Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY • 150. évf. 6. sz. • 2019. JÚNIUS ÁRA: 800 Ft
Előfizetőknek: 670 Ft

TÁGULÓ UNIVERZUM
BELSŐ ERŐK BEFOLYÁSA
VESZÉLYBEN AZ EMBERISÉG
ÖSSZETARTÓ KÖZÖS ÉGBOLT
A SZÚNYOGOK VISELKEDÉSE
VÉDETT ÉS NEM VÉDETT HALAINK

1

2

3

4

5

A pásztorok tudása elengedhetetlen bolygónk megóvásához

(Molnár Ábel felvételei)

1. Külön utakon
2. A természet ölén
3. Délutáni pihenő
4. Teljesség
5. Szomjoltás

Természet Világa

A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
KIRÁLYI MAGYAR
TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
150. ÉVFOLYAMA

2019. 6. sz. JÚNIUS
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi Díjas folyóirat

Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap,
az Emberi Erőforrások Minisztériuma,
az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő,
a Magyar Művészeti Akadémia,
Magyar Tudományos Akadémia és a
Nemzeti Tehetség Program támogatásával.

Főszerkesztő: GÓZON ÁKOS

Szerkesztőség:
1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.
Telefon: 06–1–327–8950, fax: 06–1–327–8969
E-mail-cím: info@termvil.hu
Internet: termvil.hu

Felelős kiadó:
PIRÓTH ESZTER
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

Kiadja a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06–1–327–8900

Nyomás:
PAUKER Nyomda

Felelős vezető:
Vértes Gábor

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

Korábbi számok megrendelhetők:
Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06–1–327–8950
e-mail: info@termvil.hu

Előfizetés, reklamáció:
Magyar Posta Zrt.
Telefon: 06–1–767–8262
E-mail: hirlapelofizetes@posta.hu
Internet: eshop.posta.hu
Postacím: MP Zrt., Budapest 1900.

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

Előfizetési díj:
fél évre 4200 Ft, egy évre 8040 Ft

TARTALOM

LŐRINCZ HENRIK: Értjük-e a táguló Univerzumot? – Még látom, de már el nem érhetem 242
TRÁJER ATTILA JÁNOS: A szúnyogok viselkedése és az azt meghatározó tényezők – A vérszíváson és a zümmögésen túl 248
BABINSZKI EDIT: Másfél évszázad földtudomány – Pillantás a föld alá – térképekkel 254
SZABADOS LÁSZLÓ: Az IAU centenáriumára – A közös égbolt összetart ... 260
TEGZES MÁRIA: Interjú Molnár Zsolttal - Veszélyben az emberiség, ha eltűnik a biológiai sokféleség? 265
SZOUCSEK ÁDÁM: Mélyben megfontolt döntések – A belső erők befolyása 271
FARKAS CSABA: A szigetszerűen előfordulóktól az invazívakig – Védett és nem védett halaink 274
VENETIANER PÁL: 150 sor a XXI. századi tudományról – Módszertani forradalom négy tételben 278
HÉRINCS DÁVID: 2018-2019 telének időjárása – Többnyire száraz és enyhe tél, havasabb januárral 281
FOLYÓIRATSZEMLE 284
HÍREK 286

Címlapképünk: Pásztorkampó (Molnár Ábel felvétele)

Borítólapunk második oldalán: A pásztorok tudása elengedhetetlen bolygónk megóvásához (Molnár Ábel felvételei)

Borítólapunk harmadik oldalán: A XXVIII. Természet-Tudomány Diákpályázat díjátadója képekben (Mészáros Ildikó és Trupka Zoltán felvételei)

Mellékletünk: A XXIX. Természet – Tudomány Diákpályázat versenyszabályzata; A XXVIII. Természet – Tudomány Diákpályázat díjátadója; A XXVII. Természet – Tudomány Diákpályázat cikke (Gudor Noémi: M. Vásárhelyi Tőke István, az erdélyi fizikaoktatás egyik nagy művelője)

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

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

Főszerkesztő-helyettes:
PÁSZTOR BALÁZS (pasztor.balazs@eletestudomany.hu; 06–1–327-8952)

Szerkesztők:
TEGZES MÁRIA (tegzes.maria@ termvil.hu; 06–1–327–8954)
LŐRINCZ HENRIK (lorincz.henrik@ termvil.hu; 06–1–327–8961)
NYERGES GYULA (nyerges.gyula@ termvil.hu; 06–1–327–8960)
SZOUCSEK ÁDÁM (szoucsek.adam@ termvil.hu; 06–1–327–8951)

Tervezőszerkesztő: LÉVÁRT TAMÁS

Szerkesztőségi irodavezető:
DEME LÍVIA (info@termvil.hu; 06–1–327–8950)

ÉRTJÜK-E A TÁGULÓ UNIVERZUMOT?

Még látom, de már el nem érhetem

A Világegyetem fejlődését leíró ősrobbanás-elmélet legtöbb eleme a megfigyelések által ma már kellően megalapozottnak tekinthető. Vannak persze olyan alapvető következtetései, amelyek mindmáig folyamatos ellenőrzés és vizsgálat tárgyát képezik. Az Univerzum gyorsuló tágulására utaló bizonyítékok immár csaknem két évtizedesek, a folyamatért felelős sötét energia természete azonban ma is ismeretlen. A kozmológusok várakozása szerint a modern, precíziós megfigyelési eszközök megjelenésével számos eddig eldönthetetlen kérdés válik majd megválaszolhatóvá a közeljövőben.

A kutatók számára kihívást jelentő részletkérdések helyett azonban fordítsuk most figyelmünket az Univerzum egységes tágulását leíró alapvető dinamikai jellemzők felé. Ezeket illetően számos téves elképzelés vagy pontatlanul használt fogalom használatos az ismeretterjesztő, de néha még a tudományos írásokban is. Ezek a tévhitekként rögzülni képes elképzelések legtöbbször természetesen a hiányos ismeretekből eredeztethetőek, de a kozmológiai témájú ismeretterjesztésben rendszerint alkalmazott leegyszerűsítő, a matematikai leírás helyett a fizikai lényeget megragadó hasonlatok óvatlan túlgondolása is könnyen vezetheti a laikus gondolkodót ellentmondásos zsákutcába. Ebben az írásban a standard kozmológiai modell keretein belül hozunk néhány példát az írott és az online felületeken olykor megjelenő, az Univerzum tágulásával összefüggő jelenségeket érintő gyakori félreértésekre. Fejtegetésünkben az elméleti utat választjuk, vagyis az elmúlt évtizedek kozmológiai megfigyeléseit legpontosabban leíró elméleti keretrendszert használjuk, amelynek fizikai és matematikai eszköztárát az általános relativitáselmélet szolgáltatja.

Alapelvek

Jelenlegi tudásunk szerint az Univerzum kellően nagy léptéken vizsgálva homogén és izotróp, vagyis helytől és iránytól függetlenül azonos tulajdonságú. Természetesen kisebb skálákon vizsgálva nem ilyen, hiszen lokálisan nyilvánvaló az anyag csomósodása (csillagok, galaxisok, stb.), a XX. század megfigyelési eredményei (galaxis-térképezések, a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás vizsgálata) azonban mind megerősítik ezt a felismerést, amelyre kozmológiai elv néven hivatkozunk (**1. ábra**). (A kozmológiai elv szigorúan csak a homogenitás fennállását jelenti, földi megfigyelésekkel azonban csupán az izotrópia igazolható, ami nem kitüntetett helyünk feltételezésével együtt már implikálja a homogenitás teljesülését). Ez a feltételezés rendkívül hasznos, hiszen az Univerzum fejlődését leíró modellekben kihasználhatjuk ezt a fontos szimmetriatulajdonságot. Egyrészt ez az erős szimmetria, a Világegyetem térbeli egyenletessége teszi lehetővé az Univerzum egészére alkalmazható időfogalom, vagyis az „adott pillanat" definiálását. Másfelől már viszonylag egyszerű dinamikai megfontolásokkal is belátható, hogy a kozmológiai elvnek megfelelő Univerzum egy

adott pillanatban vagy egységesen összehúzódik vagy statikus, esetleg tágul, más, bonyolultabb megoldások teljességgel kizárhatóak.

Edwin Hubble 1920-as években, a korszak legnagyobb távcsövein tett megfigyelései megmutatták, hogy a távoli galaxisok a távolságukkal arányos sebességgel távolodnak tőlünk, pontosan olyan módon, ahogyan az a kozmológiai elvből a tágulás folyamatára elméletileg is adódik. Vagyis:

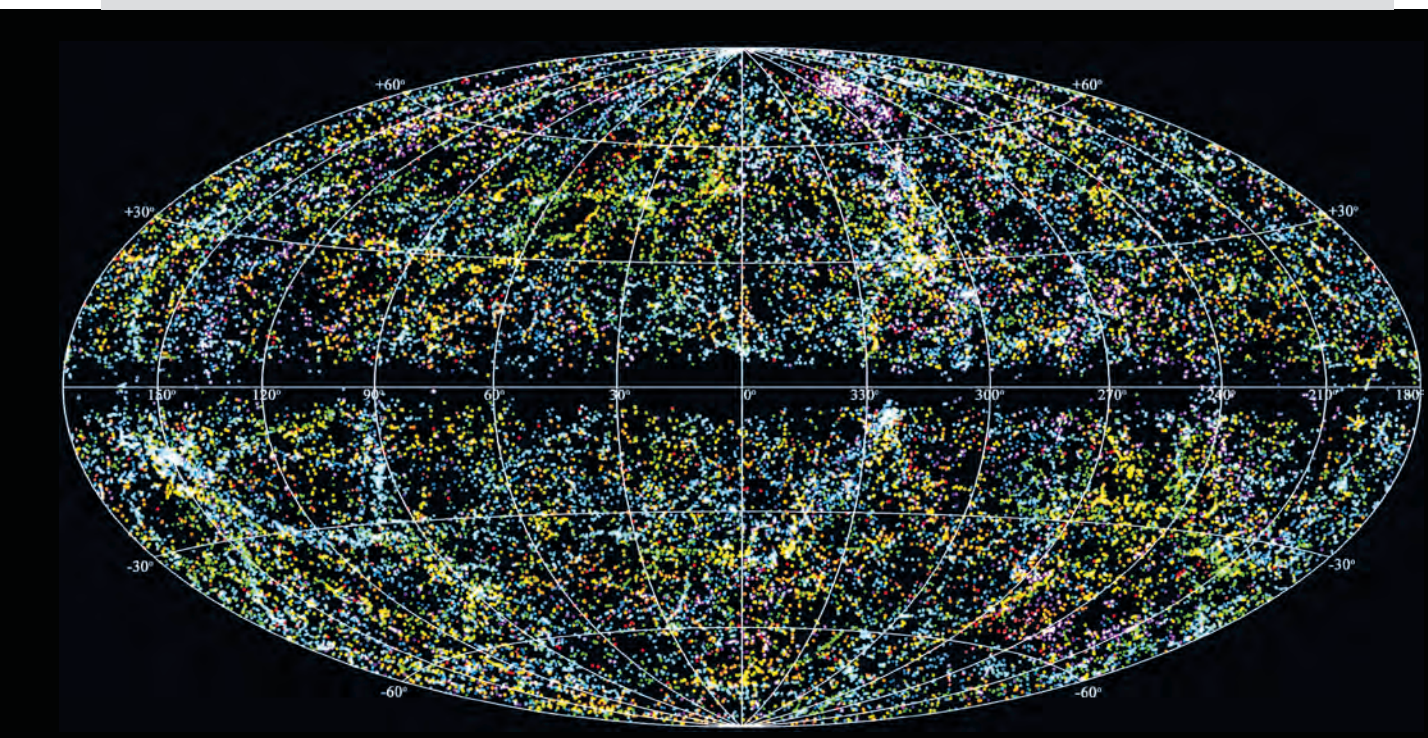
$$v = H_o r$$

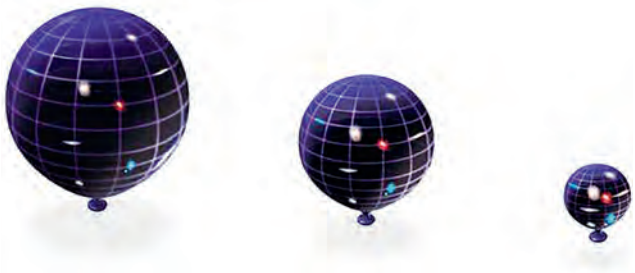
ahol v a galaxis távolodási sebessége, r a távolsága, H_o pedig a Hubble-konstans (ma ismert értéke kb. 70 km/s/Mpc, ahol 1 Mpc nagyjából 3,3 millió fényév).

Az Univerzum tehát tágul, a galaxisok távolodnak tőlünk, de pontosan fogalmazunk-e, ha azt állítjuk, hogy a galaxisok mozognak? Meglepő módon nem egészen! Itt érdemes is mindjárt az Univerzum topológiai szerkezetének és a tágulás néhány figyelemreméltó vonására rámutatni, melynek megértése kulcsfontosságú. Először is, noha minden távoli galaxis egyre távolabb kerül tőlünk, sem a Föld, sem pedig a világűr egyetlen más pontja sincs az Univerzum középpontjában. A kozmológiai elv kizárja a kitüntetett középpont létezését, mint ahogy egy felfújódó lufi kétdimenziós felszínének sincsen középpontja (ebben az analógiában is fontos, hogy csak a számunkra lényeges részletre koncentráljunk, vagyis csak a lufi felülete analóg a mi világunkkal, a lufi belseje — és ezzel középpontja — nem tartozik a modellhez). Zavarba ejtő, de mindenképpen demokratikus gesztus a Világegyetem részéről, hogy ennek látszólag ellentmondva minden megfigyelő kitüntetettnek érezheti magát (**2. ábra**). Másodszor nem helyes, ha azt gondoljuk, hogy a galaxisok távolodnak egymástól a "világűrön át", vagy másként kifejezve a galaxisok mozgásukkal "beletágulnak" a már eleve meglévő üres térbe. Sokkal pontosabb az a kép, hogy a tér önmaga tágul és növekedése közben magával ragadja a benne lévő galaxisokat. A Földről megfigyelt távolodó mozgás eredete tehát nem egy térbeli mozgás, hanem magának a térnek a folyamatos "széthúzódása". (Itt igyekezzünk kerülni pl. a tér "kifelé irányuló tágulása" kifejezést, hiszen a világ izotróp, így nincs semmiféle értelmezhető "kifelé", ez megint csak félreértésekhez vezet!). Az Univerzumban lévő anyagnak a tér tágulásából származó elmozdulását nevezzük Hubble áramlásnak (**3. ábra**).

A Világegyetemben megfigyelt objektumok egymástól mért távolságának változását két összetevőre választhatjuk szét. Egyrészt a Hubble áramlásból adódó, ill. ettől függetlenül magán a téren keresztül történő, lokális mozgásokból származó komponensekre. Az előbbi elmozdulásban minden anyag részt vesz, az utóbbi, un. pekuliáris mozgás nem minden anyagformára jellemző (ha a tágulást gondolatban megállítjuk, csak ez a mozgás maradna meg). Nem jellemző például a galaxisokra sem, vagyis a galaxisok egy, a térrel együtt nyúló, együttmozgó koordinátarendszerben nem mozognak számottevően. Az általános relativitáselméletben a koordinátarendszer-választás nagy mértékben önkényes, az Univerzum speciálisan szimmetrikus

1. ábra. A 2MASS Redshift Survey program 10 évig tartó galaxis felmérésének eredményeként kapott térkép 380 millió fényéven belül több mint 43 000 galaxist tartalmaz. A galaxisok eloszlása szálas szerkezetű struktúrákat tár fel, de eloszlásuk a Tejútrendszer fősíkjában található kitakarástól eltekintve nagy léptéken izotróp.





2. ábra. Egy táguló kétdimenziós gömbfelszínen nem található tágulási centrum. Bármely felszíni megfigyelő saját magát érezheti középpontnak. Egy ilyen zárt Univerzum véges, de határ nélküli.

anyageloszlása esetén azonban lehetséges olyan koordinátákat választani, amiben az anyagdarabok (pl. a galaxisok) nagyjából állnak.

A Hubble szféra

Előforduló hiba, hogy némely kitüntetett kozmikus határfelület, vagy horizontfelület pongyolán kerül említésre, a tágulási folyamatban könnyen félreértelmezhető szerepük miatt a továbbiakban ezekkel foglalkozunk. Köznapi értelemben horizonton valamiféle látóhatárt értünk, azonban a kozmológiában, a különböző horizontok értelmezésekor pontosabb definícióra lesz szükség. Az első, horizontnak tűnő (később majd kiderül, hogy miért nem az) felületet mindjárt a Hubble törvényből származtathatnánk, hiszen, ha $v = H_0 r$, akkor létezik olyan R_H távolság, amelyre $c = H_0 R_H$. Az R_H az ún. Hubble sugár, az a távolság, ahol a galaxisok távolodási sebessége tőlünk számítva éppen c fénysebesség (c = 299 792 458 m/s). Tehát, a Hubble szféránkon belüli objektumok a Hubble áramlásból adódóan a fénysebességnél kisebb, az ezen túl lévők fénysebességnél nagyobb tempóval távolodnak tőlünk. Az Univerzum mérete ma még nem ismert (az is lehet, hogy végtelen), de az biztos, hogy a Hubble sugárnál sokkal nagyobb, így a Világegyetem legtöbb galaxisa hozzánk képest a fénysebességet meghaladó sebességgel távolodik. Nincs ez ellentétben a speciális relativitáselmélet azon állításával, mely szerint a fénysebességnél semmi sem haladhat gyorsabban? Nincs, mivel ez az állítás csak a téren keresztül történő mozgás sebességére, a pekuliáris sebességre vonatkozik, ami a galaxisok esetében elhanyagolható. A speciális relativitáselmélet inerciarendszerekben érvényes. A Világegyetem egészére azonban nem értelmezhető egy globális inerciarendszer, csak lokális rendszerek sokaságával lehet "lefedni", mint ahogy a Föld teljes felszínéről sem lehetséges torzításmentesen egybefüggő, kétdimenziós síktérképet készíteni. A Föld felszínének minden kellően kis része lefedhető sík papírlapokkal (térkép), ezek azonban nem illeszthetőek össze torzításmentesen egy nagy gömbbé. Hasonlóan nem illenek össze az Univerzumban értelmezett lokális inerciarendszerek sem. A lokális inerciarendszerek egymáshoz képest mozoghatnak fénysebességet meghaladó sebességgel (ha az elmozdulást mozgásként értelmezzük), a távoli galaxisok nem közös inerciarendszerben mozognak. A látszólagos ellentmondás tehát itt abból származik, hogy egy adott pontbeli megfigyelő a saját lokálisan érvényes koordinátarendszerét a végtelenségig kiterjeszti.

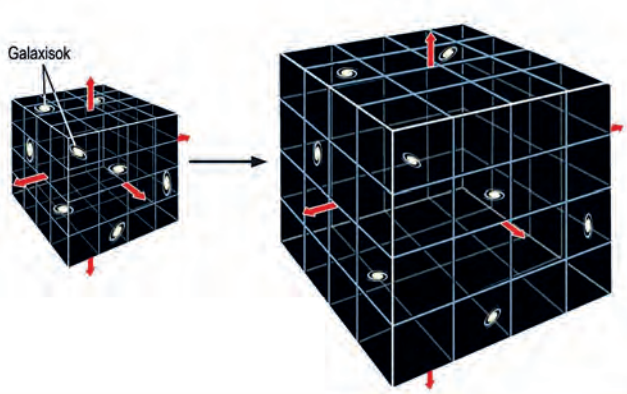
A fotonok azonban éppen c nagyságú pekuliáris sebességgel mozognak, így az irányunkba tartó fénysugarak a Hubble szférán belül lévő galaxisokról közelednek, az azon kívüliekről viszont szükségképpen távolodnak tőlünk. Tehát ez utóbbiak nem érnek el hozzánk, ahhoz hasonló módon, ahogyan egy kellően gyors, szembe járó mozgólépcsőn mi sem tudunk feljutni az emeletre. De valóban nem jutnak el hozzánk ezek a fénysugarak? A Hubble szférán kívüli galaxisokat sosem láthatjuk?

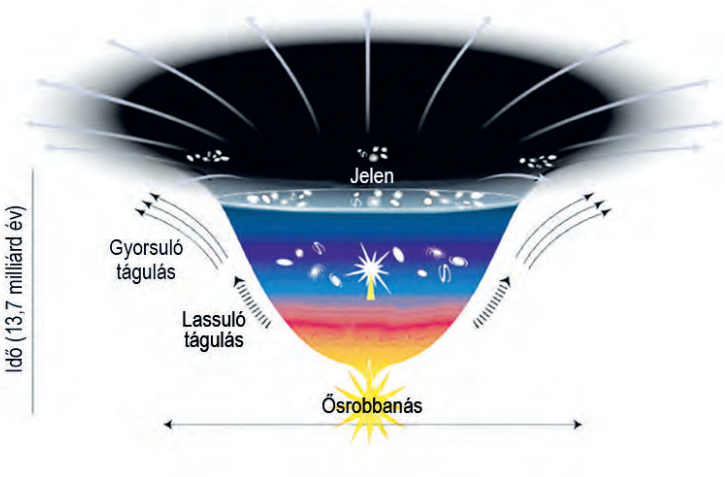
Ahhoz, hogy továbbléphessünk és választ adhassunk a kérdésre, az Univerzum múltjába kell betekintenünk! Mindeddig csak a jelenben egyenletesen táguló Univerzum pillanatnyi képét képzeltük magunk elé, most azonban a tágulás egész folyamatát próbáljuk meg a Világegyetem teljes élettartalma alatt rekonstruálni. A tágulás vajon mindvégig ugyanolyan ütemben zajlott? Egyáltalán mi okozza?

A tágulás oka

A Világegyetem tágulásáért a benne lévő anyag gravitációs hatása a felelős. A négy alapvető kölcsönhatás közül kettő (az erős és a gyenge) csak atomi szintű távolságokon érvényesül, ezért közetlen kozmológiai

3. ábra. A homogén és izotróp tágulás során a felfújódó tér magával ragadja a benne lévő anyagot (Hubble áramlás).





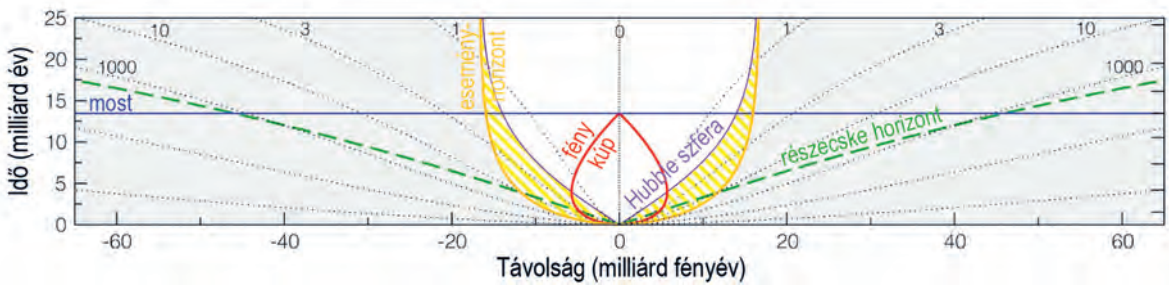
4. ábra. Az Univerzum belátható részének növekedése az idő múlásával. A kezdetben lassuló tágulás 7 milliárd évvel ezelőtt gyorsuló ütemű tágulásba váltott.

befolyásuk nincsen a tér dinamikájára. Az elektromágneses kölcsönhatás ugyan végtelen hatótávolságú, a két ellentétes töltés azonban globális szinten kioltja egymást, a töltéssel rendelkező anyag nagy léptékeken vizsgálva semleges eleggyé simul. Az egyetlen nagy hatótávolságú, leárnyékolhatatlan kölcsönhatás a gravitáció, így alapvetően ez az erő határozza meg az Univerzum globális dinamikáját, annak ellenére, hogy sok nagyságrenddel gyengébb, mint a többi. Az általános relativitáselmélet a gravitációt téridő görbületként értelmezi, amelynek forrása az összes fellelhető anyagforma. Ha tudjuk, hogy milyen anyagformák vannak jelen, akkor az elmélet egyenletei segítségével a Világegyetem dinamikai fejlődése matematikailag leírható. A megfigyelések azt mutatják, hogy a különböző kozmológiai korszakokban más-más anyagfajták domináltak az Univerzum összetételében. Az ősrobbanás utáni, kezdeti sűrű és forró részecskeplazmát követően az Univerzumban a sugárzás (fotonok), majd a nyomásmentes nemrelativisztikus anyag (barionok és sötét anyag) a főszereplő, ezt követően pedig a sötét energia veszi át az Univerzum tágulási ütemének irányítását. Ezek az anyagformák különböző tulajdonságúak, különböző állapotegyenlettel írhatóak le és az általános relativitáselmélet egyenletein keresztül eltérő gravitációs hatást fejtenek ki a különböző korokban, így szükségképpen a tér különböző típusú és mértékű tágulási folyamatait indukálják. Ezek szerint a kezdeti lassuló ütemű tágulás 7 milliárd évvel ez előtt a sötét energia térnyerésével gyorsuló ütemű tágulásba váltott (**4. ábra**).

Az egyenletekből az is levezethető, hogy a H_0 Hubble konstans a nevével ellentétben az idő folytonosan változó függvénye. Edwin Hubble egyébként nem beszélt a róla elnevezett konstans időbeli állandóságáról. Amit ő kapott eredményül, az az égbolt különböző irányaiban lévő galaxisok sebessége volt, mely adatokat a távolság függvényében ábrázolva egy egyenesre illeszkedő ponthalmaz rajzolódott ki (akkor még eléggé diffúz módon). Ennek az egyenesnek a meredeksége a Hubble állandó, vagyis az állandóság igazából a térbeli irányra vonatkozik.

Belátható, hogy annak ellenére, hogy az Univerzum jelenleg gyorsulva tágul, a Hubble konstans a legtöbb kozmológiai modellben folyamatosan csökken. Sőt, értéke mindig is csökkenő volt az Univerzum nagyon korai, kezdeti korszakát követően. A Hubble sugár jelenlegi értéke mintegy 14,5 milliárd fényév, és a Hubble konstans csökkenésével egyre nő. Ez a távolság a következőképpen értelmezendő: ha gondolatban megállítanánk az Univerzum tágulását, akkor egy fényjelnek 14,5 milliárd év kellene, hogy ezt az utat megtegye. Az Univerzum és a Hubble szféra tágulása azonban nincs szinkronban, abban az értelemben, hogy a képzeletbeli Hubble rádiusz kezdetben sorra megelőzi a Hubble áramlásban résztvevő galaxisokat, majd a 7 milliárd évvel ezelőtt kezdődő gyorsuló korban már lemarad tőlük, vagyis az éppen a Hubble szféra határán elhelyezkedő galaxisok kilépnek abból. Másként fogalmazva, a Hubble szféra, bár egyre nagyobb tényleges térfogatot tölt be, az Univerzum egyre kisebb fizikai részét tartalmazza. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy a Hubble sugár által definiált felület semmiképpen nem jelent valódi horizontot, hiszen a fény és maga a galaxisok is keresztülhaladhatnak rajta

5. ábra. A NASA Hubble űrtávcsöve által 2012-ben készített Ultra Deep Field felvételen a Világegyetem legkorábban kialakult galaxisai tárulnak fel. A képen látható halvány galaxisok többsége mindig is a fénysebességet jóval meghaladó sebességgel távolodott tőlünk. Ezek a galaxisok az eseményhorizontunkon messze túl vannak, kommunikálni velük a mai kozmológiai modellek szerint már nem lennénk képesek.



