

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY • 137. évf. 2. sz. • 2006. FEBRUÁR ÁRA: 529 Ft



- VERNE ÉS A HOLDUTAZÁS
- VÉDEKEZÉS A VÍRUSOK ELLEN
- A BOLYGÓRENDSZER PEREMÉN
- CSALÁSOK ÉS HAZUGSÁGOK AZ ÉLETTUDOMÁNYI KUTATÁSBAN
- TÁVOLODÓ HASADÉKVÖLGYEK
- A FIZIKOKÉMIKUS IS EMBER
- AUTÓBUSZOK BIZTONSÁGA

A Duna–Dráva Nemzeti Park

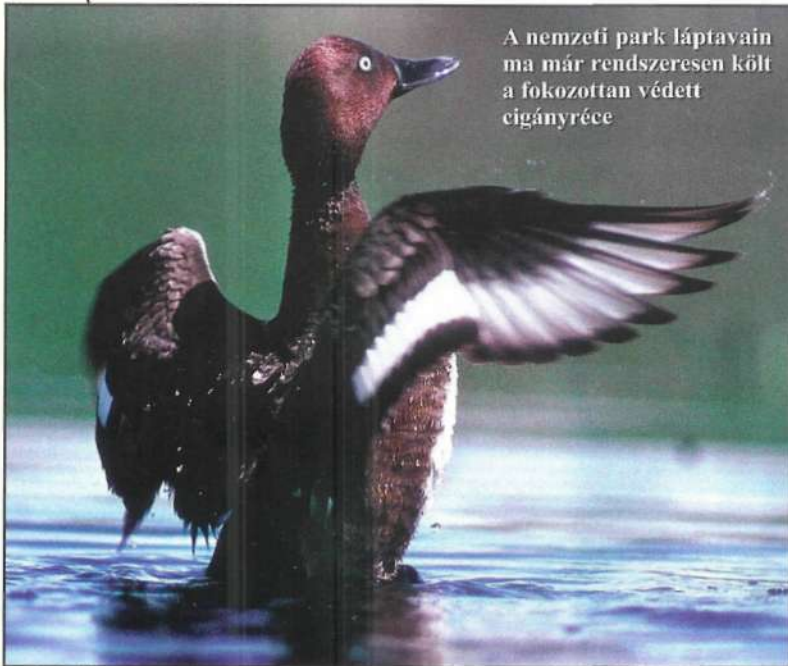


↑ Árvíz idején a vízből kiálló növények is menedékei az úszni nem tudó állatoknak



◀ A gemenci kopolyák halbősége nem csak a gémekeket vonzza

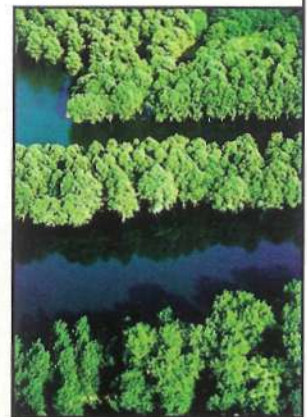
A rovarvilág félelmetes ragadozója, az imádkozó sáska gyakori a nemzeti parkban



A nemzeti park láptavain ma már rendszeresen költ a fokozottan védett cigányréce



◀ A mocsári békák nászának idején a hímek néhány napig kobalt-kékre színeződnek



↑ Az ártéri erdők életében az időszakos áradások nagyon fontosak (Kalotás Zsolt felvételei)

◀ A holtágak vizét helyenként szőnyegszerűen borítja a vízitők és a sulyom



Készült a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Természetvédelmi Hivatalának támogatásával

Természet Világa



A TUDOMÁNYOS
ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT
ÉS A MAGYAR HIVATALOS
KÖZLÖNYKIADÓ FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN

MAGYAR
TERMÉSZETTUDOMÁNYI
TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI
KÖZLÖNY
137. ÉVFOLYAMA

2006. 2. sz., február



Magyar Örökség-díjas folyóirat

Megjelenik

a Természet-Tudomány Alapítvány,
valamint a Nemzeti Kulturális Alap
támogatásával



Főszerkesztő:
STAAR GYULA

Szerkesztőség:
1085 Budapest, Somogyi Béla utca 6.
Telefon, fax: 318-7506
Levélcím: 1444 Budapest 8., Pf. 256
E-mail-cím: termvil@mail.datanet.hu
Internetcímünk:

www.termeszetvilaga.hu
vagy <http://www.chemonet.hu/TermVil/>

TV-archívum:
<http://www.sulinet.hu/termeszetvilaga/>

Felelős kiadó:
DR. KODELA LÁSZLÓ
elnök-vezérigazgató

Kiadja a Magyar Hivatalos Közlönykiadó
1085 Budapest, Somogyi Béla utca 6.
Telefon: 266-9290, 266-9294
Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

Magyar Hivatalos Közlönykiadó
Lajosmizsei Nyomdája
06 0065

Felelős vezető:
BURJÁN NORBERT
vezérigazgató-helyettes

INDEX 25 807
HU ISSN 0040-3717

Előfizethető:
a Magyar Hivatalos Közlönykiadónál
1085 Budapest, Somogyi Béla u. 6.
1394 Bp. 62. Pf. 357

Előfizetésben terjeszti: a Fama Rt. (1085 Budapest,
Somogyi Béla u. 6.) Telefon: 318-8557, 266-6567
Arusításban megvásárolható: a Közlönyboltban
(1085 Budapest, Somogyi Béla utca 6.),
a Hírkér Rt., az NHRT és a regionális terjesztők
áruhelyein.

Előfizetési díj:
fél évre 2772 Ft, egy évre 5544 Ft

TARTALOM

Both Előd: A bolygórendszer peremén	50
Lőw Péter: Védekezés a vírusok ellen. Az immunproteaszóma	54
Bujtor László: Távolodó hasadékvölgyek és metánszivárgások egzotikus világa	58
Csaba György: Csalások és hazugságok az élettudományi kutatásban	62
Vince-Pap Sándor: Autóbuszok passzív biztonsága	67
Radnai Gyula: Elektromosságtani alapfogalmaink kialakulása. Első rész	71
Idilli kép egy idillikus tájról. Beszélgetés Kalotás Zsolt tal, A Duna-Dráva Nemzeti Park című kötet szerzőjével	77
HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESÉGEK	79
Inzelt György: Mesterséges vagy kémiai orrok (<i>Mi a titka?</i>)	82
Bödy Zoltán: A megfajtás útján	83
Szili István: Törökország szellőrózsák virítása idején	85
Liszi János: A fizikokémikus is ember. A fizikai kémia történetéből. Első rész	88
Gesztesi Albert: Verne és a holdutazás	90
Matos Lajos: Orvosszemmel	93
FOLYÓIRATOK	94
KÖNYVSZEMLE	95
<i>E számunk szerzői</i>	96
A fizika százada. Új különszámunk	96

Címképünk: Fantáziarajz a NASA New Horizons űrszondájáról, amint el-
halad a Kuiper-öv egyik jeges kisbolygója mellett (a NASA/Johns Hopkins
University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute szíves-
ségéből)

Borítólapunk második oldalán: A Duna-Dráva Nemzeti Park (**Kalotás Zsolt**
felvételei)

Borítólapunk harmadik oldalán: Törökország szellőrózsák virítása idején (**Szi-
li István** felvételei)

Mellékletünk: A Földtani Örökségünk Diákpályázat cikkei (Kovács Márk
Áron, Vízkeleti Anna, Györfy Éva, Nemes Anna írása). A Magyar Asztro-
nautikai Társaság Diákpályázatának cikke: Orgel Csilla írása.

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VÍZI E. SZILVESZTER

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

Főszerkesztő: STAAR GYULA

Szerkesztők: KAPITÁNY KATALIN, NÉMETH GÉZA, SILBERER VERA

Tervezőszerkesztő: KOVÁCS ATTILA

Titkárságunk munkatársai:
MATUSKA MÁRIA titkárnő, SZIGETVÁRI ÁGNES

BOTH ELŐD

A bolygórendszer peremén

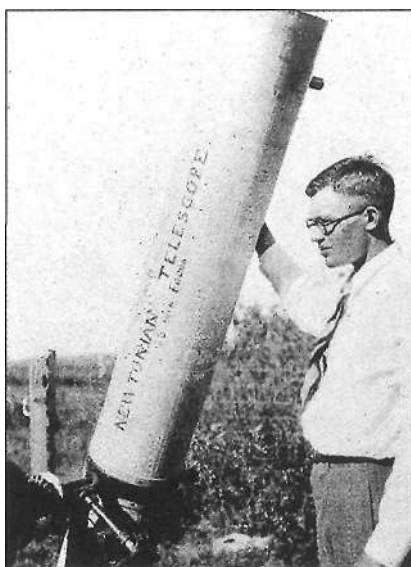
Éppen száz éve született Clyde Tombaugh amerikai csillagász, a Plútó felfedezője. Nevezetes felfedezésének tavaly volt a 75. évfordulója. Eközben útnak indult az első űrszonda a Plútó felé. De vajon akkor is a Plútó lesz a Naprendszer kilencedik és egyben legtávolabbi bolygója, amikor a szonda odaérkezik? Ki tudja, hiszen az elmúlt években számos érdekes felfedezés történt a Neptunuszon túli világban. Nos, ezen alkalmak közül egy is elég lenne ahhoz, hogy cikkünk segítségével körülnézzünk a Naprendszer peremvidékén.

Kezdetben - a XIX. század közepén - még minden olyan egyszerűnek látszott. Az Uránusz mozgásának rendellenességei alapján felfedezték a Neptunuszt. Néhány évtized alatt a nyolcadik bolygó mozgásában is kimutatták az apró perturbációkat. Adott a bevált módszer, már csak meg kell keresni az égen az újabb bolygót vagy bolygókat. Am a természet kifürkészhetetlenebbnek bizonyult, mint eleink vélték. Percival Lowell (1855-1916) (1. ábra) 1894-ben Arizonában megalapította a ma is a nevét viselő csillagvizsgálót, és élete hátralévő részét (a Mars csatornáinak és a feltételezett marsi intelligens élet kutatása mellett) a kilencedik bolygó keresésének szentelte. Mindhiába.

Tombaugh és a Plútó

A Lowell Obszervatórium az alapító halála után sem adta fel a keresést. Az eredmények azonban továbbra is vártak magukra. A döntő fordulat 1929-ben következett be. Egy 23 éves, ismeretlen amatőr csillagász fiatalember - bizonyos Clyde Tombaugh - elküldte az obszervatórium akkori igazgatójának, Vesto M. Sliphernek a bolygók rajzait, amelyekhez saját készítésű távcsövével végzett megfigyeléseket. Slipher tehetségesnek látta a fiatalembert, ezért meghívta észlelőnek a Lowell Obszervatóriumba. Szerencsés döntés volt, hiszen egy év sem telt bele, és valóra vált az alapító álma: Tombaughnak a Lowell Obszervatóriumban sikerült felfedeznie az új bolygót.

Tombaugh 1906. február 4-én született egy Illinois állambeli farmon. Családja 1926-ban Kansas államba költözött, és a fiú itt érettségizett. Érdeklődése a csillagászat felé fordult, előbb egy kisebb távcsövet épített, majd 1928-ban elkészült 9 inches (23 cm) műszere, ezen keresztül készültek a Sliphernek elküldött rajzai, amelynek állását köszönhetette. A Lowell Obszervatóriumban első feladat az volt,



Tombaugh 22 évesen a Newton-távcsövével

hogy az új, 13 hüvelykes (33 cm), fényerős távcsövel végigfényképezze az égboltot és keresse meg Lowell X-bolygóját. Néhány hónappal később az igazgató már a felvételek blinkkomparátor (2. ábra) segítségével történő kiértékelését is rábízta. 1930. február 18-án a műszerben a január 23-án és 29-én készült felvételeket hasonlította össze (3. ábra), amikor észrevette az elmozduló halvány fénypontot: az új bolygót. A felfedezést a Lowell Obszervatórium március 13-án - az Uránusz felfedezésének 149. és Percival Lowell születésének 75. évfordulóján - jelentette be hivatalosan, így ezt a napot tekintjük a később Plútónak elkeresztelt bolygó felfedezése dátumának.

Tombaugh felfedezését - szorgalma és precizitása mellett - némiképpen a szerencsének köszönheti. A későbbiekben ugyanis kiderült, hogy a számítások, amelyek alapján az égbolt adott területeit végigpásztázta, hibásak voltak. Pusztán a véletlen műve, hogy az addig ismeretlen bolygó éppen az égboltnak azon a részén tartózkodott.

tán a véletlen műve, hogy az addig ismeretlen bolygó éppen az égboltnak azon a részén tartózkodott.

A Plútó névadása önmagában is érdekes történet. A felfedezést követően számos névjavaslat merült fel: Atlas, Zymal, Artemis, Perseus, Vulcan, Tantalus, Idana, Cronus. A The New York Times a Minerva, Osiris, Bacchus, Apollo, Erebus neveket javasolta. Lowell öszege a Zeus, mások a Lowell név pártján álltak. A Flagstaff (Lowell) Obszervatórium közössége a Cronus, Minerva és Pluto neveket vetette fel. Tudománytörténészek szerint a végső döntést nagyban befolyásolta, hogy az ókori római mitológiában az alvilág istene nevének első két betűje éppen Percival Lowell monogramja.

Tombaugh hosszú élete hátralévő részét is teljes egészében a csillagászatnak szentelte. Miután a Plútó felfedezésének köszönhetően neve világszerte ismertté vált, beiratkozott a Kansasi Egyetemre, de tanulmányai közben nyaranta, majd diplomája megszerzése után is folytatta a Lowell Obszervatóriumban megkezdett munkáját. Újabb bolygót nem talált, felfedezett viszont számos csillagthalmazt és galaxishalmazt, két üstökösöt és egy nóvát. Említésre érdemes az 50-es években végzett munkája, amelynek során megállapította, hogy nem kering a Föld körül olyan apróbb méretű, addig ismeretlen, természetes eredetű törmelékdarab, amely a majdan világűrbe küldendő űreszközök számára veszélyt jelentene. 1973-ban az Új-mexikói Állami Egyetem csillagászat-professzoraként vonult nyugdíjba. Ekkor írta meg a Plútó felfedezésének történetét, a könyv magyarul A sötétség bolygója címmel jelent meg. A Nemzetközi Csillagászati Unió a Lowell Obszervatórium javaslatára a Plútó felfedezésének 50. évfordulóján, tehát még életében róla nevezte el az 1604. számú, 1931-ben általa felfedezett kisbolygót. 1997-ben, nem sokkal 91. születésnapja előtt érte a halál.



1. ábra. Percival Lowell amerikai matematikus és csillagász sikertelenül kereste a kilencedik bolygót. Csak az jelenthetne elégtételt számára, hogy a Plútót az általa alapított csillagvizsgálóban sikerült felfedezni (Fotó: Lowell Observatorium, www.lowell.edu)



2. ábra. Clyde Tombaugh (1938 körül) a blinkkomparátornak nevezett műszer mellett. A szerkezetbe két, az égbolt ugyanazon részéről, de különböző időpontban készült képet helyeznek, majd felváltva, hol az egyik, hol a másik képet vetítik a megfigyelő szemébe. A változó fényű csillagok villogni, az elmozduló objektumok ugrálni látszanak, így viszonylag könnyen észrevehetőek (Fotó: Lowell Observatorium)

A kilencedik bolygó

A Plútó évtizedeken keresztül csak halvány fénypontnak látszott az akkori távcsövekben, így szokatlan pályáján kívül egyéb tulajdonságainak megismerésére aligha volt remény. Csak 1978-ban változott a helyzet, amikor Jim Christy amerikai csillagász felfedezte a Plútó holdját. A felfedezés körülményei jól illusztrálják az észlelési technika fejlődését. Arról a 70-es években még szó sem lehetett, hogy a kis holdacska különálló égitestként pillantsa meg. Egyszerűen csak arra lett figyelmes, hogy a Plútóról készült felvételeken a bolygó periodikusan hol az egyik, hol a másik irányban kissé elnyúltnak látszik (4. ábra).

A hold stílszerűen a Charon nevet kapta, szintén nem minden hátsó megfontolás nélkül. A mitológiai kapcsolat, az alvilág hajósára utaló név egyértelmű. Vannak azonban, akik a hold nevét nem „kháronnak”, hanem „sáronnak” ejtik, mert a névadásban állítólag az is közrejátszott, hogy a felfedező feleségét Charlene-nek hívták.

Szerencsés véletlennek mondható, hogy néhány évvel a Charon felfedezése után a hold Plútó körüli keringésének síkja éppen élével fordult a Föld felé, így a csillagászok tanúi lehettek, amint a két égitest sorozatosan elfedi egymást. A fedések tüzetes vizsgálata jelentette az első bőséges információforrást a két égitest fizikai viszonyaira vonatkozóan. Lehetővé vált a felszínt borító sötét és világos foltok hozzávetőleges feltérképezése. Megállapították a két égitest átmérőjét, tömegét - megállapították, hogy a Charon tömege a Plútóénak 8-15 százaléka, ami szokatlanul nagy érték. (A Hold tömege a Földénél alig több mint 1 százaléka, más bolygók holdjai esetében az arány még kisebb.) Bebizonyosodott, hogy ke-

ringésük kölcsönösen kötött. Ez azt jelenti, hogy nemcsak a Charon fordítja mindig ugyanazt az oldalát a Plútó felé (mint a Hold a Föld felé), hanem a Plútó tengelyforgási ideje is pontosan megegyezik a két égitest egymás körüli keringésének periódusával.

Ezek után ki lehetett számítani a Plútó hozzávetőleges sűrűségét (2 g/cm^3), ami arra utal, hogy a bolygó 70 százalék kőzetet és 30 százalék vízjeget tartalmaz. Ritka légköre nitrogénből, szén-dioxidból és metánból áll, ugyanakkor minden bizonnyal csak szezonálisan létezik, amikor a Plútó napközeli jár. Felszíni hőmérséklete -210 és -235 °C közötti, de ahogy távolodik a Naptól, egyre csökken, aminek következtében a légkört alkotó gázok a felszínre fagynak. Ezért sürgettek a csillagászok már régóta a Plútó-szonda indítását, mert attól tartottak, hogy ha későn érkezünk, akkor esetleg évszázadokat kell várni, mire a Plútó újra elég közel kerül a Naphoz ahhoz, hogy kialakuljon körülötte a gázburok.

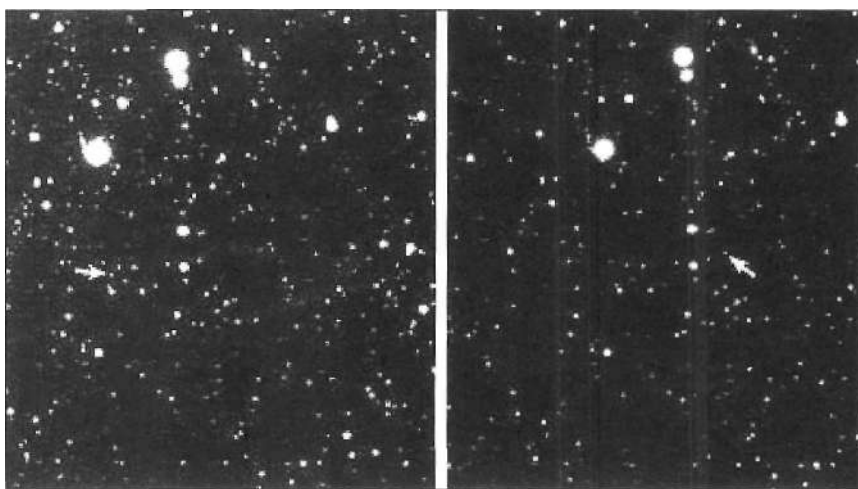
Az utóbbi évek technikai fejlődése során az első komoly áttörést a Hubble-űrtávcső jelentette, amely már működése első évében, 1990-ben megörökítette a Plútó-Charon-rendszert (5. ábra). A két égitest a képen világosan elkülönülő ko-

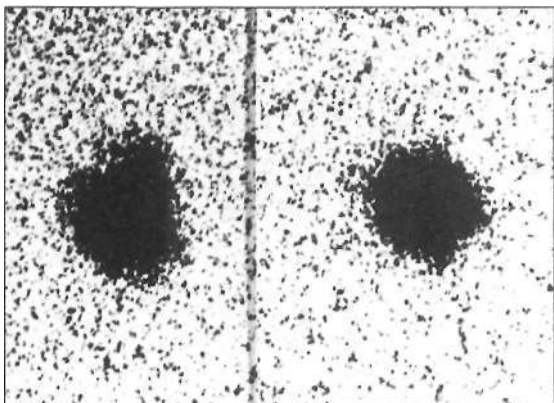
rong, a felvétel még az átmérők arányának becslésére is alkalmas. Igaz, időközben a földi távcsövek is jobb képeket készítettek, mint a Charon felfedezéséhez használt Christy-félek, ám a különbség így is szembeötlő. A felvételpár alatti vázlaton látható, hogy a Charon kör alakú pályájára csaknem éléről látunk rá. Ennek köszönhetően léptek fel néhány évvel korábban a már említett kölcsönös fedések. A felvétel készítésekor a hold éppen a legtávolabb látszott a Plútótól, a két égitest látszó távolsága azonban így is mindössze 0,9 ívmásodperc.

A következő képet ugyancsak a HST készítette az Európai Űrügynökség (ESA) halvány objektumok kamerájával, de már a főtükör hibájának korrigálása után, 1994. február 21-én (6. ábra). A képen már 1 százalék pontossággal meg lehetett mérni átmérőiket, eszerint a Plútó 2320, a Charon pedig 1270 km átmérőjű. A hold kékesebb színárnyalatú, mint bolygója, ami felszíni összetételük különbözőségére utal.

Az 1994 nyarán a HST-vel készített felvételsorozat alapján elkészítették a bolygó felszínének első térképét gömbre vetítve, illetve térképi ábrázolásban. A két évvel később nyilvánosságra hozott, fel dolgozott képeken már tucatnyi felszíni

3. ábra. A két nevezetes felvétel 1930. január 23-án és 29-én készült az Ikrék csillagképről. A felvételeken nyíl jelöli a lassan elmozduló Plútót (Fotó: Lowell Observatorium)





4. ábra. Felvételek a Plútóról - az Egyesült Államok Tengerészeti Observatóriuma 1,55 m átmérőjű asztrometriai távcsövével. A bal oldali képen a bolygó korongja fölött látható kis kidudorodásra lett figyelmes James W. Christy, így fedezte fel a Charont. A jobb oldali képen a két égitest ugyanabban az irányban látszik (Fotó: US Naval Observatory)

alakzatot is fel lehetett térképezni. Az Északi-sarkvidék tagoltabb felszínét egy sötét sáv osztja két részre, továbbá megfigyeltek egy fényesebb és több sötétebb foltot, amelyek együtt forogtak a bolygóval. A felvétel alapján megerősítették azoknak a jeges, fényes sarki sapkáknak a létezését, amelyek jelenlétére már a 80-as években közvetett úton (a fedések elemzéséből) következtettek. A kutatók szerint a világos területek fényvisszaverő képessége a frissen hullott hóénak felel meg, míg a sötétebb részek a piszkos hóra hasonlítanak. Nincs kizárva, hogy a különböző árnyalatok tényleges felszíni alakzatokat jelentenek, ám valószínűbbnek látszik, hogy az egyenletes felszínen a különböző kémiai összetétel válik szembeötlővé. Feltételezik azt is, hogy a sötétebb részeken azok a szénhidrogének fordulhatnak elő a felszínen, amelyek a különféle fagyott anyagokból a Nap ibolyántúli sugárzása és a kozmikus sugárzás hatására alakulnak ki.

A földi távcsövek is megpróbálták felvenni a versenyt a HST-vel. A Hawaii-szigeteken működő japán Subaru távcső 8,2 m átmérőjű főtükre, alkalmazkodó optikája és számos más csúcstechnológiájú megoldása lehetővé tette a Plútó és a Charon infravörös szinképének elkészítését. A Plútó szinképén a már ismert nitrogén, metán és szén-monoxid mellett az etán (C_2H_6) vonalai is kimutathatóak voltak. Természetesen mind a négy anyag szilárd halmazállapotban van jelen. Az etán származása talányos: lehet ősi eredetű, de az is lehet, hogy a kezdetől fogva jelen lévő metán bomlott el az ibolyántúli sugárzás hatására, majd a molekuladarabok egyesültek etánná. A szinképvonalak részleteit a laboratóriumi vonalakkal összehasonlítva azt is megállapították, hogy az etánmolekulák a -233 °C hőmérsékletű felszínen a nitrogénjégbe keveredve vannak jelen. A Charon szinképe vízjég jelenlétéről tanúskodik. Érdekesség, hogy a Plútó szinképében nincs nyoma a víznek, a Charon szinképében viszont nem található meg a

Plútón azonosított négy anyag egyike sem.

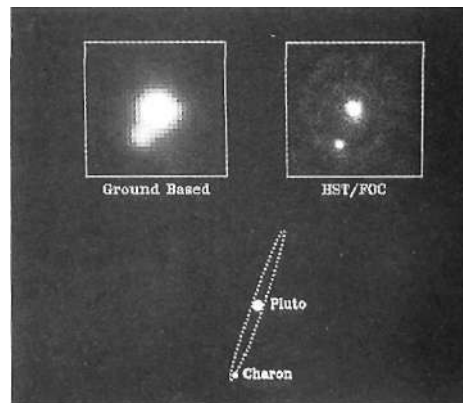
Idáig fejlődött a technika Tombaugh halvány fénypontja és Christy kissé elnyúlt korongja óta. A következő lépést a Plútót felderítő űrszonda fogja jelenteni, de erre később visszatérünk.

Mégsem bolygó?

A csillagászok kezdetől fogva tisztában voltak a Plútó szokatlan pályájával. Nap-pályahajlásával (17 fok) és pályája erős lapultságával egyaránt „kilóg a sorból”. Az elnyúlt pályáról különösen 1979 és 1999 között kellett sokat beszélni, amikor a Plútó közelebb járt a Naphoz, mint a Neptunusz. Számtalanszor kellett elmagyarázni, miként lehet, hogy a legtávolabbi bolygó most mégsem a legtávolabbi. Talán ez is közrejátszott abban, hogy a 90-es évek végén néhány csillagász komoly formában felvetette: a Plútót bolygóból kisbolygóvá kellene visszaminősíteni, és ennek megfelelő katalógusszámmal kellene ellátni. A felvétel mellett és ellen szóló érvek egyaránt figyelemre méltóak voltak.

A Plútó nagyon kicsi, átmérője hatoda a Földének, de a Naprendszerben hét olyan holdat is ismerünk, amelyek nagyobbak nála. Egyetlen más bolygónak sincs saját magához képest olyan nagy holdja, mint a Charon, ezért sokan ketősbolygónak tartják a rendszert. Tiszteséges nagybolygók nem szokták keresztezni mások pályáját, mint azt a Plútó teszi. Egyesek még arra is gondoltak, hogy a Plútó a Neptunusz megszökött holdja lehet, ezt azonban a dinamikai számítások nem támasztották alá. Sűrűsége 2 g/cm^3 körüli, vagyis kőzetek és jég keverékéből áll. Márpedig a kőzetbolygónak a Naprendszer belsejében a helyük. Akárhogy is nézzük tehát, a Plútó tulajdonságai nehezen illeszkedtek abba a képbe, amely a Naprendszerrel a XX. század végén kialakult.

Különbsége ellenére a Plútó bolygó mivoltát 1992-ig senki sem vonta két-



5. ábra. A Plútó és a Charon a Hubble-űrtávcső 1990-ben készült felvételén (jobbra). A két égitest világosan elkülönül egymástól, míg a korabeli legjobb földi felvételen még szinte

egybeolvadnak (balra). A két égitest távolsága éppen másfél földátmérő. Az alsó vázlat a Charon keringési pályájának helyzetét mutatja a felvétel készítésekor. A HST felvételén a két égitest körüli ködösséget a főtükör akkor még korrigálatlan csiszolási hibája okozza (Forrás: NASA/HST/STScI)

ségbe. Akkor fedezték fel az 1992 QB₁-et, az első, Neptunuszon túli kisbolygót, vagy mai szóhasználattal az első Kuiper-objektumot. Ez másfélszer messzebb van a Naptól, mint a Neptunusz, és létezése arra utalt, hogy minden bizonnyal nem a Plútó az egyetlen nagyobb égitest a bolygórendszer peremvidékén. A 90-es években még nem találtak a Plútó szerény méretét felülmúló égitestet a környéken, fizikai tulajdonságait tekintve azonban a Plútó sokkal inkább az egyre-másra felfedezett Kuiper-objektumokra hasonlított, semmint a Naprendszer többi nyolc nagybolygójára. A statisztikai vizsgálatok alapján már akkor is könnyen elképzelhetőnek tartották további Plútó-méretű testek előfordulását a térségben.

A vita oly mértékben kiszélesedett, hogy a Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) célszerűnek tartotta 1999. február 3-án kiadott sajtóközleményében egyértelműen kifejezteni hivatalos álláspontját. Eszerint az IAU egyetlen bizottsága vagy munkacsoportja sem tett hivatalos javaslatot a szervezet felé, amelyben a Plútó státusának megváltoztatását kérte volna. A közlemény elismerte, hogy a Plútó tulajdonságai hasonlóak az újonnan felfedezett Neptunuszon túli égitestekéhez, ám világosan leszögezte, hogy mindez nem veszélyezteti a Plútó bolygó státusát.

Az IAU persze előre látta, hogy a történetnek ezzel nincs vége, hiszen a csillagászati műszerek rohamos fejlődésének következtében várható volt újabb, a Plútóhoz hasonló égitestek felfedezése. Mindamelllett az érzelmek vezette hagyománytiszteltet és a korrektség egyelő-



6. ábra. A Hubble-űrtávcső javítása utáni felvétele (1994. II. 21.) a Plútóról és holdjáról. A kép alapján a két égitest átmérője 1% pontossággal meghatározható volt (Fotó: dr. R. Albrecht, ESA/ESO Space Telescope European Coordinating Facility; NASA)

re diadalmaskodott a technikai szemlélet fölött, amelynek hívei egy-egy új felfedezés nyomán hajlamosak lennének gyökeresen átrajzolni a Naprendszer jól bevált képét. A Plútót Tombaugh bolygónak fedezte fel, ezért bolygónak is kell maradnia.

Kuiper jeges világi

Évtizedeken át a Plútót tudtuk a Naprendszer legtávolabbi bolygójának. Ez azonban csak a bolygórendszer határát jelenti, magának a Naprendszernek a határa sokkal távolabbra tehető. Lassanként kiderült, hogy a Neptunuszon túl új csodák várnak a kutatókra. Jan Oort 1950-ben az üstökőspályák statisztikai elemzéséből arra a következtetésre jutott, hogy valahol a Naprendszer szélén óriási számban kell inaktív üstökös-magoknak tartózkodniuk. Számukat egybillióra becsülte, együttes tömegük talán meghaladhatja a Jupiterét. Az apró és roppant távoli égitestek közvetlen megfigyelésére azonban nincs mód. Egyes vélemények szerint a 2004-ben felfedezett Sedna kisbolygó lehet az Oort-felhő legbelső égitestjeinek egyike.

A Kuiper-öv jóval közelebb van, éppencsak túl a Neptunusz pályáján. A 30 és 50 csillagászati egység közötti távolságban elhelyezkedő, korong alakú térrészben rengeteg kicsiny, jeges égitest található. Nevét arról a Gerard Kuiper-ről kapta, aki először vetette fel a rövid periódusú üstökösök forrásaként egy ilyen öv létezésének a lehetőségét. Becslések szerint legalább 35 000 olyan égitest tartozik a Kuiper-övébe, amelynek az átmérője meghaladja a 100 km-t. Ha ez igaz, akkor együttes tömegük több százszorosa a Mars és a Jupiter közötti kisbolygóöv aszteroidáinak össztömegénél. Eddig már sok százat sikerült felfedezni. Sok közülük - akárcsak a Plútó - a Neptunusszal 3:2 arányú rezonanciában kering, vagyis keringési ideje pontosan 1,5-szerese a Neptunuszénak. A legfényesebbek közül néhány szokatlanul vörösnek látszik. 2002 végén találták meg az első, 1000 km-t meghaladó átmérőjű Kuiper-égitestet, a Quaoart, amelyik egyébként az 50 000. lajstromozott kisbolygó lett.

A Neptunusz perturbáló hatására a Kuiper-öv egyes égitestjei kisebb pályára térnek, egészen a Jupiter pályájáig behatolnak. Jelenleg kilencet ismerünk közülük, ezek az elkóborolt Kuiper-objektumok alkotják az ún. Kentaurok csoportját. Egyes csillagászok véleménye szerint maga a Plútó, a Charon és a Neptunusz egyik holdja, a Triton ugyan-csak a Kuiper-övből származik. Az elmúlt év néhány felfedezése azonban alapvetően újrajzolta a legkülső Naprendszerrel alkotott képünket.

A 2003 UB₃₁₃ jelű égitestet már 2003 októberében lefényképezték a Palomar-hegyről, de nagy távolsága miatt az égitest olyan lassan mozog az égen, hogy a felvételeket kiértékelő szoftver nem vette észre az elmozdulását. Később azonban az objektumot a teljes égbolt Palomar-hegyi átvizsgálásának archívumában, egy 1954-ben készült felvételen is megtalálták. Így már ki tudták számítani, hogy az égitest 557 év alatt kerül meg a Napot, napközben 38 csillagászati egység (cse) a távolsága, most, naptávolban azonban 97 cse-re van a Naptól, így ez a legtávolabbi égitest, amit eddig a Naprendszerben megfigyeltek a csillagászok. Pályája 44 fokkal hajlik az ekliptikához, ami a Plútó szokatlanul nagy, 17 fokok pályahajlását is messze meghaladja. Egyesek arra gondolnak, hogy az égitestet nem a Neptunusz, hanem egy, a Naprendszer közelében elhaladó csillag lendíthette ilyen meredek pályára. Infravörös színképi vizsgálatok alapján úgy vélik, hogy felszínét metánjég borítja, így a ráeső napfény 60 százalékát veri vissza. Ebből és fényességéből következtetni lehet az átmérőjére, ami legalább 2280, legfeljebb 3400 km lehet. Vagyis méretét és összetételét tekintve meglehetősen hasonlít a Plútóra, bár egyértelműen nagyobb annál.

A 2003 UB₃₁₃ átmérőjének tavaly nyári meghatározásával nagyjából egy időben két további fontos felfedezésről is beszámoltak a csillagászok. A Keck Observatórium alkalmazkodó optikájú óriástávcsövével megfigyelték az ugyancsak két évvel korábban felfedezett 2003 EL₆₁ jelű Kuiper-objektumot. Legnagyobb meglepetésükre megállapí-

tották, hogy egy kicsiny hold kering körülötte, 49 500 km sugarú körpályán, 49 naponta megkerülve társát. A hold mozgását elemezve következtetni lehetett a kisbolygó tömegére, eszerint az harmada a Plútóénak. A kisbolygó infravörös színképében a vízjég vonalai az uralkodók, akárcsak a Charon esetében.

Végül, ugyanazon a héten még egy természetes Kuiper-objektumot találtak, ezt viszont újonnan. A 2005 FY₉ jelű égitest az előbb említett kettős kisbolygóhoz nagyon hasonló pályán kering, a Napot 285, illetve 309 év alatt kerül meg. Az újonnan talált kisbolygó átmérője a Plútóénak mintegy háromnegyede.

Nyolc? Kilenc? Tíz?

A felfedezések nyomán ismét fellángolt a 90-es évek végén kezdődött vita arról, hogy bolygónak lehet-e ezek után tekinteni a Plútót, illetve lehet-e a 2003 UB₃₁₃ esetében a Naprendszer tizedik bolygójának felfedezéséről beszélni. Tombaugh felfedezése óta nagyot változott a világ. Ma már a csillagászok pontosan tisztában vannak azzal, hogy a Plútó nem más, mint a Kuiper-öv egyik nagyböccsca, bár biztosan nem a legnagyobb tagja. Ha ma fedznék fel, senkinek a fejében sem fordulna meg, hogy ki kellene nevezni a kilencedik bolygónak. Sok szakember véleménye szerint egyetlen eddig vagy ezután felfedezett Kuiper-objektumnak sem járhat az a megtiszteltetés, hogy bolygónak nevezzük. Eszerint tehát az UB₃₁₃-nak sem, hiába nagyobb az átmérője, mint a Plútóé.

A Nemzetközi Csillagászati Unió kisbolygóközpontjának nagy tekintélyű vezetője, Brian G. Marsden szívesebben látná, ha csak nyolc bolygóról beszél-nénk. Szerinte az élet sokkal egyszerűbb volt, amikor csak nyolc nagybolygót tartottak nyilván, ezért vissza kellene térni ehhez az állapothoz.

Mások szerint viszont nem szabad utólag megváltoztatni a Plútó minősítését, hiszen ezzel visszamenőleg beleavatkoznánk a történelem menetébe. Tombaugh felfedezése és a Plútó bolygóvá minősítése ma már a csillagászat történetének elválaszthatatlan részévé vált. Így vélekedik az UB₃₁₃ egyik felfedezője, Michael E. Brown, a Caltech csillagásza is. Szerinte kilenc bolygónál kellene meghúzni a határt, ellenkező esetben ugyanis minden, a Plútón túl talált és a Plútónál nagyobb Kuiper-égitestet bolygónak kellene minősítenünk. Márpedig a Naprendszer legtávolabbi vidékein még jócskán rejtőzhetnek a Plútónál nagyobb testek. Felkutatásukban a földi óriástávcsövek mellett egy űrszonda is szerepet kaphat.

Űrszonda a Plútóhoz

Ha minden a terveknek megfelelően alakul, mire eljut ez a cikk olvasóinkhoz, már úton lesz a Plútó felé a NASA New Horizons nevű űrszondája (7. ábra). Az 500 kg tömegű szonda energiaellátását radioizotópos generátorok biztosítják - a Naprendszer távoli vidékein napelemes energiatermelésre már nincs lehetőség. Különleges műszaki feladatot jelentett a műszerek megfelelő hőmérsékleten tartása. A szonda hét tudományos műszert visz magával. A látható és infravörös tartományban működő képalkotó spektrométer készíti a hőmérsékleti és a kémiai összetételű mutató térképeket. Az ibolyántúli képalkotó spektrométer az égitestek légkörét vizsgálja. A rádiótartományban működő passzív sugázmérővel a légkör összetétele és hőmérséklete tanulmányozható. További műszerek vizsgálják a bolygó plazmakörnyezetét elsősorban annak megállapítása céljából, hogy milyen módon és mekkora sebességgel szökik meg a gáz a Plútó vékony légköréből. Végül az egyetemi hallgatók által épített pordetektor azt számolja, hogy naprendszerbeli hosszú utazása során hol, milyen gyakorisággal találkozhat a szonda porszemcsékkel.

A szonda a tervek szerint a 2006. január 11-én nyíló, egy hónapig tartó indítási ablakban startol, 2007 tavaszán a Jupiter lendít rajta egyet, miközben műszereivel szemügyre veszi az óriásbolygót, majd 2015-ben éri el fő úti célját, a Plútót, Naprendszerünk egyetlen bolygóját, amelyet még nem keresett fel űrszonda. A további Kuiper-objektumok felkeresése már csak ráadás, ha minden rendben működik (címképünk). * Létezik egy tartalék indítási ablak is, 2006. februárban. Ebben az esetben a szonda nem ejtené útba a Jupitert, így le kellene mondani a gravitációs lendítés, az úgynevezett hintamanőver lehetőségéről. Ennek megfelelően a repülési idő meghosszabbodna, így leghamarabb csak 2018-ban érné el a Jupitert.

A NASA New Horizons küldetésének tudományos célkitűzése röviden összefoglalható: meg akarjuk ismerni a Naprendszer peremén keringő jeges világokat, mindenekelőtt a Plútó-Charon kettősbolygót, és lehetőség szerint a Kuiper-öv egy vagy két további kisbolygóját. A kutatók szeretnék kifürkészni a távoli, jeges világok felszíni jellemzőit, geológiájukat, belső szerkezetüket és



7. ábra. A New Horizons űrszonda a Johns Hopkins Egyetem alkalmazott fizikai laboratóriuma szerelőcsarnokában. A felvétel a Plútó felfedezésének 75. évfordulóján, 2005. január 29-én készült (Fotó: APL/SWRI)

légkörüket. Szeretnének meggyőződni arról, hogy a Plútó-Charon páros joggal sorolható-e a Kuiper-égitestek közé. A műszerek alkalmasak a vizsgált égitestek - mindenekelőtt a Plútó és a Charon - felszíni kémiai összetételének feltérképezésére, a jellegzetes felszíni alakzatok lefényképezésére, felszíni hőmérséklet-eloszlásuk követésére. Megvizsgálják a Plútó légkörét, megállapítják, van-e esetleg a Charonnak is légköre, valamint esetleges gyűrűket és további holdakat keresnek a Plútó körül.

Mint láttuk, az elmúlt években a földi és űrtávcsövek is izgalmas eredményekkel gazdagították a Naprendszer külső vidékeire vonatkozó ismereteinket. Talán a most induló űrszondának köszönhetően tudásunk megsokszorozódik, és mire a Plútó felfedezésének századik évfordulójáról emlékezhetünk meg, addigra csaknem olyan részletességgel tárul a szemünk elé ez a titokzatos, sötét és jeges világ, mint amilyen részletesen az elmúlt évtizedekben a belső Naprendszert sikerült megismernünk.

IRODALOM

- Clyde Tombaugh-Patrick Moore: A sötétség bolygója (Gondolat, Budapest, 1989)
David Tytell: The New Kings of the Kuiper Belt (Sky and Telescope, 2005. október)
Honlapok:
P. Lowell: www.lowell.edu, Tombaugh: www.klx.com/clyde/ és archives.nmsu.edu/exhibits/tombaugh_website/, Kuiper-öv: www.ifa.hawaii.edu/faculty/jewitt/kb.html, Plútó-szonda: pluto.jhuapl.edu/
Bencze Gyula: A bolygóvadászok utolsó mohikánja (Természet Világa, 1993.7. sz.)

Szelvzetünkre állandóan külső és belső ellenségek leselkednek, ezek felismerése és ártalmatlanná tétele bonyolult védekezőrendszer, az immunrendszer feladata. Biztosítja a kórokozók (vírusok, baktériumok, gombák, egysejtű paraziták, illetve férgek) szembeni védelmet és folyamatosan elpusztítja a megváltozott saját fehérjéket, sejteket is. A proteaszóma, ez a minden sejtben megtalálható, hatalmas fehérjebontó enzimkomplex, alapvetően fontos része az immunrendszer felügyeleti munkájának, a sejtben belüli antigénekből ugyanis rövid peptideket készít. Ezeket aztán egy másik molekula az immunsejteknek mutatja be, hogy azok felismerhessék és elpusztíthassák őket. A sejt szemétfeldolgozóinak tartott proteaszómákra azonban nem jellemző, hogy nagy hatékonysággal gyártanak ilyen peptideket. Akkor hogyan alkalmazkodott mégis a proteaszóma az immunrendszer hatékony szolgálatára? Ezt mutatom be az írásomban.

Az immunrendszer különleges képessége, hogy különbséget tud tenni a saját és nem saját struktúrák között és ezekre eltérő módon reagál [1]. Antigénnek nevezzük azokat a molekulákat, sejteket, amelyeket az immunrendszer felismer. A nem sajátként felismert antigének immunválaszt váltanak ki, ami elpusztításukhoz és a szervezetből való eltávolításukhoz vezet. A szervezetbe jutó kórokozók először a természetes (veleszületett) immunrendszer elemeivel találkoznak, amelyek a - csak a káros mikrobákon megjelenő - molekuláris mintázatokat ismerik fel.

A törzsféjlődés folyamán később megjelent adaptív (alkalmazkodó) immunrendszer erre az ősből védekezőrendszerre épül, kiegészíti azt. Az adaptív immunrendszer sejtjeinek jó részét a csecsemőmirigyben fejlődő T-limfociták, valamint a csontvelőben kialakuló B-limfociták alkotják. Az adaptív immunválasz első fázisa az antigén felismerése. Ennek során a kórokozót az antigénprezentáló sejtek bekebelezik és a nyirokcsomókba (lép, nyirokcsomók) szállítják, miközben enzimekkel feldarabolják őket. Itt aztán a megfelelő antigénreceptort hordozó T-sejteknek „bemutatják” (prezentálják) a darabokat a fő hisztokompatibilitási génkomplex (MHC) által kódolt membránfehérjéikhez kapcsoltnak [2]. A T-sejtek sohasem a teljes antigént (molekulát vagy sejtet) ismerik fel, hanem annak csak bemutatott kis részét, az úgynevezett epitópot. Az antigénnel kölcsönhatásba került T-sejtek

* A képen a Nap 6,7 milliárd km távolból ragyog, megvilágítja az ekliptika síkjában fekvő, állatövi fényként ismert, a Naprendszer belső részében eloszló port. A Jupiter és a Neptunusz a Naptól jobbra, fényes csillagokként látszanak. A kép szándékosan némileg torzít, hiszen a valóságban a Kuiper-öv égitestjei sokkal messzebb vannak egymástól, mint ahogyan azt a kép érzékelteti.

LŐW PÉTER
Védekezés a vírusok ellen

Az immunproteaszóma

T-effektor-sejtek (CTL = citotoxikus T-sejtek) alakulnak, amelyek már képesek az antigént közvetlenül elpusztítani. Az immunválasznak ezt a formáját nevezzük *sejtközvetített* (celluláris) *immunválasznak*. A B-sejtek differenciálódása során viszont olyan effektorsejtek (plazmasejtek) képződnek, amelyek fehérjetermékei az *ellenanyagok* (immunglobulinok), az antigént ugyan közvetlenül elpusztítani nem tudják, de olyan folyamatokat indítanak be, amelyek erre képesek. Az immunválasz ez utóbbi, ellenanyagfüggő formáját *humorális immunválasznak* nevezzük.

Ha támadnak a vírusok

Vírusfertőzés esetén - mint más kórokozók elleni küzdelemben - döntő fontosságú a természetes immunitás elemeinek (interferonok, természetes ölüsejtek) azonnali aktiválódása, ami meggátolja a vírus túlzott elszaporodását. A vírusok elleni védekezés második fázisában, az adaptív immunválasz során, a celluláris és humorális immunreakció egyaránt aktiválódik. Ha a korábbi fertőzés miatt már vannak a szervezetben *ellenanyagok*, ezeknek fontos szerepük lehet az újabb fertőzés kezdeti stádiumában. A vírusburok antigénjei ellen termelődő ellenanyagok egy része ugyanis képes megakadályozni a vírus kötődését a gazdasejt megfelelő receptoraához. A *citotoxikus T-limfociták* a szervezetünk leghatékonyabb védekezőeszközei a vírusfertőzések és daganatok ellen. Ezek a sejtek pontosan felismerik a célsejtek felületén bemutatott rövid (8-10 aminosav hosszú) peptideket, amelyek az idegen

vagy rendellenes fehérjék (azaz a vírus vagy a daganatsejt) feldolgozásával keletkeznek és az MHC-I-molekulákhoz kötődnek a sejtfelületen.

Mint láhattuk, sejteink a bejutott kórokozókból, elsősorban vírusokból származó antigénikus peptideket „hordoznak” a felszínükön, hogy védekezőrendszerünk megkülönböztethesse a fertőzött sejteket a nem fertőzöttektől. De hogyan keletkeznek ezek a peptidek? A *proteaszóma*, egy ATP-függő, sok alegységből álló fehérjebontó enzimkomplex, sok feladata közül az egyik éppen az, hogy antigénikus peptideket gyártson [3]. A gond csak az, hogy a „közönséges” proteaszómák nem alkalmasak erre a feladatra, ehhez a gépezetet hatékonyabbá kell tenni, úgynevezett immunproteaszómákra van szükség.

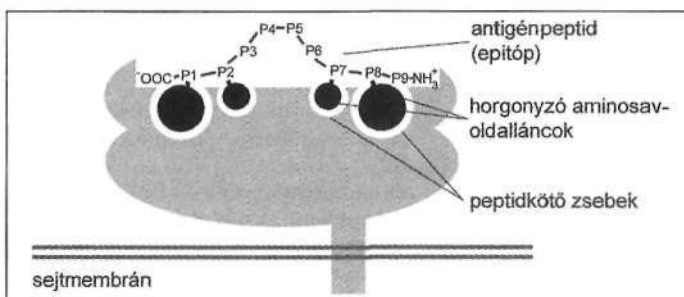
Veszélyes vírusalkatrészeket bemutató molekula

Az antigén bemutatása, a prezentáció olyan folyamat, amelynek során a fehérjetermészetű antigéneket a szervezet feldolgozza, és a keletkező peptidek az MHC-molekulákhoz kötődve megjelennek az antigéneket bemutató sejtek külső membránján. A klasszikus MHC-gének az Ig szupergén családba tartoznak, és termékeik az MHC-I és MHC-II osztályba sorolhatók. Az MHC-molekulák szerkezetének evolúciós vizsgálata egyértelműen

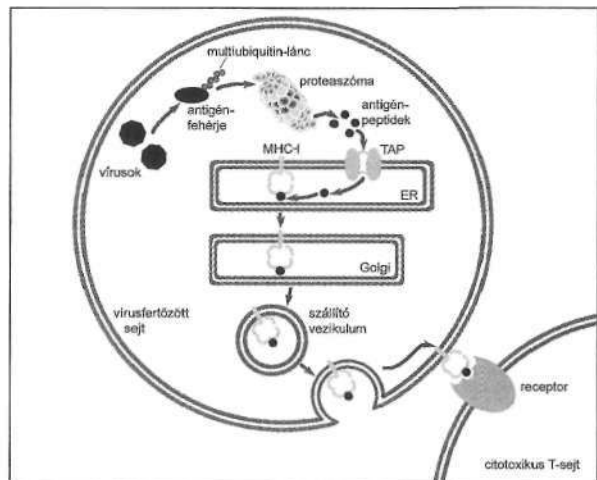
igazolta, hogy ezek az ősi és nagyon konzervatív felépítésű molekulák - szerkezetük állandóságának megőrzése mellett - a peptidkötőhely kialakításában rendkívül változatosak.

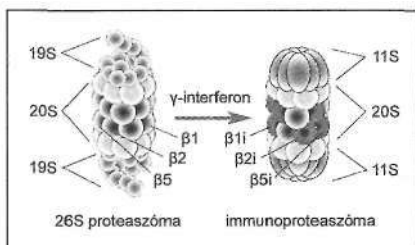
A peptidek kötődése az aminosav-oldalláncok és az MHC-I fehérjepeptidkötő árkában lévő zsebek kölcsönhatása révén jön létre (**1. ábra**). Az MHC-I-molekula aminosavakat befogadó zsebei az antigénpeptid C- és N-terminális aminosavainak oldalláncjaival alakítanak ki nem kovalens kölcsönhatásokat. A legújabb vizsgálatok azt igazolták, hogy egy adott szerkezetű MHC-I-molekula egyetlen peptidkötő árkát akár 300-500 különböző szekvenciájú peptid is elfoglalhatja. A peptidek mérete azonban szigorúan meghatározott: a legtöbb esetben 9, kivételesen 8 vagy 10 aminosavból állhatnak. Másik jellegzetességük, hogy a lánc egyes helyein tulajdonságaikban hasonló, ún. horgonyzó aminosavakat tartalmaznak, ezeknek köszönhető a kötés specifikussága. A szekvencia többi része bármi lehet. Egy peptid kinyújtott térszerkezetben úgy illeszkedik a kötőhelyre, hogy a két végén álló aminosavak oldalláncai mélyen a zsebekben ülnek. A kötőárokba csak a peptid középső szakaszának aminosav-oldalláncai tűnődnek ki a peptid hosszától és szekvenciájától függő mértékben (**1. ábra**). Mindez arra utal, hogy az antigénpeptidek bemutatásához elen-

1. ábra. Az MHC-I-molekula peptidkötő helyének szerkezete



2. ábra. Az antigén feldolgozása és bemutatása az MHC-I-molekulán vírusfertőzött sejtben





3. ábra. Az immunproteaszóma

gedhetetlen hosszra és aminosavsorrendre vonatkozó követelmények teljesítéséhez különleges fehérjebontó rendszerre van szükség, ami pont ezeknek a szabályoknak megfelelő termékeket készíti az idegen fehérjékből.

A vírusantigén útja a sejtfelszínre

A sejtközvetített immunválasz kialakulásához az MHC-I-molekulákon bemutatható peptidok bőséges jelenléte szükséges. Eleinte úgy gondolták, hogy ezek főként a normális fehérjeforgalom részeként lebontott proteinekből származnak. A legtöbb peptid sejtstruktúrákba épült, vagy metabolikusan stabil fehérjékből keletkezik, így felvetődik a kérdés, hogyan férközhet ezekhez a proteaszóma? Tudott, hogy az új fehérjék mintegy 40 százaléka a szintézist követő egy percen belül lebomlik. Valóban, a polipeptidok nagy része sosem veszi fel a természetes térszerkezetét transzlációs hibák, vagy a feltekeredés zavarái miatt. Ezeket a működésképtelen fehérjéket - melyeket *hibás riboszomális termékeknek* is neveznek - a proteaszómák gyorsan lebontják, vagyis fontos forrásai az MHC-I-peptideknek. Ez a szintézishez kötött feldolgozómechanizmus garantálja, hogy az immunrendszer előbb hozzáfér a hibás, illetve idegen fehérjékhez, mint hogy azok elérnék végső rendeltetési helyüket a sejtben, vagy a sejtben kívül.

A proteaszóma lebontja a betolakodó vírusból származó fehérjéket, illetve a hibásan felépült saját polipeptideket, az epitopokat tartalmazó fehérjéket. Ezek végleges karboxiterminálisát a proteaszómák alakítják ki, míg az ammoterminális oldalról még az ainopeptidázok rövidíthetnek rajtuk. Az így képződő peptidok aztán az endoplazmatikus retikulumba (ER) szállítódnak egy külön erre a feladatra specializálódott szállítómolekulán, a TAP-on keresztül (2. ábra). A szállítómolekula 8-16 aminosav hosszúságú, hidrofób vagy bázikus karboxiterminálisú peptidokat juttat az ER-be. Itt a peptidokat az aminosavak felől még tovább rövidíthetik az ER-aminopeptidázok. Az antigén-peptidek végül az MHC-I-molekulákhoz kötődnek. Az epitóp/MHC-I-komplexek aztán elhagyják az endoplazmatikus

retikulumot és a szekréciós útvonalon a sejt felszínre kerülnek, hogy a citotoxikus T-sejtek felismerhessék őket (2. ábra).

Az immunproteaszóma

Vírusfertőzéskor a természetes immunitás részeként γ -interferon termelődik, mely aktiválja az immunrendszert. Ennek hatására a proteaszóma-magrészecske három enzimatikusan aktív molekuláját új, úgynevezett *immunalegységek* helyettesítik az újonnan képződő komplexekben (3. ábra). Ráadásul a „közönséges” szabályozórészecske is lecserélődik egy új *proteaszómaaktivátor-egységre*. Az így kialakult, a sejt immunválaszban fontos szerepet játszó enzimkomplexet *immunproteaszómának* hívják.

Ha nincs gyulladás a szervezetben, a legtöbb sejt típusban nincs immunalegység-kifejeződés és a proteaszóma-aktivátor is csak nagyon kis mennyiségben fordul elő. Ez arra utal, nem szükséges, hogy a molekulák folytonosan jelen legyenek minden szövetben. Valójában sem az immunalegységek beépülése, sem a proteaszómaaktivátor fokozott termelése nem befolyásolja az ubiquitin-proteaszóma-rendszer antigénfeldolgozástól független feladatainak ellátását. Ezért az immunalegységek és a proteaszóma-aktivátor egyik lehetséges szerepe a citotoxikus T-sejtkészlet kialakítása.

A proteaszómát a fő antigénpeptid (epitóp-) előállító gépezetként tartják számon, mert pontosan az MHC-I-molekulák kívánalmainak megfelelő peptidokat készít a hibásan felépült saját proteinekből és az „idegen” fehérjékből. Egyes esetekben azonban más fehérjebontó enzimek (pl. tripeptidil-peptidáz) is hozzájárulhatnak ehhez a peptidkészlethez. Tekintve szűk hasítási specificitásukat, ezek a fehérjebontó enzimek csak kevés, az MHC-I-hez való kötődésre alkalmas peptidet tudnak létrehozni, így nem helyettesíthetik a proteaszómát ebben a fontos feladatában.

A kapunyitogató

A proteaszóma magrészecskéjének szerkezetvizsgálata kiderítette, hogy a henger alakú komplex két végén a bejárat zárva van, ha nem kapcsolódik hozzájuk szabályozó alegység, proteaszómaaktivátor. Ennek az az oka, hogy a külső gyűrűk alegységeinek láncvégei belógnak a járatba és elzárják az utat a katalitikus kamra felé. Mi és hogyan nyitja meg a bejáratot a proteaszóma? Akármelyik proteaszóma-szabályozórészecske kapcsolódik a külső gyűrűkhöz, mindegyik erősen megnöveli az inaktív proteaszóma fehérjebontását. A proteaszóma-aktivátor kötődésének hatására a külső gyűrűk alegységeinek végei

kifordulnak a szabályozórészecske ürege felé, és ezzel a lehető legnagyobb tárák a bejáratot kaput.

Az élő sejtben működő proteaszóma fehérjebontó működésének sebesség-meghatározó lépése nem a kapun való átjutás, hanem a szubsztrát megkötődése a szabályozórészecske, illetve továbbkerülése a magrészecskébe. Ha a proteaszóma-aktivátor kapcsolódása teljesen kinyitja a kaput, akkor hogyan befolyásolja a keletkező peptidok minőségét? Bár a kapu szerepéről viszonylag kevés kísérleti adatunk van, azért mégis tehetünk néhány megállapítást, mely alátámasztható mérési eredményekkel. Mivel a termék kilépése a proteaszómából nem aktív folyamat, hanem egyszerű diffúzióval történik, a kapu szélessége fogja ennek sebességét meghatározni. Vagyis, ha a kapu nincs teljesen nyitva, hosszabb ideig tartózkodik az átmeneti termék a katalitikus kamrában, és így rövidebb termékpeptidok keletkeznek. Ezzel ellentétben a tágra nyitott kapu rövidíti a kezelési időt, és így hosszabb termékek jönnek létre. A jelenség hasonló a turmixgép működéséhez: ha hosszabb ideig daráljuk a gépben az ételt, egészen összeaprózza azt, ha rövidebb ideig, akkor darabos marad. Az élesztő proteaszómáján pontosan igazolták is ezt a feltételezést, és kimutatták, hogy a termék hossza nem az aktív helyek egymástól való távolságától függ - mint ezt korábban hitték -, hanem a bontási időtől.

