerepük van lebontóként, parazitaként, betegségek terjesztőjeként, vagy beporzóként. Ugyanakkor szilárd váz hiányában nagyon kevés fosszilis képviselőjük ismert. Most kiderült, hogy a kréta/paleogén határ a dinoszauruszok és sok egyéb csoport kihalása mellett a legyek változatossá válása szempontjából is fontos időpont volt. A dominikai borostyánkővekből előkerült,



Légyfossziliák borostyánban

legkorábbi egyértelmű bögölyfosszília (*Mesembrinella caenozoica*) segít a korai legyek megismerésében és gyors radiációjának megértésében. A kutatók a többi ismert légyfossziliát is felhasználták egy molekuláris filogenetikai vizsgálathoz, hogy megbecsüljék a legfontosabb radiációk idejét a csoporton belül. Az eredmények szerint a ma élő Calypttratae fajok legutolsó közös őse körülbelül 70 millió évvel ezelőtt élt, vagyis közvetlenül a kréta/paleogén határ előtt, ami többek között a madarak, az emlősök és a zárvatermők evolúciójában is fontos időszak volt.

(*PLoS ONE*, 2017. augusztus 23.)

AZ OLAJ MEGVÁLTOZTATJA A HALAK VISELKEDÉSÉT

A Texas Egyetem kutatói szerint már pár csepp olaj hatására is rossz döntéseket hoznak a *korallzatónyok* halai. A magasabb rendű gondolkodásuk oly módon változik, hogy az veszélyt jelenthet számukra, és a lakóhelyül szolgáló korallzatónyokra is. Hat különböző halfajt vizsgáltak, melyek mindegyikénél következetesen megváltoztatta a viselkedést az olajszenyezés. Még az egészséges populációkban is az újszülött halaknak csupán 10%-a éri el a felnőtt kort. A túlélőknek meg kell tanulniuk megkülönböztetni a barátot az ellenségtől, védekező magatartásokat kell magukévá tenni, mint pl. rajban úszni, minimalizálni a mozgást a nyílt vízben, és a veszélyes helyről gyorsan eltávolodni. Az olajszenyezésnek kitett fiatal halak sokféle kísérlet során nagyon kockázatos magatartást vettek fel, még a ragadozók jelenlétében is. Az olaj ezen kívül negatív hatással van a halak növekedésére, túlélésére és a letelepedési viselkedésükre.

Mostanáig keveset tudtak arról, hogy az olajszenyeződés hogyan hat a korallzató-

nyokon élő halfajokra. Korábbi kutatások során már megfigyelték, hogy az olaj hogyan befolyásolja a halak életét, hogyan okoz a szívben fejlődési rendellenességeket, de most először tanulmányozták az olajszenyeződés hatását a halak viselkedésére. A korallzátony az óceánok igen változatos ökológiai rendszere, és egyben a legveszélyeztetettebbek egyike. A zátonyok nagymértékben függenek az itt élő halaktól, melyek a korallok növekedését és fejlődését korlátozó algákat fogyasztják. Az elmúlt 35 évben a világ korallzátonyainak majdnem egyötöde elpusztult, és a megmaradtak fele is várhatóan el fog tűnni vagy igen veszélyeztetett lesz az elkövetkezendő néhány évtized során. A kísérletben használt olajkoncentráció megfelel a már sok iparosított területen, a tengervízben mért koncentrációnak.

(*sciencedaily.com, 2017. július 17.*)

FÉNY A LÁTHATÁRON

A vaksötétség szó nem kifejezés arra, amit a kísérleti személyeknek 40 percen át kell kiállniuk teljes sötétségben és némaságban, amikor egyszer csak két hangot hallanak, s arra a kérdésre kell válaszolniuk, hogy a két hang melyikénél láttak is valamit. Hihetetlennek hangzik, de ennek a kísérletnek a tárgya egyetlen foton észlelése volt.

A kutatókat régóta foglalkoztatja az ember látásképpességének határa. Az 1940-es évek óta ismert, hogy az ember képes ultrarövid, 5–7 fotonos fényimpulzusokat látni. De vajon lehetséges-e egyetlen fényrészecske észlelése? *Aliphasa Vaziri*, a Rockefeller Egyetem munkatársa kollégáival erre vonatkozó kísérletet végez a kvantumkommunikáció segítségével, melynek során ultraibolya lézérimpulzusok nemlineáris kristályon haladnak át, miközben néha előfordul, hogy egy nagyenergiájú foton két fotonra esik szét.

A két foton közül az egyik egy detektorba kerül, a másikat pedig egy üvegroston keresztül átvezetik abba a helyiségbe, ahol a kísérleti személyek tartózkodnak, akik közül a foton valamelyikük szemébe érkezik, mire ideális esetben a kísérleti személy megnyom egy gombot. Több mint 30 600 átvezetés történt, melyek során a kísérleti személyek válasza 52%-ban megfelelő volt. Ez nem magas arány ugyan, ha figyelembe vesszük, hogy pusztán találgatással is 50%-os eredmény lett volna elérhető. A kísérlet vezetői azonban bíznak abban, hogy az áthaladások nagy száma miatt nagyon kicsi annak a való-

színűsége, hogy eredményeikbe statisztikai hiba csúszott volna. Nem szabad megfélemlíteni arról sem, hogy nem minden foton jutott el a szemben található receptorokig.

Nicolas Sangouardot, a Baseli Egyetem kutatója azt is vizsgálja, hogy képes-e az ember összefonódott fotonokat látni. Ezért kollégáival nemlineáris kristályban egyetlen foton felágerező tükröre küldött. Így kvantummechanikailag hoztak létre „titokzatos távolhatással” (ahogy Albert Einstein nevezte) összekapcsolt fotonokat, melyek állapota nagy távolság esetén is kölcsönhatásban van egymással, anélkül, hogy információcsere jönne létre. A kvantumfizika törvényei szerint ugyanis a foton az ilyen felágerező tükröt át is engedi és vissza is tükrözi egyidejűleg. A kísérlet számos ismétléssel igazolták, hogy az ember ezt az összekapcsolást ugyanolyan megbízhatóan látja, mint egy detektor.

A kivitelezése ugyan nem egyszerű, mivel az összefonódott fotonnak több száz fotonra kell bomlania ahhoz, hogy meg lehessen vizsgálni, hogy az emberi szem a fotonokat nemcsak néha, hanem szisztematikusan képes látni, mégpedig anélkül, hogy az összekapcsolódást lerombolná. *Sangouard* szerint azonban megéri áldozni a kísérletre, mivel ha a teszt eredményes, akkor a jövőben a kvantumjelenségek során embereket alkalmazhatnának detektorokként.

(*Bild der Wissenschaft, 2017. 3. szám*)

A KLÍMAVÁLTOZÁS ÁLDOZATAI: A KORALLOK

Május végén rossz hír érkezett Ausztráliából: 2016-ban a sekélyvízi korallok 29%-a pusztult el a Nagy-korallzátonyon, többségük az északi részen, ahol egyébként helyenként már 70%-os pusztulásukat állapították meg. A jelenlegi szám lényegesen magasabb, mint az eddigi adatok szerint becsült 22%-os korallvesztés. Ráadásul az ausztrál kormányzati

Kifehéredett korallok



szerv, a Nagy-korallzátony Tengeri Park Hatósága szerint az idei évben a korallok tragikus színvesztése a világ legnagyobb korallzátonyán tovább fokozódik.

A korallok rendkívül érzékenyen reagálnak a változó környezeti feltételekre, többek között például csak adott hőmérsékletű vízben képesek életben maradni. Bizonyos algákkal, melyeknek a színüket is köszönhetik, szimbiózisban élnek. Ha azonban emelkedik a víz hőmérséklete, a korallok eltaszítják maguktól az algákat, aminek következtében értelemszerűen elveszítik színüket is. Ha ez az állapot hosszabb ideig fennáll, a korallok teljesen elpusztulnak. A hivatalos álláspont szerint a korallok 2016-os és 2017-es színvesztését követően a 2300 km hosszú zátony regenerálódásának esélye szinte egyenlő a nullával.

Jelenleg semmi remény sincs a globális hőmérséklet csökkenésére, s ezzel a fenti állapot javulására sem. Az osztrák Központi Meteorológiai és Geodinamikai Intézet jelentése szerint Ausztriában például 2017-ben a tavasz a hőmérsékletek feljegyzésének kezdete óta a 10 legmelegebb tavaszok egyike volt. Most vált ismertté az is, hogy a Bodentó felszínének hőmérséklete 1,5 Celsius-fokkal emelkedett az 1980-as évek értékéhez képest.

(*Universum Magazin, 2017. június*)

Következő számunkból

Abonyi Iván: Találkozás Wigner Jenő professzorral Ericében

Koniorczyk Mátyás–Kiss Tamás–Ádám Péter: Wigner-függvények a kvantumoptikában

Cseh József: Wigner és a csoportvéssz a magfizikában. 80 éves a szupermultiplett-elmélet

Gadó János: Az Allegro negyedik generációs gázhűtésű gyorsreaktor fejlesztése

Horváth Dezső: A részecskefizika sérült szimmetriái: vajon megoldják-e a problémáit?

Hózer Zoltán: Atomerőművi fűtőelemek viselkedése normál üzemelés és átmeneti tárolás során, valamint bal-eseti helyzetekben

Solt György: Matematika és a természettudományos megismerés

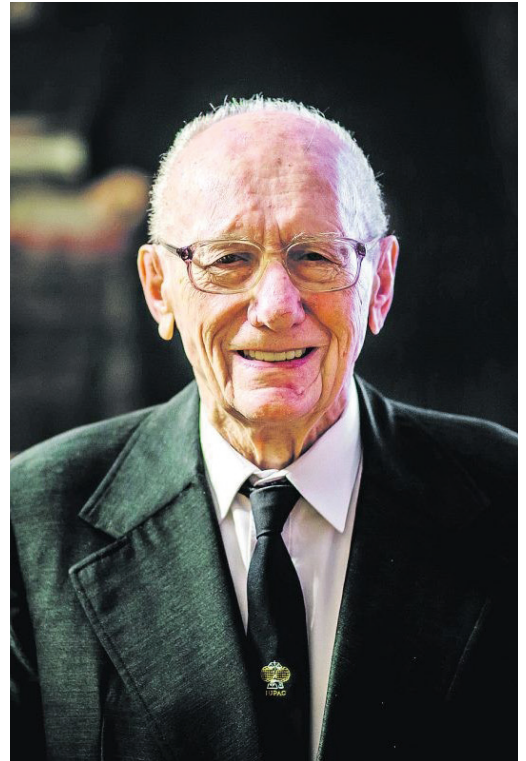
Varga Imre: Wigner-Dyson osztályozás és az Anderson-féle fém-szigetelő átmenet

Beck Mihály akadémikustól búcsúzunk

2017. július 31-én elhunyt Beck Mihály akadémikus, nemzetközi hírű vegyész, aki azért is sokat tett, hogy a tudomány közkinccsé váljon. 1993 és 2000 között tagja volt a Természet Világa szerkesztőbizottságának, számos, ma már hivatkozási alapot jelentő írása jelent meg folyóiratunkban. Néhány ezek közül: A Természetudományi Közlöny története (1991), A hidegfűző rejtélyének megoldása (1994), Változatok egy elemre. Kajtár Márton emlékének (1996), Jöslás és tudományos előrelátás (1998), Tudományos mozgalmak. Nyolcvan év hazai természettudományi művelődéstörténete (1998), Tévedés a tudományban (1999), A koincendencia (2003), Minőség és mennyiség a kémiában (2005, Kémia különszám).

Amikor hívtuk, mindig örömmel jött velünk hazai és határainkon túli iskolákba, pedagógustalálkozókra, erősítve a Természet Világa előadó-csapatát.

A következő írásokkal Beck Mihályra emlékezünk.



A magyar tudomány nagy vesztesége

„A tudományos kutatások eredményeivel állandóan találkozok minden polgár, de ezeket annyira természetesnek tartja, hogy észre sem veszi. Olyan számára, mint a tiszta levegő, amit csak akkor érzékel, ha maga is érzékeli a levegőszennyezést. Furcsamód azonban ilyenkor mindig a tudományt okolja a bajért, pedig csak a tudomány eredményei képesek hozzásegíteni valamennyiünket ahhoz, hogy felismerjük a bajok gyökerét, és hatásosan tudjuk azokat megszüntetni.”
(Beck Mihály)

Életének 88. évében elhunyt Beck Mihály akadémikus, a komplex vegyületek kémiájának nemzetközi hírű szakértője. Fontos szakmai monográfiák, valamint több mint 250 tudományos cikk szerzője, nevéhez 23 szabadalom is fűződik. Életpályájáról és tudományos munkásságáról a Lexica Kiadó neves tudósokról szóló sorozatának már megjelent kötete számol be részletesen, amelynek címe: *A kutatás kaland*, szerzője Silberer Vera fizikus, vegyész, tudományos újságíró-szerkesztő.

Beck professzor a Kossuth Lajos tudományegyetem professzor emeritusa, volt rektorhelyettese és rektora. 1976 és 1985 között a Magyar Tudományos Akadémia Kémiai Tudományok osztályának elnöke

volt, de azóta is aktív szerepet játszott az akadémiai tudományos bizottságok munkájában. A tudományos munka mellett fontosnak tartotta az ismeretterjesztést és az áltudományok elleni kiállást.

A Természet Világa folyóirat szerkesztőbizottsága tagjaként neki is szerepe volt abban, hogy a lap a legmagasabb színvonalú tudományos ismeretterjesztés fellegvára lehessen. Emellett kiváló humorérzéke is volt, nem véletlen, hogy az áltudományoktól és a tudomány humoráról szóló művei nagy népszerűségnek örvendtek. [1–3]

Az áltudományokkal kapcsolatban érdemes idézni néhány fontos észrevételét: „Az áltudomány: pótlék. Tudomány-pótlék azoknak, akikben él a vágy a világ

bármilyen felszínes megismerésére is, de nem szereztek elegendő ismereteket ahhoz, hogy megkülönböztessék a tudományt az áltudománytól és beleesnek a látszólag egyszerű felismerések csapdájába. Vallás-pótlék azok számára, akik nem tudják nélkülözni világnézetük kialakításában a természetfelettit, de nem érik be a bevett valóságok nyújtotta tanításokkal.”

„Tudományosan képzett, kritikusan gondolkodó elmék számára az áltudományos munkák olvasása olykor szórakoztató. Kesernyűvé csak akkor válik az olvasó szájíze, ha arra gondol, hogy a szerző nem tréfának szánja művét, és vannak olvasók is, akik komolyan veszik ezeket a hőbortos írásokat. A tudományval foglalkozók számára azonban

feltétlenül hasznos az áltudomány megismerése. Az áltudomány: torzító tükör, melyben a kutató hibái – módszerbeli és jellemhibák egyaránt – karikázva jelennek meg.” [1]

Ami a humor és tudomány közötti kapcsolatot illeti, a következő idézet is igen tanulságos: „Sokak számára meglepőnek, sőt szentségtörésnek tűnhet a tudomány humoráról beszélni, hiszen a tudomány komoly dolog. Akik így vélekednek, nem veszik figyelembe, hogy a tudománnyal foglalkozók is emberek, közönséges, olykor kifinomult tulajdonságokkal, amelyek a humoros történetek forrásai lehetnek, sőt magának a tudományos kutatásnak is vannak elemei, amelyek sajátosan azonosak: a látszólag össze nem függő dolgok közötti kapcsolat felfedése.” [3]

Az áltudományokkal foglalkozó művek a tudományos körökben is jelentős visszhangot váltottak ki. A parapszichológiai jelenségek, a jövő eseményeinek megjósolása, a végtelen mennyiségű energiaforrások feltárása, a legsúlyosabb betegségek gyógyításának ígérete ugyanis csábítóan hat mindenkire, és tág teret nyit a hiszékenység vámszedőinek. Az egyik recenzió megjegyezte, hogy: „Az elmúlt két és fél évtized alatt az irracionális nézetek tovább terjedtek társadalmunkban, sok esetben a média hathatós közreműködésével. A neves tudós új művére már régóta vártunk. Az irracionális nézetek megállításához szükség van arra, hogy nemzetközi hírű, hiteles tudósok is hallassák hangjukat a ráció védelmében.” [4]

Beck Mihály professzor észrevételeire és humoros megjegyzéseire napjainkban is igen nagy szükség lenne, ezért különösen érezhető lesz e kiemelkedő tudós észrevételeinek hiánya.

BENCZE GYULA

Irodalom

- [1] [Beck Mihály: *Tudomány és áltudomány*, Akadémiai Kiadó, 1977,
- [2] Beck Mihály: *Parajelenségek és paratudományok*, Vince Kiadó, 2004.
- [3] Beck Mihály: *Humor a tudományban*, Akadémiai Kiadó, 2010.
- [4] Bencze Gyula: *Mit ér a tudomány humor nélkül*, Fizikai Szemle, 2011/3, 106-108 old.

Emlékszilánkok

Soha senki nem mondta nekem, hogy Beck Mihály a leghíresebb kortárs magyar kémikus. Erre magamtól jöttem rá. Két komoly jel is utalt erre.

Amerikában töltött éveim alatt bármerre is mentem, mindig akadt valaki, aki hallott már „Miska Beck” munkájáról. A Nobel-díjas Henry Taube-val beszélgetve már az első percben szóba került a neve. A Priestley-érmes Harry Gray részletesen felelevenítette azt az időszakot, amikor Koppenhágában Miska és ő munkatársak voltak. Csak egy magyar születésű kémikus neve volt az övéhez hasonlóan közismert: Oláh György, de ő amerikainak számított.

A másik áruklódó jel az volt, hogy a debreceni és szegedi kémiai tanszéken mindenki anekdotákat mesélt róla. Még az is, aki soha nem dolgozott vele.

Debrecenben a Fizikai Kémiai Tanszék gyakorlatilag minden, nálam idősebb oktatójának pályafutásában meghatározó szerepet játszott. Egymás közötti vitáinkban számtalanszor hallottam azt a végsőnek szánt érvet, hogy Beck Mihály hasonló helyzetben ezt vagy azt tette. A bennem bujkáló kisördög ilyenkor mindig arra emlékeztetett szép csendben, hogy maga a példakép ezt az érvet minden bizonnyal visszautasította volna, s a korábbi minták követése helyett az éppen fennálló körülményekhez alkalmazkodott volna. Azt is egy kollégájától hallottam, hogy pályafutásának nagy találmánya az volt, hogyan lehet igen szerény anyagi forrásokra támaszkodva is, logi-



kus és ötletes gondolkodás révén világszínvonalú tudományos eredményeket elérni. Ezt a trükkjét mindig is nagyon szerettem volna lemásolni. Még ma sem mondtam le róla teljesen.

Nem tudom pontosan, mikor hallottam Beck Mihály nevét először (valamikor az 1980-as évek második felében lehetett), de arra egész biztosan emlékszem, hogy közéleti szerepvállalása adott erre alkalmat: időnként a médiában vitatkozott általa áltudományosnak tartott nézetekkel. Nem mondhatom, hogy ez az önként vállalt szerep számomra mindig rokon-szenves fényben tüntette volna fel őt.

Sőt, még ma is kételkedem abban, hogy nyilvános szereplése használt-e annak az ügynek, amelynek a javát szolgálni akarta. Most már persze azt is tudom, hogy mindez a kutatásokhoz nem közvetlenül kötődő tevékenységének csak egy igen keskeny szelete volt.

Akadémikus-rektorként egészen kivételes energiával vállalta fel a tudományos ismeretterjesztést. Nehéz elképzelni, hogy a televízió vagy a nyomtatott sajtó szerkesztői kilincseltek volna nála különböző felkérésekkel. Az a gyanúm, inkább neki kellett harcolnia a lehetőségekért. Aligha véletlen, hogy a

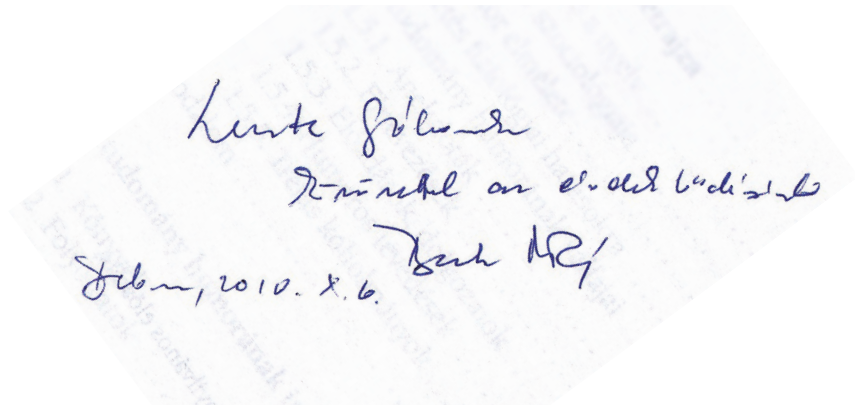
magyar kémikustársadalomban igazából senki nem próbálta meg követni őt ezen az úton.

Beck Mihály soha nem tanított engem. Már éppen leköszönt a Debreceni Egyetem Fizikai Kémiai Tanszékének vezetői székéből, mire én hallgató lettem, diplomamunkám készítése közben sem volt vele kapcsolat. Személyesen először 25 éve, már friss egyetemistaként találkoztam vele Budapesten, amikor a nemzetközi kémiai diákolimpián szereplő magyar csapatnak adott át Szent-Györgyi Albert-émlékérmeket. Csodálkozott is rajta, hogy Debrecenben még egyszer sem futottunk össze.

A legnagyobb emlékszilánkjaim államvizsgámhoz kötődnek, ahol Beck Mihály egyszerre volt a bizottság elnöke és a diplomamunkám bírálója. Fizikai kémiai tételt húztam, ezt természetesen ő maga kérdezte. Meg is próbálkozott egy tanári praktikkával: amikor elmondtam, hogy a szabadentalpiára azért használják a G jelet, mert Gibbs-függvénynek is nevezik, akkor gyorsan hozzátette, hogy akkor a H nyilván a Helmholtz-függvényt jelöli. Ez persze nem így van, a Helmholtz-függvény a szabadenergia, amelynek az elterjedt jele A (a német „Arbeit” szó után). Nagyon elégedett volt, amikor én azonnal ki is javítottam őt. Aztán még azt is megkérdezte: akkor az entalpia jele vajon miért H ? Nem tudtam. Mint kiderült, ez a válasz tökéletes volt, mert ő sem tudta.*

Szintén az államvizsgán tapasztaltam először, hogy mennyire kritikus hangot tud megütni a magyar nyelvhasználat kérdéseiben. Ez persze akkor és ott nem esett annyira jól, hiszen éppen diploma-

* Nemrég olvastam arról, hogy Josiah Willard Gibbs amerikai fizikai kémikus az angol „heat”, vagyis hő miatt vezette be a H -t, de ez nem teljesen meggyőző magyarázat, mert a Wikipédia szerint Gibbs az entalpia kifejezést soha nem használta.



munkám bírálatáról volt szó. Emlékezetes maradt az, a megnyitón előadott gondolatmenete is, amelyben az államvizsgáztatás rendszerét minősítette ostobaságnak (ennél erősebb érzelmi töltetű szót használt). Szerinte egy ilyen alkalom előtt legalább két hétre el kellene zárni mindenféle kémiai szakirodalomtól vagy saját előadásjegyzettől a jelölteket, akiknek ezt az időt kirándulással vagy pingpongozással kellene tölteniük. A vizsgán pedig nem tételt kellene húzni, majd kidolgozás után előadni, hanem egyszerűen beszélgetni. Ebben az elképzelésében már akkor is a lenyűgöző pedagógiai érzék bizonyítékát láttam. Persze ő is tudta azt, amit én: ilyen típusú záróvizsga soha nem lesz, mert ez az egyetemi oktatókat és a képzési rendszert legalább annyira minősítené, mint a jelöltek felkészültségét.

Tudomásom szerint ő alkotta meg a tüskés mimóza (latinul *Mimosa spinosa*) fajmegjelölést azon tudóstársai megsértésére, akik rendszeresen, s nem is feltétlenül teljesen indokoltan bírálják mások munkáit, de a saját következtetéseikre vonatkozó mindenféle kritikát személyes inzultusnak tekintenek. Ha én valaha is ilyen szellemes dolgot tudnék kitalálni, azzal a céloom biztosan nem pusztán a bölcs elmélkedés

vagy az elmés bölcselkedés lenne. Arra emlékeztetném magamat, hogy soha ne viselkedjek tüskés mimózaként.

Egy alkalommal bizony még Beck Mihály dorgálására is rászolgáltam azzal, hogy *Humor a tudományban* című könyvét könyvesboltban, teljes áron vettem meg röviddel a megjelenése után. Ennek az lett a következménye, hogy a debreceni Kémiai Intézet munkatársai számára elérhető kedvezményes vásárlási lehetőségről már elkésve értesültem. Ettől még dedikálta nekem a kötetet, s nem sokkal később egy kémiaoktatással foglalkozó brit folyóirat általa hosszú évek alatt összegyűjtött kötetit is nekem adta.

Az utóbbi időben személyes találkozásaink alkalmával soha nem mulasztotta el megjegyezni, hogy mennyire tetszik neki a Vegyészleletek rovat, amelyet a Magyar Kémikusok Lapjában szerkesztek. Utolsó beszélgetésünk is azzal zárult, hogy megdicsérte a júniusi számban közölt, 1867-ben publikált kémiai cikkekről készített összeállításumat. Pedig én csak azt akartam megköszönni neki, hogy jelölt engem a Hevesy Endre újságírói díjra. Mert ezt az elismerést az ő támogatásának is köszönhettem.

LENTE GÁBOR

Álmélni és elmélni

BECK MIHÁLY

Bármilyen hatalmas is a fejlődés a természettudományok minden ágában, melynek következtében egyre inkább érthetővé válnak a tapasztalati ismeretek, a kémia elemi szintű oktatásának nyilvánvalóan a tapasztalatokból kell kiindulnia. Egyrészt azért, mert csak az anyagok kémiai viselkedésének (és nem

a kémiai agyagok viselkedésének, hiszen – különleges és kevés számú kivételtől eltekintve – minden anyag kémiai anyag!) közvetlen élményeken keresztül való megismerésével juthatunk el a legalapvetőbb, és az általános iskolai tanulók felfogási szintjén is érthető törvényszerűségek megfogalmazásáig. Az anyagok érzék-

szerveinkkel észlelhető tulajdonságainak elemzése módot ad a különböző szinteken való értelmezésre, a legegyszerűbb megközelítéstől a legbonyolultabbig. Gondoljunk csak a különböző anyagok, elemek és vegyületek sűrűsége, színe, szaga, íze értelmezésére, nem is beszélve a különböző kémiai tulajdonságokról.

Azt hiszem, a legfontosabb annak a tudatára ébreszteni az ifjú elméket, hogy az atomok milyen kicsinyek. Ezt csak hasonlatok segítségével lehet. Az irodalomban számos ilyen hasonlat található, de a jó tanár könnyen találhat eredeti hasonlatokat is. A legfontosabbnak az Avogadro-szám rendkívüli nagyságának érzékeltetését tartom, hiszen ebből értelemszerűen következik egyrészt az atomok és a molekulák kicsinsége, másrészt pedig segítségével már a középiskolai szinten értelmezhetővé válik az anyagok tisztaságának rendkívüli volta, aminek azután sok fontos következménye adódik a modern ember számára, melyek ismerete hozzájárulhatna például a környezetszennyezés valós problémáinak realisabb értékeléséhez. Pusztán ennek a kérdésnek a tisztázása elejét vehetné annak, hogy az írott és elektronikus sajtóban olyan közlések jelenjenek meg, mint a napokban (1993. május 7.): „olyan laboratóriumot avattak, melyben lehetővé válik a legkisebb anyagmennyiség kimutatása is”, hiszen a „legkisebb anyagmennyiség” definiálatlan és ezért értelmetlen fogalom.

Bizonyára pedagógiai közhely, hogy a tanítás során élményt kell nyújtani. Aligha tudok nagyobb élményt elképzelni, mint amit a szép, jól megtervezett kémiai kísérletek nyújtanak. Tömerdek ilyen van, elegendő itt csak a közelmúltban megjelent pompás könyve (Rózsahegyi Márta és Wajand Judit: 575 kísérlet a kémia tanításához, Tankönyvkiadó, Bp. 1991.) utalni, de haszonnal forgathatjuk Sztróky Kálmán fél évszázada kiadott remek könyvét (Kémiai kísérletek, Egyetemi Nyomda, Bp. é. n.) is. Persze a kísérlet is csak akkor igazán hasznos, ha nem pusztán felkelti az érdeklődést, hanem segít a megértésben is. Azt hiszem, hogy a tanárnak két dolgot kell elérnie, nevezetesen azt, hogy a diák álmélkodjon és álmélkedjen. Az érdekes megfigyelések, kísérletek alkalmasak az elsöre, a megfelelő magyarázat, értelmezés elősegíti a másodikat. Ez valószínűleg érvényes minden tárgyra, de különösen igaz a kémiára, ahol éppen az a lényeg, hogy a makroszkóposan észlelhető jelenségek mögött megkeressük és értelmezzük az atomi, illetve a molekuláris szintű történéseket. Ez nagy feladat, majd azt írtam, hogy nagy intellektuális kihívás a tanár számára.

A ma tanárának rendkívüli nehézséggel kell megküzdenie, hiszen az utóbbi hat évtized során megsokszorozódtak, és alig remélt mértékben elmélyültek a természettudományos ismeretek általában, és ezen belül a kémia különösen, ugyanakkor a tanításra fordítható idő alig növekedett. De még ha a jelenleginek többszöröse lenne a kémiai ismeretek tanítására fordítható idő az általános- és a középiskolákban, akkor

is számolnunk kellene azzal, hogy milyen rendkívüli absztrakciós készséget követel a modern tudomány eredményeinek megértése. Az is nyilván pedagógiai közhely, hogy az oktatásban mindig alkalmazkodni kell az adott korosztály elvárható absztrakciós készségéhez. Ezért elhibázott az a felfogás, ami sajnos az utóbbi húsz év során a hazai kémiaoktatást is jellemzi, hogy elméletieskedő, és a középiskolában egy miniatűr egyetemi kémiai tananyag tanítását tekintti céljának. A mai kémiaoktatást nem teheti moderné a kvantumkémia eredményeinek, módszereinek taglalása, vagy akár csak az azokra való utalás. Amit ma megtehetünk az az, hogy modellek segítségével értelmezzük az alapvetően fontos tapasztalatokat.