6. ábra. A könnycsepp alakú piros fénykúp az Univerzum ma megfigyelhető téridőpontjait köti össze. A fénykúp alsó részén ($t < 7$ milliárd év) tőlünk távolodtak a fotonok, amelyek később a szubluminális régióba (Hubble szféra) belépve közelednek felénk. A lila vonal a Hubble szféra, a sárga az eseményhorizont menetét mutatja. A zöld szaggatott vonal a részecskehorizontot jelenti. A pontozott vonalak a térrel együttmozgó galaxisok idővonalai (különböző vöröseltolódással).

mindkét irányban (ellentétben a fekete lyukak közismert eseményhorizontjával, amely csak egy irányban átjárható). A legtöbb galaxis, amit megfigyelhetünk (legalábbis elméletben, hiszen ezek jellemzően igen halványak) mindig is a Hubble szférán kívül volt, vagyis annak ellenére láthatóak, hogy sosem voltak a szférán belül. Ennek az az oka, hogy egy ilyen távoli galaxisról származó fény kezdetben valóban távolodott tőlünk (mint maga a galaxis is), de a felénk irányuló, távolodó fotonokat a Hubble szféra egyszer csak utolérte, és ettől a pillanattól kezdve már valójában közelednek felénk és idővel el is érnek bennünket (a fényt kibocsájtó galaxis továbbra is a Hubble szférán kívül van). Tehát a csillagászok rutinszerűen figyelnek meg galaxisokat, amelyek mindig is a fénysebességet meghaladó sebességgel távolodtak tőlünk (**5. ábra**).

Valódi horizontok

Valódi kozmikus horizontként értelmezhető az eseményhorizont. Az eseményhorizonton kívüli tértartományok azokat a pontokat (galaxisokat) jelenti, ahonnét a jelenben, felénk kibocsájtott fotonok sosem érnek el minket. Vagyis az eseményhorizonton túli galaxisok mai képét sosem fogjuk megismerni, mert a ma róluk induló fényjelek nem jutnak el hozzánk az Univerzum jövőjében (akár végtelen jövőjében sem). Az eseményhorizont valódi horizont, hiszen kauzálisan választ el bennünket a téridő tartományaitól. Mindez azt is jelenti, hogy ezekkel a galaxisokkal — bár még látszanak, sok millió évvel ez előtti állapotukban — már nem leszünk képesek semmilyen kapcsolatot teremteni a jövőben (és vica versa).

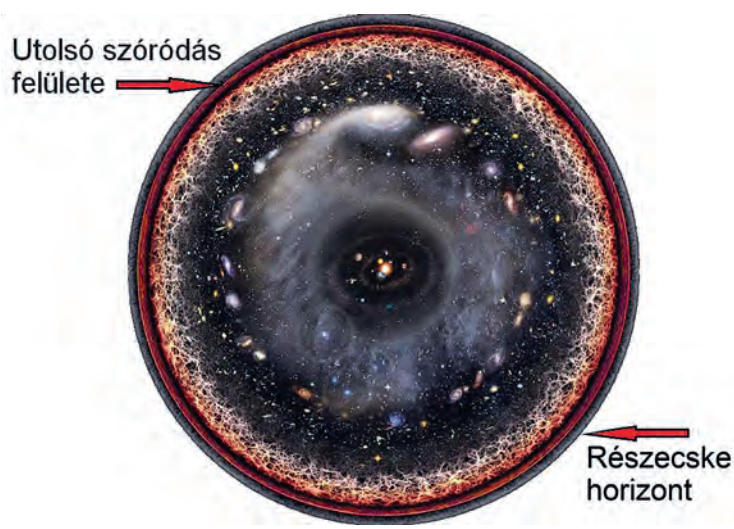
Eseményhorizont abban az esetben létezik körülöttünk, ha a fénysugár csak véges távolságot tehet meg az Univerzum teljes élettartama alatt. Ez akkor következhet be, ha a Világegyetem véges élettartamú, vagy ha a tágulása olyan mértékű, hogy a fény végtelen idő alatt sem képes végtelen távolságra jutni. Ha a sötét energiát, mint az általános relativitáselmélet egyenleteiben megjelenő konstanst értelmezzük (ΛCDM modell), akkor az Univerzum tágulása exponenciálissá válik és éppen ez a helyzet áll elő. Tehát a kozmológiai konstanst tartalmazó világmodellekben szükségképpen létezik eseményhorizont. (A sötét energia mibenlétére többféle hipotézis van, a két legfontosabb szerint az vagy egy anyagfajta, mint ahogy eddig utaltunk rá, vagy az egyenletekben megjelenő univerzális paraméter). A jelenlegi modellek szerint a kozmikus eseményhorizont távolsága tőlünk 16,7 milliárd fényév. A ma megfigyelhető, $z \approx 1{,}8$ vöröseltolódású galaxisok éppen most kerülnek kívülre az eseményhorizontunkon (vöröseltolódásnak a megfigyelt elektromágneses hullámok hullámhosszának a kibocsátott hullámhosszhoz viszonyított megnövekedését hívjuk, amit a galaxisok fényének esetében a Világegyetem tágulása okoz). Ezek tehát a legtávolabbi galaxisok, amelyeknek a mostani állapotáról még információt nyerhetünk a jövőben. Az ennél távolabbiak esetében a ma történései számunkra örökre rejtve maradnak.

Az **6. ábra** egy téridő diagram, amely egy homogén és izotróp, kozmológiai konstanst (Λ) és hideg sötét anyagot (CDM) tartalmazó Univerzum tágulását mutatja be. A kozmológiai paraméterek a megfigyelésekhez legjobban illeszkedők. Ezen az ábrán nem együttmozgó koordinátákat használunk (hiszen a pontozott vonalakkal ábrázolt galaxisok idővonalai görbék). Távolságot úgy számolhatunk, hogy az Univerzum tágulását gondolatban befagyasztva fényjelek segítségével időt mérünk két pont között. Ha ezt az Univerzum minden időpillanatában elvégezzük és egyberajzoljuk, akkor jutunk az ábrán megrajzolt idővonalakhoz és a vízszintes tengelyen feltüntetett távolságadatokhoz. Az idő múlása felfelé követhető (minden vízszintes metszet az Univerzum egy adott pillanatához tartozó állapot).

Az ábrán megfigyelhető a kapcsolat a galaxisok, a szemünkbe érkező fénysugár, a Hubble szféra, az eseményhorizont és a még nem érintett részecskehorizont

között. Ez utóbbi azt a távolságot jelenti, amit a fénysugár az Univerzum kezdete óta eddig megtett, míg az eseményhorizont azt a távolságot, amit az eljövendő időben még befuthat. A legszigorúbban értelmezett horizontot a részecskehorizont jelenti, hiszen az azon túli objektumokat még sosem láthattuk, mert az eddig eltelt 13,8 milliárd év alatt a fényjel róluk nem érkezhetett a szemünkbe. A számítások szerint a részecskehorizont távolsága tőlünk 46 milliárd fényév, vagyis a belátható Univerzum átmérője jelenleg mintegy 92 milliárd fényév. Fontos hangsúlyozni, hogy egy foton sem utazott 46 milliárd fényévet a téren keresztül, pontosabb úgy fogalmazni, hogy a legtávolabbi látható objektum távolodott az Univerzum tágulása során ilyen messzire. Rögtön szükséges is itt ezt illetően egy lényeges kiegészítés.

A Világegyetemet 380 000 éves koráig forró, átlátszatlan plazma alkotta. A plazmában a fotonok szabad úthossza (két ütközés közötti átlagos távolság) rövid, erősen szóródnak a jelen lévő töltött részecskéken (elektronokon). Ezt követően, az Univerzum hőmérsékletének további csökkenésével megtörténik az atomi szerkezet kialakulása (rekombináció). A Világegyetem történetében először létrejön az atommagok és az elektronok elektromosan semleges kötött rendszere, amely már nem szórja a fotonokat, így azok ettől az időponttól kezdve szinte zavartalanul száguldhatnak az átlátszóvá váló térben. Ezeket az elektromágneses hullámokat a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás (KMHS) formájában ma is megfigyeljük, az így észlelt fotonok az Univerzum azon legtávolabbi pontjaiból származnak, ahonnét valódi fényjelek indultak felénk. Ezt a felületet az utolsó szóródás felületének nevezzük (**7. ábra**). Ennél messzebb az elektromágneses hullámok segítségével nem láthatunk az Univerzum múltjába, és természetesen objektumok (galaxisok, csillagok) sem léteztek, amelyek fényjelet küldtek volna felénk (más típusú információ, mint például gravitációs hullámok persze érkezhetnek, ezeket ebben az értelemben nem "látjuk" majd észlelésükkor, hanem más módon érzékeljük).



7. ábra. A most szemünkbe érkező fényjelek a téridő különböző korszakaiból származnak. A legtávolabbi pontból, az utolsó szóródás felületéről érkező fényjel az univerzum 380 000 éves állapotáról mesél. Az ezen túli téridőtartományról talán a gravitációs hullámok fognak majd információval szolgálni.

Rövid összefoglalásként emeljünk ki újra néhány lényeges következtetést. Először is, tetszőleges megfigyelőhöz képest léteznek fénysebességet meghaladó sebességgel távolodó galaxisok, így a tágulásnak vannak szuperluminális (fénysebességnél gyorsabb) és nem-szuperluminális (fénysebességnél lassabb) régiói (Hubble szféra). A speciális relativitás elméletéből ez nem következik, azonban ez az elmélet nem alkalmazható az Univerzum globális tulajdonságainak leírására. Gyakori félreértés, hogy az Univerzum nagyon korai szakaszában bekövetkező roppant gyors inflációs felfújódást jellemzik fénysebességnél gyorsabb üteműnek. Mint belátható, az Univerzum mindig is a fénysebességnél gyorsabban tágult, abban az értelemben, hogy a Hubble szféra átmérője mindig kisebb, mint a belátható Univerzum (mindig található két megfigyelő, akik fénysebességnél gyorsabban távolodnak egymástól). Másodszor, az Univerzum 13,8 milliárd éves történelme során a tágulás dinamikája változó, kezdetben lassuló, majd gyorsuló (nem érintve itt az előbb említett korai rövid inflációs szakaszt), s ennek következménye az, hogy a hozzánk képest fénysebességet meghaladó tempóban távolodó galaxisok egy része megfigyelhető.

A jelenlegi gyorsuló ütemű tágulás exponenciálissá váló mértéke azt a jövőképet festi elénk, hogy egyre több galaxis repül ki az eseményhorizontunkból, vagyis az Univerzum egyre szűkülő, fizikailag létező részével maradunk kommunikációképes kapcsolatban, s idővel végül a legtöbb galaxis elhalványul és eltűnik a szemünk elől. Az Univerzum jövőjének kulcsa a sötét energia pontos tulajdonságaitól függ, valóban kozmológiai konstansként írható le, vagy talán más jellemzőkkel bír. Arról sem feledkezhetünk meg, hogy az általános relativitáselmélet talán mégsem a megfelelő modell Világegyetemünk leírására. Minderről azonban még nagyon keveset tudunk, az új generációs megfigyelési eszközök (mint például a gravitációs hullámokat észlelő LIGO obszervatórium) az új elméleti megközelítésekkel karbaöltve várhatóan közelebb visznek majd bennünket a megoldatlan kérdések megválaszolása felé.

LŐRINCZ HENRIK

A SZÚNYOGOK VISELKEDÉSE ÉS AZ AZT MEGHATÁROZÓ TÉNYEZŐK

A vérszíváson és a zümmögésen túl

A szúnyogok által terjesztett fertőző megbetegedések száma emelkedő tendenciát mutat a Földön, amit az elterjedési területük folyamatos bővülése is kísér. A trend hátterében a klímaváltozás hatását feltételezik a kutatók. Európában terjedőben lévő szúnyogok által terjesztett megbetegedés pl. a hazánkban is egyre nagyobb esetszámban előforduló Nyugat-nílusi láz. A klímaváltozáson kívül egyéb emberi hatások, így a földhasználat változása is hozzájárulhat a szúnyogok által terjesztett megbetegedések számának emelkedéséhez.

Az emberiség számára negatív trendek mellett az is aggodalomra ad okot, hogy jelenleg is komoly egészségügyi problémát jelentenek ezek a megbetegedések a trópusi és szubtrópusi területek lakossága számára. Csak maga a malária évente több, mint egymillió gyermek életét oltja ki, főként a Szaharától délre elterülő Afrikában. Magától értetődő, hogy számos kutatás igyekszik megérteni a szúnyogok által okozott veszélyek természetét, várható trendjeit és megtalálni a lehetséges védekezési módokat. A védekezés nem lehetséges a szúnyogok viselkedését, évszakos aktivitását, élőhelyválasztását meghatározó tényezők megértése nélkül. A kutatási célból vagy szúnyogkontrol miatt működtetett különféle csapdák hatékony működése is a szúnyogokra vonzást gyakorló fizikai és kémiai hatások ismeretét tételezi fel. Érdemes külön tárgyalni a szúnyoglárvák és az imágók viselkedési mintázatainak néhány aspektusát és az azokat befolyásoló faktorokat, hiszen eltérő, öröklött idegélettani mechanizmusok szükségesek a túléléshez a két, igen eltérő környezetben élő és anatómiájú fejlődési fázisban.

A ragadozókra adott viselkedési válaszok

Természetes kisvizekben pihenő *Aedes* és *Culex* szúnyoglárvákat megzavarva láthatjuk, hogy azok már a vízre vetülő árnyékunk hatására összerebbennek és a vízfelszín alá merülnek. Az *Aedes aegypti* esetében bizonyos nehézfémek (kadmium, króm és réz) gátolják a lárvák negatív fototaxisát. Ezzel szemben zavarásmentes esetben a *Culex* nemzetség fajainak, valamint az *Aedes fuscus*, *Culiseta inornatus* és *Aedes curriei* lárvái (és bábjai) pozitív fototaxist mutatnak, ami érthető, ha arra gondolunk, hogy normális esetben a víz/légkör határon tartózkodnak légzésük biztosítása végett.

1. kép. Culex nemzetségbe tartozó szúnyoglárvák (bal oldal) (forrás: www.msmosquito.com) és Notonecta undulata hátonúszó poloska (jobb oldal) *(Forrás: https://www.britannica.com/animal/backswimmer).*

Sih (1986) igazolta, hogy a különböző szúnyog fajok lárváinak a potenciális ragadozókra adott válasza öröklött és fajspecifikus. Kisvizekben a hátonúszó poloska fajok (*Notonecta* nemzetség) számára a szúnyoglárvák könnyen elérhető táplálékot jelentenek. A szerző *Notonecta undulata* poloskát juttatott *Culex pipiens* és *Aedes aegypti* lárvatenyészetekbe (**1. kép**).

Ismert, hogy az előző faj lárvái gyakran fordulnak elő olyan természetes vizekben, ahol a hátonúszó poloska is előfordul. Ezzel ellentétben a második szúnyogfaj lárvái meleg, gyakran igen kis vizekben élnek, amit a hátonúszó poloskák nem kolonizálnak. Sih (1986) fő megfigyelései a következők voltak: 1) mindkét faj lárvái kevesebb mozgással és a tartózkodási helyük változtatásával válaszoltak a ragadozó jelenlétére, 2) a *Culex*-lárvák ritkábban estek áldozatul a ragadozóknak, 3) a *Culex*-lárvák az első pontban meghatározott elkerülési stratégiákat nagyobb mértékben mutatták, mint a másik faj lárvái, 4) a *Culex*-lárvák által adott magatartási válasz arányos volt a ragadozók számával, és 5) egyedül a *Culex*-lárvák mutattak predátorellenes viselkedést olyan vízmintákban, amelyekben előzőleg a poloskák fajtársaikat fogyasztották. A szerző azt a következtetést vonta le, hogy ameddig az *Aedes*-lárvák csak a ragadozó okozta direkt zavarásra adtak viselkedési választ (ez közös öröklött válaszreakció lehet több szúnyogfaj esetén), a *Culex*-lárvák az aktuális predációs nyomással kapcsolatos, annak mértékét jelző kémiai faktorok érzékelésére is képesek és arra adekvát elkerülési stratégiával válaszolnak, ami alacsonyabb halandóságukat magyarázza ilyen környezetben.

Fototaxis és táplálékkeresés

Tapasztalati tény, hogy más repülő rovarokhoz hasonlóan a szúnyogok imágóit kifejezetten vonzza a mesterséges világítótestek fehér fénye. A vonzás mértéke azonban fajonként változó. Wilton (1981) *Culex pipiens pipiens* és *Culex pipiens quinquefasciatus* nőstényeinek tesztpopulációit elengedve és fénycsapdával ismét foglyul ejtve azt találta, hogy az első alfajt vonzotta nagyobb mértékben a mesterséges fény, a másodikat kevésbé. A szerző a két alfaj hibridjeit is létrehozta, és azt tapasztalta, hogy ezek visszafogási aránya a fénycsapdával a két alfaj közötti értéket mutatott. Mindenesetre a fénycsapdák hatékonyságához kétség nem férhet (**2. kép**).

A legtöbb szúnyogfaj nőstény egyede a melegvérű állatok és az ember vérét fogyasztja, de vannak kétéltűek vérét szívó fajok is (pl. *Culex martinii*). A gazdaállatok felkeresése és az eredményes vérszívás összetett alkalmazkodást és komplex anatómiai és viselkedési válaszokat követelt meg az evolúció során a szúnyogoktól, aminek vezérlésében alapvető szerepe van a szúnyogok szaglásának. A szúnyogok szagérzékelése nem csak táplálékkereső magatartásukat határozza meg alapvetően, de szexuális és szaporodóhely-találási képességüknek is fontos letéteményese (**3. kép**).

A szén-dioxid-koncentráció érzékelése minden esetben központi helyet foglal el a gazdaszervezet lokalizációjában és gyakorlatilag minden szúnyog faj számára fontos jelzés (ti. az állatok szén-dioxidot lélegeznek ki; a melegvérű állatok fokozott anagycseréjük miatt többet, mint a hüllők vagy a kétéltűek). Emellett számos, a vért „szolgáltató" állatfajra jellemző szignált is érzékelnek a

2. kép. Fénycsapda működés közben *(Forrás: https://www.youtube.com/watch?v=14jrliK6TBo).*

3. kép. Emberi testfelszínen táplálkozó nőstény szúnyog *(Forrás: https://www.thespruce.com/what-attracts-mosquitoes-to-us-2656195).*

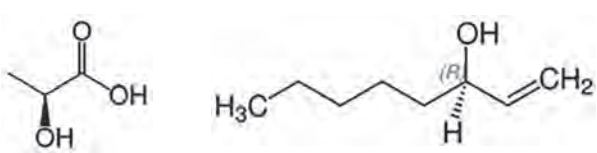
szúnyogok, ami vérforrástól függően eltérő és fajspecifikus lehet. Például, a különböző zsírsavak és a tejsav, amik az emberi izzadmányban különösen nagy mennyiségben fordulnak elő, érzékelhetők és vonzók számos, kifejezetten vagy alkalmilag embervért fogyasztó szúnyog számára. Az 1-oktén-3-ol (oktenol) és a szén-dioxid együttese a legfontosabb vonzerő az embervért kedvelő szúnyogok számára. Nemcsak az ember, de pl. a szarvasmarhák is kibocsátják az oktenolt (**4. kép**).

A malária szúnyogok közül az *Anopheles gambiae* — a *Plasmodium falciparum*, a malaria tropica okozójának legjelentősebb terjesztője — esetében kimutatták, hogy a csak a nőstény szúnyogokban termelődő AgOr1 proteinnek alapvető jelentősége van az emberi izzadságot érzékelni képes receptor kifejezésében. A receptorok fehérjéit kódoló génszakaszok jobb megismerésétől remélik a malária szúnyogok elleni védekezés egyik lehetséges, specifikus módjának kifejlesztését. Itt megjegyzendő, hogy egyes csapdafajták nem csak a fény, hanem a szén-dioxid vagy egyes vegyületek szúnyogokra kifejtett vonzó hatását is kihasználva működnek. Más anyagok, mint pl. az urzolsav tartalmú csodatölcsér (*Mirabilis jalapa*), a rozmaringsavat nagy mennyiségben tartalmazó rozmaring (*Rosmarinus officinalis*) és az oleánsavat, urzolsavat és rozmaringsavat egyaránt tartalmazó tulsi (*Ocimum tenuiflorum*) kivonatai erős taszító hatást fejtenek ki a szúnyogokra.

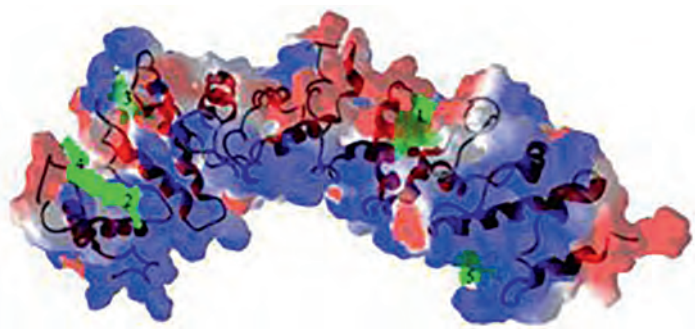
Reproduktív viselkedés

A szaglásnak szerepe van a nőstények esetén a peterakás kiváltásában és helyének kiválasztásában is. A vízben oldott tejsavófehérje (lactalbumin), valamint bizonyos bakteriális termékek (pl. neomycin) attraktív

4. kép. A tejsav (bal oldal) és az 1-oktén-3-ol (R)-izomer) szerkezeti vázai (jobb oldal) *(Forrás: https://hu.wikipedia.org).*



hatással vannak a nőstény szúnyogokra. Ugyancsak bizonyítást nyert, hogy a 21 C-számú zsírsav-észtereknek erős hatása van a *Aedes aegypti* és *Aedes albopictus* szúnyogok peterakási aktivitására. Egyes hosszú láncú zsírsavészterek taszító (repellens), mások vonzó (attraktáns) hatással rendelkeznek. A jelenség hátterében az állhathat, hogy a lárvák fejlődéséhez szükséges környezetnek megfelelő mikrobiális közösséggel kell rendelkeznie. A fent említett vegyületek, mint indikátorok, jelentenek a víz állapotáról, jellegéről és az elérhető táplálékforrások jelenlétéről. Sumba és munkatársai (2007) természetes vízmintákat gyűjtöttek olyan helyekről, ahol szúnyoglárvák előfordultak, majd laboratóriumi körülmények között a vízminták egy részét módosították szűrt víz, autoklávozott (csírátlanított) talajminta vagy baktériumtenyészetek hozzáadásával.



5. kép. Az AgOR1 protein háromdimenziós képe *(Akash Deep Biswas értekezése nyomán, 2015).*

Azt találták, hogy a nőstény szúnyogok előszeretettel választották a természetes vízmintákat és kerülték a módosított és mesterséges vizeket.

A szagláson túl, hangérzékelés is fontos szerepet játszik a szúnyogok párkeresésében. Az emberi fülnek (nem véletlenül) oly idegesítő nőstény szúnyog zümmögés fontos párzásra késztető jel a hím szúnyogok számára. A hatás persze kölcsönös, mivel mindkét fél számára fontos szerepe van a „násztánc" során ezeknek a hangfrekvenciáknak. A szúnyogok „füle" a Johnston-féle szerv, ami akár 2000 Hz-es hangfrekvencia észlelésére is képes a felső rezgéstartományban.

Az egymás jelenlétének felismerését elősegítő hangok kiadásának nagyon fontos szerepe van a szúnyogpopulációk fennmaradásában, mivel lényeges szempont, hogy egy adott életkorban termékenyüljenek meg az amúgy nem hosszú életű nőstény szúnyogok. A bábból kikerülő nőstények megtermékenyíthetősége erősen függ koruktól. Edman és munkatársai (1972) *Aedes taeniorhynchus* nőstény egyedeit vizsgálva pl. azt találták, hogy a legtöbb

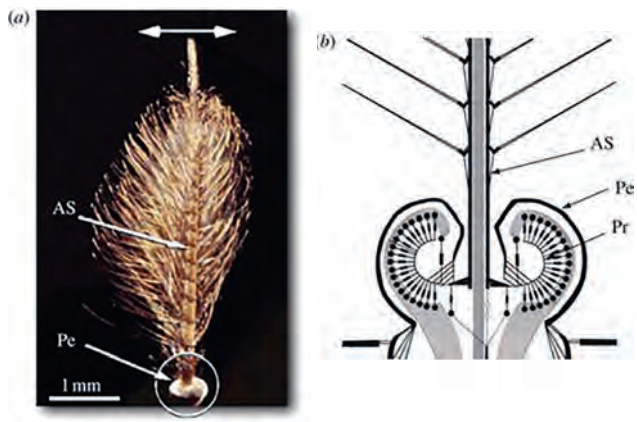
nőstény egyed 30-40 órával a bábból való kikelése után termékenyült meg alig valamivel napnyugta után. Más szerzők kimutatták, hogy bár a nőstény és hím *Aedes aegypti* hangkibocsátási alapfrekvenciája 400 és 600 Hz, a párzási frekvencia eléri a közösen hallatott 1200 Hz értéket. Hasonló ivari eltérés ismert a hím és nőstény szúnyogok által kibocsátott hangfrekvenciák tekintetében a *Aedes aegypiti* esetében is. Érdekes, hogy bár az azonos területen előforduló *Anopheles funestus* és *Anopheles gambiae* szúnyogok nőstényei által kibocsátott hangfrekvencia nagyon hasonló (516-497 Hz), ez nem zavarja meg a szúnyogok nászát.

Rajzás, tájékozódás

A rajzás a szaporodási viselkedéshez szorosan kapcsolódik. Charlwood és Jones (1980) az *Anopheles gambiae* fajjal kapcsolatban megfigyelték, hogy a faj hímjei a mangrove mocsarak szélén előforduló tisztásokon rajzanak előszeretettel, mely viselkedés mesterséges tisztások létesítésével is kiváltható. A nőstények a hímek alkotta rajba repülnek be párosodás céljából. A szerzők kísérletet is végeztek a faj hímjeivel és nőstényeivel. Elsötétített laboratóriumukban egy fekete területet létesítettek a padlón. Azt tapasztalták, hogy miközben a hímek szabályosan rajzottak a sötét rész felett, addig a nőstények csak rövid időre kerültek a terület fölé, majd onnan gyorsan visszafordultak. Azt a következtetést vonták le megfigyeléseikből, hogy amíg a hímek vizuálisan keresnek „arénákat" (kis tisztásokat) a párzáshoz és annak megtörténtéig ott is maradnak, addig a nőstények keresik ezeket a helyeket addig, ameddig meg nem találják a hímek által alkotott rajokat (**7. kép**).

A rajzást gyakran megzavarhatják a ragadozók, ugyanakkor a párzás sikeressége populációs szempontból - más rajzó fajokhoz hasonlóan — lényegesen jobb, mintha a faj nem rajban párzana. Yuval és Bouskila (1993) megfigyelték, hogy az *Anopheles freeborni* szaporodási sikere a párzások száma/a szitakötők okozta zsákmányolások aránya alapján jobb hatásfokú erdőfoltokban, mint a nagy, nyílt területeken, tisztásokon. Charlwood és munkatársai (2003) az *Anopheles funestus* napnyugta után közvetlenül kezdődő rajzását vizsgálva azt találták, hogy a rajzás kezdete után az első párok 11 perccel voltak megfigyelhetők, valamint számuk fordítottan arányos volt a rajzás megkezdése óta eltelt idővel. Azt is észrevették, hogy a nőstények túlnyomó többsége csak a párosodást követően táplálkozott.

A felületek polarizációs tulajdonságai fontos szerepet játszanak a megfelelő petézőhelyek kiválasztásában számos vizekben fejlődő rovar esetében. Bernáth és munkatársainak (2008) vizsgálata szerint azonban az *Aedes aegypti* nőstényei nem rendelkeznek polarotaxissal, ami azzal magyarázható, hogy az általuk keresett kisvizek nem azonosíthatók ilyen módon. Ezzel szemben, a nagyobb vizekben (tavak, folyók) szaporodó árvaszúnyog-fajok (család: Chironomidae) nőstényei érzékelik a vizek polarizációs jellegzetességeit, ahogy a



6. kép. Egy hím szúnyog csápja és a Johnston-féle szerv a csáp alapi részén (AS: csápostor, Pe: kocsány, Pr: szkolopidiumok). *(Forrás: http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/royinterface/7/42/105/F1.large.jpg)*

kérészek (család: Ephemeridae) nőstényei is. A különbség hátterében az áll, hogy ameddig az árvaszúnyog- és kérészlárvák az iszapban fejlődve általában elkerülik a ragadozókat, így kolonizálhatják a nagyobb vizeket is, a szúnyogok lárvái a vízfelszínhez vagy az alámerült vegetációhoz kötődnek, így igen könnyű célpontjai a vízben szabadon mozgó, vizuális predátoroknak.