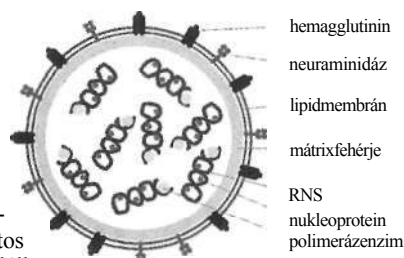
Ez a kapunyílástól függő peptidméret-szabályozás igen fontos az antigénbemutatás szempontjából. Az antigénpeptidok jó része nem 8-10 aminosav-hosszúságú - az MHC-I-en azonnal bemutatható egységekként keletkezik -, hanem 10-12 aminosavas előpeptid, amelyeknek még kurtitáson kell átesniük az N-terminálisukon. Az előpeptidok képződése igen fontos, hiszen sok antigénnek olyan aminosav van az aminoterminálisán (pl. prolin), mely megnehezíti a szállítómolekulák által közvetített bejutásukat az endoplazmatikus retikulumba. Az N-terminálison kissé meghosszabbított peptidok képzésével a proteaszóma lehetővé teszi ezek zavartalan bejutását az endoplazmatikus retikulumba, ahol aztán az MHC-I-hez kötődésnek éppen megfelelő méretre igazítás megtörténik. Az erre alkalmas aminoexopeptidázok megtalálhatók az endoplazmatikus retikulum üregében.

Miért jobb az immunproteaszómák közönséges társaiknál?

Az immunproteaszómák főként hidrofób C-terminálisú peptidokat készítenek, és a hasítási termékeik mindig hosszabbak 7 aminosavnál. Ezek a tulajdonságok szükségesek az MHC-I-molekulához való kö-

Az influenzavírus

Az influenza kórokozója az ortomixovírusok közé tartozik, egyszálú, negatív irányú RNS-t tartalmaz. Az influenza elnevezés az „influenza di freddo” (a hideg befolyása) szóösszetételből ered és az okozott betegség megfázással való gyakori összefüggésére utal. A vírus csak elektronmikroszkóppal látható, 80-100 nanométer (a nanométer a milliméter egymilliomod része) átmérőjű kis szabálytalan alakú gömb. Lipid kettős membrán burkolja, mely a fertőzött sejtből történő kiszabadulása közben kerül rá. A külső burok két, a vírus életképessége és az immunológiai felismerése szempontjából is fontos glikoproteint tartalmaz: *hemagglutint* (H) és *neuraminidázt* (N). A vírus belsejében található mátrixfehérje veszi körül a 8 különálló RNS-szakaszt, melyek mindegyike más-más vírusfehérjét kódol. Az RNS-szakaszok önmagukban tekerednek fel a nukleoproteinekhez és az RNS-polimerázhoz kapcsolódva. Az influenzavírus három altípusa (A, B, C) a mátrixfehérjék és nukleoproteinek alapján különíthető el. A leggyakoribb járványt okozó A típust - a hemagglutinin és neuraminidáz antigénvariációi alapján - további altípusokba sorolják. Az influenzavírus rendkívül változékony, antigénjeit sokféle variációban képes kombinálni a felszínén. Évente újabb és újabb altípusok és variánsok felbukkanása jelent kihívást az emberi népesség számára. A világméretű influenzajárványokat ilyen váratlanul megjelent új altípusok okozták: orosz járvány (1889), H2N2; spanyolnátha (1918), H1N1; ázsiai (1957), H2N2; hongkongi járvány (1968), H3N2. A jelenleg fenyegetést jelentő törzs a H5N1 jelű.

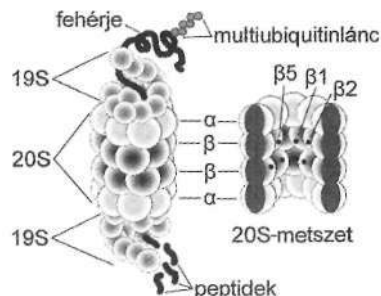


A néha évente megismétlődő, szűkebb területekre korlátozódó járványokat a kisebb eltérést mutató variánsok idézik elő. A fertőzés során termelődő antitestek csak arra a törzsre specifikusak, amely kiváltotta termelődésüket, tehát védelem kialakítani csak a már ismert, izolált és legyengített vírussal való oltással lehet. Az influenzavírusok ellenálló képessége kicsi. A testváladékok beszáradása, a különböző fertőtlenítőszeres vagy a 60 °C feletti hőmérséklet hamar elpusztítja őket. A emberi influenza elleni védőoltásokat november hónaptól lehetett kérni. A vakcinát hazánkban gyártják, az ENSZ egészségügyi szervezete, a WHO minden évben megadja, hogy azok milyen típusú emberi influenzavírus-törzsekből készüljenek. Ennek semmi köze a madárinfluenzához, amiben természetesen nem szerepel a H5N1 madárinfluenza-vírusterzs. Az emberek csak kivételesen betegszenek meg közvetlenül a madárinfluenza vírusától, teljes bizonyossággal kimondható, hogy a madárinfluenza vírusa emberről emberre nem képes áterjedni. Így felesleges az emberek tömeges immunizálása madárinfluenza ellen.

A WHO 2005 tavaszán 50 országnak megküldte azt az ázsiai H5N1 madárinfluenza-vírusterzset, amellyel ajánlott próbagyártást végezni a vakcinagyártási technika, technológia begyakorlására. Ebből készült a médiában nagy hírverést kapott hazai madárinfluenza elleni vakcina, amellyel közéleti személyiségeket oltottak be. Azonban ez a védőoltás nem nyújt védelmet az emberről emberre terjedő járványos emberi influenza ellen, csak a madárinfluenza H5N1 törzsei ellen. Amennyiben az emberi világjárványt okozó új vírus kialakul és azt izolálják, a WHO megküldi az országoknak azt a vírusterzset, aminek segítségével a tömeges emberi megbetegedéseket megakadályozni képes védőoltás kifejleszthető és annak nagyüzemi gyártása megkezdhető.

A proteaszóma

A multikatalitikus proteázként is ismert enzimkomplex *magrészcskéje* (20S) henger alakú és négy, egymáson ülő, héttagú gyűrűből épül fel. A két külső az α -gyűrű, a két belső a β -gyűrű. A peptidkötéseket hasító katalitikus aktivitás a β -gyűrű három alegységéhez kapcsolódik, melyeket β 1-nek, β 2-nek és β 5-nek neveznek. Aktív, szubsztrátkötő zsebük a henger belseje felé néz. Ez az elrendezés lehetővé teszi, hogy fehérjebontás csak az enzimkomplex belsejében történjen, vagyis megvédi a fehérjék nagy részét a véletlenszerű megemésztődéstől. A szabályozórészecske (19S) teszi lehetővé a bejutást a katalitikus kamrába. Ez a részecske 15 alegységből áll és az ubiquitinjel felismerésében, a fehérje legombolyításában, valamint a kamrába történő továbbításában van szerepe. Ha a magrészcse mindkét végéhez kapcsolódik egy-egy szabályozórészecske, az így kialakult komplexet 26S proteaszómának hívjuk.



tődéshez. A peptid-előállítás hatékonysága függ az első aminosav (P1) szekvenciakörnyezetétől, ami később a karboxiterminális-horgony lesz az MHC-I-hez kötődéskor (1. ábra). Az immunproteaszóma hasítási preferenciája megnöveli a hidrofób C-terminálisú peptidek kibocsátását és csökkenti a savas aminosavak utáni vágást, megfelelő horgonyt alakít ki ezzel az epitópokon az MHC-I-molekula kötőárába való kapcsolódáshoz. Ezzel az immunproteaszómák még hatékonyabb MHC-I-ligandumokat képeznek, mint a normálproteaszómák.

Mivel a proteaszóma az antigénpep-

tidok központi forrása, nem meglepő, hogy a vírusok összeütkezésbe kerülhetnek a proteaszóma fehérjebontó szerepével. Mindazonáltal, mivel a működő proteaszómák életfontosságúak a sejt számára és ebből következően a vírusok szaporodásához is, a vírusfehérjék csak módosítják a proteaszóma működését és nem blokkolják teljesen. A vírusok akadályozhatják a peptidek továbbjutását az endoplazmatikus retikulumba, vagy az MHC-I-fehérje sejt felszínre jutását. Gátolhatják az immunproteaszómák létrejöttét és ezzel egyes epitópok sikeres sejt felszíni bemutatását. A kutatók igyekeznek ezeket a vírus-

funkciókat minél részletesebben feltérképezni, hogy csökkenthessék a vírusok proteaszóma blokkoló hatásait.

IRODALOM

- [1] Természet Világa, 1998. 11. sz.
- [2] Természet Világa, 1998. 12. sz.
- [3] Természet Világa, 2000. 11. sz.
1. Duda Ernő: Állati vírusok, Mezőgazdasági Kiadó, 1980
2. Immunbiológia (szerk.: Gergely János, Erdei Anna), Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest, 1998
3. Kloetzel, P.-M. (2001): Antigen processing by the proteasome. *Nature Reviews Molecular Cell Biology* 2, 179-187.
4. Rivett, A. J. and Hearn, A. R. (2004): Proteasome function in antigen presentation: Immunoproteasome complexes, peptide production, and interactions with viral proteins. *Current Protein & Peptide Science* 5, 153-161.

BUJTOR LÁSZLÓ

Távolodó hasadékvölgyek és metánszivárgások egzotikus világa

A mélytengeri hasadékokhoz és szénhidrogén-szivárgásokhoz kapcsolódó gazdag faunák 1979 és 1985 közötti felfedezése és tanulmányozásuk mára alapjaiban formálta át képünket e nem fotoszintézis alapú létformáknak a helyéről és szerepéről Földünk történetében. A kezdetben ritkának és elszigeteltnek tartott földtani jelenségekről kiderült, hogy már 420 millió évvel ezelőtti létezők Földünkön, sőt első meghódítóik, a baktériumok már 3,2 milliárd éve lakják ezeket a környezeteket. A nagy kihalási események során ezek a védett bűvöhelyek menedékei lehettek az életnek, sőt kezdetben, a többsejtű élőlények kialakulása idején akár az evolúció „boszorkánykonyhájának” is helyet adhattak. A legfrissebb eredmények alapján számos kutató már azt feszegeti, hogy nemcsak a többsejtű állati, hanem magának a földi élet kialakulásának is ezekhez a tenger alatti, fénytől elzárt és védett világokhoz kellett kötődnie. Merészebb kutatók szerint az ilyen, vagy ehhez hasonló geológiai képződmények nemcsak Földünkön, hanem más bolygókon/holdakon is az élet kialakulásának bölcsői lehettek.

A hasadékközösségek felfedezése

Az óceánközépi hátságokhoz kapcsolódó hidrotermális hasadékvölgyek 1979-es felfedezése igazi tudományos szenzáció volt. A hihetetlen biológiai produktivitás, a fotoszintézis alapú ökoszisztémáktól teljesen különböző világ (1. ábra) élénk táru képei csodálattal töltötték el tudóst és laikust egyaránt. Ám sokáig a kutatók csak érdekes kuriózumnak tartot-

ták ezeket a mélyóceánok sivár lapályai közt meghúzódó életszigeteket, mígnem a célirányos mélytengeri kutatás valamennyi óceánban megtalálta a hidrotermális hasadékrendszereket és a hozzájuk kapcsolódó életközösségeket. Többé nem lehetett ezeket mindössze ritka ku-



1. ábra. A *Riftia pachyptila* csőféreg által uralt hasadékközösség a Csendes-óceánból

Forrás: <http://life.bio.sunysb.edu/marinebio/hotvent.html>

riózumnak tekinteni. A hasadékközösségek földtörténeti jelentőségén töprengő kutatók ismereteit 1985-ben újabb meglepetésként felfedezés bővítette a tengeri, nem fotoszintézis alapú élőhelyekről. A Mexikói-öbölben hideg vízi, tengerfenéki metánlencsékhez kapcsolódó, legalább ilyen gazdag, ám kisebb diverzitású közösségeket fedeztek fel. Ezeket az ökoszisztémákat (a hasadékközösségekhez hasonlóan) ugyancsak a kemoszintetizáló baktériumokkal szimbiózisban élő elsődleges termelők tartják fenn. Ezen mélytengeri oázisok kutatása néhány évvel ezelőtti kapott újabb lökést egy ismeretlen típusú, szintén nem fotoszintézis alapú életközösség felfedezésével. A Földközi-tengerből aktív geológiai törésvonalak mentén a tengeraljzaton kialakuló iszapvulkánok gazdag faunát táplálnak. Aztán 2005 tavaszán amerikai és európai kutatók csoportja az Atlanti-óceánból, 700 méteres vízmélységből újabb szenzációs felfedezésről tudósított: a ten-

geraljzaton kialakuló szerpentinit-anyaközet alapú, langyos füstölőkhöz kapcsolódó, fehér színű, meleg vizes, 10-15 m magas, porózus anyagú karbonátos tornyokat fedeztek fel! Ezekben langyos, 15-75 °C-os, tápanyagban dús tengervíz áramlik az aljzatról a karbonátos kéményeken át a vízbe, újabb egyedi és ismét nem fotoszintézis alapú ökoszisztéma kialakulásának vetve meg az alapjait.

Röpke negyedszázad alatt tehát a kezdetben elszigetelt és idegen kuriózumnak tartott, tenger alatti, nem fotoszintézis alapú élőhelyek képét egy komplex, kiterjedt, hosszú fejlődéstörténettel rendelkező és az élet kialakulása szempontjából kulcsfontosságú, majd a kihalások idején menedéket adó környezetek változatos képe foglalta el. Az alábbiakban ezeket a csodálatos környezeteket mutatjuk be, olyan meglepetésként kezdeti lehetőségekkel, amelyekre az első hasadékközösségeket 1979-ben megpillantva még senki sem gondolhatott.

A „klasszikus”, forró vizes (akkréciós lemezszegélyekhez¹ kapcsolódó) fekete füstölők világa

A magas hőmérsékletű (<390 °C), szulfidos fekete füstölők felfedezését követően a kutatók felismerték, hogy az óceánközépi hátságok akkréciós zónáihoz kapcsolódó magas hőmérsékletű hasadékközösségeket a rift- (hasadék-) zónától általában 1, legfeljebb 5 km-es távolságban találhatják meg. A hasadékközön tengelyétől távolabb a földtani körülmények már nem teszik lehetővé az ilyen típusú (forró vizes, szulfidos) hidrotermális zónák létrejöttét. Ezek a környezetek tehát kizárólag az aktív óceáni riftzónákhoz kötődnek. Egy-egy hidrotermális hasadék 100-1000 évig aktív, kiterjedése a néhány métertől a néhány kilométerig terjed. A fekete füstölők részletes tanulmányozása biológiai érdekességek tucatjainak felfedezéséhez ve-

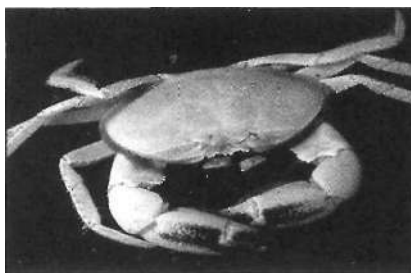
¹ Akkréciós lemezszegély: olyan, általában az óceáni közetlemezekhez kapcsolódó aktív lemezszegélyek, amelyek a köpenyeredetű feláramlási zónák fölött helyezkednek el. A feláramló köpenyanyag tolja szét és építi az óceáni litoszféralemezeket, mely folyamat végső soron a kontinensvándorlás motorja és a Földünk aktív földtani arcát formáló és mozgó erők eredője

zetett. A füstölők oldalában a maga által készített fűregcsővekben él a nem mindennapi *Alvinella*, amely Földünk csúcs-tartó termofil (hőtűrő) többsejtű állata: egyetlenként a többsejtű állatok közül mégél, sőt kedveli a 80 °C feletti hőmérsékletű környezetet. Egy-egy új megnyíló hasadékokat a legújabb megfigyelések szerint (Van Dover, 2000) mindössze négy év alatt hódítanak meg elsőként a különféle csőfűregcsék (pl. a 2 m-es hosszúságot is elérő Riftia), majd kialakul a csőfűregcsék és a kemoszintetizáló baktériumokkal szimbiózisban élő óriáskagylók (*Calyptragenia*) és felsőbbrendű rákok (pl. *Bythograea* - 2. ábra) uralta csodálatos élővilág. Az eddig leírt leghatalmasabb fekete füstölőt az Alvin búvárhajóval fedezték fel a Csendes-óceánban. A leírt „Godzilla” nevű komplexum olyan magas, mint egy tizenöt emeletes lakóház: 45 m-rel magasodik a tenger aljzata fölül. Időnként egyes füstölők mintha hófelhőket bocsátanak ki magukból, árasztják el környezetüket pehelyszerű, legfeljebb 2 cm-es nagyságú baktériumbolyhokból álló felhőkkel. A felhőket alkotó baktériumok a hasadékok mélyebb, tengerfenék alatti anaerob, forró és nedves környezetében hihetetlen módon képesek elszaporodni, s egy-egy kitérés során hóesésszerű fehér paplannal borítják be környezetüket. A kutatókat meglepte, hogy ezek a baktériumok milyen ősi típust képviselnek, ám ez fontos jelzés volt abba az irányba, hogy az élet kialakulása valaha ilyen hasadékokhoz kötődhetett. Egyes kutatók szerint ezek az ősi baktériumok már 3,2 milliárd éve meghódították a hasadékokat, és azóta szinte változatlanul tenyésznek ebben a - számukra - stabil környezetben.

A kutatók ma már két típusba sorolják a nem fotoszintézis alapú tenger alatti közösségeket. Az első az akkréciós lemezszegélyekhez kötődő hidrotermális hasadékközösség, míg a második az általában konvergens lemezszegélyekhez kötődő, úgynevezett „hideg szivárgásos” (angolul cold-seep) és minden esetben CH₄- és H₂-feláramlásokkal együtt előforduló típus, amely kétféle közösségnek ad otthont. Mielőtt áttérnénk a hideg szivárgásos közösségek ismertetésére, egy megdöbbentő új felfedezést kell említenünk.

Alacsony hőmérsékletű hidrotermális karbonátos „fehér füstölők”

A hasadékszónától 5 km-nél távolabb tehát már nincsenek magas hőmérsékletű, szulfidos fekete füstölők. Ezért volt óriási meglepetés a Science 2005. januári cikke, amelyben Deborah Kelley és munkatársai egy teljesen új, alacsony hő-



2. ábra. *Bythograea* felsőbbrendű rák egy hasadékközösségből

Forrás: <http://people.whitman.edu/~vancey/bythograea.jpg>

mérsékletű, általuk „Lost City”-re keresztelt hidrotermális közösség felfedezéséről tudósítottak! Az új típusú közösséget a hasadékszónától távol, az óceánközépi hátság tengelyétől 15 km-re, a felsőköpeny-eredetű peridotitkőzet, és a tengervíz egymásra hatása során felszabaduló langyos-meleg (15-75 °C hőmérsékletű) és lúgos kémhatású (pH 9-11) oldatokból kicsapódó karbonátos kéményekben fedezték fel. A porózus, 10-15 méter magas karbonátos kéményekben kemoszintetizáló baktériumok végzik az elsődleges termelést, amelyekhez fajszerint legalább olyan diverzitású élővilág kapcsolódik, mint a fekete füstölők élővilága - bár a fehér karbonátos kéményeknél olyan mértékű biomasszatermelést, mint a fekete füstölőknél, nem figyeltek meg. Az eddig leírt 13 állattörzs fajaiknak 90 százaléka tizedmilliméteres nagyságú élőlényekből áll, bár a makrofauna is gazdag: főleg csiga- és Amphipoda-fajok mellett nagyméretű felsőrendű (geryonid) rákok és angolnák alkotják. A legmeghökkenőbb felfedezésnek mégis a Lost City fauna endemizmusa bizonyult: a leírt fajok 58 százaléka endemikus volt!

Az óceánközépi hátságokhoz tehát olyan speciális, meghökkenítő diverzitású, gazdagságú és gyakoriságú élőhelyek kapcsolódnak, amelyek jelenkori létezésé és faunája azt sugallja, hogy történetük nemcsak a jelen földtani folyamataihoz köthető, hanem hosszú, esetleg több százmillió éves előtörténetük lehet. Gyakorlatilag azóta létezhetnek, amióta akkréciós lemezszegélyek vannak Földünkön. A másik utalás az volt, hogy minden olyan geológiai környezetben, ahol a földtani folyamatok nem fotoszintézis alapú energiaforrást szabadítanak föl, a biológiai aktivitás is fokozódik, és a kínált - számunkra extrémnek tartott - környezetekben egzotikus élőhelyek és összetett, színes élővilág jelenik meg. Az ilyenfajta okoskodás, és az ebből levezethető célzott kutatási terv újabb élőhelyek felfedezését eredményezte.

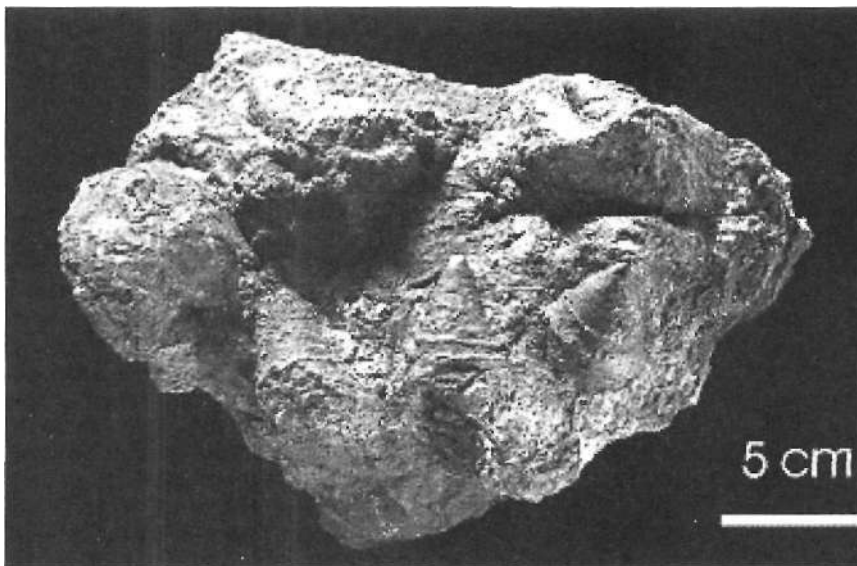
Tenger alatti iszapvulkánok metánszivárgása

Az 1999. évi kutatási szezonban Krétától délre, a mediterrán hátságon 1700 és 2000 méter körüli mélységben a *Nautilus* búvárhajó magas metánkoncentrációt mért. A helyszínt megközelítve a tenger-aljzaton a kutató tengeralfutár reflektórainak fényében fortyogó iszapvulkánokat pillantottak meg. Az iszapvulkánok a tengeralfutár geológiaiailag aktív töréss zónáihoz kapcsolódnak és újabb gazdag, kemoszintetizáló közösségnek adnak otthont. Az ökoszisztémát túlnyomórészt különösen kisméretű kagylók (*Mytilidae*, *Vesicomyidae*, *Thyasiridae*) alkották, amelyek jól ismertek más hideg szivárgásos közösségekből, illetve olyan *Lucinidae*-félék, amelyeket korábban kizárólag tengerparti, sekélytengeri környezetből említettek. A forró fekete füstölőkre oly jellemző soksertéjű (*Polychaete*) férgeket is felfedeztek. Ebben a közösségben legalább négy kagyló- és egy fűregfaj él szimbiózisban kemoautotróf baktériumokkal. Az iszapvulkánokban feláramló folyadékok és oldatok gazdag metán- és hidrogéntartalma táplálja a baktériumokat és képezi a tápláléklánc alapját, állapítja meg Olu-Le Roy (2004).

A hidrotermális közösségek története

Áttekintve ezt a gazdag és sokféle földtani környezethez kapcsolódó élővilágot, felvetődik a kérdés: mikor alakultak ki? Vannak-e nyomai a földtani és öslénytani anyagban ilyen, vagy hasonló közösségeknek? Mért nem tudósított eddig ezek felfedezéséről a földtan/öslénytan?

Már a XIX. század közepén-végén dolgozó geológus elődeinknek feltűnt, hogy néha egyveretű, mélytengeri üledékes összletekben furcsa, idegen kőzetes-tek iktatódnak a rétegsorba, minden esetben gazdag és nagyméretű példányokból álló egyedi, környezetétől elütő faunával és korlátozott földrajzi elterjedéssel (néhány métertől legfeljebb száz méteres laterális elterjedéssel). Nyilvánvaló, hogy a kor tudományos felkészültsége nem tette lehetővé, hogy akkor ezeket a mészkőblokkokat valamilyen recens geológiai-biológiai jelenséghez kapcsolják. E kőzetes-tek és a jelenkori szénhidrogén-szivárgásos faunák közötti analógia felfedezése előtt ezeket a befoglaló kőzettől idegen testeket - jobb híján - sekélytengeri zátonyoknak vagy padoknak vélték. A recens analógiák alapján úgy tűnik, hogy a szénhidrogén-szivárgásos életközösségekre mindig jellemző a foltszerű elterjedés és a befoglaló környezettől tökéletesen különböző fauna és litológia (MacDonald és mtsai., 1989).



De mióta léteznek ilyen közösségek? Vajon folyamatosan jelen voltak a földtörténet során, vagy csupán alkalmi szereplői a mindenkori bioszférának? A kérdést a geokémia módszerei segítették megválaszolni.

Miután az elmúlt 20 év kutatásai bebizonyították, hogy a hidrotermális hasadékközösségek megjelenése a hasadékvölgyek természetes kísérőjelensége, óhatatlannak tűnt a következtetés: ahogy az elmúlt 500 millió év földtörténetében a lemeztektonika és a kontinensvándorlás folyamatosan aktív jelenség volt, úgy az ezekhez kapcsolódó közösségeknek is folyamatosan létezniük kellett! A kutatók immár a földtani múltban igyekeztek megtalálni ezen közösségek árulkodó nyomait. Tevékenységüket siker koronázta. Ma már mintegy kéttucatnyi fosszilis hasadékközösséget ismerünk a Föld szinte valamennyi kontinenséről (házánkhoz a legközelebb Ciprus szigetéről, cenomán korú ofiolitos környezetből írtak le ilyeneket). A legöregebb hasadékközösséget az Urál hegységből írták le, szilur időszaki (420 millió éves) szulfidos ércecsedésből (3. ábra), míg a legidősebb hideg szivárgásos faunát alsó-devon rétegekből említik (Peckmann et al., 2000). A fosszilis hideg szivárgásos közösségek azonosítása jóval nehezebb, mint a karakteres, szulfidos ércecsedésekhez kapcsolódó fekete füstölőké. Egyértelmű „fülon csipésük” lehetőségére a részletes geokémiai kutatások világítottak rá. Ugyanis a szénhidrogén-szivárgások faunái, azaz a külső, karbonátos vázat építő héjas élőlények váza ujjlenyomatszerűen megőrzi az egykori környezet geokémiai jellemzőit, és árulkodik arról! Ezt az ujjlenyomatot a $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ és $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ stabilizotóp-arányok jelentik. Ezeket az arányokat az átlagos tengervízben standard-

nak, tehát nullának vesszük. De a szénhidrogén-szivárgásos faunák élőhelyein a stabilizotóp-arányok az átlagostól extrém módon eltolódnak, és jellemzően a -30-tól a -80 ezrelékig terjedő tartományba esnek. Ez a geokémiai jellegzetesség segít felismerni a kőzetekben megőrződött ősmaradványok hideg szivárgásos eredetét. Mai ismereteink szerint csak egyetlen természetes folyamat képes a tengervíz átlagos stabilizotóp-arányait a megfigyelték szerinti mértékben megváltoztatni: a szénhidrogén hideg szivárgások egzotikus stabilizotóp-aránya!

A gyanúnak bizonyuló kőzetek ősmaradványainak stabil izotópos elemzése tehát egyértelműen igazolja azok hideg szivárgásos eredetét. Amint ezzel a módszerrel a kutatók egyre több fosszilis hideg szivárgásos közösséget azonosítottak, lett egyértelmű, hogy a múltban az ilyen élőhelyek faunái a maitól alapvetően eltérő élővilágot éltek és hordoztak. Egészen a kora-krétaig a brachiopodák meghatározó szerepet töltek be a hasadékközösségek és hideg szivárgások közösségeiben (Campbell & Bottjer, 1995). Ezen új felfedezések mutatták meg az utat az őslénytan egyik rejtélyes eredetű ősmaradványa titkának a megfejtéséhez.

A *Peregrinella*-rejtély megoldása

A mezozoós őslénytan kutatás egyik megoldatlan rejtélyét jelentette 1819. évi leírásától a rejtély 1995. évi megoldásáig a *Peregrinella* brachiopoda genus története. Ez az ősmaradvány számos talányos, és évszázadokig megfejthetetlennek tartott rejtélyes tulajdonsággal rendelkezik. Ez a legnagyobb méretű mezozoós brachiopoda, a maga 6-7 cm-es (brachiopodák közt óriásnak számító)



4. ábra. *Peregrinella* sp.

Forrás: <http://nrs.ucdavis.edu/mclaughlin/naturalhis/region1.htm>

3. ábra. Tömeges szulfidérc a korai szilur korú Jamany-Kaszi (Urál hegység) fosszilis fekete füstölőből. Középen lent a kúp alakú *monoplacophora* puhatestű példányai (*Thermoconus shadlunae*), valamint balra középen néhány inarticulata brachiopoda (*Pyrodiscus lorrai-nae*) látható

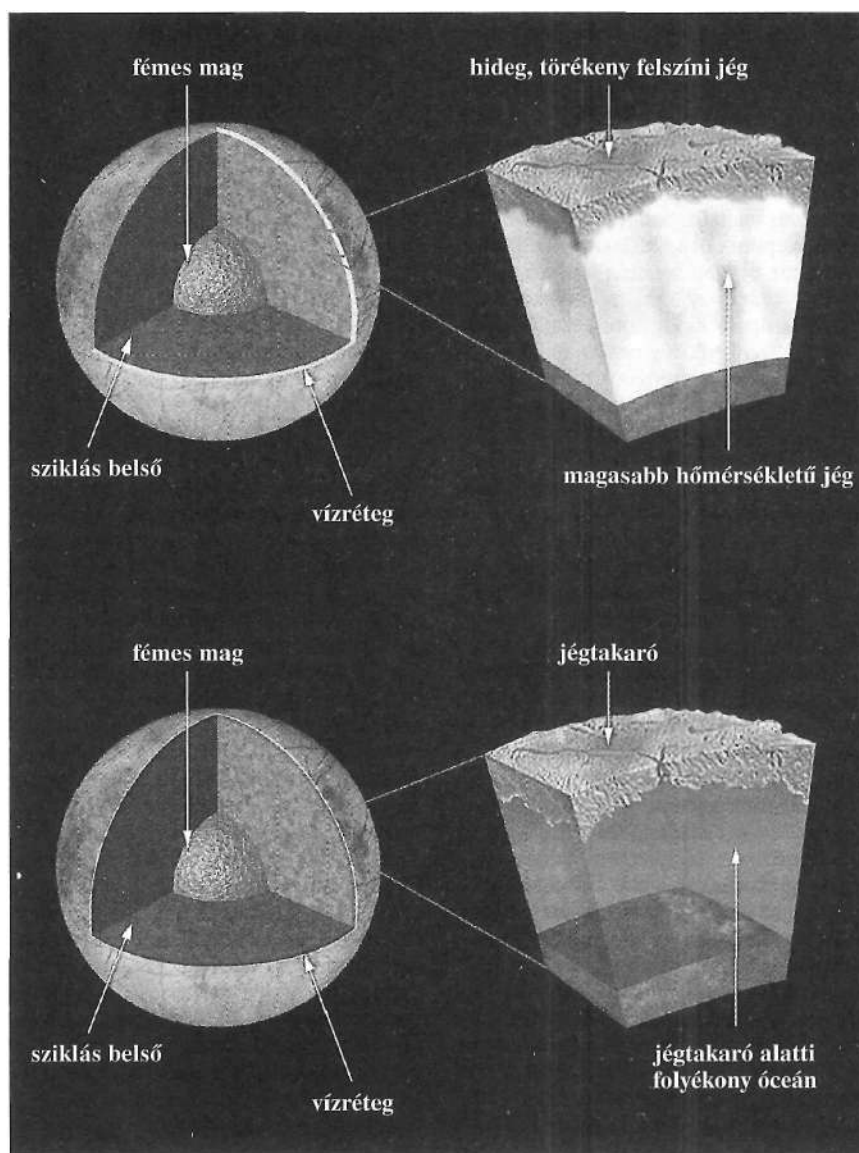
Forrás: <http://earth.leeds.ac.uk/people/little/>

méretével és egyedülálló morfológiájával (4. ábra). Zavarba ejtő elterjedésére már a XIX. századi névadók felhívták a figyelmet: A *Peregrinella* név a latin peregrini (per -át, túl; ager -föld), vagyis külföld szóból ered és zarándokot, külföldről jött idegent, deákot jelent. Nevéhez hűen az egykori Tethys medencéjéből, tehát a mai Kaliforniától kezdve egészen a Himalájáig megtalálható, ám minden lelőhelyen csupán foltszerűen, általában a befoglaló kőzetben található mészkölencsékhez, blokkokhoz kapcsolódóan, a befoglaló földtani környezettől látszólag függetlenül jelenik meg. Időbeli elterjedése az alsó-kréta rétegekre korlátozódik. A *Peregrinella* genust egyetlen brachiopoda-faunabirodalomba sem lehet besorolni, egyetlen kortárs brachiopodával sem mutat rokonságot, sőt elterjedése és eredete is megoldatlan maradt. Egészen 1995-ig, amikor amerikai kutatók (Campbell & Bottjer, 1995) eredeti magyarázatot dolgoztak ki a *Peregrinella*-rejtély megoldására. Elméletük szerint a *Peregrinella* eredetét nem a klasszikus, fotoszintézis-alapú ökoszisztémákhoz kapcsolódva, hanem a mélytengerek nem fotoszintézis alapú környezeteihez kapcsolódva kell keresni. Azért tűnt meghökkentőnek elméletük, mert egyetlen ma élő brachiopoda sem él szimbiózisban kemoszintetizáló baktériumokkal - a mai kagylókkal ellentétben, ahol ez a fajta szimbiózis igen elterjedt. Ám a brachiopodák karbonátos héjának izotópelemzése igazolta feltételezésüket. A fosszilis *Peregrinella*-példányok héjának izotópelemzését elvégezve a kutatók hipotézise igazolást nyert és megoldódott ennek a mezozoós brachiopodának a rejtélye. Bebizonyosodott, hogy a mai hasadékközösségekkel ellentétben 140 millió évvel ezelőtt a hasadékközösségek hideg szivárgásos típusú

sának meghatározó faunaelemét alkották a brachiopodák! Ez a felfedezés egy csapásra megoldotta a különleges méret és morfológia rejtélyét is. És persze azt is, hogy vajon ezek a lények miért oly egyediek a többi mezozoós brachiopoda közt. Azért, mert szinte egyetlen mezozoós brachiopodaként különleges környezetet hódítottak meg és voltak sikeres konkurrencsei a kagylóknak annak ellenére, hogy nem éltek szimbiózisban kemoszintetizáló baktériumokkal.

A rejtély megoldása újabb kérdéseket vetett föl: honnan származik a *Peregrinella*? Miért tűnt el? Miért vesztette el a kagylókkal vívott hosszútávú versenyt ezeknek a környezeteknek az uralásáért? Ezekre választ csak a jövő kutatásai adhatnak. Bár előzetes eredmények arra engednek következtetni (Campbell & Bottjer, 1995), hogy a mezozoós *Peregrinella* késő-devon brachiopodákból fejlődhetett ki, ám ez ma még nem több tudományos spekulációnál. Mint ahogy még az is csak spekuláció, hogy levonható-e bármilyen általános következtetés abból, hogy a földi nem fotoszintetizáló közösségek létezése alapján kereshetünk-e bármilyen exobiológiai analógiát?

A hasadékvölgyek és metánszivárgások az élővilág menedékhelyei, és az evolúció boszorkánykonyhái lettek volna? Bizony, a hasadékközösségek és metánszivárgások faunáinak tanulmányozása a földi élet kialakulása és fejlődése szempontjából is rengeteg új aspektust hozott. Egyes kutatók szerint a Földünk történetében 700 és 600 millió év közötti időszakban uralkodó extrém hideg éghajlat (népszerű nevén a „hólabda-Föld”-jelenség) idején még a Föld egyenlítői tengerei is befagytak, megsemmisítve ezzel az óceán felszínéhez közeli, fotoszintézis alapú élőhelyeket. Az elméleti megfontolások szerint csak a hasadékközösségek adtak menedéket a fejlődő életnek. Egyes kutatók szerint ezek a menedékek nem is menedékek, hanem az evolúció „boszorkánykonyhái” voltak, ahol e százmillió év alatt az evolúció kikísérletezte annak a 28-34 állattörzsnek² az „archetípusát”, amelyekre aztán valamennyi későbbi állat alapvető anatómiai tervrajza alapszik. A recens analógiák arra engednek következtetni, hogy rengeteg ilyen helyi evolúciós centrum, „kísérleti műhely” létezhetett, ugyanis egy-egy hasadékközpont önmagában is több, egymástól izolált területre bomlik (Van Dover, 2000). A hasadékközpontokra merőlegesen - minden



5. ábra. Az Europa nevű Jupiter-hold feltételezett belső felépítése

Forrás: <http://photojournal.jpl.nasa.gov/jpeg/PIA01669.jpg>

óceánközépi hátságra egyöntetűen jellemzően - hosszú, és jelentékeny transform vetők húzódnak. A leghosszabb ma ismert ilyen vető az Észak-atlanti-hátság „Rochambe” töréses zónájában húzódik, ahol két biogeográfiai egységet egy 935 km hosszú vetőzóna választ el egymástól! Ezek pedig olyan barriert alkothattak, amely a bimbózó állati létformák terjedése előtt gátat szabtak és izolálták egy-egy hasadékközpont élővilágát, növelve az egykori faunák diverzitását.

Az élet menedékei

Földünk történetében az extraterresztrikus eredetű katasztrófák szinte menetrend szerint jelennek meg és „söprik tisztára” az élet színpadát. Több olyan

globális hatású meteoritbecsapódásról tudunk, amely kis híján valamennyi magasabb rendű létformát letörölt Földünk-ről. Ám az óceánközépi hátságokhoz kapcsolódó oltalmazó élőhelyek a magasabb rendű tengeri szervezetek számára olyan menedékeket jelenthettek, amelyekről kiindulva később visszahódíthatták korábbi élőhelyeiket. Az öslénytani bizonyítékok azt sugallják, hogy a hidrotérmális hasadé- és hideg szivárgások közösségei már a múltban is az élet biztos menedékei és a biodiverzitás generálói voltak. Márpedig ha ezek az élőhelyek ennyire stabilak és a fölöttük elterülő több kilométer mély óceán ilyen jó védőernyőt alkot, akkor az is elképzelhető, hogy az élet kialakulásának kezdetén, az igazán heves meteoritbombázások lezá-

² Ma a taxonómusok sem egységesek abban, hogy a Földünkön jelenleg élő állatokat pontosan hány állattörzsbe lehet megnevezni pontosan. Jelen munka szerzője nem kíván - és nem is tud - ebben a vitában állást foglalni, ezért a többféle nézet érzékeltetésére adja meg a leggyakoribb szélsőértékeket.

rultát követően ezek az élőhelyek jelenthették az élet kialakulásának a bölcsőjét. Ezt a gondolatmenetet erősíti az, hogy a hidrotermális hasadékok még ma is igen ősi baktériumfaunának adnak otthont. A felsorolt bizonyítékok és következtetések mind azt sugallják, hogy az élet földi kialakulásának lehetséges bölcsőiről alkotott képünket radikálisan ki kell bővíteni, akár új elmélet után kell néznünk. Amíg azonban az erre vonatkozó bizonyítékok aprólékos gyűjtése zajlik, napjainkban az egyik leginkább fejlődő kutatási ág, az exobiológia úttörői a földtörténeti, őslénytani és biológiai adatokat elemezve hasonló élőhelyek után kutatnak a Naprendszerben, remélve, hogy az élet csírait máshol is ilyen élőhelyekhez kötvé találják meg.

A nem fotoszintézis alapú élet lehetősége a Naprendszer egyéb égitestjein

Jelenleg a hidrotermális hasadék- és hideg szivárgásos közösségek őslénytani múltjának és biológiai jelenének vizsgálata az őslénytani-biológiai kutatások egyik leginkább támogatott területe. A NASA több intézete is foglalkozik exobiológiai kutatásokkal, amelyek keretében vizsgálják a földi nem fotoszintézis alapú életformákat, kialakulásukat, fejlődésüket és biológiájukat. És teszik ezt azért, mert a legújabb planetológiai felfedezések azt mutatják, hogy a földi mélytengerek hasadékközösségeihez hasonló, vagy akár analóg élőhelyek kialakulhattak és földtani értelemben hosszú időn keresztül stabilan létezhettek/létezhetnek a nagybolygók egyes holdjait borító jégpáncél alatt. Azt ugyan kevesen gondolják, hogy olyan aktív és komplex jelenségre, mint a földi lemeztektonika, máshol is bukkannak, de arra már igen, hogy egy bolygó, vagy hold mélyének folyamatai olyan feláramlásokat létrehozhatnak, amely a bolygó/hold felszínén, vagy jégpáncélja alatt hasonló jelenségeket eredményezhetnek, mint amelyeket a hidrotermális hasadékoknál Földünkön látunk. Ráadásul a Galileo szonda mérései azt igazolták, hogy az Europa nevű Jupiter-hold jégpáncélja alatt 80-100 km-es mélységű sós óceán terülhet el (5. ábra). Bár a mérések erre utalnak, teljes biztonsággal ezt komoly tudósok mégsem állítják. Ha azonban igaz lenne, és valóban a 8-10 km-es jégkéreg alatt folyékony, sós vízű, 100 km-es mélységű óceán található, akkor annak vízkészlete a Föld teljes, édes- és sós víz-készletének kétszeresét foglalja magában! A víz olvadt állapotban tartásáért a Jupiter óriási tömege által gerjesztett árapályerők lehetnek a felelősek. Márpedig ezek az árapályerők akár a hold közetmagját is olvadt állapot-

ban tarthatják, s akkor a földihez hasonló hasadékrendszerek is létezhetnek a több száz km mélységű óceán aljzatán! Erre utalnak a Science-ben megjelent cikkükben Kelley és munkatársai (2005) is, amikor megjegyzik: „az ilyen jellegű rendszerek szerepet játszhattak az élet megjelenésénél és evolúciójában, és talán nemcsak Földünkön, de máshol is”.

Összegzés

A nem fotoszintézis alapú létformák felfedezése óta immár négy, teljesen különböző genetikájú, kémiai, működési és biológiájú nem fotoszintézis alapú életközösség-típust fedeztünk föl Földünk tengereiben és óceánjaiban. Az első recens analógiák alapján az őslénytani anyagban is megtaláltuk az ilyen közösségek nyomait, sőt ma már több tucat ilyen élőhelyet és faunát ismerve kijelenthetjük, hogy legalább félmilliárd éve folyamatosan létező ökoszisztémákról van szó. Ezek jelentősége túlmutat a jelenlegi földi biomaszában és élővilágban elfoglalt számszerű jelentőségüktől, vagy biológiai produktivitásuktól. Hosszú múltjuk, a földtani környezet nyújtotta különleges védőszerep miatt feltételezzük, hogy akár az élet kialakulása is ezekhez a hasadékokhoz köthető. Az exobiológiai kutatások fő iránya manapság az ilyen környezetek felé fordul, és az elmélet megerősítésére a legígéretesebb jelölt a Jupiter Europa holdja, amelynek vastag jégpáncélja alatt vízóceánt sejtene. Nem elképzelhetetlen, hogy két évtizeden belül az első Jupiter-holdszonda éppen az Europa fagyott jegére száll le, hogy megvizsgálja ennek a rejtélyes világnak a hatalmas óceánját. A Mars-kutatás gyarapodó eredményei mellett egy ilyen jellegű élővilág felfedezése jelentené az embernek a legtöbbet nemcsak természettudományos, hanem filozófiai értelemben is.

IRODALOM

- Campbell, K. A. - Bottjer, D. J. (1995): Brachiopods and chemosymbiotic bivalves in Phanerozoic hydrothermal vent and cold seep environments. *Geology* 23(4):321-324.
Campbell, K. A. - Bottjer, D. J. (1995): Peregrinella: an Early Cretaceous cold-seep-restricted brachiopod. *Paleobiology* 21(4):461-478.
Kelley, D et al. (2005): A serpentinite-hosted ecosystem: the Lost City Hydrothermal Field. *Science* 307:1428-1434.
Little, C. T. S. et al. (1999): Two Palaeozoic hydrothermal vent communities from the southern Ural mountains, Russia. *Palaeontology* 42(6): 1043-1078.
Olu-Le Roy, K. et al. (2004): Cold seep communities in the deep eastern Mediterranean Sea: composition, symbiosis and spatial distribution on mud volcanoes. *Deep-Sea Research I* (51):1915-1936.
Peckmann, J. - Campbell, K. A. - Walliser, O. H. - Reitner, J. (2000): A growing Paleozoic record of hydrocarbon seep deposits. *EOS Transactions, Fall Meeting Supplement, American Geophysical Union*, 81:OS61B-05.
Van Dover, C. L. (2000): The ecology of deep-sea hydrothermal vents. Princeton University Press, New Jersey 424 p.

A tudományos kutatás segít megismerni a természetet, feltárja az élettelen és élővilág titkait, működési mechanizmusait, elősegíti, hogy korrigáljuk a mechanizmusok hibáit és lehetővé teszi, hogy ezen felismerések alapján saját magunk vélt vagy valós érdekében beavatkozzunk a természetes mechanizmusokba. Mivel a kutatások többségének eredménye valós, előfordul, hogy a tudományos kutatás csalást vagy hazugságot takar. Ez érthető, hiszen a kutatást is emberek végzik, és a kutatók erőnei és vétkei alapvetően nem különböznek a más foglalkozást űző emberekéitől. Emellett a kutatókat csalásra serkentheti a „publish or perish” elve, azaz, ha nem közölsz, elpusztulsz, mert nem kapsz támogatást, kitesznek az állásodból stb.

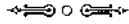
Vegyük úgy, hogy a tudományos család az élettudományi kutatás fejlődési rendellenessége. Ennek megfelelően a családok előfordulási gyakoriságát egyesek 0,04-0,1 százalékra teszik, míg mások szerint ez elérheti az 5-10 százalékot is. Nyilvánvalóan arról van szó, hogy hol húzzuk meg a határt, mint ahogy - a biológiai példánál maradva - a fejlődési rendellenességek esetében is elfogadott, hogy ezek gyakorisága 1-3 százalék, de van aki szerint a 100 százalékhoz közelít. Míg előbbieket csak a születéskor már észlelhető alaki vagy biokémiai elváltozásokat, addig utóbbiak minden anyajegyet fejlődési rendellenességnek tekintenek. De anyajegye gyakorlatilag mindenkinek van, így ha ezt átvetítjük a tudományos közleményekre, akkor még az 5-10 százalékos család is csekélynek mondható. Nézzük meg néhány kiragadott példa segítségével, mikor van szó a biológiai kutatásokban szándékos félrevezetésről, gondatlanság születte nagy tévedésről, vagy apró, az igazságot lényegesen el nem torzító kegyes családokról (anyajegyekről). Kezdjük a legismertebbekkel.

A szándékos család és a főnök vétke

1974-ben egy, az immunológiában áttörésnek látszó írás jelent meg a *Science* című vezető folyóiratban. Az írás alapján úgy tűnt, hogy lehetővé válik a nem rokon (genetikailag különböző) egyedek közötti szervátültetés, minden különleges gyógyszeres beavatkozás nélkül. A szerzők különböző törzse tartozó fekete és fehér bőrszínű egerek között végeztek bőrátültetést, és a cikkben látható fényképek által bizonyítottan, a fekete bőr tartósan megmaradt a fehér egerekben. A módszer lé-

CSABA GYÖRGY

Csalások és hazugságok az élettudományi kutatásban



nyege az volt, hogy átültetés előtt a transzplantátumot szövettényésztési körülmények közé helyezték, és ez elegendő volt fennmaradásához. A szerzők *William Summerlin* és *Robert Good* voltak, és az utóbbi nemzetközi elismertsége bőven elegendő volt a kísérletek hitelességének bizonyítására.

Alig telt el annyi idő, ami a cikk beküldése után annak megjelentetéséhez kellett, kitört a botrány. A neves kutatóintézet egyik szemfüles állatgondozója észrevette, hogy a fekete transzplantátumok megfakultak. Az egyik ilyen foltra alkoholt cseppentett, mire a feketeség „elcsorgott”, majd az alkohol lemosta a foltot. Kiderült, hogy a fekete foltokat filctollal festették a fehér bőrre. Summerlint azonnal felelősségre vonták, és eltávolították az intézetből, de Robert Good sem úszta meg az ügyet bántatlanul.

Minden új tudományos felismerésnek át kell esnie a mások által elvégzett ismétlés próbáján, mielőtt az tankönyvszerűen elfogadottá válna. Így, ha Summerlin eredményeinek utánvizsgálata megtörtént volna, fény derült volna arra, hogy a módszer nem jó. Ez esetben talán fel sem merül, hogy csalásról van szó, véletlen jelenségnek könyvelték volna el és nem hagyott volna maradandó nyomot. *Selye János* szerint - mint írja a tudományos kutatásról szóló „*Az álmotól a felfedezésig*” című könyvében - előfordul, hogy ugyanannak az intézetnek a harmadik és negyedik emeletén egymástól eltérő eredményeket kapnak, mert két különböző kutató másként adja be az injekciót, vagy eltérő a hőmérséklet stb. És ez valóban - ha nem is gyakran - megtörténik, ezért lényeges a tudományos dol-

gozatokban a módszer részletes leírása. A Summerlin-ügyben azonban a családi szándék nyilvánvaló volt és lelepleződött, mielőtt bárki megpróbálta volna a kísérletet megismételni.

Bár kezdetben feltételezték, hogy Good is részt vett a csalásban, szerepe később tisztázódott: nem ellenőrizte munkatársának eredményeit és mivel hinni akarta, hogy azok igazak, anélkül hogy különösebben utánanézett volna, nevét adta a kísérlethez. Good tudományos tevékenységének mintegy 50 éve alatt több mint 2000 cikket és 50 könyvet publikált szerzőként vagy társszerzőként, több kutatóintézet vezetője volt és számos bizottságban ülésezett, így nem látszik valószínűnek, hogy minden munkának alaposan utána tudott volna nézni. Megbízott a munkatársaiban, és egy közülük nem szolgált rá erre a bizalomra (persze, nem biztos, hogy csak egy, csak ez csalt akkorát, hogy annak nagyot kellett durrannia). Goodról azonban a csalásban való részvételt nem tudta lemosni az idő (utána még 29 évig élt és dol-

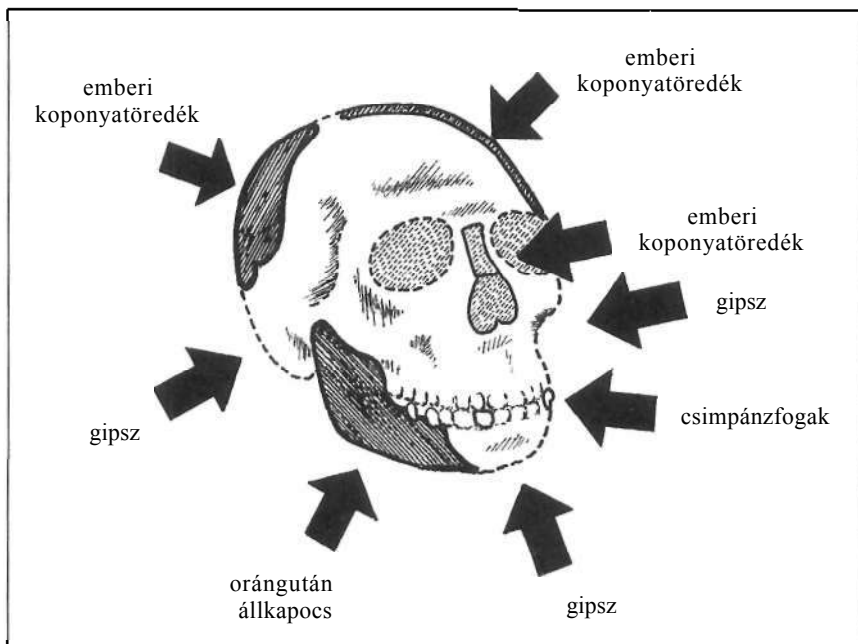
gozott), és bár korábbi és ezutáni munkássága alapján a Nobel-díj várományosaként tartották számon (elsőként ültetett át emberi csontvelőt, elkülönítette a T- és B-limfocitákat stb.), ezt nem érte el.

Volt azonban olyan világhíres kutató is, *David Baltimore*, aki Nobel-díjának elnyerése után került a tudományos csalás gyanújába. Baltimore a DNS-RNS-fehérjedogma megdöntője volt, aki bebizonyította, hogy nemcsak DNS-ről RNS-re, hanem visszafelé is történik átírás, legalábbis az RNS-től a DNS felé, a reverz transzkriptáz enzim közreműködésével. Ezért a felfedezéséért 1975-ben - indokoltan - orvosi Nobel-díjat kapott. A reverz transzkriptáz felismerése ugyanis nemcsak elméleti jelentőségű, hanem gyakorlati is: az RNS-vírusok - mint amilyen a HIV (AIDS) később felismert vírusa is - ennek segítségével íródhatnak át DNS-re, ami szaporodásukhoz szükséges.

Baltimore 1986-ban egy, *Thereza Imanishi-Karival* közös immunológiai munka társszerzője lett, melyben el nem végzett kísérletek adatai szerepeltek. A csalás hamar kiderült, de Baltimore elkövette azt a hibát, hogy nem vonta vissza a kéziratot és védte munkatársát. A botrány folyamatosan dagadt, eljutott egészen az Egyesült Államok Kongresszusáig, mivel mégiscsak egy Nobel-díjasról volt szó. 1991-ben Baltimore-nak le kellett mondania a csalás miatt a Rockefeller University elnöki (rektori) székéről is, és tudományos tekintélye meggyengült. 1996-ban egy szakértőkből álló bizottság tisztára mosta Imanishi-Karit, megállapítván, hogy nem csalt, csak „nagyon hanyag” volt, így Baltimore is fellélegezhetett.

Thereza Imanishi-Kari és David Baltimore 1996-ban, két nappal azután, hogy felmentették őket a csalás vádjától, csak „hanyagságot” állapítva meg és 10 évvel azután, hogy csalással vádolták meg őket





A piltdowni koponya rekonstrukciója darabjaiból és ami kiderült róla

Tanulásként megállapítható, hogy egy vezető kutatónak nem lehet tényként elfogadnia, ha egy munkatársa az ő vágyálma-it teljesíti, amíg annak hitelességéről meg nem győződött. Mennél jelentősebb egy felismerés, annál inkább kétségeink kell lennie, és ezeket csak akkor küzdheti le, ha a felismerés valódiságáról személyesen is meggyőződött.

A hosszú lejáratú tréfa

Charles Dawson, egy neves brit paleontológus 1912-ben megtalálta és ismertette az *Eoanthropus dawsoni*, a piltdowni embert, amely a majom és az ember közötti átmenet lett volna, mivel emberre jellemző koponyája és emberszabású majomra emlékeztető alsó állkapcsa volt. 1915-ben egy másik hasonlót találtak, ekkor vált az első lelet is teljesen elfogadottá. Az is maradt egészen 1949-ig, amikor fluorabszorpciós vizsgálatok kimutatták, hogy kapitális csalásról van szó. A koponya egy középkori emberé volt, míg az állkapocs egy orangutáné, a fogak pedig egy csimpánzé. A „régiséget” vas és krómsav keverékében történő pácolással érték el. A mikroszkópos vizsgálatok a fogakon karcolásokat is kimutattak, melyek az orangután állkapcsába való illesztéskor keletkeztek.

Bár lehetségesnek tűnt, hogy maga Dawson kreálta a leletet, valószínűbb, hogy őt is, meg a többi paleontológust is a tréfacsinálók szándékosan „átverték”. Így került gyanúba Sir Arthur Conan Doyle, Sherlock Holmes szellemi atyja, valamint a kiváló teológus és paleontológiai kutató, Pierre Teilhard de Chardin, mivel korábban

ők is jártak a koponya lelőhelyén. Később Martin Hintont gyanúsították a kreációval, de a tényleges hamisítót máig sem találták meg. Mindenesetre a piltdowni emberről közel 40 évig hitték, hogy a majom és az ember közötti átmenet, amihez hozzájárult, hogy a többi európai nagyhatalomnak már megvolt a maga ősembere; a Neander-völgyi a németeknek, a cro-magnoni a franciáknak, csak az angoloknak nem volt, tehát a piltdowni lelet igazán jól jött a nemzeti öntudatnak és segített elleplezni a csalást.

Igaznak látszik, de lehet, hogy csalás

Vannak olyan újszerű felismerések az élet-tudományokban, amelyek minden addigi ismeretünknek ellentmondanak. Ezek természetesen lehetnek igazak és rendkívüli jelentőségűek, de lehetnek olyanok is, amelyek hibás kísérleteken, vagy hibás következtetéseken alapulnak. A múlt évben külföldi és a hazai újságok világgá kürtölték, hogy egy aberdeeni kutató megtalálta a hosszú élet titkát, és módszerével az emberi élet akár 30 évvel is meghosszabbítható. John Speakman a pajzsmirigy hormonjában, a tiroxinban találta meg azt a molekulát, ami az életet meghosszabbíthatja, mivel egérkísérletekben ezt észlelte. Az újságok mindjárt hozzá is tették, hogy nevezett kutató 450 000 font (mintegy 162 millió forint) támogatást kapott a tudományos tanácstól kísérletei folytatásához, ami nyomatékosította a hírt. Speakman szerint a tiroxinnak szabadgyök-fogó hatása van, és ez volna az eredmények alapja.

A sejtek öregedéséhez a szabad gyökök felszaporodása valóban hozzájárul azáltal, hogy károsítja a plazmamembrán lipidjeit, a sejtek fehérjeit (enzimek) és - nem utolsósorban - a DNS-t. A sejteknek van is saját gyökfogó mechanizmusuk ezen káros hatások kivédésére, de ez nem mindig elegendő. A gyökfogók - mint amilyenek az E-, A- és C-vitamin, valamint számos szintetikus molekula - tehát valóban ellene hatnak a sejtöregedési folyamatoknak. Ez mindeddig nem volt ismert a tiroxinról, de ha bizonyítható, akkor tényleg jelentős felismerés. Van azonban néhány olyan tény, ami ennek ellene szól.