Tekintsünk egy példát, a víz tulajdonságait. Ezek közül talán az a legérdekesebb, hogy sűrűségének $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on maximuma van, ezért úszik a jég a vízben. Tyndallnak a múlt században sok kiadásban megjelent könyve: „A hő mint mozgás”, melyet a Természettudományi Társulat – Szily Kálmán fordításában – 1874-ben magyarul is kiadott, hosszan és kísérletekre támaszkodva foglalkozik e kérdéssel. Ezt ma sem mellőzhetjük, ma azonban lehetőségünk van arra, hogy modellekben bemutassuk a sajátos viselkedés okát, víz szerkezetében a hőmérséklet hatására bekövetkező változásokat, illetve a víz és a jég szerkezetét. Egy másik példa a kén olvadáskor, illetve további hevítésekor észlelhető jelenség, a cseppfolyós kén viszkozitásának sajátos változása. Míg korábban meg kellett elégedni a csodálatosan érdekes, igazán álmélkodásra késztető jelenség bemutatásával, ma azt egyszerű modellek segítségével a tizenéves gyerek számára is érthető módon tudjuk értelmezni. Ezt meg lehet és meg is kell tenni, de pl. a Schrödinger-egyenletet középiskolában akármilyen problémával kapcsolatban megemlíteni halálos vétkeknek tartom.

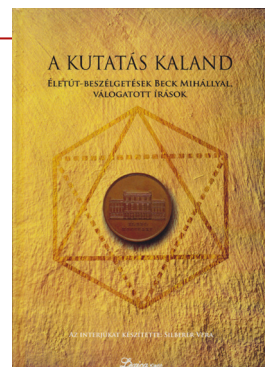
Persze, azt lehet felhozni ellenvetésként, hogy az említett modellek a kvantumkémiai megfontolások és számítások eredményeként adódnak. Ebből azonban nem következik az, hogy ezeknek a megfontolásoknak valamilyen szükségképpen végtelenül egyszerűsített, és minden értelmétől megfosztott tárgyalásával kellene a drága időt tölteni. Elegendő azt mondani, hogy a tapasztalatok értelmezhetővé válnak, ha az adott modell érvényét tételezzük fel. Egyáltalán: elhibázottnak tartom azt a gyakran hangoztatott felfogást, hogy csak végleges igazságokat tanítsunk, amikkel később bizonyosan nem kerülünk ellentmondásba. Ilyenfajta végső igazságok vannak ugyan, a termodinamika négy főtétele minden bizonynal ezek körébe sorolható, a tanítás során

azonban mindenekelőtt azt kell bemutatnunk, hogy milyen módon jutunk el a *mind teljesebb igazságok*, és nem a *végző igazságok* felismeréséhez. Természetesen amikor csak lehetséges, már az elemi szinten is tárgyalni kell az újabb eredményeket. Erre példa a fullerének felfedezése. Már az általános iskolában meg lehet, sőt, meg is kell említeni, hogy a szénnek nem csupán két kristályos módosulata van, nevezetesen a gyémánt és a grafit, hanem a fullerének családja is. A szembeötlő fizikai tulajdonságokat pedig, legalábbis a középiskolában lehet érzékeltetni a modellek segítségével.

Sajnos, nálunk az általános és középiskolai tanításban a kémia az utóbbi évtizedekben háttérbe szorult. Ennek több oka van. Vannak, akik a kémiát pusztán a fizika egyik sajátos ágának tekintik, mások a biológia kiemelkedő jelentősége miatt tulajdonítanak a kémiának kisebb szerepet. Badarság lenne a természettudományokban valamilyen fontossági sorrendet felállítani, de az aligha lehet kétséges, hogy kémiai szemlélet és jelentős anyagismeret nélkül reménytelen akár a fizika, akár a biológia, akár pedig a mindennapi élet dolgaiban eligazodni. Megnehezíti a kémikusok és a kémiát oktatók helyzetét az a társadalmi helyzet is, amelyben ma élünk. A tudományos és az áltudományos demagógia a természettudományokat általában, a kémiát pedig különösen teszi felelőssé a környezet romlásáért, a hagyományosnál pusztítóbb és szörnyűbb új fegyverek bevezetéséért. Bőségesen eleget tudunk ahhoz, hogy a környezetet a tudomány eredményeivel felelőtlenül sáfárgatók elpusztítsák. Ahhoz, hogy kiutat találjunk a rendkívül fenyegető helyzetből, egyrészt a tudomány eredményeit felhasználó politikusok nagyobb felelősségére, másrészt pedig további tudományos ismeretekre van szükség. Persze, rendeleti úton be lehetne tiltani a műtrágyák és növényvédők szerek használatát, de ez azzal a következménnyel járna, hogy nemcsak Szomáliában, hanem nálunk is éhínség lenne. Nem lenne gond a túltermelés. A környezet megóvása, a századunkban okozott károsodások helyrehozása részben tudományos, részben politikai, illetve gazdasági kérdés. Csak akkor remélhetjük, hogy világunkat megóvjuk, ha tovább fejlődik a természet törvényeinek megismerése, és azoknak az emberiség érdekében, és nem ellenére való felhasználása. Ehhez az is szükséges, hogy a legszélesebb rétegekben növekedjék a természettudományos eredmények, törvényszerűsége ismerete, hogy kevesebben és nehezebben üljenek fel a hamis proféták tanainak.

Természet Világa 124. évf. 7. szám

Tudományos kalandozások Beck Mihálllyal



Szomorúan vettem kezembe a nyáron megjelent, „A kutatás kaland” című kötetet. Szomorúan, mert megjelenéséről már csak a kalandozó halála után szereztem tudomást, s így a könyvet óhatatlanul is egy hosszú és gazdag pályafutás számvetéseként olvastam el, noha az eredeti cél az ünneplés lett volna: a Magyar Tudományos Akadémia 2016-ban Aranyéremmel tüntette ki Beck Mihályt.

A mű a Lexica Kiadó tudóseletpályákat ismertető sorozatába illeszkedik, amelyben eddig többek között Vízi E. Szilveszter, Kroó Norbert, Sohár Pál és Náray-Szabó Gábor akadémikusok életéről lehetett olvasni. Az előszót Beck Mihály első tanítványa, akadémikustársa és őszinte barátja, Görög Sándor jegyzi, s a könyvben jelentős képanyag is található.

A kétszáz oldalas kötet mintegy háromnegyed részét egy hét fejezetre tagolt (1. Szőreg, 2. Szegedi iskolák, szegedi évek, 3. A debreceni tanszék, 4. Utazások, 5. Akadémiai tisztségek, 6. A tudomány-áltudomány ellentét, 7. A tudománytörténet éremgyűjteménye), de teljesen egységes formátumú, időnként kérdésekkel és korábbi írásokból vett idézetekkel megszakított, Silberer Vera által lejegyzett monológ teszi ki. Ebből nemcsak a professzor életének száraz tényeit ismerhetjük meg, hanem a mögötte lévő, korántsem teljesen nyilvánvaló összefüggésekre, illetve emberi szándékokra és kapcsolódási pontokra is fény derül. A mesélésbe időnként bekapcsolódik Beck Mihály felesége, Ébrey Piroska is. Az interjúk valószínűleg még azoknak is sok újat mondhatnak, akik egyébként jól ismerték őt. Részletesen szó esik a második világháború előtti Szőreg társadalmi viszonyairól, amelyről akár jelentős szociológiai tanulmányt is lehetne írni.

Beck Mihály életrajzának egy-két érdekesebb mozzanatát lehetetlen nem megjegyezni. Középszkolában – legalább is saját bevallása szerint – nem számított különösebben jó tanulónak. A kémiát Than Károly könyvei miatt szerette meg, talán ezért is írt évtizedekkel később könyvet a XIX. század második felének nagy nemzetközi híró magyar kémikusáról (aki egyébként a Magyar Tudományos Akadémia tagja és a Magyar Kémiai Folyóirat alapítója is volt).

Szó esik arról az 1945-ös konzervgyári balesetről is, amelyben egy, a kezében kigyulladású benzines edény miatt olyan súlyosan megégett a lába, hogy hónapokig kellett kezelni. És arról, hogy egyetemista korában néhány disszertáció elolvasása után Bíró Tibor álnéven levelezett Gróh Gyulával – az akkor már igen neves pesti professzor megjegyzéseit nagyon értékesnek tartotta. Szegeden, az egyetemen egy ideig évfolyamtársa volt Kajtár Mártonnak, aki később, már professzorként *Változatok négy elemre* címmel írt igen nevezetes szerkesztésű kémia könyvet, s akinek emlékére ezért *Változatok egy elemre* címmel írt cikket a Természet Világába 1996-ban. Oktatói pályáját Szegeden a Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszéken kezdte Szabó Zoltán irányítása alatt abban a Dóm térre néző épületben, amely mind a mai napig ennek a tanszéknek az otthona.

A debreceni Fizikai Kémiai Tanszék vezetését 1968-ban, Imre Lajos nyugdíjba vonulásakor pályázta meg, s hosszú évek munkájával nemzetközi szinten is nevezetes iskolát szervezett maga köré. Az interjúkból is kiolvasható, hogy soha nem ragadt le tartósan egyetlen problémakör vizsgálatánál, mindig élénk érklődéssel követte az új tudományos felfedezéseket. Igen széles körű ismeretterjesztő tevékenységéből a kötetben leginkább az áltudományok és terjesztőik elleni kiállásáról esik szó, ennek köszönhetően személyesen ismerte James Randit és a nagy magyar bűvészt, Rodolfót is (kettőjük közül az utóbbit találta természetesebbnek és így rokonszenvesebbnek).

A kötet utolsó negyedében Beck Mihályt, korábban már megjelent írása kapott helyet (A tudományos gondolkodás kihívásai, Javaslat a Tudományetikai kódex alapelveire, Szerek és szertelenségek, A Magyar Orvosok és Természetvizsgálók Vándorgyűlésének története, Különleges alakú és anyagú érmék). Ezek kiválasztása nem lehetett könnyű feladat annak ellenére sem, hogy az életműben nagy számban vannak ismeretterjesztő cikkek, így bőven volt miből válogatni. A fő szempont minden bizonnyal az volt, hogy ezek az írások további tartalommal töltsék meg azokat a leglényegesebb témaköröket, amelyekről az interjúkban szó

esik. Ezen esszék közül az elsőt emelném ki, amely egy 1993-ban, a debreceni Tudomány és Teológia Konferencián elhangzott előadásának írott változata. Ebben kifejti, hogy vallás és tudomány nem állnak egymással szemben, s az intellektuális alázatoság mindkettőben nagy értéknek számít. Arról is részletesen ír, hogy noha az ész és a hit különböző kérdésekkel foglalkozik, a művészeteken, etikán és filozófián keresztül van közöttük közvetett kapcsolat.

Ezen ismertetés lezárásként a könyv első mondatait szeretném idézni, amelyek eredetileg Beck Mihály *Kalandok a koordinációs kémiában* című írásában jelentek meg:

„Minden kutató nagy felfedezésekről álmodik, de csak keveseknek adatik meg az álmom beteljesülése. Két lehetőség nyílik a csalódottság elkerülésére. Az egyik a saját eredmények önmagát becsapó túlértékelése, mely természetesen magával hozza mások eredményeinek kellemlen lebecsülését. A másik lehetőség annak megértése, hogy a jó kutatás valójában ismeretlen területekre vezető kaland, mely az új dolgok megismerése mellett lehetővé teszi a kutató számára a megismerési alapelvek és kutatási pszichológiai törvényszerűségeinek a felfedezését, függetlenül az eredmények valódi értékeitől.”

A könyv olvasójának semmiféle kétsége nem lesz afelől, hogy Beck Mihály professzor nem az első lehetőséget választotta. Pedig valamennyien, akik ismerték őt, igen nagyra tartották tudományos eredményeit, kutatómunkáját, iskolateremtő tevékenységét. De ő ezt soha nem gondolta kiemelkedőnek, és azt hiszem, egy valódi tudós ilyen: aki nem saját magát tartja nagyra, hanem társai méltatják a munkáját.

Ajánlom a könyvet mindazoknak, akik nem ismerték Beck Mihályt: ők egy kivételes tudós életpályát követhetnek benne. És ajánlom azoknak is, akik gyakran találkozottak vele: ők arra jönnek majd rá, hogy mennyi mindent nem tudtak róla.

LENTE GÁBOR

(Silberer Vera: *A kutatás kaland. Életrajzi beszélgetések Beck Mihálllyal, válogatott írások.* Lexica Kiadó, Budapest, 2017.)

Politikai döntések hatása az éghajlat megváltozására – nagyban és kicsiben

SZÉPSZÓ GABRIELLA–LAKATOS MÓNKA

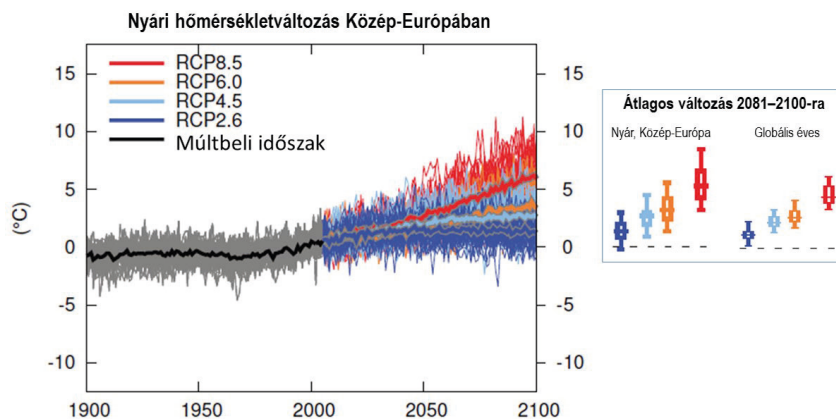
Az ENSZ Éghajlatváltozási Keret-egyezmény (UNFCCC*) keretében a Párizsi Egyezményt a Föld 197 országából mára 148 ország aláírta. A jogerőre emelkedéshez legalább 55 ország aláírására volt szükség, amelyek a globális üvegházgáz-kibocsátás legalább 50%-áért felelősek. Az egyezmény 2016 novemberében jogerőre emelkedett.

Ez az egyezmény fogja meghatározni a 2020 utáni időszakban a klímavédelem érdekében tett lépéseket. A célkitűzések közérthető megfogalmazásához gyakran használják mérőszámként a globális átlaghőmérséklet-változást. A megállapodás az iparosodás előtti szinthez képesti 2 °C-os globális hőmérséklet-emelkedést mint felső határt jelöli ki fontos küszöbértéknek. Ha a 2100-ig bekövetkező globális átlaghőmérséklet-növekedés mértékét sikerül 2 °C alatt tartani, akkor a várható hatások még kezelhetők lesznek. Ellenkező esetben világszerte olyan károkkal, humanitárius katasztrófákkal kell majd szembenézni, melyek kivédése csak nagy pénzügyi áldozatok árán lesz lehetséges. Ezen kívül egy ennél ambiciózusabb célkitűzést, a melegedés 1,5 °C alatt tartására való törekvést is tartalmazza a tengerszint-emelkedés által leginkább veszélyeztetett szigetországok védelmére.

A párizsi megállapodás aláírói között szerepel a fő kibocsátók közül Kína, Az Egyesült Államok és India is. A közelmúlt sajtóértesülései szerint Donald Trump, az Egyesült Államok elnöke bejelentette, hogy országa kilép az egyezményből. Az előzetes becslések szerint az USA kilépése esetén további 0,3 °C-os globális hőmérséklet-emelkedéssel kellene számolni, nyilatkozta a Meteorológiai Világszervezet (WMO**) Léggörkutatói és Környezeti Osztályának vezetője egy soros ENSZ munkaértekezleten.

Hogyan becsülhetők a várható éghajlati változások?

A jövőben várható változásokat klíma-modellek segítségével írjuk le, melyekben fontos éghajlatalkító tényezőként fi-



1. ábra. A nyári átlaghőmérséklet változása (°C) az 1986–2005 időszakhoz viszonyítva Közép-Európa területén különböző antropogén forgatókönyvekkel készült globális modellszimulációk eredményei alapján. Jobb oldal: a Közép-Európára vonatkozó nyári, illetve a globális éves átlaghőmérséklet változása a 2081–2100 időszakra forgatókönyvenként az 5, a 25, az 50, a 75 és a 95%-os percentilis feltüntetésével (Forrás: IPCC AR5 WG1, 2013.)

gyelemben vesszük az emberi tevékenység hatását is. Az ember számos módon, pl. üvegházhatású gázok, aeroszolrészecskék és egyéb szennyező anyagok kibocsátásával, a földfelszín átalakításával járul hozzá az éghajlat módosításához, amit a klíma-modellek egységesen az üvegházgázok légköri koncentrációján keresztül vesznek figyelembe. A társadalmi-gazdasági változásoknak – részben éppen a kibocsátás-csökkenési egyezmények bizonytalan kimenetele miatt – többféle jövőbeli pályája lehetséges. Ezért az üvegházhatású gázok koncentrációjának legvalószínűbb menete helyett csak lehetséges jövőbeli irányokat, forgatókönyveket tudunk megadni.

Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testületének (IPCC***) 2013-ban megjelent helyzetértékelő jelentéséhez alapul szolgáló globális modellszimulációk az RCP**** forgatókönyvesaláddal készültek, melyeket a 2100-ra feltételezett sugárzási kényszerrel. Egy adott hatás által kiváltott sugárzási kényszerrel jellemez-

zük az a többletenergia-bevétel, amit ez a hatás okoz az 1750. évi állapothoz képest, pl. az RCP8.5 scenárió esetén a sugárzási kényszer értéke 2100-ban 8,5 Wm². A modellszimulációkban 4 alapvető forgatókönyvet használtak:

1. Az RCP8.5 egy intenzíven növekvő kibocsátást feltételező forgatókönyv, ebben az esetben gyakorlatilag „minden úgy megy továbbra is, ahogyan eddig”;
2. Az RCP4.5 egy ún. *stabilizációs scenárió*, melyben a kibocsátás nem sokkal 2100 után adott szinten stabilizálódik;
3. Az RCP6.0 scenárióban a kibocsátás ugyancsak nem sokkal 2100 után adott szinten stabilizálódik;
4. Az RCP2.6 egy intenzív mitigációs scenárió, melyben egy korai koncentrációcsúcs elérése után negatív kibocsátás következik be.

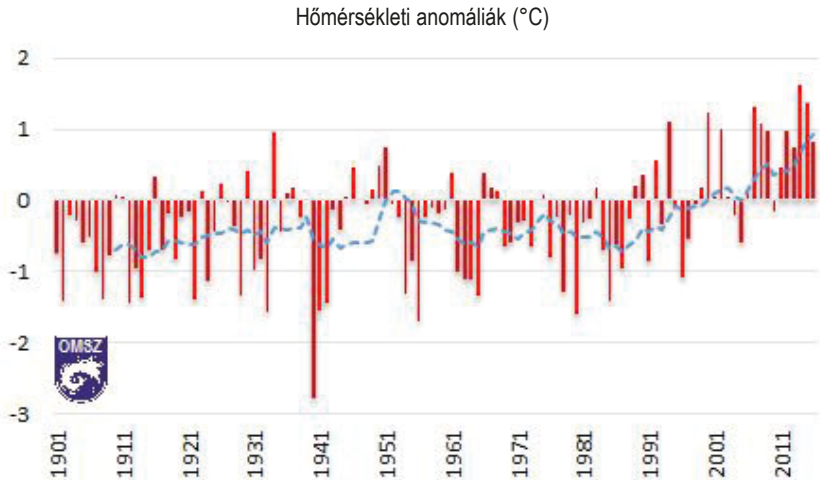
Az éghajlati szimulációk eredményeit nagyban meghatározza, hogy melyik kibocsátási scenárió felhasználásával készültek; ugyanakkor a projekciók bizonytalanságának jelentős része ered a modellekben alkalmazott közelítő módszerek eltéréseiből is. A modell-

* United Nations Framework Convention on Climate Change

** World Meteorological Organization

*** Intergovernmental Panel on Climate Change

**** Representative Concentration Pathways



2. ábra. Országos éves középhőmérsékletek eltérései az 1981–2010-es standard időszak átlagától a tízéves simítás görbéjével, 1901–2016

eredmények alapján a globális átlaghőmérséklet emelkedése teljes bizonyossággal csak az RCP2.6 forgatókönyv alkalmazásával készült modellkísérletekben marad 2 °C alatt (jobb oldali keretes rész az 1. ábrán). A többi szcenárió esetén számos, az RCP8.5 forgatókönyvvel készült modellkísérletek közül pedig mindegyik 2 °C-ot meghaladó melegedést valószínűsít. Ez azt jelenti, hogy – jelenlegi tudásunk alapján – nagy valószínűséggel csak egy olyan világban lehetséges a globális átlaghőmérséklet-növekedés kritikus szint alatt tartása, amelyben nemcsak kibocsátás-csökkenéssel, hanem negatív kibocsá-

Markánsabb változások Közép-Európában

Eddig a globális átlaghőmérséklet-változásról beszéltünk, azonban az alkalmazkodás szempontjából sokkal fontosabb, hogy mit tapasztalunk, illetve mi várható regionálisan, s Magyarországon.

Hazai megfigyelt hőmérsékleti-és csapadéktendenciák

A több mint egy évszázadra kiterjesztett vizsgálatok azt mutatják, hogy a hazai éghajlati változások a hőmérséklet tekintetében jól illeszkednek a világméretű tendenciákhoz, noha a kis terület miatt az évről évre jelentkező változékonyság nagyobb. Régiók a globális átlagnál jobban melegedő régiók közé tartozik. A hosszú, ellenőrzött, homogénizált (Szentimrey, 2011), rácspontra interpolált (Szentimrey és Bihari, 2007), ezáltal térben és időben egyaránt reprezentatív adatsorokon készült elemzéseink szerint a múlt század eleje óta 1,1 °C-os a melegedés mértéke Magyarországon. A nyolcvanas évek közepétől szinte töretlen az emelkedés (2. ábra).

A hőmérséklet emelkedésével együtt gyakoribbá vált a hőhullámos napok (a napi középhőmérséklet > 25 °C) előfordulása. Az ország középső és dél-alföldi tájain a legmarkánsabb a növekedés,

kiterjedt területeken a két hetet is meghaladja a változás 1981-től. Ezzel párhuzamosan kevesebb a fagyos nap (napi minimumhőmérséklet < 0 °C), mint a XX. század elején, 14 nappal országos átlagban.

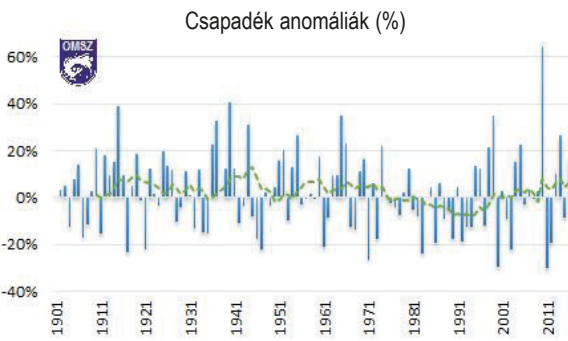
Az éghajlatváltozás hatása a csapadék tér- és időbeli eloszlásának megváltozásában is megnyilvánul, a változékonysága miatt azonban nehezebb kimutatni az egyirányú változásokat, mint a hőmérséklet esetén. A csapadék éves összegének hosszú időszora 1901-től mindössze 5%-os csökkenést mutat (3. ábra), de az éven belüli eloszlása megváltozott.

Az átmeneti évszakok csapadéka jelentősen csökkent: tavasszal 17%-os, míg ősszel 12%-os csökkenés mutatkozik, a nyári növekedés mértéke pedig meghaladja az 5%-ot 1901 óta. Megjegyezzük, hogy csak a tavaszi csökkenés szignifikáns statisztikailag a hosszú időszoron. Kevesebb napon hullik csapadék, mintegy kéthetes a csökkenés 1901-től, hosszabbak a száraz időszakok, átlagosan 5 nappal a múlt század elejétől. Az ország északi felében helyenként 2 mm-t meghaladó a napi intenzitásnövekedés nyáron a múlt század hatvanas éveitől.

A legutóbbi három évtizedet, a legintenzívebb melegedés időszakát jellemző csapadéktendenciák növekedést mutatnak éves és évszakos skálán is, de a változás nem szignifikáns, az utóbbi években inkább a szélsőséges jelleg dominál. Nőtt az intenzív csapadékok aránya az éves összegben, és a rendkívül száraz évek fellépésének valószínűsége is nagyobb. Nagy kilengések tapasztalhatók az utóbbi években a csapadékkellátottság tekintetében: áradásokat kiváltó esőzések és aszályokat okozó csapadékhiány egyaránt előfordult.

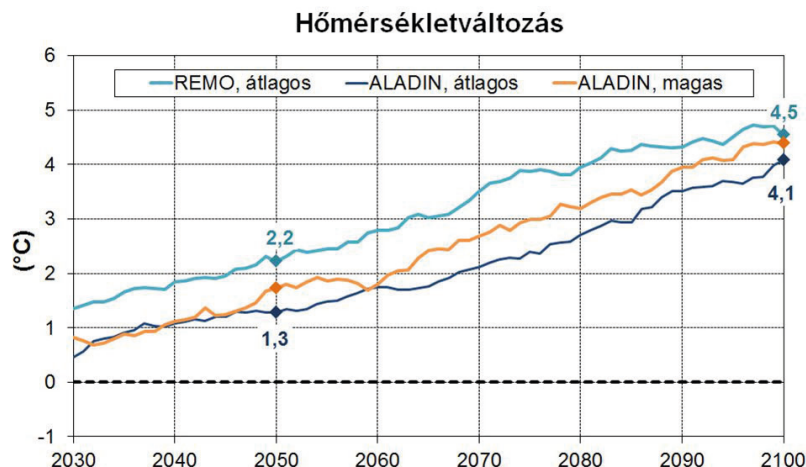
A jövőben várható változások

A jövőben az átlaghőmérséklet Közép-Európában várhatóan a globálisnál nagyobb mértékben fog növekedni, különösen nyáron, amikor egyes modelleredmények szerint az évszázad végére akár a 10 fokot is elérheti a melegedés mértéke (1. ábra). Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ) 10 és 25 km-es rácsfelbontású regionális klímamodellre alkalmazunk a magyarországi változások leírására. Két regionális modellel készítünk kísérleteket egy átlagos ütemű és egy magas antropogén kibocsátást feltételező forgatókönyv felhasználásával (Szépszó és Csorvási, 2016; Szépszó, 2014; Csorvási et al., 2016). Az eredmények alapján a magyarországi éves középhőmérséklet növekedése 2021–2050-

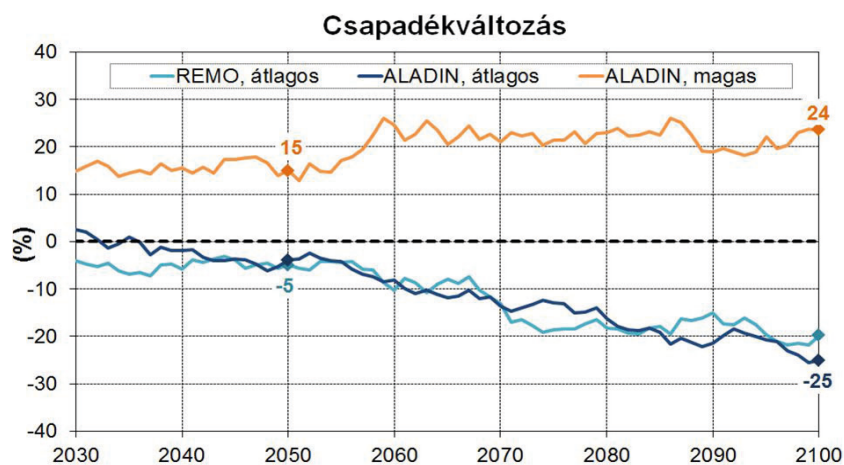


3. ábra. Országos éves csapadékösszegek eltérései az 1981–2010-es standard időszak átlagától a tízéves simítás görbéjével, 1901–2016

tással tartják kordában az emberi tevékenység hatásait. Abban az esetben pedig, ha az antropogén tevékenység változatlanul folytatódik tovább, akár 4 °C-ot meghaladó átlagos globális melegedéssel, és annak regionális hatásai-val kell számolnunk.



4. ábra. A nyári átlaghőmérséklet változása (°C) az OMSZ-ban alkalmazott regionális klímamodellek különböző (átlagos és magas kibocsátású) forgatókönyvekkel készített szimulációs eredményei alapján az 1971–2000 időszakhoz viszonyítva. Az adott évhez tartozó értékek a megelőző 30-éves időszak változását reprezentálják



5. ábra. A nyári csapadékösszeg változása (%) az OMSZ-ban alkalmazott regionális klímamodellek különböző (átlagos és magas kibocsátású) forgatókönyvekkel készített szimulációs eredményei alapján az 1971–2000 időszakhoz viszonyítva. Az adott évhez tartozó értékek a megelőző 30 éves időszak változását reprezentálják

re várhatóan 1–2 °C, 2071–2100-ra pedig 3–4 °C az ország teljes területén. A legnagyobb változás nyáron és őszi valószerű, tavasszal és télen mérsékeltőbb a melegedés. A magas kibocsátással jellemzett forgatókönyv használatával ugyanaz a modell (nyáron kb. 0,5 fokkal, 4. ábra; télen akár 1 fokkal) nagyobb melegedést mutat az évszázad második felében, mint átlagos kibocsátást feltételezve. A napi hőmérsékletértékek eloszlása is módosul, pl. a 30 °C-ot elérő maximumhőmérsékletű hőségnapok éves szá-

ma 1971–2000-ben országosan mintegy 20 nap volt, ami 2021–2050-re 30 napnál többre, 2071–2100-ra pedig akár 50 napra is emelkedhet.

Az éves csapadék mennyiségében nem számítunk lényeges változásra a XXI. században, nyáron viszont a csapadék csökkenése, őszi és téli pedig a növekedése valószínű. Az antropogén tevékenység és a változások iránya, illetve mértéke között nincsen a hőmérsékletnél tapasztalható hasonló kapcsolat: a magas kibocsátással jellemzett modellkísérlet minden évszak ese-

tében a csapadék fokozatos növekedését jelzi, míg a közepes kibocsátási ütem mellett a modellek nem mutatnak ilyen egyenletes és folyamatos csapadékváltozást (5. ábra, nyárra). A modelleredmények eltérő jellege megmutatkozik a napi csapadék eloszlásának várható alakulásában is: az évszázad végén a csapadékinzultáció növekedésére számíthatunk, elsősorban télen, ami a legerőteljesebben a magas kibocsátási ütemű modellkísérletben jelentkezik (Szépszó, 2017). □

Irodalom

- Csorvási A., Illy T., Sábitz J., Szabó P., Szépszó G., Zsebeházi G., 2016: A jövőre vonatkozó projekciók eredményeinek együttes kiértékelése, bizonytalanságok számszerűsítése. RCMTÉR (EEA-C13-10) projekt beszámoló, 51 p. http://www.met.hu/RCMTÉR/doc/reports/D4.2_C13-10_kozos-kiertekeles_projekcio.pdf
- IPCC AR5 WG1, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds.: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf
- Szentimrey, T., 2011: Manual of homogenization software MASHv3.03, Hungarian Meteorological Service, 64 p.
- Szentimrey, T., Bihari, Z., 2007: Mathematical background of the spatial interpolation methods and the software MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis). Proceedings from the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology, Budapest, Hungary, 2004, COST Action 719, COST Office, 17–27.
- Szépszó G., 2014: A REMO regionális éghajlati modellen alapuló klímadinamikai vizsgálatok a Kárpát-medence éghajlatának jellemzésére. Doktori értekezés, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földtudományi Doktori Iskola, Földrajz–Meteorológia Program. http://teo.elte.hu/minosites/ertekezes2014/szepszo_g.pdf
- Szépszó G., Csorvási A., 2016: ALADIN-Climate modellszimulációk eredményei. Tanulmány „A Balaton vízforgalmának a klímaváltozás hatására becsült változása” című NATÉR EEA-C11-1 beszámolóhoz, 10 p. http://www.met.hu/RCMTÉR/doc/reports/C11-1_Balaton_meteorologia.pdf
- Szépszó G., 2017: A magyarországi hőmérséklet- és csapadékváltozások 21. században várható változásai. Agroforum 28 (2), 24–26.