Napszakos aktivitás

Emberi környezetben nagy jelentősége lehet a szúnyogok által terjesztett fertőzések átvitelének esélye szempontjából, hogy egy adott szúnyogfaj a nappali vagy az éjszakai órákat részesíti-e előnyben táplálkozás szempontjából, illetve, hogy a házon/lakáson kívül vagy a belterekben is mutat táplálékkereső aktivitást. Ismert például, hogy egyes maláriaszúnyogok — mint amilyen pl. a dél-amerikai *Anopheles darlingi* vagy az *Anopheles deaneorum* sokkal gyakrabban csíp az épületekben, mint más maláriaszúnyog fajok nőstényei. Ha lakott területen együtt fordulnak elő, akkor az *Aedes aegypti* a beltérben, az *Aedes albopictus* pedig a házon kívül szerzett szúnyogcsípések túlnyomó részéért lehet felelős. A két Aedes-faj beltéri csípési aktivitása is szabályos napi ritmust mutat, mivel jóval nagyobb számban szenvednek el az emberek csípést a délelőtti órákban, mint kora délután. Ezzel szemben a legtöbb hazai szúnyogfaj a naplemente utáni félhomályban a legaktívabb. A *Culex tarsalis* esetében pl. azt találták, hogy

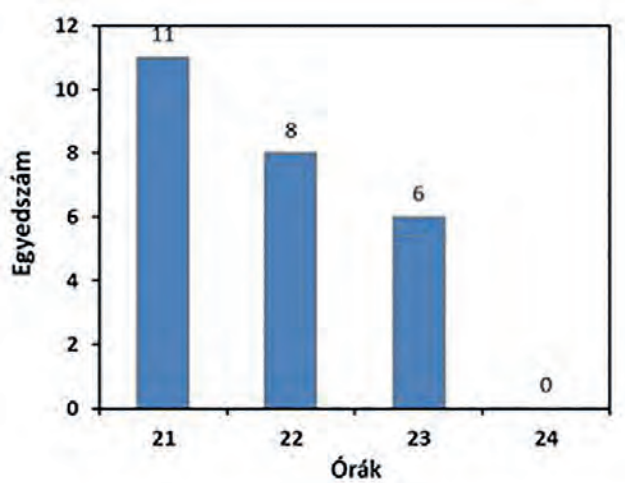
7. kép. Nappali szúnyograjzás Alaszkában 2013 júliusában *(Forrás: http://www.grindtv.com/wildlife/worst-swarm-of-alaskan-mosquitoes-ever/#gxc5zCgmu4HwrlyI.97).*

naplemente után 2 órával éri el aktivitásának csúcsát. Tapasztalat szerint napnyugta után, ahogy hűl a levegő hőmérséklete, a fénycsapdával gyűjthető szúnyogok száma egyre csökken éjfél felé közeledve (**8. kép**).

Repülés, terjedés

A szúnyogok repülési képessége nem a legjobb a rovarok világában, de az is megjegyzendő, hogy a szúnyogok terjedésének lehetőségét erősen behatárolja alacsony túlélési idejük (a mindennapi túlélési esély az *Aedes notoscriptus* esetében pl. 77-79%. Jelölési-elengedési-befogási (mark-release-recapture) tanulmányok alapján ismert, hogy a *Culex tarsalis* egy nap alatt mindössze nagyjából 500 m megtételére képes saját repülési képességére támaszkodva. A *Cx. quinquefasciatus* nőstények esetében hasonló vizsgálatokkal 0,6-1 km/nap terjedési értékeket kaptak. Egy, az *Aedes aegypti* nőstényeivel végzett kísérlet 15 nappal az elengedést követően a fluoreszceinnel jelölt szúnyogok mindegyikét 200 m sugáron belül találta és az átlagos eltávolodás a forrástól mindössze 78 m volt. Egy másik tanulmány 160 m maximális eltávolodást és 56 m, valamint 35 m átlagos szóródási távolságot mért az *Aedes aegypti* nőstényei és hímjei esetében a kibocsátási helytől. Ez a feltűnő, nemek közötti különbség talán arra utalhat, hogy a faj terjedése szempontjából a nőstények repülési távolságának nagyobb jelentősége van, mint a hímek szóródási képességének, hiszen, mint már említettük, a nőstény szúnyogok már a kikelésüktől számított néhány napon belül általában megtermékenyülnek, meghatározva fajuk természetes terjedési sebességét (pl. az *Anopheles gambiae* esetében a 2. napon volt a legnagyobb a nőstény szúnyog megtermékenyülésének esélye (**9. kép**).

A szúnyogok terjedését azonban más, fizikai, biológiai és antropogén faktorok is erőteljesen befolyásolják. Felmerül az a lehetőség is, hogy a délről érkező meleg légtömegeknek szerepe lehet a szúnyogok szaltatórikus, nagy távolságokon átívelő, dél-észak irányú terjedésében. Sellers (1989) megállapította, hogy az 1972-ben Québec és Connecticut államokban észlelt keleti ló encephalitis (agyvelőgyulladás) járvány kialakulásában szerepe volt a déli szeleknek. A trópusi ciklonok kiváltképp alkalmasak arra, hogy nagy magasságba emeljék és nedves légtömegükben akár több száz kilométeres távolságokon át épségben szállítsák az elragadott rovarokat. Arra is volt példa, hogy fordított irányban, északról délre szállított a szél szúnyogokat. Ez történt pl. 1995-ben és 1998-ban, amikor Új-Guineából egyenesen Ausztráliába transzportálták az erős szelek az élő és a Japán-B-encephalitis vírussal fertőzött szúnyog egyedeket. A szelek transzport szerepe azért rendkívül fontos, mert a gyenge repülő képességű, a sós vízben lárvaként



8. kép. Egy Nagyharsányban végzett fénycsapdás gyűjtés egy estéjére vonatkozó, óránként gyűjtött szúnyogok egyedszáma *(Trájer Attila János és Tánczos Balázs gyűjtése alapján, 2014).*

terjedni nem képes és a direkt napsugárzással szemben védtelen rovarok olyan távolságokat képesen passzív módon megtenni, amire máskülönben soha nem lennének képesen természetes úton. Akad még egy, bár egyelőre kevéssé dokumentált lehetőség, miszerint lárvák és peték esetleg a vízimadarak tollazatához, illetve a madarak lábához tapadva is képesek lehetnek nagy utak megtételére. Egyelőre az látszik biztosnak, hogy gombák, magvak és egyes vízi gerinctelenek a madarak testfelületére tapadva is nagy távolságok megtételére képesek. Ma már egészen nyilvánvaló, de nehezen modellezhető az emberi hatások szerepe is a szúnyog fajok terjedésében. Egy példát említve, a fontos betegségterjesztő ázsiai tigrisszúnyog

9. kép. Az *Anopheles gambiae* maláriaszúnyog faj frissen vért szívott nősténye *(Forrás: https://igtrcn.org/densovirus-delivery-of-dna-to-anopheles-gambiae/).*

a szerencsebambuszként eladott, vízkultúrákban tartott és szállított *Dracaena marginata*-val került Floridába a távol-keleti eredeti előfordulási területéről. Az ázsiai tigrisszúnyog terjedéséről és ökológiai igényeiről bővebben olvashatnak a Természet Világa 2017 áprilisában megjelent, 148/4. számában.

Nyugalmi állapot, telelés

Mérsékelt övi körülmények között a téli fagy miatt egyes szúnyog fajok kizárólag pete vagy lárva, mások részben vagy teljesen imágó formában telelnek át. Az Egyesült Királyságban végzett vizsgálataik során Sulaiman and Service (2007) azt tapasztalták, hogy a *Culex pipiens* nőstény egyedei már júliusban vagy augusztusban megkezdik elvonulásukat téli szálláshelyeikre, maximális számukat pedig októberben vagy novemberben érik el ezeken a helyeken, amik lehetnek természetes vagy mesterséges üregek, fűtetlen, de hőszennyezett épületrészek is. Az első fagyok beálltával a szúnyogok távolabb húzódnak a bejárattól. A szúnyogok magas téli halandósága mögött a pókok okozta predáció, kórokozó gombák okozta elhullás és feltehetően a glikogén tartalékok idő előtti felélése is szerepet játszhat. Megfigyelték, hogy a telelő *Culex pipiens* szúnyogok gyakran váltogatják pozíciójukat a telelőhelyen belül és a kora hibernáció idején (augusztustól októberig) legalább 12 napig tartó folyamatos megvilágítással lehetett a nőstények táplálékkereső magatartását kiváltani, ami a hónapok előrehaladtával egyre csökkent. Ez rávilágít arra, milyen fontos moduláló szerepet tölt a téli hibernáció kiváltásában a nappalok hosszának éves ritmusa, valamint az átlaghőmérséklet. A svédországi, áttelelő *Culex pipiens* és *Culex torrentium* egyedek testében talált fruktóz arra utalhat, hogy a nőstény szúnyogok áttelelésének kulcsa a hibernáció előtti nektár-fogyasztásuk, ami extra tápanyagforrást jelent számukra az ínséges téli hónapok során (**10. kép**).

10. kép. Barlang falán pihenő szúnyog *(Forrás: http://www.cambriancavingcouncil.org.uk/cavelife/devon/insecta.html).*

Természetesen, a jelen írás terjedelemi korlátjai miatt sem vállalkozhatott arra, hogy a szúnyogok viselkedésének repertoárját részletesen, értekezés-szerűen ismertesse és az ezekkel kapcsolatos hipotéziseket bemutassa. Mindössze a főbb szempontok, a jelentősebb faktorok és viselkedési jellegzetességek ábrázolására volt lehetőség a teljesség igénye nélkül. Talán ennyiből is érzékelhető, hogy a mégoly kis idegrendszerrel bíró lények, mint a szúnyogok esetében is komplex öröklött viselkedési válaszok segítik a szúnyog populációk hosszú távú fennmaradását. A szúnyogok gyűjtése, elrettentése, illetve általános kontrolja is sok elemében megkívánja a szúnyogok viselkedésének ismeretét és jelenleg is aktív kutatások tárgyát képezi.

TRÁJER ATTILA JÁNOS

IRODALOM

1. Bernáth, B., Horváth, G., Gál, J., Fekete, G., & Meyer-Rochow, V. B. (2008). Polarized light and oviposition site selection in the yellow fever mosquito: no evidence for positive polarotaxis in Aedes aegypti. Vision Research, 48(13), 1449-1455.
2. Charlwood, J. D., Thompson, R., & Madsen, H. (2003). Observations on the swarming and mating behaviour of Anopheles funestus from southern Mozambique. Malaria Journal, 2(1), 2.
3. Charlwood, J. D., & Jones, M. D. R. (1980). Mating in the mosquito, Anopheles gambiae sl. Physiological Entomology, 5(4), 315-320.
4. Edman, J. D., Haeger, J. S., Bidlingmayer, W. L., Dow, R. P., Nayar, J. K., & Provost, M. W. (1972). Sexual behavior of mosquitoes. 4. Field observations on mating and insemination of marked broods of Aedes taeniorhynchus. Annals of the Entomological Society of America, 65(4), 848-852.
5. Sellers, R. F. (1989). Eastern equine encephalitis in Quebec and Connecticut, 1972: introduction by infected mosquitoes on the wind? Canadian Journal of Veterinary Research, 53(1), 76.
6. Sih, A. (1986). Antipredator responses and the perception of danger by mosquito larvae. Ecology, 67(2), 434-441.
7. Sulaiman, S., & Service, M. W. (1983). Studies on hibernating populations of the mosquito Culex pipiens L. in southern and northern England. Journal of Natural History, 17(6), 849-857.
8. Sumba, L. A., Guda, T. O., Deng, A. L., Hassanali, A., Beier, J. C., & Knols, B. G. (2004). Mediation of oviposition site selection in the African malaria mosquito Anopheles gambiae (Diptera: Culicidae) by semiochemicals of microbial origin. International Journal of Tropical Insect Science, 24(03), 260-265.
9. Yuval, B., & Bouskila, A. (1993). Temporal dynamics of mating and predation in mosquito swarms. Oecologia, 95(1), 65-69.
10. Wilton, D. P. (1981). Light-trap response and the DV/D ratio in the Culex pipiens complex (Diptera: Culicidae). Journal of Medical Entomology, 18(4), 284-288.

MÁSFÉL ÉVSZÁZAD FÖLDTUDOMÁNY

Pillantás a föld alá – térképekkel

2. RÉSZ

Az idén 150 éves Földtani Intézet legfontosabb feladata kezdetektől fogva – az alapító okiratában az alapításának első helyen megjelölt célja – a földtani térképezés: *„A magyar korona országainak részletes földtani felvétele… és a magyar államterület általános és részletes földtani térképeinek készítése és kiadása."* Világháborúk jöttek, igazgatók mentek, de a térképezés kiemelt fontosságú maradt. Az évtizedek során a hangsúlyok időről időre áthelyeződtek: hol az alapkutatás jellegű földtani térképezés került előtérbe, hol a gyakorlati célú, amikor nyersanyagkutatási feladatokat kellett megoldani, vagy környezetvédelmi problémák megoldásához kellett segítséget nyújtani. A cél azonban mindig ugyanaz volt: a minket körülvevő földtani közeg minél pontosabb megismerése, az adott kor színvonalán.

A földtani térképezés és a földtani térképek megjelenése iránti igény a XVII. században gyökerezik. A világ első földtani térképének Louis Coulon abbé 1664-ben, Párizsban megjelent térképét, *Les Rivières de France*-t tartják, amely különféle földtani képződményeket is feltüntet. A legelső olyan térkép, amelynek már fő funkciója az eltérő kőzettani felépítésű területek elkülönítése volt, az Christopher Packe, angol fizikus és geológus 1743-ban megjelent térképe (*A New Philosophico-chorographical Chart of East Kent*), amely Délkelet-Anglia földtani felépítését ábrázolja.

Az 1700-as évek közepén azután sorra jelentek meg világszerte a földtani tartalommal ellátott térképek: 1746-ban adták ki Jean-Étienne Guettard, francia természettudós térképét Dél-Angliáról és Észak-Franciaországról (*Mémoire et carte minéralogique sur la nature et la situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre*), amelyen már 45 különböző földtani szimbólum található. Bár soha nem tette ki a lábát Európából, mégis ő rajzolta meg az Újvilág első földtani térképét is 1752-ben, amely a mai Kanada délkeleti részét és Louisianát ábrázolja (*Carte minéralogique, où l'on voit la nature des terreins du Canada et de la Louisane*).

Ez idő tájt hazánkban még nem folyt klasszikus értelemben vett földtani kutatás és térképezés, csupán a bányászathoz kapcsolódó vizsgálatok zajlottak. Az 1700-as évek végéig közreadott magyarországi térképeken is csak bányászati és ásványtani jellegű szimbólumok tűntek fel. Ilyen például a katona-tudós Luigi Ferdinando Marsigli 1726-ban megjelent Duna-monográfiájában szereplő, körülbelül 1:1 635 000-es méretarányú térképmelléklet, amely hazánk ásványlelőhelyeit tünteti fel (*Mappa Mineralographica Fodinas in Hungaria*). Vagy Korabinszky János Mátyás 1791-ben megjelent térképe, a *Magyarország természeti tulajdonságának tükre*, amely 72 jellel és 18 betűrövidítéssel mutatja be hazánk korabeli természeti-gazdasági erőforrásait.

Hazánk első földtani térképe Robert Townson nevéhez fűződik. 1797-ben, Londonban jelent meg az angol világutazó híres útikönyve (*Travels in Hungary with a short*

account of Vienna in the year 1793), melynek melléklete hazánk első, nagyobb területet ábrázoló, színezett földtani térképe, és amelynek alapjául Korabinszky 1791-es topográfiai térképe szolgált. Ezen Townson 13 kőzetcsoportot különített el, melyek elterjedése még mai szemmel nézve is rendkívül pontos, főleg, ha számításba vesszük, hogy Townson milyen rövid ideig tartózkodott Magyarországon.

Hazánk egész országra kiterjedő, átfogó földtani térképét először François-Sulpice Beudant, francia geológus szerkesztette meg, 1818-as utazása alapján. 1822-ben, Párizsban kiadott térképén (*Carte géologique de la Hongrie et de la Transylvanie avec une partie des pays limitrophes*) — melyet hosszú évtizedeken át használtak — 24 féle földtani képződményt különített el. A következő lépés a Monarchia 1845-ben kinyomtatott, 1:864 000-es méretarányú, áttekintő földtani térképe (*Geognostische Uebersichts-Karte der Oesterreichischen Monarchie*) volt, melyet Wilhelm Haidinger bányaügyi tanácsos szerkesztett. Ezen a térképen Magyarország területének elnagyolt ábrázolása kevés új információt hordozott Beudant munkájához képest, uralkodóan kőzettani jellegű jelkulcsában 25 féle földtani képződményt tüntetett fel.

A földtani térképezés intézményesülése

Az 1800-as évek közepére az ipari fejlődés és a nyersanyagok iránti megnövekedett igény megkövetelte az országok részletes földtani megismerését. E kihívásra válaszul a Monarchia 1849-ben Bécsben létrehozta a Birodalmi Földtani Intézetet, a földtani kutatások és térképezés összefogására és rendszeres vitelére. Vezetőjének a Monarchia első áttekintő földtani térképének szerkesztőjét, Wilhelm Haidingert nevezték ki.

A Birodalmi Földtani Intézet a birodalom területén először átnézetes (azaz kevésbé részletes, kisebb méretarányú) felvételeket készített és csak azután tért át a részletes felvételekre, melyek felbontása a mai értelemben még bőven az átnézetes kategóriába tartozik. Magyarország területén 1858-ban kezdték meg a rendszeres felvételeket az osztrák geológusok. Alig 10 év alatt részletesen felvették az ország északi részét: kelet felé a Latorca völgyéig, délen Komárom vonaláig; valamint a bánáti határőrvidéket, a többi részt pedig átnézetesen.

Milyen térkép a földtani térkép?

Mindannyian ismerjük és használjuk a tájékozódásunkat segítő autó-, város- és turistatérképeket, -atlaszokat, amelyek a Föld felszínének formáit és a rajta található emberi alkotások helyzetét mutatják be. Ezektől az általánosságban topográfiai térképeknek nevezett változatoktól eltérően a földtani térképek az adott területet felépítő földtani képződmények, kőzetek összetételének, szerkezetének felszíni és felszín alatti eloszlásának bemutatására szolgálnak, speciális színek, vonalak és jelek kombinációjával. A földtani térképek további sajátsága, hogy a kőzetek keletkezésének korát is feltünteti színek és szimbólumok segítségével, így bepillantást engednek a földtörténet folyamataiba, a negyedik dimenzióba, az időbe.

Kartográfiai értelemben földtani térképnek nevezzük a földtani képződmények minőségének, elterjedésének (2D), egymáshoz való viszonyának, valamint a földtani jelenségeknek és szerkezeteknek térbeli (3D) – azok korát (4D) is tükröző – mérethelyes, grafikus ábrázolását.

(Brezsnyánszky Károly: Geológiai idő a térképen című cikke nyomán)

A rendelkezésükre álló rövid idő azonban nagyon kevés volt ahhoz, hogy a képződményeket pontosan besorolják, és elterjedésüket pontosan kijelöljék. Az 1865—1866-os években az osztrákok felvételi munkájában már részt vett Böckh János és Gesell Sándor is, akik abban az időben, a bécsi Pénzügyminisztériumban, mint bányamérnökök teljesítettek szolgálatot.

Az észak-magyarországi részletes felvételeket 1:144 000-es méretarányú térképlapokon adták ki, míg hazánk átnézetes geológiai térképe a Monarchia új, 1:576

Az intézet geológusai és segítőik egy jobbágyi feltárásban 1898. május 9-én. A kép bal oldalán ül és a kamerába néz Böckh János, igazgató. *(MBFSZ gyűjteménye)*

000-es földtani térképének *(Geologische Übersichts-Karte der Österreichisch-Ungarischen Monarchie)* részeként jelent meg, 1867-ben. A térképet a bécsi földtani intézet második igazgatója, Franz Hauer szerkesztette, aki ehhez már felhasználta a magyar geológusok munkáit is. Elsősorban Szabó József Békés és Csongrád vármegye földtani térképét, Heves és Szolnok megye geológiai térképét, Tokaj-hegyaljáról megjelent földtani és szőlőművelési térképét, valamint Hofmann Károlynak a Zsil-völgyi térképét.

Az 1867-es kiegyezés után a bécsi földtani intézet felajánlotta a magyar kormánynak, hogy a magyar állam költségére tovább folytatja hazánk földtani felvételét. Gorove István, földmívelés-, ipar- és kereskedelemügyi miniszter azonban a magyarországi földtani vizsgálatokat Bécstől függetlenül képzelte úgy, hogy a felvételeket magyar geológusok végezzék. Ez vezetett a Magyar Királyi Földtani Intézet megalapításához, melynek fő feladataként az ország részletes földtani felvételét és e térképeknek az elkészítését és kiadását jelölték meg.

Az első magyar felvételek

Megalapításakor a Földtani Intézet kötelékébe csupán néhány geológus tartozott, de lelkesedésük ellensúlyozta csekély létszámukat. 1868-ban, még a minisztérium berkeiben működő Magyar Földtani Osztály keretei között kezdték meg a földtani vizsgálatokat a főváros környékén, és 1870-ben már meg is jelent az első két térképlap: Buda—Pest vidéke és Tata—Bicske vidéke

földtana, 1:144 000-es méretarányban. Az 1869-ben megalakuló Földtani Intézet a bécsi intézet munkájának folytatásaként, a Dunántúl térképezését tűzte ki célul. Ezzel a magyar geológusok az osztrák geológusoknak a Visegrád—Bükk vonalig terjedő kárpáti térképeikhez szerettek volna csatlakozni. Belevetették magukat a munkába és alig 8 év alatt, 1877-re csaknem a teljes Dunántúl felvételével el is készültek.

E munka eredményeként 30 térképlap jelent meg 1888-ig, kézi festésű kiadásban, amelyeken 113 földtani képződmény szerepel. A fehértemplomi, a kismartoni és a Versecz vidéki térképlaphoz magyarázó szöveget is kiadtak. A dunántúli térképezésekkel párhuzamosan Herbich Ferencz, a kolozsvári nemzeti múzeum őre is megbízást kapott a Székelyföld és a keleti határhegyek átnézetes felvételére, melyet 1870 és 1874 között el is végzett.

A megjelent térképek értékét jelzi, hogy azokat a külföld is elismerte: az 1870-es, 80-as években több nemzetközi kongresszuson díjazták ezeket. Párizsban az 1875-ben megrendezett Nemzetközi Földirati Kongresz-

szuson I. osztályú éremmel tüntették ki az intézetet, majd ugyanott, a három évvel későbbi világkiállításon bemutatott térképeket nagydíjjal jutalmazták.

A Dunántúl földtani térképezésének befejezése után évtizedekre meghatározó, új felvételi programot készített az intézet. Ennek keretében a térképező munka súlypontja áthelyeződött keletre: elkezdődött a Krassó—Szörényi-hegység felvétele, majd a térképezés fokozatosan áttevődött az Északkeleti-Kárpátok, másrészt az Erdélyi-medence és a Déli-Kárpátok felé. Ennek a nagyarányú programnak a végrehajtásán dolgozott 1879-től 1918-ig az intézet majd' minden tagja. A térképekhez *Magyarázatok a Magyar korona országainak részletes geológiai térképéhez* címmel, általános áttekintést nyújtó magyarázó füzetek is készültek.

Térképezés a XIX. században

A felvételek gyakorlati lebonyolítása a következőképpen történt: tavasszal kidolgozták a nyári tervet személyre szólóan, ha különleges munka nem jött közbe, mindenki az előző évi feladatát folytatta. Ezt kezdetben március–áprilisban terjesztették fel a FIK-hez [Földmívelés-, Ipar- és Kereskedelemügyi Minisztérium] jóváhagyásra, meg is jött a válasz május elejére több-kevesebb módosítással. A nyolcvanas évekre már elmaradtak a beleszólások a térképezéssel egybekötött rendszeres felvételekbe. A résztvevő geológusok a jóváhagyással együtt megkapták útiokmányaikat is. A nyolcvanas években itt is újabb módosulás történt: a felvételek egy hónapot csúsztak, a terepre is csak júniusban indultak ki. A geológusoknak maguknak kellett gondoskodniuk a szükséges segédszemélyzet felfogadásáról, a műszerek, gyűjtött anyagok szállításáról is. Ennek fedezésére ún. úti- és szolgaátalányt kaptak. A terepre való kiutazásukat megkönnyítette, hogy a vasúttársaságok és a MÁV szabadjegyeket biztosított ehhez számukra.

Az egész nyáron, vidéken dolgozó geológusok munkájáról a felvételi csoport vezetőjének kellett havi jelentést adni. Az igazgató is végiglátogatta a geológusokat. Nem volt könnyű életük! Nehéz körülmények közt laktak, igazolványaik ellenére néha a hatóságok meg nem értésével is meg kellett küzdeniük. Állandó helybeli segítőtársaik mindig akadtak: egy-egy műkedvelő geológus tanárember, gazdatiszt vagy bányamérnök. Kísérőik közt ott voltak a Magyarhoni Földtani Társulat tagjai is, köztük báró Semsey Andor, „önkéntes geológ", az Intézet mecénása is.

A felvételek szeptemberben véget értek, ettől csak akkor tértek el, ha valaki nem tudta befejezni tervezett munkáját, ilyenkor, amíg az időjárás engedte, a terepen maradt. A geológusok évi szabadságukat jórészt őszi visszatérésük után kapták meg, sokan közülük a szigorú körülmények között kapott betegségüket ekkor gyógyíttatták.

A végzett munka feldolgozása, publikálása az Intézetben történt. Minden évben készült évi jelentés, teljes nevén: Jelentés a m. kir. Földtani Intézet évi működéséről, ez a minisztériumnak írt szűkszavú beszámolókból nőtte ki magát úgy, hogy 1882-től már nyomtatásban is megjelent.

(Részlet Tringli István: Adalékok a Magyar Állami Földtani Intézet dualizmuskori történetéhez című cikkéből)

Időközben, 1883-ban elkezdődtek a bányageológiai felvételek is, melyek a jelentősebb bányavidékek részletes földtani térképezését jelentették: Selmecbánya, majd Körmöcbánya, Nagybánya, Felsőbánya, Kapnikbánya, az Erdélyi-érchegység aranylelőhelyei és a Szepes-Gömöri-érchegység. A bányageológiai felvételek térképlapjai az intézet Évkönyvében és Évi Jelentésében, mellékletekként jelentek meg nyomtatásban. E részletes bányaföldtani térképek alapján országos áttekintő gazdaságföldtani térképeket is szerkesztettek (kőszén- és tőzegtelepek, érc- és ásványlelőhelyek, a gyakorlatban felhasznált kőzet- és agyagfajták). 1891-ben kezdetét vette az ország síkvidéki területeinek rendszeres földtani és talajtani vizsgálata és 1893-ban a szénhidrogén-indikációk részletes kutatása is.

Az 1880-as években felmerült Európa egységes földtani térképe létrehozásának igénye, így nemzetközi összefogással elkezdődött annak szerkesztése. A Földtani Intézet geológusai ehhez a térképhez készítették el az ország 1:1 296 000-es méretarányú térképének kéziratos változatát 1885-ben. Ezt követően, 1887-ben tűzte ki célul a Magyarhoni Földtani Társulat, hogy e kéziratos térkép alapján kiadja hazánk 1:1 000 000-s méretarányú földtani térképét. Erre a célra a nagyvonalú mecénás, Semsey Andor 1000 forintot ajánlott fel, míg a Földtani Intézet, illetve a Földmívelésügyi Minisztérium 500 forintot vállalt magára. Az előkészítés azonban elhúzódott, a térképet csak 1896-ban adták ki.