A tiroxin anyagcsere-fokozó hormon, melynek a magzati fejlődésben is fontos szerepe van azzal, hogy az agysejtekre hat, így hiányában szellemi visszamaradottság (kreténizmus) alakul ki. Ugyanez történik jódihiányos vidékeken annak pótlása nélkül, mert jók kell a tiroxin felépítéséhez. Az anyagcsere túlzott fokozódása ugyanakkor káros (izzadás, idegfeszültség, remegés, fogyás, fokozott időszakos szívdobogás, csonttritkulás stb. lép fel), melynek gyógyszeres vagy műtéti visszaszorítása szükséges. Emellett - és itt most ez a lényeges - az anyagcsere fokozódása - az eddigi tapasztalatok szerint - rövidíti az élettartamot. Az intenzív anyagcseréjű egér például 2-4 évet él, a lassú anyagcseréjű bőregér (denevér) mintegy húszat. Az ugyancsak lassú anyagcseréjű elefánt több mint 70 évet él, a nem a gyors anyagcseréjéről ismert teknős pedig akár 100-200 évet is. A 20 fokon tartott lassú anyagcseréjű gyümölcslégy élettartama 67 nap, míg 25 fokon ez 24,6 nap, és a gyors anyagcserét biztosító 30 fok esetében mindössze 8 napig él. Az anyagcsere-fokozó tiroxin tehát - az eddigi ismeretek szerint - nem látszik élettartam-hosszabbítóval, és antioxidáns hatását előbbi tulajdonsága lerontja, sőt negatíva fordíthatja.

A kérdés tehát az, hogy szabad-e az élet meghosszabbítását váró embereket csalóka ábrándokba ringatni. A 30 év ugyanis több, mint egy emberöltő. A tudományos fórumok által még nem bíralt, sőt e sorok írásakor még tudományos folyóiratban nem is közölt, az eddigi nézeteknek ellentmondó egéredmények feljogosítanak-e arra, hogy emberöltő értékű ígéreteket tegyünk? Ha az egéredmény nem is csalás (még nem tudjuk), a 30 év nyugodtan nevezhető hazugságnak, mely a szerző és a média összekacsintásából fabrikálódott és a tudományos etikát súlyosan sérti.

Hasonlóan kétségeket ébresztő tudományos munka volt az intelligens víz esete. Jacques Benveniste neves francia immunológus a múlt század nyolcvanas éveinek végén úgy találta, hogy a homeopátiás hígítások, melyekben már a hatóanyag egyetlen molekulája sem lehet jelen, befolyásolni tudják az immunsejteket, azaz a ható-

anyaggal egyszer már találkozott víz emlékezett és reprodukálta a hatást. A munkát - a bírálók közötti hosszas viták után - elfogadta a vezető tudományos folyóirat, a *Nature*, és a megfigyelés nagy médiavisszhangot is kiváltott. Voltak olyan munkacsoportok, amelyek meg tudták ismételni az eredményeket, de a többségnek ez nem sikerült. A legnagyobb csapást Benveniste-re az mérte, hogy a *Nature* főszerkesztőjének, a nagy tekintélyű *John Maddoxnak* és az áltudományok közismert lebukatójának, *James Kandinak* jelenlétében saját maga sem tudta megismételni az eredményeket. Ezzel a megfigyelés véglegesen átkerült a csalások kategóriájába és Benveniste 1991-ben elnyerte a nevetségességi (lg) Nobel-díjat a kémia területén.

Hétköznapi csalafintaságok

Az említett kiemelkedő és példaértékű csalások mellett vannak olyanok is, amelyek a megbocsátható és többé-kevésbé elfogadott kategóriába tartoznak, mivel gyakorlatilag minden kutató „műveli” azokat. Ilyen apró csalás például a tudományos eredmények kozmetikázása. Ma már gyakorlatilag lehetetlen egy tudományos eredményt statisztikai analízis nélkül közölni. A statisztikai módszerek azonban különbözőek, és az esetek többségében meg lehet találni azt, amelyik az eredményt előnyösebb színben tünteti fel. A statisztikai analízis alá bocsátott eredmények csoportosításának módja is elősegítheti, hogy olyan legyen az eredmény, amelyet a kutató még a kísérlet elkezdése előtt megálmodott. Vannak olyan eredmények, amelyek az analízisből jó szívvel kihagyhatók, mert az állat egyéb irányú viselkedése eltérő volt, mert a kísérleti körülményekben mutatkoztak eltérések, vagy mert az egyedi eredmény a csoportból „kilógott”. Ezek mind a kutató egyéni megítélése alá tartoznak és befolyásolják a következtetéseket. Az ilyen praktikáknak is megvan azonban az etikai határa, amelyet nem ajánlatos átlépni. *Alfred Kinsey* munkásságáról korunk szexualitásának tanulmányozásában azt mondhatnánk, hogy megrengette a világot. Többen is megválták azonban, hogy következtetéseit nem megfelelő mintákból merítette, mert a normális populációhoz tartozóknak tekintette a szexuális bűncselekmények miatt büntetett fegyenceket (nem keveset, mintegy 1400-at) és prostituáltakat, és ezek megváltoztatták az eredményt. A kozmetikázás és átcsoportosítás tehát annál kevésbé megengedett, mennél lényegesebbek a következtetések és mennél inkább befolyásolják az eredményt.

A következtetések rendszerint többször ismételt kísérletek eredményeiből adódnak. A testreszabott dolgozat elkészítésekor azonban nem látni, hogy az eredmé-

nyek egyértelműek voltak-e, vagy éppen séggel ellentmondóak, és azokat válogatták ki, amelyek a szerző elképzeléseinek megfeleltek. Amit leírnak tehát, igaz, csak az elhallgatások fényében tekinthető manipulálnak. Mennél többször ismételnék meg egy kísérletet, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy az eredmény elfogadható, azonban ezzel egyidejűleg nő annak valószínűsége is, hogy megjelennek a semleges, vagy éppen a következtetéssel ellentétes részeredmények is, melyeket az esetek többségében a dolgozatban nem említenek.

Egy tudományos dolgozatnak meghatározott struktúrája van. Van benne bevezetés, anyag- és módszerleírás, eredményismertetés, megbeszélés (diszkusszió) és összefoglalás, valamint az idézett irodalom jegyzéke. A szerző szándékától függően szerepel a bevezetésben és a diszkusszióban (ennek következtében az irodalomjegyzékben is) mindaz, ami a kísérlet elvégzését indokolta, alátámasztja azt, vagy ellene szól. A szerzők jó része mellőzi azt az irodalmat, ami kisebbiten az érdemeit, tehát amit mások már korábban megfigyeltek, főleg, ha ezek az adatok olyanok, amelyek csökkentik az adott munka újdonságát. A „publish or perish” elve nemcsak számszerűségben érvényesül, hanem az eredetiségben is, tehát igrkezni kell elcsalni mások érdemét, hogy a saját érdem növekedjék. Emiatt az eredmények ellen szóló irodalmat is ritkábban közlik, mint kellene, mert ez gyengíti az adott munka hitelességét.

Eléggye gyakori csalásnak tekinthető a plágium is. Az érthető, sőt dicsérendő, ha egy szerző korábban közölt dolgozatból emel ki eredményeket és azt a sajátjában közlésezi. Alapvető követelmény azonban, hogy annak nevét, akitől az idézet (eredeti formájában, vagy módosítva) származik, megemlítsék, ez néha (gyakran?) elmarad. Itt is nehéz megvonni a határt, hogy ez mikor bocsátható meg, és mikor lépi túl az etika által még elviselt határokat. Előfordul azonban az is, hogy teljes munkát átvesszünk sajátként feltüntetve, elsősorban a doktori (PhD-) disszertációknál. Az ilyenkor bemutatott kísérletek természetesen korrekt munkák eredményei és azok következtetései, csak éppen nem azé, aki azokat bemutatja.

Azonban nemcsak egy tudományos dolgozat szerzője csalhat, hanem annak bírálója is. Bírálatra ugyanis általában annak küldik a szerkesztőségbe érkezett dolgozatot, aki ugyanazzal a témával foglalkozik. Így a bíráló megirigyelheti az eredményt, beépítheti saját munkájába és azt közlési helyzetbe hozhatja, miközben hátráltatja a hozzá bírálatra érkezett munka megjelenését, „ráül” arra, kivitelezhetetlen javításokra kötelezi a szerzőt, vagy elutasítja a dolgozatot, hogy saját munkáját futtathassa be.

Az eredeti dolgozat szerzője a bírálót nem ismerheti, így legfeljebb meglepődhet, hogy valaki leelőzte, és hosszadalmas és tisztességes munkája kárba veszett.

Belső csalások

Ugyancsak a nagydobra nem vert csalások közé tartozik az, ha valakit egy tudományos munka szerzői között nem említenek meg, holott annak résztvevője volt. Egy, ennél is megszokottabb eset az, ha a dolgozat első szerzője nem az értelmi, azaz érdemi szerző, hanem valaki, aki a munkahelyi hierarchiában magasabb szinten áll. A munkahelyi főnök gyakran szerepel a szerzői lista utolsó helyén (senior author), mintegy fémjelvezve a dolgozatot, sokszor indokoltan, mert az ötlet tőle származik, vagy a következtetéseket ő vonta le (esetleg írta meg a dolgozatot), de nem ritkán nem is tudja, mivel foglalkozik a munka, csak nevét adja hozzá. Most már sohasem fog kiderülni, hogy Good vagy Baltimore érdemi résztvevői voltak-e a csalással minősített dolgozatoknak, vagy csak mohóságuk áldozatai. Ugyanígy előfordul, hogy valaki azért szerepel egy dolgozat szerzői között, mert - ahogy szokták mondani - a patkány farkát fogta, de az is előfordul, hogy a szerzők kölcsönösen beveszik egymást a listára, hogy így szaporodjék dolgozataik száma.

Csalás megrendelésre

Van olyan eset is, amikor nem a „publish or perish” a csalás kiváltó oka, hanem a környezet, amiben a kutató él, az a nyomás, amit a hatalom gyakorol, az ideológia, ami mintegy kötelezővé teszi a „tudományos” alátámasztást. Ez rendszerint a diktatúrákban fordul elő.

A náci diktatúrának alapvető ideológiai bázisa volt a fajelmélet. A tudomány szerint az emberiség ugyan eltérő rasszokból áll, de egységes faj. Mi sem bizonyította ezt jobban, mint a rasszok közötti eredményes párosodás, ami már a náci korszak idejében is ismert volt. Azóta a molekuláris genetikai bizonyítékok sora is rendelkezésre áll. Mivel azonban a náci vezetésnek ahhoz, hogy hitük szerint szalonképesse tegyék emberek egész populációjának rab- szolgasorba hajtását, illetve kiirtását, annak alátámasztása volt szükséges, hogy vannak magasabb rendű és alacsonyabb rendű emberi fajok. Ehhez megtalálták a megfelelő (tudósok nem nevezhető) szakembereket, akik képesek voltak csalni, hazudni és embereken kísérletezni, és akik közül a második világháború után nem egy a nürnbergi nemzetközi bíróság előtt felelt tetteiért.

A kommunista diktatúrát irritálta a génelmélet, mert ideológusaik úgy gondolták, hogy kizárólag a környezet felelős

azért, amilyené az élőlény - ebben az esetben az ember - válik. A kommunista környezet tehát kitermeli a kommunista embert, aki más, mint a többi, felelősségteljesebb, önfeláldozóbb stb. A gének ebbe nem szólhatnak bele, gyakorlatilag semmi szerepük nincs, ugyanakkor ami kialakult, az öröklődik. Megtalálták a megfelelő embert, egy mezőgazdász, *Trofim Gyenyiszoics Liszenkót*, aki Micsurin megfigyeléseire alapozva megteremtette a szerzett tulajdonságok öröklődésének tanát, és a diktatúra háttérsejtszerveinek igénybevételével gyakorlatilag kiirtotta a szovjet genetikát, a genetikusok kiirtásától sem riadva vissza. Ebben a légkörben csak az maradhatott meg, illetve juthatott előre, aki elfogadta vagy alátámasztotta a hazugságot, az eredmények meghamisításától sem határolódva el.

Ebben a légkörben a badar csalások tömege jött létre az orvosi kutatások területén is. Izompépből állítólagos harántcsikolt izomsejteket (rostokat) fejlesztettek ki, képeken demonstrálták, amint a vérsejtekbe idegnyúlványok hatolnak be stb. A legnagyobb karriert befutott család azonban *Olga Boriszovna Lepesinszkaja* nevéhez fűződik, aki az ideológiának megfelelően „bizonyította”, hogy a tyúktojásban a szikből (sárgája) sejtek keletkeznek, amelyek azután részt vesznek az embrió felépítésében. Ezzel - az ideológusok szerint - bizonyítást nyert, hogy élettelenből élő jön létre, amiért Lepesinszkaja, éppúgy, mint korábban Liszenko, megkapta a Lenin-díjat. Mindkettőjük csalásainak a Szovjetunió által uralt országokban is akadtak - sok esetben jobb sorsra érdemes - hívei, akik az ott szokásos „tudományos” díjak birtokosaivá váltak. A liszenkói terror nemcsak a Szovjetunió biológiai tudományának okozott nehezen helyrehozható károkat, hanem éppen az általa támogatott szerzett tulajdonságok öröklődésének (epigenetika) is, mivel a gén szitokszóvá válása - a helyzet megfordulásával - az epigenetikát helyezte évtizedekre törvényen kívüli állapotba.

A megrendelésre készült csaláshoz egyes esetekben még az adatokat sem kell meghamisítani, csak egy olyan keretbe tenni, amit a hatalom birtokosai megkívánnak. A nyiroksejtek például valóban bemennek a retikulumsejtekbe (emperipolesis), miután körbejártak a felületén (peripolesis), és előfordul, hogy ki is jönnek onnan, éppen csak ezt sejtszülésnek kellett nevezni és kapcsolatba hozni Lepesinszkaja tévtanával, és máris megvolt a magas elismerés. Vagy egy másik példa: amikor a tablettás fogamzásgátlást felismerték, és két év után vizsgálták a hormontablettákat fogyasztó nőket, valóban nem találtak káros hatást, csak ebből



Woo Suk Hwang dél-koreai kutató, nevéhez fűződik a XXI. század eddigi legnagyobb tudományos botránya

nem lett volna szabad levonni azt a következtetést, hogy a módszer bizonyítottan ártalmatlan, mivel a szteroidbombázásnak a következményei később voltak várhatóak és ez be is következett. De mert a megrendelő - a puha diktatúra - úgy kívánta, nálunk az éretlen adatokat arra használták fel, hogy eltagadják a módszer akkor még a jelenleginél sokkal kifejezettebb veszélyeit, és megtalálták azokat a szakembereket, akik a téves következtetések hirdetésére vállalkoztak.

A cikk aktualitását mi sem bizonyítja jobban, mint az, hogy a XXI. század eddigi legnagyobb tudományos botránya a cikk leadása óta - szinte napjainkban - robbant ki (pedig még alig kezdődött el a század). Woo Suk Hwang dél-koreai kutató cikket közölt a Science című vezető folyóiratban az általa előállított paciens-specifikus őssejtvonalakról. Ennek gyakorlati jelentősége óriási lenne, mivel nem kellene tartani attól, hogy az immunrendszer kilöki az átültetett őssejteket (figyelem, Summerlin is hasonló okból végezte kísérleteit!) A sajtó is kiemelten foglalkozott a kutatóval, ünneplve az eredményeket. Azonban röviddel a Science-cikk megjelenése után három - a szerzőhöz közel álló - kutató (az egyik maga is a cikk szerzői közé tartozott) közölte, hogy a cikkben hamis adatok vannak. Mint az ezek után elvégzett vizsgálatok kiderítették, a klónok többsége nem is létezett, a közölt cikkben két különbözőnek jelzett klón képe teljesen azonos volt (hogy nem vették észre ezt egy vezető tudományos lapban?) és egyetlen létező őssejtklón DNS-e sem volt azonos a donorként megjelölt paciens DNS-ével. Hwang bejelentette a cikk visszavonását, de a lavina már megindult. Vizsgálják ugyanis korábbi cikkeit is, mint például azt, amely ugyancsak a Science-ben jelent meg a klónozott humán embrióból előállított őssejtvonalakról, illetve két-ségbe vonják, hogy Snuppy, az első (szintén általa előállított) klónozott kutya valóban klón-e, vagy csak egy természetes úton nemzett kiskutya. Az eset részleteiben is kísértetiesen hasonlít a cikkben leírtakhoz, mivel Hwang családja magával rántotta a neves amerikai őssejtkutatót, Gerald Schattent (ő volt az omniózus 24 szerzős cikk „senior author”-a, mint mondják, csupán azért, mert kijavította Hwang cikkének nyelvi hibáit), akinek pedig 6,4 millió dolláros támogatása volt klónmájnok (sikertelen) előállítására.

A média szerepe

A tudományos eredményeket a szakfolyóiratokban közlik. Ez a normális út, ami lehetővé teszi, hogy a témához többé-kevésbé értő szakemberek megítélhessék a munka közlésre való alkalmasságát. Természetesen ez sok időt vesz igénybe és bár vannak folyóiratok, amelyek egy-két hónapon belül megjelentetik az arra érdemes tudományos közleményt, az sem ritka, hogy akár egy év is eltelik a közlemény beérkezése és megjelenése között. Ezért számos kutató, különösen azok, akik a tudomány forró pontjain munkálkodnak és úgy érzik, nagyon fontos felismerésre jutottak, nem várják ki a közlés „hivatalos” útját, és a szenzációra amúgy is éhes napisajtóhoz (újság, rádió, tévé) fordulnak, ami beindítja a közlési láncreakciót. Itt az eredmények közlése gyors, de nincs kontroll. Éppen ezért mindent el lehet adni, akár valódi, akár hamis, a megjelenés pillanatában az értéke egyforma, és csak az idő, illetve a szaksajtóban való megjelenés, vagy meg nem jelenés mutatja meg a valódi értékét. A sajtó képviselői félrevezethetők, akár az eredmény közlőjének rangja miatt, akár azért, mert az eredmény nagyon fontosnak, a közérdeklődésre alkalmasnak látszik. Így került a napisajtóba *Speakman* munkássága és így kerülnek hétről hétre hírek a rákellenes anyagokról, tesztekéről. Az újságíró nem élettudományi szakember, így azt sem köteles tudni, hogy egy cikk kongresszusi bejelentésének elfogadása még nem jelenti az előadás tartalmának való voltát, és ha a szerző ezzel akarja a létező igazat, megteheti. A laikus olvasó pedig elhiszi, hogy valami nagyon fontos történt. Amíg a telekommunikáció és a napisajtó nem jutott ekkora szerephez, a csalások hamarabb lelepleződtek, esetleg nem is jutottak a laikusok tudomására, és leleplezőjüknek nem kellett számolnia a laikusok által gyakorolt ellennyomással. Nem lehetett valaki nagy szenzáció felismerője, ha összesen egy egérnek adta a kísérleti anyagot és egy másik volt a kontroll (konkrét eset), miközben a média által felhergelt laikusok követelték, hogy ők is hozzájuthassanak a csodaszerhez. Mert a beteg embereknek a csalás nyújtotta a reményt, és a gonosz, kritikus tudomány elvette azt.

A csalások - mint ahogy másutt sem - a tudományban sem fognak megszűnni, sőt mennél több ember vesz részt a tudomány művelésében és mennél nagyobb az igény a gyors eredményekre, annál több alkalommal fordul elő. Mégis, a „tudományos” csalások, hazugságok az élettudományokban nem maradnak fenn tartósan, lelepleződnek, és készítőik neve - mint ebben a cikkben is - legfeljebb negatív előjellel szerepel. Úgy kell kezelni őket, mint a tudományos munka selejtjét, melynek mennyiségét igyekezni kell leszorítani, de együtt kell élni vele.

VINCZE-PAP SÁNDOR

Autóbuszok passzív biztonsága*

2005ben ünnepeltük a magyar járműgyártás kezdetének 100. évfordulóját. Lehetett volna akár hamarabb, korábbi dátumhoz kötve ünnepelni a centenáriumot, de a Magyar Posta által kiírt nemzetközi tenderen nyertes csomagszállító járművek szériagyártása éppen 1905-ben kezdődött. Az autókat Csonka János tervei alapján a Röck István Gépgyárban készítették. Ugyancsak 1905-höz köthető a Rába erdő- és mezőgazdasági vontatójának - a világ első négykerék-meghajtású járművének - bemutatása az V. Bécsi Autókiállításon. Lapozzuk fel az évforduló kapcsán az „emlékkönyvet” és tekintsünk vissza a nem is oly rég még világhírű autóbuszgyártásunk passzív biztonsági fejlesztéseinek eredményeire.

A járműbiztonsági kutatások kezdete

A közúti járművek és alkatrészeik kereskedelmének megkönnyítése, a közúti közlekedés biztonságának fejlesztése és összehangolása érdekében az európai országok 1958. március 20-án Genfben egyezményt kötöttek a „Gépjárműalkatrészek és -tartozékok jóváhagyására vonatkozó egységes feltételek elfogadásáról és a jóváhagyás kölcsönös elismeréséről”. Ehhez az egyezményhez a magyar fél 1960-ban hetedik európai államként csatlakozott. (Ez az oka, hogy az általános európai, ún. ENSZ-EGB-előírás szerint a Magyarországon minősített járműalkatrészek az E7 jelet kapják.) A genfi egyezmény arra szolgál, hogy a csatlakozó országok azonos követelményeket támasszanak a közúti járművekkel és azok szerelvényeivel, alkatrészeivel szemben.

Az Európai Unió (akkor még EKG) 1970-ben megteremtette és elindította a saját belső előírásrendszerének (EU-direktívák) kidolgozását, amely kezdetben a fontosabb ENSZ-EGB-előírások átvételét jelentette, némi környezetvédelmi követelmény (szennyeződéskibocsátás, zajterhelés-csökkentés) szigorításával. Az általános európai előírások és az EU-direktívák lényegi egybeesésének köszönhetően a járműipari követelmények átvétele nem okozott zökkenőket, amikor 2004-ben csatlakoztunk az Európai Unióhoz.

A passzív biztonsági követelmények összeállításában mindig egy vagy több standard, általánosított és szintetizált baleseti

szituációból indulnak ki a kutatók, és a minél kisebb sérüléssel járó túlélés feltételeit megfogalmazva dolgozzák ki a vizsgálati módszereket.

A 80-as évek közepéig még nem volt egyetlen hatályos európai előírás sem a buszok passzív biztonságára, ugyanakkor az AUTOKUT-ban már több mint három tucat, az autóbuszok aktív és passzív biztonságára, szerkezeti kialakítására vonatkozó követelménytervezetet dolgoztunk ki, amelyek közel fele passzív biztonsági témájú volt.

Az autóbuszokra vonatkozó passzív biztonsági témaköröket a magyar kutatási eredmények alapján a következők szerint csoportosíthatjuk:

- borulásbiztonság;
- homlok- és oldalütközés elleni védelem;
- tűzbiztonság.

(Az első kettőt az angolszász szaknyelv 1971-től a „crashworthiness”, *ütközésszállóság* szóval foglalja össze.)

Európai autóbusz-előírások

A buszokra és részegységeikre vonatkozó passzív biztonsági követelményeket 8 elő-

írás tartalmazza: az autóbusz-felépítmény tetőszilárdságára vonatkozó előírás (EGB 66); az autóbuszülések, -üléskéntések szilárdsági követelménye (EGB 80); a midibuszok tetőszilárdsága (EGB 52); az ülések övbekötési pontjainak ellenőrzése (EGB 14); a fejtámlás ülések szilárdsági követelménye (EGB 25); az autóbusz-szélvédő biztonsági követelményei (EGB 43); a konstrukciós és átfogó biztonsági kialakítás (EGB 36, EGB 52, EGB 107).

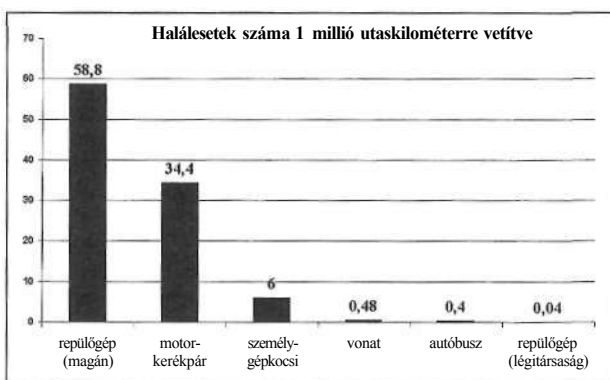
Ezek közül gyakorlatilag két (EGB 66 és EGB 80) olyan alapvető előírás van, amelyet eredetileg és kizárólag az autóbuszok passzív biztonságának növelésére alkottak meg, és mindkettő kidolgozásában kezdeményező szerepet játszottak a magyar mérnökök.

Az Európai Unió - az egyedi EGB-előírások elfogadása mellett - saját irányelvekkel dolgozik, és a 2001/85 számú buszdirektívába az összes fontos passzív biztonsági EGB-előírást beledolgozta.

A magyar autóbusz-vizsgálatok kezdete

Személyautó-gyártás híján, „szocialista feladatmegosztás” révén autóbuszgyártó világhatalommá vált hazánkban értelemszerűen az autóbuszok biztonságának vizsgálatai, kutatásai indultak meg az 1960-as évek legvégétől a járműiparban, a világ fejlettebb részein elkezdett személyautó-biztonsági fejlesztésekkel [1] egy időben, aminek három alapösszetevője volt: az Ikarus-200 típusú autóbusz-család gyártásának megindítása, és ennek hatására új műszaki követelmények kidolgozásának igénye; Magyarország 1970-ben bekapcsolódott az ENSZ Európai Gazdasági Bizottsága vezetésével folyó, az európai járműipari (ECE-, magyarul: EGB-) előírásokat kidol-

1. ábra. Különböző közlekedési módok baleseti kockázatai Európában [1]



* Az írás első két része a személyautókra vonatkozott és a Természet Világa 2003/2., illetve 2004/1. számában jelent meg.



2. ábra. Az első magyar lejtős borítóvizsgálatok egyike ■ a legendás IK-55 típusú autóbusz 1972-es felépítményvizsgálata

gozó albizottságok munkájába; 1971-ben beindult egy kormány szintű, hazai közúti járműfejlesztési program, és ennek keretében egy új, speciális vizsgálóbázis jött létre az Autóipari Kutató és Fejlesztő Intézetben (rövidített nevén az AUTÓKUT-ban, amelynek ma működő szakmai utód szervezete a JÁFI-AUTÓKUT Mérnöki Kft.). A program nagyságának érzékelésére ideírjuk, hogy mai árakon számolva 400 milliárd forint nagyságú fejlesztési projektet jelentett a 70-es években!

300 ezer darab, 10 méternél hosszabb járművet produkáló autóbuszgyártásunk, amely a világ 75 országába exportált, a magyar járműgyártás legfényesebb fejezetét írta meg több mint 100 éves autóiparunk történelmében. A 80-as évek közepére közel 14 ezer éves darabszámmra felfutott gyártásunkkal a világ legtermékenyebb autóbuszgyárának számítottunk. Csuklós buszból akkoriban egyedül többet építettünk, mint Európa összes többi autóbuszgyára együttléve. Az egy-egy elvek szerint kialakított Ikarus-200 család nagy sikereket aratott Nyugat-Európában is. (Ennek a típusnak több mint 200 változatából közel 240 ezer autóbusz készült!)

Az autóbusz mérete, jellege, magas költsége, a személyautókra kifejlesztett vizsgálati eszközök és módszerek használhatatlansága miatt Európában kevesen folytattak autóbuszokon passzív biztonsági vizsgálatokat. Magyarország ebben a témakörben - a szó legnemesebb értelmében - úttörő munkát végzett, élenjáró szerepet töltött be. Ezenkívül a moduláris busztervezés és a sorozatgyártási technológia is a világ élvonalába emelte haszonjárműiparunkat. Összegzően megállapítható, hogy az Ikarus-gyár igényeire alapulva az AUTÓKUT-ban kialakított vizsgálati eszközök és kifejlesztett vizsgálati módszerek révén nemcsak buszgyártásban és -tervezésben, ha-

nem járműbiztonsági fejlesztésekben is európai vezető országgá váltunk. (Például a tervezési módszerek akkori fejlettségére jellemző, hogy a komplett buszvázszerkezetek véges elemes szilárdsági elemzése az AUTÓKUT tervezési főosztályán, a Miskolci Műszaki Egyetem közreműködésével, már 1975-ben elkezdődött, elsőként az országban, de Európában is az elsők között.)

Autóbuszok közlekedésbiztonsága

A közlekedés és a közlekedési eszközök biztonsága sokat javult az elmúlt évtizedekben. A személyautók aktív és passzív biztonságának fejlesztése mögött a buszok fejlesztése sem maradt el, hiszen a busz közlekedést 15-ször biztonságosabbnak tekinthetjük, mint a személygépkocsis közlekedési formát (1. ábra).

Magyarországon a 80-as évektől számíthatóan a buszbalesetek száma - az európai trendekkel egyezően - fokozatos csökkenést mutat. És bár a személyautók számának ugrásszerű növekedésével párhuzamosan némileg kevesebb az üzemelő buszok mennyisége, nagyon fontos hangsúlyoznunk, hogy ebben a baleset-

csökkenésben nem a csökkenő állomány játszik fő szerepet, hanem döntően a 70-es évek elejétől számítva mintegy három évtizednyi, világ színvonalú autóbuszgyártásunk passzív és aktív biztonsági fejlesztéseinek eredménye jelenik meg!

Az autóbuszok fajlagosan ritkábban kerülnek baleseti szituációkba, ugyanakkor egy-egy baleset sokkal több emberéletet veszélyeztet, és nagyobb anyagi kárt okoz, mint egyéb közúti járművek esetében, és a médiában még a külföldi baleset is mindig kiemelt hírként szerepel.

A személyautó-balesetekhez hasonlóan a buszoknál is a frontális, az oldal-ütközések és a borulások jelentik a legveszélyesebb baleseti szituációkat. Ha fontossági sorrendet akarunk felállítani, akkor mindenképpen a borulás kerül az első helyre, ekkor történik a legtöbb személyi sérülés, míg az oldalütközések különösen a nehézjárművekkel történő találkozások esetén veszélyesek. Frontális ütközéseknél a vezető és az első sorban ülő utasok kerülnek különösen életveszélyes helyzetbe.

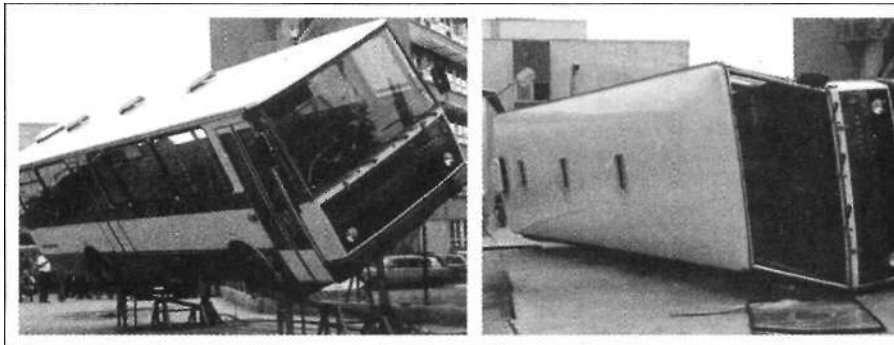
A járművek ütközésbiztonságának tervezésénél két fő szempontot kell figyelembe venni:

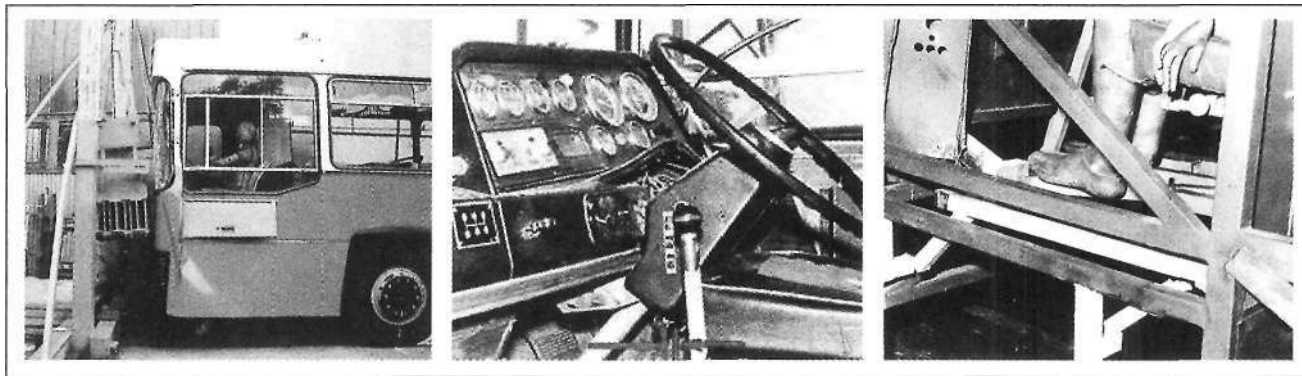
- az ütközés során mindig elegendő sértetlen fizikai tér (ún. túlélési tér) álljon a vezető és az utasok rendelkezésére;
- az emberek megfelelő módon (övekkel, légzsákkal, energiaelnyelő burkolatokkal stb.) az ütközés előtti térrészben kell tartani és meg kell védeni a testükre ható, sérüléseket okozó erők, lassulások ellen.

Borulásbiztonság

A nagy ablakmezők kialakításakor már a 60-as évek végén - hazai balesetek elemzése alapján - világos volt a magyar mérnökök előtt, hogy az IK-200-as típus felépítményének borulásszilárdságát növelni kell. Amikor a buszok borulásbiztonságának kérdését az európai jármű-

3. ábra. Az 1986-ban hatályba lépett EGB 66 számú előírás azt írja elő, hogy a komplett önsúlyos autóbuszt 800 mm magasról betonfelületre kell leborítani





4. ábra. Autóbusz-homlokkal ütközéses vizsgálata 4 tonnás ingás ütőművel. Frontális ütközés esetén, rosszul kialakított vezetőtérben a kormánykerék a vezető hasába nyomódhat; a vezetőülés-kormányoszlop megfelelő távolságának biztosítására szolgál a hátrafelé billenő biztonsági dobogó

előírásokat kidolgozó munkabizottságokban a magyarok felvetették, a válasz az volt, hogy ez csak itt „Keleten” probléma. Így Magyarország egyedül kezdett a kérdéskör boncolásához. Csupán a 70-es évek közepén, saját buszborulások tömegbaleseteik győzték meg Európa fejlettebb országait álláspontjuk tarthatatlanságáról.

A 2. ábrán látható vizsgálati eljárást javasoltuk, de a két és félszeres körbefordulást eredményező lejtős borítás helyett 1986-ban egy közös, kompromisszumos angol-magyar javaslaton alapuló, jóval olcsóbb és egyszerűbb vizsgálati eljárást fogadtak el Európa: a 800 mm magasról betonfelületre történő lebontást, korlátozott utastéri deformáció (pl. min. 1250 mm szabad beltéri magasság), az ún. túlélési tér biztosításának követelményével (3. ábra).

A borulásbiztonság bizonyítását az EGB 66 számú előírás egyéb, alternatív vizsgálati módszerek alkalmazásával is megengedi.

Az autóbusz tetőszilárdságának megfelelését az EGB 66 számú előírás alapján lehet kvázistatikus vagy dinami-

kus szegmensvizsgálatok alapján is minősíteni, ugyanakkor ez az egyetlen járműipari előírás a világon, amely megengedi a számítógépes szimulációt a dinamikus alapvizsgálatot helyettesítő módszerként. Ez természetesen számos - még nem megnyugtatóan megoldott - problémát vet föl, elsősorban a gyártási technológia megfelelő figyelembevétele szempontjából. (A fejlesztési fázisban mára már jól bevált virtuális technikának a jövőben nagyobb szerepet szánunk a jóváhagyó vizsgálatokban is, de ehhez még a szigorú ellenőrizhetőséget, megbízhatóságot, a mások általi ismételhetőséget meg kell oldani.)

A szegmensvizsgálatokon alapuló eljárás előnye még a lokális merevítések könnyebb kidolgozhatósága (speciális lemezelések, csőkeresztmetszet-növelések, zárt szelvények nem zsugorodó, korrózióálló műanyaggal való feltöltése! stb.), ami kisebb költséggel, ellenőrizhetőbben tervezhető és oldható meg.

Az autóbusz-ütközésbiztonság tervezésének első fő szempontja - a megfelelően szilárd felépítmény - mellett egészen a 90-es évek elejéig elhanyagolták

az ülő utasok biztonsági övének használatát. Ugyanakkor borulás során - a belső szerkezeti elemekhez való ütközések miatt - egy megfelelően szilárd vázszerkezetben is halálos sérüléseket szenvedhetnek az utasok. A távolsági buszok valamennyi ülését ma már kötelező biztonsági övvel felszerelni, de sajnálatos módon használatuk nem kötelező!

Frontális ütközés

Az ütközésállóság másik lényeges eleme a frontális ütközésre méretezés (4. ábra). Egy jól tervezett autóbusz-vázszerkezet deformációs és energiaelnyelő képességének homlokütközés esetén három kritériumot kell teljesítenie:

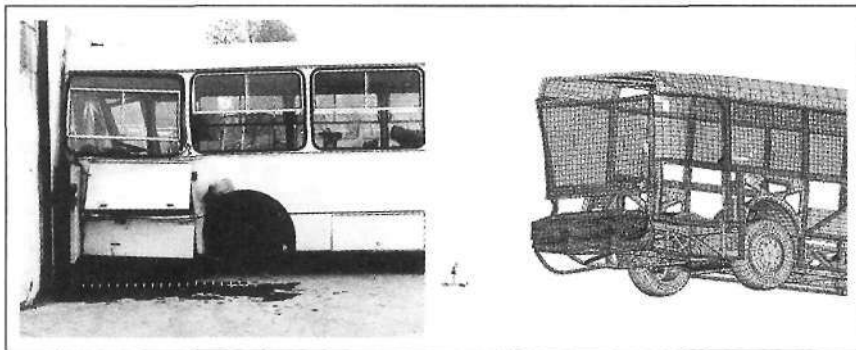
erőkritérium: a vázelemek működése (tönkremenetele) a tervezett stabilitásvesztéseknek megfelelő sorrendben történjen, a stabilitásvesztéshez tartozó erőértékek a sorrendnek megfelelően egyre nagyobbak legyenek;

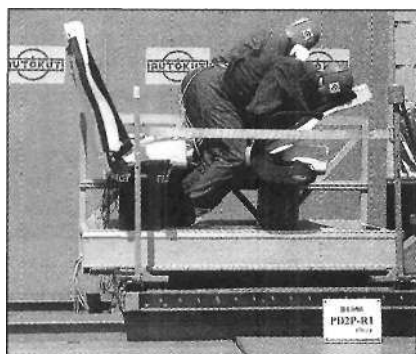
energiakritérium: ahhoz, hogy adott sebességű ütközés esetén ne sérüljön meg egy vázelem, a jármű mozgási energiáját az előre meghatározott elemeknek kell deformációs munkával elnyelniük (az ún. biztonsági lökhárító tulajdonságait ebből kiindulva határozhatjuk meg);

alakváltozási kritérium: energiaelnyelés közben az alakváltozás nagysága, lehetősége behatárolt, kötött, ennek megfelelően lehet a karosszéria egyes elemeinek sérülésmentességét biztosítani vagy megengedni.

A megfelelő túlélési tér biztosítása a vezető számára azt jelenti, hogy a vezetőt - egy ütközéses baleset után - az ülésből segédeszköz nélkül ki tudják emelni, vagyis a műszerfal (kormányoszlop) és a vezetőülés között az ütközési folyamat minden pillanatában elegendő térrésznek kell maradnia. Másképpen megfogalmazva, a kormánykerék nem préselődhet a vezető hasába, illetve a kor-

5. ábra. A 10 tonnás IK-415 prototípusának kísérleti ütközéses vizsgálata és számítógépes szimulációja. (Az IK-411 autóbusz vázszerkezeti pontosan megegyezik a Budapest útjain jelenleg is futó IK-415 jelű autó busszal)





6. ábra. Hárompontos kettős autóbussz-ülés vázszilárdságának és lekötésének vizsgálata 30 km/h sebességű, dinamikus vizsgálattal, Hybrid típusú bábuk alkalmazásával

mányoszlop vagy a műszerfal nem nyomhatja a vezető lábát a vezetőülés széléhez roncslásos sérülést okozva. Ilyen buszvezetői térrész egyszerű megoldással megvalósítható az ún. biztonsági dobogó beépítésével. (A biztonsági öv használata természetesen nem mellőzhető, mert a felütközésből származó sérülések súlyossága csak ezzel együtt csökkenthető, illetve kerülhető el.)

Mindezek ellenőrzésére igen drága és költséges, teljes körű frontális ütközéses vizsgálatot is végeztünk, amelynél az autóbust 300 tonnás betontömbnek ütköztettük. A „fal” elé egy 50 mm vastag fenyőfaréggel ellátott merev ütközőlapot szereltünk, amely 4 db erőmérő cellával támaszkodott a betontömbnek. A négy erőmérő cella a jobb és a bal oldalon párba kötve működött, így a jármű két oldalának erőterhelését külön is vizsgálhattuk. A jármű ütközési sebességét optokapuvál mértük. A 29,76 km/h sebességgel végrehajtott ütközés során a betonfáltól 250 mm távolságra levő ütközőlapra az autóbusz homlokfala rágyűrődött, a tető elérte a betonfalat. A hosszartók erősen deformálódtak, az első és a harmadik hosszartón jobb oldalon 80 mm, bal oldalon 130 mm összenyomódást mértünk. A bal oldalon a vezetőülés az alatta levő dobogóval hátracsúszott, a műszerfal több helyen eltört. (A biztonsági dobogónak köszönhetően a kormánykerék és a vezetőülés háttámlája között maradt 330 mm szabad távolság a vezető túlélésének biztosítására.) Az autóbusz jobb és bal oldalának merevsége jelentősen különbözött, az ütközőerő csúcserkében a jobb oldalon feleakkora erőt mértünk, mint a bal oldalon. Ezt a gyakorlati tesztet még az Ikarus fénykorában, 1984-ben végeztük, az **5. ábrán** látható számítógépes (Pam-Crash) szimulációt pedig 2004-ben. A valós anyag és a geometriai karakterisztikák jó kísér-

leti háttérű adaptálása következtében az eredmények nagyon jó egybeesést mutatnak.

Ülés-, ülésekötés- és övbekötés-vizsgálatok
A viszonylag merev vázszerkezet a baleset folyamán a bennülők túléléséhez szükséges deformációmentes térrészt biztosítja, a megfelelő ülés- és övbekötésnek pedig arról kell gondoskodnia, hogy az utasok ebben a biztonságos térrészben maradjanak. Ezekre szintén kidolgoztak előírásokat: egy 30 km/h sebességű, frontális balesetkor fellépő erőhatásokat kell a vizsgálatokkal ellenőrizni (**6. ábra**). A hárompontos autóbusszülés övbekötéseit egy átlagos (75 kg) testtömegű utas súlyának 12-szeresével kell 0,2 másodpercig terhelni és mérni az övbekötési pontok elmozdulását, az ülés-váz- és ülésekötés szilárdságát pedig egy maketten szokás ellenőrizni 30 km/h sebességű, 8-12 g lassulási folyosóban végrehajtott bábus ütköztetéssel. (A bábuk fejében, mellkasában gyorsulásokat, combjában erőket mérünk az ún. biomechanikai határértékek ellenőrzéséhez.)

Tűzbiztonság

Az autóbuszok passzív biztonságának lényeges összetevője az autóbuszok anyagainak lángállósága, esetleges tűz esetén a tűz elolthatóságának és az utasok kimenekítésének biztosítása.

Egy vizsgálat során egy motortéri tűzimitációt, egy fűtőtartálytéri és a mellső lépcsőnél egy utastérben keletkező, a teljes autóbusz kiégéséhez vezető tüzesetet szimuláltunk (**7. ábra**). (Annyi megjegyzés idekíváncsodik, hogy a tűzszimulációkat nem járó motorral és nem működő utastérszellőzés mellett végeztük.)

A lépcsőnél gerjesztett tűz esetében a CO-tartalom 1,5 perc, a HCN- és HCl-gázok 3-4 perc alatt elérték a menekülést lehetetlenné tevő veszélyességi küszöböt. Magyarul ennyi idő áll rendelkezésre az autóbusz biztonságos elhagyására, ami egy ajtó felőli oldalára borult, majd kigyulladt autóbusz esetében végzetes.

Az utóbbi idők budapesti buszos tüzesetei részben konstrukciós (szerkezeti-alkotási és anyagminőségi), részben - legalább ilyen súllyal - karbantartási, üzemeltetési hiányosságokra vezethetők vissza.

További fejlesztések

Ha csoportosítani akarjuk az autóbuszgyártók előtt álló további feladatokat, amelyek a járművek passzív biztonságá-



7. ábra. Autóbusz motortéri tüzeset szimulációja

nak magasabb szintre emelését szolgálják, akkor négy kategóriát állíthatunk fel. Ezek a fentebb bemutatott vizsgálati módszerek továbbfejlesztését, a követelmények továbbszigorítását jelentik:

- a vezető védelmének és a vezetőtér biztonságának javítása, új követelményrendszer kidolgozása a frontális ütközés-állóságra;
- az utasok védelmének és az utastér biztonságának növelése belső védőeszközök alkalmazásával (pl. ablakoszlopok energiaelnyelő burkolata, függönylégszák, új ülésszerkezet-kialakítások stb. - elsősorban a távolsági autóbuszokon);
- a borulásbiztonság fokozása a felépítmény hossz tengely mentén mérhető keresztmerevségének egyenletesebbé tételével;
- a tűzbiztonság, ütközés utáni menekülési lehetőségek követelményeinek szigorítása.

IRODALOM

- [1] „EU Transport in Figures”, Statistical Pocket Book, European Commission Directorate for Energy and Transport in co-operation with Eurostat, 2000
- [2] Vincze-Pap S.: Észrevételek az autóbuszok tetőszilárdságának vizsgálati módszereihez. A Magyarországon használt kombinált számítási eljárás, XXXIII. Nemzetközi Autóbusz Szakértői Tanácskozás, ISBN 963 9058 173, Keszthely, 2002. szeptember 2-4.
- [3] Vincze-Pap S.: Autóbuszok üléseinek és ülésrögzítéinek kialakítása, passzív biztonsági követelményei, XIX. Nemzetközi Haszongépjármű Biztonsági Kongresszus, Budapest, 2002. szeptember 16-17.
- [4] Kállay E., Tatai Z., Vincze-Pap S.: Napi gyártmányú autóbuszok szilárdságtani vizsgálatai, XXXIV. Autóbusz Szakértői Tanácskozás, Kaposvár, 2003. augusztus 28-29.
- [5] Vincze-Pap S.: Autóbuszok tüzeset-elemzése, tűzbiztonsági előírások, XX. Nemzetközi Haszongépjármű Biztonsági Kongresszus, Budapest, 2003. október 15-16.
- [6] S. Vincze-Pap: Passive Safety Tests on Buses at AUTOKUT, Innovative Automobile Technology - IAT '05, ISBN: 961-6238-95-7, pp. 787-795, Bled, Slovenia, 21st-22nd April 2005.
- [7] S. Vincze-Pap: Solutions and problems to be solved in bus/coach passive safety, 10th EAEC European Automotive Congress, ISBN 86-80941-30-1, Belgrad, 2005. május 30.-júnus 1.
- [8] S. Vincze-Pap, A. Csizsár: Real and simulated crashworthiness tests on buses, 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Paper No.: 05-0233, DOT HS 809 825, Washington, 2005. június 6-9.

RADNAI GYULA

Elektromosságtani alapfogalmaink kialakulása

Első rész

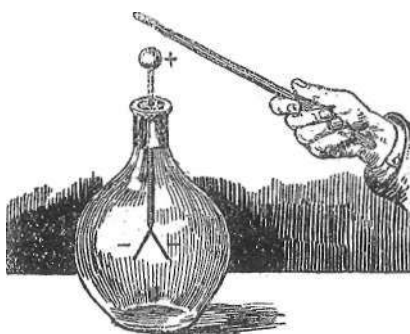
Kvalitatív elektrosztatika

Első pillantásra meglepő, mégis magával ragadó a fizika fejlődésének évszázadonkénti korszakolása, ahogyan ez ebben az előadás-sorozatban történik.¹

Már a következő rápillantásra látszik azonban, hogy ez a felosztás is - mint minden ilyen nagyvonalú rendezés - meglehetősen erőltetett. A XVIII. századi fizikából az elektromosságtan fejlődését kiragadni csak erőszakoltan lehet. Ebben a században élt és alkotott például Euler, ekkor alakult ki a newtoni fizika differenciálegyenletekre épülő alkalmazása a mechanikában. Ugyancsak ekkor élt Lavoisier, aki megcáfolta a flogiszonelméletet, de maradéktalanul hitt a hő fluidumelméletében, aminek alapján Fourier kidolgozta a hővezetés elméletét. Másrészt az elektromosságtan ki-fejlesztésének igazi százada a következő, a XIX. század, amikor Volta, Ampere, Faraday, Maxwell, Hertz munkássága nyomán olyan csúcspontokra ért fel az elektromosság tudománya, hogy alkalmazásaival teljesen átalakította az ember környezetét, életét, kultúráját. Természetesen a hőtan is a XIX. században ért igazán termodinamikává. Mind a hőtanak, mind az elektromosságtannak a XVIII. század volt a gyerekkora, és mindkét tudomány a XIX. században vált felnőtté.

Most, ebben az előadásban azonban csak az elektromosságtan alapfogalmainak kialakulását követjük végig, ami nagyrészt a XVIII. századra esett.

Elsősorban az elektromos töltés, feszültség, kapacitás fogalmairól van szó. A mai diák számára ezek a szavak közhelyek, és észbe se jut, hogy ezeket is ki kellett találnia, be kellett vezetnie vala-



1. ábra. "Az elektroszkóp vagy villamos-ságmutató"

kinek a tudományba. Pedig így van: az elektromosságtan története főképp azért tanulságos, mert példáján keresztül bepillantást nyerhetünk a fizika és általában a természettudomány fejlődésébe. Arra a buktatókkal teli, zezugos útra, mely a jelenségek észrevételén, felfedezésén, tanulmányozásán át az alapfogalmak bevezetéséhez s a velük megfogalmazható, rájuk érvényes elméletek kialakulásához vezet.

Tekintsük az 1. ábrát! Ez az ábra egy csaknem száz évvel ezelőtti könyvből való, de bármelyik mai fizikatankönyvben szerepelhetne. Sőt szerepelhetett volna már kétszáz évvel ezelőtt is, hiszen amit mutat, az az elektromosság egyik, akkor már ismert alapjelensége. Az aláírás szerint: *Az elektroszkóp, vagy villamos-ságmutató. Villamos test közeledését megérzi.*

A jelenség annyira fontos, hogy kísérlettel is bemutatjuk. Kell hozzá egy megdörzsölt műanyag rúd és egy elektroszkóp. Ha a megdörzsölt rudat felülről az elektroszkóphoz közelítjük, az elektroszkóp lemeze(i) kitér(nek). Még hozzá se ért a rúd az elektroszkóphoz, de az már jelez! Hogyan értelmezhetjük ezt a jelenséget? Például úgy, hogy a rudat valami elektromos atmoszféra veszi körül, amit megérez az elektroszkóp. Bizonyára vannak, akik a rúd aurájáról beszélnének; ez a kifejezés se lenne jobb, se

rosszabb a rúd atmoszférájánál. Mondhatjuk persze, hogy ez az elképzelés a Faraday-féle erőterfogalom előképe, de legyünk óvatosak az értelmezéssel. Az biztos, hogy ezzel a kísérlettel felfedeztünk valamit, ami további tanulmányozásra érdemes.

Az iskolában, ahol okosan tanítják a fizikát, gyakran él a tanár ilyen „felfedeztető” kísérletekkel. Ezzel mintegy a tudomány által is követett útra kívánja terelni a tanulót, és ez nagyon helyes. Csak az a bökkenő, hogy az elektromosság alapjelenségeinek felfedezéséhez a történelem során még nem állt rendelkezésre elektroszkóp! Az elektroszkópot ki kellett találni, mint ahogy azt is ki kellett kísérletezni, hogy mivel dörzsölve tudunk egy tárgyat elektromossá tenni. Galileinek se adott kezébe senki se lejtőt, hogy azzal kísérletezzon! A természettudományos felfedezés lényege, hogy ki kell találni mindazokat az eszközöket is, melyekkel a jelenség érdemben megvizsgálható. Fogunk erre még példát látni.

Mielőtt azonban a XVIII. századi tudomány részleteibe bocsátkoznánk, meg kell emlékeznünk az elődökről. Egy XVI. és egy XVII. századi tudós munkásságát fogjuk röviden áttekinteni. Mindketten szerepelnek *A fizika fejlődése* című posztersorozat első tábláján, amelyet e tanulmány szerzője a 70-es évek második felében tervezett. Itt 1450-től 1980-ig születési sorrendben, egymás fölött láthatók a legismertebb fizikusok életsávjai. (Ugyancsak jól látszik ezen a poszteren a tudomány fejlődésének „exponenciális” jellege, mely egyesek szerint mostanában lelassult és inflexiós pontjához közeledik.) Simonyi Károly *A fizika kultúrtörténete* című könyvének ideillő táblázatában 1600-tól 1900-ig van feltüntetve az elektromágneses jelenségek felfedezésének kronológiája. Itt is szerepel mindkét tudós.

A legelső, akinek neve joggal került be az elektromosság és a mágnesség történetébe: *William Gilbert* (1544-1603).

¹ A „2005 a fizika éve” című előadás-sorozat keretében Szegeden, 2005. április 4-én elhangzott előadás szerkesztett változata

Shakespeare korában élt, a XVI. századi Angliában. I. Erzsébet királynő (VIII. Henrik és Boleyn Anna lánya) élete vége felé házi orvosául is fogadta a Cambridge-ben végzett, nagy tekintélyű tudós orvosprofesszort, aki végül már egész Londonra és környezetére érvényes felügyeleti hatáskörrel rendelkezett.

Gilbert igazi természettudós volt. *De magnete magneticisque corporibus et de magno magnete Tellure (A mágnesről, a mágneses testekről és a Föld mágnességéről)* című műve, mely 1600-ban jelent meg (természetesen latinul), a mágnességhez fűződő, korabeli misztikus elképzeléseket volt hivatva megcáfolni. Ebben a művében magyarázta meg Gilbert a hajózásban nélkülözhetetlen mágneses iránytű működését, felállítva azt a hipotézist, hogy maga a Föld is egy óriási mágnes. Az iránytű északi pólusa mutat a földrajzi Északi-sark felé, ott van tehát a Föld mágneses déli pólusa. A kételkedők meggyőzésére állítólag készített is vasból egy földgömbmodellt, melyet felmágnesezett és illusztrációként körbe-körbe vezetett rajta egy piciny iránytűt.

Vizsgálta a megdörzsölt borostyánkő hatását is. Megállapította, hogy ez egészen más jellegű, mint a mágnesség. A mágnességet inkább a gravitációhoz hasonlította, mindkettőben valami megszüntethetetlen „öserőt” látott. Úgy tapasztalta, hogy többféle test is mutathat dörzsölésre „borostyánkőhatást”. Ő vette elő ennek a hatásnak a megnevezésére az *elektricitás* szót is, amelyet Arisztotelész szerint Thalész használt először, minthogy a borostyánkővet az ógörög nyelvben elektronnak mondták.

Gilbert fontosnak tartotta azt a tapasztalatát, hogy a dörzsölésre fellépő hatás könnyen megszüntethető. Ha például benedvesítjük a megdörzsölt rudat, a hatás elmúlik, és utána se lehet a vizes rudat dörzsöléssel az előbbi állapotba hozni. Bezzeg a mágnességre nincs hatással a nedvesség! Vagyis Gilbert számára a mágnesség alapvető, az elektromosság pedig csupán mesterségesen előidézhető tulajdonsága lehetett bizonyos testeknek.

Ma is úgy gondoljuk, hogy a sztatikus mágnességnek semmi köze a sztatikus elektromossághoz, de hogy mennyire vigyázni kell a jelenségekből levont következtetésekkel, vizsgáljuk meg, *hat-e a megdörzsölt műanyag rúd a mágneses iránytűre!* Jól látható, hogy hat rá.

Mégsem volt igaza Gilbertnek? Meg a mai tudománynak?

Dehogynem. Azt kell csak észrevenni, hogy minden



William Gilbert



Otto von Guericke



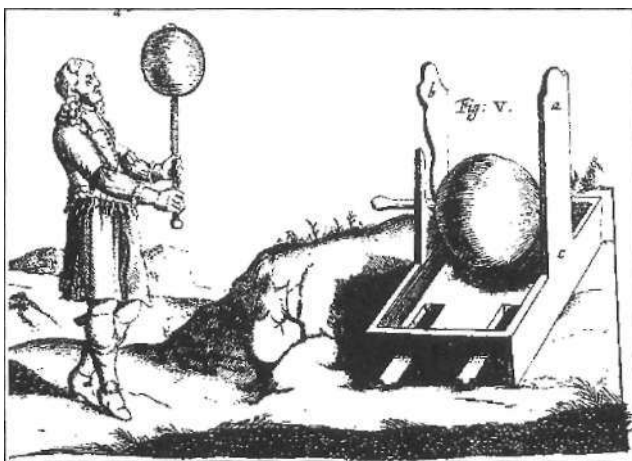
Pieter van Musschenbroek

iránytű vasból van, a vas pedig fém, és benne is keletkezik elektromos megosztás, ha a megdörzsölt műanyag rúd közelébe kerül. A rúd elektromos terében az iránytűből keletkezett elektromos dipólusra forgatónyomaték hat, ami elfordítja az iránytűt. Nyilván akkor is elfordítaná, ha ez a fémtű nem lenne mágneses. (Igaz, és éppen az Einstein-évben kiváltképp fontos megemlítenünk, hogy az elektromágneses hullámban a változó elektromos és mágneses terek szorosan összekapcsolódnak egymással, s a speciális relativitás elmélete meggyőző átjárást teremt az elektromos és a mágneses terek között, de itt még csak sztatikus terokről van szó, amelyek alapvetően különböznek egymástól.)

Gilbert feltámasztotta kétezer éves tetszhalott állapotából az elektricitás szót, s ezzel nevet adott egy új tudománynak, az elektromosság tudománynak.

Gilbert halála előtt egy évvel megszületett a kontinensen az a fizikus, aki az első elektromosságfejlesztő gépet feltalálta: *Otto von Guericke* (1602-1686).