A Japáni szigetek cartographiája

BABINSZKI EDIT–KÖBÁNYAI PÉTER–GÁSPÁR ANITA

A Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat Földtani Szakkönyvtárának gyűjteményében található régi földtani, természetrajzi témájú könyveket bemutató sorozatunknak ebben a részében Teleki Pál első jelentős munkáját, az Atlasz a Japáni szigetek cartographiájának történetéhez című könyvét mutatjuk be. Teleki politikai, közéleti tevékenysége mellett a magyar geográfia egyik nemzetközileg legelismerettebb képviselője, számos külföldi földrajzi társaság tiszteleti tagja volt. Hazánk legnagyobb földtani szakkönyvtárában az 1909-ben megjelent atlaszának azon példánya található, melyet Teleki mesterének, idősebb Lóczy Lajosnak ajánlott.

Teleki Pál 1879. november 1-jén született Budapesten, egy erdélyi nagybirtokos család sarjaként. Kisgyermekként magával ragadták nagybátyja, Teleki Sámuel afrikai utazásainak izgalmas kalandjai. Valószínűleg e történetek is hozzájárultak ahhoz, hogy a Budapesti Tudományegyetem Jog- és Államtudományi Karán folytatott tanulmányai után – már az államtudományok doktoraként – figyelme a földrajz felé fordult. 1902-től Lóczy Lajos földrajzi tanszékén volt gyakornok. A földrajz mellett földtani, biológiai, antropológiai, történeti és szociológiai tanulmányokat is folytatott.

Kádár László, Teleki egykori tanársegédje így emlékezett vissza ezekre az évekre: „Az idősebb Lóczy Lajos volt a mestere. Róla egész pályája során a tanítvány hálájával és tiszteletével emlékezett meg. Mély benyomást hagyott lelkében az a nap, amikor először lépett be Lóczy intézetébe. Valahányszor új tanítványt fogadott be intézetébe, elismételte neki Lóczy szavait: „Itt a könyvtár. Használja!” De hozzátette azt is, hogy „engem Lóczy azzal a feltétellel fogadott maga mellé, hogy öt évig nem írok egy sort sem. Kezet adtam rá és megtartottam nyolc évig”. – Ez alatt a nyolc év alatt vált Teleki Pál geográfussá.”

És ez alatt a nyolc év alatt írta meg első jelentős művét, az *Atlasz a Japáni szigetek cartographiájának* történetéhez. A Japántól keletre fekvő aranszigetek felfedezésére 1639-ben kiküldött Quast M. és Tasman J. A. kapitányok hajónaplójának hollandus szövegével és magyar fordításával című könyvét, melyet Genfben, az 1909-es Nemzetközi Földrajzi Kongresszuson mutatott be. E munkája tette nemzetközileg is ismertté a nevet: a Francia Földrajzi Társaság 1911-ben Jomard-díjjal tüntette ki, 1913-ban pedig beválasztották a nemzetközi Térkép-történeti Bizottságba és a Magyar Tudományos Akadémia is levelező tagjává választotta.



Behaim, 1492

A mű 1909 áprilisában, Pribécfalván keltezett előszavában Teleki felsorolja a gyűjteményeket, ahol kutatásait végezte és köszönetet mond, hogy hozzáférhetett a térképekhez és lefényképezhetette azokat: Bibliothèque Nationale (Párizs), Rijksarchief (Hollandia), Holland Királyi Könyvtár (Hága), Hofbibliothek (Bécs), Riccardiana (Firenze), Hof- und Staatsbibliothek (München), Academia Real das Sciencias (Lisszabon), és a Magyar Tudományos Akadémia. Köszönetet

mond Lóczy Lajosnak („... nagyrabecsült barátomnak és egykori tanáromnak...”) és Cholnoky Jenőnek is, aki szintén tanára volt, és akit ugyancsak barátjának nevez. A Földtani Szakkönyvtárban található példány egyik első üres lapján Teleki kézírásos szövege és aláírása látható, mellyel azt Lóczy Lajosnak ajánlja.

A könyvben időrendben halad végig a Japánról – és tágabb térségéről – megjelent térképeken, az ábrázolás változásait, fejlődését, és a terület felfedezésének lépéseit részletesen taglalva, és történelmi kontextusba helyezve. A címben is szereplő holland expedíció hajónaplóját pedig teljes terjedelemben közli.

Japánt Európa Marco Polo útleírásából ismerhette meg. Az utazó nem járt személyesen a szigetszországban, csupán Kubiláj kán, a mongol fejedelem udvarában hallottakat írta le: „Zipangu kelet felé a nyílt tengerben fekvő sziget, 1500 mérföld távolságban a szárazföldtől; és igen nagy sziget. A nép fehérbőrű, művelt és megnyerő külsejű. Bálványimádók és

senkitől sem függenek. És mondhatom Nektek, a birtokukban lévő arany mennyisége végtelen; minthogy saját szigeteiken találják és a király nem engedi meg kivitelét...” Marco Polo után nevezik leírásokban, térképeken Japánt Chipangu/Cipango/Zipangu/Zinpagu/Sipango-nak.

Teleki részletesen leírja az Amerika felfedezése előtti világnézetet, mely szerint Afrika nyugati, valamint Ázsia keleti partjai viszonylag közel fekszenek egymáshoz, azaz Japán kényelmes



Waldseemüller, 1507

megállóhelyet is jelenthet az új, rövidebb, Ázsia felé vezető úton. Ez a nézet tükröződik Toscanelli 1474-es térképén, valamint Behaim 1492-es „földtekéjén” is. Sajnos Toscanelli térképe, valamint annak másolata – amely Kolumbusz tulajdonában volt és első útjára is magával vitt – elveszett. „Evvvel szemben Behaim globusa bő felvilágosítást ad a szigetre, annak terményeire, népére, királyára nézve (...) A sziget közepén áll: 'Cipango insula' mellette várost jelző sátor, alatta a következő legenda: „hat ein besondern konik und sprach betedt ap götter an” (külön királya és nyelve van, bálványimádó) (...) Északi végén két kis erdő van bokor képében odafestve, a melyek egyike borsot, másika muskátliót terem, mint a melléje irt 'pfeffer-wald' és 'muschcatnus-wald'-ból látjuk.”

Amerika felfedezése természetesen merőben átírta ezeket az elképzeléseket. Több új térképen egyáltalán nem jelenik meg Japán, míg némelyiken, például Waldseemüller 1507-es térképén egy Kolumbusztól eredeztethető tévedés tükröződik vissza: Zipangu megfelelteté-

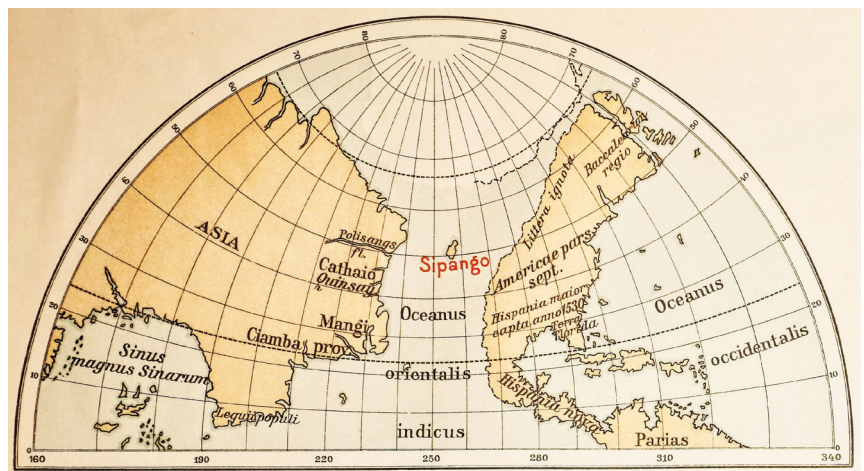
se az egyik nyugat-indiai szigettel. Mercator 1538-as térképén Amerika már önálló földrészként jelenik meg – bár nagyon bizonytalan partvonalakkal –, Sipango pedig Amerika és Ázsia között körülbelül félúton helyezkedik el. Ezt az időszakot így foglalja össze Teleki: „A japáni szigetek földrajzának története szorosan összefügg azzal a több mint két századig tartó átalakulási processussal, mely a messze keletre nyúló Ázsiát való határai közé szorítja vissza, s a mely a nagy felfedezések korában kezdődve, Északamerika és a Csendes-Óceán föltárásával befolyásolva (...) nyer befejezést. (...) Így éli Zipangu, helyét gyakran változtatva, többször teljesen letűnve a térképekről, a mondai szigetek életét, míg nem félszázaddal Amerika fölfedezése után a portugallusok rá nem találnak Japánra.”

„Japán felfedezését, vagy jobban mondva újonnan való felfedezését, véletlennek lehet köszönni; aminek azonban az európai, főleg portugallus ha-

a korábbi térképekkel megegyező. Petrus Maffei 1571-es *Historiarum Indicarum Libri*-jében Japánról már három nagy, valamint az azokat körülvevő sok kisebb szigetről ír.

A portugálok a XVI. század második felében igyekeztek kereskedelmi monopóliumukat megtartani, így a hajózási térképek is titokban maradtak más európai kartográfusok előtt, egészen a század végéig. Ekkor a portugál trónra spanyol uralkodó került, és az ország németalföldi kapcsolatai erősödtek. Innentől kezdve a németalföldi térképészeti műhelyekben is egyre több, pontosabb térkép készült a térségről. A Japán szigetek első önálló, nyomtatott térképét például Ortelius adta ki, 1595-ben. Ezen Kyushu délre a 30. szélességi fokig terjed (tehát kissé délebbre a valóságtól), Honshu kelet-nyugati kiterjedésű és „...északon az ismeret a 38° foknál szűnik meg, s itt a sziget egyszerűen el van vágva.” A spanyol Vizciano 1611-ben mérte fel Japán partjait és alapította meg, hogy Honshu északabbra nyúlik, mint azt eddig gondolták. Ezután néhány térképen már feltűnik Honshutól északra egy Yezo/Jezo/Ezo nevű sziget is – a mai Hokkaido.

Hamarosan a holland és angol kereskedelmi összeköttetések is felélénkültek Japánnal, majd rövid idő után hanyatlásnak is indultak. A japánok már 1612-től elkezdtek betiltani a kereszténységet, és 1614-től 1636-ig fokozatosan bezárták a kikötőiket a külföldiek előtt. Csak egy, Nagaszaki kikötőjében lévő apró mester-



Mercator, 1538

jósok előnyomulása következtében előbb-utóbb szükségszerűen kellett bekövetkenie.” A Giapan nevet Zipangu helyett először Gastaldi 1550-es térképén találjuk, de ő még csak a nevet változtatta meg a szigetnek, elhelyezkedése azonban még

séges szigeten, Desimán működhetett tovább holland kereskedelmi telep. Ezért is indították el Quast és Tasman 1639-es expedícióját „az arany- és ezüstszigetek felfedezésére”, melynek hajónaplóját közli Teleki. A szigeteket Japántól 400–600

mérföldnyire keletre, a 36–38. szélességi fokok között vélték. Utasították az expedíciót, hogy ha ezen szigeteket nem találják meg, kíséreljék meg Japán keleti partjainak felfedezését, körülhajózását északon, és keressenek Kína és Korea partjain kereskedelmi összeköttetéseket. Az eredeti hajónaplóban a leírások, az időjárási megfigyelések táblázataival mellett a partok rajzai, profiljai, valamint a hajók tanácsának határozatai, a *Resolutio*-k is megtalálhatók. Az expedíció Honshu érintése után hónapokig hiába kereste az arany- és ezüstszigeteket, ezért visszatértek Japán partjaihoz, ahol a nagy szigetektől kevés új ismeretet szereztek, de felfedeztek több kisebb szigetet, szigetcsoportot is: Izu-sihito, azaz „hét sziget”, Osima, Miyakesima, Bonin-szigetek, Vulkán-szigetek, Douglas-zátony és pontosan meghatározták ezek helyét.

A megismerés következő lépése az oroszokhoz kötődik, akik a XVII. század utolsó évtizedeiben fedezték föl és foglalták el Kamcsatkát. Ott egy japán hajótöröttől két dolgot hallottak: egyrészt, hogy Japán nincs messze Kamcsatkától, másrészt, hogy a köztük lévő tenger tele van apró szigetekkel. Nem sokkal később, kozák vezérek el is jutottak a Kuril-szigetekre. A következő időszak térképei többféleképpen ábrázolják Jezó, Kamcsatka, a Kuril-szigetek és Szahalin viszonyát. Bellin 1735-ben még egybefüggőnek, 1752-ben pedig már különállóknak ábrázolta Jezót és Kamcsatkát. Az oroszok azonban már korábban tisztában voltak Kamcsatka kiterjedésével és



Kyriłow, 1734



Ortelius, 1595

különállóságával, ezt bizonyítja Johannes Kyrilow 1734-es térképe, az *Imperii Russici Tabula Generalis* is.

„A XVIII. és XIX. századok fordulópontján Japán felfedezéstörténete új korszak hajnalán áll. Az 1785 és 1806 közötti rövid időszakban a francia La Pérouse, az angol Broughton, és az orosz Krusenstern a szigetországnak úgyszólván összes partját végighajózták, felmérték és így megteremtették a valóságnak megfelelő térképek alapját.” Ezen tervszerű felfedezőutakról is részletesen ír Teleki. Megjegyzi azt is, hogy az idegenek két évszázadon át tartó, Japánból való kiutasítása nemcsak az ország belsejében tette lehetetlenné az utazást, hanem megakadályozta a főszigetek partjainak részletesebb megismerését is, de ennek ellenére a XIX. század elejére az európai ismeretek Japánról már meglehetősen pontosak voltak. *

Teleki Pál atlaszának legszebb oldalai, térképei nagy felbontásban megtalálhatók a www.mfgy.hu/hu/kovekeskonyvek címen.

Fókuszban a férfimeddség

CSABA GYÖRGY

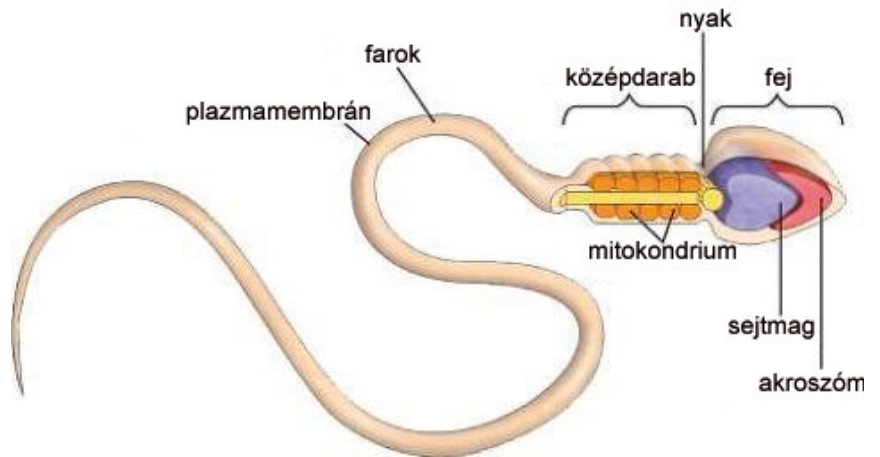
Amikor egy emberpárnak hosszú együttlét (több éves házasság) után sem lett gyermeke, pedig mindent elkövettek, hogy legyen, feltételezték, hogy a nő meddő. A férfi meddsége szóba sem jött, pedig már a Bibliában is lehetett találni utalást arra, hogy a férfi is lehet az, legalábbis ezt mutatja az Írás: „áldottabb leszel minden népnél, nem lesz közötted magtalan férfi és nő, sem állat-aid között meddő” (Mózes 5. könyve). Később ezt mintha elfelejtették volna, a meddség minden terhét évezredekig a nőkre hárították.

Bár a hím ivarsejt létezését már a XVII. században felismerték és a XIX. században jelentősége is világossá vált, a XX. századig kellett vámi, amíg a természetlenségben a férfiak lehetséges szerepére is fény derült. Ettől kezdve az események felgyorsultak, és ma már tudjuk, hogy a meddség mintegy 50–50%-ban függ az emberpár egyik vagy másik tagjától, miközben a köztudatban még mindig a nő az, aki a megtermékenyítési akció sikertelenségéért kizárólagosan felelős.

A hím ivarsejt, az ondósejt vagy spermium három részből áll, ezek a fej, a középdarab és a fark. A fej tartalmazza a magot, melyben a 22+X vagy 22+Y kromoszóma helyezkedik el, illetve szállítódik a petesejthez. Ezen kívül tartalmazza a sapszkerző elhelyezkedő akroszómát, melyben különböző szövetoldó enzimek vannak, elsősorban hialuronidáz. A középdarab tartalmazza a mitokondriumokat, melyek az energiát szolgáltatják a szállításhoz. A farkokban helyezkednek el a mikrotubulusok, melyek ostorszerű mozgásukkal továbbítják a sejtet 1–4 mm/perc sebességgel. Ha figyelembe vesszük, hogy a spermium hossza mindössze 50 µm, akkor ez igen tekintélyes sebesség. A spermium tehát egy torpedó, mely nem robbanóanyagot szállít, hanem DNS-be sűrített információt az egyed (utód) felépítéséhez, miközben becsapódása aktiválja a petesejtet. Szerkezete az evolúció alatt és annak következtében úgy alakult ki, hogy ehhez a funkcióhoz alkalmazkodjék. A spermium milliósámszámra történő egyidejű kilövellése (ejakuláció) után a hüvely, a méh és a méhkürt váladékában, valamint a spermában (ondó, az ondóhólyag és a prosztatata sikamlós váladéka, normálisan 2–2,5 ml) úszva keresi fel a petesejtet, és egymás felismerése után a sok millió közül egy abba behatol. A spermium tehát a megtermékenyítés aktív tényezője.

A női ivarsejt, a petesejt vagy ovum a megtermékenyítés passzív tényezője, mely aktív mozgásra nem képes, a tüszőből való (átlagosan 28 naponkénti) kisodródása után a méhkürt mozgása (szívó hatása) segítségével gördül a méhkürtben a méh felé, miközben a méhkürt kiöblösödésében (ampulla), ha a spermiumok jelen vannak, a megtermékenyítés megtörténhet. A petesejt ugyancsak

A hüvelybe jutott spermiumoknak meg kell szerezniük azt a képességet, ami lehetővé teszi, hogy behatolhassanak a petesejtbe. Ezt a folyamatot kapacitációnak nevezzük, nélküle a spermium nem tud a petesejtbe jutni. Ezt a spermium a női szervezetben megtett útja alatt és annak hatására nyeri el. Csak a kapacitált spermium képes erre. Ekkor találkozik a hím ivarsejt a plazmamembrán re-



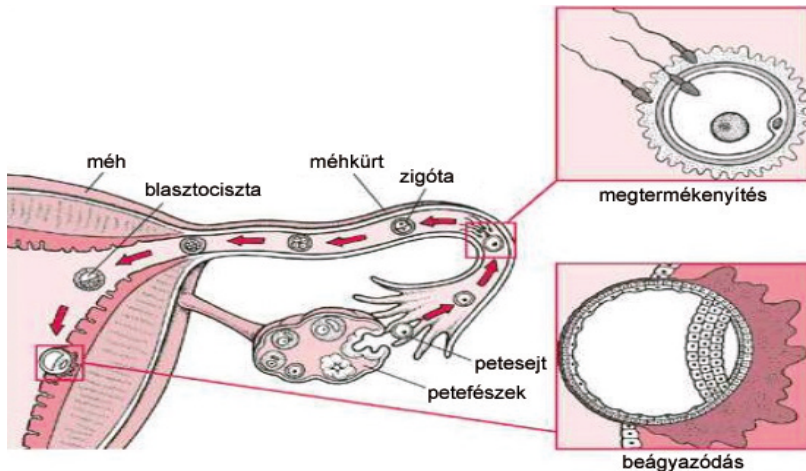
A spermium szerkezete

tartalmaz magot, melyben mindig 22+X kromoszóma helyezkedik el. Ezen kívül tartalmaz minden sejtkomponenst, melyek az egyed fejlődéséhez szükségesek. A petesejt citoplazmáját a sejthártyán kívül kettős burrok övezi: a belső zóna *pellucida*, a külső a *corona radiata*. Ez utóbbi gondoskodik a relatíve nagyméretű, passzív petesejt táplálásáról, és átengedi a spermiumokat, hogy azok találkozhassanak a zona pellucidával.

A sokmilliónyi, hüvelybe kerülő spermiumból a legtöbb elpusztul a petesejtig vezető úton, tehát verseny van, és a sejtek többsége nem éli túl az út nehézségeit. Nagy hátrányban vannak (szerencsére) azok, amelyek kóros sejtek. A legszívósabb megmaradók a zona pellucida felületén gyülekeznek, és közülük általában egy behatol a petesejtbe. Ezután a petesejt gátló anyagokat választ ki a többi spermium behatolásának megakadályozására. A bejutott sejt és a petesejt magja egyesül, így létrejön az emberre testi sejtekben jellemző kromoszómaszám, és megkezdődik a megtermékenyített petesejt (zigóta) osztódása, ezzel az egyed fejlődése. Mindehhez azonban még számos „kellék” szükséges.

ceptoraival, és megfelelés esetén behatol a petesejtbe, miközben osztódásra is aktiválja azt. Ezután következik be a sejtmagok fúziója, és ezzel a zigóta létrejövetele.

Az aktus alkalmával a női szervezetbe jutó sokmillió spermium közül egy az, amely a megtermékenyítést elvégzi. Mindmáig nem teljesen világos, miért van szükség ekkora pazarlásra. Ugyanakkor az sem biztos, hogy az emlősöknél ez a megtermékenyítés szempontjából is indokolt, mert lehetséges, hogy nem más, mint atavizmus, azaz a törzsfajlás korábbi időszakából visszamaradt mechanizmus, amikor ezt a vízi életmód miatt a külső megtermékenyítés követelte meg. Az a valószínűbb azonban, hogy a petesejt burkainak oldásához nem elegendő egyetlen spermium akroszómájának enzimentartalma, és a spermiumok hosszú és viszontagságos útja miatt csak a nagyon sokból marad annyi a célban, amennyi ezt a funkciót el tudja látni. Emellett a sok beérkező sejt közül megvan a szelekció lehetősége a petesejt-receptorok „intelligenciája” révén, tehát a lehető legjobb információ befogadásának biztosítása. A „pazarlás” racionalitását az is alátámasztja, hogy csökkent spermiumszám mellett csökken a megtermékenyítés valószínűsége is [1].



A megtermékenyítés, előzményei és következménye. A petefészekből kikerült, majd megtermékenyített petesejt (zigóta) tovább gördül a méhkürtben és beágyazódik a méh nyálkahártyájába

A spermiumok számát az ondóban éppúgy meg lehet határozni, mint vérből a vesejékét, és bár a technika fejlődésével a módszerek is finomodtak, akár az 50 évvel ezelőtti vizsgálatok mennyiségi eredményei is összehasonlíthatók a maiakkal és értékelhetők. Dán kutatók 1992-ben egy ilyen összehasonlító spermiumszám-vizsgálatban meglepetve tapasztalták, hogy az átlagos spermiumszám 1 ml ondóban 1940 és 1990 között 113 millióról 66 millióra csökkent [2]. Nem sokkal ezután megerősítette eredményeiket egy francia vizsgálat, mely szerint Párizsban 1973 és 1992 között, tehát 20 év alatt, 89 millióról 60-ra csökkent a milliliterenkénti spermiumszám [3]. Az eredményeket számos vizsgálat követte, melyek hasonló következtetésekre vezettek. A napisajtó mostanában „harapott rá” a tudományos vizsgálatok eredményeire és kitért a pánik. Egyes megnyilatkozások felvetették, hogy figyelembe véve az évi 1–2% körüli csökkenést, az emberiség záros határidőn belül ki fog halni. Ugyanakkor megjelentek az ellenvélemények, melyek szerint az összehasonlítások nem értékelhetők, és semmi probléma nem tapasztalható [4]. A vita azóta is tart, de napjainkra a félelem felerősödött. Anélkül, hogy máris állást foglalnánk a vélemények igazságáról, világos, hogy a férfimeddség a jelentéktelenségből hirtelen központi problémává lépett elő.

Ha azt vesszük figyelembe, hogy a sokmilliónyi spermiumból csak egy szükséges a megtermékenyítéshez, akkor az aggodalom nem indokolt. Ha azonban arra gondolunk, hogy sokmilliónyi nem megtermékenyítő spermium kell ahhoz, hogy az egyetlen megtermékenyítő elérje célját, akkor az aggodalom jogos. A csökkenés bizonyíthatóan jóval több annál, mint amit figyelmen kívül

lehet hagyni, és oly sok oldalról alátámasztott, hogy nem lehet metodikai hibára gondolni. Ugyanakkor az is bizonyított, hogy a csökkenő spermiumszám együtt jár a férfimeddség valószínűségének növekedésével, bár ez csak oligospermia, azaz 15 millió/ml, vagy ennél kisebb spermiumszám esetén válik nyilvánvalóvá, és azospermiaiban válik lehetetlenné, amikor egyáltalán nincs spermium. A szélsőséges esetek azonban megengedik azt a feltételezést, hogy ennél magasabb, de csökkent spermiumszám is ritkább megtermékenyítéshez vezet, és ezt támasztja alá az egyre nagyobb mértékű igény a mesterséges megtermékenyítésnek nevezett beavatkozásra (IVF, in vitro fertilization, megtermékenyítés üvegben). Valószínű, hogy jelenleg olyan fázisban vagyunk, amikor a spermiumszám csökkenése még csak jelzi a probléma fennállását, de nem veszélyezteti jelentősen a népszaporulatot. Ugyanakkor, ha a jelenlegi csökkenési tendencia továbbra is fennáll, azaz nem ismerjük meg, és nem szüntetjük meg azokat a tényezőket, amelyek azt kiváltják, elérhetjük a kritikus fázist is. Megbízható becslések szerint Nagy-Britanniában az alacsony spermiumszám (és gyenge minőség) felelős a meddségek 20%-áért, és ugyancsak járulékos tényező további 25%-ában. Nem szabad megfeledkezni arról sem, hogy a férfimeddség csak 50%-ban felelős a gyermektelenségért, a másik 50%-ban pedig a nők. Ez utóbbiak okai már régebben ismertek, azonban korunkban újabb tényezők is hozzájárultak, csak ezek nem olyan feltűnőek, mint a spermiumszám csökkenése.

Úgy tűnik, jelenleg a spermiumszám csökkenésének büvöletében élünk, holott ez nem az egyedüli változó [5] és a megtermékenyí-

tést befolyásoló tényező. Csökkent spermiumszám mellett, ha e sejtek mozgékonyasága (motilitása) fokozott, a megtermékenyítés esélye még a magasabb spermiumszáménál is jobb lehet, mert a spermiumok hamarabb érik el a petesejtet, tehát kevesebb negatív változás történik bennük az út alatt. Ugyancsak fontos tényező a degenerált sejtek száma, mert a számbeli változások nem mutatják a spermiumok minőségét, miközben a degenerált sejtek benne vannak az össz-spermiumszámban, de mint már erről szó volt, vagy elpusztulnak az út alatt, vagy lemaradnak a versenyben.

Amiről tehát megbízható adataink vannak, az a spermiumszám, illetve annak csökkenése a gazdaságilag fejlett, elsősorban európai, észak-amerikai országokban, valamint Ausztráliában és Új-Zélandon. Bár a laikusok által olvasott cikkekben a „világszerte” szerepel, nem csak ezekből áll a világ. Ezért az ivarsejt utánpótlása biztosítva lehet, ha a csökkenés a világ többi (nagyobb) részét nem érinti. Ezt azonban egyrészt nem tudjuk, mert nincsenek pontos adataink, másrészt nem is lehet vigasztaló az európai (amerikai stb.) meddő párok számára.

Az, hogy az utolsó 50 év alatt felére csökkent a spermiumszám, semmit nem mond arról, hogy mikor kezdődött el a folyamat. Elképzelhető, hogy 50 évvel ezelőtt még ugyanolyan volt, mint évezredekkel előtte, de az is lehet, hogy a mostani állapot egy ósidők óta tartó csökkenő folyamat végstádiuma, csak korábbi adataink nincsenek. Mindenesetre tudjuk, hogy vannak olyan tényezők, amelyek mindig is csökkentheték a spermiumszámot. A herék nem véletlenül vannak a testen kívül, ugyanis fölöttébb érzékenyek a hőhatásra. A testen kívül mintegy 2–3 fokkal hűvösebben helyezkednek el, ezért, ha a hőmérséklet emelkedik, a spermiumok száma fogy, és növekszik a degenerált formák mennyisége. De olyankor is, amikor az egyedfejlődés alatt a herék nem szállnak le a herezacskóba (kriptorchizmus). Szinte ugyanez következik be akkor is, ha valaki nagyon kövér és a combjai összeérnek, vagy divatos szoros alsónadrágot, illetve farmernadrágot visel, vagy magas hőmérsékletű helyiségben tartózkodik tartósan és rendszeresen. Korábban elsősorban ezeknek tulajdonították az alacsonyabb spermiumszámot. Most mindehhez egy sokkal általánosabb és aggasztóbb jelenség, a klímaváltozás társul, ami minden férfit érint, mert a korábbiakban spermium-menedéknek számító külső hőmérséklet meghaladhatja a belsőt. És ez utóbbi nem sci-fibe illő feltételezés, hanem konkrét valóság.