Zűrzavaros esztendők és fellendülés

Az I. világháború után a trianoni békeszerződés a térképezés alatt álló területek jelentős részét más államokhoz csatolta, így az ott dolgozó geológusok munkája félbeszakadt. Az ország az elcsatolt területek nyersanyag- és energiahordozó-lelőhelyeinek elveszítése miatt energiaellátási problémákkal küszködött. A helyzet megoldásához új lelőhelyek felkutatása vált szükségessé, ami új feladatokat adott az intézet munkatársainak. Ekkor kezdődtek a dorogi, a vértesi, a pilisi és a borsodi barnakőszén-lelőhelyek részletes vizsgálatai, melyek eredményeként megszülettek ezen területek bányaföldtani térképei és magyarázói.

1939-től kezdve az intézet geológusai a visszacsatolt területeken térképeztek, elsősorban nyersanyag-lelőhelyek környékén (kőszén, szénhidrogén, érc, kaolin és tűzállóagyag). A II. világháború azonban közbeszólt és a rendszeres földtani térképező munka fokozatosan megszűnt.

A világháború befejeztével, a romok eltakarítása után az intézet geológusai kizárólag közvetlen gyakorlati célú térképező vizsgálatokat végeztek: kőszén, kőolaj, kősó, bauxit, vasérc, építőipari alapanyagok, nemesfémek és ritkaelemek reménybeli lelőhelyeinek kutatásával, vízellátási problémák megoldásával, vízépítési munkálatok földtani előkészítésével foglalkoztak.

A nagyarányú iparfejlesztés ugyanakkor egyre több energiát, nyersanyagot és még több építőipari alapanyagot kívánt. Ez a hatalmas munka meghaladta a Földtani Intézet erejét. A kutatóvállalatok megalakulásával a közvetlen ipari célú kutatások döntő hányada kikerült a Földtani Intézet feladatai közül, ennek eredményeként a rendszeres földtani térképezés visszatérhetett korábbi céljához, a gyakorlati kutatások tudományos megalapozásához.

A meddő évtizedek után, 1955-ben azután elindult egy új, nagyszabású térképezési program, amelynek során részletes, mindenre kiterjedő földtani vizsgálatokat végeztek az intézet kutatói néhány kiemelt fontosságú területen: a Keleti-Mecsekben kokszolható feketekőszén-összletet, barnakőszenet és uránércet kutattak, a Bakonyban a bauxit, a barnakőszén és a mangánérc kutatása folyt, a Dorogi-medencében az eocén barnakőszénvagyon felderítése zajlott, a Mátrában a színesérc-kutatás, a Tokaji-hegységben pedig a különböző nemérces ásványi nyersanyagok felderítése kezdődött el. Az Alföldön a földtani térképezés fő célja a vízföldtani feladatok megoldása, a mezőgazdaság és az építésföldtan segítése volt.

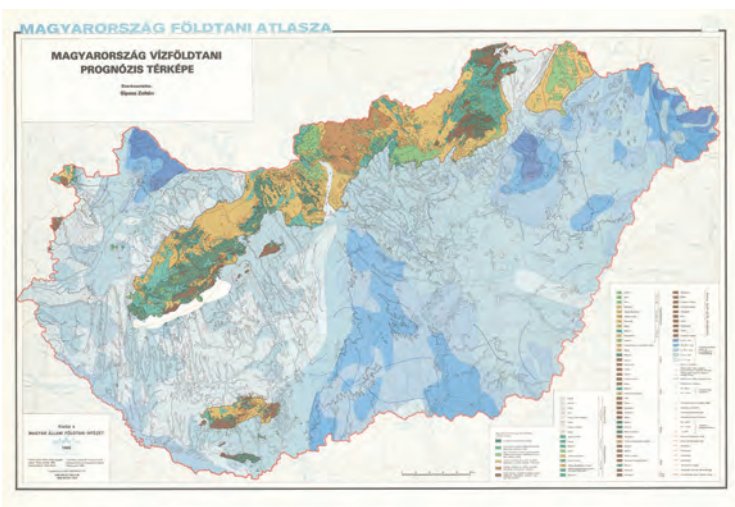
A főleg fiatal geológusokból álló térképező csoportok 1:10 000-es, illetve 1:25 000-es méretarányú térképlapokat szerkesztettek. A térképlapokhoz magyarázófüzeteket készítettek az adott terület kutatási előzményeinek áttekintésével és a földtani felépítés jellemzésével. A térképezéshez kapcsolódó speciális vizsgálatok eredményeit pedig monográfia-kötetekben összesítették. Ezekben az években — az 1958-ban a Földtani Intézet élére kinevezett Fülöp József igazgatósága alatt — a földtani térképezés a reneszánszát élte.

A változás előszelei

Az 1970-es években az intézet tevékenységében továbbra is a nyersanyagkutatás, az ásványvagyon prognosztika volt túlsúlyban, a földtani térképezés legfontosabb feladatának is az ásványi nyersanyagok feltárásának megalapozását tekintették. Ennek megfelelően a nem gyakorlati célú földtani térképezés csökkentett ütemben folytatódott csupán. A leginkább támogatott térképtípusok az ásványinyersanyag-prognózis térképek voltak, de egyre nagyobb figyelmet kaptak az egyéb gyakorlati célú, például mérnökgeológiai térképek is.

Az 1970-es évek lehetőségeire Chikán Géza így emlékezett vissza: *„Ebben az időszakban a szakma hazai társadalmi (s amiben ez jelentős mértékben megnyilvánult: anyagi) elismertsége még olyan szinten állt, hogy az intézet belső igényeinek kielégítésén túlmenően számos külső vállalat földtani kutatásban való részvételét is tudta finanszírozni. Jelentős mennyiségű mélyfúrást és térképező fúrást tudtunk lemélyíteni, egyes években még a hazai fúráskapacitást meg is haladták anyagi lehetőségeink. Új, legtöbb esetben műszerigényes módszereket is be tudtunk vezetni, megkezdtük a távérzékelés, a légifénykép- és űrfotó-kiértékelés intézményes bevezetését a térképezés eszköztárába. Térképkiadásunk is jelentős volumenű volt, 1970—1980 között közel 60 db, különböző méretarányú földtani térkép jelent meg, némelyik tíznél több változatban, sok esetben magyarázó szöveggel együtt."*

Az 1980-as években törtek előre a „zöld mozgalmak", melyek egy új szempontból tették fontossá egy-egy terület minél részletesebb földtani ismeretességét. Ekkor vált sürgetővé például a Balaton környékén kialakult nem túl rózsás környezeti helyzet megoldása, melyhez a Földtani Intézet a kiterjesztett balatoni üdülőkörzet környezetföldtani térképezésével járult hozzá. Ennek az évtizednek a második felében pedig egyre csak szaporodtak az olyan környezeti problémák, melynek megoldásához földtani segítségre



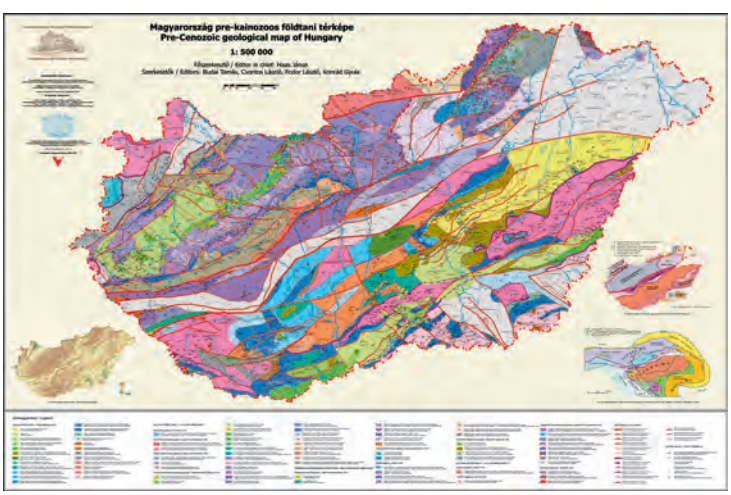
volt szükség: a bős—nagymarosi vízlépcsőrendszer nemzetközi vitája, a Paksi Atomerőmű földrengés-biztonsági kérdéseinek megoldása, hulladékelhelyezési problémák, a Hévízi-tó és a nyirádi bauxitbányászat karsztvíztermelése közötti kapcsolat felderítése stb. Ezeknél a feladatoknál nagyon gyorsan kellett korábban el nem végzett térképezési munkákat pótolni, igen jelentős ráfordítással.

Újra felmerült az intézetben felhalmozódott hatalmas mennyiségű földtani adat összefoglalása, s megindult Magyarország 1:500 000-es méretarányú földtani térképsorozatának szerkesztése. A sorozat első tagja,

Magyarország felszíni földtani térképe 1983-ban látott napvilágot. Majd sorra jelentek meg az alap- és alkalmazott kutatási eredményeket összegző térképek (tektonikai, mélyföldtani, mérnök- és vízföldtani stb.). Emellett több kisebb méretarányú tájegységi földtani térkép is megjelent, de a korábbi évtizedben kiadott térképek mennyiségét az intézet már nem tudta megközelíteni.

A rendszerváltás után

Az 1990-es évek közepétől nyugalmasabb periódus következett a Földtani Intézet életében. Az intézet vezetése a kutatások alappillérének az ország részletes és rendszeres földtani térképezését és a térképezés eredményeinek térinformatikai rendszerbe foglalását tűzte ki célul.



Az intézet központi tevékenységének — a földtani ismeretek gyakorlati alkalmazásának — alapját az alapkutatás során előállított tematikus és térkép alapú adatbázisok szolgáltatták.

A következő évtizedben a földtani térképezésben rendszeressé vált a számítógépi módszerek alkalmazása, eredményes kísérletek folytak a digitális terepi adatrögzítés és feldolgozás terén. Elkészült a Villányi-hegység és a Mecsek tájegységi földtani térképe. Elkezdődött a Mátra—Bükk közötti terület földtani felvétele és a Bükk-hegység földtani térképezése. Az intézet közreadta a Balaton-felvidék (1:50 000) és a Velencei-hegység (1:20 000) tájegységi földtani térképét és térképmagyarázóját.

Kicsit megkésve, 2008-ban jelent meg a Vértes 1:50 000-es méretarányú térképe és a hozzá tartozó magyarázó kötet. Az előző években ugyanis az intézet térképező geológusainak döntő többsége a nagy aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló földtani kutatásban vett részt a Mecsekben, Boda környékén. Az intézet jelentős részt vállalt a terület földtani térképezésében, fúrások földtani—tektonikai dokumentálásában, szerkezetföldtani vizsgálatokban, vízföldtani reambulációban, monitoring tervezésben, laboratóriumi vizsgálatokban, az adatok adatbázisba rendezésében és a földtani térképek szerkesztésében.

Ugyanennek az időszaknak volt fontos eredménye az atomerőművi kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésre irányuló program felszíni földtani kutatása, amely az alapkutatás és a hidrológiai vizsgálatok mellett térképezési feladatokat is rótt az intézetre. A kutatás egyik eredményeként 2009-ben jelent meg *A Mórágyi-rög északkeleti részének földtani térképsorozata (1:10 000)* és a hozzá tartozó magyarázó.

A 2010-es esztendővel induló, mind gazdasági, mind szervezeti vonalon zilált évek nem kedveztek a Földtani Intézetben és annak utódintézményeiben zajló térképezési munkálatoknak. Fokozatosan egyre kevesebb idő és pénz jutott ezen feladatokra. Még az előző évtized lendületét kihasználva 2010-ben megjelent *Magyarország prekainozoos földtani térképe (1:500 000)*, ám a térkép magyarázóját már csak négy évvel később adta ki az intézet. Párja, az új felszíni földtani térkép (*Magyarország földtani térképe [1: 500 000]*) és annak magyarázója, a rákövetkező évben, 2015-ben látott napvilágot. *A Gerecse hegység tájegységi földtani térképének (1: 50 000)* és magyarázójának kiadására azonban egészen 2018-ig várni kellett, mivel a munka előrehaladását hátráltatta egy újabb nagy, országos beruházás: a Paks II. telephelybővítés földtani kutatásában vettek részt az intézet szakemberei, melynek keretében földtani térképezést, fúrásleírást és geofizikai méréseket végeztek és a jelentések összeállításában segédkeztek.

Magyarország területének rendszeres, korszerű földtani térképezését, a tájegységi földtani térképek, valamint térképmagyarázóik közreadását ma kizárólag a Földtani Intézet jogutódja, a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat végzi. A szolgálatnál a megmaradt alig maroknyi térképező, néhány lelkes fiatal geológussal kiegészülve 2017-ben indította el a Pilis és a Dorogi-medence földtani térképezésének előkészítését, és napjainkban már a terepi felvételek is elkezdődtek.

BABINSZKI EDIT

E SZÁMUNK SZERZŐI

BABINSZKI EDIT: PhD, geológus, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; FARKAS CSABA: író, újságíró; HÉRINCS DÁVID: meteorológus, Hungaro-Control, Budapest; SZABADOS LÁSZLÓ: az MTA doktora, kutató professzor emeritus, MTA CSFK Csillagászati Intézet, Budapest; DR. TRÁJER ATTILA JÁNOS: PhD, Pannon Egyetem, Limnológia Intézeti Tanszék, Veszprém; VENETIANER PÁL: akadémikus, MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Biokémiai Intézet, Szeged.

AZ IAU CENTENÁRIUMÁRA

A közös égbolt összetart

Száz éve alakult meg a csillagászok világszervezete, a Nemzetközi Csillagászati Unió (International Astronomical Union, rövidítve IAU). A centenárium jó lehetőség a csillagászat további népszerűsítésére, amelyet az IAU a jubileumi év egyik fontos feladatának is tekint.

100 év – közös égbolt alatt

A centenáriumi év jelmondatából **(1. ábra)** is kicseng, hogy a csillagászat a legnemzetközibb tudomány. Az magától értetődő, hogy a humán tudományok esetében a kutatásoknak erős vagy akár meghatározó a nemzeti jellege, ám a természettudományokra vonatkozóan is tapasztalható különbség abban a tekintetben, hogy a kutatás nemzeti vagy nemzetközi-e. Például a különböző országokban, kontinenseken az eltérő földtani viszonyok miatt a geológusok az adott régióra vonatkozó specifikus kutatásokat végeznek. Egy egészen más területről vett példát említve, az orvostudományi kutatásoknak is regionálisan eltérő népegészségügyi problémákkal kell foglalkoznia. Ugyanakkor előfordul, hogy európai laboratóriumokban az Afrikában ki-kitörő ebolajárványt okozó vírus ellenszerének kifejlesztésével kísérleteznek, hiszen a vírusok számára nincsenek határok.

A kozmosz kutatása azonban minden más tudományterülettől eltérő. A csillagos ég valamennyiünk számára közös, ugyanakkor egyes részei a megfigyelő földrajzi helyétől függően egyfolytában észlelhetetlenek maradnak. Magyarországról például soha nem látszik a Dél Keresztje. „Viszonzásként" a Dél-Amerikában vagy Ausztráliában élők csak hírből (vagy a sci-fi regényből) ismerik az Andromeda-ködöt. Az is a csillagászat jellegzetessége, hogy a kutatás tárgyát jelentő objektumokat nem lehet földi laboratóriumi környezetben vagy akár a helyszínen, természetes körülmények között tanulmányozni. Ez utóbbi alól csak néhány viszonylag közeli égitest (pl. a Naprendszer bolygói, egyes kisbolygók, üstökösök) jelentenek kivételt.

Vannak továbbá meglehetősen ritkán bekövetkező csillagászati jelenségek, amelyek megfigyeléséről a szakembereknek nem szabad lemaradniuk, mert azok észlelésével jelentősen bővíthetik az adott égitestre vagy jelenségre vonatkozó szakmai ismereteket. Ezek közé tartozik például a teljes napfogyatkozás, amely mindig csupán a földfelszín egészen kis területéről észlelhető. De ilyen események a megjósolhatatlan időpontban bekövetkező szupernóva-robbanások, illetve a fényes csillagok előre kiszámítható időpontban bekövetkező átmeneti elfedése a Hold által. Ez utóbbi jelenség sem következik be mindenütt, ahol a Hold akkor éppen látszik. A csillagászokat sem maga a látvány érdekli, hanem a jelenség műszeres észleléséből származó tudományos haszon: a csillag fényének halványodási üteméből a csillag átmérőjére, illetve kísérőjének létére lehet következtetni.

Ráadásul, amikor az egyik helyen véget ér az éjjel, mert pirkadni kezd, az eget néhány ezer kilométerrel arrébb kémlelni kívánók számára éppen besötétedik. Ha tehát valamelyik égitest viselkedésének folyamatos

1. ábra. Az IAU-centenárium logója.

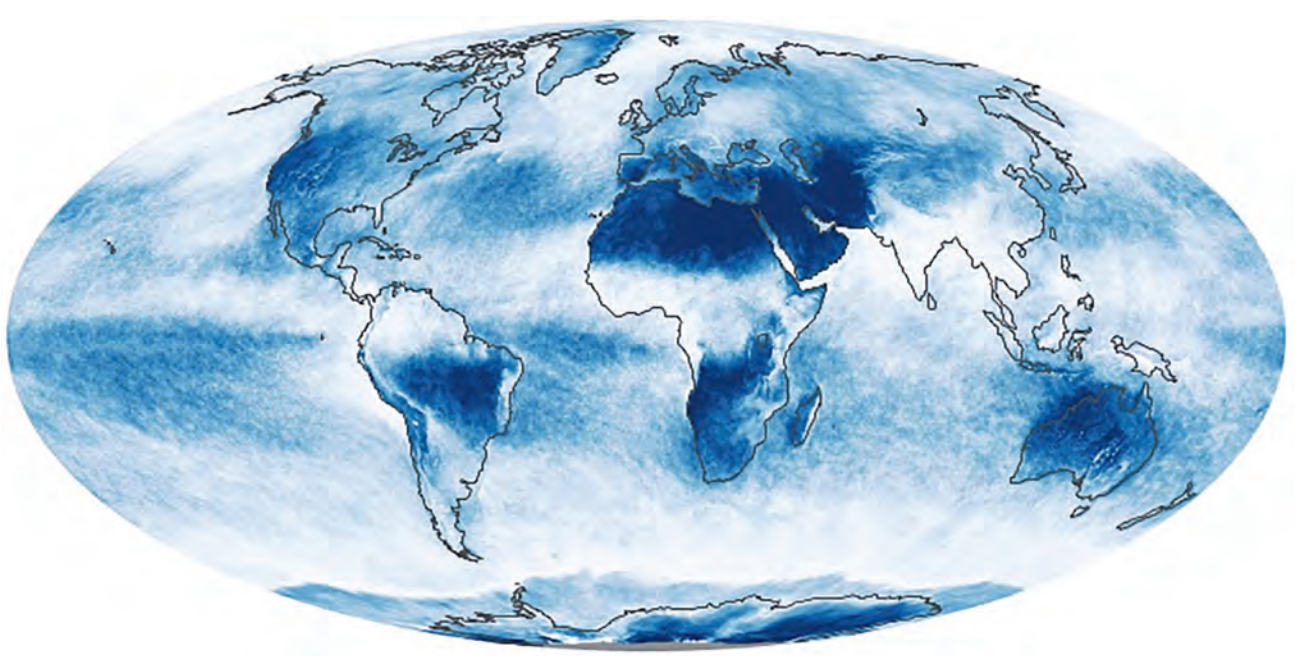
nyomon követésére van szükség, akkor az eltérő földrajzi hosszúságon dolgozó csillagászok együttműködése jelenti a megoldást. Persze az is gyakori, hogy valamely csillagászati obszervatórium fölött borult az ég, miközben néhány száz kilométerrel arrébb szikráznak a csillagok az éjjeli égen **(2. ábra)**. Mindezek elkerülhetetlenné teszik a nemzetközi együttműködést a csillagászati kutatások során. Akár azért, hogy a szakemberek le ne maradjanak valamelyik fontos égi jelenség észleléséről, akár pedig azért, hogy más országokban vagy obszervatóriumokban dolgozó csillagászokkal egyeztetve a rendelkezésre álló észlelési időt gazdaságosan beosztva ne azonos égitestet vagy jelenséget figyeljenek meg több helyről ugyanabban az időben. Megfigyelendő ugyanis szinte végtelenül sok van az égen, a csillagászat erőforrásai viszont végesek.

A csillagászati együttműködés kezdetei

A nemzetközi együttműködésre a csillagászatban már a 18. századból is találunk példát: a Vénusz bolygó Nap előtti átvonulásának minél több helyszínről történő megfigyelésére szervezett alkalmi kampányt. Ez a jelenség 1761-ben és 1769-ben is bekövetkezett, és az utóbbi Vénusz-átvonulás észlelésében Hell Miksa is részt vett, méghozzá valamennyi megfigyelő közül a legészakabbi helyszínről (Norvégia sarkkörön túli pontjáról). A Vénusz-átvonulás akkoriban azért számított különösen fontos csillagászati jelenségnek, mert a földfelszín különböző pontjairól meghatározva azokat az időpontokat, amikor pálya menti mozgása során a Vénusz korongja előbb kívülről, majd belülről érinti a Nap korongját (kilépéskor pedig fordított sorrendben), meg lehet állapítani a Vénusz és a Nap pontos távolságát a Földtől. A Naprendszeren belüli távolságok mérésére akkor még nem állt rendelkezésre más módszer.

Tartós együttműködés szervezésére vonatkozóan pedig a 19. század legelejéről találjuk az első példát, és ezt a kooperációt éppenséggel a pesti születésű, de német származású Zách János Ferenc kezdeményezte 1800-ban **(3. ábra)**. Zách korának ismertebb csillagászait szervezte egyesületbe. Bár a hat alapító tag mindegyike német csillagvizsgálóban tevékenykedett, az egyesületbe kétszer ennyi csillagászt hívtak

2. ábra. A felhőzet arányának havi átlaga 2018 júliusában *(Forrás: NASA)*.
A sötétkék szín a mindvégig derült, a fehér pedig a borult eget jelzi. Jól látszik, hogy a földfelszínen csak nagyon kevés hely van, ahol nagy valószínűséggel derült égre lehet számítani éjszakánként.

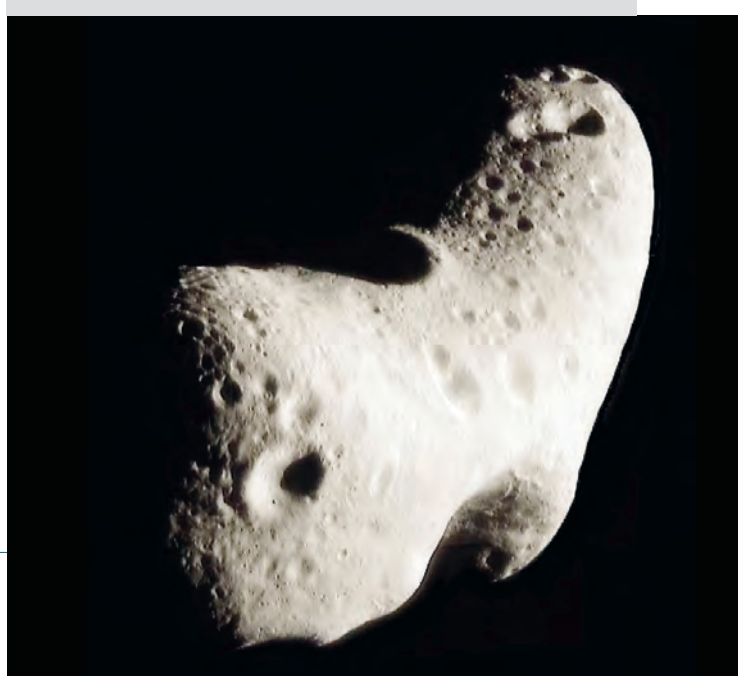


3. ábra. Zách János Ferenc
(Forrás: Wikipédia)

meg tagnak más európai országokból. (Egyébként a legelső csillagászati folyóirat megalapítása is Zách érdeme. A folyóiratok elterjedése előtt a kutatók személyes levelezés útján tudatták egymással eredményeiket. Ma, a világháló korában már elképzelni is nehéz, hogy milyen lassan terjedt egykor a felfedezések híre.) Az egyesület feladatai közé tartozott egyebek mellett a Mars és a Jupiter pályája közti térségben feltételezett ismeretlen bolygó megtalálása, a csak távcsővel látható üstökösök keresése és újabb változócsillagok felfedezése. A csillagászok szakmai együttműködésére létrehozott egyesület megszervezésével Zách lényegében egy évszázaddal megelőzte korát. Csillagászati megfigyelések végzésére nemzetközi együttműködéseket ugyanis a 19. század vége felé kezdtek szervezni. Az égbolt teljes feltérképezésére irányuló *Carte du Ciel* projektet a párizsi obszervatórium szervezte 1887-ben. A felhívásra 20 csillagászati obszervatórium jelentkezett, hogy fényképeket készítsen az éjjeli égbolt számára kijelölt területeiről, majd a fotólemezeket kimérve meghatározza a 12 magnitúdónál fényesebb csillagok pontos égi koordinátáit. Mivel ennek a grandiózus programnak nem volt igazi felelőse, a felmérést csak részben hajtották végre, a Carte du Ciel alapján megalkotott csillagkatalógus, az *Astrographic Catalog* nem terjed ki az égbolt egészére. Emlékezetes, egyben sikeres együttműködést szerveztek viszont annak kapcsán, hogy 1898-ban felfedezték a ma 433-as sorszámot viselő Eros kisbolygót, amely azzal vonzotta magára a csillagászok figyelmét, hogy az addig ismert aszteroidáktól eltérően napközelben a Mars pályáján belülre került. Az elsőként felfedezett ún. földközeli kisbolygó pálya menti mozgásának követése a Föld különböző pontjairól a napközelség (1900. október 30.) időszakában újabb alkalmat kínált a naprendszerbeli égitestek távolságskálájának megalkotására. Mivel gyorsan mozgó és igen kis méretű (az Eros felderítésére a 20. század végén indított amerikai NEAR-Shoemaker szonda mérései alapján alig 17 km kiterjedésű) égitestről van szó, a számos helyen végzett megfigyelések végeredményeként igen pontos értéket kaptak a Nap—Föld távolságra: 149,000 millió km-t (a tényleges érték: 149,698 millió km) **(4. ábra)**.

A 19—20. század fordulóján viszont az európai csillagászok mellett már amerikai kollégáikkal is számolni kellett, sőt az Újvilág csillagászatának fejlődési üteme már meg is haladta az öreg kontinens csillagászatáét. Az újabb zseniális szervező is amerikai volt, George Ellery Hale személyében. Napfizikus lévén ő először a Nap kutatására szervezett interkontinentális együttműködést (International

4. ábra. Az Eros kisbolygó a NASA NEAR-Shoemaker szondájának felvételén. *(Forrás: NASA/JPL/JHUAPL)*



Union for Cooperation in Solar Research), amelynek keretében nemcsak egyeztették a kutatási tevékenységet, hanem néhány évente nemzetközi találkozót is tartottak az eredmények ismertetése, tapasztalatcsere és a soron következő feladatok megvitatása céljából. A Mount Wilson Obszervatóriumban 1910-ben tartott konferencián már az is felvetődött, hogy ezt a Napfizikai Uniót érdemes lenne kibővíteni, és az asztrofizikával foglalkozókat is bevonni a nemzetközi együttműködésbe, hiszen a Nap csupán a számtalan csillag egyike, bár kétségtelenül a legalkalmasabb az alapos tanulmányozásra. Az ötlet megvalósítását azonban a világpolitikai helyzet akkor még nem tette lehetővé. Az első világháború a nemzetközi kapcsolatokat is kedvezőtlenül érintette.