2. ábra. Guericke kísérlete



Magdeburgban született, gazdag patriciuscsalád gyermekeként. 15 éves volt, amikor a lipcsei egyetemre felvették; 16, amikor menekülnie kellett innen a kitört harmincéves háború miatt; 18, amikor apja váratlanul meghalt, ő pedig Jenában kezdte újra az egyetemet, amit azután Leydenben fejezett be. Építészet, mechanikát, matematikát, geometriát hallgatott, de nem szerzett semmiféle fokozatot. Elutazott Franciaországba, majd Angliába, végül visszatért szülővárosába, ahol városi tanácsosként az építési ügyekért volt felelős. Ebben a minőségében volt kénytelen végignézni, ahogy 1631-ben Tilly katonái lerombolták és felégették a várost. Utána vezető szerepet játszott az újjáépítésben.

A szerencsétlen harmincéves háború 1648-as befejezése előtt két évvel őt választották Magdeburg polgármesterévé, és az maradt harminc éven át, egészen 1676-ig. Közben a város ügyeinek intézése mellett maradt ideje fizikai kísérletezésre, sőt találmányainak „menedzselésére” is. Invenciózus, ötletgazdag feltaláló volt. Kopernikusz híveként megpróbálta az „ürt” a földön is előállítani, így találta fel a légszivattyút. Torricelli kísérletét időjárásjelző barométerre fejlesztette. Jól ismerte a „magdeburgi félgömbökkel” tartott látványos bemutatója, mellyel 1654-ben Regensburgban, 1657-ben Bécsben, 1661-ben Berlinben vívta ki császári és királyi udvarok elismerését.

Témánk szempontjából legfontosabb találmánya 1663-ban született meg. Nem tudni, miért kezdett bele hatvanévesen egy teljesen új jelenségkör kutatásába. Azt se, hogy miért pont a ként választotta kutatása tárgyául, csak az biztos: rájött, hogy a felolvasztott, majd megszilárdult ként megfele-

FÖLDTANI ÖRÖKSÉGÜNK DIÁKPÁLYÁZAT

A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium pályázata



Megjelenik a Természet-Tudomány Alapítvány, a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium és a Magyar Szabadalmi Hivatal támogatásával

Nagylóc és az Őr-hegy

KOVÁCS MÁRK ÁRON

Gödöllői Református Kollégium Gimnáziuma, Gödöllő

Iskolánk földrajzos diákköre immár évek óta választ ki egy-egy cserhádi területet vizsgálódásának tárgyául. Legutóbb jelenlegi terepi bejárásunktól DK-re, Nagybárhány határában végzett földrajzi megfigyeléseket tanárom és az azóta már egyetemista, volt iskolatársam. Ezúttal „átjöttünk” az Északi-Cserhát területére, s egy jellegzetes palóc település, Nagylóc határát jártuk be.

Nagylóc jellegzetes példája hazánk azon falvainak, ahol a mostoha természeti körülmények arra készítették a lakosságot, hogy megélhetésüket lakóhelyüktől távolabbi kenyérkereseti lehetőségekkel is biztosítsák. Igazi átalakult társadalmú helység, melynek sorsában az utóbbi másfél évtized - Nógrád megye többi településéhez hasonlóan - igen sok negatív változást hozott.

Az országot ismerő honfitársainkat megkérdezve, hogy említsenek egy jellegzetes palóc települést, teljes joggal Hollókő neve kerülne elő. A világörökség részeként nyilvántartott falu világhíres településképe évtizedek óta hazánkat népszerűsítő idegenforgalmi kiadványok állandó szereplője. Nagylóc és Hollókő között a légvonalbeli távolság mindössze 5 km. Míg Nagylóc a 21. sz. országút és Szécsény közötti úton fekszik, addig Hollókő közlekedésföldrajzi tekintetben elzárt helyzetben van; erről az útról csak bekötőúton közelíthető meg. Ez nagyban hozzájárult ahhoz, hogy az 1960-as évektől kezdődő, a falusi társadalmat átalakító folyamatok Hollókő esetében sokkal kevésbé hatottak. A salgótarjáni és környéki ipartelepek, bányák munkájárai Nagylócról tömegével ingáztatták a lakosokat, s a biztosabb megélhetés a falu képét is megváltoztatta. A régi palóc házak lebontásra, átépítésre kerültek,

Nagylóc építésze eljellegtelenedett. Hollókő Ófaluját kellő időben védelem alá helyezték, s az Újfalu, azt nem zavarva, annak szomszédságában épült fel. Ma Nagylócon három olyan lakóház maradt, mely egykor az egész településre jellemző volt. A deszkaoromzatos, esővetős, folyosós (hambitusos) palócház csodálatosan illeszkedik tájképi környezetébe.

A Magyarország műemlékei terén jártasabbak azt is tudhatják, hogy Nagylóc országosan is jelentős építészeti értékét temploma jelenti. Gyönyörű tájképi környezetben szinte uralja a falu képét az eredetileg XV. századi épület. A pálos szerzetesrend temploma 1881-ben egy tűzvész során leégett. 1888-ban átépítették, bővítették. Eredeti gótikus jegyeit a torony, a vaskos támpillérek és a szentély őrzi.

Kiss Lajos (A földrajzi nevek etimológiai szótára) szerint a falu neve szláv

eredetű; a lovci szó vadászokat, fogókat jelent. Ez nem lehet véletlen, hiszen még ma is mintegy 1000 hektárnyi erdő veszi körül a falut, kiváló lehetőséget nyújtva a nagyvadás vadászatra. A jelentős kiterjedésű határrészén (3689 ha) lévő birtokokon számos pusztá cseleldlakossága élt. Ezek közül még az 1973-as helységnévtár is lakottként tünteti fel Apácapusztát, Kovácsutányt, Köszörútányt, Mrovcsikutányt, Nagyoldalpusztát és Újpusztát. Közülük ki kell emelni Zsunypusztát 181 lakosával, mely a török hódoltság előtt vámszedési joggal rendelkező falu volt. Az 1940-es évek végén, az egykori Mélik-birtok épületeit kihasználva gépállomást alakítottak ki a kis településen. Az itteni Dobogó-hegy andezitbányája ma is a környék egyetlen működő kőbányája. Nagylócsról Fényes Elek 1851-ben írja: „Földe javítást kíván, rétje, erdeje jó.” Ekkor 1093 lakost számláltak, mely 1950-re elérte a 3200 főt. A sovány határ már a XX. század elején sem tudta eltartani a folyamatosan bővülő népességet. Ettől fogva rendszeressé vált, hogy évente alföldi nagybirtokokra (Mezőhegyes) szegődtek el summásnak a lóciak, zsuniak. Tömegesen mentek szekerekkel április végén a szécsényi vasútállomásra, hogy a nyári félévet idegenben töltsék mezőgazdasági munkával, így teremtve elő családjuk megélhetését. Ez a „munkába járás” változott meg az 1950-es évektől. A salgótarjáni iparvidékre szervezett munkasautóbusz-közlekedés lehetővé tette a napi bejárást. Rohamosan változott Nagylóc társadalmi rétegződése. A kialakuló munkásréteg fokozatos városba költözése azt eredményezte, hogy Salgótarján Csizmadiatelepének egyik utcáját szinte teljesen lóciak telepítették be. Az elvándorlási folyamat következtében ma a falu lakossága kerekén 1800-ra csökkent. A térséget sújtó munkanélküliség itt is jellemző, eléri a 20 százalékot. A termőföldek ugyan ismét magántulajdonba kerültek, de rendszeres kereseti forrást csak egy kisebb öntőde és egy fafeldolgozó üzem nyújt. Ma már Salgótarján sem kínál munkalehetőséget, így sokan budapesti építkezésekre járnak nap mint nap, szervezett buszokkal, több mint 200 km-t utazva. Mi jelenthet e valaha életerős településnek kiutat a jelenlegi gazdasági mélypontra nevezhető helyzetből? A népesség megtartása mindenképpen kívánatos, hiszen nem lehet karba tett kézzel várni, hogy egész térségek néptelenedjenek el. A falu fekvése, környezete mindenképpen vonzerőt jelenthet a csendes kapcsolódásra vágyóknak. A helyi munkahelyteremtés mellett megoldást jelentene az idegenforgalom

fellendítése. Ehhez meg kell mutatni azokat a helyi értékeket, amelyeket már a lakosság is alig ismer, vagy nem becsül kellőképpen. Hagyományt kell teremteni ezekből, melyek megállásra készítetik a Hollókőre igyekvő turista-buszok utasait, programszervezőit, vagy akár idegenforgalmi céllal ide irányítják azokat.

A Nagylócsról szóló régebbi és újabb keletű ismertetéseket áttekintve jó néhány olyan kultúrtörténeti és természeti jelenség megemlítésére bukkantunk, melyek alapját képezhetik ezen elképzeléseknek, nem számítva a valamikor igen jelentős népművészet felelevenítését.

A falu az Őr-hegy nyugati lejtőjének vízfolyásaiból összeszedődő Lóci-patak völgyfőjébe települt. A község délkeleti részén két mellékvölgy közötti vízválasztó hát elvégződése a Vár-dombnak nevezett 248 m-es magaslat. A körben meredek oldalú, a vízválasztó háttól elkülönülő csonkakúp alakú magaslat a hegyhát legészakibb része. Többen végeztek itt ásásokat; Gábor Judit 1967-ben a mintegy 60 m²-nyi lapos tetejű várdomb teraszán Árpád-kori és késő középkori cserepeket talált. A várról okleveles említés eddig nem került elő. A dombhoz fűződik egy helyi legenda is, miszerint kincs van itt elrejtve egy zárt pincében. A pince őrzője két fekete kecske.

Magán az Őr-hegyen is állt 1423-61 között egy őrhely, mely a hollókői vár tartozéka volt. Ez annál is inkább valószínű, mivel a két hegy között zavartalan az összelátás, a hegy neve is ezt a tényt bizonyítja.

Az Őr-hegy andezitagglomerátum-szikláinak egyike külön nevezetességű. Ez a „lábnymos” kő, vagy ahogyan az ehhez fűződő mondát leírták, a Jézus nyoma nevű szikla. A monda szerint amikor Jézus az ellenségei elől menekült, egy szénégető kunyhójának közelében pihent meg. A szénégető, látva Jézus fáradt szamarát, felajánlotta a saját pihent állatát. Ekkor Jézus eltűnt, de lábnyma, sőt szamarának és botjának nyoma is a sziklában maradt. Fakeresztel jelölték meg a sziklát, mely a Szentkútra vezető búcsújáró út mentén a búcsúsok pihenőhelyévé vált.

Mocsáry Antal Nemes Nógrád Vármegyék történelmi című, 1826-ban Pesten megjelent könyvében említ egy Nagylóchoz „közeles” hegyet, melynek tetején horpadásszerű „csekély gödör” van. Az ide hulló hó azon nyomban elolvad, amiért a nép meleg gödörnek nevezi. Ennek sajnos nem tudtunk nyomára bukkanni. Elképzelhető, hogy egy, a XIX. század elején még létező utóvilági kigázolás, hőkiáramlás okozhatta

ezt a jelenséget, mely azóta megszűnhetett.

Azt hisszük, hogy a felidézett, a falu környezetéhez kötődő mondanak elosztva, több községre elegendő okot szolgáltatnának arra, hogy ezek alapján valamely vendégcsalogató hagyományt teremtsenek e szűkös időkben. Ehhez szellemi tőke mellett talán nem is kellené bő anyagi forrás.

Nagylóc és környéke a Cserhát középtáján belül, az Északi-Cserhát kistáján található. Ugyanezt a kistájat a Magyarország kistájainak katasztere című kiadvány Szécsényi-dombság néven említi. A 452,1 m magas hegy egyúttal a kistáj legmagasabb pontja, hosszan elnyúló erdős vonulata képezi a falutól DK-re eső látóhatárt.

Közzetani felépítésében és kialakulását tekintve is a hegytől DK-re húzódó Keleti- vagy Pásztói-Cserhátal függ össze. Andezitborítású tömegét a földtörténeti események során a hegység területén kialakult völgyhálózat a Keleti-Cserhától elkülönítette. Környezetétől elkülönülő tömbjét jól fejlett, tektonikus alapon kialakult eróziós völgyek határolják, keletről és délről a Zsunypatak és mellékvölgyei, nyugatról a Lóci-patak, északról ez utóbbi jobb oldali mellékvölgye, a Szalatnai-völgy. Az Őrhegy tetőszintje e ENy-DK-i irányú mintegy 1 km hosszú, D-i részén 100-150 m széles, ENy-ra fokozatosan gerinccé keskenyedő, kettős kúpú andezittakarós fennsík. Az andezittakarót különösen a Lóci-patak völgyfőinek hátravágódása keskenyítette nyugati irányból. Ezen az oldalon igen változatos, vízmosásrendszerrel felsabdalt felszín jött létre. Az eredő völgyszakaszok összetorkolásának dimbes-dombos területén alakult ki a település. Ennek valószínűleg vízrajzi okai is voltak, mivel a patak, ENy-i irányban elhagyva a falut, szélesebb, vízenyős talapú völgymedencetárgulatban folytatódik. A vízmentes magasabb térszín jobban megfelelt az emberi megtelepedésnek. ENy-i irányból a kevésbé bevágódott Szalatnai-völgy felől a felszabdaltság kisebb mértékű, onnan mindössze három jól fejlett eróziós vízmosás közelíti meg a fennsík peremét. Látni fogjuk, hogy ennek az aszimmetriának, tektonikai és közzetani okai is vannak.

Abban az esetben, ha csupán az Őrhegyet vizsgáljuk, viszonylag egyszerűbb közzetani felépítésről beszélhetünk. A hegy tetőszintjét kb. a 425-430 m-es magasság felett andezit lávaközet és andezitagglomerátum alkotja. Az eredeti települési helyén lévő kőzet határát nehéz megállapítani (szálban szálló kőzet), mivel a hegy peremét a letarolódási folyamatok folyamatosan pusztítják,

az andezit alatti puhább, kevésbé ellenálló kőzetek eróziója miatt. Az ellenállóbb andezitfedőről kisebb-nagyobb peremi kőzetdarabok kerülnek törmelékként az alacsonyabb szintekre. A miocén korszakban (bádeni) az Északi-középhegység területén működő tűzhányótevékenység hozta létre a vulkáni hegysétagokat, így a Cserhát vulkáni területeit. A Cserhát keleti részén hatalmas andezittakaró települt, mely réteg vulkáni sorozat, benne vulkáni törmelékek (piroklastikumok) válogatják egymást lávakőzet-betelepülésekkel. A Cserhát területének jó részén az andezit szárazföldi körülmények között képződött, beborítva a korábbi lazább üledékes kőzetek felszíni erózióinak kitett felületét. Különösen a térség jégkori megemelkedése élenkítette fel a lepusztulási folyamatokat. Az andezitfedő folyamatosan erodálódott, főleg a peremek felől és a törésvonalak mentén. A lepusztuló kőzet alól így előbukkantak az idősebb, kevésbé ellenálló eltemetett kőzetek is. Így történt ez az Őr-hegy környezetében is, s a keletkezésekor az összefüggő nagyobb andezittakaró részét alkotó hegy ma már elszigetelten áll üledékes környezetében. Az andezit környezetében a miocén kárpáti korszakából származó Garábi Slír Formáció kőzetei (homok, iszapkö, agyag, agyagmárga) vannak a felszínen. E lazább kőzeteken igen erős az eróziós felárkölődés. A falutól K-re és É-ra még idősebb, a kora-miocénból származó homok- és homokkő-felépítésű dombok (Kutya-hegy) alkotják a felszínt. A falutól ÉK-i irányban lévő merev lefutású gerincek környezetében bukkannak elő a térség legidősebb kőzetei, a Szécsényi Slír Formációba sorolt agyagok, agyagos homokok, márgák. A térség enyhébb domborzati formáit a jégkorban hullóporos képződmények fedték be, melyekből lösz jellegű, ún. palóc lösz keletkezett. Ez azt jelenti, hogy a levegőből kiülepedett anyag legtöbbször átmozgatódott a lejtőkön, vályogosodott az időnként megtelepülő fás növényzet hatására. Ez különösen a Nagylóctól DNy-ra eső alacsonyabb dombhákat jellemzi.

A Keleti-Cserhát területét az andezitvulkánosság működése idején valószínű, hogy egy nagy, DNy-ÉK-i irányú andezitborítású térség jelentette. Innen ágaztak ki az akkori felszín alatti tektonikus repedésekbe, hasadékokba benyomuló telérrajok, melyek Ny-ra, ÉNy-ra több 10 km hosszan képződtek. A miocén korszak utáni kéregmozgások részben töredezésben és különböző mértékű vízszintes és magassági elmozdulásokban jelentkeztek, illetve jelentős volt a középhegységi terület általános

megemelkedése, különösen a jégkor-szakban. Ezek a fontos tektonikai események alakították ki a hegység töréss-rögös szerkezetét. A vetővonalak között kiemelkedő rögök, sasbércek általában aszimmetrikusan vetődtek, éppúgy, mint a közöttük képződő medencék, árkok. A kiemeltebb helyzetbe került, összetöredezett felszín törésvonalai mentén megindult az erózió. Így az egységes andezittakaró fokozatosan kisebb-nagyobb egységekre tagolódott. Környezetükben az erózió fokozatosan feltárta az elfedett, idősebb kőzeteket, melyeken a lealacsonyodás, vagy síkabb felszínük miatt megmaradhatott a jégkori por is. A medencék területén általánossá vált a fiatal kőzetképződés (palóc lösz). Érdekes domborzatfordulat történt az Északi- és Nyugati-Cserhát telérrajos területén. Itt a kiemelkedés következtében a felszín alatti kemény andezittakarókat fokozatosan kihantolta a lepusztulás. Emiatt ezek váltak a Cserhátra oly jellemző egyenes, merev futású gerincekké, míg az idősebb, ezeket beborító lazább kőzetek lepusztulási felszínei lealacsonyodtak.

A Cserhát keleti részének andezittakarója mára már három, DNy-ÉK-i csapásirányú andezitborítású, részben összefüggő, részben feldarabolódott és megkisebbedett vulkáni fennsíkka, fennsíkreszletté szabdalódott. A legkeletibb a legegységesebb és legmagasabb a kozárdi Pogányvártól a Nagybárcány melletti Kerek-Bükkig tart, hordozva a Cserhát legmagasabb pontját, az 575 m magas Purgát. A Nagymezői- és Garábi-medencék választják el a középső vonulattól, mellyel egy ponton a Felsőtold melletti Tarcsa-hegynél még ma is összefügg. A középső vonulat a Bokri-hegy-Bézmá-Major-hegy-Zsunyi-hegy között, a déli részén egységesebb, az északi részén már feldaraboltabb takarómaradvány.

A nyugati andezitsáv a legfeldaraboltabb, a változatos domborzatú, andezitfelszíneket is tartalmazó Cserhát-szentiváni-medencétől keletre. Ennek legészakibb fennsíkreszlete az Őr-hegy. Délkeleti irányban a Zsunyi-medencét határoló magaslatok andezittakaró foszlányai a Zsunyi-hegy és a Kerek-Bükk irányában az egykori egységes felszín maradványaiként mutatják az Őr-hegy összetartozását a területekkel.

Az Őr-hegy egy ÉNy-DK-i irányban elnyúlt andezittakaró maradványa, melyet a Zsunyi-patak és mellékágai különítettek el a DNy-i fennsíkreszletektől. Az ÉNy-i alacsonyabb (447,9 m) és a DK-i magasabb (452,1 m-es) csúcsa között a legkeskenyebb a hegyetető. Érdekes módon míg nyugatról a Lóci-patak eróziós völgyfői martak bele a hegy tö-

megébe, addig a legjobban hátravágódott völgygel szemben az ÉK-i oldalon egészen más lepusztulási folyamatok karcúsították a fennsík területét. A nagy-esésű lejtő a 375 m-es szint alatt hirtelen ismét vált, és ellenesésű felszínbe megy át egy kis mélyedést elgátolva.

A felszín itt arról tanúskodik, hogy a hegy peremén mintegy 200 m hosszan csuszamlás történt. A kicsúszott kőzetanyag kb. 200-250 m-es csuszamlásnyelvet hozott létre, melynek felszínén több elgátolt medence (hepe) és csuszamlásgerinc (hupa) keletkezett. Ezt a felszínt ma nagyon szép telepített bükkös borítja, melynek tiszta, áttekinthető az alja. A csuszamlásformák mára eléggé megkoptak, a gerincek legömbölyödtek, lealacsonyodtak, a hepéket kitöltő egykori tavak közül a nagyobbik, a hegylábi helyzetű mára feltöltődött. Egy kisebb, alsóbb helyzetű végőrait éli. Mára tartó fennmaradását magyarázhatja, hogy fellette a csuszamlott kőzettömegben időszakos forrás fakad. Csapadékosabb időkben ez táplálhatja a kis medencét, mely a környék vadjainak kedvenc dagonyázó- és itatóhelye.

Az Őr-hegyi csuszamlás nem egyedi jelenség a környéken. Hasonló kőzet-tani körülmények között jött létre az ettől jóval nagyobb kőzettömegeket érintő, hatalmasabb és éppen ezért még ma is igen látványos felszínformákat mutató csuszamlás a Nagybárcány melletti Kerek-Bükk, a Hármashatár-hegy oldalában. Közös jellegzetességük, hogy mindkét helyen az andezittakaró alatti iszapos, agyagos, homokos kőzetfésélyeket tartalmazó kőzetösszetétel (Garábi Slír Formáció) átmedvesedése okozta egy csúszópálya kialakulását. A laza kőzettömeg kicsúszása magával rántotta a fedő andezit szeleteit is. A kőzet átmedvesedése az andezitfelszínről indult, az annak repedéseiben átszivárgó csapadékvízből származott. A csuszamlást kiváltotta az is, hogy az ellenállóbb andezit-peremnél a könnyebben elhordásra kerülő lazább kőzetek lejtője egyre meredekebbé vált. Ez különösen az ÉK-i kitettségű hegyoldalakra lehetett jellemző. Itt a hosszabb ideig tartó hófelhalmozódás belemart a felszínbe, fülkét, kisebb mélyedéseket alakítva ki, pusztította azt. Az Őr-hegyi csuszamlás kisebb méretű volt, a nagybárcányi csuszamlásnyelv eléri a 1,5 km-t, addig itt 200-250 m csupán. A lecsúszott kisebb tömegek nem hoztak létre olyan méretű formákat mint a Kerek-Bükk alatt, így ezek pusztulása is előrehaladottabb, formái ma már enyhébbek.

Azzal a jó érzéssel fejezem be nagylóci leírásomat, hogy ismét hazánk egy piciny részletének megismerésével letünk gazdagabbak. Olyan részletével,

mely nem kínál látványos, egyedülálló, szenzációs élményeket, mely nem áll semmiféle kutatás homlokterében, melyről csak a szakirodalomban búvárkodva lehet egy-egy kis rövid információt begyűjteni. Most ezeket egy csokorba kötve, megfigyeléseinkkel, gondolatainkkal kibővítve, s csak erre a kis területre összpontosítva kínáljuk szeretettel ezt a csekély munkát minden hazánk rejtett szépségei iránt érdeklődő számára.

IRODALOM

Borovszky Samu: Magyarország vármegyéi és városai sorozat, Nógrád vármegye, 1909
Csáky Károly: Nógrádi tájakon, Madách, 1992
Cserhát útikalauz, Sport Lap-és könyvkiadó, 1957
Fényes Elek: Magyarország geographiai szótára, Pest, 1851
Geologica Hungarica, Tom. 21: Hámor Géza: A nógrád-cserhádi kutatási terület földtani viszonyai, Műszaki Kiadó, 1985
Hajdú-Moharos József: Magyar településtár, Kárpát-Pannon Kiadó, Budapest, 2000
Láng Sándor: A Cserhát természeti földrajza, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967

Magyarország kistájainak katasztere, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 1990
Noszky Jenő: A Cserhát földtani viszonyai, Magyar Királyi Földtani Intézet, 1940
Nováki Gyula-Sándorfi György: Nógrád megyei várkutatás 1988-89, kézirat
Pannon Enciklopédia, Magyarország földje: Horváth Gergely: A Cserhát, a Medves-vidék és a Gömör-Hevesi-dombság, Kertek, 2000
Peja Győző: Adatok a középső Cserhát geomorfológiájához, Földrajzi Közlemények, 1937
T. Pataki László: Útonjáró, feljegyzések Nógrád megyéről

A verpeléti Várhegy vulkáni kúpja

VÍZKELETI ANNA

Gárdonyi Géza Ciszterci Gimnázium, Kollégium és Szakközépiskola

Szüleimmel Mátraderecskén lakom, mely egy 2400 fős település festői környezetben, a Mátra északi lábánál. Olyan csodálatos helyen van a házunk, hogy látjuk a Mátra egész vonulatát, de még a Kékesen lévő kilátót is. Nem tudunk betelni a táj szépségével; tavasszal és nyáron a Mátra haragoszöld, ősszel pedig ezer színben pompázik. Nem csak a táj szépsége bűvöl el. Földrajzi tanulmányaim során mindig érdekelték a vulkánok. Titokzatosnak, varázslatosnak, kiszámíthatatlannak tartom őket. Csodálom azokat a kutatókat, akik óriási tudással, ismeretekkel felvértezve, próbálják megfejteni titkukat. A Mátra vulkáni eredetű hegységeink közé tartozik. Lehet, hogy ettől talán még kedvesebb, és ezért választottam dolgozatomnak vulkanikus témát.

Sokan nem tudják, hogy a Keleti-Mátraalja délkeleti előterében, a Tarna-völgy déli részén található verpeléti Várhegy a Keleti-Mátra egykori középső miocén korú andezittufa- és lávaanyagú réteg-vulkánjának jó állapotban megmaradt parazitakúpja. Környezetéből, a Tarna-völgy síkjából tanúhegyként emelkedik ki. A Várhegy azért különleges, mert betekinthetünk egy kialudt vulkáni kúp kúrtájába. Helyi földtani természetvédelmi területnek nyilvánították, és 2003-ban tanösvényt hoztak létre.

A Mátra

Vulkáni hegységeink kialakulását, azok alakját az ellentétesen mozgó, emelkedő és süllyedő területek, az ellentétes irányú szerkezeti mozgások formálták. A belső-kárpáti vulkáni hegységeink vonulatában - így a Mátrában is - három különböző domborzati-alaktani sávot különböztethetünk meg:

A legjobban és legkorábban kiemelt sávjaik erősen lepusztultak (a Börzsöny keleti lába, Északi-Cserhát, a Mátra ész-

*.....e földgolyó
a nagy tettekhez még talajt ad,
Erőm merész munkára hajt csak;
A túl csodás legyen való."*

Goethe: Faust

ki lába stb.). Így a vastag vulkáni összlet letarolódott róluk, ennek következtében eredetileg a mélyben rejtőző szubvulkánok felszínre kerültek.

Ezzel szemben a belső, déli sáv az Alfölddel együtt egyre mélyebbre süllyedt, ezért mind vastagabb üledéksor takarta be. Így a vulkánfelszínek egyes részeit a déli előtéren a fűrésok általában csak több száz méter mélységben érik el.

Csak a legerősebben kiemelkedett északi és lesüllyedt déli előtér közötti keskeny - 10-20 km széles - középső sávban maradtak meg a felszínen a miocén vulkánok roncsai, jelenlegi vulkáni hegységeink. Vagyis ezek az egykori tűzhányóknak csupán keskeny szeletei.

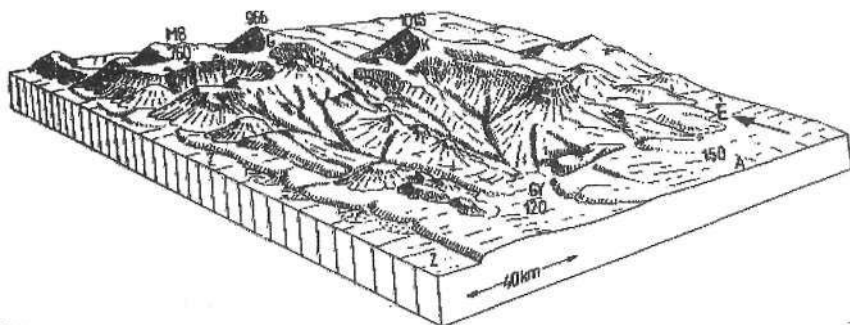
A Mátra a kárpáti belső vulkáni koszorú egyik tagja. Környezetének tengerszint feletti magassága 150-250 m között változik. A vulkáni terület, és egyben az ország legmagasabb pontja a Kékes (1015 m).

A Mátra, mint az Északi-középhegység része, származása szerint Európa legnagyobb fiatal vulkáni övezetéhez tartozik. A Tarna és a Zagya völgyétől körbefogva terül el, és bár nem a legnagyobb kiterjedésű hegységünk, itt emelkedik hazánk két legmagasabb csúcsa az 1015 m-es Kékes és a 964 m magas Galya-tető.

A Mátrát több, jól elkülöníthető részre lehet felosztani. Délnyugatról a Jobbágyi község fölött található Nagy-Hársas lepusztult vulkáni kúpjával kezdődik. A hegytől északra fokozatosan emelkedő előhegyekkel a Nyugati-Mátra a Muzsla csúcsával tetőzik. Az ún. Központi-Mátra

a Mátrabérc fennsíkjaiból, a Galya-tető és a Kékes vulkáni kúp csoportjaiból áll. Meredek, zord hegyoldalak, kőfolyások, törmeléklejtők, suvadások váltogatják egymást zárt bükkösökkel borítva. Délre lankásabb, párhuzamos völgyek futnak le, melyek közül legmeghatározóbb tájosztó vonal a Nagy-völgy. A Nagy-patak völgyével párhuzamosan alakult ki a Mátra „fő-bejárata”, Mátrafüredtől Mátraházáig. A Mátraalja erdőmentes, szőlőkkel borított megművelt tájairól szinte átmenet nélkül jutunk az erdős hegyi tájba. Keletre a Saskő 898 m-es ormának meredek letörése után a Keleti-Mátra 650-750 m magas hegyei sorakoznak. A hegység északi részét Mátralábnak nevezik. Elszórt, kb. 250-400 m magas kis vulkáni kúpokkal borított dombvidék ez, már többnyire művelt mezőgazdasági földekkel.

A hegység kialakulása több vulkáni fázis következménye, mely hosszú szünetekkel, több millió éven át tartott. Ennek eredményeként alakult ki hazánk egyik legszebb rétegvulkáni képződménye. Az első fázis vulkáni tevékenységei a harmadidőszak elejéhez (eocén) kötődtek, és a hegység északi peremén vannak a maradványai. Ebből a korból valók Recsk ásványkincsei, a réz, ólom, ezüst és az arany. A fő tömege a második fázisban, a miocénben jött létre. A tűzhányó mérete 25 km széles és 2000-2500 m magas lehetett. A harmadik fázisban lezajló utóvulkáni működés nyomait pedig a hegység nyugati és északnyugati peremén lehet észlelni. Ebben a fázisban kezdődött el az ércesedés. Az utóvulkáni tevékenység következtében egy egységes lávatakaró betemette a hegység keleti felében már korábban kialakult vulkáni képződményeket, és meghatározta a jelenlegi formát, melyek a Központi-Mátrában, a Kékes területén figyelhetők meg. A fő vulkáni kúp mellett a harmadik fázisban olyan romvulkánok alakultak ki, melyek



A Mátra tömbszelvénye (A-Alföld, G-Galya-tető, K-Kékes, M-Mátrabérc, Z-Zagyva-völgy)

maradványai ma meghatározóak a hegység domborzatában (Világos, Tóthegyes, Ágasvár, Muzsla, Sár-hegy). A Mátra déli része egyre mélyebbre süllyedt, melyet elborított a tenger. Ennek eredményeként képződött az a kb. 300-800 m vastag pannon üledéksor, mely a hegység déli lábánál figyelhető meg. Az északi része ezzel egy időben fokozatosan kiemelkedett, felszíne pusztult. A szerkezeti mozgások következtében kialakuló fiatal rögök a Központi-Mátra jellegzetes részei (Mátraháza, Galya-tető, Kékes). A Mátra kialakulása óta szinte állandóan pusztul, de nagyon különböző mértékben; a felszínét uraló 700-800 m magasságát néhol megéri egy-egy 850-1000 m-es pont.

A felszínfejlődés szempontjából fontos a jelenlegi formák kialakulásánál a völgyképződés, mely a gazdagon tagolt domborzat kialakulását eredményezte. Végezetül a jégkorszak felszínformáló tevékenységének köszönheti a hegység jelenlegi formáját.

A hegység felszínformái két csoportra oszthatók. Az elsődleges formakincs a vulkáni működés során alakult ki; a litológiai helyzet, valamint az utóvulkáni hatások következtében máig megtartotta eredeti vagy ahhoz hasonló eredeti alakját. Másodlagosnak tekintjük azokat a formákat, amelyeket kizárólag az erózió alakított ki. Az elsőbe sorolhatók a hegység mono- és parazitavulkáni kúpjait, a több kisebb kúppal vagy lávaároncsokkal koronázott hasadékvulkáni gerinceket és horsztokat. A szakirodalomban régóta vitatott, hogy a hegység kúp alakú felépítményei közül melyik tekinthető valóban vulkáni központnak vagy parazitakúpoknak. A földtani kutatások igazolták, hogy a Keleti-Mátrától délre található a hegység egyetlen parazitavulkáni képződménye, az elszigetelt helyzetű verpeléti Várhegy.

A verpeléti Várhegy

Verpelét község határában, a Sirok felé kanyargó vasút és országút hurkában sze-

rényen bújik meg a Mátra, s egyben Európa egyik legszebb földtörténeti kincse, a Várhegy. A névadó várnak ma már nyoma sincs, sőt az alig 200 m tengerszint feletti magasságú hegy központi részét is kibányászták. A kőkitermelés során azonban akaratlanul feltárták hazánk egyetlen, csaknem eredeti épségben megmaradt vulkáni kúpját.

A Várhegy egy vulkánembrió, a vulkáni dómok csoportjába tartozó olyan járulékos kráter, amelyhez hasonlóak napjainkban a szicíliai Etna oldalain, vagy az alaszakai Katmai vulkán környékén láthatók. A mátrai vulkanizmus késői, elhaló szakaszában, annak mintegy utolsó hőegéseként keletkezett. Viszonylagos fiatalságával magyarázható, hogy nem esett áldozatul a természet lepusztító erőinek. A vulkáni csatorna torkáig lemélyített kráter belső falán feltárul a múlt. Nagyon jól tanulmányozhatók rajta a vulkán keletkezésének mozzanatai és a lávadugó kialakulásának kísérőfolyamatai.

„Itt most egy új fogalommal találkozunk: *parazitakráter*! A parazita olyan élőski, mint a fán a fagyöngy vagy a kutya bundájában a bolha. A szállásadóból táplálkozik. Nos, ez a kifejezés nem éppen szakszerű, de így terjedt el és vált használatossá. Egy tűzhányó palástján található új, kis tűzhányót jelenti. De hogy keletkezik?

A parazitavulkánok kialakulásának folyamatában a híg, folyós láva a hasadék felszakadása után porszórással és salakgát képződésével kísért robbanással jár együtt. A kifolyó láva áttöri a gátat, és nagy felületen szétterül. A hasadék meghosszabbodásával valamennyi folyamat megismétlődik. Az explózió gyakran az erupciós hasadék egyes helyeire összpontosul, ahol kialakulnak a kis parazitavulkánok. A Várhegy kúpja morfológiailag tehát egy középső miocén korú (kb. 16 millió év) andezittufa-láva anyagú parazitavulkán jó állapotban maradt kitérés központi kúpja. Később a terület kiemelkedésére került sor és a Tarna jelenkori vízeróziója és a defláció hatása hozzájárult a fiatal üledékek elhordásához és a

vulkáni kúp közel eredeti morfológiájának kipreparálódásához.

A kráterben felemelkedő láva oldalnyomása néha feltépi a kúp laza szerkezetű oldalát. Ez az oldalnyomás magas tűzhányóknál óriási lehet, hiszen gondoljunk csak arra, hogy 1 m^3 láva több mint 2 tonna súlyú. Ez a nyomás, megsokszorozódva a gázok feszítőerejével a rétegvonalak mentén átréselheti a folyékony, izzó magmát a vulkán palástjain. A magma útját a vajúdasor fellépő földrengés által okozott hasadások még inkább megkönnyítik. Így ezeken a hasadékokon egymás után több parazitakráter is létrejöhet sorban egymás alatt.

A vulkáni kúpon kisméretű erődítmény állott, mely még az 1848-49-es szabadságharc idején is megvolt. Részese volt a kápolnai csatának is. 1849. február 27-én Schlick császári tábornok harminc ágyúval és röppentyűs ütegével nyitott tüzet a magyar honvédseregére. A Verpeléten akkor elesett 57 honvédnak emlékoszlopot állítottak a faluban. Később a vár szerepét elveszítette, elnéptelenedett, köveit a környék lakói széthordták. A bányászat 1911-ben indult meg. A kúp közepén található lávacsatorna anyagát (piroxénandezit) tekintélyes mélységig kibányászták, és a hegy keleti oldalának átvágásával bejáratot készítettek. Az intenzíven folyó bányaművelés 1934-ben fejeződött be. Elsőként Vidacs Aladár ismertette felépítését (1962). A verpeléti Várhegyet 1975. május 13-án a Heves Megyei Tanács 102/1975 sz. határozatában védetté nyilvánította.

A Magyar Geológiai Szolgálat szerint a felhagyott bánya területén az országos ásványvagyon-mérlegben nem tartanak nyilván felszínközeli, megkutatott ipari készleteket. A köfejtő azonban helyi védelem alatt álló földtani érték. A rekultivációs tervek elkészítésénél a tudományos és ismeretterjesztő célokat továbbra is biztosítani kellett: a védett terület megóvását, geológiai és botanikai bemutatóhely kialakítását.

A verpeléti önkormányzat 2001-ben ezen a területen tájhasznosítási, terület-hasznosítási célokat tűzött ki:

- a védetté nyilvánított hely megóvása
- geológiai bemutatóhely kialakítása ismertető tábla létrehozásával
- a terület élővilágának bemutatása ismertető tábla segítségével
- pihenőhely kialakítása a turisták részére.

Olyan műszaki munkálatokra került sor, melyek lehetővé teszik a Várhegy biztonságos bemutatását, ennek érdekében egy tanósvény került kiépítésre.

A Várhegy földtani felépítése

A Várhegy földtani felépítése, a kőbányászattal feltárt egykori vulkáni kráter kép-

zödményei, valamint annak nyugati lábánál lemélyült Verpelét 1. sz. 258,5 m mély szerkezetkutató magfúrás adatai alapján vált ismertté.

Nagy mélységben, 1500 m körül az olajkutató fúrások adatai szerint triász mészkő és dolomit található, melyre vastag eocén márga és oligocén agyagmárga települ. A fúrás szerint 250 m mélyen kovás miocén andezittufa található, mely vízbe hullott a közbetelepült agyag és tufit vékony rétegei alapján. Ezen közel 10 m vastag andezitkavicsokat tartalmazó agyag és dácittufa található. Felette 53,8-239,9 m között biotitos, nem összesült horzsaköves dácit-ártufa települ, mely egykori ignimbritár része. Ez a kőzet a közvetlen fekéje a várhegyi vulkáni központnak.

A Várhegy vulkánja alján 0,5-3,0 cm-es andezit- és riolitlapillikét tartalmazó finomszemű andezittufa van, mintegy 25 m vastagságban. A több helyen jelentkező kalcedonos, kovás kötőanyag a tufában hidrotermális elváltozásra utal. A felette települő finomszemű (1-2 mm-es) vagy szögletes lapillikéből álló rétegek andezittufa-, kvarc-, biotit- és horzsakőtartalmúak. Ezek a rétegek néhol agyagosak, és vízi ülepedésre utaló nyomokat tartalmaznak.

Az egykori vulkán lábánál mélyült fúrás felső 4 méterében 20-40 cm-es andezitblokkok találhatók. Ilyen típusú andezittufák vannak a vulkán legmélyebb felszíni feltárásában, a keleti nyitó árok falaiban. Itt a különböző szemnagyságú lapillis tufák meredeken keletre dőlnek a vulkáni kúp palástját követve. Az egykori vulkáni kürtő középpontja felé haladva a törmelékek szemnagysága növekszik, míg a kürtő szegélyén megjelennek a különböző méretű és oxidáltsági fokú, andezitdarabokból álló kürtőbreccsák, többnyire tufás kötőanyaggal.

A kráter szegélyén körben a felszínen mindenütt megtalálhatók az andezitláva meredeken dőlő sziklakibúvási. A kürtőt kitöltő igen változatos összetételű andezitestek fő tömegét kibányászták. A kürtő belső falán és részben az egykori bányaudvar alján lévő szálban álló ande-

zit feltárásaiból egymást többször követő andezitláva- és kürtőbreccsa-benyomulásokra következtethetünk.

A vulkáni kúp teljes lábazati átmérője 250 m. A kráter kibányászott belső átmérője É-D-i irányban 100 m, K-Ny-i irányban 80-100 m. A kúp magassága a külső oldalon a csúcsig 30 m, a kürtő kibányászott talpától 40 m. A vulkán anyaga piroxénandezit láva, lávabreccsa és szőrt andezittufa. A lávatest a kürtőben rekedt, onnan nem folyt ki az andezitdóm anyaga.

Élővilág


A Várhegy nemcsak morfológiailag emelkedik ki környezetéből, hanem ökológiailag is. Szigetszerűségének köszönhetően számos olyan értékkel rendelkezik, amely kapcsán kiemelkedik a helyi védettség adta előnyöket. Geológiai sajátosságai révén növényzete és állatvilága is különleges a Tarna-völgy flórájához és faunájához képest. Jóllehet a fauna sokszínűsége és egyedi volta nem annyira szembevetendő a terület méreteiből adódóan, mégis több olyan faj él ezen a kis szigetszerű területen, amely védelemre szorul.

A flóra különlegessége elsősorban a környező területektől eltérő alapkőzetben és az azon kialakult talajviszonyokban keresendő. A terület morfológiájából adódóan olyan lejtés- és kitettségi viszonyok alakultak ki, amelyek sajátos mikroklimát idéznek elő. Elsősorban a kürtő belső területein alakultak ki olyan viszonyok, ahol a külső tájtól idegen növények és azok társulásai alakultak ki.

A ma látható morfológia kialakulása csak részben tekinthető a természet „alkotásának”. A múlt század közepéig folyamatos antropogén behatás alatt állt a terület az illegális bányászatkodásból adódóan. Ennek következtében a felszínt eredetileg alkotó növényfajok jó része eltűnt, míg a zavarást jobban tűrők dominánsá váltak a területen. A bányászat befejeztével megindult egy természetes szukcessziós folyamat, amely a terület egyes részein még ma is tart.

A területen található védett növények: csinos árvalányhaj (*Stipa pennata*), jankatársóka (*Thlaspi jankae*), leánykőkörcsin (*Pulsatilla grandis*), magyar bogáncs (*Carduus collinus*), magyar köhúr (*Minuartia frutescens*), nagy pacsitafű (*Polygala maior*), piros kigyószisz (*Echium rus-sicum*), sárga kövirózsa (*Jovibarba hirta*), tavaszi hérics (*Adonis vernalis*), erdei szellőrózsa (*Anemone sylvestris*), nagy-ezerjófű (*Dictamnus albus*), magyar zergevirág (*Doronicum hungaricum*), macskahere (*Phlomis tuberosa*).

Számos olyan növény fordul elő tehát a Várhegy területén, melyek önmagukban és társulásaikkal együtt megérdemlik a nagyobb odafigyelést mind a szakemberek, mind az odalátogató érdeklődők részéről.

A Várhegy területén található védett állatok: éti csiga (*Helix pomatia*), fűrészlábú szöcske (*Saga pedo*), egerészölyv (*Buteo buteo*), feketerigó (*Turdus merula*), kis poszáta (*Sylvia curruca*), mezei poszáta (*Sylvia communis*), tengelic (*Carduelis carduelis*), töviszúró gébics (*Lanius collurio*), vörösbegy (*Erithacus rubecula*), fürgegyik (*Lacerta agilis*), keleti sün (*Erinaceus concolor*). 

IRODALOM,
A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve LVII. kötet
Mátra hegység, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975
Zelenka Tibor: A Mátra hegység földtani felépítése, 1999, kézirat
Dr. Zelenka Tibor: „A Verpeléti Várhegy” vulkáni kúpja, mint földtani természetvédelmi terület, Földtani Kutatás XXXIX. Évfolyam, 4. szám
MAGMATIC Bányászati Tervező és Szolgáltató Kft.: Tarnaszentmária 053 hrsz-ú területen található Verpeléti Várhegy tájrendezési terve, Eger, 2001
Borsy Zoltán: Általános természetföldrajz, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1993
GAEA 5/6. szám: Hoffer András, A föld belső erői, Kertész József Könyvnyomda, Karcag,
Dr. Bulla Béla: Magyarország természeti földrajza, Eötvös Loránd Tudomány Egyetem, Budapest, 1958
Székely András: A vulkáni formák új szemléleti értelmezése és rendszerezése, ELTE, Budapest, 1993
Székely András: Vulkáni morfológia, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 1997
Bulla Béla: Általános természeti földrajz II. kötet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1954
www.fsz.bme.hu/mts
<http://geocaching.hu>
[www.mek.iif.hu](http://mek.iif.hu)
www.matrahegy.hu/termvede
www.berze-nagy.sulinet.hu

A palini anyagkinyerő mint természeti érték

GYÖRFY ÉVA

Batthyányi Lajos Gimnázium és Egészségügyi Szakközépiskola, Nagykanizsa

A dolgozat témájával választott felhagyott anyagkinyerő hely lakóhelyemhez közel, Nagykanizsa szélén helyezkedik el, és emellett, hogy az arra járók számára érdekes látványt nyújt, mind

földtani kialakulása, mind pedig védett madarak élőhelye szempontjából különleges, ezért fokozott figyelmet érdemel. Ugyanakkor a feltárás még nem áll védelem alatt, így az emberi tevé-

kenység pusztító hatásának folyamatosan kiszolgáltatott. Írásom célja a feltárás földtani tulajdonságainak leírása, kifejlődésének rekonstruálása, élővilágának megfigyelése, és a megállapítá-

sok összegzésével javaslatként annak megőrzésére.

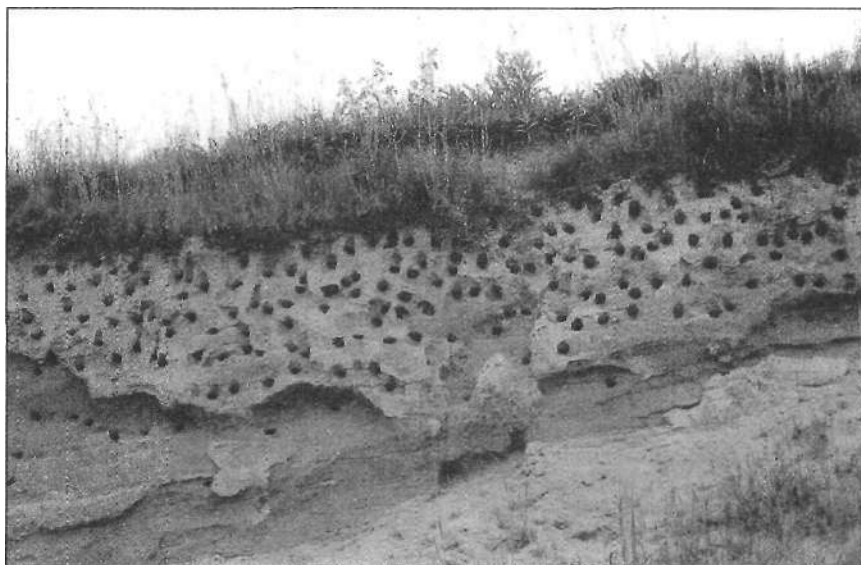
A feltárás Zala-megyében, Nagykanizsa közigazgatási területén helyezkedik el a Zalaegerszeg felé vezető út mentén. Környezetének mai képe változatos dombosági felszín, zömmel észak-déli irányú völgyekkel. A térség geológiai, földtörténeti viszonyairól bőséges információ áll rendelkezésre, köszönhetően az olajkutató fúrások adatainak. A mai felszín formakincse néhány százezer éve kezdett kialakulni, a pleisztocén eljegesedések és felmelegedések időszakában, ám máig is folyamatosan változik. A területet felépítő főként homokos és agyagos üledékek anyaga az Alpok kőzeteinek mállástermékeként juthattak el mai felhalmozódási helyükre. Az üledékszemcsék szállításában és lerakásában a folyóvizek és a szél vettek részt. A vízrajzi kép ma már elhalványul amellett a gazdag vízi világ mellett, amely a területre az utolsó jégkorszakot követő felmelegedés kezdeti szakaszában jellemező lehetett, biztosítva a nagymennyiségű üledék szállítását. A környék fő vízgyűjtője a mesterséges Principális-csatorna, mely a vidék vizét medrébe gyűjti, majd továbbítja a Murába.

Terepi megfigyelések

A terepi szemlére elsőként 2005. április 4-én került sor. A megfigyelésről jegyzőkönyvet készítettem. A munka során a legfontosabb tapasztalatok rögzítése mellett jellemző fényképfelvételeket készítettem, illetve a feltárás különböző helyein mintavételezéseket végeztem.

A domb észak-déli csapásirányú, felületi képe jellegzetes csepp alak, melynek déli lejtője kb. 60, míg északi lejtője kb. 30 fokos. A homokdomb keleti és déli oldalán a korábbi homokbányászat által kialakult partfalak figyelhetők meg. A helyszínen alkalmazott elsődleges vizsgálati módszerek alapján az a következtetés vonható le, hogy a feltárást felépítő törmelékanyag a homok szemcsetartományba sorolható. A felhagyott bányafal szelvénye két részre bontható: a felső, függőleges falú szakaszra, illetve az alsó kb. 70-80° dőlésű omlásból származó szakaszra. Emiatt csak a felső szakasz alkalmas geológiai megfigyelésre, mivel a homok ülepedési szerkezete, esetleges rétegzettsége, az eredeti állapotok itt figyelhetők meg.

Elsőre megállapítható, hogy a homokfal döntően laza szemcsék együtteséből épül fel, amelyben kötőanyag által összecementált homokkötetek, illetve -tömbök figyelhetők meg. A sósav hatására az érintkezési felületen létrejött pezsgés mésztartalmú kötőanyagra utal. A homokfalon határozott rétegzettség, folyóvízi környezetre utaló leülepedési sajá-



Költőüregek a homokfalban

tosságok nem mutatkoznak, ami a folyóvízi felhalmozódás lehetőségét nagymértékben csökkenti. A szemcsék kerekített-sége, illetve szögletessége a keletkezési környezetet jól behatároló bélyeg.

Megfigyelhető, hogy a feltárás függőleges falszakaszában homokba fúrt madárfészkek sorakoznak. Mivel madarat nem láttunk a helyszínen, így azokat gyanítotóan költöző madarak lakják.

Az elsődleges terepi megfigyelésből az a következtetés vonható le, hogy az anyagkinyerőt magába foglaló dombot döntően a homok szemcsetartományba tartozó laza, esetenként gyengén cementált üledék alkotja. Összesen hét helyen vettem mintákat. Ezek terepi vizsgálata során a lösz kizárható volt, mivel a szemcsék a kézi tapintás során jól elkülönültek. A lösz lehetőségének, illetve elvetethetőségének igazolására a mintákat szemcseméret megállapítása céljából laboratóriumi vizsgálatnak vetettük alá. A 2-es minta cementált, de keménységét tekintve még a puha kőzetekhez sorolható. A cementáló anyag a sósavpróba alapján mésztartalmúnak bizonyult. Ezt a kőzetmintát és a sav reakcióba lépésekor felszabadult gázok által okozott pezsgés jelezte. A homokszemek ásványi összetételének eldöntése céljából ugyancsak laboratóriumi vizsgálatokat végeztünk. A domb keletkezésére vonatkozóan a folyóvízi, illetve a szél általi szállítás és lerakódás egyaránt szóba jöhet, azonban a rétegzetlenség, amely a helyszíni megfigyelés során tapasztalható volt, nem folyóvízi eredetre utalt. A szállító és üleptető közeg ismeretében lehetőség nyílik az ősföldrajzi környezet rekonstrukciójára, illetve a domboldal kialakulásának valószínű folyamatára is. Ugyancsak a szállító

és leüleptető környezet rekonstrukcióját célozta a homokfalból vett csigaház- és kavicsminta is. A szállító és lerakó közeg megállapítására a szemcseméret, és a szemcsék koptatottságának, lekerekített-ségének ismerete elengedhetetlen. Mivel ezeket a vizsgálatokat megfelelő mikroszkóp hiányában nem tudtam elvégezni, a Mol Rt. kőzetvizsgáló laboratóriumához fordultam segítségért. A mintákat mikroszkóp alá helyeztük, és a szemcsék vizsgálata során megállapítható volt azok mérettartománya, koptatottságának mértéke, anyagi összetétele. Az előbbi két paramétert könnyedén meg lehetett határozni, azonban a szemcsék anyagára vonatkozóan Nusszer András geológus segített.

A minták elemzése

Az 1. számú minta színe világos sárgásbarna, kőzetlisztes, apró szemcséjű finomhomoknak nevezhető. A homok részben szemcséire szétesve látható, de előfordulnak gyengén kötött rögökben is.

A 2. számú minta keményebb, kézzel nehezen törhető mészkonkrécio. Hossza kb. 3 cm, megnyúlt alakú, de maximum 8-9 mm átmérőjű. Törési felületét világos barnásszürke színű, finomkristályos mészanyag (CaCO_3) alkotja, melyhez még az őt közrezáró üledék homok szemcséi is járulnak. Belsejében finom csövecske húzódik, ami a megnyúlt alakkal együtt arra utalhat, hogy vékony növényi gyökérszál mentén vált ki.

A 3. számú minta világos sárgásbarna, ez is kőzetlisztes, apró szemcséjű finomhomoknak nevezhető. Gyakoriak a milliméteres nagyságrendű, világosszürkés színű, keményebb, kötöttebb, mészb-

gazdag testecskék (mészkonkréciók). Ezek sokszor csőves-héjszerű alakúak, részben növényi gyökérszálak mentén válhattak ki.

A 4. számú minta szintén világos sárgásbarna színű. Az apró szemcsés homok aránya jelentősebb.

A gyengén kötött homokminták muszkovitesillámosak, gyengén meszesek. Kémiai tanulmányaim alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a mésztartalom részben a törmelék szemcsékből, részben az üledékben utólagosan kivált mészből (CaCO_3) eredhet. Az utólagos mészkiválás kémiai folyamata a beszivárgó (széndioxidban dús) csapadékvíz mozgásához köthető, mely az üledék mésztartalmát feloldotta, odébb szállította, és az más helyen kivált belőle.

Mintavizsgálati következtetések:

A különböző anyagú ásványi alkotókat eltérő keménységek jellemzik, amelyek befolyásolják a szállító közeggel szembeni ellenálló képességüket. Így a különböző minőségű ásványok a szállítás során eltérő sebességgel koptatódnak. Ha a mintánkat vegyes összetételű ásványok jellemzik, azaz együttesen és közel azonos arányban fordulnak elő puhább és keményebb ásványok, akkor rövidebb szállítási távolságot tételezhetünk fel, ha a szállító közeg a szél, és hosszabbat, ha víz mozgatja a szemcséket. Abban az esetben pedig, ha az ásványi alkotók nagy részét a keményebb ásványok teszik ki, akkor a szél általi hosszabb szállítás tűnik valószínűbbnek, amelynek során a puhább ásványok a domb anyagának lerakódását megelőzően, már jóval korábban teljesen elkopnak.

A vizsgálatokból kiderült, hogy a homokszemcsék anyagát 50 százalékat meghaladó mértékben kvarc, kisebb részben földpátok, valamint csillámok (muszkovitok) adják. Mivel a keményebb alkotók aránya a nagyobb, így a hosszabb szállítódás tételezhető fel, hiszen a puhább alkotók jórésze időközben elkopott. A szemcsék többsége csak gyengén vagy közepesen koptatott, ami inkább folyóvízi szállításra utal.

Faunavizsgálati eredmények

A 6. számú mintában egy a domb kialakulásakor élő csigafaj maradványai találhatók. A hetedikben pedig ezen csigafaj ma is élő egyedének csigaháza. Dr. Krollop Endre (MÁFI) megállapítása szerint a két csiga ugyanabba a fajba tartozik (*Helicella obvia*). A *H. obvia* (avarcsiga, vagy kórócsiga) háza lapított, vastag héjú, fehéres-meszes, néhány barnás-feketés, hosszanti lefutású sávval. Melegkedvelő



Omló homokfalak

faj, egyike a leginkább szárazságtűrő csigáinknak. Délies lejtőkön, napsütötte füves helyeken is él. Itt gyakran csoportosan találhatók a fűszálakon. Krollop szerint ez a faj a holocénre, azaz a mai élővilágára jellemző. Mivel a homokfalban a csigákat teljesen homogén közeg veszi körül, semmi nem utal arra, hogy a csigák repedéseken keresztül, utólag kerültek volna a homokfal belsejébe.