A spermiumok fejlődése (spermiogenezis) hormonálisan szabályozott folyamat, melynek optimális beállítódása még az egyedfejlődés alatt történik meg. Ha az endokrin rendszerben zavar keletkezik, ez kihat a spermiogenezisre is. Márpedig mostanában igen sok zavar keletkezik. A modern világunkban előállított

és felhasznált kémiai anyagok sokaságában nagy számban szerepelnek az ún. endokrin diszruptorok, tehát olyan molekulák, amelyek a hormonális rendszert rombolják ivarérett korban, vagy még a fejlődés alatt (hibás hormonális imprinting [6] révén), életre szóló változásokat okozva (ilyenek a műanyagiparban használt lágyítók, a növényvédő és rovarölő szerek, a szteroid hormonok, egyes növényi hormonok, például szója fitoösztrogének stb.) [7]. Ezek a behatások nem kímélik a spermioenezist sem. Valószínűnek tűnik, hogy a dohányzás, az alkohol és a drog fogyasztása, valamint genetikai tényezők és fertőzések ugyancsak károsítják a spermioenezist, de ezek korábban is hatottak, legfeljebb most a régi hatások az újakkal kombinálódhatnak. Nem véletlen tehát, hogy a spermiumhiány-bomba most robbant, mert az említett faktorok hatása korunkban (napjainkban?) összegződött. Az életkor előre haladtával is csökken a spermiumszám, a gyermeknemzés viszont egyre későbbi életkorra tolódik. Ez növelheti a kóros formák megjelenését, és csökkentheti a spermiumok mozgékonyágát is. A növekvő jólétet szimbolizáló higiénia, mint a gyakori forró fürdők, szaunázás, vagy a jólétből következő állandó autóhasználat (szűk helyen való tartós ülés) ugyancsak csökkentheti a spermiumszámot, és megjelenik a nadrágzsebben tartott mobiltelefon, vagy a vezeték nélküli internet (wifi) is [8], mint sejtszámcsökkenő tényező. A spermiumok számát csökkentő hatások garmadája jelentkezik korunkban, hiba volna tehát egyetlen tényezőre visszavezetni a változást. Sok bünt követ el az emberiség maga ellen, melyek egyenként még nem igazán feltűnőek, de összegződve kataszt-



Spermiumok gyülekeznek a petesejt felszínén. A milliókhoz képest kevés spermium jut el a petesejtig, de ez is rengeteg a behatoló egyhez képest

rofálisak. Európában már most is minden ötödik-hatodik pár meddő és egyes (peszsimista és valószínűleg túlzó) nézetek szerint mintegy 20 év múlva már több lesz a meddő férfi, mint a termékenyítőképes.

A kérdés az, ha a folyamatosan csökkenő termékenyítőképeséget (spermiumszámot stb.) tényként kezeljük – és erre

minden okunk megvan –, mit tehetünk ellene. Ma már megvalósítható az egyetlen spermiummal lombikban történő megtermékenyítés is (ICSI, intracitoplazmatikus spermium injekció), mégis, a lombikbábik

számának tömegessé növelése nem látszik optimális megoldásnak, ez egyelőre a scifik kategóriájába tartozik. Akkor viszont azokat a tényezőket kell redukálnunk, amelyek a spermiumszám csökkenést kiváltották. Tehát redukálnunk kell, vagy meg kell szüntetnünk az endokrin diszruptor kémikáliák használatát, miközben ezekre egyre nagyobb mértékű az igény az iparban, és az emberek is szeretik azokat az árukat, melyek ezeket tartalmazzák. A mezőgazdaság csak akkor tudja ellátni a növekvő számú emberiséget, ha olyan anyagokat használ a növényvédelemben, melyek igen veszélyes endokrin diszruptorokat tartalmaznak. Táplálkozásunkban a (szója) fitoösztrogének egyre nagyobb szerepet játszanak, és elhagyásuk jelentősen drágítaná a táplálkozásunkat, miközben a sok telített zsírsavat tartalmazó ételek (vaj, hamburger, bacon, zsirban sült húsok stb.) ugyancsak csökkentik a spermiumszámot [9]. A dohányzás, az alkoholizmus vagy a drogozás nemcsak a megtermékenyítés gátlása miatt káros, hanem egyébként is, viszont az ellenük vívott küzdelem jelen pillanatban reménytelennek látszik, mert a gyenge ember ezekben menekül a számára e nélkül elviselhetetlen társadalmi problémák elől, amelyeket viszont egyénekre bontva nem tudunk megoldani. Ez csapdahelyzet, mely a lenni vagy nem lenni dilemmája elé állítja az emberiséget, amit éppúgy nem akar tudomásul venni, mint a maximális környezetszennyezést (ezáltal felmelegedést is) produkáló államok vezetőinek némelyike a klímaváltozást.

Míg a gazdaságilag fejlett országokban az egyre gyakoribb gyermektelenség az alapvető demográfiai probléma, addig a fejlődő országokban a problémát a túlszaporodás okozza. Mivel utóbbi országok lélekszáma nagyobb és a szaporodás mesterséges gátlása ott problémás, az emberiség létszáma a hétmilliárd felé közeledik, mely létszámnak az igényelt magas szinten való eltartása egyelőre legalábbis kétséges. Lehet tehát, hogy egy biológiai visszacsatolásnak vagyunk a tanúi, ami a megtermékenyítés korlátozásával csökkenti a létszámnövekedést. Ez az állatvilágban ismert jelenség, mely az adott faj kihalásához is vezethet, bár mechanizmusa nem tisztázott [10]. Az ember azonban, intelligenciája és eszközkészítő tevékenysége révén, bár az állatvilág tagja, más kategória, emellett bizonyos mértékig eltérő törvény-



Spermiuminjekció

szerűségek érvényesülnek a fejlett és a fejlődő világban. A spermiumszám csökkenése így világviszonylatban jótékony hatásként is elkönnyelhető lenne, ha nem ott mutatkoznék meg kiemelkedően, ahol a szaporulat amúgy is kevés. Nem tudjuk, mit hoz a távoli jövő, mindenesetre a spermiumszám csökkenését okozó tényezők világméretű terjedését – a legfejlettebb országokhoz való hasonulás igénye miatt – érdemesnek látszik nyomon követni és hatásukat regisztrálni. Ami pedig a jóslásokat illeti, érdemes figyelembe venni, hogy ahhoz képest, hogy egyes friss „tudományos” vélemények szerint a klímaváltozás miatt az emberiségnek mindössze tíz éve van hátra [11], a spermiumszám csökkenése miatti kihalás egy jóindulatú, lassan ható, kíméletes ajánlat, miközben mindkét jóslat valóságértéke a nullát közelíti.

Irodalom

- [1] Fisch, H. et al. The relationship of sperm counts to birth rates: a population based study. *J Urol* 1997, 157, 840-843.
- [2] Carlsen, E. et al. Evidence for decreasing quality of semen during past 50 years. *Brit Med J* 1992, 305, 609-613.
- [3] Auger, J. et al. Decline in semen quality among fertile men in Paris during the past 20 years. *N Engl J Med* 1995, 332, 281-285.
- [4] Sample, J. Studies show alarming sperm count falls, but some distrust the figures. <https://www.theguardian.com/science/blog/2012>
- [5] Centola, GM. et al. Decline in sperm count and motility in young adult men from 2003 to 2013: observations from a U.S. sperm bank. *Andrology* 2016, 4, 270-276.
- [6] Yildirim, ME. et al. What is harmful for male fertility: cell phone or the wireless internet? *Kaohsiung J Med Sci* 2015, 9, 480-484.
- [7] Csaba, G. Perinatal hormonal imprinting as functional teratogen. *Curr Ped Res* 2016, 12, 222-229.
- [8] Csaba, G. Az ember neme 2. *Természet Világa* 2017, 148. 8.
- [9] Bates, C. Saturated fats. *Mail Online*. <http://www.dailymail.co.uk/health/article-2258336>
- [10] Courchamp, F. et al. *Allee effects in ecology and conservations*. Oxford Univ Press, Oxford-New York, 2008.
- [11] McPherson, G. Pursuing love and excellence during catastrophic climate change on our beloved planet. <http://www.ourplanet.org/greenplanetfm/guy-mcpherson>.

A kvarc

HOLLÓSY FERENC

A Magyarhoni Földtani Társulat (MFT) Ásványtani-Geokémiai Szakosztályának vezetősége 2016 őszén három jelöltet javasolt az „Év ásványa” címre. Az elmúlt évhez hasonlóan, most is internetes szavazás döntött arról, hogy a kvarc, a gipsz, valamint egy jelölt-páros, az malachit-azurit közül melyik viselheti idén ezt a megtisztelő címet. A kvarc lett a befutó.

Bátran állíthatjuk, hogy a kvarc egyike a legkorábban megismert és felhasznált ásványoknak. Az emberiség hajnalától kezdve máig jelen van hétköznapjainkban. A pattintott kőkorszakban pengéket, nyíl- és dárdahegyeket készítettek olyan kvarcváltozatokból, mint amilyen a tűzkő vagy a radiolarit. A tűzkövet, ahogy neve is sugallja, többnyire tűzgyújtásra használták, mivel acéllal megütve szikrát vet a gyufa előtti idők tűzszerszámaiban, valamint a kovás puskák, azaz a flinták gyújtószerkezetében is. Egy népszerű amerikai rajzfilmsorozat, a Flintstone-család névadója is a tűzkő volt. Az angol *flintstone* szó ugyanis tűzkövet jelent.

Az ókorban úgy gondolták, hogy a hegyikristály - a kvarc színtelen, víztiszta változata - valójában egy soha el nem olvadó, örökre megszilárdult jég. Mai kristály szavunk is a hegyikristály nevéből ered, melyet az ókori görögök *krisztallosz*nak neveztek. Számos uralkodói jelvény és ékszer készült a víztiszta kvarc nagy kristályaiból. Gondoljunk csak a magyar uralkodói jelvények közül a koronára, amelyet többek között ametisztek díszítenek, és a jogarra, melynek hegyikristály gömbjébe egy oroszlánt faragtak. A középkorban a víztiszta kvarc hibátlan kristályaiából készültek a jövendőmondók és az alkímisták kristálygömbjei.

A hegyikristály mellett a kvarc drágakő minőségű színes változatai is nagyon keresett árucikkek voltak az ókori világban. Nagy becsben tartották a mívesen megmunkált ónixból, achátból, karnelból, ametisztből, krizoprászából és szarderből készült ékszereket és tárgyakat, melyeket kultikus jelentéssel ruháztak fel. Erről tanúskodnak azok az óskori és ókori temetkezési helyek, melyek sírmellékletei között gazdagon díszített nyakékeket, karkötőket és „gyógyító” ékszereket találtak a régészek.

A kvarc elnevezéssel először a XIV. századi német bányászati leírásokban találkozunk. *Georgius Agricola* 1530-ból származó írásában, mint az ércesedések meddő anyagát említi. Sajnos a szó eredete és jelenté-



Füstkvarc (A szerző felvétele)

se az idők folyamán a feledés homályába merült. Annyi azonban bizonyos, hogy a magyar nyelv a kvarc szót a német nyelv *“Quartz”* szavából vette át.

A kvarc kőzetalkotó ásvány. Egyike a földkéreg leggyakoribb ásványainak. A földpátok után a második leggyakoribb. Sokféle földtani környezetben képződhet. Mélységi magmás körülmények között jellemzően a magas szilícium- és víztartalmú kőzetolvadékok (savanyú magma) hűlése során válik ki, ezért a gránitok, granodioritok, kvarcdioritok fő összetevője. A vulkáni kőzetek közül leggyakrabban a dácitokban és a riolitokban fordul elő. A pegmatitos, pneumatolitos és hidrotermás ércesedések gyakori meddőásványa. A kőzetrepedéseket kitöltő ásványok között sokszor a kvarc a domináns.

A magmás kőzetek lepusztulásakor a kvarcsejtszomszomszágos mállási folyamatokat túlél, és felaprózódva a legtöbb üledékes kőzet alapjává, illetve azok fontos cementáló anyagává válnak. A kvarchomok és a kvarckavics szinte csak ebből áll. A metamorf kőzetek közül a gneiszek, a csillámpalák és a fillitek tartalmaznak sok kvarcot. A kvarcot holdkőzetekből és kőmeteoritokból is kimutatták.

A természet eme remekművét csak kétféle kémiai elem építi fel. Ezt elsőként *Jöns Jacob Berzelius* svéd vegyész mutatta ki 1823-ban. Megállapította, hogy a kvarc oxigénből és egy általa felfedezett új elemből, a szilíciumból áll. Magát a kvarckristályt pedig szilícium-dioxid (SiO_2) építi fel.

Az összetétel alapján a mineralógia tudománya a kvarcot az oxidok-hidroxidok osztályába sorolja. Tiszta formában a kvarc átlátszó és színtelen. A jól fejlett, hegyikristályok szabályos példányai ritkák. Két olyan víztiszta magas fénytörésű változata is van

a kvarcnak, mely nagy népszerűségnek örvend a gyűjtők körében. Az egyik Erdélyhez kötődik és *máramarosi „gyémánt”* a neve, a másik lelőhelye az amerikai New Jersey Herkimer települése, melynek nyomán *herkimer „gyémánt”*-nak hívják.

A kvarcok többsége színes. Több száz színváltozatát ismerjük. Közülük sok drágakőváltozat vált híressé a történelem során. Lássunk közülük néhányat izelítőül!

Az *ametiszt*: az egyik legszebb, leglátványosabb kvarcváltozat. A nyomelemként beépült vas adja halványlila-ibolya színét. Az ametiszt a legtöbb helyen előfordul, ahol gránit bukkan a felszínre. Az ásvány neve az ógörög *„amethuszosz”* szóból származik. A termék jelentése „ne igyál”, mivel azt hitték, az ásvány megvéd a lerészegedéstől.

A *citrin* a kvarc sárga, narancssárga vagy barna színű változata. Színét a nyomelemként beépülő vas-oxidtól kapja. Neve a latin *citrus* (=citrom) szóból származik. A természetes citrin ritka és értékes ásvány. Eredetileg a citrin lila ametiszt volt, de a magma hőjének hatására sárga kristállyá alakult át. Azt a természetes változatot, amelyben az ametiszt és a citrin együttesen előfordul, ametrinnek nevezzük.

A *rózsakvarc* kristályai ritkák, csak néha haladják meg az 1 cm-t. Sokkal gyakoribbak tömeges halmazai. Színét a nyomelemnyi mennyiségben jelenlevő titánnak köszönheti. Tejszerű árnyaltságát apró, tű alakú titánzárványok idézik elő. A rózsakvarc általában pegmatitokban, néha több száz kilogrammos tömegekben fordul elő.

A *füstkvarc* pegmatitokban gyakran előforduló kvarcváltozat. Színe a világosbarától a feketéig terjed. Nyomelemként alumíniumot tartalmaz. Barnásfekete színe a föld mélyében zajló természetes radioak-

tív sugárzás hatására alakul ki. Az egészen fekete változatot morionnak nevezzük. Mesterséges besugárrással a halvány kvarcból is létrehozható füstkvarc, mely hevítéssel elhalványodik.

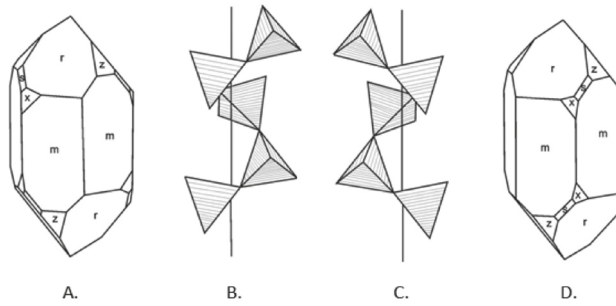
A *kalcedon* tömött, mikrokristályos kvarcváltozat, mely mikroszkopikus rostokból áll. Dudosos, fűrtös, cseppkoves megjelenésű, erekben, geodákban és konkréciókban fordul elő. Gyakran tartalmaz nyomelemeket vagy zárványokat, melytől rendkívül színes is lehet. Nevét egykori lelőhelyéről az ókori kikötővárosáról, *Khalkédón*ról kapta. A különböző sávozottságú, szalagosságú kalcedonokat achátnak nevezzük.

Az *ónix* és a *szárdónix* szalagos kalcedonféle, az egyik legfeltűnőbb megjelenésű acháttípus. Szalagjai jellegzetes lefutásúak, egyenesek, barnák-fehérek (ónix) illetve fekete-fehére (szárdónix). Nevét a görög „*ónix*” szóból kapta, mely körmöt jelent. A megvásárolható ónixpéldányok többségét mesterségesen állítják elő oly módon, hogy az achátot cukoroldatban áztatják, majd felmelegítik és néhány hétig melegben tartják, hogy a cukor bejuthasson az ásvány rétegeibe. A fekete-fehér sávos *szárdónixot*, barna ónixból készítik oly módon, hogy a bediffundált cukrot kénssavval elszénesezik az ásványban, melytől az megfeketedik.

A *karneol* a kalcedon narancsvörös, áttetsző változata. Vörös színét a hematitől (vasoxid) vagy a goethitől kapja. A vörös szín hevítéssel fokozható, vas-só oldat hozzáadásával pedig csökkenthető. A karneolt már az ókori görögök és a rómaiak is nagyra becsülték. Főleg pecsétygyűrűket készítettek belőle.

A *krizoprász* a kalcedon áttetsző, igen értékes almazöld változata. Színét nikkeltartalmának köszönheti. Napfénynek kitéve sokszor elhalványul. Neve a görög „*khriszosz*” és a „*prasz*” szavakból származik, melynek jelentése aranylő poréghagyma, mellyel eredetileg talán a sárgásabb krizoprászról illeték. A krizoprász rokona a *prazem*, mely egy sötétebb árnyalatú lombzöld változat, ez azonban jóval ritkább.

Az *opál* neve a rómaiak „*opalus*” szavából ered. Jelentése drágakő. Az opál megszilárdult kovagél. Jelentős, 5–10 %-os víztartalma miatt az opálok többsége érzékeny a kiszáradásra. Számos színbeli és szerkezeti változata ismert, de legértékesebb a nemesopál. Az opál „tüztét” apró kovagömböcskből álló síkok idézik elő, melyek diffrakciós rácsként bontják fel a látható fényt eltérő hullámhosszúságú összetevőire. Az ásvány színe a gömböcskék méretétől és a diffrakciós síkok helyzetétől függ. A nemesopál legfontosabb lelőhelye az ausztráliai Queensland



Jobb és bal csavarodású kvarckristályok (A, D) és az őket felépítő jobb és bal menetes SiO₄ tetraéderekből álló helixek (Götze, 2009 nyomán)

és Új-Dél Wales területén található. A másik drágakőváltozat a *tűzopál*, mely Mexikó és Honduras trachitjaiban fordul elő.

Az ásvány színének létrejötte bonyolult folyamatok eredménye. Rendszerint a szilícium helyébe nyomokban beépülő kationok (pl. Li, Na, Al, Fe, Mn, Ti stb.) olyan szerkezeti hibákat okoznak a kristályrácsban, melyek a látható fény egy részének elnyelése révén színt kölcsönöznek az ásványnak. Ezeket az „alvó rácshibákat” sokszor a természetes radioaktív sugárzás aktiválja, melynek révén úgynevezett színcentrumok jönnek létre az ásványban. A színcentrumok érzékenyek lehetnek a hőhatásra és/vagy a napfényre.

Így hevítés hatására egyes kvarcfélék megváltoztathatják a színüket, de akár el is veszíthetik. Másoknál a napsugárzás idézhet elő hasonlót. Megint másoknál éppen a hevítés vagy a mesterséges besugárzás (radioaktív) hatására válik a kristály színessé vagy éppen foltossá. A zárványok beépülése is hatással van az ásvány színére. Ismertünk gázzárványokat (pl. szén-dioxid, metán), folyadékzárványokat („libellás kvarc”, melyben a víz, az olaj vízmértékhez hasonlóan buborékban mozog), de a leggyakrabban ásványzárványokkal (pl. rutil, hematit, klorit, riebeckit, aktinolit stb.) találkozhatunk.

A kvarc további fontos fizikai tulajdonsága a hasadás és a keménység. A kristályos kvarcok törésfelzárka öblösen ívelt, azaz „kagylós”, a vastosaké egyenetlen, szálkás. Rideg, a vastos változatok szívósabbak, mint a kristályosodottak. A kvarc kemény ásvány. Keménysége a Mohs-féle tíz fokozatú skálán 7-es. Az üveget jól karcolja, az acéllal viszont szikrát vet. Kémiaailag nagyon ellenálló. Csak a hidrogén-fluorid (HF, fluorsav) oldja. Nagy stabilitása miatt a vulkáni és az átalakult kőzetek felszíni mállása során keletkezett törmelékben feldúsul. Főként homokokban és homokkőben találkozhatunk vele ismét.

A tiszta kvarc sűrűsége 2,66 g/cm³, míg a zárványokkal teli daraboké ennél kisebb, vagy nagyobb. Értékük 2,6–2,7 g/cm³ között változik. Ezzel az értékkel a kvarc a kis

sűrűségű úgynevezett könnyű ásványok közé tartozik. Az ásvány fizikai tulajdonságai a laza szerkezeti felépítéssel jól magyarázhatók.

A kvarc kristályrácsában az atomok térbeli elrendeződése tetraéderez. Minden szilíciumatom négy, tőle azonos távolságban lévő oxigénatommal alakít ki erős kovalens kötést és minden oxigénatom két szilícium atomhoz kapcsolódik. E kapcsolódási pontot követve a kvarc kristályrácsát SiO₄ tetraéderek hálózata építi fel. A SiO₄ tetraéderek a kristály megnyúlási irányába eső a kristálytani C-tengellyel párhuzamosan jobbra vagy balra csavarodó kettős láncolatot (helixet) alkotnak, ami távolról emlékeztet a DNS helikális szerkezetére. (Sokan ezt a szerkezetet tévesen spirálnak mondják, holott a spirál egészen más geometriai formát jelent mint a helix!)

Mindenesetre a csavarodás irányának megfelelően a tetraéder-láncok kétféle szerkezetet hozhatnak létre: úgy mint jobb- és balkvarc. Ha a csavarodás iránya az óramutató járásával megegyező, akkor jobb menetes α-kvarcot, ha azzal ellentétes lefutású, akkor bal menetes β-kvarcot kapunk. A csavarodás iránya egy kristályon belül mindig egyféle. Ezek egymásnak tükörképei, de nem azonosak (vagynis enantiomerek).

Ez a szerkezeti felépítés felelős azért az érdekes viselkedéséért, melyet először *Dominique Arago* francia fizikus és csillagász figyelt meg. Észrevette, hogy amennyiben a kvarckristályra fénynyalábot bocsát, akkor a kristály a fény polarizációs síkját adott szöggel elforgatja. Ezt a jelenséget optikai aktivitásnak nevezzük. Ma már rengeteg természetes és mesterséges anyagról tudjuk, hogy optikailag aktív. Sőt, manapság az optikai aktivitás vizsgálata az anyagok szerkezetvizsgálatainak egyik fontos, rutin vizsgálati módszere.

A kristályrács relatíve laza szerkezete, a tükörsíkok és színcentrumok hiánya együttesen felelős a kvarc egy másik különös tulajdonságáért, a piezoelektromosságért, melyet először a francia *Jacques Curie* fizikus-mineralógus és testvére, a későbbi Nobel-díjas *Pierre Curie* figyelt meg 1880-ban. Azt tapasztalták, hogy a kristály mechanikus összenyomásakor elektromos töltések jelennek meg a kristály felületén. Később a kutatók a jelenség „fordítottját” is felfedezték: ha elektromos feszültséget adnak a kristályra, az alakváltozással válaszol. Ezt a jelenséget manapság számos eszközben alkalmazzuk, pl. kvarcórákban (lásd később).

A kristályosodáskor fennálló hőmérsékleti és nyomásadékok szabályk meg a SiO₄ tetraéderek kapcsolódási módját, melyek így összesen 11-féle SiO₂ módosulat kialakulá-

sát teszük lehetővé. Normál légköri nyomáson és alacsony hőmérsékleten (573 °C alatt) háromszöges (trigonális) kristályrendszerű α -kvarc, vagy alacsonykvarc képződik. Magasabb hőmérsékleten (573–870 °C) és nyomáson viszont hatszöges (hexagonális) β -kvarc módosulat vagy magaskvarc képződik. A hűlés során elérve a kritikus 573 °C-ot a β -kvarc visszaalakul trigonálisra, miközben külső megjelenése megőrzi a magas keletkezési hőmérsékletre utaló hexagonális alakot. A kvarc alakja azonban elárulja, hogy alacsonyabb vagy magasabb hőmérsékleten képződött-e, ezért jó földtani hőmérő.

A SiO_2 -nak a képződési körülményektől (nyomás és hőmérséklet) függően többféle módosulata (polimorfizmus) ismeretes: mint a tridimit és a krisztobalit. A kvarc további ritka módosulatai: a keatit, a coesit vagy a sztisovit. Ezek az ásványok csak extrém nyomásviszonyok között képződnek, melyek ritkán adódnak a föld felszínén (például aszteroida, nagy meteoritok becsapódásakor). Idővel azonban ezek a kvarctípusok is stabilabb kvarcváltozattá alakulnak át.

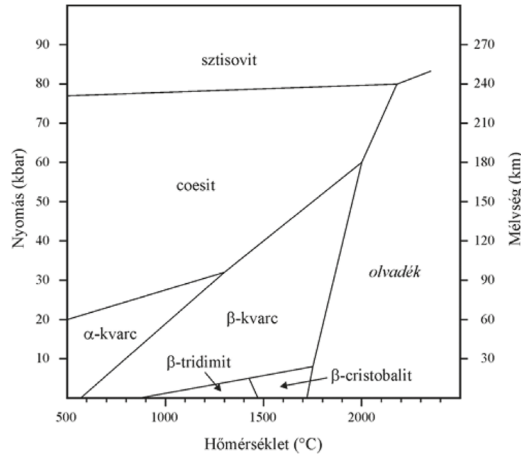
A kvarc gyakran alkot ikerkristályokat. Ilyenkor két kvarckristály meghatározott szimmetria szerint nő össze. A legismertebb ikertípusok a dauphinéi, a braziliai és a japán ikrek.

A jól fejlett kristályok mellett vannak a kvarcnak mikro- és rejtett („kripto-”) kristályos változatai is. Bár szerkezetileg ugyanarról a kvarcról van szó, a mikro- és kriptokristályos változatoknál a kristályalak már nem látszik. Emiatt megjelenése egységesen vaskos-tömeges. Az ilyen megjelenésű kvarcot az ipar hasznosítja hatalmas tömegben: pl. az építőipar, üveggyártás, kohászat, mikroelektronikai ipar.

Építőanyagként való hasznosítása a régmúlt időkre nyúlik vissza. Gondoljunk csak a malter készítéséhez használt homokra; a betonozáshoz vagy az útépitéshez használt, folyók szállította sóder gömbölyded kavicsaira (a magyar sóder szó a német *Schotter*-ből származik, mely mosott kavicsot jelent), melyek között rengeteg a kvarckavics.

Magas olvadáspontjának köszönhetően a kvarchomokot fém tárgyak öntéséhez szükséges öntődei homokként hasznosítják, vagy az olvasztók tűzálló *Schamott*-téglaíhoz használják. A kvarcból nyerjük a szilíciumot is, amit ötvöző anyagként használnak az acélgépjárművekben. Keménysége miatt jó őrlő, csiszoló és fényezőanyag. Manapság elsősorban homokfúváshoz használják.

A kvarc további fontos felhasználási területe az üveggyártás. A tiszta kvarc megolvastásával nyert olvadékból gyors lehűtés-



A SiO₂ fázisdiagramja. A nyomás és hőmérséklet függvényében az egyes kvarcváltozatok szerkezete egymásba alakulhat (Szakáll, 2011 nyomán)

sel készül a belső kristályos renddel nem rendelkező „kvarcúveg”, mely átengedi a higanygőz-fényforrások által kibocsátott ultraibolya sugarakat. UV-transzparenciája miatt ezt az üvegtípust alkalmazzák kvarclámpákban és a germicid csövekben. Szemben a „rendes” ablaküveggel, ami kiszűri ezeket a veszélyes sugarakat!

Kiváló optikai és elektromos tulajdonságait speciális lencsékben, prizmákban, küvetákban, szLOPTIKÁBAN, monokromátorokban, valamint rezonátorok, oszcilloszkópok készítésére használják fel. A kvarc optikai és piezoelektromos tulajdonságai mellett említést érdemel, hogy piroelektromos, vagyis melegítésre elektromos polarizációt mutat, valamint, hogy gerjesztés hatására lumineszcens fényt bocsát ki. Ez utóbbi tulajdonságát kamatoztatják a régészek betemetett cserépedények termolumineszcens kormeghatározás során.

A kvarc világméretű karrierje a mikroelektronikai ipar megszületésével és térhódításával vette kezdetét. A integrált áramkörökhöz használt szilícium forrása ugyanis a kvarc. A félvezetőkhöz használt, mesterségesen szennyezett szilícium nélkül ma nem beszélhetnénk mikrochipekről, telefonkártyákról, bankkártyákról, napelemtáblákról, napkollektorokról, folyadék-kristályos kijelzőkről stb. Ezekhez az eszközökhöz csak zárványokat, repedéseket, ikresedéseket nem tartalmazó, hibamentes kvarckristályok használhatók fel, melyek igen ritkák a természetben. A szükséges alapanyagot mesterségesen ütn, nagy nyomás alatt, forró lúgos oldatból történő kristályosítással, természetes kvarc oltószemcsével állítják elő.

Nagy tisztaságú szintetikus kvarckristályok nélkül ma nem lennének kvarcóránk. Ezek működése a kvarc korábban említett piezoelektromos tulajdonságán alapul. Az órajelet adó oszcillátor visszacsatoló áramkörének frekvenciát meghatározó eleme a kvarckris-

tály. A kristály sajátfrekvenciáját, mely többnyire 32 768 Hz-en rezeg, úgy osztják le, hogy a kimenet 1 másodpercenként változzon és ezzel a jellel vagy egy másodpercmutatót léptetnek (analog kijelzés), vagy számjegyeket íratnak ki egy kijelzőre (digitális kijelzés).

Az első kvarcórát 1927-ben építette meg Warren Marrison és J.W. Horton a Bell Telephone Laboratories-ban. Ez még egy hatalmas, elektroncsöves laboratóriumi berendezés volt. Az első kvarcoszcillátoros karóra modellt az Astront a Seiko cég 1969-ben dobta piacra. A kvarcórának óriási sikerük lett. Robbanásszerű elterjedésük kis híján tönkretette az alapvetően drága mechanikus modellekre épülő svájci óraipart. Azóta persze a svájci óraipar jobbnál jobb modelleket produkál a gyártók korábbi hírnevét öregbítendő.

Még jócskán folytathatnánk a sort a kvarc erőnyeit illetően. Talán ebből a kis összeállításból is sikerült egy kis áttekintést kapnia az olvasónak e valóban sokoldalú ásvány tulajdonságairól és használhatóságáról. Az év ásványa program jó lehetőséget kínál arra, hogy a kvarcról nyert elméleti ismeretekkel immáron kellően felvértezve felkeressük és vizsgálódásainkat most már a terepen folytassuk, és ott tanulmányozzuk eme nagyszerű ásványcsoport jeles képviselőit.