A Nemzetközi Csillagászati Unióról és feladatairól röviden

Megalakulásakor, 1919-ben mindössze hét ország (Amerikai Egyesült Államok, Belgium, Franciaország, Görögország, Japán, Kanada, Nagy-Britannia) képviselői alkották az IAU-t, de ez a szám gyorsan nőtt: 1940-ben már 31 ország, jelenleg pedig 79 ország csillagászatát reprezentáló tudományos szervezet támogatja az IAU-t. Hazánkat a Magyar Tudományos Akadémia (illetve annak keretén belül az IAU magyar nemzeti bizottsága) képviseli. Az IAU-ban azonban egyéni tagság is létezik: a legutóbbi, 2018-as közgyűlésen felvett tagokkal együtt jelenleg már meghaladja a 12600-at a tagok száma, akik 96 országból kerülnek ki, tehát olyan országokból is,

5. ábra. Az Európai Déli Obszervatórium (ESO) La Silla-i telephelye Chilében. *(Forrás: ESO/Babak Tafreshi [TWAN.org])*

A nemzetközi tudományos kapcsolatok kibontakozása azzal kezdődött, hogy az USA Nemzeti Kutatási Tanácsa, az angol Királyi Társaság (a tudományos akadémiának megfelelő intézmény a szigetországban) és a Párizsi Tudományos Akadémia kezdeményezésére 1919-ben Brüsszelben 12 ország részvételével megalapították a Nemzetközi Kutatási Tanácsot, a ma ICSU (International Council of Scientific Unions) néven működő világszervezet elődjét. Ennek a szervezetnek az egyik fő feladata a nemzetközi együttműködés kialakítása és elősegítése volt a különféle szaktudományok területén. Az első eredmények már ott, Brüsszelben megmutatkoztak: 1919 júliusában megalakult a Nemzetközi Csillagászati Unió (International Astronomical Union, IAU), néhány más tudományterület (biológia, geodézia-geofizika, fizika, földrajz, kémia és matematika) művelőit összefogó, az IAU-val egyidős társszervezettel együtt.

amelyek nem támogatják intézményesen a csillagászok világszervezetét. Az IAU általában háromévente tart közgyűlést, az utóbbi időben már ezernél is több regisztrált résztvevővel **(nyitóképünk)**. A hatalmas létszám miatt a közgyűlések kevéssé alkalmasak az elmélyült tudományos eszmecserére, ezért az IAU konkrét témákban, 150-200 fő részvételével tartott szimpóziumokat is támogat. Korábban kisebb létszámú konferenciákat is rendeztek az IAU égisze alatt — ezek voltak az IAU-kollokviumok —, de anyagi okok miatt ezek intézménye másfél évtizede megszűnt.

Az IAU alapszabályban is rögzített fő feladatai:

- a különböző országok csillagászai közötti kapcsolatok elősegítése, ha a nemzetközi együttműködés szükséges vagy hasznos;
- a csillagászati tanulmányok előmozdítása minden viszonylatban.

Mindezeken túl az újonnan felfedezett égitestek, illetve a Naprendszerhez tartozó égitestek felszíni alakzatainak elnevezése is az IAU hatáskörébe tartozik, és a névadásnak szigorú kritériumai vannak. Ha tehát valaki más szervezettől vásárol olyan tanúsítványt, amely szerint valamelyik csillagot róla vagy az általa kedvezményezett személyről nevezték el, biztos lehet abban, hogy csalás áldozata lett.

Nemcsak az égbolt közös

A csillagászatban a tudományos együttműködések egyik lényeges eleme az, hogy a megfigyelésekre szolgáló műszereket — távcsöveket és azok segédberendezéseit — több ország szakemberei közösen készítik el, és olyan helyre telepítik, ahol kedvező az asztroklíma, vagyis éjszaka nyugodt a levegő, és jó eséllyel derült az ég. Számos obszervatóriumot több ország közösen működtet **(5. ábra)**. Erre azért is szükség van, mert az észleléshez szükséges műszerek nagyon drágák. És itt nemcsak a 8-10 méter tükörátmérőjű teleszkópok költsége számít, hanem az érzékelőké is, ugyanis a sok száz, ezer vagy akár millió fényévre lévő csillagászati objektumokról érkező sugárzás nagyon gyenge, így nemcsak óriási gyűjtőfelületre van szükség, hanem a lehető legérzékenyebb detektorokra is. Ráadásul a földi műszerek nem is képesek a kozmoszból érkező minden jel kimutatására, mert a légkör elnyeli az elektromágneses sugárzás különféle hullámhossztartományait. Ezek a jelek az űrbe telepített csillagászati szondákkal érzékelhetők. Az űrcsillagászat pedig a földfelszíni csillagászatnál is költségesebb, így minden csillagász elemi érdeke az együttműködés. Erre jó példa a röntgenhullámhosszakon észlelő amerikai Chandra és az európai XMM-Newton szondák esete, amelyek húsz éve működnek, és nem jellemző a rivalizálás köztük. A Chandra a képalkotásban jobb, az XMM-Newton a röntgenszínképek készítésében, és a kutatók ezt jól ki is használják.

Az eltérő hullámhossztartományokat vizsgáló csillagászati űrszondákkal is végeznek közös kutatásokat, ilyen például a Hubble-űrtávcsővel kezdeményezett mélyvizsgálat, az Univerzum lehető legtávolabbi részeiről kapható kép készítése **(6. ábra)**. A mélyvizsgálati területet később a Chandra is észlelte röntgenhullámhosszakon. Nemcsak a mélyvizsgálat esetében, hanem más kutatásoknál is jellemző, hogy földi műszerek is részt vesznek a csillagászati űrszondákkal történő együttműködésben.

Ennek ráadásul más dimenziói is vannak az észlelésen és az adatelemzésen túl: az együtt elért eredmények közös publikálása, az adatok archiválása és hozzáférés biztosítása az adatokhoz, illetve az eredményekhez a csillagászközösség számára. Ez utóbbit nevezi a szakzsargon open access-nek (nyílt hozzáférésnek).

Még néhány gondolat az együttműködésekről az égbolt megfigyelésében

Az égitestek és más kozmikus objektumok, jelenségek megfigyelése során alapvető cél a teljes hullámhosszlefedettség elérése. Ez csakis földi és űrcsillagászati műszerek együttműködésével érhető el. A hosszú időt igénylő megfigyelési projektek esetében ugyancsak lényeges a koordináció. Erre jó példa a több periódussal pulzáló csillagok fotometriai észlelése. Az ilyen ún. asztroszeizmológiai célú vizsgálatok során lényeges, hogy minél hosszabb időszakot fogjon át az adatsor és a lehető legkevesebb megszakítással. A földfelszíni távcsövekkel végzett ilyen koordinált észlelések a fotometriai űrszondák belépésével is ugyanolyan fontosak maradnak.

Váratlanul vagy ritkán bekövetkező csillagászati esemény megfelelő észlelése érdekében is gyakoriak az együttműködések. Napjainkban már nem lehet gond a riasztás, a koordinálás és az egyéb szükséges információ szinte azonnali beszerzése sem.

Végül megemlítem, hogy az eddigi legnagyobb együttműködés a 2017. augusztus 17-én a Földhöz érkezett gravitációs hullám észlelése kapcsán zajlott le. Ezt a kozmikus eseményt két neutroncsillag egybeolvadása váltotta ki, és a megfigyeléseket leíró és elemző első szakcikk szerzőlistája 3677 csillagász nevét tartalmazza. Ez a szám nagyjából negyede az IAU taglétszámának, vagyis fogalmazhatunk úgy is, hogy minden negyedik csillagász részt vett ebben a kutatásban.

SZABADOS LÁSZLÓ

6. ábra. A Hubble-űrtávcső extrém mélyvizsgálati mezője 2009-ből. A képen látható fényforrások mindegyike egy-egy kozmológiai távolságban lévő extragalaxis. *(Forrás: NASA, ESA, G. Illingworth, D. Magee, P. Oesch [Univ. of California], R. Bouwens [Leideni Egyetem] és a HUDF09 csoport)*

INTERJÚ MOLNÁR ZSOLTTAL

Veszélyben az emberiség, ha eltűnik a biológiai sokféleség?

Közel egymillió fajt fenyeget kihalás, veszélyben az emberiség számára a lét feltételeit adó természet – olvastuk és hallottuk az elmúlt hónapban számos publikációban, médiamegjelenésben. Az azonban nem mindenki számára egyértelmű, hogy pontosan mit jelent ez a szám, és kik kongatják az olyan sokszor hallott vészharangot. Az eddigi legteljesebb globális elemzést és értékelést elkészítő IPBES kormányközi fórumának egyik magyar tagjával, az elkészült jelentés egyik vezető szerzőjével, Molnár Zsolttal, az MTA Ökológiai Kutatóközpont etnoökológusával beszélgettünk a fenti kérdésekről.

— Pontosan mi az IPBES?

— Az IPBES-t (Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) magyarul úgy fordíthatjuk: Biodiverzitás és Ökoszisztéma-szolgáltatás Kormányközi Platform. Ezt a testületet az IPCC (Kormányközi Platform a Klímaváltozásról) mintájára hozták létre 2012-ben a biológiai sokféleség és a természet által nyújtott ún. ökoszisztéma-szolgáltatások globális helyzetének tudományos értékelésére. Jelenleg 132 ország a tagja, például az USA, Kína, Oroszország, Brazília, India, Ausztrália, Dél-Afrika, valamint az európai országok többsége, köztük hazánk is. Az IPBES célja, hogy olyan szakmai jelentéseket készítsen, amelyek értékelik a biológiai sokféleség és az ökoszisztéma-szolgáltatások globális és regionális helyzetét a rendelkezésre álló tudás alapján. Ezen túl az értékelés ismeretében lehetőségeket fogalmaznak meg a döntéshozók számára, hogy hogyan lehetne elkerülni a természet olyan mértékű pusztulását, ami már az emberiség fennmaradását veszélyezteti.

Az idén májusban közreadott globális jelentés minden idők legátfogóbb felmérése a témában. Ez a jelentés a 2005-ös Millenniumi Ökoszisztéma Felmérés egyfajta folytatása, ami szintén több száz kutatónak a munkáját tükrözte. Ám úgy látjuk, az sajnos nem igazán érte el a célját, mivel a kormányok és döntéshozók nem érezték magukénak az anyagot. Jaque Chirac nevéhez köthető az ötlet, hogy jöjjön létre egy biodiverzitással foglalkozó kormányközi testület. Ennek keretében nem a kutatók írnak önszántukból egy tanulmányt, hanem a kormányok felkérésére készül értékelés maguknak a kormányoknak.

— Milyen forrásokra támaszkodik ez az anyag, és hogyan készült el?

–Szép számokat lehet említeni: nagyságrendileg 15 000 már elkészült tudományos, illetve kormányzati publikáció az alapja a dokumentumnak.

Tulajdonképpen már 2012-ben kitűzték, hogy szükség van egy globális biodiverzitás és ökoszisztéma értékelésre, és a kormányok felkérték a testületet, hogy

készítsen egy átfogó tanulmányt a témában. Néhány évvel később a kormányok által jelölt szakemberekből kiválasztottak három vezetőt, 24 szervező vezető szerzőt (coordinating lead author) és további, száznál több szerzőt (leading author). Ebben a globális tanulmányban én a 24 vezető szerző közé tartoztam. Mi készítettük el a közel kétezer oldalas alaptanulmányt, amelynek írásába a hiányterületeken még további 300 szakértőt vontunk be.

A 145 kutató 3 éven át dolgozott az értékelés összeállításán. A munka folyamán háromszor mutattuk meg a világnak: először külső szakértők véleményezték, és kaptunk is rá több ezer megjegyzést, javaslatot, ami alapján átdolgoztuk a szöveget. Rá egy évre ismét megmutattuk a kutatóknak, de ekkor már a kormányoknak is; erre is kaptunk több ezer véleményt. A harmadik változatot ismét megmutattuk a kormányoknak, illetve azon intézményeknek, akik az IPBES-ben hivatalos megfigyelők (mint például a WWF vagy az IUCN), akik szintén fűzhettek hozzá megjegyzéseket. Ezzel párhuzamosan készült egy 40 oldalas vezetői összefoglaló, amit szintén megmutattunk a kormányoknak. Erre az 1800+40 oldalra így összesen kb. 20 000 véleményt kaptunk, és mindet egyesével meg kellett válaszoljuk, méghozzá úgy, hogy az is nyilvános lesz, amit válaszoltunk. A folyamat tehát átlátható. Május első hetében pedig az összefoglaló dokumentum pontos megfogalmazását csiszoltuk 4 napon keresztül a kormánydelegációkkal közösen.

Egyértelmű, hogy minden állításunknak, következtetésünknek tudományos tényeken kell alapulnia. Az alapdokumentumban minden egyes állításról azt is meg kellett írnunk, hogy az a tény mennyire igazolt állítás. Tehát minden főbb eredmény mellé odatettük, hogy csak néhány tanulmány van e kérdésről, több tíz tanulmány igazolja, vagy esetleg létezik több olyan világszintű összefoglaló tanulmány, ami több ezer cikk összegzésével jutott erre a következtetésre.

1. ábra. 2019. május 4-én fogadták el az eddigi legalaposabb és legmegbízhatóbb tudományos értékelést a világ természetének állapotáról, a romlás emberiségre gyakorolt következményeiről, illetve a lehetséges megoldásokról.

Ezt csak azért érdemes látni ilyen részletesen, mert jól mutatja, hogy most nem két-három kutató cikkét tették ki az újságírók a címlapra; a fenti folyamat garantálja, hogy ami ennek a 3 éves munkának az eredményeként létrejött, annak a bizonyossági foka messze meghaladja minden eddigi hasonló tanulmányét. Ez az eddigi legbiztosabb tudás arról, hogy mi történik körülöttünk globális szinten a természetben.

— Összességében mik a főbb megállapításai a jelentésnek?

— A legfontosabb talán, hogy a természet gyorsabban pusztul, mint bármikor az emberiség korábbi történelme során. Egymillió faj tulajdonképpen élőhalott; ha nem restauráljuk az élőhelyüket, kipusztulnak. (Globálisan 8 millió állat- és növényfajjal számoltunk; ez azért fontos, mert a genetika felrobbantotta a fajok számát, így egészen eltérő nagyságrendű becslésekről is olvasni lehet). Ez azt jelenti, hogy még nem értük el a földtörténet hatodik kihalási hullámát, de sebesen haladunk afelé.

2. ábra. A természet gyorsabban pusztul, mint bármikor az emberiség történelme során.

A honos fajok átlagos egyedszáma a legfontosabb szárazföldi élőhelytípusokban 1900 óta legalább 20%-kal csökkent. A kétéltű fajok több mint 40%-a, a zátonyképző korallok csaknem 33%-a és az összes tengeri emlős több mint egyharmada veszélyeztetett.

A városi területek kiterjedése 1992 óta több mint kétszeresére nőtt. Az emberiség több mint fele mára városi környezetben lakik. Ez a különválás alapjaiban megnehezíti, hogy az emberek tisztában legyenek azzal a ténnyel, hogy a természet részei, és életük elsöprő mértékben függ az ökológiai rendszerek megfelelő, egészséges működésétől.

A világ szárazföldi területének több mint egyharmada és az édesvízkészletek közel 75%-a jelenleg a mezőgazdasági termelést vagy az állattenyésztést szolgálja. A mezőgazdasági termelés értéke 1970 óta kb. 300%-kal, az ipari fafelhasználás 45%-kal nőtt,

és kb. 60 milliárd tonna megújuló és nem-megújuló erőforrást használnak fel évente globálisan, amely közel kétszerese az 1980. évinek. A szárazföldi degradáció miatt a földfelszín 23%-án csökkent már a termőképesség, és évente 577 milliárd USD értékű termés veszélyeztetett a beporzók pusztulásának következtében.

A műanyagszennyezés 1980-tól a tízszeresére nőtt, évente 300-400 millió tonna nehézfémet, ipari létesítményekből származó oldószert, mérgező iszapot és egyéb hulladékot ürítenek a világ vizeibe, és a part menti ökoszisztémákba kerülő műtrágyák több mint 400 óceáni „halott zónát" idéztek elő, összesen több mint 245 000 km^2 területen.

A tanulmány rámutat arra, hogy 1980 óta az üvegházhatású gázok kibocsátása megduplázódott, mely átlagosan 0,7 °C-os globális melegedést okozott. A klímaváltozás máris hatással van az élővilágra az ökoszisztémáktól a genetikai sokféleségig. Ez a hatás várhatóan

3. ábra. A természet és a természettől kapott javak megóvása nélkül nem védhetjük meg magunkat sem. Az életünket fenntartó rendszert pusztítjuk, és ha ez elpusztul, vele pusztulunk mi is.

a következő évtizedekben fokozódik. A modellek szerint a globális átlaghőmérséklet 2 fokos emelkedésénél a korallok 99%-a pusztul majd el, 1,5 fokos emelkedésnél „csak" 82%-uk.

Hogy ez a pusztulás miért baj? Mert a természet és a természettől kapott javak megóvása nélkül nem védhetjük meg magunkat sem. Az életünket fenntartó rendszert pusztítjuk, és ha ez elpusztul, vele pusztulunk mi is.

— A kialakult helyzet világos és válságos. A tanulmány vizsgálta az okokat is?

— Annak érdekében, hogy a döntéshozást minél inkább támogassuk, rangsoroltuk a globálisan ható öt legfontosabb, közvetlen hatótényezőt. Ezek a káros tényezők

4. ábra. A természet beteg, de még gyógyítható. Ehhez mindent és mindenkit érintő változásra van szükség. Radikális átalakítás szükséges a gazdaságban, de az egyéni világnézetünkben és viselkedésünkben is.

csökkenő sorrendben a következők: 1) a szárazföldi és tengeri területek használati módjának, a használat intenzitásának változása, 2) az élő szervezetek közvetlen felhasználása (pl. halászat, vadászat), 3) a klímaváltozás, 4) a szennyezés és 5) az idegenhonos özönfajok terjedése.

Közvetett hatótényezők az emberiség demográfiai növekedése, az egy főre jutó fogyasztás emelkedése, a technológiai innováció, amely bizonyos esetekben csökkenti, más esetekben növeli a természeti értékek pusztítását, illetve a kormányzás és felelősségvállalás módjait. Előtérbe került a globális összekapcsoltság kérdése, vagyis az, hogy az erőforrások kiaknázása és a termelés a világ egyik pontján történik, miközben egy másik, távoli pontján felmerült igényt elégít ki. Az egyénnek emiatt nem könnyű átlátnia, hogy például napi vásárlási döntései milyen hatással vannak a trópusi őserdőkre. Szerencsére már elkészült az első olyan számítógépes modell, ami megmutatja, hogy egy adott ország tevékenysége a világ egy másik országában becsülhetően hány faj kipusztulásához vezet.

— És van bármilyen pontosabb iránymutatás a tanulmányban a jövőre nézve?

— Az, hogy mit tehetünk, az a tanulmány egyik legfontosabb célja. A jelentés a fenntarthatóságot elősegítő intézkedések széles skáláját mutatja be, és útmutatást is nyújt, hogy azok a különböző ágazatok között és által hogyan valósíthatók meg. A fenntarthatóbb jövőbeni politikák kulcsfontosságú elemének tekinthető a globális pénzügyi és gazdasági rendszerek „transzformatív" átalakítása, amely eltávolodik a gazdasági növekedés és a fogyasztói társadalom jelenlegi paradigmájától.

5. ábra. A helyi közösségek, pásztorok és a tapasztalt gazdák lokális tudása a helyi értékekről, ökoszisztémákról, fajokról, tájakról és tájváltozásokról, és a helyi természeti erőforrások megóvási lehetőségeiről jelentőségükben összemérhető azzal, amit a tudomány tud erről. *(Molnár Ábel felvétele)*

Természetesen tisztában vagyunk vele, hogy egy ilyen horderejű átalakítást a jelenlegi helyzet haszonélvezői ellenezni fognak, de bízunk abban, hogy a szélesebb közösségi érdek ezt felülírhatja.

Azt gondoljuk, a természet még megmenthető, de ehhez mindent és mindenkit érintő változásra van szükség. Ez nehéz, de nem lehetetlen. Radikális átalakítás szükséges a gazdaságban, de az egyéni világnézetünkben és viselkedésünkben is.

— Térjünk most egy kicsit vissza az elmúlt hetek eseményeihez! Mesélne pár szót, hogyan zajlott az április 29-től május 3-ig tartó plenáris ülés? A fenti megállapítások hogyan kristályosodtak ki?

— Párizsban gyűltünk össze, az UNESCO épületében. Egyrészt jelen voltak az IPBES vezetői, a vezető szerzők, valamint a résztvevő országok kormányképviselői, és több civil szervezet, bár ők csak megfigyelő státusszal. Meglepően izgalmas hét volt. Minden nap reggel 8-tól este fél 11-ig folytak a tárgyalások, olykor éjfélig, egyszer pedig hajnali háromig.

A 40 oldalas szöveget mondatról mondatra, sőt szóról szóra átbeszélték a plenáris ülés résztvevői, alakították, pontosították, erősítették, máskor gyengítették a megfogalmazásokat. Tehát ami végül megjelent, és amiről most beszélünk, az nem csak a kutatók gondolatait tartalmazza, hanem azt átgondolta és továbbgondolta a több mint száz kormánydelegáció. És tulajdonképpen az eredeti szöveg kétharmadát át is írtuk. Ha nincs is teljes globális egyetértésről szó (hisz a Földön kb. 190-200 ország van), de minden mondat a jelenlévők kompromisszumával-konszenzusával született. És ez nagyon fontos, hiszen közösen kiérlelt kiindulási alapot ad a jövőbeni változtatásokhoz.

— Ebben mennyi volt a konfliktus, és mennyire lehetnek elégedettek a kutatók a végleges szöveggel?

— Természetesen nem kerülhetett az összefoglalóba olyan állítás, amit tudományos tények ne igazolnának. Ez volt a mi felelősségünk. Ha a kormányok szerettek volna esetleg valami olyasmit beleírni — akár csak jószándékból — ami nem bizonyítható, pontosabban, ha

6. ábra. A világ számos pontján kimutatták, hogy a helyi gazdák és pásztorok bevonása a természetvédelmi területek kezelésének tervezésébe és megvalósításába hosszú távon hatékonyabb természetvédelmet eredményez. *(Molnár Ábel felvétele)*

ennek a bizonyítéka nem szerepelt a kétezer oldalas háttértanulmányban, akkor nem kerülhetett bele. Más kérdés, hogy mi lett azokkal az állításokkal, amiket a tudomány tényként állít, de közben nem tetszik a kormányoknak.

Mondok egy példát. Állítjuk, hogy a klímaváltozás fékezéséhez szükség van arra, hogy szenet kössünk meg a légkörből a növényzet segítségével a talajban, illetve arra is, hogy részben megújuló bioenergiával pótoljuk a fosszilis energiahordozóinkat. De volt egy ilyen mondatunk: *„A klímaváltozás lassítása monokultúrás bioenergia-növények segítségével veszélyezteti az élelmiszerbiztonságot."* Az angolban az állítmány így szerepelt: „will threaten". Ez viszont azokban az országokban, amik az utóbbi időben sok erőforrást

mozgósítottak a bioetanol-termelés élénkítésére, nem volt népszerű állítás. Azt javasolták, hogy a végleges szövegben ez szerepeljen: „can threaten", ami magyarul úgy fordítható: veszélyeztetheti. És egy nappal később néhány delegáció visszatért még erre a pontra, és azt szerették volna elérni, hogy „may threaten" szerepeljen, ami magyarul már csak így fordítható: „esetleg veszélyeztetheti".

A jövő szcenárióit elemző kutatók meglehetősen biztosak abban, hogy ha nagy területeket fordítunk bioenergetikai növények termesztésére, miközben nő a népesség, és a területek termőképessége csökken, akkor ebből élelmiszerbiztonsági problémák lesznek. A végleges szöveg kialakításához mégis szükséges volt kompromisszumokat kötni.

A másik nagyon kritikus pontja ezeknek a tárgyalásoknak épp az én kutatási témámnak a jogi oldala: az a kérdés, hogy a „bennszülött népeknek" (Indigenous Peoples), helyi közösségeknek milyen jogai vannak, illetve legyenek. Ez azért jelentős kérdés, mert kimutattuk: a Föld szárazföldjei jelentős részének elsődleges tájhasználata vagy védelme alapvetően bennszülött népek hatáskörébe tartozik; ez a szárazföldi felszínnek legalább 28%-a, a természetesebb állapotban megmaradt tájaknak, illetve az állami természetvédelmi területeknek pedig 35-40%-a. Ugyanígy megállapítást nyert, hogy a szárazföld egyharmada és a tengerek 66%-a az emberi tevékenység következtében jelentősen átalakult. A káros folyamatok azonban átlagosan kevésbé súlyosak azokon a területeken, melyeket bennszülöttek és helyi közösségek hasznosítanak, tartanak fenn. Ami azt jelenti, hogy nélkülük, illetve ellenükben nem lesz könnyű megvédeni azokat a területeket, ahol a biológiai sokféleség még virágzik.

Tavaly publikáltunk egy olyan térképet a Nature Sustainability folyóiratban, amin jeleztük, hogy hol élnek ma még bennszülött népek. Ugyanakkor azok az országok, amelyeknek a területén élnek ezek a bennszülött népek,

7. ábra. A hagyománynak élőnek kell lennie, és nem szabad, hogy a gyökereit és alkalmazkodóképességét elveszítse. *(Molnár Ábel felvétele)*

nem feltétlenül hajlandóak jogokat adni nekik. Ez meglepő volt: a tárgyalások során kézzel foghatóan kivehető volt egy gyarmatosító hangulat. Több olyan ország van, ami gyakorlatilag nem ismeri el, hogy területén bennszülött népek élnek, és volt, amelyik kihúzatta a statisztikából azokat a területeket és emberlétszámokat, amik az ő területére esnek. Ilyenkor elindult egy akár napokon át tartó huzavona, hogy pontosan mi jelenjen meg végül az összefoglalóban.

— Minden ország részéről egy kormánydelegált vett részt?

— Inkább 1-től 10-ig.

— Ez az ország méretétől függ?

— A legerősebb delegáció szerintem az USA volt, de nem annyira a delegációk mérete számított, érdekesebb volt a gyakran hozzászólók listája: USA, Bolívia, Franciaország, Argentína, Mexikó és a németek, brazilok, dél-afrikaiak, dánok, svédek; ők voltak a legaktívabbak. Az USA és Bolívia kiemelendő: mindkét delegáció alaposan felkészült, és gondolatilag nagyon erős volt, s mindamellett, hogy nyilván védték hazájuk érdekeit, szakmailag sokat hozzátettek az anyaghoz.

Bolívia azért is érdekes, mert talán ők játszották a legnagyobb szerepet a bennszülöttek és helyi közösségek hagyományos tudásának elismerésében, illetve jogainak támogatásában. A bolíviai elnök évekkel ezelőtt az IPBES „asztalára csapott", és kifakadt, hogy elég már abból, hogy egyedül a tudomány „mondja meg a tutit". A tudomány nagyon fontos, de emellett léteznek más tudásrendszerek is, amelyek tudása számos esetben relevánsabb a tudományénál. Egyébként talán ez az, amiben az IPBES leginkább újat hozott a klímaváltozásos platformhoz (IPCC) képest. A bennszülött, hagyományos és helyi tudás szerepére hívja fel a figyelmet, illetve használja értékelései során mint evidenciát.

— Pontosan mit mond az IPBES a hagyományos ökológiai tudásról?

— Kimondtuk, hogy a tudomány nem elég, a bennszülöttek, pásztorok, gazdák és halászok tudása is kell a természet megőrzéséhez. A helyi közösségek, pásztorok és a tapasztalt gazdák lokális tudása a helyi értékekről, ökoszisztémákról, fajokról, tájakról és tájváltozásokról, és a helyi természeti erőforrások megóvási lehetőségeiről jelentőségükben összemérhető azzal, amit a tudomány tud erről. A két tudásrendszerre egyszerre van szükségünk ahhoz, hogy a világunk élhető legyen, és ne éljük fel az emberiség létfeltételeit.