A domb kialakulása, fejlődéstörténete

Az elméleti ismeretek felhasználásával, ötvözve a terepi megfigyelésekkel és a laboratóriumi vizsgálatokkal, megpróbáltam a domb kialakulásának történetiségét rekonstruálni. Mivel a domb a geológiai időskálán is igen fiatalnak számít, kialakulásának történetét a pleisztocén jégkorszakokig érdemes és lehet visszavezetni, amikor már a pannon beltő teljesen eltűnt a Kárpát-medence területéről, és helyét a szárazföldi környezet vette át. A pleisztocén eljegesedések és felmelegedések ismétlődései nagy mennyiségű üledékanyag behordását tették lehetővé a Kárpát-medence területére. Az üledékanyag az Alpok és a kárpáti hegykioszorú lepusztulási termékeiből származik. A területünk feltöltődésében a Keleti-Alpok kőzetanyagai vehettek részt. A kőzetek mállásában, aprózódásában főként a szél, a víz, és a jég munkálkodott, míg azok szállításában a szélnek és a folyóvizeknek jutott a főszerep. Az eljegesedéseket követő felmelegedések idején az örök fagy határa mind feljebb húzódott, lehetővé téve újabb jég- és hótömegek megolvadását, ezzel tovább táplálva a törmelékanyagot szállító patakok és folyók vizét. A nagy energiával lezúduló vízfolyások a levált kőzetdarabokat nagy távolságokra tudták elszállítani. Az üledékanyag jellemző tulajdonságaiból (rétegzettség, szemcseméret, lekerekítettség, anyagi összetétel) következtethe-

tünk a szállítás és leülepedés körülményeire. A feltárásunkban vett minták meghatározó szemcsemérete 0,1-0,25 mm közötti, amelyet egyaránt produkálhat szél és folyóvízi szállítás is. A kérdést a homokszemcsék lekerekítettsége eldöntheti, arra alapozva, hogy a szél által szállítottak a folyamatos súrlódás miatt jobban lekerekítődnek, mint a folyóvízi szemcsék. Mikroszkópos megfigyeléseim alapján a szemcsék közepesen lekerekítettek. Ezt előidézhetheti rövid távú szél általi szállítás, de hosszabb úton történő folyóvízi átmozgatás is. A szállító és ülepítő közeg meghatározásánál további se-

gítségünkre lehet a homokszemek anyagi összetételének ismerete is. Ha a szemcséket tartósan a szél szállítja, akkor az erőteljes koptató hatás miatt a puha ásványok még a leülepedés előtt teljesen elkopnak, így a lerakott anyagban a kemény, ellenálló ásványok kerülnek túlsúlyba. Folyóvízi szállítás esetén a puha ásványok is jobban megmaradnak, és arányuk a leülepedett közegben magasabb lesz. Ebből a megfontolásból Nusszer András geológus segítségével megvizsgáltuk a homokszemek anyagát. Kitért, hogy a homokban a nagy ellenálló képességű kvarc van túlsúlyban, aránya a 60 százalékat is meghaladja. Mivel a homokszelvényben folyóvízi lerakásra utaló rétegzettségeket nem észleltünk, ezért a homokdomb közvetlen lerakásában egyértelműen csak a szél munkája vett részt. Ezt támasztja alá a domb jellegzetes alakja, amelyet csak a szél hozhat létre. A szárazföldi eredet további bizonyítéka a falba ágyazódott szárazföldi csigák jelenléte. A megfigyelésekből az a legvalószínűbb eseménysor állítható fel, hogy a homokdombot alkotó üledékanyag a folyóvizek szállítása során jutott el eredeti felhalmozódási helyére, majd onnan a meder vándorlásával szárazulatra került, a növénytakaró nélküli üledékanyagot a szél felkapta, és mostani helyén, néhány kilométer szállítás után lerakta. A homokfalban elszórtan megtalálható, átlagosan 1-3 cm nagyságú folyami kavicsok a ritkábban előforduló viharos szelek által kerülhettek a homokfelszínre, majd eltemetődtek. A domb kialakulásának kezdete néhány tízezer évre tehető, épülésének folyamata a növénytakaró elterjedésével fejeződött be. Akkoriban gyér növénytakaró boríthatta a felszínt.

A 2005. április 4-ei terepbejáráskor nyilvánvalóvá vált, hogy a feltárást költöző madarak lakják. A homokfalba fúrva kialakított madárfészkek partifecséktől, illetve gyurgyalagoktól is származhattak.

Annak eldöntésére, hogy a két, külön-külön is védett faj közül melyik él itt, esetleg mindkettő, újabb terepi megfigyelésre volt szükség. A jelenleg látható fészkek száma 150-200 közöttire tehető. Megfigyeléseim alapján az itt élő madárpopuláció döntő hányadát a partifecske képezi.

A partifecske (*Riparia riparia*) a legkisebb fecskefélének. Színezete egyszerű, mert az öreg madarak egész felsőteste, homloka, fejeteje, háta és farka földbarna, halvány, szürkés árnyalattal. Az egész hasoldal, a toroktól az első farokfedőig fehér. Farka a legkevésbé kivágott a nálunk élő fecskefélék közül. Védett madár, eszmei értéke 5 ezer forint.

Magyarországon a középhegységek magasán fekvő, erdővel borított területeinek kivételével mindenütt találkozhatunk partifecskevel. A különböző emberi tevékenységek (homokbányászat, építkezések) révén kialakuló partfalak a folyóktól távoli fészkelését is elősegítették.

A gyurgyalag Európa egyik legszínompásabb madara, forma és színek tekintetében a trópusok madaraival vetélkedik. Az öregek homloka fehér-kék. A fejtető és a hát szép gesztenyebarna, a válltollak sárgák. A fiatalok színezete fákóbb, de nagyjából megegyezik az öregekével. A gyurgyalag Magyarországon 1982 óta fokozottan védett madár. A hazai állomány 15 000-25 000 párra tehető. A gyurgyalag Magyarországon a középhegységek zárt erdővel borított részeinek kivételével bárhol megtelepedhet. Kedveli a meleg, napsütötte domboldalakat, a déli fekvésű homokbányákat. Néhány évtizeddel ezelőtt elsősorban a nagyobb folyók partfalaiban költött. Ugyanebben az időszakban csak néhány nagyobb tele-

pe volt ismert. Az utóbbi két évtizedben az igazán nagy (50 pár feletti) telepei ritkává váltak, viszont fészkelésre alkalmas partfalak esetén egy-két pár megtelepedésére bárhol számíthatunk.

A feltárás állaga az utóbbi években jelentősen romlott. Az erózió minden fajtája formálja felszínét, folyamatosan pusztul. Ezekből a jelenségektől nem lehet megvédeni, természetes folyamatok. A beszívargó csapadékvizek tovább fokozzák az omlások veszélyét. A másik két fontos tényező a növény- és állatvilág, a biológiai erózió. A növényzet, mely a feltárás tetejét fedi, sűrű, helyenként mélyre nyúló gyökereket ereszt, és ezek növekedése megrepeszti a homokfalat, mely ezáltal is pusztul. Az omlás során egyre feljebb húzódó omladékok borító növényzet éppen a madárléleket veszélyeztetni leginkább.

Az anyagkinyerő hely közelében főút vonal húzódik, ennek ellenére ez nem okoz nagy problémát, viszonylag csendes a feltárás környezete, ezért is élhetnek itt költöző madarak. Az úttal átteljes oldalon aszfaltüzem működik, ami a környezetszennyezés szempontjából fontos szerepet játszhat, főleg ha káros anyagokat bocsát ki. Sajnos, a feltárás megközelítése komoly akadályokba ütközik, mert közvetlenül a közúti leágazásnál a bejáróút egy kb. 50 m-es szakasza engedély nélküli hulladéklerakóként használt. A szemét összetételéből feltételezhető, hogy azok illegális elhelyezése azokhoz a környékbeli településekhez köthető, ahol a szemét tárolása a mai napig megoldatlan.

Államgővási feladatok

Mindenképpen fontos lenne a feltárás megővása, hiszen földtörténeti érték.

A természeti tényezők okozta eróziótól és a főútvonal közelségétől nem lehet megvédeni, de más egyéb tényezőkötől, különösen az emberi beavatkozásoktól igen. A személtlerakóként használt bejáratot meg kell tisztítani és annak érdekében, hogy a továbbiakban a bejáró utat ne használják illegális hulladék lerakásra, a környékbeli önkormányzatok feladata kell hogy legyen a személtelhelyezés megoldása. Magát a feltárást bekerítéssel szükséges megővni az engedély nélküli homokbányászattól, illetve a sportszórakozásoktól. A különböző sportokat űző emberek itt gyakorolnak (pl. íjászat).

A mind geológiai, mind pedig madártanilag fontos természeti képződmény megővásának legcélravezetőbb formája lehetne a feltárás egyedi természeti értéké történő nyilvánítása. Mivel a terület természetvédelmi szempontból a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatósága alá tartozik, így ezt a képződményt is e hatóság általi védelem alá célszerű helyezni. Az egyedi természeti értékre és annak védelmére a lakosság figyelmét erre a célra kihelyezett táblákkal kell felhívni. Természetesen nemcsak figyelmeztető, hanem tájékoztató jellegű táblák kihelyezése is szükséges, amelyek informálnak a védetté nyilvánítás geológiai és madártani háttéréről.

IRODALOM

Kapocsy György: Madarat tolláról
Kelemen Attila: Madaras könyv - Kriterion KKK kiskalauz
Természetkalauz: Szárazföldi madarak
Balogh Kálmán: Szedimentológia I.
Kovács József: Földtan I., Geológiai szakközépiskolai tankönyv
Kovács József, Ravasz Csaba: Földtan II., Geológiai szakközépiskolai tankönyv
Antal Sándor: Földtan IV., Geológiai szakközépiskolai tankönyv

A Ság-hegy

NEMES ANNA

Mezőgazdasági Szakképző Iskola és Kollégium, Celldömölk

A Ság-hegy, mely elválaszthatatlan a lábánál fekvő Celldömölkkel, Kemenesalja ékőve. Ami Budapestnek a Gellérthege, Pécsnek a Mecsek, ugyanazt jelenti a celldömölki embernek a Ság. Mivel Celldömölkön születtem és most is itt élek, szívemnek különösen kedves e táj. Bármerre is járjak, ha honvágyam van, felidézem Berzsenyi Dániel sorait: „Messze setétedik már a Ság teteje...”

A Ság-hegy Vas megye első, egyben Magyarország legkisebb tájvédelmi körzete. Természeti és kultúrtörténeti jelentősége jóval felülmúlja méreteit. Látványosság szempontjából legfontosabb értékét a bá-

nyászat hozta létre, aminek következtében betekintést nyerhetünk a hegy belsejébe és megcsodálhatjuk a hegy mozgalmas, ötmillió éves geológiai történetét. A vulkáni működés szemléltetését geológiai tanösvény segíti, melyen saját szemünkkel láthatjuk a bányászkodás után visszamaradt lávpadokat és kúrtökitöréseket. A hegy a környezetétől eltérő mikroklimájú. Ha vesszük a fáradságot és megmásszuk, csodás növény- és állatvilágában gyönyörködhetünk. Kultúrtörténeti szempontból is jelentős. A Ság az itt talált régészeti leletek alapján már az i. e. harmadik évezredben is otthont nyújtott a neolit, a bronz- és vaskor

embereinek. Találtak római és Árpád-kori leleteket is. Eötvös Loránd itt végezte kísérleteit a torziós ingával és a hegy nevét beírta a gravitációs kéregszerkezeti kutatásokkal a tudományba. Természeti és tudománytörténeti értéke mellett tájképi értéke és szépsége is olyan egyedülálló, hogy versek is születtek róla. Gondoljunk csak Berzsenyi már idézett örökség soraira.

A Ság-hegy kialakulása

A hegy keletkezéséről az öregek azt mondták, hogy a „Ság-hegyet biz az alsósági ördögök építették”. A történet nemcsak

Alsóságon, hanem a környező falvakban is ismeretes: „Egyszer Lucifer, az ördögök fejedelme tüzes lovával vágatott végig a Kemenesalján, az erdős, sík gyönyörű vidéken. Igen megtetszett neki a táj. Szeretett volna gyönyörködni benne, hogy ültö helyében láthassa az egész vidéket. Megparancsolta hét ördögének, hogy hordjanak össze rengeteg követ, építsenek hegyet. Az ördögök hét nap, hét éjjel megállás nélkül hordták a követ. A hetedik nap éjjel Lucifer már belátta az egész vidéket. Belefűjt a sípjába és lekiáltott az ördögöknek, hogy hagyják abba a kőhordást. Erre az ördögök, ahol érte őket a parancs, kiöntötték kőtenyűkből a követ, és felszaladtak Luciferhez a hegyre. Így keletkezett a Ság-hegy és a Kemenesalján lévő hét kisebb halom.”

A hegy kialakulása és egyben mozgalmasság geológiai története valójában mintegy ötmillió évvel ezelőtt, a pliocén korszakban kezdődött. A tájat akkor még a hatalmas ósocéán a Tethys dunántúli lefűződéséből kialakult Pannon-beltenger borította. Ötmillió éve kéregmozgások zajlottak, melyek létrehozták a balatoni vulkánosort és annak legnyugatibb hazai tagját, a Ságot. A kőzetolvadék a kéreg több kilométeres mélyéből, tektonikus törések kereszteződésében kialakult magmacsatornákon jutott a felszínre. Az első heves kitöréssel főleg vulkáni por és hamu került a felszínre, amelyből 40-50 m vastag tufa alakult ki. A tűzhányó működése a törmelékiszórás felváltó lávafolyással fejeződött be, amely ötven méter vastag bazalttakaróvá dermedt. A lepusztulás során először a lavapajzs pereme töredezett le, majd a hetvenméternyi laza képződményeket hordták el a folyóvizek. A jégkorszak periódusaiban felaprózódott kőzetanyag, iszapfolyás alakította tovább a hegy lejtőit. Mai formájának kialakulásában a természeti erők mellett az emberi kéz is szerepet játszott a bányászat és szőlőművelés révén.

A hajdani vulkánkitörések a kőzetanyag vizsgálata alapján négy szakaszra oszthatók. Az első többszörösen ismétlődő törmelékiszórás lehetett. Ezt izzó gőzök és gázok robbanásai kísérték, amelyek végül az említett 40-50 m vastag többretegű vulkáni tufát létrehozták. A tufában megfigyelhető színes rétegződés (a hegytető nyugati részén) a beltávi ülepedést igazolja, mert ilyen finom rétegzettség szárazföldi körülmények között nem jöhetett létre.

A második szakasz már nagytömegű lávafolyással járt, melynek anyagából földpátos olivinbazalt, ún. „alsó bazalt” képződött 20-25 m-es vastagságban. A harmadik kitörés a „felső bazaltot”, míg a negyedik a



A Ság-hegy régen a bányával

kristályos, szemcsés dolerites bazaltot hozta létre 10-15 m vastagságban, utóbbi a felső bazalt repedései között szilárdult meg.

A vulkán anyaga még az elsekélyesedett, mocsaras pannon környezetbe hullott. Később, a terület folyóinak feltöltő tevékenysége következtében, teljesen el is temetődött. A bazalttakaró ismételt felszínre kerülése a környezet lepusztulásának, lealacsonyodásának a következménye. E folyamat a tanúhegyképződés, melynek során a puha - bazalttal nem fedett - felszín lealacsonyodik, míg a bazalt által megvédett területek ellenállnak a természet erőivel szemben. A név onnan ered, hogy a hegyek tanúskodnak arról, hogy milyen magasságban húzódott egykor a felszín. Kemenesalja az uralkodó Ság-heggyel mai megjelenési formáját a jégkorszak elején nyerte el, amikor az Ős-Duna elfoglalta végleges helyét, s egyidejűleg a maga irányába fordította a táj vízforrásait, amelyek között ez időben még a mai Marcal helyén az Ős-Zalát is megtalálhattuk. Ezek a vízfolyások mintegy 80 m-es vastagságú üledékanyagot szállítottak el a Ság-hegy környezetéből, létrehozva a Kemenesalját és belőle a 291 m-es magasságával tanúhegyként kiemelkedő Ságot.

A Ság-hegy formakincsét a suvadások, a bányaművelés teraszai, a kijárt mélyutak és a szőlőművelés lépcsői jelentik.

Napjainkban a legelfogadottabb álláspont az, hogy a környezet pusztulásánál a folyóvízi erózió játszotta a döntő szerepet, de a pliocén és pleisztocén kori szélerózió (defláció) hatása is érvényesült. A hegy szaggatott mai alakja már a bányászat következménye, amelynek természetromboló hatását némileg enyhíti, hogy általa a hegy belseje, a vulkáni működés tanulmányozhatóvá és bemutathatóvá vált.

A hegy belsejében feltáruló közetrétegek mint egy gigantikus könyv lapjai tárulnak elénk. A központi krátertől kisebb-nagyobb

távolságra több helyen megfigyelhetők az idősebb rétegeket áttörő lávacsatornák parazitákrátere. A láva kihűlése során jellegzetes felületek, hatszöges, gömbhéjas elválású tömbök és lemezes felületek keletkeztek.

A hegy geológiai felépítése, lejtésvizsgálata sajátos helyi klímát alakítottak ki. Ez a mezoklíma jóval szárazabb és melegebb a környező területeknél, így a terület száraz, pusztai flóralelemek megjelenésének kedvezett.

Borbás Vince 1887-ben, majd Gáyer Gyula 1925-ben hasonlóan találta növényösszetételét a magyar pusztákéval. Megállapították, hogy a Ság-hegy önálló flóraszínt alkot, amely a Kisalföld flórajárásból kiemelkedve

a Dunántúli-középhegység bakonyi flórajáráshoz tartozik.

Az eredeti flóra a hegy felső platóján maradhatott fenn, ahol a szőlőművelés a nagy lejtők és talaj miatt nem folyhatott. A bányászat ezt a részét érintette, és sajnos nagyrészt el is pusztította. Legjelentősebb növényei a tavaszi hérics, a leány- és a fekete kökölcsin, a nagyzezerjőfű, a tarka nőszirom, a piros kigyószisz és a pusztai árvalányhaj, mely mára sajnos csaknem teljesen eltűnt.

A viszonylag kis területen az eltérő lejtésvizonyok miatt több, egymástól jól elkülöníthető növénytársulás, alakult ki:

1. A lejtőfüves sztyeppré a nyugati oldalon botanikailag a legértékesebb társulás, amelyben a tavaszi hérics, a kökőrcsinek és az árvalányhaj található.

2. A mészkedvelő tölgyes az előbbi területhez csatlakozik, melyben a molyhos tölgy dominál. Az itteni molyhos tölgyek rendkívüli alagzadagok, a levelek alapján sok faj alatti egység különíthető el.

3. A töviskés a nyugati és északi oldali bányaperem, valamint a szőlők között található. Jelentősebb fajai a kökény, a galagonya, a vadkörte, vadrózsafajok, mezei juhar.

4. A kaszálórét a hegy platóján és déli oldalán rozsnokfélékkel, barázdált csenkessel, sápadt sással és különféle gyomnövényekkel találkozhatunk. Sziklai gyepek alakultak ki a bányaműveléssel felszaggatott bazalton és bazalttufán. Jellegzetesebb növényei a fehér varjúháj, az aranyos és az északi fodorka, a szirti ternye és a szőrös rekettye.

Külön szót érdemel az akácok, melyet az 1930-as években ültettek a meddő kőzet megkötésére. Alatta megjelent a gyakori nitrofil flóra: a fekete bodza, a csalán, a vérehulló fecskefű és a meddőrózsnok.

A Ság-hegy állatvilága is eltér a környezetétől. Állatföldrajzi tekintetben a hegy

leginkább közép-európai elterjedésű fajoknak ad otthont, közülük is a szárazságot, melegebb klímát és viszonylag nagy hőingadozást kedvelőknek, tűrőknek. A folyamatban lévő kutatások jelenlegi feldolgozási foka mutatja, hogy a töredékesen fennmaradt karsztbokorerdő megőrizte a társulásra jellemző rovar- és pókfajokat. Lepkefaunáját a mezoklímát kedvelő fajok képezik, alacsony fajszámmal és viszonylag magas egyedszámmal. Fajokban a lejtőfüves sztyepprétek a leggazdagabbak, ahol negyvenhét faj került begyűjtésre. Ugyanakkor fajokban legszegényebb a hegy belseje, a kráter, ahol csak „kőborló” egyedek találhatók.

A madárvilág gazdagnak mondható: megfigyelhető itt a vörös vércse, a macskabagoly, a kuvik, a gyöngybagoly, melyek a sziklafalak repedésein költenek, és az erdei fülesbagoly. Jelen vannak a homokos területet kedvelő gyurgyalagok, a madárvonuláskor itt gyülekező molnárfecskek.

Az ország legkisebb tájvédelmi körzetét 1975-ben alapították itt. Rendeltesse, hogy biztosítsa a Kemenesaljból kiemelkedő vulkáni sziget-hegy további rombolásmentes fennmaradását. Védje a növényföldrajzi szempontból igen jelentős pannoni flóraszínteket, a ritka állatvilágot. Segítse elő a hegy geológiai, kultúrtörténeti emlékeinek védelmét, helyben történő bemutatását, folyamatos gondozását. Adjon lehetőséget a múlt hagyományaira épülő gazdálkodásnak, elsősorban a szőlőgazdálkodás irányított fejlesztésének. Akadályozzon meg minden olyan emberi tevékenységet, amely bármilyen ürgggyel a hegy arculatát, jellegét előnytelenül megváltoztatná.

A tájvédelmi körzet kialakításakor és az azóta eltelt időszakban bőven volt tennivaló: az egyes bányaszintek lépcsős összekötése, az elbozontosodott részek gondozása, a kaszálórétek rendszeres kaszálása, az omlásveszélyes sziklafalak átvizsgálása, ismertető táblák kihelyezése és fogadóépület építése. 1978-ban a volt romos trafóházból a Savaria Múzeum segítségével kialakították a Ság-hegyi Múzeumot. Tárloí rövid, de szinte teljes ismertetést adnak a hegy természeti és gazdasági értékeiről.

A geológiai képződmények bemutatását 1989 májusában a földtani természetvédelem napján átadott tanösvény tizenhat táblája segíti. A tanösvényt Oravecz János és Tardy János szakmai irányításával a Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Minisztérium támogatásával Celldömölk Város Tanácsa és a Nyugat-dunántúli Vízügyi és Környezetvédelmi Igazgatóság hozta létre. A környék madárvilágával való ismerke-



A Kakas-domb

dést szolgálja a parkoló mellett található madártani tanösvény.

A tájvédelmi körzet kultúrtörténeti értékekben is gazdag. A hajdani mocsárvidékkel körülvett, meredek falú vulkanikus kúp, mint azt a hegyen talált leletek igazolják, már az időszámításunk előtti harmadik évezredtől természetes erődként nyújtott védelmet és otthont a neolitik, a bronz- és vaskor népeinek. A leletek zömét a harmincas években, a bányászatot megelőző rendszeres feltárás hozta felszínre, melyet dr. Lázár Jenő, a bánya tulajdonosa végeztetett. A mintegy kilencezer darabos leletanyag nagyobbik részét a Magyar Nemzeti Múzeumnak adta, más részüket restauráltatta és házi múzeumában kiállította.

A Ság-hegy talajtakarója mintegy ötezer éven keresztül megőrizte az állattartó, földművelő, vadászó és féművességet folytató népesség tárgyi emlékeit. Ezek a leletek azt is bizonyítják, hogy elődeink akkor már a lovat háziasították. Az itt élő lakosság földművelést is folytatott, ahogy az őrlőkövek és az elszenesedett gabonaszemek is igazolják. A réz- és bronzkorra a nagy méretű élelmentartó edények emlékeztetnek, míg az előkerült öntőformák, a bronz karperecek, a díszűk és a díszített kések alkotóik magas fokú technikáját és kézügyességét dicsérik.

A bronzot valószínűleg a mai Ausztria területeiről szállították, feldolgozási módja ugyanis hasonló az ottaniakhoz. Ugyanakkor megállapítható, hogy a talált bronztárgyak egy része déli eredetű, ami a Borostyánúton történő cserekereskedelemre utal. Találtak népvándorlás kori csészéket, kancsókat és aranylemez-töredéket, amely arra enged következtetni, hogy a település egy időben törzsi székhely is lehetett.

A Ság-hegyi őstelep virágkora a leletek alapján a késő bronz és kora vaskorra tehető, időszámításunk előtt 1200-500 között. Később a telep elnéptelenedett. A ró-

mai időkre egy elpusztított őrtony és a szőlőművelés emlékeztet. III. Béla idejéből, az Árpád-korból várszerű építmény maradt fenn századunkig, romjait a bányászat pusztította el véglegesen. Erről egy legenda is él, mely szerint Vak Béla királyunk megbízta kincstárnokát, hogy építsen várat a Ságra. Noha a pénz egyre fogyott, az csak nem készült el. Megelégtelte ezt a király, elhátározta, hogy odautazik, és maga jár a dolognak a végére. Ravasz kincstárnoka, hogy királya gyanút ne foghasson, körbe-körbe vezette az elkészült rövidke várfal mentén. Az uralkodó egyre dühödtebben kérdezgette, mikor kerülik már meg a várat. Óriási ez a vár, nagy jó uram, válaszolta a kincstárnok, erre a király megátkozta azt, mire az addig elkészült fal is leomlott.

A szőlőművelés ősidők óta meghatározója a vidék arculatának, hiszen a vulkanikus hegynek kiváló adottságai vannak a minőségi bortermelésre. A Ság-hegyi bortörténet a Római Birodalom idejére vezethető vissza, amikor Marcus Aurelius Probus császár a Pannónia földjén lévő hegyeket, köztük a Ság-hegyet is szőlővel telepítette be. Egy későbbi esemény, amikor a tatárjárást követően IV. Béla király Moreából hozatott a szőlőműveléshez értő telepesekeket is.

1734-ben íródott a Sági Hegységnek Törvényei, hazánk egyik legrégebbi, szőlőgazdálkodással kapcsolatos jogszabálya, amelyről 1828-ban Kresznerics Ferenc készítette pontos másolatot. Írásos feljegyzések szerint sági bort szállítottak Bismarck német vaskancellárnak is, és Európa nagyobb patikáiban forgalmazták Sagweiner néven.

A még érintetlen hegy 1891-ben került be a geofizikai kutatások történetébe. Eötvös Loránd munkatársaival a hegy platóján végezte el torziós ingával egyik kísérletét. Vizsgálatainak emlékére 1971-ben bazalt emlékszobrot állítottak a turistaház mellett. 1934-ben avatták fel a trianoni emlékművet, amely már messziről felhívja magára a hegyhez közeledő figyelmét.



Álmaimban a Marson járok...

ORGEL CSILLA

Munkácsy Mihály Gimnázium, Kaposvár

David Scott űrhajós számára valóban a Hold egy csücskének a felfedezése lehetett a csúc, de én még messzebb mennék el: a titokzatos Marsra, ahol ember még azelőtt nem vetette meg lábát. Kisgyermekkorom óta erre a változatos felszínformájú égitestre vágyom. Megszállott felfedezőnek tartom magam, és vonzónak az ismeretlen vidékek, tájak. Mindig keresem a kihívásokat, mint az emberek többsége. Sokszor álmodom arról, hogy vajon milyen lenne a Mars felszínén sétálgatni, és bejárni olyan érdekes területeket, mint a Valles Marineris, Tharsis régió, Chryse Planitia, Planum Boreum, és még megannyi érdekes síkságot, krátert, fennsíkot, kiszáradt folyóvölgyet.

Pályázatom az emberiség méltán legnagyobb - remélhetőleg egyszer valóban megvalósuló - vállalkozásáról, az első emberes Mars-utazásról szól, melyben jómagam is szerepet játszom mint geológus. A felszíni tevékenységekre, illetve az általam elvégzendő feladatokra fektetem a hangsúlyt, és megpróbálok hű képet festeni e csodálatos vörös bolygóról.

2050: Indulás!

2050-ben elérkezett a Mars meghódításának ideje. Az emberes utazást megelőzte az előtte levő indítási ablakokban útnak indított marsi „túlélő felszerelések”: a lakóegység, a roverek, tankoló-állomások és egyéb külső méréseket végző berendezések Marsra való szállítása.

Az emberes űrhajó, melyet Békének nevezünk el, olyan nagy volt, hogy csak Föld körüli pályán lehetett összeszerelni, akárcsak a Nemzetközi Űrállomást, hiszen közel 12 hónapig az űrhajósok ott-hona volt. A túlzottan kicsi légtér fokozta volna az asztronauták klausztrófiás tüneteinek a kialakulását, és nem túlzottan kényelmes. Kiemelten ügyelni kellett a sterilizálás gondjára is. Nem szabad, hogy földi élettel szennyezzük be a Marsot! Magas frekvenciájú UV-sugarakkal pusztították el a mikroorganizmusokat, és mint kiderült, még így sem százszázalékos sikerrel. A leszállóegység, és az előre odavitt eszközök csíráltatása a legfontosabb. Ezeken kívül a világűr környezetvédelmét is komolyan kellett gondolni, nem volt szabad kényünk-kedvünk szerint „szemetelni”. Egy jól felkészített, összekovácsolódott csapat indult útjára 2050-ben. Hangsúlyoznom kell, hogy nemzetközi összefogás eredményeként

valósulhatott meg a misszió, mivel együtt többet érhetünk el! A legénység 6 főből áll: pilótából, mérnökből, orvosból, biológusból, hidrológusból, és egy geológusból, és utóbbi én voltam.

A vörös bolygóhoz az energiatakarékos Hohmann-pályán jutottunk el. Hinta-amanőverekkel (más bolygó(k) gravitációs lendítő erejét kihasználva) nem lett volna tanácsos, ugyanis a Vénusz közelében nagy sugárdőzisnak lettünk volna kitéve, és megfelelően tervezett pajzs hiányában veszélyes a legénységre nézve. A 2050-es időpontról érdemes tudni, hogy akkor volt a napfoltminimum kezdete és kedvező indítási ablak (ami a Hohmann-pálya alapfeltétele).

A közel fél évig tartó odaút alatt nem tértlenkedtünk. Elsősorban az egészségünk megőrzése és kísérletek elvégzése tartoztak a fő tevékenységi körünkbe. A naponta elvégzett 2 óra tréning mellett vitaminokkal, és egészségre ártalmatlan doppingszerekkel védekeztünk a csontritkulás, izomsorvadás ellen. Sőt ún. „lábmasszírozó cipővel” biztosítottuk a „normális” vérkeringést. A munka orvosi, pszichológiai, és biológiai feladatok formájában jelentkezett.

Orvosi feladatok: Az emberi test mikrogravitációban és mágneses tér nélküli környezetben való vizsgálata olyan kérdésekre adhatott választ, mint hogy a csonttömeg és izomtömeg hány százalékát veszítjük el az utazás alatt, és ez hogy hat a nőkre és férfiakra. Vajon ugyanolyan mértékben? És a felszínen töltött idő mennyiben befolyásolja majd? Természetesen mindenkinek más-más a csontozata, de a veszteséget ehhez kell mérni. Kiemelkedő feladatok közé tartozott a vesztibuláris érzékszerv vizsgálata. Harmadrészt a sugárzások, és ezek fiziológiai hatásai az előszövetekre kaptak nagy szerepet. A kozmikus és szoláris sugárzást kell itt érteni, melyek igencsak veszélyesek, sőt akár halálos dózist is lehetett volna kapni. Javasoltam egy mini, karra szerelhető doziméter használatát, és egyéb, nem zavaró műszerek, ruházatok állandó viselését. Ezek az egyéb kellek a röntgenvizsgálatkor viselt védőruházathoz hasonlítanak, hogy bizonyos szerveket óvjanak a káros sugárzások ellen. A nyert orvosi adatok kiemelkedő eredményeket hoztak. Végre össze lehetett hasonlítani egy Föld körül keringő űrhajós, és egy „nyílt űrben” tartózkodó asztronauta orvosi mintáit. Igaz az Apol-

„Ahogy itt állok a Hadley ismeretlen csodáiban, átérzem, hogy természetünknek van egy alapvető igazsága. Az embernek lételeme a felfedezés. És ez (az expedíció) a felfedezések csúcspontja.”

(David R. Scott, 1971. július 30.
Palus Putredinis)

lo űrhajósa is elhagyták a Föld mágneses terét, de csak nagyon rövid időre, így a káros hatásokat nem lehetett pontosan megmérni.

Pszichológiai feladatok: Gondoskodni kellett a szellemi frissességről. A legénység napi beszélgetései, a közösen eltöltött idő segítette az otthon maradt szeretetek hiányának pótlásában. A Földről hozott videók is jók voltak e célra. Van, akinek egy növény gondozása, vagy egy meghatározott napi tevékenységi kör segítette az utazás alatt. Egy „becsavarodott” űrhajóssal nem lehet hatékonyan együtt dolgozni. És mégis hová raktuk volna a küldetés során? Nem zárhatunk volna be valakit három évre egy kis kabinba.

Biológiai feladatok: A biológus feladata különböző növényfajok vizsgálata volt. Mikrogravitációban eltérések mutatkoznak a növények fejlődésében, ugyanis a „földi g” befolyásolja ezt. Már a Nemzetközi Űrállomáson kapott eredmények rendkívül sokat segítettek a misszió növénytermesztő rendszereinek kiépítésében és megtervezésében. Fontos a gabona és a zöltségek termesztése az út alatt. Nem lehet ugyanis mindent elvinni magunkkal, mert nagy terhet jelentett volna.

A sugárzások kérdése még nem volt teljesen megoldott. Ezt az űrhajón kialakított „bunker” segítségével lehetett részben orvosolni, mely az erős napkitörések ellen védett. Egy a Nap körül keringő szonda jelezte előre a várhatóan nagy napkitörést, és az adatokat azonnal a Földre küldte, ahonnan értesíteni tudták a legénységet.

Érkezés a Marshoz

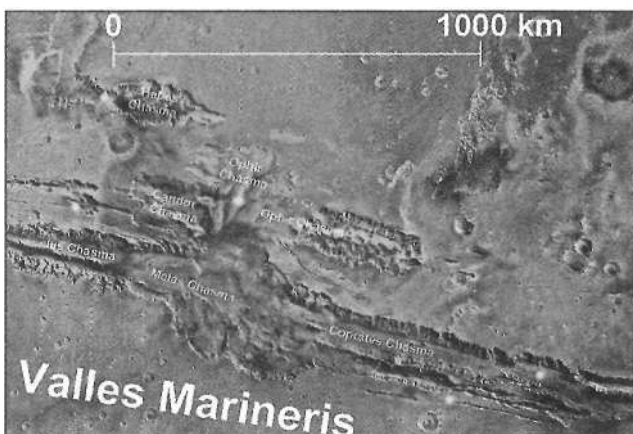
Már a távolból feltűnt a Mars vöröses színe, és ahogy egyre közelebb kerültünk hozzá, úgy egyre több felszíni alakzatot tudtunk kivenni. Igazi kedvencem a Valles Marineris gyönyörű árokrendszere. A közel fél éves út végén elérkezett a pályabeállás ideje. Az anyaűrhajót, a Békét egy relatíve stabil és különleges pályán, ún. geostacionárius pályán hagytuk, és egy kisebb egységgel leszálltunk a felszínre. Mindezzel üzemanyagot spóroltunk és a későbbi, felszíni tevékenységek jellege miatt ajánlatosabb is volt ez a módszer. Parkolás után 5 db szeizmométert helyeztünk el a bolygón, méghozzá a kanyonvölgy egyes területein, hogy belső aktivitás után kutassanak. E mű-

szerek a küldetés után még éveken keresztül is működőképesek voltak. Nemcsak egymással álltak állandó kapcsolatban, hanem a 3 db GPS-műholddal, a bázissal, és a terepen dolgozó kutatókkal is. Ezután ellenőriztük a bázis sértetlenségét, és hogy a különböző időpontokban indított felszerelések megérkeztek-e épségben a felszínre, milyen távolságban vannak egymástól, mert a cél eltalálása még nem a legtokéletebb. Saját landolásunkat mégis úgy oldottuk meg, hogy a bázison elhelyezett adóvevőt egy állandó frekvenciájú jel kibocsátására állítottuk be, és ezt próbáltuk követni, ahogy előzőleg az ő landolásuknál is megtették a földi irányító központban. (A légkör zavartságának felmérését itt a már meglévő műholdak végezték el.) A tájolásban, és az atmoszféra állapotának felmérésében segített nekünk a három geostacionárius műhold is. Ezek mindig a bázis(ok) fölött tartózkodtak, és kommunikációs állomásként is funkcionáltak mindenki között. Némi „szabad szemes nézelődés” után, ami kb. egy hétig tartott, megkezdődött a leszállás.

Hódítónkkal a Marsra

A leszállókabint Hódítónak kereszteltük el, ennek technológiája a holdkompok továbbfejlesztett változatára hasonlított. A legénység száma miatt nagyobb volt az egység, mivel a Holdra azelőtt ketten szálltak le, a Marson pedig hat fő landolt. Aggodalmat válthattak volna ki nem várt légköri turbulenciák, melyeket sajnos nem lehet elkerülni megfelelő mérések nélkül. Mindenképpen ellenőrizni kellett az atmoszféra állapotát a landolás előtt. Előfordulhatnak lokális portölcsérek, melyek a Földön 1 km-es nagyságrendűek, a Marson viszont ennek a kétszerese, vagy akár nyolcszorosa is lehet. Ilyen légköri instabilitások a déli órákban sűrűn előfordulnak, mert ekkor felmelegszik a felszín, és a meleg feláramlások miatt megváltoznak a lokális légnyomásviszonyok, tölcsérek alakulnak ki, miközben felkapják a port és vizzik magukkal a felszínen. Porviharok akkor fordulnak elő, amikor a bolygón tavasz-nyár fordul van, mert ilyenkor a szén-dioxid szublimációja és a hőmérséklet tartósabb emelkedése miatt a légkörben szintén instabilitások jelentkeznek.

A bázis a Valles Marineris térségében a Hebes Chasmától északkeletre, egy kráter peremén (északi szélesség: 0,5°, hosszúság: 73.) helyezkedett el. Ez a hely azért olyan különleges, mert sok érdekes



A Valles Marineris térsége

geológiai formát lehet tanulmányozni a közvetlen környezetében.

Leszállás után a legelső feladatok közé tartozott a felszerelések megkeresése, a lakóegység rendszereinek „felélesztése”, és azonnali jelentés a Földre. A napkitörések ellen a felszínen is kellett védekezni valahogy, mivel a légkör ritkasága, az ózonpajzs és a mágneses tér hiánya miatt a káros sugárzások könnyen lejutnak a felszínre. A bolygó mágneses tere már 4-3,5 milliárd évvel ezelőtt „befagyott”, ahogyan a külső magjában leállt a dinamó, és ettől kezdve a napszél részecskéi akadálytalanul erodálják a megmaradt légkört. Mindezt elősegíthette, hogy a radioaktív fűtés abbamaradt. A túl ritka légkörért pedig nagyrészt egy nagyobb aszteroida becsapódása a felelős, mely létrehozta az Argyre-medencét. A vulkanizmus még működött egy darabig, sőt a planetológusok 4-5 millió éves lávafolyásokat is kimutattak, de ez mára már valószínűleg teljesen abbamaradt.

Miért éppen a Valles Marineris?

Valószínűleg 4-3,5 milliárd évvel ezelőtt, a Tharsis vulkánok létrejötte következtében és eróziós hatásra alakult ki a völgyrendszer, amikor még volt folyékony víz a Mars felszínén. Az egyenlítő környékén helyezkedik el és mintegy 4000 km hosszú, néhol 700 km széles, és akár 10 km mély is lehet. Hasonlót itt a Földön is találhatunk, de jóval kisebb méretben, méghozzá a Grand Canyon, mely többek között abban különbözik marsi „ikertestvérétől”, hogy nem tektonikai hasadék, hanem a Colorado-folyó vájta ki. A terület három részre osztható: nyugatról kelet felé haladva először a Noctis Labyrinthus mozaikszerű látkepe kápráztat el, aztán párhuzamos völgyek (Hebes Chasma, Ophir Chasma, Melas Chasma) sorozata következik, végül áradásos csatornáké képe tűnik fel, melyek a

Chryse Planitia felé tartanak. A kutatás szempontjából a „középső” rész a legfontosabb. Ezek a mellékvölgyek a 300-1000 km hosszúságot, az 50-100 km szélességet, és a 6 km-es mélységet is elérhetik. Mint említettem, a völgyrendszer keletkezése idején még volt folyékony víz a felszínen. De hogy is keletkezett ez a víztömeg? Egyáltalán, lehettek tavak a völgyben? Egyes kutatók úgy vélik, hogy a vulkanizmus következtében nagy mennyiségű vízgőz került a légkörbe, mely egy idő után kicsapódott a felszínre, és a Valles Marineris egyes mélyebben fekvő területein is összegyűlhetett. Más-

részt becsapódott kőszá üstökösök jéganyaga is táplálhatta a tavakat. De jogosan vethető fel az a kérdés is, hogy keleten miért nem „folyt ki” a víz? Erre magyarázatként a nyugatabbra lévő területek alacsonyabb fekvése adhat választ. Hová tűnhetett el az a nagy mennyiségű víz? Számos kutató úgy véli, hogy mélyen a talaj pórusaiba kötődött, és még mélyebben vízlencsék is kialakulhattak. A többi víz pedig elillanhatott a világűrbe. A víz kérdéséről szeretnék meggyőződni pontosan is, mivel nemrégiben nagy mennyiségű olivint fedeztek fel a környéken, és ez az ásvány víz hatására szerpentiné alakul át. Ha valamilyen evaporizációs terméket mutatnánk ki, lenne esély a „vizes völgy elméletre”.

Egyes helyeken közel függőleges partoldalak gyönyörűen tükrözik a terület geológiai múltját. Pazar üledéksora lenyűgöző látvány lehet. A vulkanikus hamu, homok és talán tavi üledékek kombinációja váltakozik rétegsorról rétegsorra. A rétegsorok a Marson sokkal nagyobbak lehetnek földi megfelelőiknél, és természetesen a sorok méretei is különbözőnek egymástól, ezzel is mutatva a Mars változatos geológiai történetét. Másfelől itt a települési törvény sem sérül. Kiemelnék mégis két rendszert, melyeket szívesen vizsgálnék meg közelebbről is: a Hebes Chasmát, és az Ophir Chasmát.

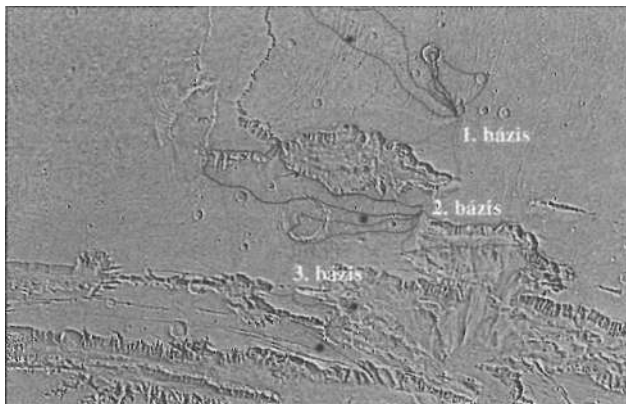
Hebes Chasma: Ez az egyetlen kanyon, mely zárt rendszert alkot. Közepén anyagakkumuláció figyelhető meg, mely eléri a 8 km-es vastagságot, és teljesen elhatárolódik a kanyon oldalfalaitól. Itt lenne a legegyszerűbb a rétegeket tanulmányozni. A lejtős tömegmozgások eredményeképpen a falak alján törmelék-kúpok figyelhetők meg. Eróziós árkok is láthatók az oldalfalakon. A kanyon alján keresztirányú dűnéket azonosítottak már az orbiterek, melyek fő anyaga vulkanikus (pl. bazalt) lehet. Sötét mivoltukra piroxén és plagioklász ásványok

jelenléte utal. A rendszert csak egy néhány km hosszú vonulat választja el a Kaséi Valles áradásos csatornájától.

Ophir Chasma: Geológiai múltját tekintve egyidős lehet a Hebes Chasmával. Öt km-es partfalain eróziós barázdákat lehet megfigyelni, amelyeket a Hebes Chasmánál is észre lehet venni, sőt nagy felbontású képeken U alakú völgyeket is ki lehet venni. Ez nem mást bizonyít, mint valamilyen anyag szerepét, mely egyenletesen erodálta a felszínét. Ez lehetett akár jég, de talán még láva is. A kanyon belsejében a topográfiai viszonyok elég változatosak. Északi partoldalán egy hirtelen leszakadás, blokkleválás nyomát lehet megpillantani. Olyan, mintha hirtelen, egy részletben zúgott volna alá. Bekövetkezett állékonyságvesztés következtében, amikor a kötőanyagként szolgálható jég „eltűnt”, vagy valamilyen apróbb „marsmozgás” játszhatott közre. Az alakja legyezőszerű. A felszíni felderítés során véleményem szerint bebizonyosodna róla, hogy valójában egy egyszerű gravitációs törmelékletöről van szó. Ezt a sziklafalak alján vizsgált törmelékek is segíthetnek eldönteni, melynek ez esetben osztályozottnak kell lennie, legalábbis a földi analógiák szerint. Egy másik érdekesség a földihez hasonló sziklagleccserek mintájú szolgáló nyelvserű, meredek homlok-, és oldalsáncokkal határolt jégmagvú közettörmelék-összet, amelynek felszínét íves barázdák tagolják. Olyan, mintha „át akarna folyni” a Candor Chasmába. Az említett tulajdonságok hasonlítanak is a földi sziklagleccserekre. Általában tömbösen aprózódó kőzeteken alakulnak ki, például bazalt. Hosszúságuk 1-2 km, szélességük néhány 100 m, és magasságuk több 100 m is lehet. „Marsi megfelelője” nagyobbacska, de ezen már nem kell csodálkoznunk. Azt azonban nehéz lenne kideríteni egy év során, hogy aktív, inaktív, vagy fosszilis formáról van-e szó. Ha aktívnek bizonyul, azt jelenti, hogy még mindig mozgásban van, ha inaktív, akkor feltételezhető, hogy jéganyaga még megvan, csak szunnyad, de ha már csak fosszilis, akkor nincs jéganyaga, és megmozdulni már csak erőhatás hatására tudna. Ezen a területen helyeztük el az egyik szeizmometert, hogy minden mozdulatot jelezzon.

Felszíni felderítés geológiai szempontból

Elérkeztünk a misszió legizgalmasabb részéhez, a felderítéshez. Legelső lépés-



Bázisaink elhelyezkedése

„Amint a Challenger elhagyja a Hold-felszínét, tudjuk, mit hagyunk magunk mögött, és mi az, ami még előttünk van. Az álmokat, amiket az emberiség képzel maga elé, mindig meg lehet valósítani, ha elég erősen hiszünk bennük, és szorgalommal, bátorsággal követjük őket. Egykor a csillagoktól megigézett álltunk, ma megérintjük őket...”

(Nixon elnök közleménye az Apollo-17 hazatértekor.)

MELLÉKLET

ként a bázis közvetlen környezetét tanulmányoztam, egyszerűen gyalogosan, mely egy-egy alkalommal 9 órát vett igénybe. Ámde egy felderítés nemcsak sétálásból áll, hanem komoly munkából is, ezért ez alatt az idő alatt kb. kilencszer álltam meg, és azonos tereppel (kráter-vizsgálat, völgyvizsgálat, dűnevizsgálat) számolva mindegyiknél 20-20 percet töltöttem el. Ezáltal a vizsgálódás 3 órát vett igénybe, a többi hat óra pedig a terep megtételéhez szükséges időt jelentené. Így csak 18 km járható be egyszerre, és ezt is csak megfelelő, azaz 9 km-t oda, és 9 km-t vissza a bázishoz. Természetesen nem lehet előre tudni, hogy a terep mennyire homogén, ezért ennél még kevesebb terület járható be, mivel valószínűleg több időt igényel. A kis roverkkei (ATV) nagyobb táv tehető meg a felszínen. Számomra a nyomás alatti, több személyes ATV-vel történő terepbejárás a legfontosabb. Készítettem több részletes útvonaltervet is, melyeket bejárnánk a felszínen. Kiemelném, hogy maga a bázis is vándorol egy bizonyos idő után. Figyelembe kell venni a terep minőségét is a felderítések alatt. Nagy nehézségeket okozhatnak az árkokkal szabdaltsága, függőleges partoldalak, lejtők, kővek és az esetlegesen kevésbé cementálódott por, mely ha felkavarodik megnehezítheti a közlekedést.

Az emberes felderítésen kívül egy kisebb repülőgéppel is lehetett megfigyelni a területet. Ez mini-atomreaktort használt áramforrásként, fedélzetén különböző tartományokban működő kamerákkal. A víztartalmú ásványok kutatása kiemelt témája volt a munkának.

A kutatás végeztével megkezdődhet a hazaindulás, mely a felszínen termelt üzemanyag segítségével történne meg. Elhagyva a Mars felszínét, összekapcsolódunk az anyaurhajóval, és irány haza.

Valahogy így álmodtam meg az első emberes Mars-expedíciót.

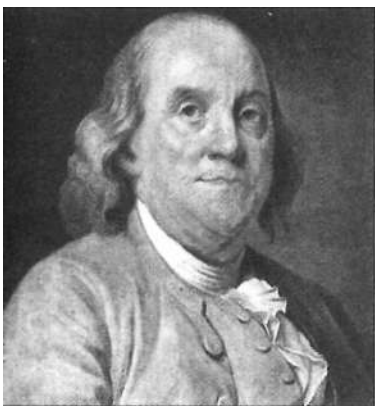
1. BÁZIS: A legelső helyszín közelében majdnem mindenütt krátervizsgálatokat hajtottam végre. A lakóegység egy lebenyes kráter peremén állt. A lebenyes kráterek úgy jönnek létre, hogy egy aszteroida becsapódása következtében hirtelen megnő a nyomás és a hőmérséklet, megolvastva a felszín közeli rétegekben tárolódott jeget, és törmelékcsoknyaként terül szét a kráter körül. Ez azt bizonyítja, hogy a terület közelében valamennyi víz biztosan lehetett. Az útvonal a számomra a legérdekesebb, mert két krátert köt össze egy völgy. Arra voltam kíváncsi, hogy milyen anyagi formában álltak kapcsolatban egymással. A kőzetek ásványi összetevői magyarázattal szolgálhatnak. A másik útvonal célja nem kráter, hanem egy mini-kaoszterület vizsgálata volt, melynek szintén valamilyen „vízes” dologhoz van köze. Ezek az eredmények általánosíthatóvá válhatnak minden ilyen felszínformára.

2. BÁZIS: Ezen útvonaltervek a Hebes Chasma, az Ophir Chasma és egy központi csúcs és törmelékterítő nélküli kráter felderítésére alkalmasak. Különböző blokkok, törmelékletök vizsgálata végezhető el.

3. BÁZIS: Ez a helyszín már sokkal veszélyesebb terepen helyezkedett el. Tele van szabályos szakadékokkal, melyek szinte megakadályozzák a rovers közlekedést. A gyalogos terepmunka alkalmával úrruhában igencsak nehéz a közlekedés, főként függőleges falon lefelé ereszkedni, majd vissza. Ezért hasznos volt olyan műszer kifejlesztése, melyet csak le kell eresztetni a sziklafalon és kamerával vette a rétegsorok képét. Ha érdekes az adott szakasz, akkor érdemes mintát venni a későbbi elemzésekhez. Néhol olyan éles peremek vehetők észre egyes helyeken, főleg nyugatabbra, hogy kérdéses lehet a víz felszínformáló hatásában, de csak ebben a térségben.

IRODALOM

- Almár I.- Both E.- Horváth A.: SH Atlasz: Űrtan (Springer Hungarica, 1996)
Bérczi Sz.- Hargittai H.-Horváth A.- Kereszturi Á.- Mészáros I.- Sik A.: Kis Atlasz a Naprendszerrel (7): Bolygófelszíni Barangolások
Hargittai H.: Mars térkép
Dancsó Béla: Holdseta (Novella Kiadó, 2004)
<http://planetologia.elte.hu/marsfelszinalaktan>
<http://planetologia.elte.hu/periglacialismars>
<http://www.nirgal.net/valles.html>



Benjamin Franklin



Giovanni Battista Beccaria



Henry Cavendish

lően dörzsölve elektromossá lehet tenni, mégpedig jobban, mint bármi mást.

A kéngolyón tengelyt szúrt át, a tengelyt rögzítette egy faállványon, és hajtókart szerelt rá. Miközben egyik kezével a hajtókart forgatta, másik kezét a forgó kéngolyóhoz nyomta, s a golyó a dörzsölés hatására elektromossá vált. Ki is lehetett venni a kéngolyót az állványból, és az elektromossággal tovább lehetett kísérletezni. Mindez jól látható az 1672-ben, Amszterdamban kiadott könyve egyik ábráján (2. ábra).

Guericke nem elégedett meg ennyivel, kísérletezett tovább. A kéngolyót üveggömbbe helyezte, azt dörzsölte. Dörzsöléshez már nemcsak a tenyerét használta, hanem különböző anyagú párnákat nyomott neki a forgó golyónak. Az üveggömbből kiszivattyúzta a levegőt, ekkor dörzsölés közben észrevett bizonyos felvillanásokat az üveggömbben - így ő fedezte fel és tanulmányozta először az alacsony nyomáson létrejövő elektromos kisüléseket.

Guericke volt a XVII. század egyik jelentős kísérleti fizikusa. Magányos kísérletező, aki egyetemen nem adott elő s így tanítványa se volt. Elektromozó gépe azonban elterjedt egész Európában; a főúri szalonokban épp olyan szívesen kísérleteztek vele, mint az egyetemeken.

Tökéletesítették a gépet: javították a meghajtást, az üveggömböt lapos üvegorongra cserélték, amelyhez foncsorozott párnát nyomtak, hogy még több elektromosságot nyerjenek vele. Sok-sok tapasztalat gyűlt már össze, miközben a kísérletezőknek fogalmuk se volt arról, hogy valójában mi az az elektromosság, amit előállítottak.

Nem tudták mérni, mert nem volt hozzá műszerük, nem tudták tárolni, mert elképzelésük se volt arról, milyen edényben lehetne az elektromosságot összegyűjteni.

Ezt azért megpróbálták.

Az elektromosság tudományát ekkor egy újabb véletlen felfedezés segítette tovább a fejlődés zezugos útján, mégpedig Leidenben, Hollandiában. Ez azonban már a XVIII. században történt. *Pieter (Petrus) van Musschenbroek* (ejtsd: müs-sön-bruk; 1692-1761), a híres holland professzor akkor már hatodik éve tanított a leideni egyetemen. Előtte Duisburgban, majd Utrechtben tanított „fizikát” (előtte csak természetfilozófiának nevezték ezt a tárgyat arrafelé). Szülővárosa volt Leiden, az egyetemet is itt végezte el. Itt szerzett fokozatot először orvostudományból, azután doktorált természetfilozófiából. Már gyerekkorában megismerkedett különféle tudományos eszközökkel, műszerekkel a család műhelyében, ahol légszivattyút, mikroszkópot és távcsöveket is készítettek. Az egyetem elvégzése után

pedig Londonba látogatott, ahol Newtonnal is megismerkedett, és feltétlen híve lett a newtoni fizikának. Musschenbroek *Elementa physicae* című egyetemi tankönyve több kiadásban is megjelent, még Magyarországra is eljutott a külföldön tanuló magyar diákok jóvoltából.

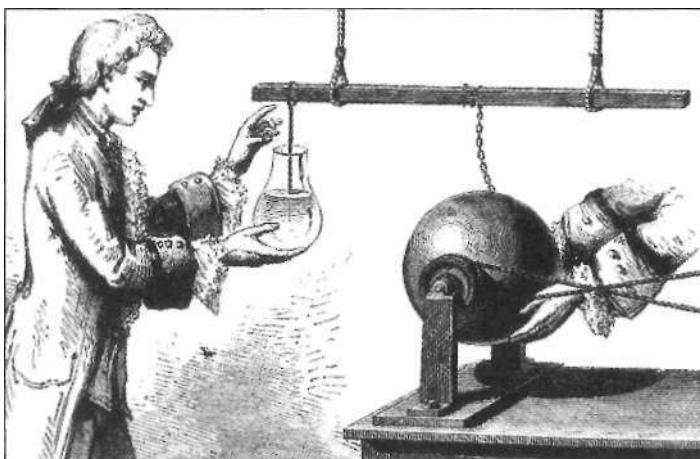
1745 novemberében kezdett azokba az elektromos kísérletekbe, melyek során a dörzsöléssel keltett elektromosság megőrzésére, tárolására keresett valamilyen eszközt és módszert. Fémrúdon már el tudta vezetni az elektromosságot bárhová, de azt szeretete

volna elérni, hogy az elektromosság valahogy bele is folyjon egy edénybe, ahol hosszabb ideig eltartható. Tudta, hogy a víz vezet az elektromosságot, és azt gondolta, hogy talán egy üveg víz alkalmas lehet az elektromosság tárolására (3. ábra). Nem egyedül kísérletezett a professzor, mindig volt, aki segített neki. A segítség, aki egyik kezében tartotta a háromnegyedéig vízzel telt palackot, másik kezével véletlenül hozzáért ahhoz a fémrúthoz, amiből az elektromosság áramlott egy ideje a vízbe. Ez volt az a pillanat, amikor a segítség még felkiáltani se bírt a kapott áramütéstől. A professzor pedig - igazi kísérleti fizikushoz illő módon - saját maga is kipróbálta utána a kísérletet. Azután ő se bírt megszólalni.

1746 januárjában levélben számolt be a borzasztó élményről tudóstársának, Réaumurnek, és csakhamar elterjedt az eset híre. Az egész felfedezés valahogy „benne volt a levegőben”, Musschenbroektól függetlenül egy északnémet amatőr kísérletező, bizonyos Kleist (1700-1748) kanonok is feltalálta ugyanezt a nagy kapacitású kondenzátort, ami végül is Nollet (1700-1770) francia fizikus nyomán „leideni palack” néven terjedt el a világban.

Nagyon sokan végeztek elektromos kísérleteket akkoriban, s a kísérletek híre még Amerikába is eljutott. Ez lett az elektromosságtan szerencséje, mert egy nagyszerű, találékony kísérletező, mellestleg kiváló politikus és államférfi, meggyőző kommunikációs és menedzseri készségekkel megáldott szakember, *Benjamin Franklin* (1705-1790) szintén hasonló kísérletekbe kezdett Philadelphióban. A mai 100 dolláros bankjegy az ő arcképe látható,

3. ábra. A Musschenbroek-kísérlet a leideni palackkal



igaz, már öregkorából. Ha pedig egy államban valaki akkora tiszteltnek örvend, hogy legfontosabb bankjegyükön őrzik meg arcvonásait, annak komoly oka van. Valóban, a Bostonban született szegény gyerekekre születésekor még ugyanaz a sors várt, mint tizenöt testvérére. Ő mégis többre vitte, mint bármelyikük, s ezt nemcsak már említett sokféle tehetségének, hanem rendkívül céltudatos és fegyelmezett életvitelének köszönhetette. Naplót vezetett, melyből később könyvet is írt a mindenkori ifjúság okulására. Magyarországon többek között Széchenyi Istvánra volt nagy hatással.

1752-ben, 47 éves korában kezdett foglalkozni az elektromossággal. Akkor már gazdag ember volt, nyomdatulajdonos és hírlapkiadó. Addig is folytonosan képezte magát, nyelveket tanult, nemcsak a modern nyelveket, hanem a klasszikus latint és görögöt is. A közéletben aktívan részt vett: nemzetőrséget szervezett, tűzoltó-egyesületet alapított, akadémiát, könyvtárat létesített. Pennsylvania kormányzója őt küldte tárgyalni Európába. Olyan sikeresen tárgyalt, hogy nemsokára őt választották meg kormányzónak. Nagy szerepe lett később az amerikai Függetlenségi nyilatkozat megszületésében, az Amerikai Egyesült Államok létrejöttében.

Európában akkor az elektromosság „kétfolyadékos” elmélete divott, melyet a fiatalon elhunyt francia Dufay (1698-1739) fogalmazott meg legtisztábban. Eszerint kétféle elektromosság létezik, az „üvegelektromosság” és a „gyantaelektromosság”. Az egyneműek taszítják, a különeműek pedig vonzzák egymást.