S ha az izgalomból még nem lett volna elég, újra lehet szavazni a neten! Ugyanis nem rég hirdették meg a 2018-as „Év ásványa” és az „Év kövülete” program jelöltjeit. (itt találod: <http://www.evomasradvanya.hu/>)

Az új kiírás szerint Év Ásványa jelöltjei: fluorit, kalcit, szfalerit. Az Év Kövülete jelöltjei: Balatonites, fűsüskagyló, üstökös pálma. 🗿

Irodalom

- Szakáll Sándor: Ásvány- és kőzetek alapjai. Miskolci Egyetem Földtudományi Kar on-line jegyzete. Miskolc, 2011. http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFFAT6101/sco_23_04.htm
- John Farndon: Kőzetek és Ásványok képes enciklopédiája. Atheneum 2000 Kiadó, Budapest, 2007.
- Ronald Louis Bonewitz: Kőzetek, Ásványok, Drágakövek. Kossuth Kiadó, Budapest, 2007.
- Harman-Tóth Erzsébet: Az év ásványa - a kvarc. A XXXV. Miskolci Nemzetközi Ásványfesztivál kiadványa. 2017. március 11-12.
- Thamóné Bozsó Edit, Harman-Tóth Erzsébet: Bemutatkozik a kvarc, az Év ásványa. Geoda. XXVII. Évf. 2. Szám, 2017.
- J. Götze: Chemistry, textures and physical properties of quartz - geological interpretation and technical application. DOI: 10.1180/minmag.2009.073.4.645. Published on November 13, 2009. <http://minmag.geoscienceworld.org/content/gsmminmag/73/4/645/F1.large.jpg>

PROCEEDINGS
OF THE ROYAL SOCIETY B
BIOLOGICAL SCIENCES

(2017. augusztus 23.)

PORSZÍVÓZVA TÁPLÁLKOZÓ
FOGATLAN ŐSDELFIN

Egy meglehetősen furcsa élőlény 30 millió éves ősmaradványát fedezték fel Dél-Karolinában. A koponyát a Wando-folyóban találták, ami Charleston városán keresztül folyva ömlik bele az Atlanti-óceánba. 28–30 millió évvel ezelőtt azonban a város területét még tenger borította. Ősi delfinek és bálnák úszkáltak Charleston mai utcái helyén, sőt még a Megalodon cápák is gyakoriak voltak, amit beszédesen bizonyítanak az itteni üledékekből előkerülő, embertenyérmél nagyobb cápafogak. Pont a cápafogakra vadászó búvárok fedezték fel a Wando-folyó aljzatából kibukkanó fosszilis koponyát, alig pár mérföldre attól a helytől, ahol a *Coronodon havensteini* nevű fogascetet is megtalálták.

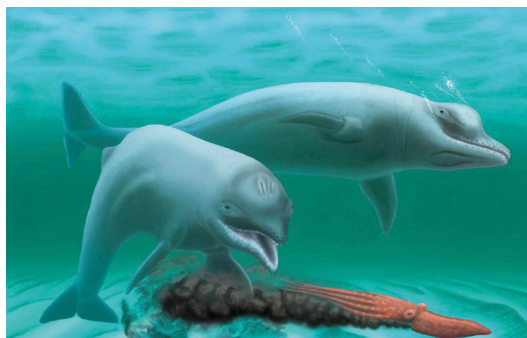
A gyűjtők végül a Charlestoni Főiskola Természettudományi Múzeumának adományozták a szokatlanul széles és zömök koponyát. A lelet Robert Boessenecker paleontológus kezébe került, aki felismerte, hogy valami szokatlan, és minden bizonnyal új fajt képviselő maradványról van szó. A koponya egyértelműen a cetfélékhez tartozott, de addig még soha nem láttak hasonlót. A pofája túl rövid, a testhossza alig több mint 1 méter, a koponyájában pedig nem voltak fogak, de még fogmedrek sem. Az állat végül az *Inermorostrum xenops* nevet kapta a tudományos leírás során.

A modern bálnák és delfinek mindegyike egy farkas méretű élőlény leszármazottja, amely a szárazföldről tért vissza a tengeri életmódhoz, miközben elveszítette a hátsó végtagjait és a szőrtakarója nagy részét. A fogazatuk evolúciója szintén szokatlan, ugyanis a legtöbb emlőstől eltérően a cetfélék nem rágnak. A fogakkal rendelkező csoportok a hullókhöz hasonlóan megragadják és letépi a táplálékot és egészben nyelik le a falatokat. A sziláscetek óriási mennyiségben szűrki a vízből az apró rákokat (krill). Mintegy 30 millió évvel ezelőtt pedig éltek a Dél-Karolinában talált lelethez hasonló fajok, melyek teljesen elveszítették a fogaikat és egy ipari porszívóhoz hasonlóan szívták fel a táplálékukat (halakat, tintahalakat, különböző gerincteleneket) az aljzatról.

Boessenecker és kollégái a koponya vizsgálata és méreteinek összehasonlítása

alapján megállapították, hogy a lelet a modern fogascetek (Odontoceti) rokonságába tartozik. Ez a besorolás első hallásra kissé meglepő lehet, tekintve, hogy az állatnak egyáltalán nincsenek fogai. Tulajdonképpen a mai fogascetek között is vannak olyanok, amelyek nem igazán használják a fogaikat. A hím csőrösceteknek például van egy pár foguk, melyeket csak a nőstényekért folytatott harcok során használnak, egyébként pedig teljesen rejtve maradnak az ínyükben. A csőröscetek a gömbölyűfejű delfinnek és az ámbráscetekkel együtt szintén kapnak el tintahalakat oly módon, hogy beszívják őket a szájukba, de ezek a csoportok csak a közelmúltban jelent meg. Az *Inermorostrum xenops* esetében ezektől függetlenül, sokkal korábban alakult ki a fognélküli, beszippantó táplálkozásmód. Így annak ellenére, hogy egy nagyon specializált fajról van szó, amihez hasonlóak később is megjelentek, mégis egy leszármazottak nélkül, evolúciós zsákutcát jelez az *Inermorostrum*. Az evolúció többnyire nem a „hibátlan”, egyirányú fejlődés útját járja. Gyakran megfigyelhető, hogy egy evolúciós vonal megszakad ugyan, de évmilliókkal később a természet újra megpróbálkozhat az elbukott kísérletekkel.

A rendelkezésre álló korlátozott ősmaradvány anyag alapján az *Inermorostrum xenops* rövid pofája és fognélküli, szívó táplálkozása csak egy volt az ebben az időszakban tapasztalható extrém próbálkozások közül, miközben a cetek diverzitása robbanásszerűen növekedett. A kutatók szerint a szívó táplálkozási stratégiában tulajdonképpen nincs semmi meglepő, hiszen életének korai szakaszában az összes emlős tud tejet szopni, és ez az alapvető táplálko-



Ilyenek lehettek a fogatlan delfinek

zási mód az újszülöttek számára. Mivel az összes emlős bébinek szopnia kell, ez korlátozza az állatokat abban, hogy mennyire tud az állkapcsuk és a pofájuk megváltozni a felnőtté válás során, miközben más táplálkozási stratégiához alkalmazkodnak. Ennek tükrében sokkal meglepőbb az olyan cetek megjelenése, melyeknek hosszú, krokodilszerű pofája volt, amivel elkaphatták

a táplálékot miközben jobbra-balra mozgatták a vízben a fejüket. A *Xiphiacetes* fossziliáknak például majdnem 1 méter hosszú pofája volt több száz foggal.

Boesseneckerék úgy gondolják, hogy a táplálkozási stratégiák diverzitása ezekben az időkben a globális éghajlattal együtt változott. Az Antarktisz akkoriban vált el elkülönülő kontinensként a többi déli földtömegetől. Ez lehetővé tette az antarktisi cirkumpoláris áramlás kialakulását a sarkvidék körül, ami tápanyagokban gazdag vizeket szállított fel a mély tengerekből. Ennek hatása aztán végiggűrűzött az óceánokon, és elért a mai Wando-folyó területéig is.



(2017. augusztus 11.)

ÚJABB LÉPÉS A SZÍVDONOR
SERTÉSEK FELÉ

A sertések genetikai állományában vírusok szunnyadnak – ez az oka annak, hogy miért nem jöhetnek még mindig szóba emberek szervdonoraként. Úgy tűnik, most géntechnológia segítségével sikerült kutatóknak a kórokozókat kiiktatniuk, bár sajnos ez még mindig nem az utolsó akadály leküzdése.

Németországban jelenleg 10 000 súlyos beteg várakozik donorszervre. Sokan még azelőtt meghalnak, mielőtt sor kerülne az életmentő transzplantációra. A kutatók azt remélik, hogy ezt a hiányt állati szervekkel tudják pótolni, ám a célig vezető úton számos akadály van. Most úgy tűnik, egy nemzetközi kutatócsoport a számos akadály közül legalább egyet le tudott győzni.

A kutatócsoport vezetője Luhan Yang, az amerikai magán eGenesis cég munkatársa és kollégái géntechnológiai módszerek segítségével aktív, úgynevezett endogén retrovírusmentes sertéseket állítottak elő. Kutatómunkájukról a Science folyóiratban számoltak be. A projektben a jól ismert génkutató, George Church is részt vett.

A specifikus, úgynevezett PERV vírusokat a sertések genetikai állománya tartalmazza, ennek megfelelően nehéz megküzdenni velük. Sertésszív átültetése esetén fennáll a veszély, hogy a vírusok befészkelik magukat az ember genetikai állományába, és immunhiányt, valamint rákot okozhatnak.

Yangnak és kutatócsoportjának azonban most sikerült a vírusokat leállítani úgy, hogy a Crispr-Cas9 génnel inaktiválták a PERV vírusokat a sertéssejtek genomjában.

A megváltoztatott sejtekből aktív PERV-vírusmentes embriókat hoztak létre. 17 anyakocába 200–300 ilyen embriót ültettek be, melyekből 37, PERV-vírústól mentes malac született. A publikáció idején a legidősebb állatok négy hónaposak voltak.

Rendkívül elégedett volt az elért eredménnyel Joachim Denner kutatótárs, aki a projektben ugyan nem vett részt, hanem a Robert Koch Intézetben olyan kutatócsoportot vezet, akik a xenotranszplantáció során a vírusok átvitelével foglalkoznak.

A xenotranszplantációt, az állati szervek emberre történő átvitelét már régóta kutatják. Vizsgálták például a sertésszívek vagy vesék főemlősokba, például páviánokba való átültetését. Kutatták a sertés szigetsejtek cukorbetegbe való beültetésének lehetőségét. Ezek a sejtek rendkívül fontos szerepet játszanak a cukoranyagcserében. Valódi előrelépést ugyanakkor csak akkor lehetne elérni, ha a xenotranszplantáció további problémái is megoldódnának.

Ezek közül a legsúlyosabb a kilökődési reakció. Ennek a reakciónak az elnyomása érdekében a betegeknek sokkal több jelentős mellékhatással járó gyógyszert kellene szedniük, mintha emberi szövetet kapnának. Ezen kívül a sertésdonor esetén fennáll még az a veszély is, hogy a sertés szívének jobb kamrája valamivel gyengébben ver, mint az emberé. Az új kutatási eredmények értékelésével ezért óvatosan bánnak a szakemberek, mindenesetre tény, hogy érdekes történetről van szó. Meg kellene azonban vizsgálni, hogy az eredmények reprodukálhatók-e, valamint ténylegesen mennyi ideig élnek ezek a malacok. Az ugyanis még mindig nem egyértelmű, hogy a sertéseknek szükségük van-e a túléléshez az eltávolított vírusokra.

Újabb problémát sikerült tehát megoldani, de továbbiak várnak még megoldásra. Többek között szükség lenne olyan sertésekre, amelyeknek szervei nem csak a PERV vírustól mentesek, hanem csak csekély kilökődési reakciót váltanak ki az embernél, s így a betegek tolerálható gyógyszer mennyiséggel lennének kezelhetők.

Eddig csak kevés vizsgálatot végeztek arra vonatkozóan, hogy a sertésszíveket olyan emberekbe ültessék be, akiknél már minden egyéb lehetőség kudarcba fulladt. Az állati szervek emberbe történő átültetése a kutatók már régóta dédelgetett álma. A gyakorlatban való alkalmazása azonban eddig elképzelhetetlen volt. Sokkal valószínűbb, hogy a műszívek fejlődése lényegesen gyorsabban halad, mint a xenotranszplantáció problémáinak megoldása. Eddig a mesterséges szív átmeneti megoldást jelentett a transzplantáció elvégzéséig. Ezen kívül a keringés támogatásához léteznek még olyan technikai berendezések, amelyek sok beteg számára nem csak átmeneti, hanem tartós megoldást jelenthetnek.



(2017. július 21.)

PART MENTI VIZES ÉLŐHELYEK SZÉNMEGKÖTŐ KÉPESSÉGE

Akár tengerpartokon, akár folyók, tavak mentén számos olyan, növényzettel borított természetes élőhely található, amely jelentős mennyiségben köti meg a léggömből kivonva a szén-dioxidot. Habár kiterjedésükben e vizes élőhelyek távolról sem akkorák, mint az erdőségek, gyorsabban képesek kivonni a körforgásból a szenet, ráadásul az itt megkötött lassabban is jut vissza a légkörbe, így igen fontos szerepük van a klíma szabályozásában.

Ausztrál kutatók azt vizsgálták, hogy ezen élőhelyek miként reagálnak a klímaváltozásra, s mennyi szenet tudnak kivonni a körforgásból gyakorlatban. Az árapályzóna területén lévő sós tengerparti mocsarak, tengerifü-borította partok, mangroveerdők a tengerszint és a partvonal változásait követték, ezért a kutatók a múltbeli élőhelyek feltárással, s egykori vizes élőhelyekről begyűjtött, ezer évnél is régebbre visszanyúló üledékrétegek vizsgálatával próbálták a végre járni a kérdéseket. A helyszínek közt egyaránt volt közvetlen tengerpart, illetve folyótorkolati menti mocsaras terület is, eltérő jelenkori növénytakaróval. Általánosságban elmondható az ilyen ausztrál élőhelyekről, hogy a közvetlen vízparti homokon fűvel és sótűrő szukkulens növényekkel találkozhatunk. Gyakran e területeket mangroveerdő veszi körbe, a víztől távolodva azután bokros-erdős terület uralja a kissé magasabban fekvő terepet. A hasonló életközösségek a vízáramlások dinamikája miatt Ausztrália vizsgált, délkeleti régiójában csak ott tudtak kialakulni, ahol folyó torkollik a tengerbe, mivel a torkolatvidék árapályzónája csak a beáramló folyóvízzel együtt biztosíthatja a megfelelő körülményeket. A négy kiválasztott mintavételezési helyszínről az alapján döntöttek, hogy mennyire változatosak a növényzetet és a vízparttól való távolságot illetően, így többféle életközösség nyomát is meg tudták vizsgálni. A területek abban is eltértek, hogy betorkolló folyó milyen területről, milyen geokémiai összetételű hordalékot szállít a torkolatvidékre. A mintákat olyan pontokon vették az üledékből, ahol a jelenlegi növényzet nem befolyásolta (pl. a gyökérzetével) a korabeli maradványokat, és azt

is kiderítették történelmi forrásokból, hogy a helyszínek közelében az ideérkező európai telepesek a XIX. század közepén milyen átalakításokat végeztek

Az üledékrétegek kormeghatározásával megbecsülték, hogy milyen ütemben halmozódhatott fel a megkötött szén mennyisége, s milyen korábbi időszakok során volt nagyobb mennyiségű a szén jelenléte. Az üledékeket szemcseméret szempontjából, a korabeli vízáramlás dinamikájának nyomát keresve, valamint kémiai összetételében is vizsgálták. A kb. egy méter mélységet átfogó minták szerves eredetű széntartalmát nagy felbontásban mérték: a felső 50 cm-ből 5 centinként, az alsó 50 cm-ből 10 centinként számolták ki a felhalmozott szén mennyiségét. A minták alapján ki tudták deríteni, hogy az egykor sívár partot például miként hódította meg a mangrove. A légyökerek közt lelassuló vízáramlás hatására felhalmozódó apróbb szemcsés üledék is jelezte ezt a folyamatot.

A kutatás eredményeiből kiderült, hogy a jelenlegi növényzet nem mutat összefüggést a korábbival, s így a pillanatnyi állapotból nem lehet következtetni arra, hogy a múltban milyen mennyiségű szenet vont ki az egykori vegetáció a léggömből: a jelenlegihez képest a múltban 3–6-szoros mennyiségű volt a szénmegkötés mértéke az üledékmin-ták alapján. A füves-sótűrő pozsgás növényzet képes a leggyorsabb szénfelhalmozásra, azonban ez a vegetáció kisebb mennyiséget köt meg, mint a mangrove. Az élőhelyek fontosságát kiemeli az is, hogy hosszú időn keresztül (évszázadok, évezredek) képesek hasonló összetételben fennmaradni, pl. a Mediterráneumban van 5000 éve folyamatosan élő tengerifü-borította terület, a Karib-tenger térségében pedig 7500 éves mangroveerdők is vannak, s ezen időszakok alatt a tengerszint változásaihoz is jól alkalmazkodtak a növények. A tanulmány azonban arra is kitér, hogy pont a vizsgált mintákból derülnek ki a növényzet időbeli változásai, és ezzel a vizes élőhelyen felhalmozódó szén mennyiségének eltérése is nyilvánvaló. A növényzet összetételének átalakulását elsődlegesen a környezet geomorfológiai változásai indítják el, így a deltatorlatokban lerakódó üledék halmozódása miatti terület- és talajszint-növekedés, vagy a tölcsértorkolatok visszahúzódása a szárazföld felé. Az európai telepesek folyóvíz-átalakító tevékenysége (pl. gátépítés) miatt jól elkülöníthető a telepesek előtti időszak nagyobb szénfelhalmozása és az ezt követően igencsak lelassult folyamat során jóval kisebb megkötött szénmennyisége.

A jelenleg növényzettől mentes területeken világszerte kimutatták az üledékekből hatalmas, alig néhány ezer éve élt mangroveerdőket, így a környezet változásait nagyon fontos figyelembe venni a szénmegkötő képesség kiszámításánál.

XXVI. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

A barlang, amely nem ismer határokat

MOLNÁR KORNÉLIA
Gimnázium, Tornalja, Szlovákia

Legtöbbünknek a barlang szóról az jut eszünkbe, amit még iskolában tanítottak nekünk. Picit azért többről van itt szó, ezt szeretném bővebben kifejteni. Jelenleg Szlovákiában 1140, Magyarországon pedig 280 barlang ismert.

Szerencsésnek mondhatom magam, mivel a Világörökség egyik ilyen kincse mellett lakom, Kecskeméten. Az Aggteleki- és a Szlovák-karszt barlangvilágát a két ország közös felterjesztése alapján az UNESCO Világörökség Bizottsága 2005. december 06-án felvette listájára. Ez a Domicabaradla-barlangrendszer, ami összeköti Szlovákiát Magyarországgal a föld alatt.

A Baradla-barlangról a XVIII. század végén és a XIX. század elején főként lexikonokban, illetve hazai és külföldi utazók naplójában, nyomtatásban megjelent útleírásokban olvashatunk. Az első magyar utazó, aki tapasztalatait lejegyezte, gróf Teleki Sámuel erdélyi kancellár fia, Domokos volt.

A barlang történetének jelentős mérföldköve az 1794-es esztendő, amikor április 28-án az Esterházy püspök egri építész irodájának vezetője Farkas János és az egri uradalom földmérő-bányamérnöke, Sartory József bejárta a Baradlát. Raisz Keresztély munkáján alapszik az ifjúság számára összeállított, a világ természeti jelenségeivel foglalkozó, német, francia, egyes kiadásokban magyar szöveggel is ellátott képeskönyv, a Baradla ismertetése is.

1923 februárjában Ján Majko pénzügyőr-ügyelőként érkezett a pénzügyőr-ség Hosszúsó községbeli alakulatához. Őrjárata során megfigyelte, mennyi vizet nyel el a Domicatöbör a tavaszi hóolvadások, vagy a nagy nyári zivatarok során, vagy mennyi pára tör elő télen a régi Domicából. 1926. október 3-án cserkészekkel, barátaival tárta fel, az akkor még

ismeretlen barlangot. Ján Majko volt a leglelkesebb, aki egyre több terem felfedezője lett és meg is nevezte azokat. A későbbiekben már kevesebbet foglalkozott barlangászattal. Expedíciói során felfedezett egy patakot is, aminek csakis a barlangban lehetett a forrása. 1930-után a Szlovák Liga, majd a Csehszlovák Turistaklub foglalkozott a barlang körüli további teendővel. Tervük volt a közönség számára is elérhetővé tenni a barlang látogatást.

1932. július 1-jén, igaz nem teljes világitással, de megnyitották az akkorra kiépült barlangbejáratokat. Az 1938 novemberében született bécsi döntés következtében a Domicabarlang magyar területre került. Közös gazdasági egységet alkotott a Baradla-barlanggal. A Pelsőc–Domicaelektromos vezeték meghosszabbították egészen Aggtelekig. A front közeledtével Domicakörnyezetében és Hosszúsón kegyetlen harcok folytak hat héten keresztül. A barlang ideális rejtékhely volt a katonák és a lovak számára. Az elülső barlangtermekben istállókat létesítettek, beljebb pedig laktanyát.

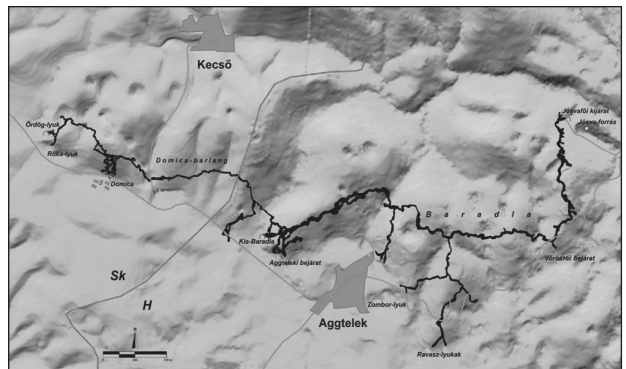
1970. január 1-jén a barlang a lipótszentmiklósi Szlovák Barlangigazgatóság részévé vált. A Világörökségi Bizottság 1995. decemberi berlini ülésén a Szlovák- és Aggteleki-karszt közös projektjének jóváhagyásával a Domicabarlang is a világörökség részévé vált.

Kiépítették a barlang körüli területeket, így rehabilitációs és gyógykezelésre is alkalmas helyeket is létrehozhattak. A Baradla és Domicatöbb, mint egy évszázados kutatása napjainkra korántsem zárult le, és valószínűleg még nem is fog. Egyik fő oka a nagy területi szétosztottsága, de a nehezen elérhető területek sem könnyítik meg az új felfedezéseket. A barlang létrejöttének nagy esélye volt:

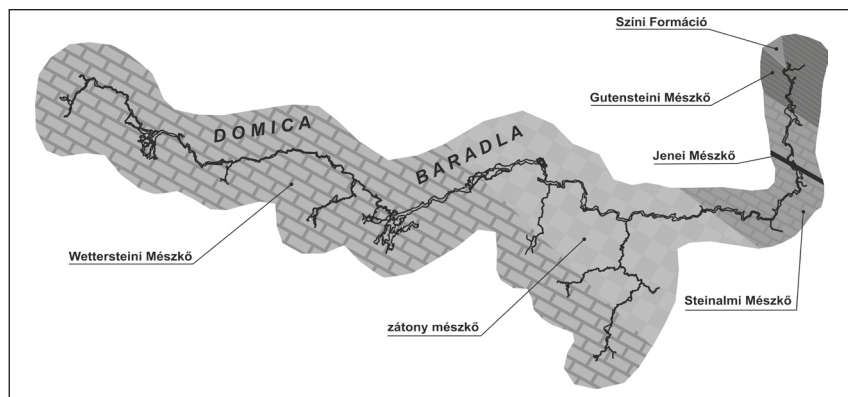
- kedvező kőzet, vagyis mészkő található itt, amelyen átsorogva a víz, részben oldással, részben erózióval járatokat, termeteket hoz létre,
- fontosak a vízgyűjtő területei, amik nélkül nem jöhetett volna létre az óriási barlangrendszer.

A Domicae- és Baradla-barlang olyan kincs, amit sem Magyarországon, sem Szlovákiában nem tudnánk mihez hasonlítani. A barlangrendszer járatait kavicsos üledékek töltötték ki egészen a mennyezetig, melyek vastagsága különböző. A barlang feltöltődése az omlásokkal is összefüggésbe hozható, amiket földrengések válthattak ki.

A Baradla–Domicabarlangrendszer jelenleg 25564 m hosszúságban ismert.



A barlangrendszer alaprajzi vázlata



A barlangrendszert alkotó mészkőtípusok

Ebből a Baradla járatai 20 196 m, a Domicáé 5368 m hosszúak. A Domicá és Baradla főbejárata körüli részek szerteágazóak, és van, hogy egymásba torkollanak.

A Baradla–Domicá-barlangrendszer vízrajzilag a Bódva-folyót tápláló Jósvalpatakhoz tartozik. A szlovákiai rész, vagyis a Domicá-barlang közvetlen vízgyűjtő területén csak rövid időszakos vízfolyások találhatóak, amelyek a nagyobb esőzések vagy hóolvadások hatására alakultak ki. Domicá közvetlen környékén állandó felszíni vízfolyás nem található. Fontos szerepe van viszont a Styx pataknak, amelynek forrása a barlangban található. A barlanghoz legközelebb a Kecő patak esik, amely azonban nem a barlang felé folyik.

A víznyelők a karszt sajátosság hidogeográfiájának szerves részei, amelyek a felszíni vizeket a föld alá vezetik. A Domicá esetében ezek főleg a barlang idősebb részeinek járatai, mint az Ördög-lyuk, Róka-lyuk és a Régi-Domicá. Idősebb víznyelők: az Ördög-lyuk, a Róka-lyuk és a Régi-Domicá, a magyarországi oldalon a Denevér-ág, Róka-ág és az Olimposz.

Fontos források: Nagy-Kecő-forrás, Kis-Kecő-forrás, második Kecő-forrás, harmadik Kecő-forrás.



A Styx patak a Baradlában

Cseppkőképződmények:

- **Sztlaktitok:** fő ismertető vonásuk a felülről lefelé való növekedés, különféle formában és hosszúságban megtalálhatók a barlang csaknem minden járatában. Legegyszerűbb formája a szalmacseppkő, de előfordul még jégcsapforma, karó alak, retkecseppkő, cseppkőlámpa.

- **Sztlagmitok:** az álló cseppkőveket a sztlaktitokból vagy pedig a mennyezet vízzel telt hasadékaiból lecsapponó vízcseppekkel kivált kalcium-karbonát építi fel. A barlang szabad légterébe érkező vízcsepp oldalain alulnyomás jön létre, amit a vízcsepp tovább fokoz, így könnyebben elillan belőle a széndioxid és a főlös mész kicsapódik. Ezáltal a sztlagmiton fokozatosan ülepednek le a vékony mészkőrtegek és a képződmény alulról felfelé növekszik. A legkiemelkedőbb az ún. pagoda sztlagmitok, amelyek kész termeket is alkothatnak.
- **Sztlagnátok:** a cseppkőoszlopok vagy sztlagnátok a függő- és álló cseppkővek összenövésével jönnek létre.

A fototróf organizmusok (kékmoszatok, algák, mohák) a kevés fény miatt barlangokban csak korlátozott mértékben fordulnak elő. A barlang környezetvédelmi, valamint esztétikai szempontból is problémát okozó lámpaflóráját döntően algák és mohák alkotják, de elvétve találkozhatunk páfrányokkal is. A lámpaflóra megjelenését a barlangban a fény, nedvesség, hő, tápanyagforrás, valamint az aljzat minősége

határozza meg. A barlangi lámpaflórából gyűjtött és meghatározott mohák többsége árnyék- és mészkedvelő faj, de előfordul a barlangban – elsősorban az üledéken, kitöltéseken, az agyagos élőhelyeket kedvelő moha.

A Domicában jelenleg a kereknyergű patkósdenevér (*Rhinolophus euryale*) él nagy számban, a múltban pedig a hosszúszárnyú denevér (*Miniopterus schreibersii*) jelentős csoportjai tanyáztak itt.

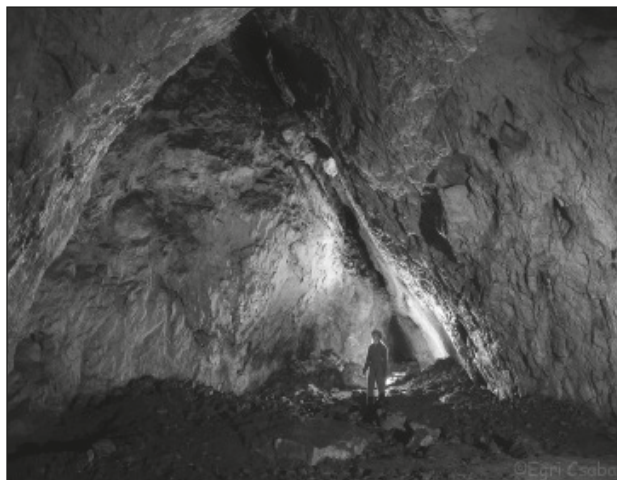
A barlang állatvilágához nemcsak a denevérek tartoznak, hanem a gerinctelenek



Függő cseppkővek a Styx fölött

egész sorát fedezhetjük fel, apró termetük miatt azonban sokszor észre sem vesszük őket. A fajok gazdagságát és sokrétűségét általában a barlangokban, de barlangrendszerünkben is különösen a táplálék, pontosabban annak hiánya befolyásolja. Megtalálhatóak itt szárazföldi gerinctelenek, gyűrűsférgék, pókszabásúak, százlábúak, atkák, ászkarák, fatetvek, bolhafajok és vízi gerinctelenek: soksertéjűek, kevéssertéjűek, piócák, kagylók, rákok.

A barlangok mikrobiológiai szempontból is szélsőséges élőhelynek tekintendők. Az ANTEUS Mikrobiológiai Barlangkutató Csoport több ízben is végzett higiénésbakteriológiai vizsgálatokat elsősorban az aeroszolszemcsére tapadt mikroorganizmusokat vizsgálva. Legnagyobb számban *Micrococcus spp.*, *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *B. circulans*, *Chromobacterium violaceum*, *Nocardia spp.*, *Bacillus spp.*, *Staphylococcus*, *Alcaligenes faecalis*, *Alcaligenes spp.* tenyésztett ki. Kutatásokat végeztek különböző helyekről vett mintákkal, a korlátrol, székekről, falakról és lépcsőkről leggyakrabban a következő fajokat izolálták: *Bacillus cereus*, *Enterobacter sp.*, *Citrobacter sp.*, *Staphylococcus epidermidis*, *Escherichia coli*, *Cedecea davisae*, *Erwinia herbicola*, illetve penészek.