— Ez, mint alapvetés világos. De hogyan lehet ezt a kétféle tudást ötvözni?

— A megoldás egyszerre könnyű és nehéz. Azt látjuk a világban sok helyen (és egyre gyakrabban itthon is), hogy ha körvonalazunk egy megoldandó valós tájhasználati

problémát, és ennek megvitatásához, megoldásához akár több, egészen különböző tudományterület kutatója leül egy asztalhoz, az a kerekasztal sosem lesz annyira hatékony a megoldáskeresésben, mint az, amelyikben odaül az asztalhoz a helyi tájhasználó, az erdész, a pásztor vagy a helyi gazda is. Az a tapasztalat, hogy életszerűbb, használhatóbb, megvalósíthatóbb megoldást javasol ez a vegyes csapat, mint amelyikből kihagyjuk a helyi tudást.

Persze ennek a közös tudásalkotásnak, megoldáskeresésnek az egyik legfontosabb alapja, hogy a különböző csoportok egymás tudását elismerve tudjanak

8. ábra. Az csak a mérleg egyik oldala, hogy 132 kormány egyetértésével sikerült bemutatnunk bolygónk élővilágának állapotát. Azonban a másik – legalább ilyen fontos szereplő – az egyén: az, akihez az erről szóló híreknek el kell jutnia.

leülni egyeztetni. Ezt egy pásztor így fogalmazta meg: a tudományos embereknek is el kell fogadnia a pásztorok tudását, de nekem is el kell ismernem — mondja a pásztor — hogy a tudomány is egy tudás.

Fontos szempont ebben az is, hogy ezt követően mindenki úgy viszi haza a megoldást, hogy ehhez ő is hozzátett. Nem „felülről érkezik" a megoldás, hanem közös megegyezés eredménye. A világ számos pontján kimutatták, hogy a kompromisszumos megoldás hosszú távon hatékonyabb természetvédelmet eredményez. Pedig a kompromisszumos megoldás bizonyos értelemben mindig „kevesebb", de ha az érintettek közösen rakják össze a tudásukat, és meg is állapodnak abban, hogy ez így nagyjából jó, akkor azt közösen is tartják be. És ez hosszú távon megéri.

— Talán azért érdekes, hogy a hagyományos tudás így felértékelődik a 21. században, mert az innovatív világunk a hagyományt inkább a múzeumokba szokta terelni.

— Valóban, a hagyomány szóban benne van az, hogy ez valami régi dolog. Egy évszázadokon, évezredeken keresztül kicsiszolt tudásról van szó, és ez persze jelenthetné azt, hogy mára elavult.

Mi úgy látjuk, hogy a hagyomány azért tudott megmaradni, mert évszázadok óta alkalmazkodik a változáshoz, csak lassabban, mint a tudomány vagy a technológia, de ugyanúgy megfigyel, kísérletezik, és leteszteli, hogy mi a jó, vagy éppen mi a káros a természetre. A lényeg ebben rejlik: ha megállítjuk ezt a változást, ezt az alkalmazkodást, és „konzerváljuk" a hagyományt, akkor elavulttá válik. Azok a hagyományos gazdálkodási módok, amelyek hozzájárultak a természeti örökségünk kialakulásához, azok a mai napig folyamatosan változnak, alkalmazkodnak, és a természetvédelmi területeken a jövőben is szükség lesz rájuk.

A hagyománynak élőnek kell lennie, és nem szabad, hogy a gyökereit és alkalmazkodóképességét elveszítse. Erre van egy tudományos kifejezés: a reziliencia, ami egyfajta rugalmas ellenállóképességet jelent. Nagyon fontos, hogy tudjunk adaptálódni az új körülményekhez, de az is fontos, hogy ezt úgy tegyük, hogy a rendszer lényege megmaradjon. Hogy ne veszítsük el alapvető értékeinket, miközben egy új dologhoz alkalmazkodunk.

— Összességében milyen élmény volt részt venni egy ilyen történelmi léptékű munkában? Elégedett az eredménnyel?

— Jó kérdés, hogy mennyire van teli a pohár. Kutatói oldalról elképesztő jelentőségű, hogy elkészült egy ilyen átfogó, konszenzusos értékelés a világ biológiai sokféleségének állapotáról, a helyzet következményeiről és a szükséges lépésekről. Ez nyilván nagy öröm. Az, hogy benne van a bennszülött és helyi ember tudása, a hagyományos ökológiai tudás ebben az értékelésben, ez személyesen nekem legalább akkora eredmény és öröm. És ez egyben elismerést is jelent az ezen tudást még őrző embereknek is. Igazából nem is hiányérzetem van a tanulmánnyal kapcsolatban, mint inkább az a kérdés, hogy vajon mennyire veszi észre a világ ezt a jajkiáltást. Azt gondolom, hogy az csak a mérleg egyik oldala, hogy 132 kormány egyetértésével (és remélhetőleg az ő figyelmüket elérve) sikerült bemutatnunk a bolygónk élővilágának állapotát, és hogy ebből milyen feladataink adódnak. Azonban a másik — legalább ilyen fontos szereplő — az egyén: az, akihez az erről szóló cikkek eljutnak. Vajon elér-e kellő számú emberhez ennek a munkának az üzenete olyan erősséggel, hogy a maguk életében fel tudják vállalni a változás elindítását?

TEGZES MÁRIA

MÉLYBEN MEGFONTOLT DÖNTÉSEK

A belső erők befolyása

A földtörténet sajátossága, hogy míg bizonyos folyamatok az élet elterjedésére, fenntartására, addig mások annak kipusztulására törekednek. Mindkét esetben közös, hogy a Föld belsejében zajló folyamatok kulcsfontosságú szerephez jutnak.

Halálhozó higany

A kutatók szerint az ősi kőzetekben eltemetett higany szolgáltatja az eddigi legerősebb bizonyítékot, hogy a földtörténet legnagyobb kihalásaiért a vulkánok felelősek. Egy 252 millió évvel ezelőtt történt drámai és kiterjedt katasztrófa, amelyet a kutatók a Nagy Kihalásként emlegetnek, több százezer év alatt a földi élet több mint 95%-át kipusztította.

A Cincinnati és a Kínai Földtudományi Egyetem őslénykutatói szerint a világon földtani rekordokban talált közel egy tucat higanymaradvány meggyőző bizonyítékot szolgáltat az említett vulkanizmus okozta, világméretű kataklizmákra. Az erről szóló tanulmány nemrég jelent meg a *Nature Communications* tudományos folyóiratban.

A kitörések hatalmas széntelepeket lobbantottak be, amelyek aztán higanygőzt juttattak a légkörbe. Végül ez a csapadék révén a bolygó több pontján bekerült a mélytengeri üledékekbe, emléket állítva a katasztrófának, amely utat nyitott a dinoszauruszok uralmának.

„A vulkáni működés, amely magában foglalja a különböző gázok kibocsátását és szerves anyagok elégetését, bőséges higanymennyiséget bocsátott a Föld felszínére." — mondta *Jun Shen*, a tanulmány fő szerzője, a Kínai Földtudományi Egyetem docense.

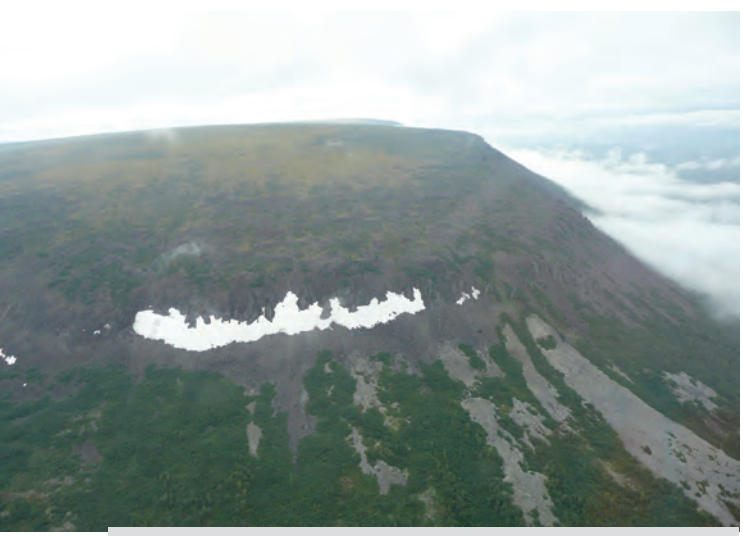
A kihalás a kutatók által perm-triász határvonalként emlegetett szakaszban történt. A dinoszauruszok felemelkedése előtti esemény a szárazföldi és tengeri élet

1. ábra. Illusztráció a perm-triász kihalási eseményben aktív szerepet vállaló vulkanizmusról, amely többek között a képen is látható Gornopsia alrend képviselőinek kipusztulását is eredményezte. *(Forrás: University of California)*

jelentős részét kipusztította. Képviselőik közül néhányan meglehetősen furcsa, ősi szörnyetegek lehettek, mint például a kegyetlen Gorgonopsia alrend tagjai is, amelyeket leginkább egy kardfogú tigris és egy komodói varánusz keresztezéseként képzelhetnénk el.

A kitörések a jelenleg Közép-Oroszországot jelentő szibériai trapp elnevezésű vulkáni rendszerhez kötődtek. Ezek közül több nem pontszerű, kúp alakú tűzhányókban történt, hanem hosszan elnyúló, tátongó repedéseken keresztül. A kitörések gyakoriak, és hosszan tartók voltak, és haragjuk több százezer évig tombolt.

A nagyobb erupciók alkalmával általában rengeteg higany jutott a légkörbe. Ez az elem viszonylag új indikátornak számít a kutatók számára, tanulmányozása pedig felkapott témává vált a földtörténeti események vulkanikus hatásainak vizsgálatához. A szakemberek orsóhal-szerű élőlények, a konodonták éles fogazatának maradványait használták a higanyt



2. ábra. A trapp egyik legszebb példája a közép-szibériai Putorana-fennsík.

bezáró kőzetek korának meghatározásához. Mint a legtöbb más élőlény a bolygón, a konodonták is megtizedelődtek a katasztrófa során.

E kiterjedt időszak során a kitörések akár 3 millió köbkilométernyi hamut juttathattak a légkörbe. Összehasonlításként, a Mount St. Helens 1980-as kitörése Washingtonban „mindössze" 1 köbkilométer hamut bocsátott a levegőbe, ami még a több mint 1500 km-re lévő Oklahomában is belepte az autók szélvédőit.

A szibériai trapp kitörései annyi anyagot juttattak a levegőbe, részben üvegházgázok formájában, amelyek a bolygó hőmérsékletét átlagosan 10 °C-al emelték meg. A változó éghajlat pedig valószínűleg a tömeges kihalás egyik fő okozója lehetett. A savas esők rengeteg víztestet károsíthattak, emellett hozzájárulhattak a világóceán elsavasodásához. A melegebb vizeket pedig az oldott oxigén hiánya miatt sokkal több kihalt terület jellemezhette. Az egymást követő kitörések pedig akadályozták a bolygó táplálékláncának felépülését, amely így csak nagyon lassan állt helyre.

Földünk 4,6 milliárd éves fennállása során öt nagyobb tömeges kipusztulást tapasztalt meg. Ezek vizsgálatára a kutatók a higanyon túl irídiumnyomokat is tanulmányoznak, hogy egy másik jelentős, 65 millió évvel ezelőtt bekövetkező, a dinoszauruszok kipusztulását eredményező kihalási esemény okaira is fényt derítsenek.

Óceán-benépesítő oxigén

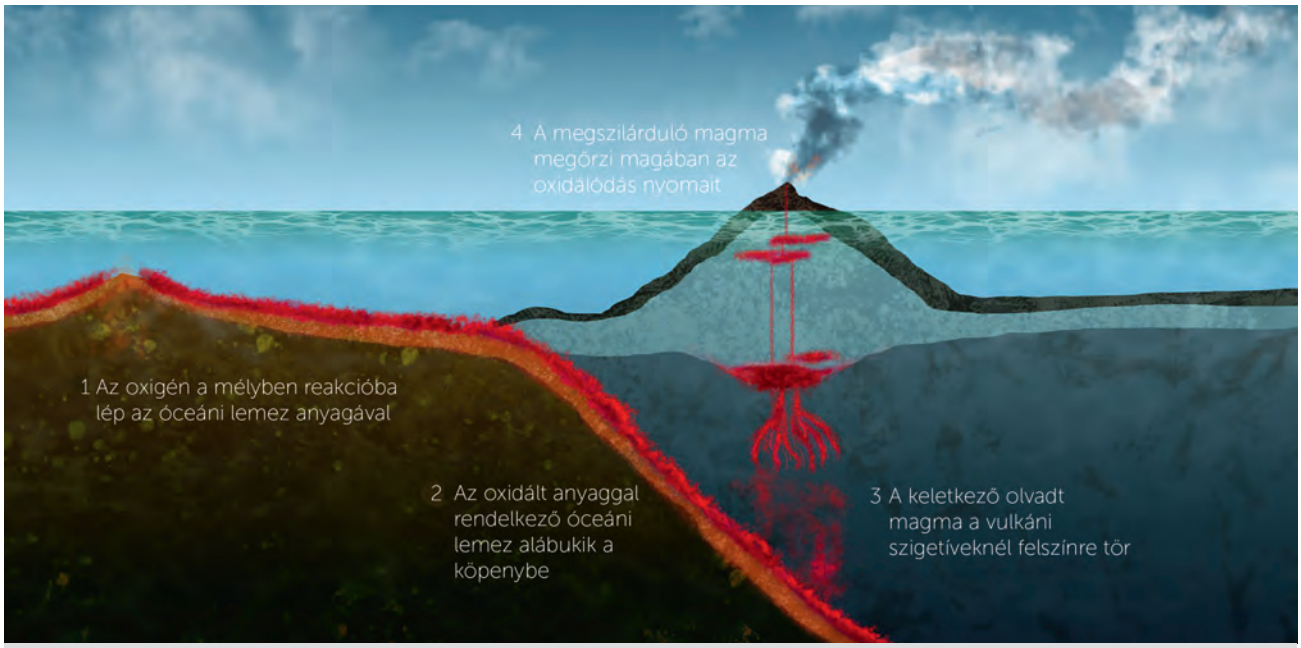
Mára már világossá vált, hogy a földi élet és bolygónk geológiája szorosan összefonódik, egy nemrég megjelent tanulmány azonban most új bizonyítékkal szolgál, hogy a szó szoros értelmében milyen mély is ez a kapcsolat.

A Kaliforniai Egyetem földtudományi kutatói magmás kőzetek vizsgálata során olyan kémiai nyomot azonosítottak, amely megőrizte a Föld mély óceánjainak oxigenizációs információit. Ez a folyamat nagy jelentőséggel bír, hiszen ez alapján megbecsülhető, hogy a légköri és óceáni oxigén mennyisége mikor érhette el azt a szintet, amely lehetővé tette a változatos óceáni élet kialakulását.

Felfedezésük, amely a *Proceedings of the National Academy of Science* tudományos folyóiratban jelent meg, támogatja a jelenleg leginkább elfogadott elméletet a szigetívek magmáinak geokémiájáról, illetve a bolygónkon feldúsuló életető elem megjelenésének nyomairól.

Szigetívek szubdukció során keletkeznek, amikor egy óceáni lemez a másik, hasonló összetételű társa alá csúszik. Az alábukó lemez vízben gazdag fluidumokat szállít magával a felső köpenybe. Az ennek megolvadásából keletkező magma pedig idővel a felszínre tör. Ez a folyamat vulkáni szigetíveket épít, ilyeneket találhatunk a Japán-szigeteknél, vagy bárhol másutt a pacifikus Tűzgyűrűben. A lemeztektonikai folyamatok előre haladtával végül ezek az ívek egyszer találkoznak, ütközésük nyomán pedig kontinenssé olvadnak össze, hosszú évmilliók távlatában pedig megőrzik magukban keletkezésük körülményeinek legfontosabb információt.

A legelterjedtebb magmás vagy vulkanikus kőzetek a bazaltok — sötét színűek, finomszemcsések, és rendszerint lávafolyamokban találhatók. A legtöbb bazalt



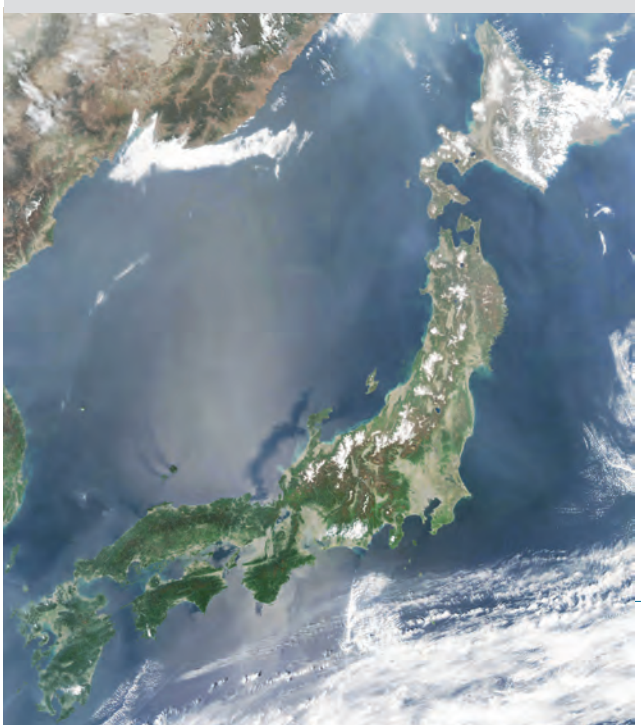
3. ábra. Az alábukás folyamata óceáni lemezek esetén. *(Forrás: California Institute of Technology)*

nem szigetíveket, sokkal inkább a mélyben húzódó óceánközepi-hátságokat formálnak. Jól ismert különbség a két kőzettípus között, hogy a szigetívek bazaltjai sokkal oxidáltabbak, mint a hátságokat alkotók.

Vezető, de vitatott elképzelés ezzel a különbséggel kapcsolatban, hogy az óceáni kéreg még mélytengeri körülmények között oxidálódik, mielőtt alábukna a köpenybe, amelynek nyomai később megjelennek a szubdukció során, a szigetíveknél felszínre bukkanó köpenyanyagban.

A Föld azonban nem rendelkezett mindig oxigéndús légkörrel és mély óceánnal. A kutatók úgy gondolják, hogy az oxigén megjelenése — és ezzel együtt a bolygó képessége az aerob élet fenntartására — két lépésben történt.

4. ábra. A legjellegzetesebb szigetívet alkotó csoport a Japán-szigetek.



Az első esemény során, amely körülbelül 2,3-2,4 milliárd évvel ezelőtt zajlott le, a légköri oxigénszint több mint 100 000-szeresére emelkedett, elérve a jelenlegi koncentráció 1%-át.

A drámai növekedés ellenére a légköri O_2-koncentráció még mindig túl alacsonynak bizonyult a mély óceánban történő oxidációs folyamatokhoz, és még jó ideig anoxikus maradt egészen addig, míg az oxigénszint hirtelen 10-50%-ra nem ugrott, ami viszont már lehetővé tette ezt.

Ahhoz, hogy az erre utaló nyomokat megtalálhassa, *Daniel Stopler*, a Kaliforniai Egyetem föld- és bolygótudományokkal foglalkozó docense a Caltech geológusával, *Claire Bucholznal* — aki ősi szigetívek magmás kőzeteit tanulmányozza — közösen végzett vizsgálatokat. A két kutató a már publikált tanulmányok eredményeit és geokémiai mérések adatait összegyűjtve meghatározta a több 100 millió évvel ezelőtt kitört ívvulkánokból származó kőzetek oxidációs állapotát.

Elemzésük egy határozott nyomot tárt fel: a kőzetmintákban lévő oxidált vas észlelhető növekedését 400-800 millió évvel ezelőtti periódusra becsülték, ami abba az intervallumba esett, amit egymástól független tanulmányok már korábban saccoltak. További vizsgálatok pedig igazolták, hogy a mély óceán oxidációja nem csak a Föld felszínére és a tengerekre hatott, hanem a vulkanikus kőzetcsoportok nagy részének geokémiai folyamataira is.

SZOUCSEK ÁDÁM

A SZIGETSZERŰEN ELŐFORDULÓKTÓL AZ INVAZÍVAKIG

Védett és nem védett halaink

Magyarország ritkán előkerülő, őshonos, sok esetben védett vagy fokozottan védett – illetőleg nem őshonos, invazív és terjedésben levő halairól tartott előadást Sallai Zoltán természetvédő, a Magyar Haltani Társaság elnökségi tagja a közelmúltban Szegeden.

Hazánkban a gerincesek közül a halak között van a legkevesebb védett faj — hívta fel a figyelmet bevezető szavaiban a kutató. Míg a kétéltű- és a hüllőfajok száz százaléka, a madaraknak is csaknem ugyanekkora mennyisége védett, a halfajaink védettsége csak mintegy 30 százalékos. Pedig veszélyeztetettségüket növeli, hogy például szennyezés, kiszáradás esetén nem tudják elhagyni élőhelyüket, mint más állatok. Mindemellett meg kell említeni, hogy a hazai halállomány egyharmada idegenhonos, és ezek az őshonos állományok kárára vannak jelen halfaunánkban.

A szakember megemlítette, hogy az új halgazdálkodásról szóló jogszabályban, illetve az ennek végrehajtására kiadott rendeletben számos változás következett be a korábbiakhoz képest. Így például három halfaj bekerült azok közé, amelyek kifogása ma már tilos, jóllehet nem állnak természetvédelmi oltalom alatt. Ilyen a kecsege, a széles kárász és a vágódurbincs. A jogszabály arra is lehetőséget ad, akár a kecsege, akár a széles kárász esetében, hogy ahol önfenntartó állománya van e fajoknak, s rendszeresen szaporodnak, ott minimális mérvű hasznosításukra is lehetőség nyíljon (a harmadik faj, a vágódurbincs azért kerülhetett bele e csoportba, mert közeli rokonával, a hozzá nagyon hasonló, védett széles durbinccsal könnyen összekeverhető).

Ezután néhány ritkább fajt ismertetett a kutató — olyanokat, amelyek „már ritkák", mint a védett és fokozottan védett halak, illetve olyanokat, melyek „még ritkák", ezek az idegenhonos, invazív fajok, amelyek azonban egyre több vizünkben és egyre gyakrabban tűnnek fel.

Körszájúaktól a tokfélékig

Elsőként a törzsfejlődés legalacsonyabb szintű, nem hal, de a laikus számára már halszerűnek tűnő élőlényeit, a körszájúakat mutatta be a szakember, melyek közül a tiszai ingola a legritkább gerincesünk. Mindössze az Aggteleki-karszt és a Zempléni-hegység néhány kis vízfolyásában, s a Felső-Tiszán van egy kis önfenntartó állománya — a kétezres egyedszámot még a legbátrabb becslések szerint sem éri el, erre utal magas természetvédelmi értéke is: negyedmillió forint. Van két másik ingolafajunk is, melyek gyakoribbak, ezek a dunai és a Drávából előkerült Vladykov-ingola. Az ingolák egyébként egyedfejlődésük első négy évét lárvaként töltik szerves törmelék közé húzódva —

1. kép. A széles durbincs nagyon hasonlít a nála lényegesen gyakoribb vágódurbincsra. *(Sallai Zoltán felvételei)*

amely egyszersmind táplálékát is jelenti —, s kifejlett korában a tiszai ingola parazita életmódot folytat, halakra rátapadva azok testnedveit szívja, míg a másik két faj kifejlettként már nem táplálkozik. A tiszai ingola átalakulásban még két-három évig részt vesz a szaporodásban, míg a dunai és a Vladykov-ingola az első ívás után elpusztulnak. Ezek az állatok nagyon érzékenyek a víztisztaságra, így kitűnő indikátorfajoknak is nevezhetők; mindhármuk fokozottan védett.

A tokfélék közül a simatokról és a sőregtokról szólt a kutató: a Duna vízrendszerében élő simatok a nagy vándorló tokféléink közül jelen ismereteink szerint egyedüliként „leszokott" a tengerbe vándorlásról, és életét ívás előtt és után is a folyóvizekben tölti, a sőregtok pedig ugyancsak a tokok között a leginkább tengeri, csak ívni jár fel a folyókba, és utána gyorsan megy is vissza. A simatok a mi faunaterületünkön is megtalálható, legutóbbi, nyilvánosságot kapott példányai közül egy a Murából került elő 2005-ben, a Dunából Szeremlénél 2009-ben, és a vajdasági Dunaszakaszon is fogtak egy bő félmázsás egyedet, amit aztán vissza is engedtek.

2. kép. A leánykoncérnak csak kis állományai élnek nálunk.

A sőregtoknak sokáig egy 1965-ös dunai előfordulásáról tudtunk utolsó megjelenésként, míg azután 2006-ban Tiszajenőnél is fogtak egy fiatal, háromkilós példányt (amit egyébként idegenhonos lapátorrú toknak hittek, s el is fogyasztottak). Ennek a példánynak több érdekessége van. Az egyik, hogy mint már említettük, a sőregtok csak a szorosan vett ívási időben vándorol fel folyóinkban, ez a példány pedig még csak ivarérett sem volt; a másik, hogy miként tudott átjutni a Vaskapu vízlépcsőin. Valószínűleg úgy, hogy beúszott a hajózsilipbe, amikor már beállt a hajó, utána pedig a zsilip kinyitásakor továbbúszott. A tokfélékről szólva megemlítendő, hogy természetvédelmi értékük a ritkaságukhoz képest nagyon csekély, mindössze 50 ezer forinttal jegyzi őket a természet védelméről szóló törvény. Kaviárjuk, húsuk ehhez képest sokkal többet ér, így a netáni büntetésnek nincs visszatartó ereje.

3. kép. A vaskos csabak hazai állománya nagyon kicsi.

Pontyfélék, de ritkák

A pontyfélék közül először két koncérfajt ismertetett a kutató. Egyik a 3—3,5 kilót elérő testtömegű leánykoncér, mely a Duna-medence ritka őshonos hala. Stabil állománya található a Dunában, Tiszában, Drávában egyaránt, s néhány kisebb folyónkba is felhatol. Nagyon érdekes, hogy a Túr felső szakaszán is van egy kisebb, elszigetelődött állománya, de ennek a Túr-bukó miatt nincs kapcsolata a tiszaival. Szűk elterjedésű, bennszülött halunk lévén, ezt is beemelték a védett fajok listájára. Éppúgy, mint az 5 kilót elérhető gyöngyös koncért, mely még a leánykoncérnál is ritkább. Elsősorban a Felső-Duna szubalpesi tavaiban fordul elő, s az ezekbe torkolló folyóvizekbe jár fel ívni. De a Duna ausztriai szakaszán is él egy kisebb, önfenntartó állománya, s az onnan lesodródott példányok jelennek meg néha

nálunk is. Mindkét fajra jellemző, hogy ívás idején a hím úgynevezett nászkiütéseket visel testén, a leánykoncér rózsatüskéhez, a gyöngyös koncér pedig gyöngysorokhoz hasonlítóakat.

A vaskos csabak nagyon szép, impozáns megjelenésű pontyfélénk, Magyarországon a Felső-Tiszán él egy kisebb, szigetszerű önfenntartó állománya az utóbbi évek adatai alapján; ez valószínűleg a határainkon túlról lesodródott példányokból alakult ki. Nászidőszakban gyönyörű, az orrcsúcstól a farokúszó tövéig egy lilás sáv húzódik végig, az oldalvonala narancsszínnel pettyezett, s ugyanígy az úszók töve, illetve a fejcsontok szegélye is. Ugyancsak védett halunk.

Még mindig a pontyféléknél maradva, a küllőkről is ejtett szót a szakember, az öt faj közül háromról, melyek bennszülött halai a Duna vízrendszerének. E három közül legritkább a felpillantó küllő, mely a folyók hegylábi szakaszán, a kavicsos aljzaton él,

4. kép. A bihari márnát korábban – több hasonló fajjal együtt – egységesen Petényi-márnának nevezték.

elsősorban a paduczónában. A Felső-Tiszán, a Murában és a Drávában alakult ki egy kis önfenntartó állománya, de néhány éve a Hernád felső szakaszáról is előkerült. Fokozottan védett, egyszersmind Natura 2000-es faj. A homoki küllő egy kicsit nagyobb egyedszámban él nálunk, s már a sóderes-homokos mederrészekre is lehúzódik. A halványfoltú küllő pedig országszerte jelen van folyóinkon.