Franklin rendező szelleme azonnal változtatott ezen a felfogáson. Azt mondta, hogy elég egyfajta elektromosságot feltételezni, melynek feleslege, vagy éppen hiánya magyarázza a testek speciális elektromos viselkedését. El is nevezte az üvegelektromosságot pozitív elektromosságnak, a gyantaelektromosságot pedig - az üvegelektromosság hiányának tekintve - negatív elektromosságnak. (Hogy miért épp az üvegelektromosságot választotta pozitívnak, azt ma már senki se tudja megmondani.) Azután elnevezte „töltésnek” (charge) a felvitt elektromosságot - Franklin jól sikerült kifejezése a mai napig él a tudományban!

Kereste és meg is találta az ember által létrehozott elektromos kisülések gigantikus megfelelőjét a természetben, még-



4. ábra. Franklin kísérlete a sárkánnyal egy 1877-beli képen

pedig a villámlásban. (Már James Watt is sejtett valamit, sétabotjának borostyánkő gombja saját kezének dörszölésétől könnyen feltöltődött, időnként szikrázott is, mintha csak villámlana - de túlságosan betöltötte Watt gondolatait a gőzgép tökéletesítése, és nem mélyedt el hipotézisének vizsgálatában úgy, mint Franklin.) Az égi és a földi, laboratóriumi villámlás egyformán elektromos volta persze hipotézis volt mindaddig, amíg kísérletekkel nem sikerült alátámasztani.

Franklin kísérlete meglehetősen egyszerű volt: vihar előtti barátságtalan időben kiment a mezőre és felengedett egy sárkányt (4. ábra). Olyat, amivel a gyerekek és játékos kedvű felnőttek szórakoznak napsütötte, szép időben. Fémdarabokat erősített a sárkányra, hogy azok a felhőbe érve feltöltődhesenek elektromossággal. Az esőre álló időben, a páratelt levegőben azonban a zsinór átmedvedett, ezáltal jó vezetővé vált. Franklin szerencséjére még jókor engedte el és kötötte ki egy karóhoz a sárkány nedves zsinórjának végét, így megfigyelhette, ahogy a zsinórvégéről szikrák ugrálnak át a földre.

Így született meg Franklin praktikus agyában a villámhárító ötlete!

Hihetetlenül gyorsan terjedt el Franklin találmánya - talán csak Röntgen fel-

fedezése futott be ehhez hasonló gyors karriert a XIX. század végén. Franklint már a következő évben, 1753-ban tagjául választotta és Copley-éremmel tüntette ki a londoni Royal Society. Csak a hiú angol királynak nem tetszett Franklin megoldása, és ahol csak hatalma engedte, fémgömbre cseréltette ki a villámhárító hegyes fémcsúcsát.

Ma is vannak, akik azt hiszik, hogy a villámhárítónak az a funkciója, hogy a villám belecsapjon. Hogy oda csapjon a villám és ne máshova. Pedig Franklin az elektromos csúcshatást állította találmánya szolgálatába, azt a hatást, amellyel egy csúcs meg tudja akadályozni, hogy az őt hordozó test túlságosan feltöltődjön.

A villámhárítónak az a feladata, amit a neve is kifejez, hogy elhárítsa, megakadályozza a villám létrejöttét!

Idézzünk fel csak egy kísérletet! Tudjuk, hogy a megdörzsölt műanyag rúd közelítésekor jelez az elektroszkóp. Ha ezután eltávolítjuk a feltöltött rudat, az elektroszkóp is visszaáll alaphelyzetébe. Ha fémcsúcsot teszünk az elektroszkóp érzékelőtányérjára, és ezután közelítjük a feltöltött rudat a fémcsúcs felé, az elektroszkóp már sokkal messzebből jelez, mint az előbb. Ha eltávolítjuk a rudat, az elektroszkóp továbbra is jelez, tehát feltöltődött!

A csúcs az oka mindennek: szemléletesen szólva töltést szívott le a megdörzsölt műanyag rúdról. Ugyanígy tud a villámhárító fémcsúcsa töltést leszívni a közelítő viharfelhőből, ezáltal csökkenti a föld és a felhő közötti feszültséget, ami villámlást tudna kiváltani. A villámhárító közvetítésével állandó áram folyik a föld és a felhő között, de ez nem veszélyes a közelében lévő emberekre, állatokra. (Persze, ha átmenne rajtuk, azt azért megéreznék.) Sokkal kisebb ez az áram annál, mint ami egyetlen villám esetén lép fel, és nem kíséri olyan látványos fény- és hangjelenség sem, mint a valódi villámot.

Éles eszével és praktikus gondolkodásával Franklin egy sor olyan jelenséget tudott leegyszerűsíteni és érthetővé tenni, amit a tudósok általában túl bonyolultnak tartottak. Jellegzetes példája ennek az ún. „Franklin-tábla”, ami egy mindkét oldalán fémfóliával (részben) bevont üveglemez. A két fémfólia pontosan ugyanakkora és egymással szemben helyezkedik el. Franklin ezzel kitalálta a legegyszerűbb kondenzátort, a sikkondenzátort. Akkor, amikor Euró-

pában még csak a leideni palacknál tartottak.

Nevezetes kísérleteit is többen megpróbálták megismételni, sőt továbbfejleszteni. Oroszországban Nagy Péter, a tudományt is pártfogoló cár, tudósokat hívott mindenhonnan az általa alapított új városba, Szentpétervárra. Sok neves svájci matematikust nyert meg, közülük is a leghíresebb, Leonhard Euler (1707-1783) még Nagy Péter halála után is évtizedeken át ott dolgozott.

Egy német származású tehetséges tudós, bizonyos Georg Wilhelm Richmann, aki egyidős volt Lomonoszovval és ugyancsak komoly eredményei voltak már a hőtanban, elektromos kutatásokat végzett. Kísérleteihez megpróbálta elektromos töltéforrásként használni Franklin sárkányát. Saját szentpétervári házából engedte fel a sárkányt, s még ügyelt is arra, hogy a zsinór alsó végét jól elszigeletelje a földtől. 1753. július 26-án, miközben azt figyelte, jön-e már az égből az elektromosság, minden bizonnyal túl közel hajolt a zsinór végéhez, s egy pillanat alatt a tudomány hősi halottjává vált.

Franklin Benjamin - itthon csak így emlegették - nagy tiszteletnek örvendett Magyarországon. Önéletírását, amely Széchenyre oly nagy hatással volt, magyarrá is lefordították. A Franklin Társulat lett az egyik legnagyobb hazai könyv- és hírlapkiadó vállalat a XIX. század végére. Itt adták ki a Vasárnapi Újságot és a Budapesti Szemlét. Nem sokan tudják, ezért érdemes megemlíteni, hogy a „Franklin Irodalmi és Nyomdai Részvénytársulat” 1873-ban vette fel Franklin nevét, mellesleg elődje volt az a „Landerer és Heckenast” Nyomda, ahol a Nemzeti dalt és a Tizenkét pontot ki nyomtatták 1848-ban.

Fluidumelméletek

AXVIII. században párhuzamosan fejlődött a fizika akkori két legfontosabb ága, az elméleti mechanika és a kísérleti anyagtudomány.

Az elméleti mechanikát Newton követői, főleg matematikai vénával megáldott tudósok fejlesztették magas szintre. Tudósok, akik értették a differenciál- és integrálszámítást, akik képesek voltak a mechanikai problémák kezelésére differenciálegyenleteket felállítani és megoldani. Egyszerre művelték és kutatták a matematikai analízist és az elméleti mechanikát. Nem is véletlen, hogy később, a XIX. században még azokat a tudósokat is matematikusnak hívták, akiket a XX. században már elméleti fizikusnak neveztek. Nagyszerű eredmények születtek a XVIII. századi elméleti mechani-

kában, s a korabeli tudósok meggyőződésévé vált, hogy akkor tekinthető egy fizikai tapasztalati törvény igazán tudományosnak, ha a mechanika törvényeire visszavezethető, azokból levezethető.

A kísérleti anyagtudomány viszont a jelenségek mind szélesebb körét tárta fel és vetette beható vizsgálat alá. Még nem is olyan régen volt, hogy az alkímia művelői titkos receptek után kutattak, melyek segítségével olcsó fémekből, például ólomból vagy higanyból lehet majd aranyat előállítani. Császárok és királyok voltak e kutatások pártfogói. Ma már turistalátványosság a prágai Hradsinban az az „Arany utcácska”, ahol a várfalba vajt piciny műhelyekben működtek Rudolf császár aranycsinálói.

A XVIII. századra ugyan nem sikerült aranyat előállítani, de annyi tapasztalat, a jelenségek olyan változatossága tört utat magának, hogy szükség volt valamilyen elméleti rendteremtésre. Abban a században, amikor a Nagy francia enciklopédia megszületett, nem maradhattak rendező elvek nélkül a kísérleti anyagtudományok sem. Így születtek meg az ún. fluidumelméletek.

A fluidum a fizikában valamilyen áramlásra képes anyagot jelöl, ez gáz is, folyadék is lehet, a latin kifejezés eredeti jelentése azonban folyadék. Legegyeszerűbb lesz, ha a víz példáján világítjuk meg a fluidumra vonatkozó alapvető fogalmakat és összefüggéseket.

Egy tartályban lévő víz esetén két adat látszik fontosnak: a víz mennyisége és szintje a tartályban. Nagyon fontos tudnunk ezenkívül azt is, hogy megadott mennyiségű vizet hozzátöltve a tartályban lévő vízhez, mennyivel nő ott a víz szintje. A tartályba öntött víz mennyiségének és hatására létrejövő vízszint-emelkedésnek az arányát nevezhetjük a tartály aktuális kapacitásának. (Vigyázat: ez a kapacitás nem a tartály térfogatától függ, hanem a mostani példában inkább a víz felszínével arányos mennyiség. Nagyobb vízfelszín esetén több vizet kell még betölteni, hogy ugyanannyival nőjön a vízszint.)

Képletesen a következőket írhatjuk:

$$M = C \cdot (H_2 - H_1),$$

vagy még egyszerűbben

$$M = C \cdot \Delta H.$$

(M a betöltött víz mennyisége, $\Delta H = H_2 - H_1$ a vízszint emelkedése, C a tartály kapacitása.) Bonyolult alakú tartály esetén a most definiált kapacitás a mindenkor vízfelszín függvénye lehet. A felfelé szélesedő pezsgőspohár esetén például a pezsgő szintjének növekedésével erőteljesen nő a pohár kapacitása. Vagy egy másik gyakorlati példát említve, ha a Tisza előtti az árterületeket, nő

a folyó kapacitása, mivel ugyanannyi hő beleolvadásakor nagyobb területen terül szét a hóból lett víz, így kevésbé emelkedik a Tisza szintje, amit jóleső érzéssel nyugtázhatnak a parti mércét aggódva figyelő szegedi polgárok.

A XVIII. században először a hő fluidumelmélete született meg.

Eszerint egy testbe beömlő hő mennyisége és a hőfok (ez felel meg a hő szintjének) emelkedése arányos egymással. Az arányossági tényező a test hőkapacitása. Képleten:

$$Q = C \cdot (T_2 - T_1),$$

vagy még egyszerűbben

$$Q = C \cdot \Delta T.$$

Itt Q a közölt hő mennyisége (latinul quantitása, ezért jelölik Q-val), $T_2 - T_1 = \Delta T$ a hőfok emelkedése, C pedig a test hőkapacitása.

Az elmélet legnagyobb eredménye, hogy világosan megkülönbözteti egymástól a két legfontosabb fogalmat, a hő mennyiségét és a hő szintjét vagy fokát. Ez utóbbit mondták a hő intenzitásának, illetve a hő mérsékletének is. Így keletkezett a hőmérséklet szavunk, és a latin temperatura kezdőbetűje lett a hőfok általánosan elfogadott jele.

Nem biztos, hogy jó választás volt erre a fontos fogalomra a mérséklet szó ráakasztani, de ma már senki se gondol a szó eredeti jelentésére. Úgy vagyunk vele, mint a vérmérséklettel, latinul temperamentummal, ennek hallatán se jelenik meg lelki szemeink előtt a mérséklet fogalma. Még leginkább a zenében, a „temperált skála” kifejezésben fedezhetjük fel e szó eredeti jelentését.

Senki se tudta a XVIII. században, hogy mi az a hőmennyiség. Mindenesetre megmaradó dolognak gondolták. A hő már a régi görögök elképzelése szerint is az egyik jellegzetesen imponderabilis mennyiség volt, vagyis olyan, aminek nincs mérhető súlya, illetve tömege. Mennyisége mégis van, ami viszont a hőkapacitás és a hőmérséklet-változás ismeretében meghatározható - mondták a XVIII. század fizikusai, miután feltalálták a hőmérőt, a hőmérséklet mérőeszközét.

A hő át tud áramlani egyik testről a másikra, amint a víz is átfolyhat egyik edényből a másikba. Közlekedőedényekben abból az edényből folyik át a víz a másikba, amelyikben magasabb a vízszint - egyensúly esetén pedig a szintek kiegyenlítődnek. A hő is abból a testből áramlik át a másikba - mondták -, ahol magasabb a hőszint, vagyis a hőmérséklet s egyensúly esetén a hőmérsékletek kiegyenlítődnek.

Milyen szép és megkapó analógia!

El is terjedt a hő fluidumelmélete olyan sikeresen, hogy mind a mai napig él az emberek tudatában. Fourier erre, a hő fluidumelméletére alapozva dolgozta ki a XIX. század elején a hővezetés elegáns matematikai elméletét, amit mérnökök és vegyészek ma is előszeretettel használnak a mindennapi gyakorlatban. Lavoisier, a XVIII. század egyik legnagyobb kémikusa, aki pontos kísérleteivel és következetes gondolkodásával tudományosan megcáfolta az égés flogiszonelméletét, élete tragikus végéig hitt abban, hogy van hőanyag, és caloricum néven be is illesztette az általa ismert elemek közé, az oxigén mellé. Magyarországon még a XIX. század elején is jelent meg olyan tankönyv, amely Lavoisier nyomán, az ő tudományos tekinthetőségére hivatkozva vette fel a caloricumot a kémiai elemek sorába. A caloricum mértékegysége a kalória - orvosok és fogyni akaró hölgyek és urak mind a mai napig kalóriatáblázatok segítségével állítják össze betegeik vagy saját maguk számára a javasolt étrendet...

A hő fluidumelmélete mintájára, ugyancsak a XVIII. században született meg az elektromosság fluidumelmélete.

Az elektromosság is jól beleillett az imponderabiliák birodalmába: korabeli mérőeszközökkel lehetetlen volt kimutatni, hogy a dörzsöléssel elektromossá tett szigetelőruának megváltozott volna a tömege a dörzsölés hatására. Miután Franklin szerencsés választással bevezette az elektromosság mennyiségére a töltés mennyisége kifejezést, már csak az elektromosság szintjére, fokára kellett egy szót kitalálni. Jelöljük ezt a mennyiséget egyelőre U-val, s írjuk fel a fluidumelmélet alapösszefüggését - az elektromosságra:

$$Q = C \cdot (U_2 - U_1) = C \cdot \Delta U.$$

Itt tehát Q jelenti a testtel közölt elektromos töltés mennyiségét (érthető, hogy miért jelölik Q-val, ugye?), C a test elektromos kapacitása, $U_2 - U_1 = \Delta U$ az elektromosság szintjének, fokának emelkedése a testben.

A fluidumelmélet tehát az elektromosságtanban is segített világosan elkülöníteni egymástól két alapfogalmat, az elektromosság mennyiségét és szintjét. Azokat a testeket, amik elektromossággal feltölthetők, amikben az elektromosság tárolható, elnevezték kondenzátoroknak. (Az elnevezés Voltától ered, aki ezzel a kondenzátor = sűrítő szóval azt akarta kifejezni, hogy ez az eszköz magába sűríti az elektromosságot, az elektromos töltést.)

Elég hamar rájöttek azonban arra, hogy az elektromos kapacitás nem egyedül a testre jellemző, mint - mondjuk - a

test hőkapacitása, hanem erősen függ a test környezetétől. A legegyszerűbb elektromossá tehető test, egy sík fémleap esetén akkor válik ennek kapacitása egyértelművé, ha közel helyezünk hozzá valamilyen megadott távolságra, vele párhuzamosan, egy másik, ugyanilyen fémleapot, amit vezetővel összekötünk a Földdel - más szóval „leföldelünk”. Hogy kerül ide a Föld? Úgy, hogy ennek kapacitása a laboratóriumi kísérletek szempontjából végtelen nagyra tekinthető.

A földben az elektromosság szintje változatlan marad, akár töltést nyer, akár töltést veszít a föld. Olyan ez, mint a tenger szintje a folyadékok számára: nem változik a tengerszint attól, hogy az ember valamennyi vizet beleönt a tengerbe, vagy kimer a tengerből. Ha tehát a két párhuzamos fémlemez egyikét leföldeljük, akkor ebben az elektromosság szintje mindig a földével lesz egyenlő. Önkényes, de célszerű a földben az elektromosság szintjét nullának választani és ehhez viszonyítani más testekben az elektromosság szintjét. Mint ahogy földrajzban is a tenger szintjéhez viszonyítjuk a hegyek magasságát.

Itt az ideje, hogy elnevezzük ezt az U-val jelölt mennyiséget, az elektromosság szintjét, mégpedig - megállapodás szerint - a földhöz viszonyított szintjét valaminek. Nos, legyen a neve *elektromos feszültség*.

Amikor manapság 150 kilovoltos távvezetésekről beszélünk, ezt úgy értjük, hogy az elektromosság szintje a távvezetékvezetékben százötvenezer voltal magasabb, mint az elektromosság szintje a földben, vagy a földön álló távvezetékoszlopban. Ezért kell a huzalt a tartóoszloptól óriási porcelánszigetelővel elválasztani. Persze, a huzal két pontja között is van feszültség, különben nem lenne, ami az áramot hajtja benne, de ez alig néhány volt kilométerenként. Az elektromos áram felfedezése és tulajdonságainak ki-puhatolása azonban már a következő, a XIX. század tudósainak hozott dicsőséget, az emberiségnek pedig megadta a gazdasági fejlődés lehetőségét.

Térjünk vissza a XVIII. század elektromos fluidumelméletéhez. Eszerint fémtesteken az elektromosság a test felületén helyezkedik el és szintje a felület minden pontján ugyanaz. Két fémtest közötti feszültség a földhöz képesti feszültségeik különbsége.

Egy kondenzátor feszültségéről nyilván akkor is beszélhetünk, ha egyik lemeze sincs leföldelve. Ilyenkor általában az egyik lemezen pozitív, a másikon negatív töltés van, a két töltés abszolút értéke egyenlő. A kondenzátorokra vonatkozó $Q = CU$ közismert összefüggésben Q a lemezekben lévő töltések abszolút értékét, U pedig a lemezek közti feszültség

abszolút értékét jelöli, C a kondenzátor kapacitása.

Elég érdekes, hogy a síkkondenzátor kapacitása arányos a lemezek területének nagyságával, ahogyan már említett példánkban a Tisza kapacitása is arányos az előtöltött területekével, vagy még távolabbi példát véve: egy ország embereket befogadó képessége az ország területével.

Két XVIII. századi tudósról illik még megemlékeznünk, akik az elektromosság fluidumelméletét megalkották, s ezzel az elektromosságtan két legfontosabb alapfogalmát, a töltést és a feszültséget egymástól elkülönítve tárgyalták.

Giovanni Battista Beccaria (1716-1781) itáliai piarista szerzetes volt, aki Franklin nyomán ásta bele magát igazán az elektromos kísérletezésbe. 1748-tól volt az egyetem fizikaprofesszora Torinóban. Az elsők között ismerte fel, hogy az elektromosság mindig a vezetők felületén helyezkedik el. Franklin kísérleteinek megismétlésekor, nemcsak sárkányt eregetett a zivatarfelhőkbe, hanem rakétát is fellőtt, ami vashuzalt húzott maga után.

1753-ban jelent meg Torinóban *Dell' elettricismo naturale ed artificiale* (A természetes és mesterséges elektromosság) című munkája. Két évvel Franklin után, 1755-ben őt is tagjaul választotta a londoni Royal Society. Kutatási eredményeit, azok értelmezését korolláriumokba foglalva, latinul publikálta a Royal Society évenként kiadott hivatalos folyóiratában, a *Philosophical Transactions*-ben. Leghíresebb munkája még életében - 1778-ban - megjelent angolul is.

Henry Cavendish (1731-1810) gazdag családból származó angol fizikus és kémikus volt, aki saját laboratóriumában végezhetett tudományos kísérleteit. 1753-ban, abban az évben fejezte be egyetemi tanulmányait Cambridge-ben, amikor az egész európai tudományos élet Franklin kísérleteitől volt „felvillanyozva”.

A maga örömeire kísérletezett, kísérleteiről gondos feljegyzéseket készített, amikről be is számolt a Royal Society ülésein. Ott hamar felismerték a fiatal tudós tehetségét, elismerték eredményeit, és még nem volt 30 éves, amikor már a Royal Society tagjaul választották. Publikálni azonban csak 1766-ban kezdett, természetesen a *Philosophical Transactions*-ban.

Cavendishnek az elektromosság fluidumelméletével kapcsolatos legfontosabb publikációja 1771-ben jelent meg, a következő címmel: *An attempt to explain some of the principal phenomena of electricity by means of an elastic fluid* (Kísérlet az elektromosság néhány alapvető jelenségének értelmezésére egy rugalmas fluidum segítségével).

(A második, befejező részt a márciusi számunkban közöljük.)

Idilli kép egy idillikus tájról

Beszélgetés Kalotás Zsolttal, A Duna-Dráva Nemzeti Park című kötet szerzőjével

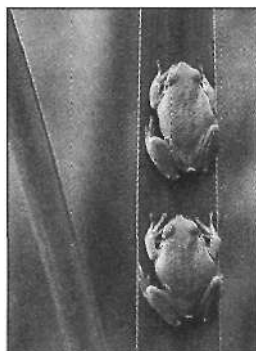
- Örök igazság: szerencsés ember az, akinek a munkája a hobbija is. Az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség munkatársaként a természet védelme a feladata, de mint természetfotós is a természetet védi.

- Ma, amikor olyan sok, elsősorban az embertől eredő veszély fenyegeti Földünket, a lehető leghatásosabb módon kell rámutatnunk arra, mit veszíthetünk,

ha nem vagyunk kellően bölcsek. Ehhez a leghatásosabb mód pedig nem más, mint a természetfotózás és a természetfilmzés, hiszen ezek a legalkalmasabbak arra, hogy felhívják az emberek figyelmét a hihetetlenül törékeny földi ökoszisztémáinkat fenyegető veszélyekre, a végveszélybe sodródott növény- és állatfajokra, és ezzel együtt az ember felelősségére. Hiszek a nyilvánosság erejében, abban, hogy politikai szándékokat is képes megváltoztatni, és bizonyos csoportok gazdasági érdekeit is legyőzni.

Úgy gondolom, a természetvédelem érdekeit szolgálom akkor, amikor az országos zöldhatóság szakembereként legjobb tudásom szerint bírálom el a hozzánk érkező kérelmeket, vagy természetvédelmi szakhatóság nevében mondom szavalelményt. De a természet védelmét kívánom szolgálni akkor is, amikor a természetfotózás írott és íratlan szabályait megtartva megörökítem a védett állatfajok életének intim pillanatait, megpróbálom fényérzékeny anyagon rögzíteni egy-egy veszélyeztetett növény rejtett szépségeit vagy csodálatos tájaink igazi hangulatait. Nekem tehát megadatott, hogy két különböző, de a maga területén mindkét szinten hatékony eszközzel szolgáljam e szép hivatást, amelyet idestova harminc éve választottam - ezért kétségtelenül szerencsés embernek tarthatom magam.

- Az Alexandra Kiadó gondozásában nemrégiben mutatták be „A Duna-Dráva Nemzeti Park” című kiadványt, amelynek ön a szerzője. A tájhoz való kötődése természetfotós, szakmai és kiadói körökben egyaránt ismert; családjával közel harminc éve



A levelibékák számára az árterek vízbősége és a rovarvilág ideális életfeltételeket jelent



A mókus az aljnövényzetben gazdag keményfaligeteket kedveli, mert itt az év minden szakában bőséges táplálékot talál



Az égerlápok a tavaszi, vízzel borított időszakban a legszebbek

telepedett le a Szekszárd közelében fekvő Tolnán, munkája is sokáig ide kötötte és több album szerzője, illetve társszerzője. Nem véletlen tehát, hogy a kiadó önt bízta meg az album elkészítésével.

- Már ifjú kutató koromban kapcsolatba kerültem a Duna-ártér élővilágával, valóban ott dolgoztam és éltem, élek ma is a nemzeti park közvetlen határa mellett. Jártam hát eleget Tolna megyében az erdőket, mezőket. És természetesen nem üres kézzel, hiszen a távcső és a fényképezőgép nem maradhatott el mellőlem. Florisztikai feltárásaim is szerepet játszottak abban, hogy egy addig nem ismert értékes területre, a boglyislói Orchideás-erdő a nemzeti park része lehetett. Később a Természetvédelmi Hivatalban dolgozva részese lehettem annak a nagy előkészítő munkának, amely alapján 1996-ban létrejött a nemzeti park. Ott voltam Szentborbáson a park avatásán vagy inkább megszületésén, később pedig a Duna-Dráva Nemzeti Park szakmai felügyelete lett a feladatom. Koordináló szerepet kaptam a Dráva természeti monitoringjának kialakításában és működtetésében, illetve tagja lehettem annak a horvát-magyar albizottságnak, amely hét éven keresztül tárgyalta a Dráva ökológiai állapotának megőrzéséről és a Dráván tervezett újabb horvát vízlépcső veszélyeiről.

A közelmúltban - talán a tájhoz, a nemzeti parkhoz való kötődéseim és múltbeli természetvédelmi tevékenységem okán - megválasztottak a Duna-Dráva Nemzeti Park Tanácsának el-

nökévé, így már ha akarnám sem tudnám kitörölni életemből a nemzeti parkhoz fűződő szoros kapcsolataimat. De az Alexandra Kiadóval is igen jó a kapcsolat, gondozásukban jelent meg - immár harmadik alkalommal album formájában - a naturArt által 15 éve alapított „Év Természetfotósa pályázat” portfóliója.

- Ugyancsak az Alexandra Kiadó jelentette meg 2004-ben a „Nemzeti parkok Magyarországon” című kötetét,

ami tavaly elnyerte a Könyvtárosok Országos Egyesülete és a Nemzeti Kulturális Örökség Minisztériuma Fitz József-díját, és ezzel együtt az „Év Könyve” kitüntető címet. Gondolom, ez a díj is hozzájárult ahhoz - esetleg egy következő elismerés reményében -, hogy a kiadó most már a nemzeti parkok bemutatását tervezze.

- Bár magam is jól sikerült munkának tartottam az albumot, a kitüntetés meglepetésként ért. Erre a díjra ugyanis nem kell, sőt nem is lehet pályázni, ez a könyves szakma demokratikus értékítéletét tükrözi. A díj átadásakor a XII. Budapesti Nemzetközi Könyvszemlén a Fitz József-díj odaítélését azzal indokolták, hogy egy régóta várt, átfogó és hiánypótló munka született, amely hitelesen, közérthetően és művészi megfogalmazásban mutatja be nemzeti parkjainkat, azok legszebb, legjellegzetesebb tájait, az ott élő veszélyeztetett növényeket és állatokat. A kötet kiadását nem kísérte reklámkampány, hat hónapon belül mégis elfogyott a raktári készlet, tehát a kiadó számára nemcsak szakmai, hanem üzleti siker is volt. Egészen biztos, hogy ez is motiválta az Alexandra Kiadót abban a döntésében, hogy ezek után egyenként is bemutassa nemzeti parkjainkat, csak most már kicsit bővebben, tematikusabban. Ennek a tervnek az első lépése „A Duna-Dráva Nemzeti Park” album megjelentetése, melyet, remélem, hamarosan követ a többi is.

- Tíz nemzeti parkunk közül miért éppen a Duna-Dráva Nemzeti Parkról készült kiadvány?

- Akkor szerencsés igazán a piacon megjelenni egy kiadvánnyal, ha az valamilyen évfordulóhoz is kapcsolódik, hiszen az évforduló rendezvényei reklámozni is a kötetet. De ez fordítva is igaz, a könyv is jó reklámja lehet az évfordulónak. A Duna-Dráva Nemzeti Park áprilisban lesz tízéves, és ezzel a reprezentatív albummal tisztelgünk a jubileumon.

- *Az impozáns kötet több mint kétszáz természetfotót mutat be a légi felvételektől az állatok életéből ellesett intim pillanatokig. Mindez azt sejteti, hogy hosszú évek fáradságos munkájával készültek a felvételek, sokszor akár igen viszontagságos körülmények között.*

- Amikor 2005 márciusában a felkérést kaptam, nem tudtam azonnal dönteni, hogy elvállaljam-e a feladatot. A kiadó terve szerint ugyanis már karácsonyra az üzletekben kellett lenni a könyvnek. Ez pedig azt jelentette, hogy a teljes képanyagot és a kéziratot a nyár derekára össze kell állítani. Két hét gondolkodási időt kértem, hogy felmérjem, képes vagyok-e erre. Ez alatt számot vettem, mi az, amit feltétlenül tartalmaznia kell az albumnak, alaposan felmértem a képarchívumomat is. Meghatároztam azt a művészi minimumot, amelyet még elfogadhatónak tartok egy nevem alatt megjelenő munkában, összeírtam, hogy milyen hiányaim vannak, majd forgatókönyvet készítettem a hiányzó képanyag elkészítésére. Ekkor úgy gondoltam, hogy a rendelkezésemre álló öt hónap, ha a hivatali kööttségem mellett mással nem foglalkozom, és az időjárás is kedvez, elegendő lehet számomra a feltétlenül bemutatni kívánt tájak, hangulatok megörökítéséhez, a növény- és állatvilág képi világának összegyűjtéséhez. Ehhez persze arra is szükség volt, hogy a nemzeti park területi embereitől aktuális információk formájában megkapjam a segítséget. Mikor ez utóbbira a nemzeti park igazgató asszonyától ígéretet kaptam, igent mondtam és belevágtam a munkába.

A könyv anyagának gerince már készen állt az archívumomban. A képek az elmúlt öt év fáradságos terepmunkájának a legjobb gyümölcsei voltak. Ezt kellett kiegészítenem, és könyvformába önteni. Utóbbi szándékot készítettem, aminek alapján az derült ki, hogy az albumban megjelenő képek kicsivel több mint a fele 2005-ben készült, a többi pedig az előző évek terméke. Akárcsak a „Nemzeti parkok Magyarországon” című albumban, ebben a kötetben is találunk az olvasók vendégképeket. Fotóművész barátaim, Haarberg-Bozsér Orsolya, Daróczi Csaba, Forrány Csaba, Kármán Balázs, Novák László, Máté Bence, Réti Zoltán, Streit Béla és Szitta Tamás a Magyar Ter-

mészetfotósok Szövetségéből (naturArt) most is „kisegített” néhány képpel, ami emeli a könyv értékét.

- *Az album nem csak a szemnek tetszős. A könyvesboltokban megvásárolható hasonló kiadványokkal szemben ebben sokkal több és igényesebb kísérő szöveg olvasható!*

- Tudom, az ilyen albumokat mindenkori a képanyag miatt vásárolják meg az emberek. Ezért fektettem nagy hangsúlyt arra, hogy csak olyan felvételek kerüljenek a kötetbe, amelyek önmagukban, azaz akár egy természetfotó-pályázaton is megállnák a helyüket. Ezen túl, a képek legalább tizenöt, húsz százaléka olyan színvonalasnak vagy mondhatom úgy, „döbbenetesen jónak” kell lennie, hogy akár néhány percre is megállítsa a lapozásban az olvasót. Nemcsak szép és művészi fotókból álló album létrehozása volt azonban a célom, hanem az is, hogy a természetfotókat aktuális és szakmailag hiteles szöveggel környezetben mutassam be, és mindezt úgy, hogy azt egy nem szakmabeli is megértse, tehát nem tudományos nyelvvel, hanem népszerű, ismeretterjesztő kísérő szöveggel. Mindenkori ügyeltem azonban arra, hogy ne lépjek át bizonyos határokat, a szöveg lényegre törő, és érdekfeszítő maradjon, ne váljék terjengőssé, és semmiképpen ne veszítsen hitelességéből. David Attenborough és John Sparks annak köszönhetik filmjeik és könyveik világsikerét, hogy közérthető nyelvezetük mellett kiválóan ötvözik a tudomány legfrissebb eredményeit a képi világgal, és így a szerkesztő író természetért aggódó hangja mindenkori hiteles marad. Ezt a mintát tekintettem én is mindenkori mértékadónak, ennek szellemében készítettem képeimet, írtam meg az album fejezeit és fogalmaztam meg az informatív és üzenetnek szánt képaláírásokat. Ez a könyv ugyanis életkortól függetlenül mindenkinek szól, aki szereti és tiszteli a természetet és aggódik sorsáért.

- *Az album a Duna-Dráva vidékéről, a folyók felségterületéről - ahogyan a kiadvány alcíme is mutatja - idillikus képet fest, mintha a természet ezen a tájon érintetlen lenne. Szóval amolyan turistacsalogató!*

- A természet a két folyó mentén korántsem érintetlen, hiszen a táj az ember több évszázados bölcs gazdálkodása nyomán nyerte el azt az „idillikus képet”, amelyet ma meg szeretnénk őrizni. Abból a szempontból azonban valóban idillikus a kép, hogy a fotókon a Duna-Dráva Nemzeti Park „szébbik arca” köszön vissza az olvasónak. De ha figyelmesen elolvassuk a szöveget, akkor abból már kiderül, hogy korántsem idilli minden. Éppen ellenkezőleg! Nagyon sok a gond, a megoldásra váró probléma; a folyók medrének bevágódása, az árterek folyamatos

szárazodása, az invazív özönnövények terjedése, az ültetvények „egészségtelen” aránya, az erdők szerkezetének természetellenessége, a tájidegen fajok térhódítása, a helyenként túltartott vadállomány, a gazdálkodás és a természetvédelem valós és vélt ellentmondásai, és még sorolhatnám! De ha a gondokat helyeztem volna előtérbe, akkor ez egészen más könyv lett volna, és nem biztos, hogy elértem volna vele a kitűzött célt. Valóban figyelemfelkeltő, turistacsalogató albumot szerettem volna készíteni, hiszen a nemzeti parkok egyik legfontosabb feladata a bemutatás. És minél többen látják, annál többen emelhetik fel hangjukat azért, hogy mentsük meg természeti kincseinket, hogy nagyobb figyelmet kapjon és több forrást, hiszen a jelenlegi költségvetési lehetőségek nem elegendőek a szinten tartásra sem.

Egy szép és tartalmas album egészen biztosan több látogatót vonz a területre, mint egy tartalmas, de a problémákat előtérbe helyező kötet. Ezért választottam inkább a nemzeti park „idilli képét”. Remélem, hogy az album, a „Nemzeti parkok Magyarországon” című kötethez hasonlóan, hamarosan angol nyelven is megjelenik.

- *Lesz-e folytatás, s ha igen, melyik nemzeti parkot bemutató kötettel találkozhatunk a közeljövőben a könyvesboltokban?*

Az Alexandra Kiadó - terve szerint - hazánk valamennyi nemzeti parkját hasonló tematikus kötetben mutatja be. Ebben az elképzelésben ugyanakkor nincs benne az, hogy a nemzeti parkjainkat bemutató albumokat egyetlen szerző készítené. Magam is erősen tiltakoznék az ilyen ötlet ellen, mert nemzeti parkjaink olyan gazdag természeti örökséget őriznek, hogy egy emberöltő is kevés volna ahhoz, hogy valamennyit egyetlen személy tematikus művészi albumba rendezze. Az viszont reális elgondolás, hogy néhány szakmailag felkészült ember egymás között megosztva a feladatot, elvégezze az emberfeletti munkát. Hála istennek, sok tehetséges természetfotósunk van, olyanok is, akik nemcsak képi világot tudnak teremteni, hanem alkalmasak arra is, hogy mindezt szakmailag hiteles szöveggel egységbe rendezzék. 2006 karácsonyára a Fertő-Hanság Nemzeti Park album megjelenését tervezi a kiadó. A kötet szerzője Nagy Csaba lesz, aki elismert természetvédelmi szakember és kiváló természetfotós. Magam a Balaton-felvidéki Nemzeti Park album elkészítéséről álmodom, de ennek a kötetnek a megjelenését csak 2007-re, a nemzeti park alapításának jubileumára veheti tervbe az Akkandra Kiadó.

Az interjút készítette:
KAPITÁNY KATALIN

SZÖKŐMÁSODPERC

A 2005. év - talán a történelemben utoljára - egy másodperccel hosszabb lesz a nem szökőévek esetében megszokottnál. A Nemzetközi Földforgási és Vonatköztársítási Rendszer Szolgálat úgy határozott, hogy 2005. december 31-én éjfélkor az óév utolsó és az új év első másodperce közé beiktat egy ún. szökőmásodpercet. Mint ismert, a szökőévekben alkalmazott szökőnapokra azért van szükség, hogy a Föld tengelyforgása alapján számlált napokat a Föld keringése alapján számlált évekkel szinkronba hozzuk. Az időmérés pontosságának fejlődése, elsősorban az atomórák használatának köszönhetően, kiderült azonban, hogy a Föld forgása sem egyenletes. Atomidőben mérve kiderült, hogy bolygónk tengelyforgása szisztematikusan lassul, emellett szabálytalan ingadozásokat is mutat. A folyamatos lassulás, amint azt rádióinterferometriai módszerekkel megállapították, évszázadonként 2 ezredmásodperc/nap, vagyis most minden nap 0,002 másodperccel hosszabb, mint egy évszázaddal ezelőtt. Annak érdekében, hogy az atomórákkal definiált koordinált világidő (UTC) ne csússzék el a Föld forgásából származtatott csillagászati időhöz képest, bizonyos időközönként (amikor a két idő eltérése meghaladta a 0,7 másodpercet) szökőmásodperc beiktatása vált szükségessé. Legutóbb 1999 végén került erre sor. Elképzelhető azonban, hogy a mostani lesz az időmérés történetének utolsó szökőmásodperce, a Nemzetközi Távközlési Unió ugyanis a hírek szerint a közeljövőben (2007 decembertől hatályba lépően) módosítani akarja az UTC definícióját, annak érdekében, hogy ne legyen szükség a szökőmásodpercek beiktatásával végrehajtott korrekciókra. (*Sky and Telescope*, 2005. október)

A TEJÚTRENDSEZER KORA

A radioaktív elemek mennyisége alapján történő kormeghatározást a geológiában régóta eredményesen használták. Most valami hasonlóval próbálkoztak a Tejútrendszer csillagai esetében is. A Tejútrendszer korongját körülvevő halo öreg csillagainak korát a bennük található tórium és urán aránya alapján határozták meg. Eszerint a halo csillagai legalább 12,3 és legfeljebb 17,3 milliárd évvel ezelőtt keletkeztek, vagyis az ősrobbanást követően szinte azonnal létrejöttek. A Tejútrendszer korongjában található csillagok korát ezzel szemben a 14,05 milliárd év felezési idejű, radioktív tórium és a stabil eurórium aránya alapján becsülték meg. Mindkét elem a szupernóva-robbanásokban, illetve neut-

ronsillagok egybeolvadása során keletkezhet. Eredményeik szerint a Naprendszer környékén, a korongban található csillagok kora csupán $8,8 \pm 1,7$ milliárd év, jó egyezésben más kutatók más módszerekkel kapott eredményeivel. A tórium-eurórium arány alapján ugyanakkor a halo csillagai korára körülbelül 13 milliárd évet kaptak, ami összhangban van a tórium és az urán aránya alapján kapott értékkel (és a világ-egyetem korára elfogadott 13,6 milliárd éves adattal). Mindez viszont arra enged következtetni, hogy a Tejútrendszer korongját alkotó csillagok több milliárd évvel a halo létrejötte után keletkeztek, ami elmentmond a Tejútrendszer keletkezéséről alkotott modelleknek. (*Sky and Telescope*, 2005. október)

A GRAFIT FURCSASÁGAI

Albert Einstein, Paul Dirac és a többi nagy fizikus talán ceruzával vetette papírra elgondolásait. Utódaik másképp használják a ceruzát elméleteik bizonyításához.

A ceruzából grafitból készül. Ha ezt az ásványi anyagot húzgáljuk a papíron, nyomot hagy maga után, mert könnyen válnak le róla az atomi rétegek. Emiatt a grafit az áramot is jól vezeti. Egy angol kutatónak eszébe jutott, hogy ragasztószalaggal válasszon le a grafitról egyatomnyi vastagságú réteget, amelyet grafénnek neveztek el.

A grafénnel nyomban kísérletezni kezdtek. A kétdimenziós anyag továbbra is vezeti az áramot, mert a méhsejtszerűen elrendezett szénatomok között az elektronok könnyen elmozdulhatnak. Ezek az elektronok azonban szokatlan tulajdonságokat mutatnak: még nagyon alacsony hőmérsékleten sem lassulnak le. Úgy viselkednek, mintha nem lenne nyugalmi tömegük. A részecskéket a tudósok „tömeg nélküli Dirac-ferminoknak” nevezték el. Azt is bebizonyították, hogy gyorsabban haladnak, mint az elektronok más félvezetőkben; sebességük kb. 400-szor kisebb a fénysebességnél.

A tömeg nélküli elektronok a Hali-effektus is „tudják”. Edwin Hall 1879-ben kimutatta, hogy ha egy vezető anyaglapra, amelyben áram folyik, mágneses teret adunk a rétegre merőlegesen, feszültség keletkezik a lap két oldala között (az anyagban folyó áram irányára merőlegesen). Ez az effektus a kvantumos tartományban is fellép, de itt a feszültség nem nő fokozatosan a mágneses térerősség növelésével, hanem lépésenként ugrik. A tömeg nélküli elektronok a grafénben ezt a viselkedést követik.

A felfedezés nyomán új, szén alapú elektronikus és magnetoelektronikus esz-

közök születhetnek. És az egyatomos rétegre lecsupaszított ceruzanyom a hajdani fizikusok elméleteinek bizonyítására szolgálhat ... (www.sciam.com)

TÖBBET ÁRT, MINT HASZNÁL?

Norvég kutatók kimutatták, hogy a szívrohamon átesett betegek kezelésekor nagy dózisban alkalmazott B-vitamin - a várákózásokkal ellentétben - nem gátolja meg a betegség kiújulását.

A NORVIT-ot (Norwegian Vitamin Trial, Norvég Vitaminkísérlet) a kutatók 35 norvég kórház orvosaival és nővéreivel együttműködve végezték, hogy a B-vitamin szív- és érrendszerre gyakorolt hatását tisztázzák. A vizsgálatban részt vevő, szívinfarktuson átesett betegeket véletlenszerűen négy csoportra osztották, és három éven keresztül naponta kezelték őket vagy csak folsavval (a B-vitamin-csoport egyik tagjával), vagy csak B₆-vitaminnal, vagy mindkettővel, míg a negyedik csoport placebót kapott. Az eredmények meglepőek: azoknál a betegeknél, akiket csak az egyik fajta vitaminnal kezeltek, kicsit nőtt a szív-s érrendszeri megbetegedések kockázata, míg azoknál, akik mind a kétféle készítményből kaptak, a növekedés 20 százalékos volt.

Rége a kutatók úgy vélték, hogy a B-vitamin meggátolhatja a kardiovaszkuláris megbetegedések kialakulását, mert csökkenti a vérben a homocisztein-szintet. Azt gondolták, hogy a magas homociszteinszint ronthatja az artériákat és növeli a vérrögök kialakulásának kockázatát, ami az artériák végzetes elzáródását okozhatja a szívben és az agyban. Bár a kísérletben a homociszteinszint a kezelés után 30 százalékkal csökkent, az újabb betegség kialakulásának esélye nem lett kisebb. A káros hatások különösen azoknál a betegeknél jelentkeztek, akiknél magas volt a homociszteinszint a kezelés megkezdésekor, akiknek a veseműködése eltért a normálístól, illetve akik más vitaminokat is szedtek a kísérlet folyamán.

A szívroham utáni első három évben minden harmadik beteg újabb szívrohamon vagy sztrókon esik át akkor is, ha a legjobb orvosi ellátásban részesül. (<http://www.escardio.org/>, 2005. szeptember)

HUMÁN GENOM: CÉLPONTBAN A RÁK

Angol kutatók a humán genom felhasználásával hozzák létre a hatóanyagok azon új generációját, amely működése során felderíti a különböző rákbetegségeket kísérő genetikai módosulásokat. Az így előállított új anyagok közé tartozik például az imatinib, amelyet alkalmaztak már krónikus mieloid leukémia, valamint gyomor- és bélrendszeri tumorok kezelésében.

Ezek a szerek felismerik a rákos sejtekben keletkező mutációkat, s mivel célspecifikusak, sokkal kevésbé ártalmasak, mint más, általánosan használt rákellenes kezelési módok. A kezelések közvetlenül kapcsolódnak a rákgenomikához: a jövőben a specifikusság növelésének érdekében megpróbálják majd egyénekre tervezni a hatóanyagokat, hiszen a ráknak nagyon sok formája létezik. Éppen ez nehezíti meg az ellene vívott harcot.

Számos feladat vár még megoldásra a genetikai megközelítésben, ilyen például a kialakuló drogerezisztencia. „Mégis hiszem, hogy ezek a nehézségek eltűnnek az elkövetkezendő tíz év folyamán” - mondja a kutatócsoport vezetője. (*Organic and Bio-molecular Chemistry*, 2005. május)

AZ ALOÉ ELVÖRÖSÖDIK A SIVATAGBAN

Az aloé mind a kozmetikai ipar, mind az alternatív gyógyászat számos termékében felhasználják, ezért orosz és izraeli tudósok minél több oldaláról szeretnék megismerni. Az erős fényre vagy a nagy szárazságra a legtöbb növény például vörös színanyagainak felhalmozásával reagál. Ezek a pigmentek általában antocianinok, de az aloé esetén rodoxantin jelenik meg.

A kutatók a Negev sivatagban honos *Aloe arborescens* vizsgálták, mely a rodoxantint a klorofill helyére építi be a kloroplasztiszaiban, ezért változik a színe zöldről vörösre. Erre a változtatásra azért van szüksége, mert a vörös pigment a túl erős fény bizonyos részét anélkül nyeli el, hogy a molekulák sérüljenek. A rodoxantin és az antocianinok hasonló optikai tulajdonságúak, de bioszintézisük és fotokémiai működésük eltérő, így különböznek a sejtbeli sajátságaik is. Ezek mélyebb megismerése hozzájárulhat az aloé természeti módjának tökéletesítéséhez. (*Organic and Bio-molecular Chemistry*, 2005. április)

KVADRIGA-DÍJ

Tim Berners-Lee, a világháló feltalálója megkapta a német Kvadriga-díjat. A kitüntetést évente ítélik oda a politikai, a gazdasági, a társadalmi és a kulturális szféra egy-egy kiemelkedő személyiségének. A zsűri Berners-Lee-t a XX. század egyik legkiválóbb tudósának tartja; véleményük szerint közvetlenül Albert Einstein után következik a sorban. A kutatót, aki a CERN-ben fejlesztette ki a világhálót, 2004 „legnagyobb angoljának” (Greatest Briton) is kiáltották.

Berners-Lee a kitüntetést Németország 1990-es egyesítésének 15. évfordulóján, 2005. október 3-án vette át Berlinben. A díjat a Brandenburgi kapu tetején látható híres szoborról nevezték el, amelyen a béke istennője egy négylovas kocsit (kvadrigát)

hajt. A kompozíció azt szimbolizálja, hogy a harmónia, a barátság, a bátorság és a bölcs kormányzás együttese mindenki javát szolgálja. A díj arra is emlékeztet, hogy a brandenburgi kvadriga a szétválasztás szimbólumából az egyesítés jelképévé vált.

A 25 000 euróval járó kitüntetést - Németország újraegyesítésében játszott szerepéért - Helmut Kohl, a korábbi német kancellár is elnyerte. (*CERN Courier*, 2005. november)

BORBARÁTOKNAK

A „Francia paradoxon” című cikkünkben (2003 októberében) már írtunk arról, hogy a bor kedvező hatást fejt ki a keringési rendszerre. Nemrégiben azt állapították meg, hogy a bor fontos vegyülete, a resveratrol elősegíti az emberi sejtekben annak a molekulának a lebontását, amely hozzájárul az Alzheimer-kóros betegek agykárosodásához. Az absztinensek szerencséjére azonban a vegyület máshol is előfordul.

A resveratrol természetes polifenol, amely számos növényben, például a szőlőben, a különböző bogyókban és az amerikaiogyoróban is megtalálható. Nagy koncentrációban tartalmazza a vörösbort.

A kutatók azt tapasztalták, hogy 40 mikromolnyi resveratrol több mint a felével csökkenti az Alzheimer-kórban szerepet játszó amiloid-béta-peptidek koncentrációját. A jótékony hatást kioltja a proteaszómagátlókat alkalmazó kezelés. Ezért a tudósok arra következtetnek, hogy a resveratrol a proteaszóma hatékonyságának növelésével fejti ki hatását. A proteaszóma olyan, több fehérjéből álló rendszer, amely más, sejtbeli fehérjéket bont le.

A növények közül talán a pinot noir szőlőfajta tartalmazza a legtöbb resveratrolt, de a szőlő vagy a bor fogyasztása valószínűleg nem gátolja meg az Alzheimer-kór kialakulását, hiszen a szőlő hatóanyagának szintje nem éri el a vizsgálatokban alkalmazott mennyiséget. A kutatók azt remélik, hogy hasonló, de hatásosabb vegyületeket is találnak, amelyeket először egereken kísérleteznek ki. (www.sciam.com)

ELVESZETT A NAPVITORLÁS

A Planetary Society által készített Cosmos-1 napvitorlást június 21-én kellett volna Föld körüli pályára állítania a Barents-tengerről a Boriszoglebszk orosz tengeralattjáróról indított Volna típusú hordozórakétának. A rakéta azonban a szükséges 100 helyett csak 83 másodpercig működött, ezért 200 km magasból visszaesett a Földre. Sikeres start esetén a Cosmos-1 lett volna az űrkutatás történetének első napvitorlása. A tervezett 850 km magas Föld körüli pályán kinyíltak volna az 5 mikrométer vastag Mylar vitorlák. A 8 darab, egyenként mozgatható vitorla 30 méter átmérőjű felü-

letére a napsugárzás 5 mikropascal nyomást fejtett volna ki, ami 0,03 newton tolóerőt hozott volna létre. A kísérlet célja pusztán a napvitorlás technológia működőképességének demonstrálása lett volna, a Planetary Society tervei szerint a műholdal néhány héten keresztül tudtak volna a Föld körüli pályán manőverezni. (*Sky and Telescope*, 2005. október)

PREKAMBRIUMI 3D ŐSMARADVÁNYOK

Amerikai és kínai paleontológusok kivételesen jó megtartású, mintegy 550 millió éves ősmaradványokat találtak Dél-Kínában. A lombszerűen elágazó vendobionták az eddig ismert legkorábbi komplex életformákat képviselik. Ezek az élőlények már az 540 millió éve bekövetkezett „kambriumi robbanás” előtt kihaltak, amikor a szilárd vázas különböző állatcsoportok szinte egyidejűleg jelentek meg a tengerekben. A vendobionták nem állnak rokonságban egyetlen mai csoporttal sem, de némi hasonlóság felfedezhető a gombákkal, a zuzmókkal és az algákkal. Az ediacarai időszakból (600-542 millió évvel ezelőtt) ismert élőlények többsége lágytestű volt, amelyek általában nyom nélkül eltűntek az üledékes kőzetekben. A régebben talált ediacarai maradványok homokkőben fordultak elő, aminek a durva szemcsemérete eleve megakadályozta a finom, apró részletek megőrződését. A most felfedezett kínai ősmaradványok viszont mészkőben fosszilizálódtak. Szállításnak vagy áthalmozásnak a nyomát nem észlelték a kutatók, vagyis ezek az egykori élőhelyükön ágazódtak be a lágy mészszipába. A maradványok csőszzerű szerkezetekből épülnek fel, amelyek egy központi tengelyből ágaznak szét. Elhelyezkedésük arra utal, hogy laposan szétterülve éltek az egykori tengeralfjaton. A kivételes maradványok fontos adatokat nyújtanak az első soksejtű szervezetekről és a kambriumi robbanás közvetlen előzményeiről. (*Virginia Tech News*, 2005. július)

A GIGANTOPITHECUS KORA

A legújabb kormeghatározási vizsgálatok szerint a Gigantopithecus az emberek kortársaként, a korai emberekkel élt együtt Kína déli részén. A McMaster Egyetem kutatója nagy pontosságú abszolút kormeghatározási módszereket alkalmazott munkája során (uránizotópok, elektronforgási rezonancia). Mérési adatai szerint a Gigantopithecus blackii mintegy 1,1 millió évvel ezelőtt élt Délkelet-Ázsiában. A valaha élt legnagyobb főemlős a becslések szerint 3 méter magas és 500 kilogramm súlyú lehetett. A kutatástörténet nagyon furcsán indult 1935-ben, amikor a holland Koenigswald egy furcsa zápfogat fedezett fel egy

hongkongi patikában, a sárkánycsontok között. A hagyományos kínai gyógyászat szerint a különböző fosszilis csontokból és fogakból álló „sárkánycsontok” gyógyító energiával rendelkeznek, és finom porrá őrölve alkalmazzák őket. A néhány előke-
rült fog és állkapocsmaradvány alapján rekonstruálták az állatot. A kevés töredékes lelet mérete is egyértelműen mutatja, hogy egy hatalmas teremtményről volt szó. A fővizsgálatokkal azt is kimutatták, hogy a Gigantopithecus növényevő volt, és főleg bambuszt fogyasztott. Egyes kutatók szerint a falánksága és a táplálkozási kötöttségei miatt maradt alul a fűgőbb és mozgékonyabb emberekkel szemben. (*Nature News*, 2005. november)

XENA ÉS GABRIELLE

A Kaliforniai Műszaki Egyetem egy kutatócsoportja csak néhány hónapja adta hírül, hogy a külső Naprendszerben felfedeztek egy tizedik bolygót, amely 2700 km-es átmérőjével nagyobb a 2274 km-es Plútónál. Most azt is megfigyelték, hogy az átmenetileg Xena névre keresztelt 2003U313-nak egy holdja is van. Ezt Gabrielle-nek nevezték el az egyik amerikai tévésorozat Xena nevű szereplőjének kísérőjéről. Ez a név csak addig marad érvényben, amíg a Nemzetközi Csillagászati Unió hivatalos, mitológiai nevet nem ad neki. A hold mintegy 250 kilométeres átmérőjű és két hét alatt kerül meg a Xenát. Pontosabb megfigyelését a Hubble-űrteljeszkóppal fogják végezni.

Gabrielle-t a Mauna Kea 10 méteres Keck-teleszkópjával figyelték meg először. Ugyanezzel a teleszkóppal fedeztek fel a kaliforniai csillagászok egy apró holdat a Santa (2003EL61) mellett. Ezek a holdak, ahogy a Plútó Charon nevű kísérője is, bizonyára bolygójuknak más égitestekkel való ütközése útján keletkeztek. (*Bild der Wissenschaft*, 2005. 12. szám)

IG NOBEL-DÍJ 2005

Szokásunkhoz híven ezúttal is hírt adunk az elmúlt év Ig Nobel-díjasairól. E díjat a hagyományoknak megfelelően az Egyesült Államokban, a Harvard Sanders Theatre-ben adják át az elmúlt év azon kutatóinak, akiknek munkássága, ha nem is feltétlenül korszakalkotó felfedezésekkel, de előbbre vitte a tudományt. Íme néhány téma a 2005-ös termésből. Agrártörténeti díjat kapott egy új-zélandi kutató, aki fényt derített a „robbanó nadrágok” titkára, mellyel hozzájárult a két világháború közötti új-zélandi tejgazdálkodás fejlődésében bekövetkezett változások kiderítéséhez. A fizikai díjat két ausztrál érdemelte ki egy még 1927-ben megkezdett kísérlettel, melyről itt most nem számolunk be részleteiben. Egyikük sajnos már meg sem érte a kísérlet befejeztét. A békédíjat két brit érdemelte ki,

akik egy sáska agysejtjének aktivitását figyelték, miközben az (igen, a sáska) a Csillagok háborújának kiválasztott jeleneit nézte. A közgazdasági díj győztese az MIT egyik kutatója, aki olyan ébresztőórát fejlesztett ki, mely ismételt elszalad és elbújik az ébresztés után, hogy tulajdonosa ezzel biztosan felkeljen az ágyból, ezzel is biztosítva, hogy munkanapján több produktív órája legyen. Kémiai díjat két amerikai kapott, ama kísérleteiért, melyek azt hivatottak megállapítani, hogy az ember szirupban vagy vízben úszik-e gyorsabban. A biológiai díjat egy nagy létszámú, soknemzetiségű kutatócsoport érdemelte ki annak vizsgálatával, milyen szagokat ereszt ki 131 különböző békafaj stresszes állapotban. Táplálkozástudomány terén egy japán kutató vitte el a pálmát, miután 34 éven át megszámlalta, lefényképezte és analizálta mindazon táplálékokat, melyeket elfogyasztott.

És végül egy hazai siker! A fluid dinamika témakörében Ig Nobel-díjas lett (egy német kutatóval megosztva) Gál József, az ELTE munkatársa, aki a fizika alapelveinek felhasználásával számolta ki azt a nyomást, mely a pingvinek szervezetében felhalmozódik szellentés közben. Hazánkfia a hírek szerint nem tudott részt venni a ceremónián, mert nem kapott amerikai vízumot.

MAJOMGYILKOS EBOLA

Az elmúlt évtizedben nemcsak az emberek, hanem a majmok is alaposan megszenvedtek az Ebola-vírus terjedését. Elpusztult a világ gorillaállományának egyharmada, valamint több tízezer csimpánz. A kór napjainkban Afrika legnagyobb gorillapopulációját fenyegeti a Kongói Köztársaság területén, az Odzala Nemzeti Parkban. Az Ebola-vírust először még 1976-ban fedezték fel a zairei Yambuku városában. Azóta a vírus szörványosan tűnt fel Közép-Afrika különböző vidékein, s pont e szörványosság miatt a járványügyi szakemberek úgy vélték, akadátnak még ismeretlen „rezervoár fajok”, melyek nem halnak bele. Az emberek feltehetően e rezervoár fajoktól, vagy fertőzött majmoktól kaphatták el a vírust. Ez a modell azonban nem bizonyult helyesnek, német kutatók kiderítették, hogy ilyen rezervoár fajok nincsenek. Az Ebola hálamszerűen hatol be addig még fertőzetlen területekre. Mindegyik járványt ugyanaz a kezdeti vírustörzs indította el. Terjedése egy idő után irányt váltott és 1996-ban megjelent Gabonban is, évente mintegy 50 kilométert nyomulva előre. Kezdetben úgy vélték, a vírus mutációja lassú, de ezt ma már többen kétségbe vonják.