Kutató a barlangban

A gombák speciális világa tápanyagellátásuk szempontjából különböző organizmusokra oszthatók:

- szaprotróf gombák,
- parazita gombák,
- szimbiózisban élő gombák.

A makroszkopikus gombák elsősorban famaradványokat tartalmazó helyeken fordulnak elő. A mikroszkopikus gombák a barlangi élővilág igen gazdag csoportját alkotják. A közel hét éves vizsgálatok eredmé-

nye a mikroszkopikus gombák gazdag jelenlétét támasztotta alá.

A kutatók bebizonyították azt a feltevést, hogy a barlangi mikroflóra-társulásai egyedüli táplálékforrássá válhatnak egyes gerinctelen fajok számára, amivel helyettesíthetik hiányzó, zöld növények által termelt szerves anyagokat.

E természeti kincset látva nem csoda, hogy turisztikai szempontból igen fontos szerepe van. Turisták ezrei fordulnak meg itt évről

évre, hogy láthassák, és meseországban érezhessék magukat. Egy olvasó, aki a barlangból nem látott semmit, nem tudja elképzelni ezt az élményt. Lehetőségem volt részt venni egy hosszú túrán, ami 5 óráig tartott, nehezebben járható terepen, világítások nélkül. Mondanom sem kell, hatalmas élménnyel gazdagodtam.

Kérem Önöket, ha tehetik, tegyenek látogatást ebbe a fantasztikus barlangrendszerbe, garantáltan tetszeni fog!



Cseppkőoszlop

Irodalom

GRUBER P., GAÁL L., szerk. (2014): A Baradla–Dómica-barlangrendszer – A barlang, amely összeköt (monográfia) – Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, p. 1-512.

AZ FÉLELMETES, AMI ISMERETLEN

A gyermekkori cukorbetegség

KUNECZ ESZTER

Csokonai Vitéz Mihály Református Gimnázium Általános Iskola és Kollégium, Csurgó

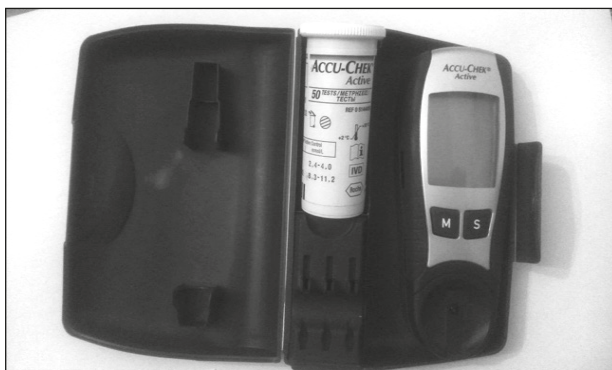
A diabétesz az egészség feltételekhez kötött állapota¹ – így szól az Egészségügyi Világszervezet (WHO) jelentése. Ez a cukorbetegséget olyan állapotként határozza meg, amelyben az egészség feltételekhez kötött. Ha a feltételeket megismerik és betartják, akkor a cukorbeteg tulajdonképpen nem is beteg. Egy diabéteszes gyermek ugyanúgy növekszik, fejlődik, mint társai. Ugyanolyan felnőtt lesz és dolgozhat. Férjhez mehet vagy megnősülhet, és gyermekei is lehetnek. Csak a feltételeket kell megismerni, megtanulni és betartani, ami nem könnyű feladat.

A cukorbetegség a szénhidrát-anyagcsere zavara. A betegség hivatalos orvosi neve *diabetes mellitus*, jelentése

¹ Dr. Békefi Dezső: Gyermekkori diabétesz. Tanácsok szülőknek és gyermekeknek SpringMed Kiadó, 2007. 11. oldal

„mézédes átfolyás”. Ez utal a betegség egyik fő tünetére, a nagy mennyiségű és cukrot tartalmazó vizelet ürítésére. Régen, amikor még nem voltak a betegség kimutatására alkalmas műszerek, a vizelet kóstolásával állapították meg a cukorbetegséget.

Magyarországon is – mint világszerte mindenhol – egyre elterjedtebb a cukorbetegség. A családom is érintett, a nagymamám több mint 10 éve, a nagynéném pedig az első terhessége alatt vált cukorbetegé. A nagymamám velünk él, így látom a mindennapjait, az étrendjét, a betegség kezelését. Sajnos



Vércukormérő készülék (Kunecz Eszter felvételei)

egyre fiatalabb korban és egyre gyakrabban diagnosztizálnak gyermekeknél is diabéteszt. A környezetemben több diáktársam is szenved ettől a betegségtől, így személyesen is megtapasztalhatom, milyen terhekkel, nehézségekkel, és mek-



Vércukoradagoló toll

kora felelősséggel jár ez mind a gyermekek, mind a szülők és a pedagógusok részéről.

A szénhidrátok anyagcsereje és szabályozása

A szénhidrátok szerves tápanyagok, elsősorban energiaforrások. Szervezetünk a szénhidrátok közül a glükózt használja fel a folyamatos és gyors energianyérésre. A glükóz a tápcsatornából gyorsan felszívódik a véráramba, emeli a vércukorszintet. A hasnyálmirigy inzulin hormonja felel azért, hogy a cukor a vérből a sejtekbe kerüljön.

Mivel a glükózból származik a sejtek fennmaradásához és működéséhez szükséges energia, nagyon fontos a megfelelő cukormennyiség a vérünkben. Egészséges emberben a vércukorszint egy meghatározott tartományban dinamikusan változik, 4–7 mmol/l között mozog. Átlagos értéke 5–5,5 mmol/l. Étkezés után emelkedik, ennek hatására a hasnyálmirigy Langerhans-szigeteinek béta sejtjei elkezdik termelni az inzulint, ami elősegíti a sejtek glükózfelvételét, ezáltal a vércukor-



Glucagon injekció használati utasítása

szint csökkenését. A glükózt a sejtek vagy eloxidálják, vagy elraktározzák. Ha az inzulin hatására csökken a vércukorszintünk, a Langerhans-szigetek másik sejtcsoportja, az alfa sejtek kezdik el termelni hor-

monjukat, a glukagont. Ez a májban elraktározott glikogénből glükózt szabadít fel, ami a vérbe kerülve növeli a vércukorszintet. Egészséges emberben az alfa- és béta-sejtek működése nagyon összehangolt, ennek köszönhetően, hogy a vércukorszintünk nem emelkedik 7,5 mmol/l fölé akkor sem, ha nagyon sokat eszünk, és nem csökken 3–3,5

mmol/l alá akkor sem, ha esetleg napokig éhezünk. Ha a szabályozás tartósan nem megfelelő, és a vércukorszint elhagyja ezt a szűk tartományt, a cukorbetegség valamelyik formája alakul ki.

A cukorbetegségről

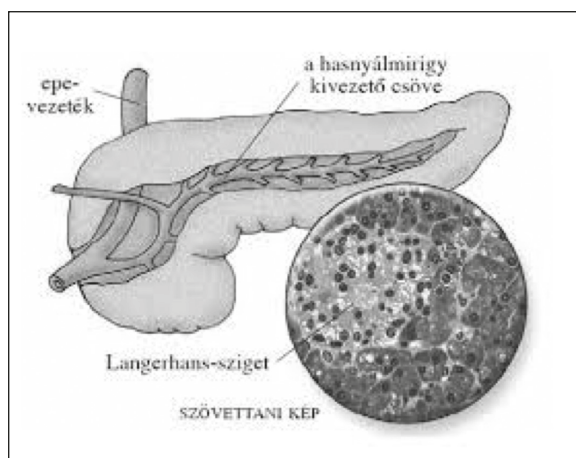
A cukorbetegség a szénhidrát-anyagcsere zavara, amely akkor alakul ki, ha a hasnyálmirigy (1. ábra) inzulintermelése csökken vagy megszűnik, illetve ha az inzulin nem működik megfelelő hatékonysággal („inzulinrezisztencia” alakul ki).

A cukorbetegek száma a világon és hazánkban is egyre nő. Magyarországon kb. 750 ezer regisztrált cukorbeteg él.²

Az 1-es típusú cukorbetegség gyermekkorban és fiatal felnőtteknél fordul elő. Pontos okait nem ismerik, ezért megelőzni sem lehet. Jellemzően egy autoimmun folyamat, melynek során a szervezet immunsejtjei idegen anyagként ismerik fel a saját inzulintermelő béta-sejteket, ezért elpusztítják őket. Az inzulintermelés idővel teljesen megszűnik, ezért inzulinbevitel nélkül az élet nem tartható fenn tartósan. „Inzulinfüggetlen” cukorbetegségnek is nevezik.

A 2-es típusú cukorbetegség főleg a 40 év feletti felnőtteket érinti, de az utóbbi években sajnos egyre több gyereknél és fiatal felnőttnél is diagnosztizálták. A cukorbetegek 90%-a ebbe a csoportba tartozik. A ter-

melt inzulin nem tudja a vércukorszint-csökkentő hatását megfelelő mértékben kifejteni, inzulinrezisztencia alakul ki. Ezt a hasnyálmirigy kezdetben nagyobb mennyiségű inzulin termelésével ellensúlyozza, idővel azonban az inzulintermelő sejtek kimerülnek, nem tudnak elegendő inzulint termelni. Felnőttkori vagy nem inzulinfüggő cukorbetegségnek is nevezték. Rizikófaktorai: a mozgásszegény életmód, a helytelen táplálkozás, az elhízás, az időskor, illetve a cukorbetegség a családban. Kezelhető gyógyszerrel, életmódváltással, de előrehaladott állapotban szükség lehet az inzulin pótlására is.



Hasnyálmirigy

A terhességi diabétesz a várandósság utolsó hónapjaiban alakulhat ki, és legtöbbször a szülést követően megszűnik. Kiszűrésére a terhesség során kötelező szűrő vizsgálat van.

Gyermekkorban előforduló szénhidrátanyagcsere-zavarok

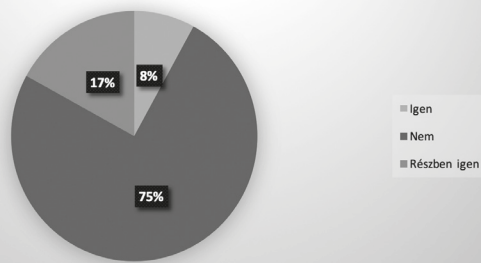
Hazánkban jelenleg kb. 3500 1-es típusú cukorbeteg gyermeket kezelnek. Számuk megdöbbentően emelkedik. A Magyar Gyermekorvosok Társasága és a Magyar Diabétesz Társaság Gyermekdiabétesz Szekciója folyamatosan követi ennek alakulását.

Az 1-es típusú cukorbetegség okai még ismeretlenek. Örökléstanai vizsgálatok és statisztikai adatok igazolják, hogy a betegség maga nem örökölhető, csupán a hajlam. Megfigyelések támasztják alá azt is, hogy csecsemőkorban a korai tehéntejjel való táplálás is jelentős szerepet játszik a béta-sejtek ellen irányuló autoimmun folyamatok kialakulásában.

Magyarországon a 2-es típusú cukorbetegek száma gyermekkorban lényegesen kevesebb, 200–300 között van. Főleg a civilizált országokban az ő számuk is egyre emelkedik, feltehetően

² http://www.egycseppfigyelem.hu/az_orvos_valaszol/informacio_a_cukorbetegsegről

Tanulmányai során felkészítették-e cukorbeteg gyermek ellátására?



a helytelen táplálkozás, az elhízás és a mozgás hiánya miatt, de pontos okát nem tudják.

A gyermekkori cukorbetegség tünetei

A cukorbetegség első jele lehet egy gyermeknél, ha feltűnően sokat vizez és sok folyadékot – napi 5–6 litert – fogyaszt. A vesék egy bizonyos cukorszint felett nem képesek a cukor visszatartására, így a vizelettel glükóz is ürül. A glükóz fizikai tulajdonsága révén vizet von magához, emiatt a vizelet mennyisége megnő. A vízvesztés szomjúságérzetet okoz, amiből következik a megnövekedett folyadékigény.

Az inzulín hiánya befolyásolja az éhségközpont működését, ennek jelzésére pedig folyamatos éhségérzet jelentkezik. A fo-

cukorbetegségnek a magas vércukorszint, illetve a glükóz jelenléte a vizeletben.

Az inzulinérzékenység változása

A gyerekek nagy részének cukorbetegsége sajnos eléggé labilis, sok minden befolyásolja inzulín szükségletüket. Ennek okai sokszor tisztázatlanok.

Az inzulinérzékenység-re hatással lehet az időjárás. A hidegfront az esetek többségében inzulinrezisztenciát okoz, ha tartósan fennáll, a vércukor szint megemelkedik, de kutatómunkám során talákoztam olyan gyermekkel is, akinek a hidegfrontok alatt sokkal jobb a vércukorszintje, mint meleg front idején.

A pszichés állapot is nagyban befolyásolja az inzulinérzékenységet. A stressz növeli az inzulinrezisztenciát, emeli a vércukorszintet.

A sport javítja az anyagcserét. A versenysportok sincsenek az úgynevezett „tiltólistán”, néhány lényeges dologra azonban oda kell figyelni. Egy intenzívebb edzés vagy egy versenynap teljesen felboríthatja a gyermek anyagcseréjét. Az izommunka hipoglikémiát okozhat, a verseny miatt kialakult stressz pedig a vércukorszint megemelkedéséhez vezethet.

A serdülőkorú lányoknál a menstruációs ciklus is befolyásolhatja az inzulinérzékenységet. A vérzés előtti napokban általában inzulinrezisztencia lép fel, tüszőrepedés idején pedig érzékenyebbek lehetnek az inzulínra, de alakulhat ez fordítva is.

Az inzulinrezisztencia átmeneti növekedése jelentkezhet a hajnali órákban. A „hajnali jelenség” oka a növekedési hormon fokozott elválasztása.

Sajátos probléma az inzulinrezisztencia megnövekedése serdülőkorban. Mivel a pubertáskorra jellemző hormonális változások szinte mind ellentétesen hatnak az inzulínra, még egészséges anyagcseréjű serdülőkben is megfigyelhető az inzulinrezisztencia, cukorbetegéknél ez pedig még fokozottabb.

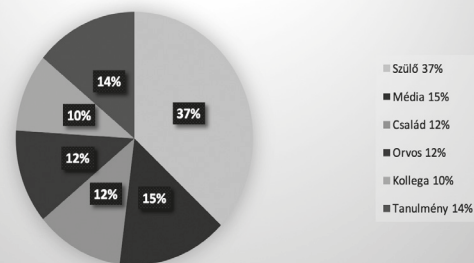
Befolyásolják továbbá a pubertáskort jellemző életmódbeli, magatartásbeli változások, pszichés tényezők is.

A gyermekkori cukorbetegség nehézségei - interjú négy cukorbeteg gyermek édesanyjával

A gyermekkori cukorbetegség számos nehézséget hoz magával. Erről beszélgettem a környezetemben élő cukorbeteg gyermekek szüleivel.

A gyermekdiabetológia legnagyobb kihívását talán a serdülőkorú betegek gondozása jelenti. Ez a kor a rohamos testi változások mellett a sajátos lelki történések időszeke is. Ekkor merülnek fel a

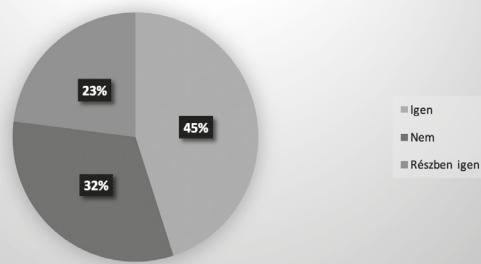
Ki adott információt a cukorbetegségről, és annak kezeléséről?



gyermekekben a miértek. Miért épp ő beteg? Miért beteg egyáltalán? Miért kell betartania a szabályokat? Ha ebben a korban válik valaki cukorbeteggé, az még nagyobb kihívást jelent a beteg, az orvos és a szülő számára is. A megkérdezett szülők között is volt, aki rengeteget küzdött serdülőkorú gyermeke megóvása érdekében. Véleményem szerint ebben jelentős szerepet játszik a gyermek környezete és személyisége.

A gyermek betegsége egy családban nehéz helyzetet jelent, és gyökeresen megváltoztatja a család életét. A szülőkre nagy felelősség hárul, mert a gyermek egészségi és lelki szempontból is fokozott figyelmet igényel. Amikor szembesülnek a gyermek betegségével, kezdetben legtöbbször kételkednek, amit a reménytelenség, a félelem érzése követ. A kétség-

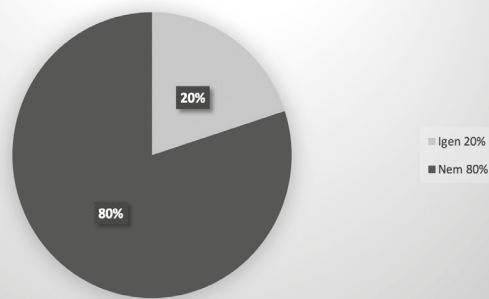
Tisztában van-e a vércukormérő használatával?



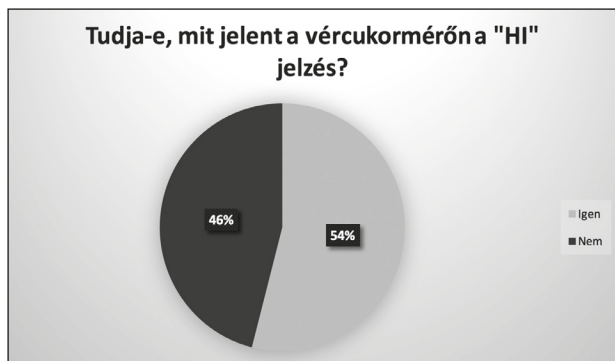
kozott étvágy ellenére mégis testsúlycsökkenés tapasztalható, mivel a glükóz nem tud beépülni a szervezetbe. Glükóz hiányában a sejtek „éheznek”, a szervezet zsírokat éget el, miközben ketonok képződnek. A ketonok a vért túl savassá teszik, ami ketoacidózist eredményezhet és fáradtságot, hányingert, hasi fájdalmat, acetonszagú levelet okozhat, sőt eszméletvesztéshez is vezethet.

Cukorbetegség gyanúját kelthetik az ismeretlen eredetű gyulladások, a gyakori fertőzések, a nehezen gyógyuló sebek is. A vízvesztés miatt gyengeség, fáradékonyság lép fel, a szemlencse víztartalmának csökkenése miatt pedig gyakran látási problémák jelentkeznek. Egyértelmű jele a

Elegendőnek tartja-e a kapott tájékoztatást?



Tudja-e, mit jelent a vércukormérőn a "HI" jelzés?



beesés, a tanácstalanság mellett enyhülést a gondozást igénylő gyermek ellátása hoz. Elfogadják a helyzetet, de még nem őszintén. Kiutat, gyakran bűnöst keresnek, természetgyógyászhoz fordulnak segítségért. Amikor ezek kimerülnek, a szülők gyakorlatilag feladják, elfogadják a gyermek betegségét, és azon dolgoznak, hogy a gyermek állapota a lehető legjobb legyen. A legtöbb családban félelmet és aggodalmat váltott ki a gyermek betegsége, amin az évek és az idő múlása sokat segített. Egy bizonyos idő elteltével „természetessé” vált.

A betegség elfogadása a legfontosabb feladat. Meg kell értetni a gyermekkel, hogy kellő odafigyeléssel, folyamatos orvosi ellenőrzéssel teljes értékű életet élhet. Az egyik édesanya most már felnőttnek számító 23 éves fia 14 évesen lett cukorbeteg. Azt gondolta, hogy a kórházban majd meggyógyítják. Kiborult, amikor megtudta, hogy cukorbetegsége kezelhető, de gyógyíthatatlan. Az első otthon töltött nap folyamán megszökött, és a mai napig sem tudja elfogadni betegségét. A többi anyuktól ilyen jellegű elutasításról nem hallottam, viszonylag jól fogadták a gyereket, de mindegyik esetben fiatalabb volt a gyermek a betegség kialakulásakor.

Nagyon fontos a cukorbeteg gyermek és az egészséges testvér közti kapcsolat. A testvérek részéről főleg féltést és odafigyelést tapasztaltak a szülők. Egy szülő tapasztalt féltékenységet, amit a mai napig nem hagyott el az idősebb testvér.

A cukorbeteg gyermek esetében a napirend kötött. Az inzulinadagolásnak és az étkezéseknek megvan a maga üteme. Egy serdülő napirendjével azonban szinte összeegyeztethetetlen a rendszeresség. Ez mind a négy családnál nehézséget jelentett, elmondásuk szerint a betegség kialakulása óta fontossá váltak az étkezések időpontjai. Nehézséget okozhat a gyermekek napi 6–7 iskolai órája és a délutáni elfoglaltságok. A szülők szerint ezzel nincs semmi baj, csak előre kell

tudni róla, és gondoskodni az ételről és az inzulinról.

A sport javasolt a cukorbeteg gyermekek számára is. A testmozgás jótékony hatású, segíti az inzulin hatékony működését, csökkenti a vércukorszintet, azonban kellő figyelmet is igényel a hipoglikémia veszélye miatt. A szülők egyhangúan azon a véleményen voltak, hogy a sport, ha nem is rendszeresen végzik a gyermekek, nagyon fontos. Ha magasabb a vércukorszintjük, de még 15 mmol/l alatt van, jót tesz egy kis mozgás, ha a fölött van, akkor már nem szabad mozogniuk.

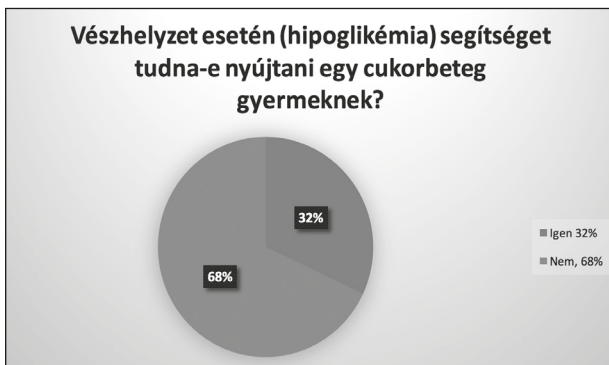
A versenysport nem tiltott, ha az adott sportágban tehetséges a gyermek, de ilyen esetben az edző, a sportorvos és az

léső lisztet használnak. Ha nassolni valóról van szó volt, abból is a diabetikusait veszik meg. Ezek ára sokszor a duplája, mint a hagyományos ételeké.

Mind a négy gyermek tanul még. Az egyikőjük óvodás korában lett cukorbeteg. Egy óvodás korú gyermeknél további nehézséget jelent, hogy saját magára való figyelése életkorilag még nem várható el. Az anyuka elmondása szerint soha semmi gond nem volt, az óvónők nagyon nyitottak és együtt működtek voltak. A kislány csak a délelőtti órákban tartózkodott az óvodában, a délutánt már otthon töltötte. Az iskolába kerülés is problémamentes volt. A többi gyermeknél sem okozott gondot az iskolába való visszahelyezés. Egy esetben a gimnáziumba lépés és az új osztály változásokat hozott, azóta nagyon ingadozó a gyermek vércukorszintje, és magántanulóként folytatja tanulmányait. A többség az iskolai menzán ebédel, ahol kimérik az adagjukat. A szülők véleménye az intézmények hozzáállásával kapcsolatosan egyértelműen pozitív volt. Egybehangzó véleményük az, ha egy intézmény elutasító a cukorbeteg gyermekekkel kapcsolatban, annak oka a félelem és a felügyeletükkel járó túl nagy felelősség.

A szülők véleménye szerint a pedagógusok nem tájékozottak eléggé a cukorbetegséggel kapcsolatban, és nem is kapnak erről kellő tájékoztatást. Ők, miután gyermekükről megállapították a cukorbetegséget, értesítették az osztályfőnököt, és ellátták a legfontosabb tenni- és tudnivalókkal. Fontosnak tartják, hogy egy pedagógus, aki egy cukorbeteg gyermekért felel, tudja, hogy mikor és mit lehet ennie, mikor mérjen vércukorszintet, melyek az alacsony, illetve magas vércukorszint

Vészhelyzet esetén (hipoglikémia) segítséget tudna-e nyújtani egy cukorbeteg gyermeknek?

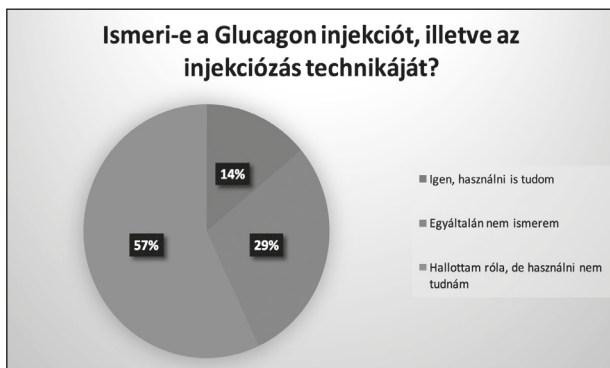


orvos szoros együttműködése szükséges. A szülők és az orvosok egyértelmű véleménye, hogy a rendszeres és intenzív sport nagy odafigyelést követel. A megkérdezettek közül egy szülő gyermeke sportol rendszeresen.

A kislány kézilabdázik, és nem jelentett számára problémát a cukorbetegség.

A cukorbeteg étrend mindenki számára ajánlott, egészséges étrend. A szülőknek és a cukorbeteg gyermeknek ismerniük kell, hogy az adott ételek milyen mértékben emelik a vércukorszintet, így tudják kiszámolni, hogy mennyi inzulint kell beadni. A szülők otthon nem főznek külön a cukorbeteg gyermeknek, az egész család étkezését megreformálták, mondván, ezek az apró változtatások nem ártanak senkinek. Édesítőszt, teljes kiőr-

Ismeri-e a Glucagon injekciót, illetve az injekciózás technikáját?



tünetei és ezeket a helyzeteket hogyan kezelje. Elengedhetetlen, hogy ismerjék a szülők elérhetőségét, hogy vészhelyzet esetén azonnal értesíteni tudják őket. Érdemesnek tartották az osztálytársakat

is kellőképpen tájékoztatni a cukorbetegségről. Ők ezt általában jól fogadták, és segítőkészek voltak.

A gyerekek a kötelező negyedéves vizsgálatok mellett évente járnak szemészhez is. Minden esetben jó kapcsolatot van a kezelőorvossal, ha valamilyen probléma merül fel, bátran hívhatják is. Az orvosi utasításokat 80–90%-ban be is tartják.

Kutatás a pedagógusok tájékozottságával kapcsolatban

Végeztem egy felmérést a csurgói járásban azzal kapcsolatban, hogy az óvodás, általános iskolás és gimnazista korú gyermekek között hány cukorbeteg van. A járásban 2480 gyermek jár valamilyen közoktatási intézménybe. Ebből 576 gyermek középiskolás, közülük egy cukorbeteg. 1398 általános iskolás korú gyermek van, ebből 5 szenved cukorbetegségben. A környék óvodáiba 481 gyermek jár, cukorbeteg nincs közöttük.

Felkerestem azt a két iskolát, ahol cukorbeteg gyermekek tanulnak. Az egyik intézmény a saját iskolám, a Csokonai Vitéz Mihály Református Gimnázium, Általános Iskola és Kollégium, a másik a Csurgói Eötvös József Általános Iskola.

Kérdőív segítségével felmértem a pedagógusok tájékozottságát a betegséggel kapcsolatban. (Lásd a diagramokat az előző oldalakon.)

Minden pedagógus tudott arról, hogy van az intézményben cukorbeteg tanuló, ám a megkérdezettek csupán 70%-a tudta azt is, hogy pontosan hány tanulót érint a betegség. Az őket nem minden esetben érintő problémákkal – hogyan zajlik az étkeztetésük vagy mennyi időt töltenek az iskolában – nincsenek teljesen tisztában. Többségük ismeri a cukorbetegség lényegét. Szinte teljesen egyhangúan azt nyilatkozták, hogy

tanulmányaik során nem kaptak semmiféle felkészítést az ilyen esetekre. A pedagógusok 37%-a nyilatkozta azt, hogy kapott a szülőtől tájékoztatást, ezt azonban csak 20%-a vélte elegendőnek. A vércukormérő használatát és jelzéseit a megkérdezettek 45%-a ismeri, 23%-a csak részben (5. ábra). A „HI” jelzés jelentésével a tanárok több mint fele tisztában van. A megkérdezett pedagógusok 35%-a tudja, milyen tüneteknél lehet a cukorbetegsége gyanakodni. A hipoglikémia és hiperglikémia tüneteit a pedagógusok a legtöbb esetben ismerik. A leggyakrabban megemlített tünet a hipoglikémiára a remegés, rossz közérzet és a verejtékezés, míg a hiperglikémiánál a szomjúság és a fáradtság volt. A tanárok 32%-a érzi úgy, hogy vészes esetben segítséget tudna nyújtani egy cukorbeteg gyermeknek. A válaszadók többsége orvost vagy mentőt hívna. A Glucagon injekciót a megkérdezettek 14%-a ismeri és tudja is használni. Egy cukorbeteg gyermek felügyeletét a pedagógusok többségéből félelem vált ki. Véleményük szerint a félelem, a tájékoztatatlanság, a felkészületlenség a leggyakoribb oka annak, ha egy intézmény elutasító egy cukorbeteg gyermekkel szemben.

Összegzés

„Az félelmetes, ami ismeretlen” – a kutatás során tapasztaltak alátámasztották ezt. A pedagógusok nem kapnak megfelelő tájékoztatást a cukorbetegséggel kapcsolatban. Ha a szükséges ismeretek a birtokukban lennének, a bizonytalanságokból származó félelem kiküszöbölhető lenne. Elindultak olyan folyamatok, amelyek éppen ezt célozzák meg. Az Egy Csepp Figyelem nevű alapítvány 2013-ban egy programot hirdetett Beleválók néven, ahol az óvodapedagógusoknak félnapos ingyenes továbbképzést tartanak a cukorbeteg-

ségről. Egyre szélesebb körben végzik ezt. Mivel egyre nő a cukorbeteg gyermekek száma, szükségszerű lenne, hogy a Beleválókhoz hasonló kezdeményezések induljanak, és hivatalosan is képezzenek mindazokat, akik cukorbeteg gyermekekkel foglalkozhatnak.

A szerző az Orvostudomány kategória harmadik díjasa.