Szólt az előadó a pataki márnáinkról is. Korábban egy fajnak tartották és egységesen Petényi-márnának nevezték őket a taxonómusok. Mára az észak-magyarországi, kisebb vízfolyásokban, közepes folyókban és a Felső-Tiszán élő pataki márnát kárpáti márnának nevezik, a Sebes-Körös felső szakaszáról előkerült, korábban szintén Petényi-márnának hívott halat pedig jelen ismereteink alapján bihari márnának határozták meg. E halfajok fokozott védettséget élveznek; jellegzetességük, hogy hátúszójuk nem fogazott, kemény úszósugárral, „bognártüskével" kezdődik, mint több más pontyfélénknek.

5. kép. A bolgár csík elnevezése gyakran változott.

A csíkfélék két faja, a bolgár és a balkáni csík elnevezése kalandos utat járt be: régen egységesen balkáni csíknak, majd törpecsíknak, illetve kőfúrócsíknak hívták őket. Fő különbség köztük, hogy a balkáni csík a folyóvizek felsőbb, a bolgár csík pedig az alsóbb szakaszain található meg. Mindkettő védett.

Hazaiak versus idegenhonosak

A pócfélék családjának egyetlen tagja él hazánkban, a lápi póc. A vízrendezések során megtizedelődött az állománya — ahogy tűntek el a mocsarak, úgy tűnt el a lápi póc is. Mára mindössze néhány kisebb, szigetszerű állománya maradt fenn. S ezeket is veszélyezteti egy viszonylag új, keletről behurcolt, az alvógébfélék (nem a gébfélék!) közé tartozó, invazív hal, a póccal azonos élőhelyet kedvelő amurgéb. Ez részint táplálékkonkurense is a pócnak, részint annak ikráit és ivadékait is felfalja. Terjedésére jó példa a Bodrogzug, ahol az amurgéb megjelenése után a lápi póc teljesen eltűnt. Terjedése sajnos nemcsak „önerőből", hanem halivadék-szállítmányokkal, mesterségesen is zajlik.

A természetes terjedésen túlmenően szintén emberi behatásra is terjednek vizeinkben a gébek, melyek közül a kutató a két nagy testűt, a kerekfejűt és

6. kép. A lápi póc veszélyeztetett halfajunk.

7. kép. Az invazív amurgéb nagy veszélyt jelent a hozzá egyébként első ránézésre hasonló őshonos lápi pócra.

a csupasztorkút, és a legkisebb termetűt, a kaukázusi törpegébet említette meg. A kerekfejű géb korábban csak a Dunából és kisebb mellékfolyóiból volt ismert, de tavaly-tavalyelőtt már a Tisza vízgyűjtőjén is megjelent. Különösen a Nagykunsági-csatornában szaporodott el nagy számban, de már a szegedi Tiszában is kimutatták. Mindkét nagytestű géb a Tiszában a Körös-toroktól egészen a déli határig domináns gébfaj lett, s a Dunában is előfordul. A kaukázusi törpegéb elsőként a Szamosból került elő, majd a Tisza és számos csatorna is bekerült az élőhelyei közé. A gébfajok jelenléte azért káros vizeinkben, mert pusztítják őshonos halaink ikráit, ivadékait.

Emberi hatások

Mindezek után néhány veszélyeztető tényezőre hívta fel a szakember a figyelmet. Szólt a tiszai cianidmérgezésről, és a marcali vörösiszap-szennyezésről is, megemlítve: az említett vizek megújulóképessége leküzdötte a katasztrófákat, és ha nem is az eredeti állapotában, de jórészt visszaállt a korábbi halállomány és halsűrűség.

A mai szennyezőforrások közül a szakember kiemelte a termálvíz-bejuttatást is. Ez esetben a hőszennyezés mellett a magas ásványianyag-tartalom okoz kárt — mint például a Kurcán Szentesnél —, mely a kagylókat és más alacsonyabbrendű vízi élőlényeket is pusztítja. Erre sok esetben rá sem jönnénk, de van egy halunk, a szivárványos ökle, amelynek szaporodása a kagylókhoz kötött. Ha tehát eltűnik a kagyló, eltűnik a szivárványos ökle; és egy sor más, a kagylókhoz hasonlóan érzékeny vízi szervezet is. Szerencsére a szivárványos ökle (mely egyébként védett) országszerte előfordul, így kimondhatjuk, hogy vizeink nagyobb hányada kevéssé szennyezett.

8. kép. A kagylókhoz kötött szaporodású szivárványos ökle előfordulása jól jelzi az adott víz megfelelő minőségét.

9. kép. Az őshonos széles kárász elterjedését a behurcolt ezüstkárász nagyon visszaszorította.

Léteznek azonban halak — az amurgébről és a gébekről szólva már említettünk ilyeneket — amelyeknek kimondottan káros a jelenléte. Tovább bővítve a sort a kutató szólt a fekete törpeharcsáról, az ezüstkárászról és a busákról is. Ezek elszaporodása olyan mértékű lehet, hogy némely vizek halállománya csak ezekből kerül ki. Ezt igazolták tavalyi őszi felméréseik a Tiszához kötődő csatornákon is, ahol a vízfenéken élő halállománynak olykor 90 százaléka a fekete törpeharcsából került ki. S bár a természetes halászat néhány éve megszűnt Magyarországon, a szelektáló halászat beindítása az invazív halak által benépesített vizeken valamilyen formában mindenképpen szükséges lenne. Vannak halászok, akik jelezték a kutatónak: megélhetésüket csak a fekete törpeharcsából, az ezüstkárászból és a busákból is biztosítva látnák.

FARKAS CSABA

150 SOR A XXI. SZÁZADI TUDOMÁNYRÓL

Módszertani forradalom négy tételben

A molekuláris biológia klasszikus korának (a múlt század ötvenes-hatvanas évei) egyik utolsó élő óriása, Sydney Brenner szerint: „A tudományos haladás forrásai: új technológiák, új felfedezések és új eszmék, valószínűleg ebben a sorrendben."

Ha Brennernek igaza van (szerintem igen), akkor a XXI. század tudományának legfontosabb meghatározó tényezői azok az új kísérleti technológiák, amelyek ebben az utolsó két évtizedben születtek, és amelyeknek köszönhetőek a század jelenlegi és közeljövőbeli legfontosabb felfedezései. Én a saját szakterületemen (molekuláris biológia) négy ilyen módszertani forradalmat látok.

Első, és minden bizonnyal a legfontosabb: az úgynevezett „új generációs DNS-szekvenálás". A DNS nukleotidsorrend meghatározásának klasszikus módszerét még a múlt században Fred Sanger dolgozta ki, aki ezért megkapta második Nobel-díját, és ezzel a módszerrel határozták meg először az emberi DNS teljes nukleotidsorrendjét. 2004 óta azonban — elsősorban műszerfejlesztő cégek alkalmazott kutatóinak köszönhetően — megjelentek azok az új alapokon nyugvó technológiák és az ezeket felhasználó automata műszerek, amelyek ezt a módszert nagyságrendekkel gyorsabbá és olcsóbbá tették (a „nagyságrend" szót nem politikusi értelemben használom, mert ott ez egyszerűen a „lényegesen" szó szinonimája, hanem tudományosan, ahol az a tíz hatványait jelenti, azaz esetünkben több ezerszerest). Ennek köszönhetően ma már több tízezer állat, növény és mikroorganizmus teljes genetikai információtartalmát ismerjük, és az adatbázisok több százezer ember egyedi DNS-szekvenciáját őrzik. Ott tartunk, hogy ezeknek az adatoknak a tárolása már nehezebb feladat, mint azok megszerzése. E technológia tette lehetővé — többek között — egy új tudomány, az archeogenetika megszületését, amely új alapokra helyezte az ember származásáról, őstörténetéről szerzett tudásunkat és fontos információkkal segítette a történészeket és régészeket számos történeti kérdés megválaszolásában. Az élővilág evolúciójáról szóló ismereteink és az azokon alapuló természetes rendszertan kidolgozása jó úton haladnak afelé, hogy kvantitatív, egzakt tudománnyá váljanak. Kiderült, hogy az ismert, tenyészthető mikroorganizmusok alig néhány százalékát reprezentálják a földi mikrovilágnak, és a többiek genetikai anyagának megismerése, amelyet az új technológiának köszönhetünk, új alapokra helyezte az erről a világról szerzett tudásunkat. Ez a technológia teszi lehetővé egyes ritka genetikai betegségek pontos okának felderítését, az azokat okozó mutációk tünetmentes hordozóinak azonosítását és az ezen alapuló genetikai tanácsadást. Segített tisztázni számos — hagyományosan nem genetikainak tekinthető — betegség létrejöttében szerepet játszó, azaz hajlamosító, genetikai tényezőt. A rákdiagnosztikában a rákos sejtek DNS-ének elemzése segít az optimális terápia kidolgozásában, a prognózis megállapításában.

1. ábra. A félelmetes transzgénikus banán. A világ teljes banántermelését fenyegető Fusarium gombafertőzés ellen jelenleg nincs hatásos védelem. Géntechnológiával kétféle ellenálló fajtát is előállítottak. Az ábrán a jelenleg termelt Cavendish-banán (a,b) és a két GMO fajta (RGA2-3: c,d, és Ced9-21: e,f) látható Fusarium fertőzés után.

Szintén a XXI. század fejleménye az úgynevezett genomszerkesztési eljárások, különösen a 2012-13-ban felfedezett CRISPR/cas9 technológia megjelenése (ez elsősorban Jennifer Doudna, Emmanuelle Charpentier és Feng Zhang érdeme), amelyek lehetővé teszik bármely élőlény DNS-ének bármely meghatározott pontján tervezett mutáció létrehozását. (Lásd erről szerzőnk korábbi cikkét: 2018./április — a Szerk.) E módszereknek a szinte áttekinthetetlenül sok alapkutatási alkalmazás mellett óriási potenciális gyakorlati jelentőségük van. Így állítottak elő például az állás során nem barnuló csiperkegombát, megnövelt olajtartalmú sárgarepcét, szárazság- és sótűrő szóját, és kizárólag amilopektinből álló keményítőt tartalmazó „viaszos" kukoricát. Már emberi embriókon végzik (sikerrel) azokat a kísérleteket, amelyek ezzel a technikával remélik olyan örökletes betegségek gyógyítását, mint a vérszegénység egy fajtája (beta-talasszémia), vagy egy örökletes szívbetegség (hipertrófiás kardiomiopátia).

Egy másik tudományterületen, a neurobiológiában is született e században egy forradalmian új módszer, a neve: optogenetika. Ennek lényege, hogy magasabbrendű állatok idegsejtjeibe génsebészeti technikával beépítik egy algából származó úgynevezett „ioncsatorna"-fehérje génjét. Ez a fehérje fényhatásra gyors biokémiai, illetve elektrokémiai változást (a sejtmembránon keresztül ionáramlást) idéz elő a sejtben. Ez lehetővé teszi, hogy a kísérleti állat valamely neuronjának, vagy idegpályájának működését minden invazív beavatkozás nélkül, pusztán fényhatással gátolja, vagy aktiválja a kísérletező kutató és ezzel az állat viselkedését irányítsa. A módszer kidolgozása elsősorban Miesenböck osztrák-brit és Deisseroth amerikai kutató érdeme. Jelenleg még csak az alapkutatás fontos eszköze, de a módszert alkalmazó kutatók abban reménykednek, hogy nagy szerepet fog játszani a súlyos neurodegeneratív betegségek (Parkinson-kór, autizmus, depresszió, skizofrénia) kialakulási mechanizmusának felderítésében és ezáltal terápiájának kidolgozásában.

Végül a negyedik fontos módszer, amelyet 2007-ben publikált a japán Yamanaka (aki ezért 2012-ben Nobel-díjat kapott), az a technológia, amellyel differenciált testi sejteket őssejté lehet alakítani (szakmai neve iPS, azaz indukált pluriptens őssejt előállítása). Ennek a sokoldalú alapkutatási felhasználás mellett elsősorban az a jelentősége, hogy eddig az emberi őssejtek potenciálisan sokat ígérő gyógyítási alkalmazásának egyik gátló tényezője az volt, hogy azokat embriókból lehetett előállítani, amelyet számos országban tiltanak, és ez ott is szűk keresztmetszetet és súlyos korlátot jelent, ahol nem tiltják. Ezt a problémát oldja meg az iPS technológia. Épp e sorok írásának idején jelent meg egy közlemény arról, hogy japán kutatók ilyen iPS sejtek bevitelével próbálják gyógyítani a Parkinson-kórt.

Természetesen a század molekuláris biológiájának jellemzésére nemcsak a módszerekről kell beszélni, hanem a szemlélet és az irányok megváltozásáról is.

Feng Zhang | Gero Andreas Miesenböck | Karl Deisseroth | Shinya Yamanaka.

Jennifer Doudna és Emmanuelle Charpentier

Fontos tény, hogy a módszerek érzékenységének és pontosságának növekedése ahhoz vezetett, hogy ma már nemcsak szervek, szövetek, vagy tömegtenyészetek, vagyis sejtek együttesei elemezhetők molekuláris szinten, hanem egyedi sejtek is. Ennek köszönhetően tudtuk meg például, hogy a központi idegrendszer egyes sejtjei genetikailag különbözhetnek egymástól.

Fontos új XXI. századi tudományterület a bioinformatika, amely a fehérje-, RNS-, és DNS-, szerkezetekről, szekvenciákról nyert elképesztő mértékben növekvő mennyiségű adathalmazt igyekszik rendezni, értelmezni, és belőlük releváns biológiai következtetéseket levonni. A genetika helyét egyre inkább elfoglalja a genomika, amelynek tárgya már nem az egyes gén, hanem a teljes genom. A genomika-fogalom analógiájára egyre másra születnek a különböző új „omikák", a sejt, illetve élőlény valamennyi RNS-ével foglalkozó transzkriptomika, a proteomika (valamennyi fehérje), a lipidomika (valamennyi lipid, azaz zsírszerű anyag), a glikomika (valamennyi szénhidrát), a metabolomika (valamennyi kismólsúlyú anyagcseretermék), az interaktomika (a fehérjék közötti molekuláris kölcsönhatás) stb.. Rendkívül fontos új irány a rendszerbiológia, amely a molekuláris biológia eredményeit felhasználva, azokat integrálva, molekuláris szinten vizsgálja az összetett biológiai rendszerek (sejtek, sejtorganellumok) működését, biológiáját. Ebben felhasználja a hálózatok elméletét, egy olyan modern tudományágat, amely nem a biológiából alakult ki, de igen fontos területévé váltak a biológiai alkalmazások. Végül itt kell említeni a szintetikus biológiát. Ez az irányzat tulajdonképpen a génsebészettel született, de annál ma már lényegesen többet jelent. A szintetikus biológia kutatója a tervező mérnök nézőpontjából és technológiájával közeledik az élő sejtekhez, alkatrészek kicserélésével, módosításával, mesterséges előállításával próbál előállítani új tulajdonságú organellumokat, sejteket, organizmusokat.

A XXI. század tudományos eredményeinek eme vázlatos és hiányos áttekintése is óhatatlanul felveti a kérdést, hogyan hat mindez a társadalomra. Hiszen nyilvánvaló, hogy az emberiséget számos olyan veszély fenyegeti (klímaváltozás, környezetszennyezés, a biodiverzitás vészes csökkenése, új pusztító járványok megjelenése, a földi lakosság nagy részének elégtelen táplálkozása, stb.), amelyekre megoldást csak a tudománytól és a tudományos eredményeket okosan felhasználó nemzetközi együttműködésektől lehet várni. Sajnos ebből a szempontból csüggesztő a helyzet. A világ első számú tudományos nagyhatalma, az Egyesült Államok élén olyan vezető áll, aki tagadja a klímaváltozást és rövidtávú gazdasági érdekeknek rendeli alá a környezetvédelmet. Úgy tűnik, a januárban hivatalba lépett brazil elnök számára a gazdasági érdek szintén előbbre való például az esőerdők védelménél. Az irracionális oltásellenesség több országban kanyarójárványokhoz vezetett. S amit személy szerint különösen kritikusan szemlélek: noha számtalan tudományos eredmény bizonyította a növénytermesztésben a gén, és genomszerkesztés alapvető veszélytelenségét, még mindig nem sikerült sehol elfogadtatni az életmentő "arany rizs" termelését, vagy a világ banántermelését

Erőforrás	2000	2018
Személyzet	Több száz kutató	Egy asszisztens
Műszer	Több száz műszer	Egy műszer
Költség	3 milliárd USD	1000 USD
Idő	15 év	Néhány óra

2. ábra. Az emberi DNS (3 milliárd nukleotid) nukleotidsorrendjének meghatározásához szükséges erőforrások időbeli változása.

fenyegető gombabetegség ellen védett génmódosított banán engedélyezését. Meggyőződésem, hogy nincs tudományos alapja a félelemnek, ugyanis az esetleges valóban létező (ökológiai, környezetvédelmi stb.) veszélyek bármilyen új fajtára vonatkozhatnak, és nincs semmi közük a genommódosításhoz. Az Európai Unió túlzottan szigorú előírásai szinte lehetetlenné teszik a géntechnológiai fejlesztést, így számos hasznos újfajta (például a kukoricabogár ellen védett kukorica) meghonosítását. Hazánk a szigorúságban élen jár, hiszen a világon egyedülálló módon alaptörvénybe foglalta a génmódosítás gyakorlati alkalmazásának a tilalmát. Ha Vörösmartyval kétségek között felkiáltunk: "Ment-e a könyvek által a világ elébb?", nem könnyű igenlő választ adni a kérdésre.

VENETIANER PÁL

2018-2019 TELÉNEK IDŐJÁRÁSA

Többnyire száraz és enyhe tél, havasabb januárral

2018-2019 tele az átlagosnál enyhébb és többnyire szárazabb idővel telt. Mindkét paraméter tekintetében a január volt kivétel, akkor ugyanis a hőmérséklet és a havi csapadékösszeg is az átlagos körül alakult, és ebben a hónapban többfelé hullott jelentősebb (5-10 cm-t meghaladó) hó is.

December

A november végi lehűlés nyomán hideg idővel indult a hónap. 1-jén és 2-án reggel többfelé -5 fok alá csökkent a hőmérséklet — északkeleten -10, -15 °C is előfordult, és 1-jén sokfelé egész nap fagyott. 2-án egy melegfront érkezett, mely ekkor és 3-án is okozott esőt, helyenként eleinte havazást és ónos esőt is. A front mögött jelentősen megenyhült az idő, 4-én több helyen átlépte a csúcshőmérséklet a 10 °C-ot. Murakeresztúron 16,1 °C-ot mértek, mely a hónap legmagasabb hőmérsékleti értéke lett. 5-én és 6-án egy hidegfront mögött átmenetileg visszaesett a hőmérséklet, de ezt követően 10-éig nyugaton, délnyugaton ismét mértek 10 °C körüli maximumokat. Ezekben a napokban több front is érintett minket, szórványosan okozva esőt, záport, egy erősebb hidegfront mögött pedig 10-én és 11-én hózápor, helyenként kisebb havazás is előfordult. A front mögött tartósan északiasra fordult az áramlás, így napról napra csökkent a hőmérséklet, visszatértek az erősebb éjszakai fagyok és egyre több helyen maradt 5 °C alatt a nappali csúcsérték. 14-én és 15-én egy tőlünk délre örvénylő mediterrán ciklon okozott országos havazást, és mivel a legmagasabb hőmérséklet ekkor már csak 0 °C körül alakult, a hó mindenütt megmaradt. Nyugaton és északkeleten általában 3-7 cm, míg másutt 8-15 cm hó hullott. A havazást száraz, anticiklonális napok követték, így különösen a tartósan hótakarós középső és keleti vidékeken több éjszaka is -10 °C alá hűl a levegő, a téli hangulatot pedig zúzmarás ködök fokozták. 18-án volt a leghidegebb a hónapban, amikor is Zabaron -16,3 °C-ot mértek. A téli idillnek az utóbbi években már szokásosnak nevezhető karácsonyi enyhülés vetett véget, ami ezúttal 21-én kezdődött meg. Az előző napon már több helyen előfordult kisebb havazás és ónos eső, nyugaton eső is, majd 21-én és 22-én fokozatosan az eső lett jellemző. Az enyhülés 23-án tetőzött, a maximum-hőmérséklet északkelet kivételével több helyen elérte vagy meghaladta a 10 °C-ot. 24-ére virradóan egy peremciklon vonult át felettünk, mely néhány fokos lehűlést, és északon kiadósabb csapadékot okozott. Ekkor mérhettük a hónap legnagyobb napi csapadékösszegét, mely 27,8 mm volt Márianosztrán. December hátralévő részének időjárását egy nyugatra elhelyezkedő anticiklon és az északkeletre vonuló ciklonok alakították, utóbbiak időnként kisebb csapadékot — többnyire esőt — is okoztak. A csúcshőmérséklet 3 és 10 °C között alakult, és főként az ország középső sávjában gyakran fagymentesek maradtak az éjszakák is. A hónap végül országosan +1 °C körüli anomáliával zárt.

Ezen belül északnyugaton közel 2 °C-kal volt melegebb a szokásosnál, míg az Északi-középhegység térségében és Baranya megye déli határvidékén átlag körül alakult a havi középhőmérséklet. A havi csapadékösszeg a Sopron—Budapest—Szolnok—Békéscsaba vonaltól északra az átlagos felett, míg délre az alatt alakult. A csapadék havi szélsőértékei 6,6 mm (Kerkafalva) és 88,3 mm (Tiszabecs) voltak.

Január

Az új évet egy markáns hidegfront nyitotta többfelé esővel, záporral, majd hózáporokkal. Sőt, Pécs környékén éjjel az ég is megdörrent, így rögtön meglett az év első zivataros napja is az országban. 2-án és 3-án szórványosan fordult elő hózápor, kisebb havazás, és 3-án reggel már sokfelé fagyott, illetve napközben is alig emelkedett 0 °C fölé a hőmérséklet. 5-ére virradóan egy melegfront ért el bennünket országos havazással, ami a Dunántúlon később havas esőbe, esőbe váltott. 6-án reggelig 1 és 15 cm közötti hó hullott, a legtöbb Győr és Budapest—Dunaújváros térségében. Éjjel egy hidegfront vonult át, mely mögött reggelre csökkenni kezdett a felhőzet, így északon helyenként -10 °C körüli minimumok is előfordultak. A következő két reggelen már több helyen mértek -10 °C alatti értékeket a hóval borított helyeken, 7-én és 8-án pedig a maximumok is országosan 0 °C körül vagy kevéssel az alatt alakultak. Utóbbi napon egy újabb melegfront érkezett újabb havazással, de előtte éjjel északkeleten még kevés volt a felhő, és -15 °C köré hűlt a levegő. Vásárosnaményban -18,6 °C-ot mértek, mely a januári minimum lett az országban. A front ismét a középső és keleti országrészben okozott kiadósabb havazást, így ott már 10-15 cm körülire, Pest megye északi csücskében és Nógrádban helyenként 20 cm körülire hízott a hótakaró. A front a Dunántúlra hozott átmeneti enyhülést, így ott ismét előfordult vegyes halmazállapotú csapadék is. Ezt követően 11-éig fagyos időjárás következett, elszórtan kisebb havazásokkal, hózáporokkal, a derült, hófödte helyeken erősen fagyos reggelekkel. 12-étől egy következő melegfront mögött tartósan nyugatiasra fordult az áramlás, és megenyhült az idő. Így a kezdeti havat immár sokfelé eső váltotta fel 13-án, de egy hidegfront mögött 14-én és 15-én hózáporok is kialakultak. 13-án Tiszabecsen 18,5 mm csapadék hullott, mely a legmagasabb napi összeg lett a hónapban. A csúcshőmérséklet 12-én nyugaton már meghaladta az 5 °C-ot, majd a következő napokban a 10 °C-ot is elérte, mindemellett pedig az éjszakai fagyok is több helyen megszűntek.

2. ábra. Bár ezúttal nem fagyott be teljesen a Balaton, januárban és február elején a part menti területeken több napon is volt összefüggő jég. Egy-két alkalommal, így például január 25-én pedig a viharos északi szél „jégszörnyeket" is készített a déli part menti tereptárgyakra, növényekre rácsapódó, és ott megfagyó hullámok által. *(Kiss Győző fényképe, Fonyód)*

1. ábra. Jégvirág egy Ferihegyhez közeli buszmegállóban december 19-én. A szokásoknak megfelelően a reptér ezúttal is a főváros hidegzuga volt, nem egyszer 5-10 °C-kal is hidegebb volt reggelente, mint a város belsőbb részein. *(A szerző fotója)*

17-én északkelet kivételével többfelé meghaladta a 10 °C-ot a csúcsérték, és ekkor mérhettük a havi maximumot is: Villányban 14,7 °C volt. Az enyhe időszaknak egy 18-án átvonuló markáns hidegfront vetett véget, mely több felé okozott esőt, amit másnapra havazás váltott fel. Friss hótakaró ekkor még csak a hegyekben alakult ki, de a következő napokban többször voltak kisebb hóesések, miközben a hőmérséklet egyre jobban visszaesett, így helyenként síkvidéken is megmaradt kevés hó. Január 22-étől 24-éig egy tőlünk délre elvonuló, több középpontú mediterrán ciklonból már sokfelé havazott, és ezekben a napokban szinte országosan fagyott egész nap. Ennek köszönhetően mindenütt esett legalább néhány centiméter hó, a Tiszántúlon azonban 25-én reggelre a 10-20 cm-t is elérte a hóréteg. Ezután a hónap végéig szinte minden nap előfordult még kisebb, vegyes halmazállapotú csapadék, miközben a kezdeti erősebben fagyos éjszakákat és a 0 °C körüli nappalokat 27-étől kismértékű enyhülés követte. Január végül országosan átlagos középhőmérséklettel zárt, ezen belül nyugaton, délnyugaton a szokásosnál kissé melegebb, míg északon és keleten kissé hidegebb idő volt. A havi csapadékösszeg többfelé megközelítette, főként a Dunántúl északi felén, valamint a Tiszántúl déli és északkeleti részén át is lépte az átlagos értéket, délnyugaton és a Sajó völgyében azonban száraz volt a hónap. A két csapadék-szélsőérték 14,3 mm (Nagykanizsa) és 88,3 mm (Tiszabecs) volt.