2005 májusában Kongóban emberben izolálták a vírust, augusztusban pedig már Ebolával fertőzött majomtetemetek találtak. Becslés szerint 3-4 éven belül a fertőzés eléri azt a vidéket, ahol a sík vidéki gorillák

legnagyobb populációi élnek. Most még lehetséges volna vakcinálással megvédeni a nagymajmokat, mialatt a járvány átvonul a területen. A baj csak az, hogy senki sem hajlandó pénzelní a programot, mely a vakcinálás dózisát megállapítaná és a területre eljuttatná. Három-négy év múlva pedig már késő lesz. (*New Scientist*, 2005. november 5.)

ÓVATOS GORILLÁK

Először figyelték meg és fényképezték le, ahogy egy vadon élő nőstény gorilla bottal óvatosan kitapogatja útját egy mocsaras ingoványon át. Előzőleg az állat tudatosan keresett erre a célra egy faágat és durván megmunkálta. Ez a Thomas Breuer biológus által a kongói Nouabaté-Ndoli Nemzeti Parkban most megfigyelt viselkedés jelentősen eltér az emberszabású majmok eddig megfigyelt szerszámhasználatától, ugyanis a szerszámot legtöbbször a táplálékhoz való hozzájutásra használják. A gorillák azonban - vélik a primatológusok - megértették, hogy testük fizikai meghosszabbításával többet tudhatnak meg környezetükről. A bottal való óvatos kotorászás arra utal, hogy az állatok megtervezik előrehaladásukat és megértették, hogy útjukat kitapogatva csökkenteni tudják a mocsárban való elmerülésük veszélyét. (*Bild der Wissenschaft*, 2005. 12. szám)

BARÁTSÁGOS ŐSFÖLD

Meglepő eredményre jutott egy nemzetközi kutatócsoport, mely bolygónk ősi múltját vizsgálja. Eszerint a Föld kontinensei (illetve a mai kontinensek ősmasszívumként emlegetett magvai) már a bolygó fejlődéstörténetének igen korai szakaszában megjelentek. A korábbi elméletek szerint Földünk felszíne a kialakulását követően a Holdhoz lehetett hasonló, esetleg óceánok borították. A munkacsoport azt követően jutott erre a következtetésre, hogy elemezték a nyugat-ausztráliai Jack Hills kőmékén talált ásványok hafniumtartalmát. A hafnium a ritka elemek közé tartozik, mely ez esetben cirkonkristályokkal együtt fordul elő a lelőhelyen, melyről úgy vélik, hogy kőzetei talán a legidősebbek a Földön, nagyjából 4,4 milliárd évesek. Az eredmények alátámasztják azt az elméletet, miszerint a kontinentális kéreg már 4,4-4,5 millió évvel ezelőtt kialakult és hamar visszaolvadt a földköpenybe. Ez a „hamar”, persze, földtörténeti mércével elég sokáig, talán 100 millió évig is eltartott. Feltételezik, hogy ezt követően hamarosan, 4,3 milliárd éve a folyékony víz is megjelenhetett, tehát volt szilárd kéreg, óceánok és légkör is, melyek együttevét már igen hamar „lakhatóvá” tették bolygónkat, legalábbis a legprimitívebb élőlények megjelenéséhez. (*University of Boulder, Colorado*, 2005. november)

INZELT GYÖRGY

Mesterséges vagy kémiai orrok

Az embernek mindmáig meghatározó érzéke maradt a szaglás, noha jelentősége kétségtelenül csökkent. Talán ez az oka, hogy az európai kultúrában az orr presztízse igen csekélyé vált. A nagyobb méretű orr gúny tárgya, az orr alakjának kiigazítása a plasztikai sebészet egyik jövedelmező üzletágává vált. Ma már Rostand hőséneke *Cyrano de Bergeracnak* a problémáján is tudnának segíteni. Szaglószerünk kiemelt szerephez igazából csak *Nyikolaj Vasziljevics Gogol* „Az orr” című „abszurd” novellájában jut, amelyben egy kis tisztviselő orra leválk fejéről, és önálló, sikeres életet kezd.

Vannak híres orrok. *Blaise Pascal* szerint, ha *Kleopátra* orra rövidebb lett volna, a világtörténelem másképp alakult volna. (Az ő korában a méretes sasorr volt az ideál, ami figyelmeztet arra, hogy a szépség szintén idő- és helyfüggő.)

A híres orrok hosszú sorából megemlékezünk egy műorról is, amit *Tycho Brahe*, a híres csillagász viselt. Ez az aranyból készült orrpótlás az igazít volt hivatva helyettesíteni, amit egy párban során Passberg városában levágtak.

Az orr sok mondásban szerepel és sok legenda fűződik hozzá. Az egyik ilyen, hogy hazug embereknek megnyúlik az orruk, mint *Pinocchio*nak *Collodi* kedves meséjében. A mesékben a gonosz boszorkány állandó jelzője az, hogy vasorrú (bába, banya).

A mesterséges orr - mint az emberi orr is - igazából kémiai érzékelő. A mesterséges orroktól nem várunk esztétikai élményt, persze, mint minden eszköznel, amit elhelyezünk lakásunkban vagy munkahelyünkön, elvárjuk a formatervezett kialakítást.

A mesterséges orrok feladat az, hogy - különösen mérgező - gázok jelenlétét jelezze, vagy azt, ha a levegőbeli töménységük meghalad egy határértéket. A figyelmeztetés módja sokféle lehet,



A „berlini Kleopátra”.
A királynő hiteles
ábrázolásának
tartják



Tycho Brahe.
A portrén jól
látszik
a pótlás

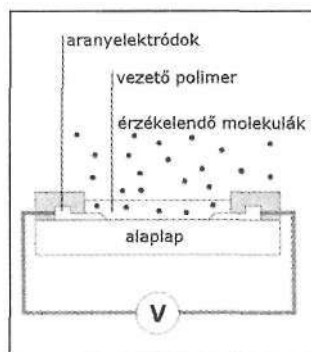
például hang- vagy fényjelzés, sőt a készülék automatikusan ki is kapcsolhatja azt a készüléket, amiből a gázszivárgás származik. Ez a része az ügynök másodlagos, mert könnyű olyan áramkört szerkeszteni, amely, ha a feszültség, az áram vagy az ellenállás bizonyos értéket elér, akkor ki- vagy bekapcsol. Az érdekes kérdés a kémiai jel átalakítása elektromos jellé.

Az érzékelők lelke valamilyen olyan anyagból készült réteg, aminek fizikai, illetve kémiai tulajdonságai megváltoznak a gáz hatására (1. ábra). Erre a célra kiválóan beváltak a vezető polimerek (polianilin, polipirrol stb.) [1], amelyek elektromos ellenállása sok nagyságrendet és gyorsan változik kü-

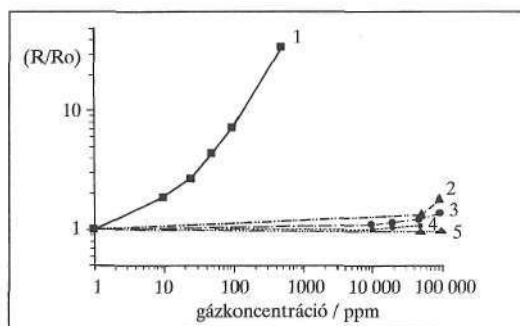
lönböző gázok és gőzök hatására. Például polianilinnel már igen nagy hígításban, ppb-koncentrációban (a ppb azt jelenti, hogy 1 milliárd más gázmolekula között 1 ammóniamolekula van jelen) detektálható az ammónia. A 2. ábrán látható, hogy a detektálást más gázok és gőzök nem zavarják.

Hasonlóan jól használhatók más szerves (ftalocianinok és porfirinek), illetve szervetlen (vegyes vegyértékű oxidok) félvezetők is. Az ellenállás azért változik, mert ezek a reaktív gázok elektronokat vonnak el, vagy adnak le, ezáltal megváltoztatják a töltéshordozók (elektronok, lyukak) mennyiségét a vezetési sávban. Az érzékelőrést már csak egy megfelelő áramkör részévé kell tenni, ami az ellenállás-változást jelzi. Esetenként egy alkalmas fedőréteg (membrán, film) választja el az érzékelőanyagot a légtértől, abból a célból, hogy más gázok, amelyekkel az érzékelő szintén reagálna, ne jussanak el az érzékelőréteghez. Gázkeverékek detektálására az a taktika, hogy több szenzort alkalmaznak, amelyek eltérő mértékben érzékenyek a különböző gázokra. A tényleges

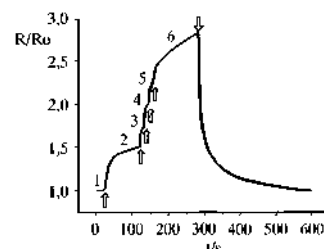
1. ábra. Vezető polimerérzékelővel működő érzékelő (orr) sematikus rajza



2. ábra. A polianilin alapú érzékelő ellenállásának (R) változása különböző gázok és gőzök hatására: (1) ammónia, (2) metanol, (3) etanol, (4) szén-dioxid és (5) nitrogén-monoxid. A ppm milliomodrészét jelent



3. ábra. A polianilin alapú érzékelő ellenállásának változása az időben az ammóniumkoncentráció növekedésével. A nyíllal jelzett időpontokban 10-10 ppm mennyiséggel növeltük a levegő ammóniatartalmát (1-6), majd levegőárammal eltávolítottuk az ammóniát (7)



gázkoncentrációk kombinatorikus módszerekkel számíthatók ki. Az említett érzékelők fontos tulajdonsága az, hogy reverzibilisen működnek, tehát kiszellőztetés után visszaáll a kiindulási állapot, például az ellenállás értéke (3. ábra).

A gázérzékelőket először veszélyes ipargázok (pl. NO_2 , Cl_2 , SO_2 , H_2S , HCl , HCN , NH_3) felismerésére fejlesztették ki. Ma már lehet venni olyat is, ami lakásunkban jelzi a színtelen és szagtalan, alattomosan gyilkoló gáz, a szén-monoxid koncentrációját. Kereskedelmi termék az oxigén- és a szén-dioxid-érzékelő is. Éghető gázok (H_2 , CH_4) is detektálhatók igen nagy érzékenységgel.

Ezzel azonban nem elégedtek meg a kutatók, és a legkülönbözőbb illékony szerves anyagokra kifejlesztettek érzékelőket. A szerves illatanyagoknál a helyzet annyiban bonyolultabb, hogy ezek szobahőmérsékleten általában nem adnak le, illetve vesznek fel elektront. Az egyik megoldás a katalitikus oxidáció nagyobb hőmérsékleteken. Hevített kerámia-oxidok felületén például az alábbi bomlási reakciók (aromatizáció, dehidratáció, decarboxileződés) mennek végbe:

Limonén ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}$) 4-metil-sztirol ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}$) + 2 H_2

Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) etén (C_2H_4) + H_2O

Ecetsav (CH_3COOH) CH_4 + CO_2

A termékek (H_2 , C_2H_4 és CH_4) ezután reagálnak a szervetlen oxiddal vagyis, oxidálódnak a megfelelő alkohollá vagy karbonsavvá. Ily módon elektront adnak le, megváltoztatva a félvezető oxid elektronsűrűségét, és ezáltal az ellenállását. Ezekkel az érzékelőkkel meg lehet mondani azt is, hogy mennyire friss a hús vagy a gyümölcs. Például a biacetyl megjelenése a hús kezdeti romlását jelzi. Ugyancsak lehet mérni a drogot vagy robbanásért tartalmazó csomagból a légtérbe kijutó csekély mennyiségű szaganyagokat is. Ezeknek a kémiai orroknak az érzékenysége meghaladja a kutyák jól ismert szaglási képességét is. Az elektromos vezetőképesség változásán alapuló szenzorok a gyors és egyszerű analízist teszik lehetővé. Vannak más elven működő, de szintén kis méretben elkészíthető mesterséges orrok is. Lehet mérni az elektromos kapacitás változását, vagy az érzékelőanyag és a mérendő molekulák reakciójában felszabaduló hőmennyiséget is. Ha az illatanyag jól abszorbeálódik egy rétegben, a tömegváltozás is nagy pontossággal követhető. Az érzékelő réteget egy kvarclapka elektródjára viszik fel, és ekkor a tömegnövekedés hatására a rezgőkört vezérlő kvarcrisztály frekvenciája változik. 1 Hz frekvenciacsökkenés - ami már mérhető - 2-5 ng tömegnövekedést jelent [2]. Az illóanyagok nagyobb pontosságú meghatározására gáz-kromatográfiás, tömegspektrometriás és spektrometriai módszerek állnak rendelkezésre, de ezeket a bonyolult műszereket már nem soroljuk az orrok közé. Azok a jelzőrendszerek, amelyekről beszélünk, kisméretűek, és a legtöbb esetben hordozhatók (4. ábra). A kémiai orrok annyival többet tudnak, mint az emberi orr, hogy az emberi orr által nem érzékelhető anyagokat is felismernek. Előnyük még, hogy kellemetlen szagoknál sem firtorognak. Igaz, hogy nem is olyan hódítóak, mint a szépséges Szulamit orcájának (orca = arc + orr) ékesége, amit Salamon király imígyen méltatott:

„a te orrod hasonló a Libánus tornyához,
mely néz Damaskus felé”

(Szent Biblia, Károli Gáspár fordítása)

Hogy milyen is volt Szulamit orra, azt már rábírom tisztelt olvasóim képzeletére.



4. ábra. Egy kisméretű kémiai orr, amit alkotói Cyránóról neveztek el

A megfejtés útján

A csillagászok régebben teljesen biztosak voltak abban, hogyan válik egyre hidegebbé és homályosabbá a világ, s a szikrázóan fényes csillagok helyét hamu és salak váltja fel.

A legutóbbi kutatások azonban sokféle jövőképet vázolnak fel. Előfordulhat, hogy a halál és az újjászületés kozmikus ciklusai váltakoznak majd, vagy az űr vákuuma hirtelen átalakul valamivé, esetleg egy „nagy roppanásban” végezzük, de lassú elsötétedésre is számíthatunk.

Vajon miért állt elő hirtelen ennyi lehetőség? Nos, a legutóbbi időkig a világegyetem uralkodó ereje - úgy tűnt - a csillagok és más testek gravitációja, ami csak két lehetőségre ad esélyt. Vagy az univerzum sűrűsége eléggé nagy ahhoz, hogy gravitációs vonzásával megállítsa (az ősrobbanással indult) tágulást, s így visszazsugorítsa a világot egy „nagy recs”-be, vagy nem elég nagy a sűrűség, tehát a tágulás örökké folytatódik.

A kutatók zöme kezdetben úgy gondolta, hogy az utóbbi a valószínűbb. 1998-ban azonban kiderült, hogy a tágulás nem lassul, hanem gyorsul! A távoli szupernóvák fényének tanulmányozása azt mutatta, hogy a környezetünkben lévő gázzal történhetett valami - úgy hatmilliárd évvel ezelőtt. A felgyorsult tágulás azt jelenti: a világegyetem sokkal gyorsabban válik hidegké, mintsem gondoltuk volna.

Vajon mi okozza ezt a gyorsulást? A csillagászok „sötét energiá”-nak nevezik a jelenség okát, melynek eredete mindmáig rejtély. Noha a hosszú távú előrejelzés vitatott, a csillagászok már sejtik, mi történhet környezetünkben a közeli jövőben. Mintegy hatmilliárd év múlva Napunk vörös óriássá lesz - esetleg még Földünket is elnyeli -, de az biztos, hogy az óceánok elpárolognak. Később Napunk vörös óriásból fehér törpévé válik, amely (változatlan tömeg mellett) csaknem olyan kicsi lesz, mint a Föld; bolygónkat pedig (ha megmarad), fagyott nitrogén takarja be majd.

Galaxisunk közben egy másik nagy spirális galaxis - az Androméda - irányába tart, vele (kb. hárommilliárd éven belül) ütközhet is, és ekkor hibrid galaxis keletkezik. A két galaxis gázai újabb csillagokká tömörülnek a nagy nyomás következtében. Néhány milliárd év múlva pedig a két spirális galaxis egyetlen nagy, elliptikus galaxissá olvad össze.

Az Andromédával való ütközésünknek látványos csúcspontja lesz. A Tejút középpontjában ugyanis egy fekete lyuk foglal helyet, amelynek tömege Napunk tömegének hárommilliószorosa. A másik fekete lyuk az Andromédában az előbbinek kb. a tízszerese. E kettő egyesülése adja majd az új galaxis magját. Eközben az energiaszabadulás hatalmas méretű lesz, fény- és röntgensugárzás távozik robbanásszerűen, a keletkező gravitációs hullámok pedig megrengetik az összes környező csillagot és bolygót.

A többi galaxis távolodik a mi elliptikus otthonunktól - mégpedig a sötét energiától hajtva egyre gyorsabban. Hogy meddig? Az a sötét energia természetétől függ. Egyes kutatók olyan világegyetem-moddellel álltak elő, amelyeknél a sötét energia negatív is lehet. Mivel a pozitív sötét energia taszító gravitációs hatású, a negatív sötét energia gravitációs vonzást mutathat - akár a közönséges anyag.

Ha mindez megtörténhet világegyetemünkben, különleges következményei lesznek. Először is a gyorsulás csökken, illetve a sötét energia „rálép a fékre”. A tágulás így végül leáll, sőt megfordul. A galaxisok nagy sebességgel rohannak egymás felé és vadul ütköznek. Végül egy hatalmas roppanásban - hihetetlenül sűrű és forró „fordított ősrobbanásban” - zúzódnak össze. Legalább 25 milliárd évig azonban még biztonságban vagyunk.

IRODALOM

[1] Inzelt Gy.: Elektromos áramot vezető polimerek, *Természet Világa* 2000. december, 545-550. o.

[2] Inzelt Gy.: A mérőkötől a nanomérlegig II., *Természet Világa*, 2003. szeptember, 404-408. o.

Fantomfenyegetések

Az összeomlásokon kívül sokkalta hátborzongatóbb vég is várhat ránk: előfordulhat, hogy a sötét energia erősebbé válik. Ezt a fajta sötét energiát fantomenergiának nevezik. A tágulás növeli a fantomenergiát, és ez az űrt mind gyorsabb tágulásra kényszeríti. Pozitív visszacsatolás jön létre, amely a „nagy hasadás”-ban végződik.

Ha az elgondolás helyes, a krízis már 40 milliárd év múlva bekövetkezhet. Talán ez a legszörnyűbb végítélet azok közül, amelyeket a kozmológusok eddig elképzeltek.

Nagyjából 60 millió évvel a vég előtt a fantomtaszítás már elég erőssé válik ahhoz, hogy galaxisunkat szétszakítsa. Végül pedig - néhány hónappal a vég előtt - kezdetét veszi a show. Tegyük fel, hogy ekkorra új otthont találtunk egy - a jelenlegitől nem nagyon különböző - naprendszerben. Először is a külső bolygókat látjuk majd egyenként elrepülni. Később pedig új Földünk szakad el a Napjától. Alig egy órával a vég előtt a Nap felrobban, majd percek múlva Földünk is darabokra hull. Legvégül pedig már csak a másodperc törtörészei maradnak a nézelődésre - ám azok sem teszik lehetővé, hogy a molekulák és az atomok (10⁻¹⁹ másodpercen belül bekövetkező) széttörődését megfigyelhessük, amikor a fantom minden elektromágneses erőt legyőz. A protonok és a neutronok ezt követő szétfoszlásának sem lehetünk tanúi. Sajna.

Nem kell azonban rejtélyeket keresni a sötét energia körül. A legkonzervatívabb elmélet - amely a sötét energia „vaníliaüzit” változatára vonatkozik - azt állítja, hogy a vákuum adott térfogatának adott belső energiája van (ezt gyakran kozmológiai állandónak hívják). Számos kutató fogadna rá, hogy ez a fajta sötét energia gyorsítja a világegyetem tágulását. A részecskefizikusok részben magyarázatot is tudnak erre adni. A kvantummechanika szerint számtalan efemer életű szubatomi részecske ugrál ki-be a létezésbe még vákuum esetén is, és együttes energiájuk nullától különbözhet. Csak az a baj, hogy a fizikusoknak a köbméterenként észlelt 1 nanojoule-nyi energiát kell értelmezniük. Azt meg tudják mutatni, hogyan nullázódhat le a részecskék energiája vagy növekedhet óriásivá, de azt nem, hogyan juthat a semmi közelébe.

Ha a sötét energia állandó marad, világegyetemünk óvatosan la- viroz majd az összeroppanás és a hasadás között. Ez a sors hosszú, magányos jövőt ígér.

A gyorsulás elviszi világegyetemünk zömét a látóhatárról: az egyre táguló űr eltávolítja a galaxisokat; fényük nem ér már el bennünket. Néhány száz milliárd éven belül pedig minden más galaxis eltűnik a szemünk elől.

A megmaradó kevés szabad gázból még keletkeznek csillagok, de a gáz is felhasználódhat kb. százbillió év alatt, s ekkor minden „atómfűtésű” csillag kialszik. Nemi infravörös sugárzás érkezik még a barna törpéknek nevezett csillagokból, amelyek túl kicsik ahhoz, hogy fúziós reakció induljon be a magjukban.

A többi csillagból fekete lyuk, neutroncsillag és haldokló fehér törpe lesz, amely lassan elfeketedik. Napunk is fekete törpévé sötétedik: szén egykristállyá válik, mint a rendkívül nagy sűrűségű gyémánt, felszínét pedig meg is érinthetnének. Billióévenként össze- ütközhet két fekete törpe, s ekkor szupernóvaként robbannak fel. Az ütközések egy-egy csillagot kilökelhetnek a galaxisból, mintegy 10²² év alatt mindegyik csillag távozhatsz.

Megfigyelhető univerzumunk ekkor már csak halott csillagokból áll, de a sötét energia még mindig működik: a csillagok horizontján egymás után tűnnek el társaik.

A részecskefizikusok feltételezése szerint a protonok és a neutronok 10³³-10⁴⁵ évig maradnak fenn. Ha a protonok kvarkokká bomlanak, minden fekete törpe, neutroncsillag és bolygó szétmorzsolódik, csak fotonok, neutrínók, elektronok és pozitronok maradnak utánuk. Még a fekete lyukak is elpárolognak a Hawking-sugárzásnak nevezett folyamat során - az univerzumunk közepén lévő fekete lyuk esetén ez a folyamat 10⁸⁶ évig tarthat.

És azután? A sötét energia még mindig működik. Egy nap minden egyes részecske egyedül találja magát horizontján belül.

Eltűnőben

Az összeroppanás, a széthasadás és a magányos halál mellett létezik egy további lehetőség is, amely a kozmológiai állandóból fakadóhoz hasonló, de annál kevésbé kietlen jövőt ígér. A kozmológusok modelljeiben vannak olyan sötétenergia-fajták is, amelyek

erőssége fokozatosan gyengül, ám negatívvá soha nem válik. Előfordulhatnak hibák a tér-időben, és feltételeznek egy energiatérrel is, amelyet kvintesszenciának neveznek. Ezek a sötétenergia-fajták is fagyos jövőt jósolnak, ahol kihunynak a csillagok, és a szilárd testek fundamentális részecskéik felhőivé válnak. A gyorsulás azonban egyszer megszűnik, s a részecskék nem záródnak be horizontjukba. Kölcsönhatásba kerülnek egymással - noha legtöbbször csak rendkívül mérsékelt módon.

A jövő megsejtése érdekében a csillagászok a sötét energiát tanulmányozzák. Ha megtalálnák, hogyan is tágult a tér a múltban, és megtudnák, miből van a sötét energia - előre látnának.

A kedvenc jöshelyek a távoli csillagrobbanások, az Ia típusú szupernóvák. A szupernóvák körülbelül azonos erejűek, ezért ha egyszerre mérik látszó fényességüket és távolságukat, az űr tágulására lehet következtetni. A csillagászok részben földi berendezésektől, részben pedig a tervezett SNAP-űrtávcsőből kaphatják majd a megfigyelési eredményeket.

A szupernóva-megfigyelések mellett a csillagászok a galaxisok vizsgálatával szeretnék a sötét energia múltjába bepillantani. Mivel a sötét energia az anyag tömörülése ellen hat, befolyásolhatja - a kozmikus történelem különböző korszakaiban keletkezett - galaxiscsoportok számát. A kutatást segítő űrtávcső üzembe helyezése 2011-re várható.

Az eredmények megmutatják majd, milyen is lesz a jövő. Ám a felvázolt forgatókönyvek egyike sem vezet mindenképpen a teljes elmúláshoz. A világegyetem - és talán az egész élet is - bármelyik csapást túlélheti.

A nagy összeroppanásban minden rendkívül forró és sűrű sugárzássá válik. Ez persze nem túl egészséges az ember számára. De senki sem tudja, mi történik az ilyen forró anyaggal, mi lesz a világegyetemből.

A feketelyuk-betegség

Az oszcilláló világegyetekemek igencsak sebezhetőek egy végzetes betegséggel: a feketelyuk-pestissel. A lyukak túlélnek az összeroppanást és ezután az egyes ciklusok alatt növekednek. Akár az egész univerzumot elnyelhetik - mondják.

Egy új elmélet szerint a feketelyuk-betegség ellen az oszcilláló világegyetem nagy hasadással védekezhet. A sötét energia egy adaga mindent „széttép”, még a fekete lyukakat is: egyszerűen elpárologtatja őket. A gyógyítás sokkal rosszabbnak tűnik, mint a betegség, de a hasadás orvosolható. A bolondosan hangzó ötlet a „membránvilág”-modellen alapul, ahol három térbeli és egyetlen időbeli dimenzióból álló világegyetemünk úszik - membránként - egy magasabb dimenziójú térben.

Ebben az új modellben, ahol a hasadást kiváltó fantomenergia a mi világunkon kívüli, magasabb dimenziókban is megzavarja az erőtereket. Ezek hatására a fantomenergia negatívba csap át, és a világegyetem elkezd összeesni. Bár a hasadás előtti összes csillag és bolygó eltűnt, az összeomlási folyamat újabb objektumokat hozhat létre.

A nagy recsenést elérve a közönséges anyag és a sugárzás energiasűrűsége rendkívül megnő. A magasabb dimenziójú erőterek új-fent kölcsönhatásba lépnek, s az összehúzódás után tágulásra kész- tetik a világot. Persze, mindez meglehetősen „kiesztelt világ”, de legalább megmutatja, hogy sem az összeroppanás, sem a szétrób- banás nem jelenti mindennek a végét.

Tudnunk kell, hogy a jöslatok mindig lokálisak - az univerzum- nak csak arra a darabjára vonatkoznak, amely kozmológiai hori- zontunkon belül van. De lehet, hogy a világegyetem végtelen. A horizonton messze túl a feltételek egészen mások lehetnek. Akár még a fizikai állandók is különbözhetnek. Egyes modellek- ben a végtelen kozmosz újabb és újabb őrrobbanásokat kelt. Ezek közül egy sem befolyásolhat bennünket, és jövőnkre sem le- het hatással - hacsak ki nem eszeljük, hogyan fűrünk gilisztajára- tokat a tér-időbe, s a kozmosz friss tartományába költözünk át, amikor a régi kifárad. De ha nem is tudunk kiszabadulni lokális univerzumunkból, erőt merithetünk abból a gondolatból, hogy a kozmosz halhatatlan.

(A New Scientist 2005. február 5-i cikke nyomán.)

BÓDY ZOLTÁN összeállítás

SZILI ISTVÁN

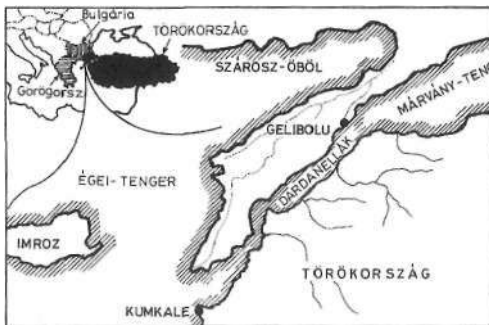
Törökország szellőrózsák virítása idején

Második rész

Sikeres partraszállások, hatalmas emberveszteségek - mégis a törökök a győzelem!

A ki a Gallipoli-félszigetre vetődik, még akarva sem kerülheti el a szembesülést a modern Törökország kialakulásához vezető első világháborús partraszállási kísérletek emlékeivel. Ezek egy része ugyanis éppen a kompjáratok közelében található. Az európai oldalon, Kilitbahir városkában látható az a II. Mohamed által 1470 körül építtetett vár is, ami az egykori terjeszkedés helyett a XX. század elején már a hon védelmét szolgálta. Ettől kezdve egészen a félsziget csúcsáig terjed az a történelmi emlékhelyként tisztelt, sokak által látogatott térség (1973 óta Történelmi Nemzeti Park), ahol minden (még a csörgőkút is) a háborús megpróbáltatásokra emlékeztet.

Elevenítsük csak fel megfakult ismereteinket a törökök által „gelibolu háború”-nak is nevezett 1915-1916-os eseményekről. A „casus belli” ezúttal sokkal körmönfontabb volt, mint az egykori, ugyanehez a térséghez tartozó Trója megtámadásáé. A törökök által a Kaukázusban szorongatott orosz haderő éppen akkor kért segítséget az angoloktól, amikor a támadók kifulladásá miatt a velük szembeni ellenségeskedés megszűnt. Ez felcsillantotta az angol reményeket Konstantinápoly elfoglalására, a németek kelet felőli megtámadására, Törökország kifosztására és? - ki tudja még milyen titokban dédelgetett orosz, angol vagy francia elképzelések megvalósítására. A legyengült török haderő ellenállását könnyűszerrel „átléphették” volna az angolok, de hadvezetésük, politikai irányításuk szinte minden elbizakodott, dölyfös és dilettáns kelléket elővett és szerepeltetett e véres színjátékban. Talán még ma sem ismerték fel, hogy ezek miatt veszítettek el 214 000 emberéletet és veszítették el a „gallipoli háborút”. (A török fél 190 000 katonát veszített.) És természetesen a törökök gyors helyzetfelismerése, növekvő háborús tapasztalata és mindenekelőtt emberfeletti hősiessége miatt. Ez utóbbiról *Germanus Gyula* a szemtanú hitelességével számolt be „*A félhold jakó fényében*”



c. művében „*A vörös félhold szolgálatában*” fejezetben.

Az események 1914. december 26-án kezdődtek, amikor egy brit tengeralattjáró behatolt a szorosba, és elsüllyesztette a Mesudiye (= szerencsés) nevű hadihajót. A felbátorodott britek francia szövetségükkel flottát szerveztek, és 1915. február 19-én csekély ellenállást tapasztalva löni kezdték a Dardanellák külső erődítményeit, majd könnyűszerrel partra szálltak. Flottájuk ezután egy hónapig várakozott az Égei-tengeren, hogy a katonák felszámolják az útjukat álló aknazárat. Március 18-án behatoltak a szorosba, és újra lötték az erődítményeket, amelyekben eközben elfogyott a lőszer. A visszaforduló hajók azonban belefutottak egy fel nem tárt, rejtőzködő aknasorba, aminek következtében két angol és egy francia (kiszuperálásra szánt) csatahajó elsüllyedt, három pedig súlyosan megsérült. (A flotta 28 hajóból állt. A legnagyobb csatahajó, a Majestic da-

rabokra törve 12 méter mélységben nyugszik a felszín alatt.) Tény, hogy emiatt az angolok Hamiltont nevezték ki parancsnoknak, aki Törökország partjai előtt rájött, hogy új flottáját rosszul rakták meg: az életfontosságú dolgok a hajók mélyére kerültek. Csak egy hónapnyi vesztelés után, április 25-én ért vissza a térségbe, ahol kisebb-nagyobb veszteségekkel, de újra végrehajtotta a partraszállást. Am az ivóvíz és minden más ellátmány nélkül maradt katonák szinte vágóhídon érezhették magukat a velük szemben mindenütt magaslatokról védekező török honvédek miatt. A kialakult, nagy veszteséget okozó állóháború sorsán augusztus 6-án próbálták fordítani az angolok. Ekkor 13 - főleg gyarmatokon verbuvált, ausztrálokból, új-zélandiakból, indiaiakból összetevődő - angol hadosztály állt szemben az időközben 16 hadosztállyra bővült török sereggel. Noha újabb 20 000 katonára ellenállást alig tapasztalva partra szállt, az angolok kényelemszeretete miatt (a partraszállás után, mintha csak szállodába érkeztek volna, parancsnokaikkal együtt azonnal fürödni és aludni tértek) két nap múlva számukra minden elveszett. Az újabb állóháború győzelemre vitele már csak gondolat kísérletekben szerepelt. Az angolok végül is kiűritették, vagy megsemmisítették „hidfőállásaikat”, és 1916. január 8-án végleg elhagyták a térséget. Ekkoriban, 1915 nyarán szerzett magának hírnevet egy energikus török katonatiszt, Mustafa Kemal

pasa, akit jó évtized múltán már csak Atatürknek, „törökök atyjá”-nak neveztek hívei.

Csataviselt ágyúcső - ma turistalátványosság



Az összeomlás okairól a következőket írta az angol fogságba esett, majd gyorsan kiszabadult *Germanus Gyula*:

„*Jan Hamilton tábornok csak katonának volt, aki a győzelmet (értsd: a partraszállást követő rövid ideig tartó frontátörést) ki akarta használni, de Londonból a politikusok távolabb néztek, és megállást parancsoltak. Az angolok belátták, hogy céltalanul áldoznak, miért erőltessék Konstantinápoly elfoglalását, amikor a szerződés*



Csatajelenet

szerint a cári Oroszországnak kellene átadniuk. Lehet, hogy siker esetén nem is teljesítették volna a szerződést; a sikertelenség ebben az esetben talán nagyobb sikert jelentett. "

Mi, utazók, nem kérdeztük meg, hogy kilencven év elteltével ugyan mi emlékeztethet még a véres eseményekre? Nem kérdeztük, mert láttuk. Láttuk a temetőket. Láttuk, hogy a törökök a megbékélés jegyében nemcsak saját halottaik hősiességére emlékeznek, de az egykori ellenségére is. Láttuk, hogy a török látogatók az angol sírokra, emlékkövekre is visznek virágot. Láttuk azt is, hogy hatalmas propagandagépezet szolgálja a hazaszeretet példáinak fennmaradását, de a háborúellenesség eszméinek meggyökereztetését is. Állami és magánmúzeumok tucatjai lelhetők fel a környéken. A hatalmas, német gyártmányú ágyúk egykori löállásaikban, máshol utcákon, tereken váltanak ki ámulatot az emberekből. Íme hát, a történelem mindenütt jelen van. Láttuk a jelenkori török katonákat is, akik harci bemutatójukat e véres föld porát felverve tartották. Nem láttuk viszont azt a filmet, amit 2005. március 18-án mutattak be, és ami az elmúlt nagy csatáknak szánt életszerű (tan)emléket.

Láttuk végezetül a gondozott emlékhelyek területén kívül eső régi bunkereket, cickakkos lövészárkokat. Mi több, át

A partraszállás egykori felvételen



is kutattuk őket. Persze, gyíkok, teknőcök, rovarok és bangófélék után kutatva. Estefelé, holdtölte előtt, viharos szélben végre kijutottunk a híres-hírhedt Helles-fokra. Hatalmasat dőndültek a homokos parton összeomló hullámok, vissza-visszavillantották a fok világítótornyának vakító és a felette elsétáló Hold sápadt fényét. A szél beüvöltött a mészköves partfalba vájt angol bunkerekbe, hogy kikergetse a régvoltak szellemeit onnan. Ám a kora hajnal Ravel napsugaras ébredészenéjének hangulatával (*Daphnis és Chloé*) bontakoztatta verőfénybe a reggelt, melynek felülmúlhatatlan adományát egy delfincsalád békés part közeli elvonulása tette még emlékezetesebbé. Az állatok ki-kiugorva sebesen haladtak a Dardanellák egyre szűkülő bejárata felé. Rejtőzködő aknáktól semennyire, szembejövő hajóktól annál inkább éberen. A víz még csípősen hideg volt. Én nem partraszálló voltam, le is mondtam hát a senki által rám nem kényszerített március végi fürdőről.

Kumkale homokpusztáján

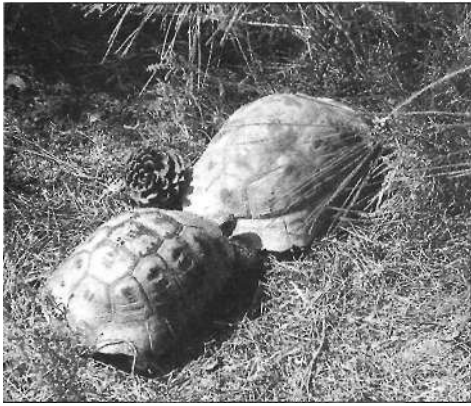
Aki még többet akar látni a félszigetről és bejáratáról, jól teszi, ha átkel a szoroson. Ha teheti, kapaszkodjon fel valamelyik dombméretű magaslatra, vagy közelítse meg a tengerpartot. Mi ezt Kumkale környékén tehattuk meg, és nem bántuk. A falun túl a tenger felé aféle senki földje terül el, ahol a víz és a homok az úr. Lehet, hogy a Tróját ostromló hajókból még ott korhadozik valamennyi, de ez jelenleg a homok titka. Mi a túlpartot bámulni jöttünk ide, nem is eredménytelenül. Egy kisebb magaslathoz érve meglepődünk, mert egy régi török temetőre bukkantunk. Olyanra, ahol a néhány száz emberméretű sírjel egytől egyig hófehér márványból volt kifaragva. A terebélyes zuzmótelepek, az arab írás, a turbános faragványdíszek mind-mind sok száz éves múltat sejtet-



Prémes bangó

tek. Sajnos, a temető nem állott nagy becsben: kerítése kiszakadva, növényzete gondozatlan. A már kidőlt sírkövek (fejtől és lábtól is egy-egy) összevisszasága és a környékbeli juhok, kecskék garázdálkodásai azt jelezték, hogy a temetőt elkerüli mindenféle kegyeleti érdeklődés. Csak a bimbózó aszfodéloszok és kéken virító íriszek jelezték, hogy mégis az élet az úr.

Jócskán előrehaladtunk a homokon, ameddig csak kerülni tudtuk a megfelleklést. A homokszegély mentén ásítózó újabb keletű betonbunkerek - okulás a történelemből! - a franciák itteni partraszállására emlékeztettek. Micsoda pazar strandot lehetne itt működtetni! Ám a nyomok alapján csak halászházak és olykor idetévedő piknikező kirándulók látogatják. Így a lehető legzavartalanabban tanulmányozhattuk a parti homok növényzetét és állatvilágát. A legszenzációsabbnak egy újabb szellőrózsa, az *Anemone pavonina* tengerparti homokon is megélő, cinóbervörös változatokban bővelkedő virágtengere bizonyult. A homokos partszegély déli-délkeleti irányban lépcsőzetesen emelkedni kezdett, helyet biztosítva a 2-3 méternyire megnövő *Ferula communis*nak (közönséges husáng). Kaporszerű, közel méteres magasságú zöld rengetegéből sűrűn meredeztek az égre a tavalyi elszáradt kórók. A part közelében, a szélfúttá homokbucák között furcsa, 2-4 m átmérőjű, zöldesszürke növényi párnák púposodtak. Néhány példányuk már a Helles-foknál is előfordult, de itt végeláthatatlan „dombvidéket” alkottak. A homoklakó növényhalmok a mediterráneum tipikus lakói közé tartoznak, s amint tudományos nevük is elárulja, rendkívül tüskések. A *Centaurea spinosáról* van szó, egy imolafélééről. Domb alakja hathatós védelemben részesíti az erős szelekkel szemben, tövisai a megrágástól óvják, molyhosan szürkészöld levélkéi a túlzottan erős napsütés átvészelésében segítik.



A szerző felvételei

Felhívás „táncra” (görög teknősök)

És a homok nem temeti be? De igen! Csakhogy növényünk egy kicsivel mindig túlnövi a halmot. Így hát egyedül az ember tud csak rajta kifogni, ha homokostól eldózerolja az útból. Talán e növénycsodák érdekében sem kell annyira siettetni a strandlétesítést... Akad itt még néhány pillangósvirágú is, ami közel hasonló életmóddal alkalmazkodott a part menti viszonyokhoz. Közülük egy fehér virágú, tövises csüdfű, az *Astragalus tragacantha* bír egyedül hazai rokonsággal. Ez a kész buckákat növi be, oly lapulón, mintha a tundra lenne és nem a melegebb éghajlaton. A tengerparti iringó (*Eryngium maritimum*) hamvaskék álcázással, egy kutyatej (*Euphorbia paralias*) nyílt kiállással tűri naphosszat a mindig kék ég forró napsugarait. Egy szélről megnyomorított fűgafa tövében termetes (ott 50 centiméteres, később és másutt méteres) kontyvirágfaj bontogatta rendkívüli módon összegöngyölt, gyorsan növe leveleit. Virágzata nélkül bizony nem nevezhetjük nevén e fajt. Számunkra még teljesen ismeretlennek bizonyult egy íriszhasonmás is, a *Gynandrisis sisyrinchium*. Halványkék szépsége felért a szellőrózsákéval. Nem csak a parti homokon, de ott mégis csak tömegesen terítgette dús hajtásait a kakukkfűvekre is emlékeztető *Teucrium capitatum* (fejecskés gamandor). Édes-fűszeres illatú virágait még nem élvezhetjük, mert csak májustól nyílik. A lövészárok-maradványok beomló partoldalain örömmel és ámulattal fedeztük fel az *Ophris* (bangó) nemzetség hazánkban nem élő tagjait. Tudományos nevük találón jellemezte őket: a *lutea* kénsárga mézajkú, közepén barna foltot viselő példányait könnyű volt észrevenni. A barna bundás *ciliata* azúrkék és igen apró mézajkai viszont sikeresen rejtőzködtek kereső szemünk elől. Dacára a korai évszaknak, lehetetlen mindent felsorolni, amit ezeken a partokon láttunk. Már csak a nyár legszebb homokparti növényére utalnék, melynek elszáradt



Sárga aszfodélosz

hajtásai, homokból kiásható „vöröshagymái” bizonyították, hogy itt is jelen van a csodás fehér, illatos virágú *Pancratium maritimum*, vagyis a nárciszliliom. Ami az állatokat illeti, jó néhány görög teknős kocogó aktivitása jelezte, hogy itt a párválasztás ideje. A hímek ugyanis hátulról úgy „ötven-hatvannal” nekikoccanták páncéljukat a nőstény hátulsó felének, miközben fejüket kattanásig behúzzák. A teknőcrengéseket kitűnően álló nőstények előbb-utóbb beadják a mlyüket is? az udvarlónak. Aligha van állat, amelyik testfelépítése miatt jobban megszerveződne a váltivarúságot, mint ezek! A hím elé magasodó félgömbön megkapaszkodni sehol sem lehet, mégis össze kéne illeszteni két, farok alá mélyen elrejtett kloákát, ami valahogyan sikerül is, bizonyíték rá, hogy összevissza mászkálnak itt is a felajzott teknősök. Már nem is csodálkoztunk, amint az innen-onnan hallható nyávogás-sikongatás okozóira ráleltünk: a hím teknősök adták ki a rejtélyes hangokat, nem tudni, a fájdalom vagy a mámor átélése jeleként.

Barátom a homokban fehérlő csontokra bukkant. Egy delfin maradványai voltak. Talán vihar sodorta partra, talán más. Megilletődve forgattuk a furcsa csigolyákat, mert a többi csontot már régen széthurcolták a kóbor kutyák. Mindketten a tengerre bámultunk, hátha újra szerencsénk lesz, és élő delfineket láttunk. Ám csak a hatalmas tankhajók szakadatlan sora jelezte, hogy errefelé egyre kevésbé a delfinek a tenger urai.

A partvonalat követő végeláthatatlan olajfa-telepítvények dűlőútjaira térve olyan célpont felé folytattuk utunkat, ahonnan aztán el sem igen akaródzott jönni. De erről majd egy későbbi beszámolóban.

1%



Kedves Olvasóink!

Az önök által felajánlott személyi jövedelemadók egy százalékából az elmúlt évben 706 323 Ft-ot kapott Természet-Tudomány Alapítványunk, melynek egyedüli célja, hogy a Természet Világa megjelenését segítse. Ezt az összeget Természet-Tudomány Diákpályázatunk éltetésére fordítottuk.

Személyi jövedelemadója 1%-ával idén is ki-kí maga rendelkezik. Bízunk abban, hogy önök a Természet Világa folyóiratot kívánják támogatni. Ebben az esetben mindössze annyit kell tenniük, hogy a lap mögött álló Természet-Tudomány Alapítványt tüntetik fel az 1% célállomásaként. Ennek az a módja, hogy önök nyilatkozatot tesznek a nevükkel, címükkel és az adóazonosító jelükkel ellátott és lezárt szabvány méretű borítékban, a borítékkal azonos méretű papíron, amelyet az adóbevallási csomagjukban helyeznek el, vagy - az adóbevallást helyettesítő munkáltatói elszámolás esetén - közvetlenül a munkáltatójuknak adnak át.

Elegendő, ha a borítékba helyezett nyilatkozat a Természet-Tudomány Alapítvány adószámát tartalmazza:

19663739-1-42

Kérjük, ha tehetik, az önökhöz közel állók körében is ejtsenek néhány jó szót a természettudományos kultúrát terjesztő folyóiratunk érdekében.

Megtisztelő támogatásukat előre is köszönjük, ígérjük, forintjaikat igyekszünk jól hasznosítani, és az utolsó fillérig lapunkra fordítjuk. A befolyt összegről s annak rendeltetéséről olvasóinknak folyóiratunkban beszámolunk, miként azt eddig is tettük.

DR. CSÁSZÁR ÁKOS
akadémikus
a Természet-Tudomány
Alapítvány elnöke

STAAR GYULA
az alapítvány titkára
a Természet Világa
főszerkesztője

LISZI JÁNOS

A fizikokémikus is ember

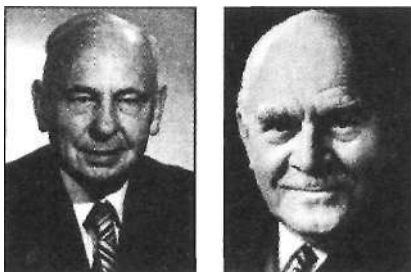
A fizikai kémia történetéből

Első rész

Mi a fizikai kémia?

1887-et tekinthetjük a fizikai kémia születési évének. Ekkor jelent meg először az Ostwald és van't Hoff által alapított *Zeitschrift für physikalische Chemie*, a máig is létező folyóirat. A „physica” a görög fűzisz szóból származik, jelentése: természet. Kezdetben magában foglalta többek között a kémiát is. A kémia valószínűleg az arab al-kimija szóból ered, ami viszont a görög khumeiából származhat. A khumeia jelentése magyarul: (fém, folyadékot) összeönteni, ötvözni.* Fizikai kémiának tekinthető a kémiának az a része, amely fizikai módszereket használ. A fizika és a kémia között nincs éles határvonal, amit az is jelez, hogy kémiai Nobel-díjat kapott például Rutherford és Herzberg, akik fizikusnak gondolták magukat. Az amerikai vegyész, G. N. Lewis szerint a fizikai kémia az, amit a fizikokémikusok csinálnak. Ugyancsak ő mondta, hogy „minden fizikai kémia, ami érdekes”. A fizikai kémia több nagy tudományterületet ölel fel, így a kémiai termodinamikát, a reakciókinetikát, az elektrokémiát és a felületi jelenségeket, de foglalkozik a fázisok tulajdonságaival, az anyag szerkezetével és a transzportfolyamatok sebességével is. Ha nem is definiálható jól a fizikai kémia, létezik. Ezt az is mutatja, hogy számos egyetemnek van fizikai kémia tanszéke.

Kik foglalkoznak fizikai kémiával? A legkülönbözőbb emberek. Ezt két kiváló reakciókinetikus, Henry Eyring és Ronald Norrish példájával mutatjuk be. K. J. Laidler mindkettőt ismerte személyesen is, az összehasonlítás töle származik. Eyring mélyen vallásos, aktív mormon volt, aki egy időben a Vasárnapi Iskola felügyelői tisztét is betöltötte. Norrish nem volt hívő, vagy legalábbis nem mutatta. Eyring „professzoros kinézésű”, barátságos, közvetlen ember volt. Kutatásai során tele volt ötletekkel, gondolatait szívesen megosztotta mindenki-



Henry Eyring és Ronald Norrish

vel, még hallgatóival is. Norrish robusztus testalkatú volt, rövidre nyírott bajszsal. Mindig fekete ruhában járt. Nem professzornak, inkább üzletembernek gondolhatták. Zárkózott volt, gondolataira féltékeny - attól tartott, hogy ellopják azokat. Eyring kiváló matematikus volt, elméletben jól felkészült kutató, akitől távol állt a kísérleti munka. Norrish nem volt jó matematikus, elméleti felkészültsége is gyengének mondható. A kísérleti munkában viszont remekelt.

Mindketten rossz előadók voltak. Eyring nem készítette elő előadásait, csapongott, hallgatói nem tudták követni. Norrish felkészült az előadásokra, bár hallgatói kételkedtek abban, hogy valóban érti a termodinamikát. Norrish Nobel-díjat kapott, Eyring - sokak meglepetésére - nem. Ez a rövid összehasonlítás és a későbbiekben előadandó történetek azt mutatják, hogy azok is emberek, akik fizikai kémiával foglalkoznak.

Termodinamikai tulajdonságok

A termodinamika kifejezést William Thomson, a későbbi lord Kelvin használta először egy 1849-ben megjelent közleményében. Magyarul hőtannak mondhatjuk. A klasszikus termodinamika az egyes energiafajták kölcsönös átalakulásaival, az anyag makroszkópos sajátságaival, a fizikai és kémiai egyensúlyok feltételeivel foglalkozik. Az idő nem szerepel a klasszikus termodinamika fogalmai között, ezért helyesebb lenne „termosztatikának” nevezni. A termodinamikában központi szerepet játszanak a következő fogalmak:

hőmérséklet, belső energia, munka, hő és entrópia. A termodinamikai összefüggések az ún. termodinamikai rendszerekre vonatkoznak. Rendszernek tekintjük a világnak azt a részét, amelynek tulajdonságait vizsgáljuk. A rendszert falak határolják. Ha a falak olyan tulajdonságúak, hogy nem engednek meg kapcsolatot a rendszer és környezete között, akkor izolált (=elszigetelt) rendszerről beszélünk. A rendszer állapotát (termodinamikai) tulajdonságokkal jellemezzük. A tulajdonságok változását egyértelműen meghatározza a rendszer kezdeti és végső állapota. A változás független tehát attól az úttól, amelyen történik. Tulajdonság például a térfogat. Képzeljünk el egy tangóharmonikát! Összenyomott állapotban V_1 térfogatú, teljesen kihúzott állapotban V_2 térfogatú. A térfogat változása: $\Delta V = V_2 - V_1$. Ez a változás ugyanakkora, ha az összenyomott állapotból közvetlenül juttatjuk a harmonikát a kihúzott állapotba, vagy ha az összenyomott állapotból kiindulva eljártsszuk a Rákóczi-indulót, és megállunk a kihúzott állapotnál. A felsorolt mennyiségek közül a térfogaton kívül tulajdonság még a hőmérséklet, a belső energia és az entrópia, de nem tulajdonság a munka és a hő. A tulajdonságok egy része függ a rendszer tömegétől olyan értelemben, hogy kétszer, háromszor nagyobb tömegű rendszerhez a tulajdonság-nak kétszer, háromszor nagyobb értéke tartozik. Az ilyen tulajdonságokat extenzív tulajdonságoknak nevezzük. Extenzív tulajdonság például a térfogat. Egy kilogramm víz térfogata egy liter, két kilogramm két liter. A tulajdonságok másik csoportja független a rendszer tömegétől. Ezek az intenzív tulajdonságok. Intenzív tulajdonság például a hőmérséklet. Egy pohár víznek és a Balatonnak is lehet 25 °C a hőmérséklete.

Nehézségek a hő természetének megértésében

A XIX. század első felében a technika megelőzte a tudományt. James Watt gőgépe már működött, Stephenson gőzmozdonya már robogott, és a tudósok még nem tudták, hogy mi a hő. Pedig

* Egy másik szófejtés szerint a kémia az „al-Kemi” szóra vezethető vissza és „egyiptomi művészet”-et jelent.

egyértelműen hőerőgépekről volt szó. A hő természetét csak a XIX. század végén értették meg (világosan). A tudomány története is azt mutatja, hogy volt valami nehézség a hővel kapcsolatban. Fajshírt elsőként Arkhimédész (Kr. e. 287-212) mért Siracusában, amikor megállapította, hogy Hierón király aranykoronájába ezüstöt is tett az ötvös. Fajshírt viszont csak 2000 évvel később mértek. Mi volt ennek a meglepő késedelemnek az oka? Szerintem három dolog:

1. Nem definiálták a termodinamikai rendszert, ezért nem tudtak fégyelméleten gondolkodni. Például a nagy magyar fizikus, Jedlik Ányos a XIX. század közepén keletkezett, hőről szóló kéziratában egyaránt ír a vulkánokról és a Papin-féle üstről (a kuktafazék öséről). A méretbeli különbségek szembetűnőek.

2. Nem tettek világos megkülönböztetést a hő és a hőmérséklet között.

3. Nem tudták, hogy a hő (akárcsak a munka) nem termodinamikai tulajdonság.

James Watt (1736-1819)



Greenockban született, Skóciában. 1757 és 1766 között a Glasgow-i Egyetem műszerésze volt. 1765-ben külön sűrítőt tervezett Newcomen gőzgépéhez. 1766-tól 1774-ig mér-

nökként dolgozott Glasgow-ban, majd Birminghamben. Matthew Boultonnal (1728-1809) új gőzgépet tervezett. Olyan mértékben járult hozzá a gőzgép tökéletesítéséhez, hogy a közvélemény ma őt tartja a gőzgép feltalálójának. Jelentős eredményei voltak a kémiában és a fizikában is. Ő állapította meg, hogy a víz vegyület.

George Stephenson (1781-1848)



Wilamban, New Castle mellett született. Már gépészinas korában kitűnt ügyességével. 1814-ben építette meg az első használható gőzmozdonyt. Humphry Davyval részt vett a biztonsági lámpa

feltalálásában. Vezetésével készült el 1825-ben az első általános forgalomra szánt vasút Stockton és Darlington között. A Tyne nagy vasúti hídján, New

Castle-ban szobrot állítottak neki, és róla nevezték el a hidat.

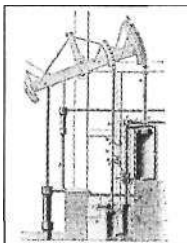
Hőmérséklet, belső energia, munka

A következőkben néhány termodinamikai tulajdonságot veszünk szemügyre. A hőmérséklettel kezdjük. A köznap hőmérséklet-fogalom hőérzetünkön alapul. Sorba tudunk rakni tárgyakat (jég, egy pohár víz, forró vasaló stb.) úgy, hogy - mondjuk - balról jobbra haladva egyre melegebbnek érezzük azokat. Ha az így sorba állított tárgyakhoz balról jobbra növekvő számokat rendelünk, akkor ezeket a számokat nevezhetjük a tárgyak hőmérsékletének. Jobb hőmérsékleti skálához juthatunk például, ha egy folyadék térfogatát mérjük állandó nyomáson. Reprodukálható állapotokkal (olvadáspont, forráspont) rögzíthetjük a hőmérsékletskálát, ahogyan például a Celsius-skála esetében tesszük.

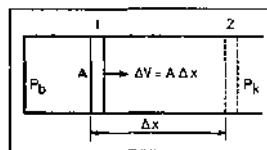
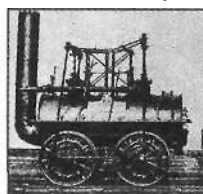
Egy rendszer energiája összetevődik a benne levő anyag zéruspont-energiáiból (magenergiák, elektron- és esetleg rezgési zéruspont-energiák), a részecskék termikus energiáiból [transzlációs (=haladó mozgási), forgási, rezgési és elektromágneses energiák] és a részecskék közötti kölcsönhatási energiákból. Ezeket a termodinamikai rendszerben levő energiatípusokat - a rendszer környezetének energiájától való megkülönböztetés végett - belső energiának nevezzük és U betűvel jelöljük. A belső energia additív (extenzív) tulajdonság. Egy összetett rendszer belső energiája az alrendszer belső energiáinak összege.

Emlékezzünk a munkáról tanultakra! A mechanikában az $F(x)$ erő által Δx úton végzett munka: $w = F(x)\Delta x$. A mechanikai munka két tényező szorzata: egy intenzív tényező (ez az erő) és egy extenzív tényező (ez az elmozdulás). Az egyéb munkaféleségek is hasonló formában adhatók meg. Például, ha az intenzív tényező a nyomás (p), az extenzív tényező a térfogat (V), akkor térfogati munkáról van szó és $w_t = p\Delta V$. Ha az intenzív tényező a kémiai potenciál (μ), az extenzív tényező az anyagmennyiség (n), akkor kémiai munkáról beszélünk: $w_k = \mu\Delta n$.

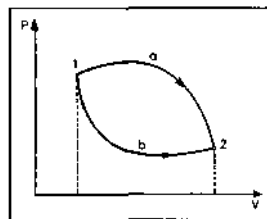
Watt gőzgépmoделljének metszete



Stephenson 1825-ben elkészült mozdonya



1. ábra.
A hengerbe zárt gáz munkát végez



2. ábra.
Nyomás-térfogat-diagram

A térfogati munkát kissé részletesebben is megvizsgáljuk. Képzeljünk el egy dugattyúval ellátott hengert (1. ábra). A dugattyú felületének nagysága A . A hengerbe p_b nyomású gázt zárunk be. A külső nyomás p_k . Ha $p_b > p_k$, akkor a dugattyú az 1 helyzetből a 2 helyzetbe jut, a bezárt gáz munkát végez környezetén. A dugattyú akkor áll meg, ha $p_b = p_k$, eközben Δx távolsággal mozdul el. A bezárt gáz térfogatnövekedése: $\Delta V = A\Delta x$. A nyomás és a felület szorzata erő: $F(x) = p_b A$, amivel a munka $w_t = p_b A\Delta x = p\Delta V$. A térfogatváltozás megjelenik a munka kifejezésében, innen származik a térfogati munka elnevezés. A negatív előjel azt jelzi, hogy a rendszer végzett munkát környezetén. Ha a nyomást ábrázoljuk a térfogat függvényében, akkor az ún. P - V -diagramban a görbe alatti terület mutatja a munkát (2. ábra).