Irodalom

- Békefi Dezső: Gyermekkori diabétesz: Tanácsok szülőknek és gyermekeknek. Bp.: SpringMed, 2007.
- Fővényi József - Soltész Gyula: Inzulinnal kezelték kézikönyve. Bp.: SpringMed, 2009.
- Gál Béla Biológia 11. Szeged: Mozaik Kiadó, 2005.
- Beleválók: Az Egy Csepp Figyelem Alapítvány ingyenes diabétesz oktatóprogramja pedagógusoknak. <http://www.egycseppfigyelem.hu/programjaink/bevalok>. Utolsó letöltés: 2016. okt. 15.
- Gyermekkori cukorbetegség. <http://www.cukorbetegseg-inzulin.hu/cukorbetegseg-fajtai/gyermekkori-cukorbetegseg> Utolsó letöltés: 2016. szept. 10.
- Cukorbetegség tünetei és kezelése. <http://www.hazipatika.com/betegsegek-a-z/cukorbetegseg/73>
- Utolsó letöltés: 2016. szept. 26.
- Magyar Dietetikusok Országos Szövetsége hivatalos honlapja (MDOSZ)<http://www.mdosz.hu>
- Utolsó letöltés: 2016. okt. 11.
- A hasnyálmirigy. https://www.mozaweb.hu/Lecke-BIO-Biologia_11-A_pajzsmirigy_a_mellekvese_es_a_hasnyalmirigy-102541
- Utolsó letöltés: 2016. szept. 16.
- A cukorbetegség története. <http://www.hasnyalmirigy.coldal.hu/cikkek/a-betegseg-tortenete.html>

A VÍZ MINT KÖRNYEZETI TÉNYEZŐ

Vízszennyezés laboratóriumi vizsgálata

ZSIBÓK MARCELL

Csongrádi Batsányi János Gimnázium, Szakgimnázium és Kollégium

A víz a Föld felületén megtalálható egyik leggyakoribb anyag, a földi élet alapja. Biológiai jelentősége óriási, a földi élet elképzelhetetlen nélküle, a sejt- és testnedvek legnagyobb részét víz alkotja. A vér ozmózisnyomásának normál szinten tartásában is jelentős szerepe van.

A Föld felületének 71%-át víz borítja, ennek kb. 2,5%-a édesvíz, a többi sós víz, ami az óceánokat és a tengereket alkotja.

Manapság a vízszennyezés miatt drasztikusan csökken a Föld ivóvízkészlete, ezért korunk egyik nagy problémája az ivóvízhiány. Egyes elemzések szerint 2016-ban a mezőgazdasági tevékenység felelős a globális vízfogyasztás mintegy 80 százalékáért.

„Vízszennyezés minden olyan, a víz fizikai, kémiai, biológiai, bakteriológiai, illetve radiológiai tulajdonságában – el-

sősorban emberi tevékenység hatására – bekövetkező változás, melynek következtében a víz emberi használatra, illetve a természetes vízi élet számára való alkalmassága csökken vagy megszűnik, illetve alkalmasság tétele költséges vagy nem gazdaságos.”

„Vízszennyezést okoz minden olyan anyag megjelenése a vízben, amely károsan befolyásolja a természetes víz emberi

A Föld vízháztartása

Földünk teljes vízkészlete: 1,64 milliárd km³



72.1. A Föld vízkészletének %-os megoszlása

A Föld vízháztartása

fogyasztásra, illetve korlátozza vagy lehetetlenné teszi a vízi élet számára való alkalmazását.”

A vízszennyeződést a környezetvédelmi törvényben megfogalmazott alapelvek szerint meg kell előzni, csökkenteni kell, vagy helyre kell állítani, amennyiben erre van még lehetőség. Mindezt az emberiség, egy-egy ország társadalma a felelős, ami csak nemzetközi összefogással érhet célt.

Emiatt az ivóvizek minőségét is folyamatosan ellenőrizni kell. A közfogyasztású ivóvizek vizsgálatát és ellenőrzését Magyarországon az Országos Közegészségügyi Intézet, valamint a helyi Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat (ANTSZ) végzik.

Globális környezeti problémák

Mindannyiunk számára nyilvánvaló, hogy a víz, a levegő, a talaj az emberi élethez nélkülözhetetlen források. Ezek hosszú idő alatt alakultak ki és megújulásra képesek. A bioszféra és ezek az alapvető tényezők mindaddig egyensúlyban is voltak, amíg az ember el nem kezdte szennyezni környezetét. Ily módon veszélybe került az évmilliókig fennmaradt egyensúly a vízben, a levegőben és a talajban. Ezek a problémák az egész Földön jelen vannak, globálisak, ezért a megoldásuk is csak nemzetközi összefogással lehetséges.

Egyes előrejelzések szerint bizonyos területeken komoly vízhiánnyal kell számolni a harmadik évezred elején. Az utóbbi 50 évben az 1 főre jutó jó minőségű édesvíz mennyisége egyharmadára csökkent. Ezért a Földön összefogásra van szükség, ugyanis ezt a problémát egyik ország sem tudja megoldani önmagától. Sokszor rendeztek emiatt klímakonfe-



Vízszennyezés

- Az esővíz szennyeződik a különböző káros anyagok, nitrogén-oxidok (nitrogén-monoxid és nitrogén-dioxid), kén-dioxid levegőbe jutásával. Ezen anyagok bejutnak

renciákat a közelmúltban, például legutóbb Párizsban.

A Párizsi Konferencia legfontosabb ígéretei:

- Az aláíró államok vállalták, hogy 2100-ig 2 Celsius-fok alatt tartják az átlaghőmérséklet-emelkedést, illetve elkötelezettségüket rögzítették, hogy lehetőség szerint 1,5 Celsius-fok alá csökkentik ezt az értéket.

- Távlati célként a résztvevők ki-tűzték, hogy 2050 utánra kerüljön egyensúlyba az emberiség által kibocsátott szén-dioxid mennyisége a Föld bioszférájának természetes abszorpciós kapacitásával, tehát egy tulajdonképpen üvegházhatású gázsemlegesség jöjjön létre.

- Okot ad az optimizmusra, hogy 2050-re már valóban főként megújuló és új technológiák révén előállított energiaforrások fedezik majd az emberiség energiaszükségleteit.

A vízszennyezés forrásai:

- Szennyeződik a víz a háztartási hulladékok vízbe öntésével.
- Mérgező fémvegyületek is vízbe juthatnak, és ezzel komoly károsodást okozhatnak.
- Nagyon jelentős károkat okozhat az olajszennyezés.
- A vizek jelentős szennyezői a gyárak.

az esővízbe, csapadékként lehullnak, és bekerülnek a talajba, folyókba, tengerekbe.

- A víz felszínén lévő különböző hulladékok

Sajnos láthatjuk, hogy az emberiség nem figyel eléggé a víz minőségére, a víz védelmére és sok helyen a vízszennyezés mértéke elég magas. Emiatt sok élőlény elpusztul vagy elvándorol más vizekre. Mivel csökken az élőlények száma, vagy a ragadozó és a zsákmány aránya megváltozik, csökken a biodiverzitás, ami további ökológiai problémákhoz vezet.

A biológiai sokféleséget számos tényező veszélyezteti. Ezek között vannak természetes okok is. Emberi tevékenység által kiváltott okok között említendő meg az élőhelyek el-



Olajszennyezés hatása az állatvilágra

pusztítása, amely lehet erdőirtás, beépítés, mezőgazdasági termelésbe való bevonás, vagy különféle ipari tevékenységek, valamint az élelemszerzés miatt. A bolygó erőforrásainak folyamatos és egyre intenzívebb kihasználása az elmúlt 115 év során mintegy 400 gerinces faj kihalásához vezetett. A kutatók szerint azonnali és intenzív természetvédelmi programok indítására van szükség az élővilág sokszínűségének megőrzése érdekében.

A víz mint környezeti tényező

A víz az élőlények számára az egyik legfontosabb élőhely, az élet is a tengerben keletkezett. A növény- és állatfajok egy része sokszor csak szűk víz hőmérsékleti határok között fordulnak elő.

A víz az állatpopulációk elterjedése szempontjából is fontos. Aszerint, hogy milyen körülményekhez kötődik az állat, megkülönböztetünk vízben, párában és száraz környezetben élő állatokat.

A vizek állat- és növényvilága rendkívül gazdag, és ennek nagy része még felfedezésre vár, ugyanis némely állat akár több kilométer mélyen is képes az életre, amit a tudósok még manapság is nehezen értenek el. Ebből az következik, hogy rengeteg felfedezni való „dolog” vár ránk, s a jövő-

ben az óceánok és a tengerek élővilágának még gazdagabb, változatosabb képe tárulhat elénk, mint napjainkban.

De a legfontosabb „környezeti kincs” az esővíz, hiszen ivóvíznek is lehet használni. A Föld édesvízkészletére nagyon figyelniük kell mert a vízkészletnek igen kevés százaléka (2–3%). A tenger és óceán vizeket csak költséges módon lehet ivóvízzé átalakítani. A Föld édesvízkészletének körülbelül 20%-a a Bajkál-tóban található, ami a legmélyebb tó a világon.

Egy régi indián mondás nagyon jól tükrözi a globális problémák megoldásának legfőbb célját, illetve megmutatja nekünk, mennyire fontos dologról is van szó. „A Földet nem nagyapáinktól örököltük, hanem unokáinktól kaptuk kölcsön”

Vizsgálatok a laboratóriumban

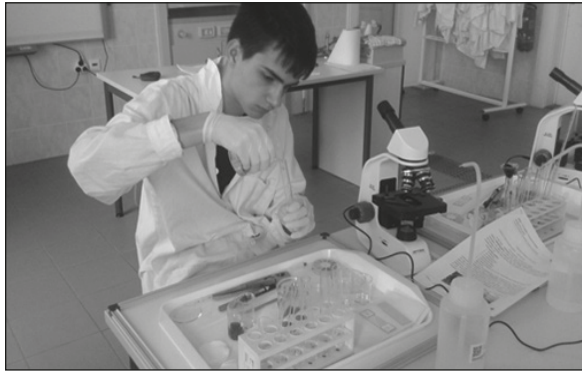
A cikkemben azokat a kísérleteket szeretném bemutatni, amelyeket 2016-ban többször is elvégezhettem az iskolai órákon a természet-tudományos diáklaboratóriumban, és nagyon hasznosnak találtam, ugyanis mindent meg tudtam vizsgálni számomra megfelelő eredményekkel.

Először megvizsgáltam a természetben (csongrádi Holt-Tisza) gyűjtött vízminta legjelentősebb fizikai tulajdonságait. A színe átlátszó volt, szagtalan, a hőmérséklete analóg hőmérővel mérve szobahőmérsékletű volt, kb. 26°. Ezekből az eredményekből arra következtettem, hogy a vízmintám jelentősen nem lehet szennyezett.

A kémiai tulajdonságai közül a pH-ját mértem meg univerzális indikátorral. 8-as értéket mutatott, ami az enyhén lúgos kategóriába tartozik, azaz megfelel a vizes élőhelyek pH-jának, erősebb szennyezésre ez sem utalt.

A vizsgálataimat a vízmintámban található élőlények vizsgálatával zártam. Fénymikroszkóp alatt a 4-szeres és a 10-szeres nagyítású objektívvel nézve minden tökéletesen látható volt, a vízben élő apró élőlények közül felismertem például a zöld szemes ostorost, a papucsállatkát, a fonalas zöldmószatot vagy az óriásamóbát.

Eredményeim alapján arra a megállapításra jutottam, hogy az



Vízminta szétosztása kémcsövekbe



A vízminta hőmérsékletének mérése



A vízminta pH-jának meghatározása



A talajszennyezés (növényvédő szerek által) modellezése

általam vizsgált természetes víz nem szennyezett, hiszen a fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságai megfelelőek voltak.

Vízszennyezés modellezése

A laboratóriumban modelleztem a talajvíz szennyeződését, majd a madártoll olajszennyeződését.

Talajvíz szennyeződésének vizsgálata

Vattát helyeztem egy kémcső üvegtölcsérbe és fölé talajt rétegeztem 1–2 cm vastagságban. Majd kálium-permanganátot szórtam a talaj fölé, majd óvatosan vizet öntöttem rá. Ezzel modelleztem, hogy a mezőgazdasági munkák során nagyon sok helyen vegyszert használnak (például kálium-permanganát) és az esőzések alatt (víz ráöntése) a talajba kerül akár a mélyebb rétegekbe.

A Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program a mezőgazdasági tevékenységek környezetszennyezésének csökkentésére kíván megoldást adni. A fenntartható mezőgazdasági fejlesztés egyik alapelve a természeti erőforrások hosszú távú védelmének biztosítása. Szakértők szerint ellenkező esetben romlani fog a magyar mezőgazdasági és élelmiszeripari termékek piaci pozíciója.

Az agrár-környezetvédelem az alábbi két fő területre összpontosul:

- a természeti erőforrások védelmére
- a fogyasztásra, illetve felhasználásra kerülő termékek minőségbiztosítására, szennyező anyagoktól való mentességére, az élelmiszerbiztonság fokozására.

Olajszennyezés madártollakra gyakorolt hatásának vizsgálata

A kísérlet során először csipeszszel belemártottam egy madártollat a vízmintába. Látható volt, hogy a toll vizes lesz, de a rajta lévő lipidnek köszönhetően leperog róla a víz. Miután megszárad ismét használhatóvá válik a vízmadarak számára.

Másodszor csipeszszel egy másik madártollat étolajba (egy másik tollat a gázolajba) mártottam. Kis idő elteltével kivettem, és láttam, hogy a toll magába szívta az étolajat (gázolajat). Belemártottam vízbe, hogy lemossam a szennyeződést, de nagyon nehezen ment és nem is sikerült.



A madártoll olajszenyveződésének vizsgálata

Ebből is látszik, hogy az olajkatasztrófák rendkívül veszélyesek a vízi élőlényekre pl. a pingvinekre.

Dél-Afrikában történt egyszer egy hatalmas olajszenyveződés, ami miatt rengeteg pápaszemes pingvin került veszélybe és emiatt akkor rengeteg környezetvédő odautazott, hogy segítsen nekik.

Az olajszenyveződésnél alapvetően az a probléma, hogy az olaj a víz felszínén úszik, így elzárja a napfényt és gátolja a vízben élő élőlények gázcserejét. Ez történt például Alaszka partjainál az Exxon Valdez katasztrófája miatt 1989-ben, ahol kb. 15 000 km² területű vízfelszín szennyezett az olaj.

Történt olyan hajóbaleset a francia partoknál, hogy egy Dél-Amerikából érkező hajó meghiúsodott, megdőlt és irányíthatatlanná vált. A legénységet kimenekítették, de a több ezer liter üzemanyag még a tartályban volt és félő volt, hogy kijut a víz felszínére. Többszöri próbálkozásra sikerült a

spanyol partokhoz vonatni és nem történt katasztrófa.

A Tisza és a Duna szennyezése

A Tisza a Duna leghosszabb mellékfolyója, Közép-Európa legfontosabb folyóinak egyike. E folyó képez határvonalat Bácska és Bánát között, mielőtt a Vajdaság közepén, Titelnél a Dunába ömlik. Magyarországi szakasza 597 km hosszú. Az eddigi legnagyobb vízszennyezés a

2000. évi cianid és nehézfémek által okozott szennyeződés, amelynek forrása Romániában volt, s nem ismerve országhatárokat, tovaterjedve egészen a Dunáig, illetve a Fekete-tengerig, sok esetben visszafordíthatatlan károkat okozott az élővilágban.

A Duna a második leghosszabb folyó Európában (a Volga után). A Duna nemzetközi folyó; 10 országon halad át, vízgyűjtő területe pedig 7 további országot érint. Napjainkban fontos nemzetközi hajóút.

A bős–nagyvarosi vízlépcső (BNV) – hivatalosan Gabčíkovo–nagyvarosi Vízlépcsőrendszer – létesítésének célja az energiatermelés, a hajózhatóság biztosítása, az árvízvédelem és területfejlesztés volt. A bösi erőmű első ütemét 1986-ban, a nagyvarosi erőmű utolsó egységét pedig 1990-ben kellett volna üzembe helyezni. Eredeti formájában végül sosem valósult meg, mivel a magyar kormány a környezetvédők és civilek tiltakozásának hatására 1989-ben leállította a magyar ol-

dalon az építkezéseket, 1992 májusában pedig felbontotta a szerződést az (akkor még) csehszlovák féllel. Az ügyben a két ország a hágai Nemzetközi Bírósághoz fordult, amely végül 1997-ben mindkét felet elmarasztalta. Ez az eset is példázata, hogy a környezetszennyezésért és a környezetvédelemért a nemzetek együttesen felelősek.

Összegzés

Az emberiség egyik legnagyobb kihívása a jövőre nézve, hogy megvédje ivóvízkészleteit, például nem szennyezi a partokat a városok környékén (Rio de Janeiro-i környezetvédelmi világkonferencia), és megőrizni a vizekben lévő faji sokszínűséget.

Nagyon örülök, hogy részt tudok venni ebben a pályázatban, illetve hogy a kutatómunkám során jobban megismerhettem a vízszennyezés globális problémáját és a vízvédelem globális lehetőségeit.

Irodalom

- <https://hu.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADzv%C3%ADzszennyez%C3%A9s>
[https://hu.wikipedia.org/wiki/Lokaliz%C3%A1ci%C3%B3_\(v%C3%ADzv%C3%A9delem\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Lokaliz%C3%A1ci%C3%B3_(v%C3%ADzv%C3%A9delem))
<http://www.nyf.hu/others/html/kornyezettud/mm/tdk/Hatas.htm>
<https://hu.wikipedia.org/wiki/Biodiverzit%C3%A1s>
<http://erettsegi.com/tetelek/biologia/a-viz-mint-kornyezeti-tenyezo/>
<https://hu.wikipedia.org/wiki/Tisza>
<https://hu.wikipedia.org/wiki/Duna>
https://hu.wikipedia.org/wiki/B%C5%91s%26%80%93nagyvarosi_v%C3%ADzle%C3%A9pcs%C5%91

A szem evolúciójának vizsgálata bioinformatikai adatbázisok segítségével

GYÖRGY ATTILA TAMÁS–PÁLOSI RÉKA
 Bolyai Farkas Elméleti Liceum, Marosvásárhely, Románia

„Nagyon elgondolkodtató az a gondolat, hogy a parányi változások sok sok lépésben halmozódnak; ezzel egyébként megmagyarázhatatlan dolgok óriási halmazát magyarázhatjuk meg”

Richard Dawkins: A vak órásmester

Charles Darwin fogalmazta meg azt az elméletet, mely szerint az élő szervezetek evolúciója véletlenszerű változatosságon és természetes kiválasztódáson alapul. Jacques Monod

40 évvel ezelőtt kiadott könyvében, az *Esély és szükségességben*, bemutatta téziséit, miszerint a bioszféra evolúciója kiszámíthatatlan. A legújabb kutatások a szem evolúciójával kapcsolatban

igazolják mindkét tézist. Megerősítik Darwin feltételezését az egyszerű szem prototípusát illetően és határozott alapot nyújtanak a különböző szemtípusok monofiletikus eredetéhez. Figyelembe

véve a génszabályozó hálózatokat meg-alapozó komplexitást, a kiszámíthatatlanság is nyilvánvaló.[1]

Dolgozatunk céljával a szem kialakulásának szabályozásában résztvevő Pax6 gén és fehérje, valamint a retina fényérzékeny anyagainak kialakulásában résztvevő gének és opszin fehérjék összehasonlító bioinformatikai analizisét tűztük ki. Míg a szem anatómiájának és fotoreceptor sejttípusainak morfológiai összehasonlítása arra következtetett, hogy az állatok szeme többszörösen függetlenül fejlődött, a szemet meghatározó PAX6 gén molekuláris konzervációja az ellenkezőket mutatta, és pedig, hogy az állati szem egyetlen közös, egyszerű elődből alakult ki. A szemben, a különböző típusú fotoreceptor sejteknek, valamint a pigmenteknek és a lencseselteknek mind szükségük van különböző kombinációjú transzkripciós faktorokra, amelyek szabályozzák a sajátos differenciálódási programjukat. Ilyen transzkripciós faktornak bizonyul a PAX6 fehérje.

A szem kialakulása a gerinces állatokban

A gerinces állatokra jellemző szemgolyó hasonló képződési elven működik, mint egy fényképezőgép: egy lencsén keresztül gyűjti be a fénysugarakat és a szem hátsó részén hoz létre egy fordított, kicsinyített képet. A gerincesek szemfejlődése három nagy fázisra osztható.

Az első fázis a szemmező kialakulása, amely egy időben történik azzal a folyamattal, amely során az ektodermális csiralemez egyik része elkülönül, létrehozva az ún. neuroektodermát, amelyből később az idegrendszer jön létre. Az egybeesés egyáltalán nem véletlen, hiszen a gerincesek szeme az előagy kitüremkedése. [2]

A szemmező a neuroektoderma legelején alakul ki és a legelső gének egyike, ami ezen a területen kifejezésre kerül az a PAX6 gén, amely az élővilágban univerzálisan a szem kialakulásáért felel.[2]

A fejlődés második fázisa a neurulációt követően következik be. Ez utóbbi az a folyamat, amelynek során a neuroektoderma, ami eddig lényegében egy sima lemez, csővé (ún. velőcsővé) hajlik össze és besüllyed a leendő kültakaró alá. Ekkor a velőcső legelején, amely az előagyat hozza majd létre, két oldalt kidudorodások jelennek meg, a *szemhólyagok*. Mindeközben a szemhólyag oldalsó sejtjei továbbra is termelik a Pax6-ot. Ezek a PAX6⁺ sejtek hozzák létre később a retinát, a szemserleg őket körülvevő (külső) sejtjei pedig pigmentsejteké válnak. [2]

A harmadik fázis magának a *retinának* a létrejötté. Az előbb említett Pax6⁺ sejtek osztódásai során jön létre egy jellegzetes, ötrétegű szövet: legfelül helyezkednek el a fényérzékelést végző fotoreceptorok (csapok és pálcikák), kifelé pedig egymás után a horizontális sejtek, bipolaris sejtek, amacrin sejtek és végül a retinális ganglion sejtek. [2]

A PAX6 géncsalád és fehérje

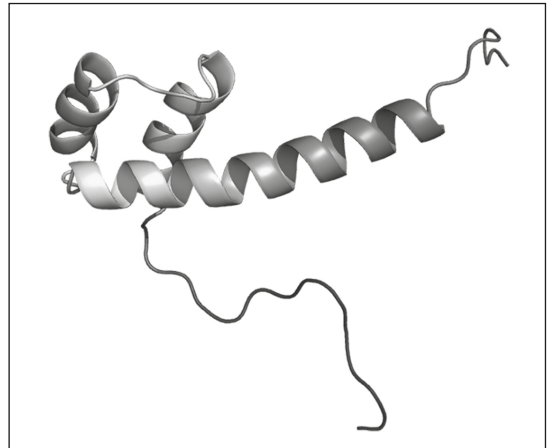
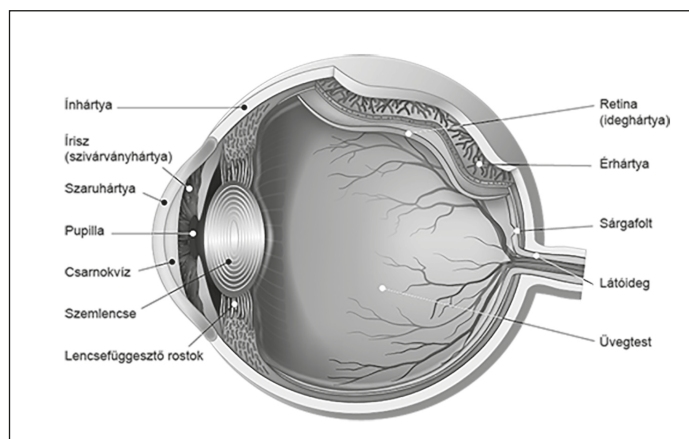
A PAX6 gén családjába tartozó gének kritikus szerepet játszanak a szövetek és szervek kialakulásában az embrionális fejlődés során. A PAX géncsalád tagjai fontos szerepet játszanak bizonyos sejtek normális működésének fenntartásához születés után.

Ahhoz, hogy elvégezzék ezeket a szerepeket, a PAX gének szabályozzák a fehérjék képződését, bizonyos területeken aktiválva a DNS-t, elősegítve a génextpressziót. Ennek alapján a PAX fehérjéket transzkripciós faktoroknak tekintjük. [3]

A fényérzékeny fehérjék

Az opszin a fotoreceptor sejtekben megtalálható fehérje, mely egy 7 egységből álló transzmembrán opszin. Az opszinnak több fajtája ismeretes mára, ezekből kilencet sorolnánk fel a következőkben. A 4 opszin típus közül a csapsejtekre jellemző opszinok a különböző hullámhosszúságú fényre érzékenyek. Ezek az egyes, illetve kettes típusú opszinok: az első a nagy hullámhosszú fényre érzékeny opszin, melynek gén kódja OPN1LW, a második és harmadik típus a közepes hullámhosszúságú fényre érzékenyek, génkódjuk pedig az OPN1MW és OPN1MW2, végül

A szem felépítése



A PAX6 gén szerkezete

pedig a rövid hullámhosszúságú fényre érzékeny opszin, melynek génkódja OPN1SW. Továbbá van az encefalopszin, egy extraretinális opszin, mely az agyban található, ez a 3-as típusú, kódja OPN3. Egy másik fajtája a melanopszin, mely 4-es típusú, kódja OPN4, a hetedik típus a neuropszin, kódja OPN5, a nyolcadik egy olyan opszin, mely egy G fehérjével és retinállal kapcsolódik, kódja RGR, az utolsó pedig a rodopszin, mely a csapsejtekben található, kódja RHO. [4]

DNS-szekvencia evolúció

Egy adott gén DNS-szekvenciáiban megmutatózó különbségek egy ősi szekvencia divergens evolúciójának következményei, ahol az evolúciós változás mutációs eseményeket és a mutációk elterjedését jelenti. Mutáció alatt most a pontmutációt értjük, amely így egy szekvencia pozícióhoz rendelhető. Az evolúciós változás előfeltétele a változatosság, vagyis egyes szekvencia pozíciók polimorfizmusa a populációban.[5] Egymástól függetlenül különböző pontmutációk jelennek meg és terjednek el a leszármazási sorokban egy közös ősből kiindulva. A fiatalabb közös ő (vagyis rövidebb divergencia idő) itt nagyobb szekvencia hasonlóságot jelent.

Szekvencia hasonlóság és illesztés

A különböző fajokban az egymásnak megfelelő szekvencia pozíció azt jelenti, hogy azok a közös ő szekvenciája egy adott pozíciójából származnak, így a pozíció polimorfizmusa egy karakter válto-

zatosságának felel meg, illetve a karakter állapotok egymással homológok. [5] A szekvencia illesztés során az azonos eredetű pozíciókat rendezzük úgy, hogy a szekvencia hasonlóság maximális legyen. Az illesztés hézagok (gap) beiktatásával történik, ahol a hézag egy vagy több pozíció kiesésének (deléciójának) vagy beépülésének (inszerció) felel meg. [5]

Vizsgálataink során többszörös illesztést is végeztünk, amely több szekvencia egyidejű összehasonlítását jelenti, vagyis egyidejűleg több szekvenciára maximalizáltuk a hasonlóságot, nem páronként.

Az illesztett szekvenciák információt hordoznak az evolúciós történetről, amely felhasználható a leszármazási kapcsolatok becslésére. Nagyobb mértékű hasonlóság későbbi divergenciára utalhat. Evolúciós vizsgálatokban azonban nem a hasonlóság, hanem az az eltérés, a divergencia lesz érdekes a számunkra, amelyre a hasonlóságból következtetünk. Vagyis először is a szekvencia hasonlóságból távolságot kell képeznünk, amely segítségével az eltérések mértékét mennyiségileg jellemezzük. [5]

Az általunk vizsgált PAX gén esetében szelekciós nyomás érvényesül, hiszen egyes változások a gén funkciójában is változásokat okoztak, amely pozitív vagy negatív irányba befolyásolták a hordozó rátermettségét – azaz túlélési és utód-létrehozatali paramétereit.

Minden olyan gén, amelyben bekövetkező változások a hordozó fitnessében is változást eredményeznek, pozitív vagy negatív irányban (avagy: „jobbá” teszik, vagy csökkentik túlélő/utódképző képességét) szelekciónak alávetettek. Ha egy génben bekövetkező változás nem rendelkezik ilyen következménnyel, akkor genetikai sodródásról (neutrális következmény) beszélhetünk.

A filogenetikai fa

A filogenetika a leszármazások és rokon kapcsolatok, vagyis az élő szervezetekben bekövetkező változás egy modellje. A történetet szemléltető fa egy ága egy leszármazási sornak felel meg, egy csomópont pedig két leszármazási sor elkülönülésére, divergenciájára utal. Amennyiben a fa fajok csoportjának leszármazási viszonyait ábrázolja, a csomópontok a közös őseiket jelentik, így a divergencia egyben fajképződést is jelent. [5] A filogenetikai fák közül két típust készítettünk: kladogramot, amely esetében az ágak hossza nem informatív a változás mértékére, csak a változás tényére utal, valamint additív filogenetikai fát (filogramot), amelyben az ágak hossza a változás mértékét szemlélteti. [5]

A PAX6 géncsalád és fehérje bioinformatikai vizsgálata

A PAX6 génről, valamint fehérjéről információt szerezhetünk a biológiai adatbázisok segítségével. Ezek az adatbázisok összegyűjtik és raktározzák a génekről és fehérjékről szóló információkat (szekvenciák, felépítésük, feldolgozási lehetőségek), olyan emberi betegségekről, amelyeknek ismertek genetikai okai, ezeknek szakirodalmáról stb. Sok adatbázis, amely a világhálón elérhető, lehetővé tesz úgynevezett kérdező, feldolgozó felületeket: ezek speciális weboldalak, amelyeken kereshetünk és összekapcsolhatjuk a találatokat. Egy szöveges keresésben, ha beírunk egy megnevezést, az össze lesz hasonlítva az adatbázis szövegtartalmaival.

Mi a zebrahal PAX6 fehérjéjét tanulmányoztuk, amely részt vesz a szem fejlődésében. Követve ezt a fehérjét a világhálón megtalálhatjuk a Pax6 fehérjének emberi megfelelőjét, információkat találunk ennek szerepéről, felépítéséről, sejten belüli elhelyezkedéséről és a molekuláris alapjait azoknak a betegségeknek, amelyek ezen szekvencia mutációihoz kapcsolódnak.

A PAX6 fehérje összehasonlítása különböző szekvenciákkal a BLAST feldolgozást alkalmazva

Célunk érdekében fehérje-fehérje szekvencia illesztést (BLAST-ot) alkalmaztunk. Ezt a SwissProt adatbázisban végeztük el a PAX6 fehérje szekvenciáit használva.

A PAX6 szekvencia összehasonlítható különböző fehérje szekvenciákkal több adatbázisban. Lehetőségünk van korlátozni a szekvencia illesztést jellemző vagy jellemzők kombinációjára. Ez szűkíteni fogja a keresést az adatbázis egy rész-halmazára: csak a kifejezésre vonatkozó eredményeket fogja keresni. Ha a Minden szervezetről a Homo sapiens (ORGN)-re váltunk, korlátozzuk a keresést emberi fehérjékre. A BLAST eredményeképpen megjelenő ablakban megtudjuk, hogy a fehérje 437 aminosav hosszú, ha grafikusán elemezzük, látjuk, hogy két konzervált része volt felkutatva a PAX6 fehérjének.