Az 1 kiindulási állapotból számos úton eljuthatunk a 2 végső állapotba, mindegyik úthoz más és más munka tartozik. A lehetséges utak közül kettőt be is jelöltünk. Az a úthoz nyilvánvalóan nagyobb munka tartozik, mint a b úthoz. A munka nagyságát nem határozza meg a kezdeti és a végső állapot, a munka nagysága függ attól az úttól, amelyen véghezvük. A munka nem (termodinamikai) tulajdonság, a munka útfüggvény. Mondok egy triviálisabb példát is. Van egy tízemeletes ház. A földszintről föl akarunk vinni az első emeletre egy kosár gyümölcsöt. Ezt megtehetjük úgy, hogy közvetlenül fölmelegyünk az első emeletre, de úgy is, hogy először fölmelegyünk a tizedikre, majd onnét lemelegyünk az elsőre. A második esetben nyilvánvalóan nagyobb munkát végzünk, mint az elsőben.

A térfogati munkára vonatkozó összefüggésből kifejezzük a térfogatváltozást: $\Delta V = -w_t/p$. A térfogat tulajdonság, tehát $-w_t/p$ is tulajdonság. A nyomással való osztás egy „nem tulajdonságból” (a munka) tulajdonságot (a térfogat) csinál. Matematikai nyelven ezt úgy mondjuk, hogy $1/p$ a munka integráló tényezője.

(A következő részben a hőről, a termikus entrópiáról és a termodinamikai hatásokokról lesz szó.)

** Definíciójára később kerül sor.

Verne és a holdutazás

GESZTESI ALBERT

2005-ben volt Verne Gyula halálának századik évfordulója. Számos helyen megemlékeztek a nagy francia író, Jules Verne életéről és munkásságáról. A Francia Intézet előadás-sorozatát rendezett, ahol az előadók Verne egy-egy művét, annak tudományos-technikai hátterét, irodalmi értékeit elemezték és méltatták. Ebből az alkalomból kértek fel engem is, hogy Verne *Utazás a Holdba* és *Utazás a Hold körül* című munkáiról beszéljek.

Fiatalkoromban sok Verne-könyvet olvastam, hiszen érdekesek, lebilincselőek voltak a történetek. Olvastam, olvastuk a műveket, és észre sem vettük, hogy tanulunk. Igen, Verne művei - mai szemmel nézve - fantasztikus regények, amelyekben a jövő világát álmolta meg, megannyi technikai újítással, megoldással - olyanokkal, amelyek közül számos meg is valósult. Könyveiben annyi tudást, tudományos és technikai ismeretet próbál átadni olvasójának, amennyit csak lehet. Sokszor megáll a cselekménnyel, és oldalakon keresztül csak korának legfrissebb ismereteit, legújabb találmányait magyarázza, népszerűsíti. Akarva-akaratlanul is elsodtunk a műveiből.

A múltkor ismét kezembe vettem az előbb említett két regényt, és újra meg újra elolvastam őket. Bevallom, meglepődtem. Egyrészt azért, mert már nem emlékeztem igazából a tartalmukra, másrészt pedig idősező fejjel, nagyobb tudás, több ismeret birtokában más élményt adtak, mint évtizedekkel ezelőtt. Talán akkoriban indították az első mesterséges holdat, amikor először olvastam ezeket a könyveket. Az űrkutatás szinte el sem kezdődött, most pedig már 36 év múlt el azóta, hogy megvalósult Verne álma: emberek jártak a Holdon.

Írásomban bemutatnám a vernei fantázia és a megvalósult holdutazás párhuzamát, valamint azt, hogy az író milyen csillogászati és fizikai ismeretek birtokában volt és olykor mik voltak a tévedései. Nem akartam igazságtalan lenni Vernével szemben: figyelembe kellett vennem, hogy az *Utazás a Holdba* 1865-ben, az *Utazás a Hold körül* pedig 1870-ben jelent meg; lexikonokban kellett utánanézni, mi az, amit tudhatott, és miről nem lehetett tudomása az alkotónak.

Hadd álljon itt egy rövid - kivonatos - idézet a könyv elejéről, amely ízelítőt ad egyben a mű jótékosságáról, hangvételéről, az író humorérékéről:

Baltimore városában, Maryland kellős közepén az Egyesült Államok szecessziós háborúja alatt egy igen befolyásos új klub alakult.

Ha egy amerikainak valami ötlete támad, keres egy másik amerikait, aki magáévá teszi az elképzeléseit. Ha hárman vannak egy elnököt és két titkárt választanak maguk közül. Négyes létszám mellett egy irattárost is kineveznek, és az iroda már működik. Ha számuk ötre emelkedik, közgyűlést hívnak össze, és megalakul a klub. Baltimore-ban is így történt. Egy baltimore-i lakos, aki egy új ágyút talált fel, társult egy másik baltimore-ival, aki egy izben már öntött ágyút, s egy harmadikkal, aki - ugyancsak egyetlenegy-szer életében - kifűrt egy ágyúcsövet. Ez volt a Gun Club magva. Megalakulása után egy hónappal 1833 rendes tagot és 3575 levelező tagot számlált.

Számos klubtag esett el a harctéren - neveiket a Gun Club aranykönyvében örökítették meg. A harctérről visszajöttek szinte kivétel nélkül magukon viselték a rettenthetetlen bátorságú harcos ismertetőjeleit. Mankó, faláb, mülkar, a kezét helyettesítő vaskampó, kaucsuk állkapocs, ezüstkoponya, platina-orr - teljes volt a gyűjtemény. Pitcairn, az említett statisztikus azt is kiszámította, hogy

a Gun Clubban nem egészen egy kar jut négy személyre, és hat embernek csupán két lába van.

Egy napon azután - ó, mily gyászos, szomorú nap volt ez! -, egy napon azok, akik túlélték a háborút, megkötötték a békét.

A Gun Club tagjai tehát unatkoztak. Egyszerre ragyogó ötlete támadt az elnöknek, Barbicannek, akinek - milyen furcsa! - valamennyi végtagja megvolt: lőjenek ágyugolyót a Holdba. A tagok nagy lelkesedéssel elfogadták a tervet, nagy feladatot, kihívást látván benne. Fogadásokat kötöttek, vitatkoztak, végül is nekiláttak a megvalósításhoz. Hát lássuk! Közben vegyük sora, mi az, ami az amerikai holdprogramban egyezik Verne elképzelésével.

1. A helyszín. A Gun Club tagjai ágyúval lőnek a Holdra, mégpedig olyan ágyúval, amely pontosan függőleges helyzetben van leásva a földbe. Ez eleve behatárolja azt a sávot a Föld felszínén, ahol a kilövést el lehet végezni. Kérnek is a tagok javaslatot a Cambridge-i Observatórium csillagászaitól erre vonatkozólag. Verne ismét ismeretet terjeszt: elmagyarázza, hogy a Föld egyenlítői síkjá 23,5 fokos szöget zár be a keringési síkjával, az ekliptikával. A Hold pályája pedig további 5 fokos szöggel hajlik az ekliptikához. Tehát az Egyenlítőtől északra és délre 28,5-28,5 fokos zónában vannak azok a helyek, amelyekről esetenként a Holdat zenitben lehet látni. Mivel a déli félteke szóba sem jöhet, Amerika területén kell e zónán belül alkalmas helyet találni. A texasiakkal folytatott némi vita után a választás a floridai Tampa Town városra esik. Itt építik meg az óriás ágyút, a Columbiadot.

Tampa Town-tól mintegy 150 km-re keletre fekszik Cape Canaveral, a legnagyobb amerikai űrbázis. A valóságban innen indították az összes Hold-űrhajót, az Apollókat. Az űrhajók tehát közel azonos helyről startoltak.

2. Az űrhajósok. Verne regényében hárman foglalnak helyet a „lővedékben”, egy francia és két amerikai állampolgár. Az Apollo-repülések alkalmával szintén három, de mind amerikai űrhajós kap helyet az űrhajóban. És itt is, ott is, valamennyi férfi.

3. Az űrhajó. Verne roppant egyszerűnek képzelte el az a kapszulát, amelynek bel-

Tampa Town és Cape Canaveral távolsága 150 km



sejében az űrhajósi napokat töltenek el a Hold felé vezető útjuk során.

Az eléggé tágasnak mutató kabint teljes egészében ki volt párnázva, körben süppedős kanapé szolgált az utasok kényelmét. A faliszekrényekben a felszerelési tárgyak, élelmiszer, ivóvíz, gyógyszerek és puskák (!) kaptak helyet. Látható, hogy kerti szerszámok és néhány fécemete is a rakomány részét képezte azon naiv elképzelés miatt, hogy ezekkel majd valamilyen holdbéli növénytermesztés alapjait vetik meg.

Ugyanígy a két kutya, Aida és Bolygó utódai az ebek kolóniájának alapjai lesznek a Holdon.

Míg a könyv más részén Verne egyértelműen kifejti, hogy a Holdnak nincs légköre, addig máshol - és ez a gyakoribb - arról mesél, milyen lehet a holdbéli élet, a növények, állatok, holdlakók világa.

Az Apollo-űrhajók parancsnoki kabinja szűkösebb volt, falai nem kárpitozva voltak, hanem technikai berendezések és műszerek sokasága borította. A kabinhoz csatlakozott a műszaki egység, amelyben a fő rakétahajtómű, az üzemanyag, az energiaellátó rendszer, valamint az oxigén- és víztartályok kaptak helyet.

Verne űrhajójának, azaz a lövedék orr-részeiben egy raktár van, mindenféle holmival megpakolva, és - mint később kiderül - itt még néhány baromfit is elszállásoltak.

Edison éppen akkor találta fel a szénszálaz izzólámpát, amikor a könyv íródott. Bár Verne rendkívül gyorsan reagált korának találmányaira, és ezeket igyekezett rögtön megismertetni olvasóival, az *Utazás a Holdba* űrhajójában még gázlámpát használnak a világításhoz és gázégőt a főzéshez. Ma már tudjuk, micsoda veszélyekkel jár egy űrhajóban a nyílt láng alkalmazása. Rengeteg oxigént fogyaszt, sok a káros égéstermék, tűzveszélyes. A súlytalanságban (amit Verne tévesen magyaráz) pedig nem is lehet nyílt lángot használni, mert nem alakul ki a láng körüli turbulencia, amely friss levegőt szállít az égés táplálásához. A kísérletek szerint az űrhajóban égő láng gömb alakú, idővel egyre kisebb és kisebb lesz, végül elalszik (lásd a *Hogyan ég a gyertya?* című írástunkat).

A mai űrhajókban a levegőt tartályokba sűrítve viszik magukkal. Verne megoldásában kálium-klorát (KClO_3) hevítésével fejlesztenek oxigént, bár ez az anyag nemcsak hevítés, hanem már dörzsölés vagy lökés hatására is felrobbanhat. Használhattak volna kálsalétmotot (kálium-



nitrát, KNO_3), bár ebből óriási mennyiséget kellett volna magukkal vinniük, felmelegítéséhez pedig nagyon sok energiát pazaroltak volna el. Vajon miért nem gondolt Verne ugyanarra a megoldásra, amit a *Nemo kapitány* tengeralttjárójánál alkalmazott? Itt a kilélegzett levegő szén-dioxid-tartalmát káliúggal (KOH) kötötték meg. Ezt zseniális módon látta meg, hiszen gyakorlatilag ma is ezt alkalmazzák.

Barbicane egész évre elegendő élelmiszert raktározott el a lövedékben (húskonzervek, összepréselt fözelékek). Ötven gallon pálinkát is kaptak az utasok, de csak két hónapra elegendő vizük volt. Ki tudja, mi volt a terve Vernének a hatalmas mennyiségű pálinkával?

A lövedék alsó részében fából készült rekeszek voltak, amelyeket vízzel töltöttek fel. Ennek az induláskor fellépő hatalmas lökés tompítása lett volna a szerepe.

Víz kell ide! Tiszta víz, amely rugó gyanánt működik! - kiáltotta Barbicane.

Barbicane, igen helyesen, úgy okoskodott, hogy nincs olyan erős rugó, amely felfogná az erős lökést. A víztől várta a nagy teljesítményt. ...az első lökést alkalmasint csaknem teljesen lefékezi a hatalmas rugó gyanánt működő víz.

A fenti idézetből világosan látszik Verne szörnyű tévedése. Úgy látszik, nemigen járt uszodába, hiszen aki már ugrott véletlenül „hasast”, az tudja, milyen kemény lehet a vízzel való találkozás. A víz - mint általában a folyadékok - nem nyomható össze, azaz nem is működhet rugó gyanánt. Az indításkor keletkező „lökés”, vagyis a rendkívül nagy gyorsulás nem enyhíthető ezen a módon.

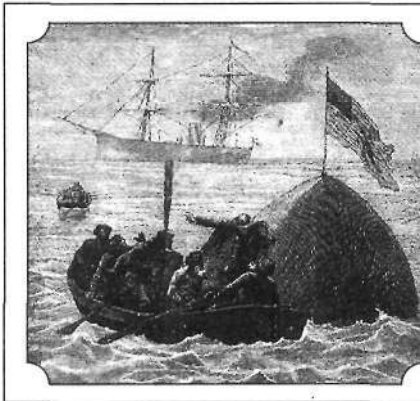
Lesznek önök között, uraim, egyesek, akik úgy vélik, hogy túlságosan nagy lesz az indulási sebesség. Szó sincs róla, uraim! A csillagok mozgása sokkal sebesebb, s maga a Föld a Nap körüli forgásában háromszor akkora sebességgel ragad tova bennünket - mondhatja Verne egyik hősével. Az író itt összekeveri a sebességet és a gyors-

sulást. Elgondolkoztató, hogy miért voltak téves elképzelései a súlytalanságról is. Figyeljük csak a magyarázatát: *Ha eltávolodunk a Földtől, a nehézkedési erő hatása a távolság négyzetének fordított arányában csökken [...] majd egyenlő lesz a semmivel, ami abban a pillanatban következik be, amikor a Hold vonzóereje azonos lesz a Földével.* A regény űrhajósainak az utazás során mindvégig „súlyuk” van, ami csak néhány másodpercre szűnik meg. Ezután minden megfordul, talpuk a Hold felé néz, súlyuk pedig egyre növekszik. Ma már tudjuk - és Vernének is kellett volna tudnia -, hogy egy tehetetlenségi pályán mozgó űrhajóban állandóan súlytalanság van, függetlenül attól, hogy vonzza-e valamely égitest.

Még bosszantóbb az, ami néhány oldallal később olvasható: *Az elnök az ablakhoz lépett és látta, hogy valami lapos, zsákszerű dolog lebeg a lövedéktől néhány méterre.* Szegény Bolygó kutya teteme volt az, amelyet kénytelenek voltak kidobni az űrbe. Vagyis Verne világosan leírja, hogy a magára hagyott testek pontosan ugyanolyan pályán és sebességgel folytatják útjukat, mint annak előtte. Tehát a szeme előtt van a megoldás, csak nem jön rá, hogy éppen ez az űrhajóban uralkodó súlytalanság fizikai magyarázata. Pedig meg is fogalmazza: *...az űrben a testek fajsúlyuktól és alakjuktól függetlenül egyforma sebességgel esnek. ... a súly-*

A súlytalanság állapota





A Columbiad a hullámok közt - és több mint 100 évvel később



különbőség a levegő ellenállása folytán keletkezik. (!)

Ha már a kutya tetemének eltávolításánál tartunk: nevetségesen naiv elképzelés, hogy minden baj nélkül ki lehet nyitni néhány másodpercre az űrkabin ajtaját.

Az ablak pillanat alatt megfordult a szanérokon, Michel kidobta a kutyát. Alig ilant el néhány molekulányi levegő. A művelet olyan jól sikerült, hogy Barbicane később a fülkében lévő hulladékokat is bátran kidobta.

...gyorsan kinyitották a kémlelőablakot és Nicholl kidugta a hőmérőt, majd gyorsan visszahúzta. Barbicane kiszámította a műszer alsó részére forrasztott fiolába csöpögött higany mennyiségét, és azt mondta: -140° Celsius fagyponthoz alatti!

Tételezzük fel, hogy az ablak vagy a csapóajtó mérete fél négyzetméter volt. A lövedék belsejében a nyomás megegyezett a földfelszíni légnyomással, azaz minden négyzetcentiméterre 1 kilopond (10 N) erővel hatott. Mivel a külső nyomás nulla, az ajtó kinyitásához 5000 kilopond (50 kN) erőre lett volna szükség. A három bátor űrhajós - ha megszakad - sem tudta volna megmozdítani! És mi történt volna, ha mégis? A másodperc törtresze alatt olyan hirtelen nyomáscsökkenés állt volna be, amit egyikük sem élt volna túl. A vérben oldott gázok, elsősorban az oxigén szörnyű hab formájában felszabadult volna, a sejtfoliadékok pedig pillanatok alatt felforrtak volna. Még elképzelni is borzasztó!

Verne szerint a dolog pedig működött - olyanmódon, hogy rendszeresen ki-be nyitgatták az ablakot. Hát igen, a hőmérő. Elképesztő ötlet a világűr „hidegének” megméréséhez. Persze, azt sem árt tudni, hogy a higany már -39°C -on megfagy!

4. A Hold. Ha már Verne tévedéseinek felsorolásánál tartunk, mindenképpen meg kell említeni a Holddal kapcsolatban írtakat. Addig nincs is semmi baj, amíg a Hold keringéséről, tengelyforgásáról, fényváltozásairól van szó. Még a kevésbé ismert librációt is elmagyarázza. Eddig szép is-

meretterjesztés. Ám a Hold krátereit tűzhányókrátereknek véli. Bár korának csillagásza már elég biztosan tudták, hogy a holdkráterek kozmikus testek becsapódásakor keletkezett sebhelyek, az író nem tud szabadulni elméletétől, sőt amikor a Holdat megkerülik a lövedékekkel, a túlsó oldalon működő tűzhányót is megfigyelnek. De látnak élőlényeket is a Holdon egy izzó meteor fényénél.

Izzó meteor? Verne szerint a meteorikus testek önmaguktól válnak izzóvá. Egy, a közelükben elszáguldó meteor gyenge gravitációs ereje kitérítette pályájáról a lövedéket, amely így nem érhetett a Holdba, hanem azt megkerülve elrepült mellette.

Amikor a Hold árnyékába kerültek, az űrhajó belsejében a hőmérséklet rendkívül lecsökkent, hiszen a napsugarak nem melegítették. Az utasok vacogtak, majdnem megfagytak. De szerencsére nem tartott sokáig, a lövedék kikerült a Hold-árnyékból, a kabinban helyreállt a normális hőmérséklet.

Mondd csak Barbicane, a holdlakók is érzélnék fogyatkozást? - kérdezte Nicholl.

- Igen, de csak napfogyatkozást. A Föld árnyéka, mint valami fényellenző, rávetődik a Napra, de csak egy kis részét takarja el.

Nagyon meglepő a szöveg: a Föld árnyéka sohasem vetülhet a Napra!

A napfogyatkozás, amely akkor keletkezik ha a Föld a Hold és a Nap között áll, két óra hosszat tarthat, s ez idő alatt a földteke [...] csupán egy fekete pontnak látszik a Nap korongján.

A Holdról nézve a Föld sokkal nagyobbak látszik - négyszer akkorának -, mint a Nap korongja. A napfogyatkozások alkalmával tehát a Nap teljesen eltűnik a sötét földkorong mögött. Az sem igaz, hogy a holdlakók csak napfogyatkozásban gyönyörködhetnek. Természetesen láthatnak földfogyatkozást is, ez minden alkalommal bekövetkezik, amikor mi a Földről napfogyatkozást látunk. Ilyenkor a Hold teljes árnyéka - mintegy 200-250 km átmérőjű sötét folt - végigvonulni látszik a Föld felszínén.

Verne űrhajósai tehát a Hold mellett repülnek, a csillagászok pedig próbálják őket megpillantani földi teleszkópjaikkal.

Tudjuk ugyanis, hogy John Rosse Parsonstownban felállított távcsöve 6500-szoros nagyítást ért el, és 16 mérföldnyi közelségbe hozta a Holdat. A Longs Peakon felállított hatalmas erejű műszer pedig 48 000-szeresen nagyítást és a Holdat nem egészen 2 mérföld közelségbe hozza, úgyhogy felületén a 10 méter átmérőjű tárgyak is elég tisztán kivehetők.

Ebből természetesen egy szó sem igaz! A csillagászati távcsövek nagyítását nem lehet minden határon túl növelni. A nagyítás mértéke az objektív és az okulár fókusz-távolságának arányától függ. Verne, valamilyen voluntarista szemlélettel, azt hitte, hogy kellően nagy fókusz-távolságú objektívvel hatalmas nagyítást lehet elérni. Igen ám, csak hogy a fókusz növelésével négyzetes arányban csökken a fényerő. Ha mégis elfogadható képet akarunk kapni, növelni kell az objektív átmérőjét. Nagyméretű objektívet viszont nagyon nehéz precízen megmunkálni, s a súlyából eredően mindenféle deformációk keletkeznek. A légköri tényezők is befolyásolják az elérhető nagyítást. Elégedjünk meg annyival, hogy még a mai kor szupertávcsöveivel sem lehet a könyvbeli nagyításokat elérni.

5. Földet érés. Végül is a három bátor férfiú szerencsésen és sértetlenül visszatért a Földre. Nem tudjuk, hogyan - csak annyit olvashatunk, hogy egy kábelfektető hajó legénysége megfigyelte a lövedék óceánba csapódását. Megindult a keresés, és számos bűvárokkal, majd rájöttek, hogy a lövedéknek úsznia kell, hiszen átlagsűrűsége kisebb, mint a vízé. Hamarosan meg is találták. A keresőhajóról csónakot indítottak a hullámok közt himbálózó ágyúgolyó felé: *Néma csendben siklottak a csónakok Minden szív vadul vert, minden szem elhomályosult. A lövedék egyik ablaka nyitva volt. A keretben maradt üvegtörmelék arra vallott, hogy az ablak betört. Ez az ablak jelenleg 5 lábnyi magasságban emelkedett ki a hullámokból. Az első csónak a J. T. Mastoné, a lövedékhez ért. S Maston rávetette magát a betört ablakra... S e pillanatban felhangzott egy vidám, csengős hang, Michel Ardan hangja, aki a győztes dalával kiáltotta:*

- Mindenütt sima, Barbicane, mindenütt sima!

Barbicane, Michel Ardan és Nicholl ugyanis dominózott.

Nem áll szándékomban tovább kritizálni Vernét. Legyen itt most ennyi elég. Mindenkinek jószívu tanácsolom, ha nem olvasta volna a könyvet, most olvassa el, vagy olvassa el ismét, ahogy én is tettem. Garantálom, nem fog unatkozni. Van elég érdekesség, amit még felfedezhet a regényben, miközben igazán jól szórakozhat az író szellemes, humoros stílusán.

A kóla fogyasztás is rizikótényező

Ha valaki sok kávé iszik, a sok koffein miatt megemelkedik a vérnyomása. A rendszeres kávéfogyasztás hosszú távú élettani hatásáról azonban megoszlanak a vélemények. Voltak korábbi megfigyelések, amelyek arra utaltak, hogy a napi négy kávé, vagy annál többet fogyasztók körében gyakoribb a koszorúér-betegség, de ezt végül soha nem sikerült megerősíteni. Egy új vizsgálat a kávézási szokás és a magas vérnyomás kialakulása közötti összefüggést tanulmányozta, és meglepő eredménnyel végződött.

Wolfgang C. Winkelmayr (Brigham and Women's Hospital, Boston, MA, Egyesült Államok) és munkatársai 155 594 hölgy adatait dolgozták fel. Az információhalmazból az derült ki, hogy a vizsgálat kezdetén a nők között magas vérnyomásban szenvedő nem volt, a végére azonban 19 541, illetve 13 536 hipertóniást találtak. A tudósok nagy meglepetésére azonban sem a koffeintartalmú, sem a koffeinmentes kávé fogyasztása nem mutatott összefüggést a magas vérnyomás kifejlődésével, még azoknál sem, akik naponta négynél több kávé ittak, a kóla fogyasztás azonban igen! A kólaivás (a napi négy vagy annál több Coca-Colát fogyasztóknál) és a magas vérnyomás megjelenése között - az adaptált függően - lineáris összefüggést találtak, ami független volt attól, hogy cukor-tartalmú vagy „diet” változatot ittak-e a hölgyek.

Mivel a koffeintartalmú kávénak ilyen hatása nem volt, a kutatók szerint a kólának sem a koffein, hanem valamelyik egyéb összetevője lehet a felelős a hipertenzív hatásért. Fölvetődött, hogy a kukoricaszirup okozta glikémiás terhelés okozhatná a jelenséget, vagy a színezékként használt karamell valamelyik végterméke.

Mivel „etet” a televízió?

A fiatal nézőknek szánt tévéműsorokban rengeteg gyorsétterem, csokoládégyár és üdítőitalcég hirdet. A szakorvosok, táplálkozástudósok - többek között - ennek is tulajdonítják a korunkban egyre gyakoribb gyermekkori elhízást, a juvenilis cukorbetegség mind korábbi megjelenését.

Kristen Hamson és Amy L. Marske (Univ. of Illinois, Egyesült Államok) az amerikai tévécsatornákon a 6-11 éves gyermekeknek sugárzott műsorokból emelte ki azokat a hirdetéseket, amelyek ételeket-italokat ajánlottak fiatal nézőiknek. A kutatók 426 reklámot rögzítettek, melyek 275 különféle enni- és innivaló fogyasztására igyekeztek a gyermekeket rávenni. Az orvosok feljegyezték ezeknek az ételeknek a tápanyagtartalmát, összetételét és azt is, hogy a hirdetés melyik főétkezés - reggeli, ebéd vagy vacsora - részeként ajánlotta az adott terméket, vagy állandó fogyasztásra, „nassolásra” buzdított.

Az eredmények szerint az amerikai gyermekek számára reklámozott ennivalók 83 százaléka édesség, nassolnivaló, vagy gyorséttermek majszolnivalója. Ráadásul a hirdetések ezeket elsősorban a főétkezés közbeni időre ajánlgatják.

Amikor az orvosok a reklámozott ételekből 2000 kalóriás napi felnőtt menüt állítottak össze, abban mind az összes zsiradék, mind a telített zsírtartalom és a nátriumbevitel meghaladta az ajánlott fogyasztás mértékét. Gyermekekre számítva a „reklámkoszt” az egészséges szükségletnél lényegesen több konyhasót tartalmaz, és emellett napi 171 gramm hozzáadott cukorfogyasztást jelent. Ezzel szemben a reklámok nem buzdítanak a kíváncsóságra, a vitaminokra és sók - például a kalcium - megfelelő fogyasztására.

Pacemaker és mobil

A mobiltelefon egészséget károsító hatásairól elterjedésének kezdetétől folynak a találgatások. Fölvetették, hogy agydaganatot okozhat, károsíthatja a szemlencsét stb., de szinte teljesen hiányoz-

nak azok a megfelelően kontrollált, prospektív vizsgálatok, amelyek ezeket igazolnák, legfeljebb epidemiológiai fölmérésekre, alig ellenőrizhető megfigyelésekre támaszkodhatunk.

A maroktelefon által gerjesztett elektromágneses tér számos elektromos rendszer működését zavarhatja - ezért nem szabad repülőgépen használni a telefont. Hasonlóképpen már többször foglalkoztak azzal, hogy a telefonálás befolyásolja-e a pacemaker működését és ez milyen veszélyt jelenthet a beteg számára. Az eddigi adatok azonban igen hiányosak voltak. Most egy török munkacsoport *Izzet Tandogan* (Univ. Cumhuriyet, Sivas, Törökország) vezetésével gondosan ellenőrzött körülmények között megvizsgálta a mobiltelefonok használatának hatását a pacemakerfunkcióra.

A kutatók 679, véglegesen beültetett pacemakerrel élő szívbeteg vizsgáltak meg 1999 és 2001 között. Két mobiltelefont használtak a mérések során, melyeket a pacemaker közelében, az ingseb két oldalán helyeztek el, az antenna pedig mindkét oldalon azonos távolságban (50, 30, 20 és 10 cm) volt. Mindkét telefont bekapcsolták, hagyták stand-by pozícióban, hívást fogadtak, majd lezárták.

A vizsgált betegek közül 37-nek (5,5 százalék) pacemakerét kifejezetten megzavarta a mobiltelefon működése. A pacemaker zavarása az esetek felében akkor volt megfigyelhető, amikor a telefon a szívritmusszabályzótól 10 centiméterre, vagy még közelebb volt. Azt is leírták, hogy a veszélyes jelenség annál gyakoribb volt, minél hosszabb ideje ültették be a pacemakert.

A sajtótájékoztatón a vizsgálat vezetője hangsúlyozta: „a legfontosabb ajánlás a pacemakerrel élő betegek számára az, hogy a mobiltelefont legalább húsz centire tartsák a szívritmusszabályzótól. A beteg ne arra a fülére szorítsa a maroktelefont, amelyek oldalán a pacemakere van, és ne hordja azon oldali ingsebében vagy zakózsíkjában a telefont”.

Leadhatatlan kilókat hoznak az ünnepek

Karácsonykor, újév táján többet eszünk, kevesebbet mozgunk és ez gyakran a derékbőségünk növekedésén is meglátszik.

Dr. Yungsheng Ma (Univ. Massachusetts Medical School, Worcester, MA, USA) és munkatársai 593 önként jelentkező, 20-70 év közötti életkorú, többségében túlsúlyos, sőt kövér férfit és nőt tanulmányoztak egy éven keresztül. A kiindulási adatfelvételt követően negyedévenként volt kontroll: két munkanap és egy ünnepnap kalóriabevitelét és az étel összetételét kiszámolták, megmérték a testsúlyt és a napi testmozgást. Egy év során a vizsgált személyek átlagban napi 1963 kilokalóriát fogyasztottak és ennek fele származott szénhidrátból, egyharmada pedig zsírból, de mint kiderült, ezek az értékek évszakonként változtak.

Az őszi-téli időszakban a vizsgált csoport tagjai átlag 86 kilokalóriával többet ettek-ittak, mint a tavasszal. Az is kiderült, hogy tavasszal volt a legmagasabb a szénhidrátbevitel, ezzel szemben az őszi-téli étrendben lényegesen több zsír szerepelt és ebből is még több volt a kedvezőtlen, telített zsír. A kalóriaégetés pedig télen volt a legszerényebb: mindenki kevesebbet mozgott, mint tavasszal. A változó étrend és az ellenkező irányban változó fizikai terhelés eredménye a testsúly alakulásán is meglátszott. A testsúly a téli időszakban volt a legnagyobb és tavasszal a legkisebb, bár ebben az amerikai népességmintában a különbség átlag csak mintegy fél kilónak bizonyult és az ingadozás a magasan iskolázottak körében volt a legkisebb.

A vizsgálat eredményeiről tartott sajtótájékoztatóon Dr. Ma kiemelte, hogy az év végi ünnepek időszakában fölszedett fél kilónyi súlytöbbletet igen sokan a következő esztendőben már nem képesek leadni és ez a folyamat tíz év alatt átlag öt kilónyi hízást jelent, aminek már lehet kedvezőtlen egészségi hatása.

MATOS LAJOS
Forrás: Weborvos



(2005. augusztus 27.)

AZ APAI TERMÉSZET

Korábban reggel fél hétkor kelt, tusolt, borotválkozott, felöltözött, nyolckor már az íróasztalánál ült. Manapság napjai hajnal hasadtakor kezdődnek, nem feltétlenül kell borotválkoznia, de egész álló nap dolgozik, csak már nem az íróasztalánál, hanem otthon. Ilyen egy főállású apa. Egy, az Egyesült Királyságban nemrég végzett felmérés szerint a megkérdezett férfiak 79 százaléka örömmel vállalná gyermeke(i) otthoni gondozását, miközben felesége a szakmájában dolgozik. A 80-as évek közepén még csak 445, ma több mint 21 ezer főállású apa van az országban. Ez csupán egyetlen kiragadott példa arra, hogyan változott meg a társadalmi szereposztás a nyugati világban. Az apa családi szerepe a kenyérkereset volt, a mai gyereknevelés azonban másféle apai szerepet igényel. A váláskor a gyermekfelügyelet jogát a bíróságok - csekély kivétellel - az anyára ruházzák, mostanában azonban Angliában, az Egyesült Államokban és Kanadában kampánycsoportok küzdenek szenvedélyesen a gyakorlat megváltoztatása ellen. A brit Egyenlő Lehetőségek Bizottságának (EOC) említett jelentése váratlanul hatalmas sajtóvisszhangot kapott, hiszen a hagyományos női szerepekben megjelenő férfi „trendi” mivolta elég elmentmondásos. Sok ember üdvözlí, mások viszonyt úgy vélik, valami rossz történik az emberi fajjal. Számukra az „új férfi” valamiféle természetellenes szerepben jelenik meg. Az elmúlt két évtizedben az apai szerepet újravizsgálta a tudomány, etológusok, primatológusok, kulturális antropológusok, szociológusok. Azt találták, hogy az „új férfinak” evolúciós gyökerei vannak. Mi több, a férfiak szervezetében is termelődik ugyanaz a hormon, mint a nőkében, mely a utódai gondozására hajlamosítja őket. Ez a viselkedésforma azonban csak akkor jön elő, ha a társadalmi környezet erre megfelelő. És mivel a férfiak társadalmi helyzete a nyugati világban könnyebben lehetővé teszi utódai gondozását, nyomás van az anyákon, hogy ennek az ellenkezője igaz rájuk nézve. Milyen az apák szerepe az állatvilágban? A hüllők és a madarak körében a hímek együttműködőek, mi több, nem egy madárfajnál, például a struccfélekénél a hím szerepe még fontosabb is a nőstényénél az utódgondozásban. Az ember azonban emlős, s mint ilyen, tejével neveli utódát, ez pedig szorosabb köteléket alakít ki a gyermek és anyja között, mint az apával. Az

emlősnél az apa szerepe többnyire csak az utódnemzésre korlátozódik, az utódgondozásra nem. Néhány csoportokban élő és ragadozó fajnál azonban fontos az apai szerep, azok viszik az élelmet a kölyköknek. Pleisztocén korszaki vadász őseinknél hasonló lehetett a helyzet. Több olyan emlősfaj is ismert, főként a rágesálok köréből, melyeknél a hím aktívan részt vesz az utódok gondozásában. A főemlősöknél, különösen a kistermetű majmoknál a hím az anyával szinte egyenrangúan gondozza a kicsiket szinte születsüktől kezdve. Az erősen monogám titi majmoknál az idő 93 százalékában a hímek hordozzák az újszülöttet.

A megfigyelések legalább annyi új kérdést vetnek fel, mint amennyire megválaszoltak. A kooperatív szülői szerep kölcsönös viszonyban áll a kicsik gyors növekedésével és minden egyénnél többet kíván meg a kicsik túlélés érdekében. De ha ez a rendszer olyan hatékony, miért ilyen ritka? Ha pedig sosem figyelhető meg az emberszabásúak körében, mit mondhatunk az emberi viselkedésről? Az embereknek a két lábon járás és a testszörzet nagy része elvesztésének kombinációja jóval nehezebbé tette a gyermekek hordozását, mint pl. a csimpánzoknál. Amerikai primatológusok szerint az együttműködő szülői gondoskodás akkor fejlődik ki a főemlősöknél, amikor az anya képtelen egyedül megbirkózni szülői feladataival. Amióta írott történelem létezik, a kisgyermek gondozása mindig és minden helyen az anya feladatkörébe tartozott. Az utóbbi években azonban kulturális antropológusok kiderítették, hogy ez nem minden esetben van így. Afrikai pigmeusok két csoportjánál azt találták, hogy az együttműködő szülői gondoskodás a kultúrájuk szerves része. Az Efe és az Aka népcsoportnál a férfi és a női szerepek nem különülnek el, legyen szó vadászatról, főzésről vagy akár gyerekgondozásról; mind az anya, mind az apa mindenféle tevékenységet végez és ez a lehető legtermészetesebb az ő társadalmukban. Lehet, hogy a két kis csoport őrizte meg a legjobban emberőseink ilyenfajta tulajdonságait? Két évtizeddel ezelőtt egy cambridge-i kutató, A. Dickson kimutatta, hogy a közönséges selyemmajmok körében a hímeknél hormonálisan is jelentkezik az apai szerepvállalás. Vemhes nőstények között sok időt töltő hímeknél a prolaktin hormon szintje emelkedik, és e növekvés folytatódik a kicsi megszületéséig. 2000-ben kanadai kutatók hasonló jelenséget mutattak ki emberekben is, ugyanakkor a szülés idején a férfiak tesztoszteronszintje több mint 30 százalékkal esett.

A kooperatív szülői magatartás terén még egy fontos közös dolog van a főemlősök és az ember között. Ha egy majom-anya észreveszi, hogy nem várhat elég tá-

mogatást a csapattól, előfordul, hogy elhagyja, vagy akár meg is öli újszülöttjét. Sajnos, ez gyakran megesik az emberi társadalmakban is. A nyugati társadalmakban a hagyományos női szerep a második világháború ideje óta változott meg radikálisan, a nők tömeges munkába állásával. Kezdetben szívesen fogadták ezt az új lehetőséget, manapság viszont egyre többen érzik társadalmilag elvárt kötelességnek. Lehetséges, hogy mi, emberek lassan olyan helyzetbe kerülünk, mely a főemlősökhöz hasonlóan elindítja a kooperatív szülői magatartást, vagyis a nők képtelenek érzik magukat arra, hogy egyedül lássák el utódaikat. És talán éppen ez indította el az új típusú férfi, a gondoskodó apa szerepének felemelkedését. Mindez pedig valószínűleg nem biológiánk megváltozásával magyarázható, mert a genetikai evolúció azért nem ennyire gyors; sokkal inkább a társadalmi környezet és a gazdasági viszonyok átalakulása áll a háttérben. Biológiai mechanizmusunk azonban igen rugalmas ahhoz, hogy gyorsan alkalmazkodjon a megváltozott feltételekhez.



(2005. 12. szám)

KLÓNOZOTT KEDVENCEK

„Nahát, milyen aranyos! Pont olyan mint a nagy Gismo volt” - lelkesedett a tulajdonos, aki 50 000 dollárért rendelte meg a kiscicát az amerikai Genetic Saving and Clones (GSC) cégtől. Eddig világszerte ez az egyetlen vállalkozás, amely macskák klónozását kínálja ügyfeleinek. Időközben a klónozás árát 32 000 dollárra mérsékeltek. Eddig hat macska klónját készítettek el, ami szinte futószalagon való gyártásnak minősül.

A GSC génbankjában kutyák és macskák százainak sejtanyagát tárolják, de tulajdonosaiknak egyelőre türelmesen várniuk kell a klónra. A vállalatnak csupán nyolc tudományos munkatársa van, akik egyszerre csak egyetlen macskán dolgoznak.

„Vállalkozásunk 1997-ben a Missyplaciti Projekttel kezdődött a Texasi Egyetemen” - mondja Lou Hawthorne, a GSC üzletvezetője. Barátja és főberuházója, John Sperling a fejébe vette, hogy ki-nozza Hawthorne édesanyjának Missy nevű kimúlt kutyáját. Sperling 4 millió dollárért bevásárolta magát a Texasi Egyetemre, és elkezdte az akkor még teljesen új terület, a kutyaklónozás kutatá-

sát. Amikor ennek híre ment, a kutya- és macskatulajdonosok rágni kezdték a fülét, hogy az ő kedvenceiket is kiónozza.

Hawthorne ekkor megszimatozta a nagy üzletet. 2000-ben a cég székhelyét áthelyezték Kaliforniába, és két év múlva az újságok szalagcímekben adták hírül, hogy megvan „CC” (a Copycat rövidítése), az első kiónozott macska. Ugyanazzal a módszerrel hozták létre, mint négy évvel korábban Dollyt: sejtmagtranszplantációval.

Reklámszempontról azonban „CC” valóságos rémálom volt. Cseppet sem hasonlított genetikai anyjához, Rainbow-hoz akinek narancsszínű és fekete foltos volt a bundája, míg „CC”-nek csak fekete foltjai voltak. Rainbow bundájának rajzolatát két kromoszóma határozta meg, de sejtenként mindig csak egyetlen kromoszóma, tehát csak az egyik színinformációt tartalmazó gén aktiválódik. Rainbow bundájában azért nem volt egyetlen sárga folt sem, mert a belőle kivett donorsejtben csak a fekete színért felelős gén volt aktív.

„CC” csődje és az elmaradt kutya-klónozás miatt megszakadt a Texasi

Egyetemmel való együttműködés. Azóta a cég a saját szakállára dolgozik. A GSC megvásárolta az új Chromatic-Transfer klóntechnika jogát, és saját laboratóriumot nyitott. 2004-ben öt macskát produkált, és az év végén végre leszállította az első kiónozott macskát az egyik fizető vevőnek.

Az új módszernek az a titka, hogy klónozásnál nem az egész sejtmagot viszik át, hanem előbb eltávolítanak belőle bizonyos meghatározott proteineket, amelyek a donorsejtben a különböző sejttípusokká való további fejlődésért felelősek. Ezután a sejtmag anyagát összeolvasztják a donor petesejtjével, így egy embrió jön létre. Ez a folyamat nyolc órán át tart, és Petri-csészében történik. Mielőtt az embriót a „bérnyába” ültetik, alaposan megvizsgálják. Egyedül az itt alkalmazott mikroszkopikus eljárásokra dollármilliókat költöttek. A kutya-klónozásnak is ez a technika a kulcsa. Ennél azonban a Petri-csészén kívül adódnak a nehézségek. Amikor elérkezik a nőstény kutya ovulációja, a petesejtet 2-5 napig kell a test petevezetékében stimulálni, hogy kész legyen a megtermékenyítésre

vagy klónozásra. A kutyák ciklusa azonban nagyon szabálytalan. Ezért egy londoni céggel együtt mesterséges petevezeték kifejlesztésén dolgoznak. Így az állatklinikáról kapott éretlen petesejteket maguk tehetik éretté. A GSC első kutyaklonja a következő hetekben várható.

Mindez zene John Sperling fülének, aki tízévi befektetése után már várja a nagy pénz megérkezését. A génbank már rentábilis: egy négylábú öröklési anyagának megőrzéséért a letétel alkalmával 1400, majd évente 150 dollárt kell befizetni.

Az USA-ban 60 millió kutya- és macskatulajdonos van. Egy közvéleménykutatás szerint 10 százalékukat érdekli kedvencének klónozása. Ha közülük évente csak minden ezredik ad megbízást, az évi 6000 klón létrehozását jelenti, ami a jelenlegi árak mellett 200 millió dollár bevételt jelent a GSC-nek. Hawthorne módszerével gyorsabban és olcsóbban lehet állatokhoz jutni. Ismeri a maga excentrikus vevőkörét, ahol a macska nem csak egyszerűen egy macska. Az új macskának pontosan olyanak kell lennie, mint a régi volt.

KÖNYVSZEMLE

SZARVASHÁZI JUDIT: Rendhagyó szakácskönyv. Patikusok receptjei (Galenus Kiadó, Budapest, 2005)

Nincs a piacon manapság egyetlen olyan magára valamit is adó heti- vagy havilap, amelynek ne lenne recepteket bemutató rovata, melléklete, vagy nagy ünnepeinket, a karácsonyt, farsangot, húsvétot megelőzően a szakácsművészetet bemutató különszáma. És lassan olyan könyvkiadó sem, amelyik ne jelentene meg hasonló köteteket, ami vagy azért különleges, mert nagyanyáink jól bevált házi receptjeinek gyűjteménye, vagy éppen valamelyik ügyeletes sztárunk kedvenc, esetleg fogyókúrázóknak is ajánlható receptjeit tartalmazza, vagy egzotikus vidékek szakácsainak helyi specialitásait kínálja, vagy mint a Galenus Kiadó, patikusok receptjeit.

A dolog azért meglepő, mert a kiadó eddig jószerével csak orvosi, tudománytörténeti könyveket jelentetett meg (Híres Magyar Orvosok sorozat, Út Stockholmba, Patikamúzeumok - műemlékpatikák Magyarországon stb.), most pedig szakácskönyvvel örvendeztette meg az olvasókat, amit patikusok írtak olyan receptek alapján, amit gyógyszerészek kísérleteztek ki hosszú évek során.

Mitől más ez a receptgyűjtemény, mint - mondjuk - Lajos Mari és Hemző Ká-

roly szakácskönyvsorozata? Attól, hogy a kiadványban található receptekben az adott ételbe nemcsak az íze miatt kerül egy-egy fűszer, hanem azért is, mert annak valamilyen kedvező élettani hatása van, például csökkenti a felfűvődést, könnyíti az emésztést, közömbösíti más fűszerek hatását, és megfelelő tápértéke van. De más ez a szakácskönyv abban is, hogy az ételek elkészítésének módjai és a hozzávalók mellett - többek között - bemutat (szép illusztrációkon is) számos, a sütéshez-főzéshez gyakran használt fűszernövényt, amelyet tudománytörténeti érdekességekkel vegyít. Például azzal, és ezt manapság talán már kevesen tudják, hogy évszázadokon keresztül a patikákban készítették - még a XX. század elején is - azokat az alapanyagokat (sütőport, gyümölcsleveket, cukorkákat, krémporokat stb.), amelyet a különböző iparágak, megfelelő saját vegyi üzemeik nem lévén, nem tudtak előállítani termékeik gyártásához.

Hozzászoktunk már ahhoz, hogy az élelmiszer-áruházak árutól roskadozó polcairól automatikusan pakoljuk kosárunkba a sütéshez-főzéshez szükséges alapanyagokat: a sütőport, a pudingot, a leveskockát, vagy ha kapar a torkunk, a ma már újra kapható Orvosi pemetefű-cukorkát és eközben biztosan kevesen gondolkodnak el azon, vajon ki készítette

a Vánca-sütőport és a pemetefű-cukorkát, vagy ki készített először hazánkban leveskockát. A válasz persze már sejtethető, a „feltalálók” mind patikusok voltak, akik talán maguk sem álmodtak arról, hogy száz, százötven év múltán is keresett termékek lesznek készítményeik. Remélhetőleg ugyanilyen keresett lesz a kiadó e rendhagyó szakácskönyve is, mert nemcsak patikatörténeti érdekességeket és

MÁRCIUSI SZÁMUNK TARTALMÁBÓL

Szentgyörgyi Zsuzsa: Elektronikus informatika - a szabadság, testvériség egyenlőség társadalma?

Ördög Balázs - Szabad János: Miért dobog a szívünk?

Simon Ágnes: Orvosprofesszor az Európai Szabadalmi Hivatal élén - Alain Pompidou

Kéri András: A macskakarom népe: az asháninkák

Nebojszki László: A pörből nyert erdő Pingvinek és szentjánosbogarak. A „citrom” Nobel-díjas Gál Józseffel Silberer Vera beszélget

Németh Károly: Vulkánkitörés Ambae-szigetén, Vanuaton

Németh Géza: Ismeretterjesztés - médiakörkép. A Geo magazin

recepteket olvashatunk a kiadványban, még azt is megtudhatjuk belőle, miben különbözik a halászlé a hallétől, miért eszik a bajai halászlét téstával.

-yka-

HÁY GYÖRGY: Amit a repülésről tudni kell (Typotex, Budapest, 2005)

Ha én könyvkiadó lennék és a polgári repülésről kívánnék könyvet megjelentetni, első nekifutásra alighanem magam is egy profit, mármint pilótát kérnék fel a megírására. Végte is, nálánál jobban aligha tudja valaki, mit kell tudni a repülésről. Háy György abszolút profi - a repülésben -, elvégre 35 éves gyakorlata van, negyedszázada vezet utasszállító gépeket. Ráadásul már írt is hasonló könyvet 1988-ban (a fülszöveg szerint 1990-ben, szóval, kedves kiadó, akkor hát mikor is?), Repülőök műszerek, emberek címmel (no de így, vesszők nélkül, amint a bevezetőben szerepel?) Szóval Háy kapitány kétségkívül profi a repülésben, más kérdés, hogy mennyire az a könyvírásban. Mint a repülés amatőr megszállottja, vadul vetettem magam a könyvére, és becsülettel végigolvastam. Itt kezdődnek a bajok. Egy ilyen könyvet nem lehet, nem szabad „végigolvasni”; böngészni, csemegézni egy-egy adott témakörben - az én érdeklődésemnek leginkább ez az olvasási mód felelne meg, de attól tartok, a legtöbb amatőrnek is. Háy kapitány becsülettel, nagy szakmai hozzáértéssel végigmegy mindenben: a repülés hőskorán, a repülőgép szerkezetén, felépítésén, bemutatja egyes részeinek, műszereinek működését, korszerűsödését, s mindazt, amivel maga az utas is találkozhat. Meg amivel nem. Megismerkedhetünk a pilótafülkével, a navigációval, azok berendezéseivel, a repülőterekkel, a repülést befolyásoló legfontosabb elemekkel, az időjárás légi vonatkozásaival, a légi biztonsággal, néhány repülőgéptípussal, a végén pedig kapunk egy repülő szlengszótárt, és egy kis bemutatót néhány külön géptípusról, végül a repülés nagyjairól.

Ez így, felületesen nézve, jól is hangzik, a szerző - akárcsak gépét - az olvasót is szépen végigvezeti a meghatározott pályán. A szakkifejezéseket egyszerűen, közérthetően elmagyarázza, a kulisszatitkokat megosztja a laikkal, a stílusra sem lehet panasz. A gond azonban az, hogy egy ilyen, kerekén 300 oldalas könyvet egyszerűen nem szabad ennyire tagolatlanul megírni. Hogyan kerülhet egyetlen fejezetbe mondjuk a sugárhajtómű felépítése és működésének leírása a fedélzeti vécék működési elvével, vagy a felhajtóerő fizikája a zsúrkocsival? A téma sokrétűsége legalább ötször ennyi alcímet kíván! Hogyan kereshetünk utána

egy bennünket aktuálisan érdeklő témának, berendezésnek, műszernek, cselekvéssorozatnak? Sehogyz, ugyanis a könyvben nincs tárgymutató, mely pedig elengedhetetlen része kellene, hogy legyen egy ilyen műnek. Szóval, ha én kiadó lennék, egy kiváló kapitány mellé szerzőtetnék egy a repülésben igen jártas, de nem pilótaként dolgozó társszerzőt, mondjuk repülési szakíró, aki rendet vág a töméntelen mondanivaló tengerében, szépen tagolja a könyvet, és esetleg eszébe jutna tömérdék olyan kérdés is, amit egy pilóta nem úgy tesz fel, illetve tárgyal, ahogyan azt a kívülálló tenné. Vagy ha mégsem, akkor olyan szerkesztőt alkalmaznék, aki ezekre a nem elhanyagolható apróságokra felhívja a figyelmet, segíti a szerző munkáját, és csak úgy melleleg a rengeteg helyesírási (pontot, vesszőt, elválasztójelet nem ismerünk?) hibát is kijavítja. Ami viszont a könyv javára írható: rengeteg szép kivitelű, jól áttekinthető magyarázó ábra, remek fotókkal felturbózva. Melleleg szólva, *amit a repülésről tudni kell*, azt a pilótáknak és egyéb szakembereknek *kell* tudnia. A kíváncsi olvasónak legfőljebb érdemes.

N. G.

E SZÁMUNK SZERZŐI

DR. BOTH ELŐD, a Magyar Űrkutatási Iroda igazgatója, Budapest; DR. BÓDY ZOLTÁN fizikus, Debrecen; BUJTOR LÁSZLÓ geológus, Érd; DR. CSABA GYÖRGY professor emeritus, Semmelweis Egyetem, Genetikai, Sejt és Immunbiológiai Intézet, Budapest; GESZTESI ALBERT igazgatóhelyettes, TIT Budapesti Planetárium, Budapest; DR. INZELT GYÖRGY egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Fizikai Kémia Tanszék, Budapest; KAPITÁNY KATALIN szerkesztő, Természet Világa, Budapest; DR. LISZI JÁNOS tanszékvezető egyetemi tanár, Veszprémi Egyetem, Fizikai Kémia Tanszék, Veszprém; DR. LÖW PÉTER biológus, ELTE, Anatómiai, Sejt és Fejlődéshatológiai Tanszék, Budapest; DR. MATOS LAJOS szívgyógyász, Szent János Kórház, Budapest; DR. RADNAI GYULA egyetemi docens, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Általános Fizika Tanszék, Budapest; SZILI ISTVÁN ny. főiskolai tanár, Székesfehérvár; VINCZE-PAP SÁNDOR laborvezető, járműgépész-szakmérnök, Autóipari Kutató és Fejlesztő Rt. Budapest.

A fizika százada

Mire februári lapszámunk napvilágot lát, kapható lesz a Természet Világ legújabb különszáma, sorrenden a huszonkettedik!

A *fizika százada* különszámunk jeles szerzőgárdát sorakoztat fel. Nobel-díjastól az akadémikuson át egészen a középiskolai tanárig a tudományművelés és az oktatás legjobb szakemberei szövetkeztek arra, hogy e kötet sokszínű, gondolatébresztő és informáló legyen.

Ízelítőnek a tartalom:

- Bencze Gyula: A fizika éve
Nagy Károly: A huszadik század fizikájáról és világgépformáló szerepéről
Meskó Attila: Eötvös Loránd geofizikai vizsgálatai
Radnai Gyula: Eötvös Loránd és a tudós tanárok társulata
Plósz Katalin: A fiatal Eötvös Loránd
Vincze Ildikó: Röntgensugár által átlátszóan
Abonyi Iván: „Az elektromosság és gyakorlati alkalmazásai”
Gábor Zoltán: A harmadik erdélyi egyetem fizikusai
Abonyi Iván: 1905-2005: a relativitáselmélet első százada
Varró Sándor: A fény kettős természete
Bencze Gyula: Milyen is volt Albert Einstein?
Paul A. M. Dirac: Emlékeim egy izgalmas korszakról
Hraskó Péter: Epizódok a maghasadás felfedezésének történetéből
Hargittai István: Szilárd és Fermi
Fehér Péter: Neumann és a „bomba”
Kovács László: Hamvák keresztt alakban.
Gábor Dénes nyughelyének megtalálása
Kostka Pál: A hazai fizikatörténet jeles emléke
Jéki László: A Központi Fizikai Kutatóintézet
Marx György: Szépség és fizika
Toró Tibor: József Attila transznegativumelmélete és az anyag-antianyag- szimmetria(sértés)
Victor F. Weisskopf: Embertelen-e a fizika?
Vicsek Tamás: Biológiai rendszerek modellezése
Tichy Géza: Szilárdtestfizika. Vissza- és előretételezés
Pap László: A XX. század elektronikája és a fejlődés irányai
Patkós András: Mi jöhet Einstein után?

HAUER-ESTÉK sorozat

Színhely: Hauer cukrászda
(Budapest, VIII. Rákóczi út 47-49.)

2006. február 23. (csütörtök) 18 óra

A Tudományos Újságírók

Klubjának vendége:

Bányai Éva pszichológus

Előadásának címe: Kopernikuszi fordulat a hipnózis tudományos megítélésében

A beszélgetést vezeti: Elek László

Törökország szellőrózsák virítása idején



▲ A Gallipoli-félsziget nyugati vonalát meredek szakadó-partok jellemzik

A *Gynandrisis sisyrinchium* friszre emlékeztető látványos geofiton



▲ Kilitbahir városka kikötője



▲ A tüskés imola halmai dacolnak a homokkal



▲ Sárga méhbangó

◀ Páva szellőrózsa



Kumkale régi török temetője

(Szili István felvételei)

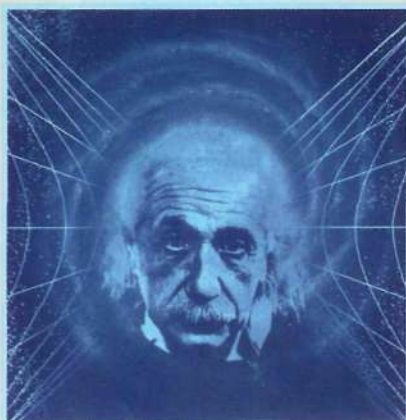
▶ Alexandria Troas – a termálfürdő romjai



Természet Világa

különszámok

**A FIZIKA
SZÁZADA
különszám
2006**



**Megjelenik
februárban
Ára:
690 Ft**

BENCZE GYULA: A fizika éve
NAGY KÁROLY: A huszadik század fizikájáról és világformáló szerepéről
MESKÓ ATTILA: Eötvös Loránd geofizikai vizsgálatai
RADNAI GYULA: Eötvös Loránd és a tudós tanárok társulata
PLÓSZ KATALIN: A fiatal Eötvös Loránd
VINCZE ILDIKÓ: Röntgensugár által átlátszóan
ABONYI IVÁN: „Az elektromosság és gyakorlati alkalmazásai”
GÁBOS ZOLTÁN: A harmadik erdélyi egyetem fizikusai
ABONYI IVÁN: 1905–2005: a relativitáselmélet első százada
VARRÓ SÁNDOR: A fény kettős természete
BENCZE GYULA: Milyen is volt Albert Einstein?
PAUL A. M. DIRAC: Emlékeim egy izgalmas korszakról
HRASKÓ PÉTER: Epizódok a maghasadás felfedezésének történetéből
HARGITTAI ISTVÁN: Szilárd és Fermi
FEHÉR PÉTER: „Neumann és a bomba”
KOVÁCS LÁSZLÓ: Hamvak kereszt alakban
KOSTKA PÁL: A hazai fizikatörténet jeles emléke
JÉKI LÁSZLÓ: A Központi Fizikai Kutatóintézet
MARX GYÖRGY: Szépség és fizika
TORÓ TIBOR: József Attila transznegatívum elmélete és az anyag-antianyagszimmetria(sértés)
VICTOR F. WEISSKOPF: Embertelen-e a fizika?
VICSEK TAMÁS: Biológiai rendszerek modellezése
TICHY GÉZA: Szilárdtestfizika
PAP LÁSZLÓ: A XX. század elektronikája és a fejlődés irányai
PATKÓS ANDRÁS: Mi jöhet Einstein után?

**Még kapható a
KÉMIA
különszámunk!**

A 116 fekete-fehér és 4 színes oldalon
megjelent Kémia különszámunk
korlátozott példányban megvásárolható
Közlönyboltunkban és
szerkesztőségünkben



Nobel-díjasok, akadémikusok,
a szakma kiváló művelői csaknem
30 nagyobb tanulmányban
tárják eléink a kémia eredményeit,
fejlődésének irányait,
valamint mindennapjainkat
formáló szerepét

Ára: 825 Ft

A Fizika különszám február elejétől megvásárolható a fővárosi és a vidéki újságárusoknál, valamint a Közlönyboltban (tel./fax: 267-2780) és szerkesztőségünkben (318-7506), cím: 1085 Budapest, Somogyi Béla u. 6.
Megjelenik az OTKA, a Magyar Szabadalmi Hivatal, a KPI és a Természet–Tudomány Alapítvány támogatásával