A BIT pontszám és az E érték a kiemelt elemekből van kiszámolva. Alapvetően a magasabb BIT pontszám jelöli a nagyobb hasonlóságot a két szekvencia között. Az alacsonyabb E érték, vagy a 0-hoz közelebbi a jelentősebb társítást.

Az emberi PAX6 áll a legközelebbi a zebrahal fehérjéjéhez. Ennek volt a legmagasabb BIT száma (713 BITS), 422 aminosav hosszú és a gén azonosítója: gi 6174889. A két szekvencia 84%-ban azonos (422 aminosavból 358 azonos). Az E érték 0,0. Ez azt jelenti, hogy a két szekvencia ortológ. Két gén vagy fehérje

ortológ, ha két különböző fajban találhatóak, és egy közös ősből származnak, mely a két faj közös őseben volt jelen.

A SwissProt adatbázis, a PAX6 fehérje további elemzése

A <http://www.uniprot.org/uniprot/P26367?sort=score> link felkeresésével folytattuk a PAX6 fehérje vizsgálatát. Beléptünk a SwissProt-Protein és TrEMBL adatbázisokba, amelyek a Svájci Bioinformatikai Intézet (SIB) az ExPASy proteomikai szerveréhez tartoznak.

Keresésünk eredményeit a SwissProt NiceProt View-ra kattintva találtuk meg. Ez az oldal további információkat tartalmaz a fehérjéről. Megtudtuk, hogy a PAX6 fehérje jelen van a szemben, agyban, gerincvelőben és szaglószeri hámszövetben a magzati fejlődés alatt, kilenc betegség kapcsolódik a PAX6 fehérje meghibásodásaihoz, a szemet vagy a látóideget érintve.

A PAX6 egy transzkripció faktor, helye a sejtmagban van. A Ref(2) bemutatja a genom felépítését, evolúciós fennmaradását és mutációit a PAX6 emberi génben.

A fényérzékeny pigmentek evolúciójának bioinformatikai vizsgálata

Az opszinok makromolekuláris családjának a fehérjével folytatott vizsgálatunk, remélve, hogy a bioinformatikai feldolgozás segíthet információt találni ezek biokémiai tulajdonságaival és evolúciós múltjával kapcsolatban. Erre a célra egy többszörös szekvencia illesztést hoztunk létre. Ez azt jelenti, hogy számos aminosav szekvenciát használtunk fel, melyeket úgy illesztettünk, hogy a hasonló maradványok mindig egymás alatt legyenek. Az EMBL-EBI MUSCLE illesztő eszközt használtuk a szekvencia-illesztések létrehozására.

Az illesztést 24 különböző faj opszin fehérjéjének Fasta formátumát felhasználva végeztük el, beillesztve az összes szekvenciát a beviteli mezőbe. Kiválasztottuk a „ClustalW” kiviteli formátumot, majd elindítottuk az illesztést.

A felsorakoztatott fehérjeszekvenciák filogenetikai analízise

A vizsgálatunknak ebben a részében, a 24 opszin fehérje filogenetikai fáját építettük fel. A MUSCLE (Multiple Sequence Alignment) eszköz lehetőséget biztosított a filogenetikai fa elkészítésére.

A fa elágazásait megfigyelve látjuk, hogy az elágazások dichotomikusak. Az első dichotomikus elágazás a fában a szekvenciákat két nagy csoportra osztja. Az első csoportban a gerinctelen állatok rodopszin molekuláinak valamint

a melanopszin molekulák evolúciója látható, amiből azt következtethetjük, hogy az általunk ismert rendszertani csoportok fényérzékeny fehérjéi közeli rokonságot mutatnak (*Sepia-Octopus* (lábásfejűek); *Mizuhopecten* (kagyló), *Platynereis* (soksertéjű gyűrűsféreg), *Drosophyla* (ecetmuslica) rodopszinok. Kivételt képez a melanopszin molekula, amely összehasonlításában az ember melanopszinjához a zebrahal melanopszinja áll a legközelebb (Homo_melan/8-138 0.09, Danio_melanops/11-141 0.10084), ami a melanopszin molekula nagyon régi eredetére utal, hasonlósága a gerinctelenek rodopszinjához a molekula monofiletikus eredetére utal.

A második csoportban a gerincesek opszin molekuláinak rokonsági viszonyait látjuk. Feltűnő számos rendszertani csoport rodopszinjának hasonlósága a zebrahal rodopszinjához (*Xenopus violet_ops*, *Danio_SWops*; *Latimeria Rh2* *Danio_MW4*; *Danio_LWops*, *Homo_MWops*). A zebrahal valamennyi hullámhosszú fényre érzékeny opszinja hasonlóságot mutat a többi vizsgált gerinces opszinjaihoz. Mindez arra utal, hogy az adott szekvenciák szintén konzerválódtak az evolúció folyamán. Az ember rodopszin molekulájának legközelebbi rokona a választott fajok közül a szarvasmarha rodopszinja és ez az egyébként is fellelhető rokonsági viszonyoknak megfelel.

Ahhoz, hogy a konzervált szekvenciákat pontosabban megfigyelhessük, ezek pontosabb feldolgozása érdekében a JalView feldolgozási programot alkalmaztuk.

A program lehetőséget ad az illesztett szekvenciák összetételének vizsgálatára, ha a különböző aminosavakat festjük, akkor az illesztés a különböző aminosavakat festi meg. Az illesztés JalView programja lehetőséget nyújt pontosabb elemzésre is, hiszen ha a százalékos hasonlóságot jelző festési módot választjuk, meghatározhatjuk azokat a szakaszokat a fehérje szekvenciából, amelyek a teljes, 100%-os konzerválódást jelölik. Az illesztésből arra következtethetünk, hogy különböző szekvenciák különböző mértékben konzerválódtak. Vannak olyanok, szám szerint 12, amelyek 100%-ban konzerválódtak és olyanok is, amelyek egyáltalán nem.

Annak érdekében, hogy a konzervált szakaszok evolúcióját pontosabban megfigyelhessük, el kell távolítanunk a nem konzervált aminosav szekvencia maradványokat, amelyeket a szekvencia illesztés során részben azonosítottunk. Ezt a „Result Summary” opció alatt megnyitott „Jalview”-ban tehetjük meg és szerkeszthetjük is.

Kezdetben azokat a szakaszokat távolítottuk el, amelyek legkevésbé konzerválódtak (0,1,2 volt a konzerváció értéke). Ennek a feldolgozásnak eredményeképpen hasonló, de nem azonos filogenetikai fát kaptunk. Az elágazások jellege megmaradt, de az evolú-

ciós távolság, vagyis a karok megrövidültek. Mivel nem tekintettük jelentősnek a változást, ezért a továbbiakban csak a 100%-ban konzerválódtott szakaszokat megőrizve folytattuk a vizsgálatot és állítottuk fel a filogenetikai fát.

Az elágazások dichotomikus jellege megmaradt, de a konzervált szakaszok monofiletikus eredete is nyilvánvalóvá vált. A törzsfá a közös őznek a *Platynereis* soksertéjű gyűrűsféreg valamint a *Mizuhopecten* kagyló opszinjait tekinti a legősibb típusoknak, annak ellenére, hogy a többszörös szekvencia illesztés semmilyen különbséget nem mutathat ki, hiszen a 100%-ban konzerválódtott szakaszokat hasonlítottuk össze.

Következtetésképpen állíthatjuk, hogy vizsgálatunk során kiderült, hogy úgy a PAX6 fehérje, mint az opszinok típusai közös ősrre vezethetők vissza. Kiemelhetjük a PAX6 emberi gén, a zebrahal Pax6 génje, az ember melanopszinja, valamint a zebrahal melanopszinja (*Homo_melan/8-138 0.09*, *Danio_melanops/11-141 0.10084*) közötti nagymértékű hasonlóságot.

A konzervált szakaszok filogenézisét követve megfigyeltük, hogy a hosszú és közepes hullámhosszú fényt érzékelő opszin esetében is a részben konzervált szakaszok leginkább a zebrahal opszinjához hasonlóak (*Danio_LWops/2-132 0.05673*, *Homo_MWops/3-133 0.03487*). Mindezek a megfigyelések ezeknek a fehérjéknek monofiletikus eredetére vezethetők vissza. Ugyanakkor az ember rodopszinja a szarvasmarha rodopszinjával szintén hasonlóságot mutat.

Az opszinok mind a gerincesek, mind a gerinctelenek vonalán közös ősből származnak, szerkezetükben sok szakasz konzerválódtott, így nem csak a gerincesek, hanem a gerinctelenek opszinjai is egy közös ősből származtathatók.

A szem fejlődésében bioinformatikai adatbázisokkal követhetjük végig a szem kialakulását befolyásoló PAX6 transzkripciósi fehérje eredetét, amely a szem monofiletikus eredetét világítja rá, ugyanakkor az opszin fehérjék evolúciója úgy a gerinctelenek és gerincesek szemének monofiletikus eredetére, mint utólagos divergens fejlődésére nyújtott magyarázatot.

A PAX6 gén mutációi által okozott betegségek

Az emberi PAX6 gén mutációi által okozott betegségeket Hanson (2003) vizsgálta meg. A PAX6 mutációk 18%-a missense mutáció, és ennek felét az aniridiához (a szivárványhártya részleges vagy teljes hiányához) társította. A többi missense mutáció kapcsolatban lehet más szemet érintő betegségekkel, többek között az elszigetelt fovea hypoplasiával (a látógödör visszamaradt fejlődésével), pupilla ectopiával (a

pupilla helyzetének elmozdulásával), valamint Peter féle anomáliával (Kiterjedt körülírt centralis corneahomálllyal).[13]

A fényérzékeny anyagokat kódoló gének mutációi által okozott elváltozások

A színlátás egyik legelterjedtebb zavara a szintézisvesztés. Ilyenkor az ember bizonyos színeket összetéveszt. Ha a vörösrre érzékeny elem hiányzik protanopiáról, ha a zöldre, akkor deutanopiáról, ha pedig az ibolyaszínre érzékeny csap hiányzik, akkor titanopiáról beszélünk.

A genetikai feldolgozó és azonosító vizsgálatok jelentősége kétségtelen az adott betegségek korai felismerésében akár magzati életben, de az élet későbbi szakaszaiban is. A gének és fehérjék bioinformatikai feldolgozása és az összehasonlítás alapú vizsgálatok a mutációk felismerésén kívül ezek evolúciós történetét is megmutatják, lehetőséget teremtve új modell szervezetek felkutatására.

A szerzők az Orvostudomány kategória első díjasai

Irodalom

- Gehring W, Chance and necessity in eye evolution, *Genome biology and evolution* 2011 vol: 3 pp: 1053-66
http://criticalbiomass.blog.hu/2007/02/12/gerinces_szemfejlodes
- Tzoulaki I, White IM, Hanson IM. PAX6 mutations: genotype-phenotype correlations. *BMC Genet.* 2005 May 26;6:27
- Terakita A, The opsins, *Genome biology*, 2005 vol: 6 (3) pp: 213
- Pénzes Zsolt, Makroevolúció: módszerek és mintázatok, 2012, Szegedi Tudományegyetem
http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2011_0025_bio_2/ch08s02.html
https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastp&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome
<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>
<http://www.uniprot.org/uniprot/P26367?sort=score>
<http://www.ebi.ac.uk/Tools/services/web/toolresult.ebi?jobId=muscle-I20161001-201109-0867-84353148-pg&analysis=alignments>
<http://www.ebi.ac.uk/Tools/services/web/toolresult.ebi?jobId=muscle-I20161002-204312-0431-87861753-oy&analysis=summary>
http://www.ebi.ac.uk/Tools/services/web/toolresult.ebi?jobId=clustalw2_phylogeny-I20161006-194018-0094-94161359-pg
<http://www.ebi.ac.uk/Tools/services/web/toolresult.ebi?jobId=muscle-I20161013-180027-0655-37601995-oy&analysis=phylootree>
- Hingorani M, Hanson I van Heyningen V, Aniridia., *European journal of human genetics* : EJHG, 2012 vol: 20 (10) pp: 1011-7

A XXVII. Természet–Tudomány Diákpályázat kiírása és verseny szabályzata

Útmutató a diákpályázat benyújtásához

A Természet Világa tudományos ismeretterjesztő folyóirat diák-cikkpályázatán indulhat bármely középfokú iskolában 2017-ben tanuló vagy végző diák, határainkon belülről és túlról.

A pályázat kétfordulós.

Első forduló:

Az előválogató színhelye a diákcikk-pályázatokat benyújtó iskola. Időpontja: 2017. október 25.

Második forduló:

A döntőbe került pályázatok zsűrizésének színhelye a Természet Világa folyóirat szerkesztősége. Időpontja: 2018. február 15-ig.

A pályázat terjedelme **8000–20 000 betűhely** (karakterszám, szóközökkel együtt), tetszőleges számú illusztrációval. A kéziratot három kinyomtatott példányban kérjük. A nyomtatott változattal együtt a pályázatot **CD-n** (vagy DVD-n) is kérjük, a szöveget Word formátumban, a képeket, ábrákat külön fájlban (JPG vagy TIFF).

A pályázat tartalmazza készítője nevét, lakcímét, e-mail-címét, telefonszámát, iskolája pontos címét irányítószámmal együtt és felkészítő tanára nevét és elérhetőségét. A helyi (iskolai) fordulón továbbjutó dolgozatok benyújtásának (postai feladásának) határideje mindegyik kategóriában **2017. október 31.** A pályázat beadható személyesen (1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.), vagy postán (1444 Budapest, 8. Pf. 256.).

A PÁLYÁZAT FELTÉTELEI

1. Alapvető követelmény, hogy a cikkek olvashatóak, stilisztikai és helyesírási szempontból kifogástalanok legyenek. Kérjük a felkészítő tanárokat, szíveskedjenek e tekintetben is útmutatást adni ta-

nítványaiknak. Ne feledjék, hogy a diákpályázat cikkírói pályázat is, ezért a dolgozatokat úgy kell megírni, hogy annak tartalmát a természettudományok iránt érdeklődő, de a témában nem járatos olvasók is megértsék. A pályamunkák végén kérjük a felhasznált irodalmat és forrásmunkákat megjelölni. A szó szerinti idézetek forrásának fel nem tüntetése etikai vétség, és a dolgozatnak az értékelésből való kizárásával jár.

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

Díjazás:

1 db I. díj

2 db II. díj

3 db III. díj.

A díjazottak értékes jutalomban részesülnek.

A zsűri döntésével több, arra érdemes írásra különdíj is kiadható.

A pályázat díjait 2018 márciusában adjuk át a nyerteseknek, akiknek nevét folyóiratunkban és honlapunkon közzé tesszük. A bírálóbizottság által színvonalasnak ítélt írásokat 2018-ban lapunkban folyamatosan megjelentetjük. A kiemelkedő pályamunkák diák szerzőinek a feldolgozott témában történő további elmélyüléséhez szerkesztőbizottságunk tagjai és más felkért szakemberek nyújtanak segítséget. Kérjük tanár kollégáinkat, hogy tehetséges diákjaikat bátorítsák a pályázatunkon való részvételre, s tanácsaikkal nyújtsanak segítséget a témák kidolgozásához és feldolgozásához.

PÁLYÁZATI KATEGÓRIÁK

Természettudományos múltunk felkutatása

1. Az iskolájához vagy lakóhelyéhez, környezetéhez kapcsolódó jelentős múltbeli tudós személyiségek – például tanárok, az

iskola volt növendékei, akikből neves természettudósok lettek – életútjának, munkásságának bemutatása (eredeti dokumentumok felkutatásával és felhasználásával). Évfordulós pályázatunkra szívesen várunk dolgozatokat a 2017. év neves évfordulós személyiségeiről is.

2. A dolgozat írójának tágabb környezetéhez kapcsolódó tudományos vagy műszaki intézmények története, tudóstársaságok története, eredeti dokumentumok bemutatásával.

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

Díjazás:

1 db I. díj

2 db II. díj

3 db III. díj.

A díjazottak értékes jutalomban részesülnek.

A zsűri döntésével több, arra érdemes írásra különdíj is kiadható.

Önálló kutatások, elméleti összegzések

Önálló kutatáson a természeti értékek, jelenségek megismerése érdekében a diák által végzett kutatások bemutatását értjük. Előnyben részesülnek az egyéni, fiatalos, önálló gondolatokat, innovatív megközelítéseket tartalmazó, élvezetes és szakszerű beszámolók.

Az elméleti összegzéseknek is önálló kutatásokon kell alapulniuk. Azoknak javasoljuk, akik örömmel mélyednek el a rendelkezésükre álló megbízható és naprakész adatok végeláthatatlan tárházában, és képesek onnan elővarázsolni, bemutatni a Természet Világa olvasóinak a tudomány újdonságait.

A sikeres pályázat feltétele, hogy a pályázók a könyvtárakban, a világháló révén, a laboratóriumi-gyakorlati látogatások alkalmával és más módon szerzett értesüléseiket a származás pontos megjelölésével forrásként használják fel, és ott kerüljék el a saját alkotás látszatát. Kérjük, hogy a diákok és a felkészítő tanárok a Természet Világát tekintsék a dolgozat első nyilvános megmérettetési lehetőségeinek.

Ebben a kategóriában *biofizikai-biokibernetikai* témájú dolgozatok különdíjban részesülhetnek, ezzel *Varjú Dezső* (1932–2013), a magyar származású biofizikus, a Tübingeni Egyetem egykori biokibernetika tanszékének (emeritus) professzora, folyóiratunk segítője emlékét ápoljuk.

A kultúra egysége különdíj

A *Simonyi Károly* (1916–2001) akadémikus által alapított különdíjra a 2017-ben középfokú intézményekben tanuló magyarországi és határainkon túli diákok pályázhatnak. Ez a különdíj a kiíró szándékai szerint a humán és a természettudományos kultúra összefonódását hivatott elősegíteni. Olyan pályamunkákat várunk elsősorban, amelyek egy természettudományos eredmény és valamilyen művészi alkotás vagy humán tudományos eszme közti kapcsolatot tárják fel. Megmutathatók ezek akár egy alkotó életében, akár egy gondolat kialakulásában.

Ajánlott témák:

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

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

3. Egy huszadik századi polihisztor. Olyan, már nem élő ember életének és munkásságának bemutatása, akinek tevékenységében, illetve műveiben megvalósult a kultúra egysége. Érdemes külön figyelmet fordítani a természettudományok történetének kutatóira, valamint azokra, akik születésének vagy elhunytának centenáriumáról is megemlékezhetünk az adott évben.

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

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

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

Díjazás: I. díj, II. díj, III. díj, valamint a zsűri döntésével több, arra érdemes írásnak különdíj is kiadható.

Matematikai különdíj

A különdíjra az alábbi irányelvek vonatkoznak:

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

Néhány javasolt téma:

1. Egy ismert vagy újonnan kitalált játék matematikai háttere.

2. Önálló kérdésfelvetés, sejtések megfogalmazása és ezek „jogosságának indoklása”.

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

4. Váratlan és érdekes összefüggések, és ezek magyarázata.

5. A matematika valamely kevésbé ismert problémájának a története.

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

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

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

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

Martin Gardner (1914–2010) amerikai szakíró, a matematika kiváló népszerűsítőjének emlékét őrzi ez a különdíj.

Díjazás: I. díj, II. díj, III. díj.

Ebben a kategóriában *küöldíjban* részesülhetnek azok a dolgozatok, melyek arra mutatnak rá, hogy a természettudományok területén milyen segítséget

nyújthat a számítógép, a számítógépes szimuláció. Ebben a különdíjban a diák pályázat más kategóriáiban benyújtott dolgozatok is részesülhetnek, olyanok, amelyek számítógépes alkalmazásokat mutatnak be, számítógépes szimulációt használnak. A különdíj *Nicholas Metropolis* (1915–1999), görög származású amerikai elméleti fizikus és matematikus, folyóiratunk segítőjének emlékét őrzi.

Orvostudományi különdíj

Az orvostudomány témakörében a következő irányelvek alapján lehet pályázni.

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

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

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

4. Semmelweis születésének 200. évfordulója alkalmából a *Semmelweis Egyetem* különdíjakat ad át Semmelweis életével, tudományos munkásságával, tanainak elfogadottá válásával, előzményeivel és következményeivel foglalkozó, egyéni megközelítésű és általános érdeklődésre számot tartó következtetéseket tartalmazó tanulmány készítőinek. Előnyben részesülnek azok a pályázatok, melyek az ismert életrajzi adatok összefoglalásán túl saját gondolatokat, következtetéseket tartalmaznak jól fellépített és szerkesztett olvasmányos mű formájában. Semmelweis életének és kutatásainak vizsgálatán túl pályázni lehet Semmelweis munkásságát megelőző, vagy követő, de annak szerves részét képező tudományos, társadalmi, pszichológiai stb. kérdéseket analizáló művel is.

Díjazás: I. díj, II. díj, III. díj, valamint a zsűri döntésével több, arra érdemes írásnak különdíj is kiadható.

A *Természet–Tudomány Diák pályázat kiírását a Természet Világa számaiban közöljük, illetve olvashatók a folyóirat honlapján is.*

TIT Kalmár László Matematikaverseny meghirdetése

A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat 2017/2018. tanévre is meghirdeti a TIT KALMÁR LÁSZLÓ MATEMATIKAVERSENYT. Ez sorrendben a negyvenhetedik verseny, mely Magyarország legrégebbi iskolai matematika versenye.

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

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

Helyi első fordulót az iskolák házi verseny keretében szervezhetnek, melyet öntevékeny módon, a korábbi évek tapasztalataira építve, a megyei forduló rendezőivel egyeztetve javasolunk lebonyolítani. A forduló feladatait a helyi tanárok állítják össze. Helyi, házi verseny megszervezése nem feltétele a megyei/területi döntőn való részvételnek. Időpontja: 2018. január hónap.

Megegyi/területi döntő, melyeket a verseny szervezői helyben valósítanak meg. Az Egyesületek versenyszervezési szándékát kérjük, hogy 2018. január 19-ig /péntekig/ jelezzék a titlap@telc.hu mail címen. A megyei döntő lebonyolításáról a szervezőkkel /TIT Egyesület, Alapítvány/ írásos megállapodást kötünk.

Versenyzők számára a megyei döntőre történő jelentkezés határideje: 2018. március 9.

Megegyei döntő időpontja: **2018. március 24. /szombat/ délelőtt 10 óra.**

A megyei döntő nevezési díja Magyarországon egységesen **1.200.- Ft**, melyet a verseny szervezője közvetlenül szed be a résztvevőktől és abból a helyi forduló lebonyolításának és az elkészült feladatok kijavításának költségeit fedezi. A helyi javítás után a versenyzők dolgozatát kérjük továbbítani a versenyközpontba, ahol azok egy megadott pontszám felett újra javításra kerülnek.

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

A vidékről érkező versenyzőknek a szállás és étkezés díjmentes, a kísérők számára önköltséges.

Időpontja: 2018. május 25-26. /péntek délután és szombat délelőtt/ két feladatfordulóval, melynek eredményét összesítve alakul ki a végleges sorrend.

A verseny nyertesait tárgyjutalommal és oklevéllel díjazzuk.

Általános tudnivalók: A 3-4. osztályosok versenyfeladatának megoldására 60 perc, az 5-8. évfolyamosok számára 90 perc áll rendelkezésre.

A verseny során az alábbi segédeszközök használhatóak: körző, vonalzó, íróeszközök. Elektronikus segédeszközök és külső segítség igénybevétele egyik fordulóban sem engedélyezett.

A versenyre való felkészülést a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat folyóirataiban – *Élet és Tudomány* hetilap, *Természet Világa* havilap – megjelenő írásai és honlapjai segítik. A versenyről folyamatosan informáljuk az érdeklődőket a www.titkalmarlaszloamatikaverseny.hu portálon.

A XLVII. TIT KALMÁR LÁSZLÓ MATEMATIKAVERSENNYEL kapcsolatban további információ kérhető a titlap@telc.hu címen és a fenti címen, telefonszámon.

Eredményes versenyzést és sikeres lebonyolítást kívánunk.

Bojárskyné Piróth Eszter
igazgató

Az NTP-TMV-17-0114 sz. projektet az Emberi Erőforrások Minisztériuma támogatja.

Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpia

A magyar csillagászati diákolimpiai munkacsoport ezúton hirdeti meg a 2018-as Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpia (IOAA) magyar keretének kialakítását célzó válogatóversenyét a matematika és fizika terén tehetséges, a csillagászat és az űrkutatás iránt érdeklődő középiskolás diákok számára. A versenyben részt vehetnek hazai és határon túli magyar ajkú, a 2017/2018. tanévben középiskolába járó diákok.

Az idei válogatóversenyen túl fél szemmel már 2019-re is érdemes figyelni, amikor is Magyarország rendezi meg a nemzetközi olimpiai döntőt. Az érdeklődő, még a 2018/19-es tanévben is középiskolába járó diákok számára különösen hasznos lehet az idei válogatóversenyen történő tapasztalatszerzés, hiszen ha idén nem is kerülnek be az olimpiai csapatba, jövőre még nagyobb eséllyel szállhatnak majd versenybe a hazai megrendezésű diákolimpiára jutásért, ahol a tervek szerint hazánkat két csapat is képviselni fogja.

A 2017/18 tanévi válogatóversenyéről:

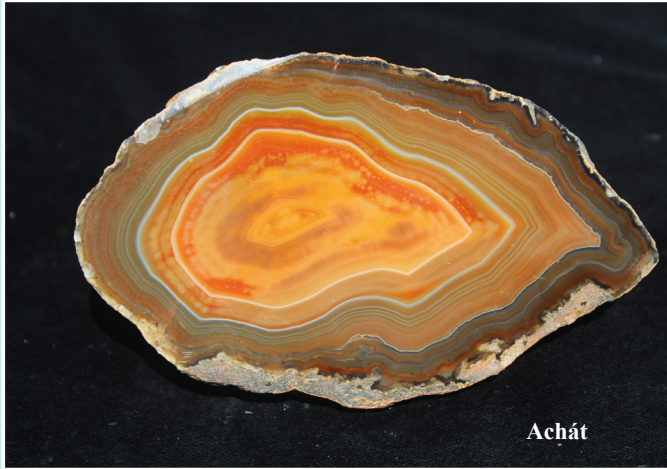
A verseny három bevezető fordulóval indul. Mindhárom forduló (az OKTV-hez hasonló módon) a versenyre jelentkező iskolákban bonyolódik le. Időpontok: október 3., november 7. és január 9.

A legeredményesebbek kerülnek az országos döntőbe. Tervezett időpont: 2018. március 2-3. A nyilvános döntő legjobbjai pedig megkezdik a felkészülést a 2018-as nemzetközi olimpiára.

A verseny honlapján online segédanyagok, mintafeladatok közzétételével segítik a felkészülést. Ezek az alapszinttől egészen a nemzetközi versenyszintig jutáshoz is tudnak útbaigazítást szolgáltatni.

2015 óta regionális olimpiai felkészítő szakkörök is működnek, jelenleg Budapesten, Debrecenben, Szombathelyen és Baján. A szakkörök szeptember folyamán indulnak, de menet közben is csatlakozhatnak hozzájuk új érdeklődők. Az ezekre történő jelentkezés célszerűen területi alapon történhet – a kapcsolatfelvételhez szükséges információk megtalálhatók a verseny honlapján: <http://www.bajaobs.hu/IOAA/>.

Ásványok



Achát



Ametiszt



Ablakos tejkvarc



Rutiltús kvarc



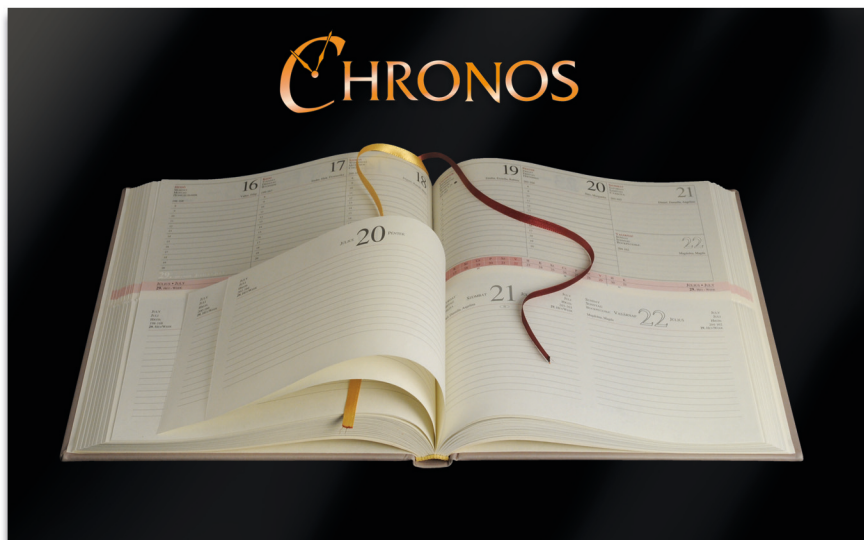
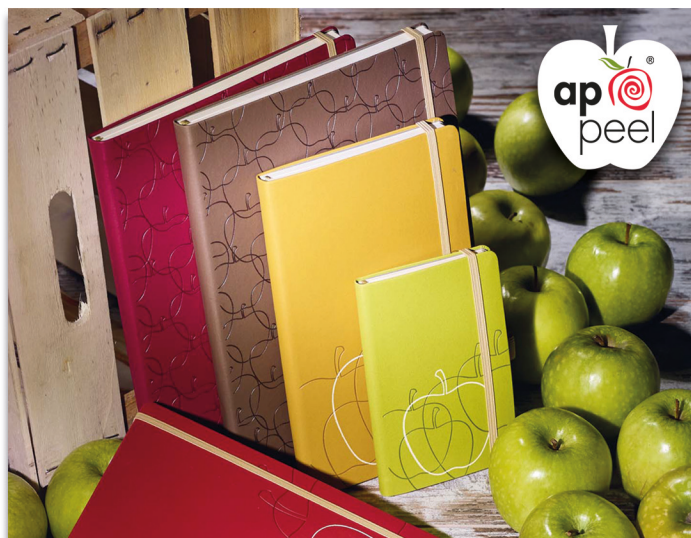
Karneol



Tűzopál



Hegykristály



AZ APPEEL, CASTELLI, IVORY ÉS LANYBOOK TERMÉKEK MAGYARORSZÁGI FORGALMAZÓJA
A CHRONOS KIADÓ ÉS MÁRKABOLT: 1124 BUDAPEST, APOR VILMOS TÉR 5. · TELEFON: 224-7380
www.chronos.hu · e-mail: naptar@chronos.hu

megttekintésre ajánlott weboldalaink:
www.appeel.hu · www.castelli.hu · www.ivory.hu · www.lanybook.hu