3. ábra. Befagyott víztócsa felszínén lévő dérkristályokon kialakult felszíni halójelenség (középen álnap, abból „lefelé" kiindulva érintő ívek, mellette két almelléknap) február 6-án Egyházasrádócon. A jelenség hasonló a fátyolfelhőkön a Nap körül megfigyelhető halókhoz, ám kialakulásának bizonyos feltételei még nem tisztázottak. *(A szerző fotója)*

Február

Az előző kettőhöz képest a tél harmadik hónapja jóval eseménytelenebb és szárazabb időt hozott. A hónap enyhüléssel indult, így 2-án és 3-án több helyen 10-17 °C-os csúcsértékeket mérhettünk. Utóbbi napon viszont egy hidegfront érkezett, a Dunántúlon kiadós csapadékot okozva. Zalatárnokon 27,5 mm csapadék hullott, amely a havi maximum lett. Az esőt éjszaka nyugaton havazás váltotta fel, de csak helyenként alakult ki vékony hótakaró. A távolodó ciklon visszahajló frontrendszeréből 5-én délen és keleten is előfordult kisebb eső és havazás. A front mögött hűvösre fordult az idő, visszatértek az éjszakai fagyok, míg a maximumok nagyrészt 3 és 8 °C között alakultak, de 5-én hűvösebb volt. A fagyzugos helyeken 7-én és 8-án reggel -8, -9 °C is előfordult. 10-én érkezett egy újabb hidegfront, mely előtt a Dunántúlon 10 °C köré emelkedett a hőmérséklet. A front mentén sokfelé volt eső, zápor, majd mögötte 12-én és 13-án elszórtan hózáporok alakultak ki. Ezt követően egy erős anticiklon helyeződött fölénk, mely vendégünk is maradt a hónap végéig. Így 14-étől 21-éig a fagyos és helyenként ködös éjszakákat többnyire napos és enyhe nappalok követték. A csúcshőmérséklet sokfelé átlépte a 10 °C-ot, néhol a 15 °C-ot is. 22-ére az anticiklon átmenetileg legyengült és északabbra húzódott, így északkeletről kontinentális, száraz hideg árasztotta el hazánkat. A lehűlést kísérő fronthoz kapcsolódva csak helyenként fordult elő kisebb eső, zápor 21-én és 22-én, majd utóbbi napon csípős északkeleti széllel tört be a hideg. 23-án reggelre az ország nagy részén -5 °C alá, északon helyenként -10 °C alá csökkent a hőmérséklet, és a napsütés ellenére napközben sem volt melegebb 1-4 °C-nál. Kékestetőn -12,1 °C-os minimumot mértek, ami a hónap legalacsonyabb értéke lett az országban. Másnap is kitartott még a hideg idő, 25-én azonban jelentős melegedés vette kezdetét. Akkor még csak nyugaton, a következő napokban azonban már sokfelé 10 °C fölé melegedett a levegő délután. 26-án nyugaton már 16-19 °C is előfordult, 28-án pedig több helyen elérte vagy meghaladta a csúcsérték a 20 °C-ot. Sárváron 23,5 °C-ot mértek, mely nem csak a havi maximumnak, hanem abszolút februári, sőt téli rekordnak számított. Február végül országosan 3 °C körüli pozitív anomáliával zárt. A lehullott csapadék csak nyugaton érte el helyenként a sokéves átlagot, a Dunától keletre ráadásul több helyen 10 mm alatt maradt a havi összeg. A havi csapadék két szélsőértéke 3,1 mm (Pétervására) és 41,7 mm (Lenti) volt.

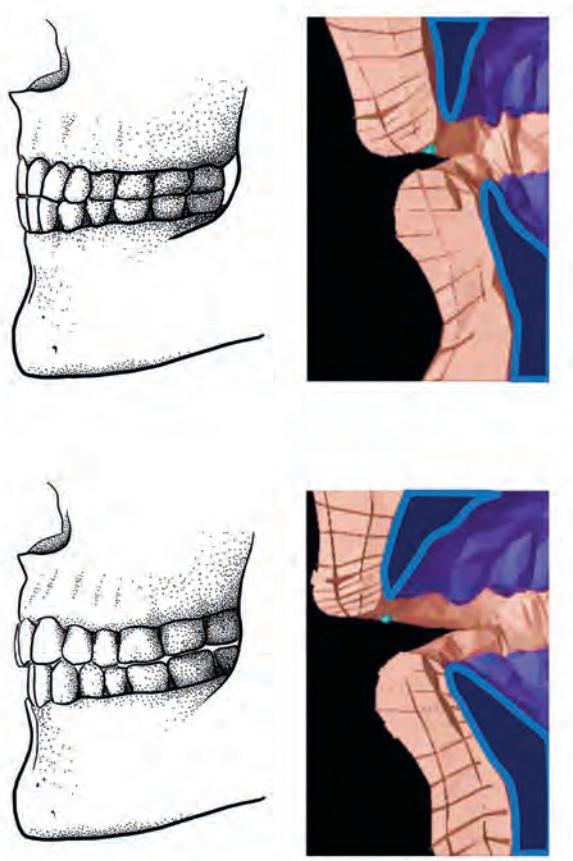
HÉRINCS DÁVID

AZ ÉTREND ÉS A FOGSZERKEZET VÁLTOZÁSA MIATT HASZNÁLJUK AZ F HANGOT?

Science

Az emberi beszédben világszerte használatosak az olyan hangok, mint az M vagy az A, számos afrikai népcsoport viszont olyan egyedi csettintő hangokat ad ki, amelyek számunkra egészen felfoghatatlanok. Az, hogy milyen hangok kiadására vagyunk anatómiailag képesek, az elterjedt nézetek szerint legkésőbb a *Homo sapiens* kialakulásával egyidejűleg véglegessé vált, s a hangok előfordulási gyakorisága egy-egy nyelvben az adott hang kiejtésének, megtanulásának egyszerűségével arányos.

Egy új nemzetközi kutatás eredménye alapján azonban néhány hangot csak a kőkor után sajátítottunk el, s ez azzal függ össze, ahogyan az étrendünk változása miatt a fogsorunk is változott. E hangok képzéséhez a nyelv és a fogsor speciális összhangja szükséges, ezek az ún. labiodentális hangok, mint a F vagy a V (illetve számos más, a magyar nyelvben nem használt hang). Az újkőkor végével, a mezőgazdálkodással alapvetően változott meg az étrendünk. A korábban élt emberek fogsora felnőttkorra teljesen illeszkedővé fejlődött, azonban a puhább, kevesebb rágást igénylő élelem elterjedésével a gyerekkorban még jellemző túlharapás felnőttkorra is fennmaradt. Ez a gyakorlatban annyit jelent, hogy míg a régi alsó és felső fogsorok éle pontosan szembefordult egymással, addig a túlharapásnál a felső fogsor előbbre ér, s rásimul az alsóra. Az F vagy a V kiejtéséhez ez utóbbi ad segítséget, a felső fogsor és az alsó ajak érintkezésével hozzuk létre e hangokat. Az emberiségben ma élő nyelvek körülbelül fele használja e két hangot, és az életmód (vadászó-gyűjtögető, illetve mezőgazdálkodó-élelmiszertermelő) közti különbségek a labiodentális hangok használatában is megmutatkoznak. Ez a felismerés nem egészen új, 1985-ben már felvetette egy nyelvész, de akkor nem tudta kellően bizonyítani, így aztán az ötlete eltűnt a süllyesztőben, ráadásul sokan rasszistának is bélyegezték. Most viszont a beszédképzés számítógépes szimulációi és a nyelvészeti modellek újra felvetették a lehetőséget, alaposabb bizonyítékokkal együtt.



A labiodentális hangok kiejtéséhez, ha az embernek túlharapása van, 30 %-kal kisebb izommunka szükséges, ez pedig jelentősen megkönnyíti mind a kiejtést magát, mind a hang elsajátítását. Ez esetekben az ajak és a fogsor közti távolság jelentősen csökken, s így e hangokat véletlenszerűen is kiejthették elődeink, mielőtt beépültek a nyelvbe. Ez különösen azoknál a népcsoportoknál alakulhatott ki, ahol a gyerekkori túlharapás megmaradt felnőttkorra is — a vadászó-gyűjtögető életmódú népek nyelveiben negyedannyi csak a labiodentális hang, mint a mezőgazdálkodó népekében. A nyelvészeti vizsgálatok szerint 6-8000 éve a proto-indoeurópai nyelvben még csupán 3 %-os volt e hangok jelenléte, míg a mai indoeurópai nyelvek 76 %-ában megtalálhatóak.

Számos más oka is lehet annak, hogy egy adott nyelv egy hangot használ vagy sem, ez egyáltalán nem biztos, hogy fizikai különbségekre vezethető vissza. Szomszédos népek gyakran vesznek át egymás nyelvéből elemeket, ez régen se volt másképp, így az F és a V terjedése e folyamatnak is lehetett az eredménye, nem csupán az étrend és a fogsor változásának. Az egyébként igen izoláltan élő yanomami népcsoport is használ labiodentális hangokat, holott ők nem is földművesek, így nem is lehet minden esetben kötni az életmódhoz vagy a kulturális keveredéshez. Az átvételre is van példa, Grönlandon egyértelműen azonosítható a helyi nyelvekben az, hogy csak az európaiakkal szoros kapcsolatban élők vették át a közelmúltban a labiodentális hangokat, s ezen emberek körében is előfordul, hogy az idősek nem is tudják ezeket megfelelően kiejteni. Hasonló a helyzet Afrika déli részén a szan és a koi nyelvű népeknél, ez pedig azért különösen érdekes, mert amúgy e nyelvekben van a világon a legtöbb mássalhangzó.

A kutatócsoport úgy véli, hogy az emberi beszédnél a kulturális és neurológiai hatások mellett a fizikai hatásokat épp úgy figyelembe kell venni, mint az állatok hangadásának vizsgálata során.

Az nem derül ki, hogy az új hangok megszerzése mellett vajon az új étrenddel és fogazatfelépítéssel esetleg mit veszítettek el az emberek az ősök által használt hangkészletből.

(Science, 2019. március)

EGÉSZ BRITANNIÁBÓL ÉRKEZTEK STONEHENGE-BE ÜNNEPELNI

Science Advances

Nagy-Britannia déli régiójának monumentális újkőkori emlékei, a különböző állapotban fennmaradt „henge"-ek leghíresebbike a Stonehenge, melyről a legújabb technikáknak köszönhetően jelentősen bővült a tudásunk az elmúlt években, tavaly például az építők eredetéről született vizsgálati eredmény.

Számos, a Stonehenge-nél kevésbé közismert korabeli emlék közelében tártak fel az egykori ünnepekre odasereglett emberek hagyta maradványokat, a lakomákon elfogyasztott állatok csontjait, amelyek legjelentősebb része sertés volt. Eddig azonban csak a szarvasmarhákat vizsgálták, mert úgy vélték, ezeket az állatokat nagyobb valószínűséggel hajthatták ide az emberek. Az emberi maradványok igen ritkák (a tavaly vizsgált, hosszabb ideig itt élt építők kivételt képeztek) és kevésbé alkalmasak a vizsgálatokra, mivel hamvasztásos temetés volt a korabeli szokás. Emellett a sertések fogairól a közelmúltig azt hitték, hogy a talajban eltöltött idők során megváltozik azok izotóp-összetétele, ám kiderült azóta, hogy nagyon is jól megőrzik az e vizsgálatokhoz szükséges stronciumot. A stroncium a táplálékkal kerül az élőlények szervezetébe, a táplálékba pedig (közvetve vagy közvetett módon) a talajból. Minden területnek megvan a maga jellemző izotóparánya, amelyet tükröz az ott élt növények s az ezeket fogyasztó állatok izotóparánya is, így a feltárása arról ad információt, hogy az adott állat vagy ember honnan szerezte be a táplálékát.

A sertéseket azonban nem oly egyszerű hajtani, mint a marhát, így azt is feltételezték, hogy az ünneplőket ellátó helyi népesség nevelte e célra a disznót, így még akkor sem adnának az ideérkező emberek eredetéről információt, ha az emberek a világ minden pontjáról jöttek volna. Nincsenek azonban arra vonatkozó régészeti bizonyítékok, hogy jól szervezett és nagy tömegű helyi állattenyésztés folyt volna, így annak nagyobb az esélye, hogy a sertés is az ünneplőkkel együtt érkezett, s a maradványok alapján az állatok élve jutottak ide.

A jelen kutatásban nemcsak a stroncium, hanem emellett a kén, a szén, az oxigén és a nitrogén különféle izotópjait is megmérték, mivel ezek együttesen sokkal részletgazdagabb információkat adnak az állatok eredetéről, mint a stroncium önmagában. A kén a tenger közelségéről árulkodik, az oxigén a klímáról, a szén és a nitrogén az állat táplálkozásáról vallanak, így ezek komplex rendszere alapján pontosítani lehet a származási régiókat. Összesen 131 sertés csontjában vizsgálódtak Stonehenge és Avebury kőkörei közeléből, továbbá egy kissé távolabbi hely, Mount Pleasant területéről. Mindegyik helyszínről előkerültek a lakomák egyéb nyomai is, például edények, így az itt talált állatcsontokat bátran lehet kötni az ünneplő tömegek lakomáihoz.

A részletes izotópelemzések alapján a sertések igen nagy távolságokból érkeztek a lakomákra, 13 lehetséges eredet-helyszínt azonosítottak, ezek gyakorlatilag a sziget teljes területét lefedték, többek között Skócia, Északnyugat- és Északkelet-Anglia, Nyugat-Wales területén felnevelt sertések jöttek ide. Ez azt is jelenti, hogy

maguk az emberek is igencsak nagy távolságokból érkeztek ide ünnepelni, a kőkörök jelentősége tehát túlmutat a helyi társadalmi kapcsolatokon.

Következtetésekre is sarkallta az eredmény a kutatókat: mivel a sertés nem tartozik a könnyen hajtható vagy szállítható állatok körébe (szemben a birkával, marhával), így az emberek részéről kimondott erőfeszítést igényelt, hogy az ünnepekre elhozzák az állataikat. Feltehetőleg az ünnepre megfelelő áldozatként kellett saját nevelésű állatot hozni az ideérkezőknek, s elképzelhető, hogy a világ más területeihez hasonlóan az élő állatokat jórészt vízi úton szállíthatták, amilyen közelségig csak lehetett. Mivel a Stonehenge köveit is Nyugat-Walesből szállították ide, a jól szervezett újkőkori brit társadalom újabb bizonyítéka az állatok szállítása. Azzal, hogy a sziget teljes területéről érkeztek az állatok és velük az emberek, a korabeli társadalmak kapcsolatait összetettebb, sokszínűbb együttesként kell már elképzelnünk, mint e bizonyítékok előtt, a kőkörök a sziget lakóinak közös kulturális helyszínei voltak, pán-angliai találkozókat tartottak itt az újkőkori emberek.

(Science Advances, 2019. március)

AMIKOR AZ EVOLÚCIÓ ISMÉTLI ÖNMAGÁT

Az Indiai-óceán délnyugati részén, mintegy 400-450 km-re Madagaszkártól számos kisebb-nagyobb sziget található, köztük az alig 35 km hosszúságú Aldabra-atoll is, amelyet az itt honos óriásteknősök miatt ismerhetünk, világörökségi helyszín. Az atoll egy lapos szárazulat, a múltban legalább két alkalommal is víz alá került, a legutóbbi ilyen elárasztásos eseményre kb. 127.000 éve került sor, amikor a mainál 20 méterrel magasabb volt a tengerszint, a szigeten abban az időben élt szárazföldi állatok mind kipusztultak. Ez történt az akkor itt élő guvat alfajjal is, amely Madagaszkárról indulva hódította meg a területet, és a környék számtalan más szigetét is. Az atoll területén ma is él egy röpképtelen guvat alfaj (*Dryolimnas cuvieri subsp. aldabranus*), szintén a madagaszkári madarak kirajzása révén jutott ide. A legutolsó vízborította időszakot megelőző, középső pleisztocénből származó guvatcsontokat, a vízborítás megszűnte utáni, kb. 100.000 éves maradványokat, valamint a ma élő guvatokat hasonlították össze angol kutatók. A csontokon végzett mérések alapján a 127.000 éve kihalt madár is röpképtelennek bizonyult, az atoll ismételt kiemelkedése utáni 100 ezer éves madár pedig már akkor a röpképesség elvesztésének jeleit mutatta. Bár mind a pleisztocénban élt, a mai guvat ugyanabból a madagaszkári fajból ered, és ugyanúgy elveszítette az atoll területén a röpképességét. Két külön alfajról van szó, a korábban itt élt kissé robosztusabb termetű is volt a mainál. A guvatok nagy sikerrel hódítják meg a szigeteket, és gyakori náluk, hogy a kedvező körülmények hatására elveszítik a röpképességüket is. Nem igazán gyakori

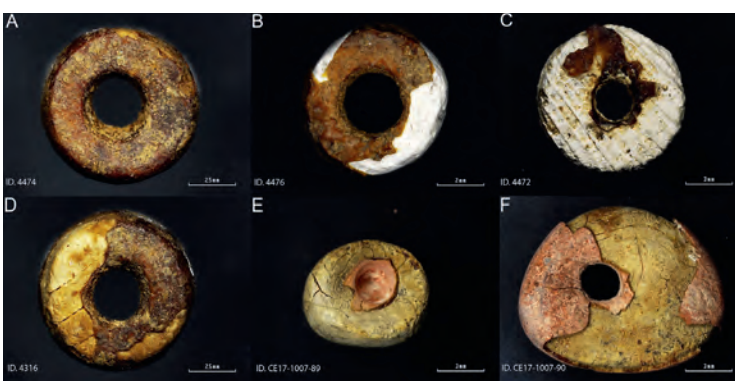
azonban, hogy ugyanazon fajból kétszer is képződjön ugyanott egy igen hasonló tulajdonságú alfaj! Az azonos körülmények hatására azonban az ide még repülve érkező madagaszkári madarak hasonló evolúciós útra tértek. Az atoll legutóbbi szárazzá válását követően számtalan más faj is érkezett Madagaszkárról, például az óriásteknős is onnan jutott vissza az atoll területére.

(Zoological Journal of the Linnean Society, 2019. május 8.)

ÓKORI HAMISÍTVÁNYOK

Spanyolországban, két egymástól térben és időben is távoli lelőhelyen talált gyöngyöket elemzett egy spanyol kutatócsoport: az i.e. 3. évezredből Sevilla közelében, illetve az i.e. 2. évezredből Barcelona közelében ránk maradt ékszerekről úgy tűnik, borostyánutánzatok lehettek.

A borostyán kedvelt, s ritkasága miatt igen értékes alapanyag volt, a leletekből úgy tűnik, hogy már ötezer éve is megpróbálták utánozni a korabeli ékszerkészítők. Mindkét lelőhely vöröses színezetű gyöngyeit többféle, azok összetételét és felépítését vizsgáló olyan módszerrel elemezték, amelyek nem roncsolják a leleteket. Az eltérő módszerek eltérő anyagok kimutatására alkalmasak, így egymást egészítették ki a vizsgálatok.



A barcelonai, természetes barlangban talált leleten, annak meglévő sérülését kihasználva ki lehetett deríteni, hogy a gyöngy alapanyagául kagylóhéj szolgált, azonban a legkülső, vöröses-sárgás rétegről bebizonyosodott, hogy a lelet betemetése óta eltelt évezredekben természetes úton rakódott rá. A kettő között, a kagylóhéjon közvetlenül olyan, gyantából készült réteget találtak, amelyet a korabeli ékszerész valamilyen fából nyert ki.

A sevillai gyöngy esetében a megtalálás helyszíne mesterségesen létrehozott barlang volt, amelyet temetési célra használtak. A vöröses gyöngy elemzése itt is több réteget mutatott ki, ezek közt a legfelsőt szintén a hosszú idő alatt a mélyben eltöltött folyamatok rakták rá a tárgyra. Alatta azonban itt is megtalálták a gyantából készült bevonatot, a gyöngy anyagát pedig valamilyen fa termése szolgáltatta.

Mindkét esetben egy selymes fényű, kissé áttetsző, vöröses-sárgás bevonat került a gyöngyökre, amelyek e bevonat hatására hasonlóak voltak a természetes borostyánhoz. A barcelonai barlangban a hamis borostyángyöngyök mellett valódiak is voltak, ez pedig arra utalhat, hogy az egykori kereskedő szándékosan téveszthette meg vásárlóját a valódi közé kevert hamis borostyánnal.

(PLOS One, 2019. május 3.)

KISZÁMOLTÁK A HOLDBA CSAPÓDOTT METEORIT SEBESSÉGÉT ÉS MÉRETÉT

Január 21-én hajnalban a teljes holdfogyatkozás ideje alatt a Holdba csapódott meteoritról — amelynek felfénylését több fotós is megörökítette — számításokat végzett a MIDAS (Moon Impacts Detection and Analysis System) kutatócsapata, mivel hálózatuk is rögzítette a felfénylést. A MIDAS rendszere több hullámhossztartományban is figyelte a Holdat. Az elemzésekből az derült ki, hogy 99% valószínűséggel egy sporadikus meteorit hullását örökítették meg. Ezek átlagos becsapódási szögéből és sebességéből kiindulva léptek tovább az elemzéssel és kiszámolták, hogy a becsapódás sebessége valószínűleg 17 km/s, ehhez társíthatóan a tömeg kb. 45 kg volt. Attól függően, hogy a meteoroid milyen összetételű és sűrűségű, az átmérője 29 cm (sűrűbb, kondrit jellegű meteoroid esetén) illetve 66 cm (üstökös eredetű kisebb sűrűségű meteoroid esetén) lehetett. Ha a sporadikus meteoroidokra számított átlag sűrűséget vesszük alapul, akkor 36 cm-es átmérőt kapunk. A becsapódáskor fellépő legmagasabb hőmérséklet a felfénylés alapján körülbelül 5.700 K, a becsapódás energiája mintegy 1,5t TNT robbanásának felel meg.

Azt is megbecsülték a kutatók, hogy vajon mekkora kráter keletkezett a becsapódáskor; 10-15 méter lehet az átmérője. Ez már bőven belefér abba a tartományba, amelyet például a Hold körül keringő LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter) szonda képes érzékelni, s remélhetőleg mihamarabb sort is kerítenek arra, hogy a friss becsapódás nyomát megkeressék a felvételeken. Ha ez sikerül, a kráter pontosan meghatározható méretéből az is kiderül, hogy a Földről végzett megfigyelések alapján számított értékek mennyire állnak közel a valósághoz.

(Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2019. április 27.)

ÁLTALÁNOS STRATÉGIA A KROKODILFÉLÉK GYILKOS FORGÁSA

A természetfilmekből jól ismert a krokodilok azon módszere, amellyel az áldozatukat megragadják, pörögve a víz alá vonják, s közben kiharapnak belőle egy jókora darabot, amely a zsákmány végzetét is okozza. E gyilkos forgás stratégiájának használatát a ma élő 25 krokodilféle közt csupán néhányról tudtuk eddig, a Knoxville-i Tennessee Egyetem kutatóinak azonban most 24 fajról sikerült bebizonyítania.

Mivel a krokodilfélék képtelenek a rágásra, a leharapott darabokat egyben nyelik le, s az emésztésüket — hasonlóan a madarakhoz — kavicsok, kövek lenyelésével segítik elő. A táplálkozáshoz szükségük van a teljes testükre, és a gyilkos forgással tudják növelni a hatékonyságukat. Korábban a vékony orrú krokodilfélékről, mint pl. a gangeszi gaviál, úgy vélték, hogy nem végez ilyen forgást, hanem egyben nyeli le a jórészt halakból álló zsákmányát. A most végzett alapos felmérésből azonban az derült ki, hogy e hüllők nemcsak a vadászat során forognak,

hanem az egymással vívott viadalaik közben is. Az egyetlen faj a Cuvier-törpekajmán volt, amelyik nem használta ezt a stratégiát a kísérletek során, ez a világ legkisebb ma élő krokodilféléje. A kutatók szerint azonban könnyen lehet, hogy csupán nem volt együttműködő a vizsgált egyed, és a természetben ők is alkalmazzák e módszert.

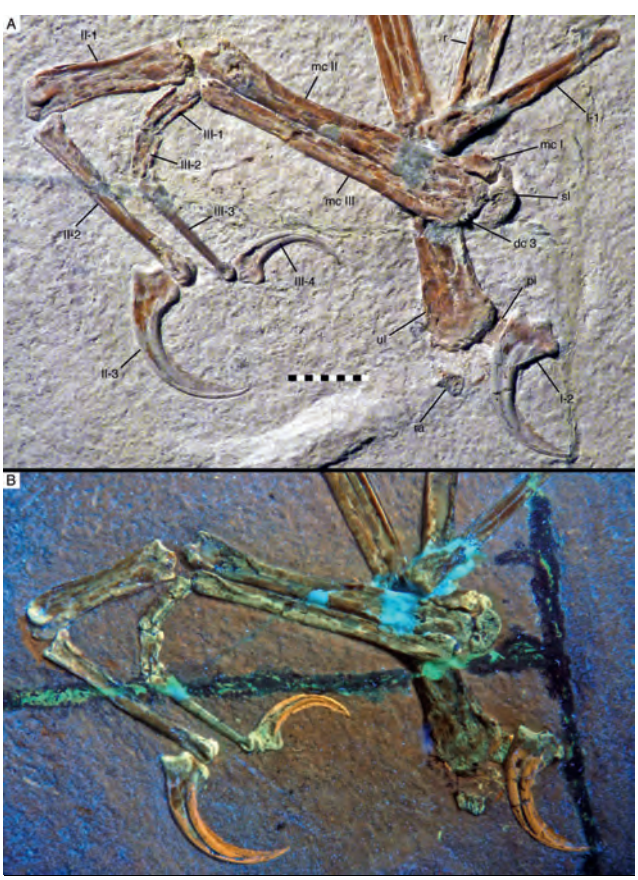
A kutatást őslénytani szakemberek végezték, azzal a céllal, hogy a kihalt krokodilfélék életmódjára vonatkozó információt nyerjenek. A krokodilfélék már a dinoszauruszok korától hasonló élőhelyeket népesítettek be, hasonló volt a testalkatuk is, és a most feltárt általános stratégia alapján valószínűleg a múltban élt fajok is a gyilkos forgással vadásztak.

(Ethology Ecology & Evolution, 2019. április 15.)

MÉGIS VOLT TÁRSASÁGA AZ ARCHAEOPTERYX-NEK

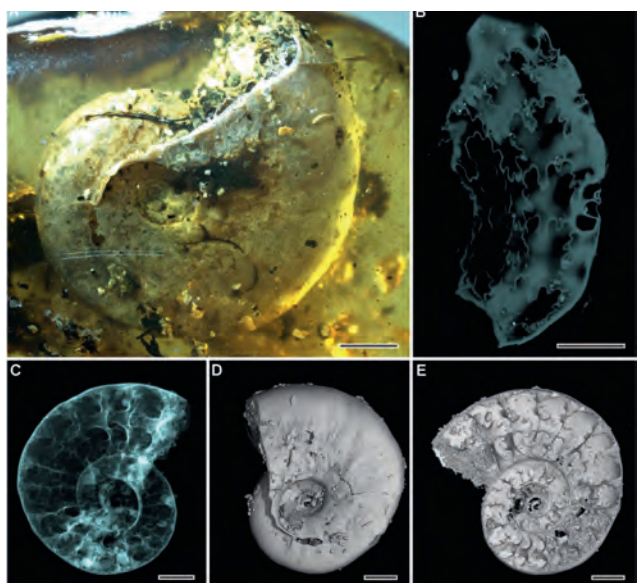
A kutatók egy eddig ismeretlen új madárfajt írtak le a késő-jura korszakból. Az 1861-es első felfedezése óta az Archaeopteryx volt az egyetlen ismert madár a jura időszakból. Valamennyi példánya a németországi Solnhofen környékén került elő, ahol az ősmadár tengerparti zátonyos-lagúnás környezetben élt mintegy 150 millió évvel ezelőtt. A most felfedezett második madár, az Alcmonavis poeschli is tudott repülni. Mindössze az egyik szárnyának a maradványai kerültek elő, amit először Archaeopteryx-nek gondoltak. A részletes vizsgálatok azonban kimutatták, hogy nagyobb volt annál, és a szárnyizmai alapján jobban tudott repülni. Sok olyan jellemvonást mutat, ami még hiányzott az Archaeopteryx-nél, de már jelen volt a fiatalabb madaraknál. Ez arra utal, hogy jobban alkalmazkodott az aktív, csapkodó repüléshez. A felfedezés befolyásolja azt a régóta húzódó vitát, hogy az aktív repülés a siklórepülésből fejlődött-e ki. Az Alcmonavis adaptációja azt mutatja, hogy a repülés evolúciója viszonylag gyors lépésekben haladt előre. Ugyanabból a rétegtani szintből korábban egy Archaeopteryx is előkerült, így a két madár nagyjából egyidejűleg röpködött a dél-németországi szubtrópusi lagúna fölött.

(eLife, 2019. május 14.)



AMMONITESZ A BOROSTYÁNKŐBEN

A mianmari Hukawng-völgy az egyik legjobban ismert késő-kréta borostyánkő lelőhely a világon, amely eddig is számos ritka és rendkívüli ősmaradványt szolgáltatott. Egy mostani lelet azonban még a paleontológusokat is alaposan meglepte. A kínai kutatócsoport számos szárazföldi ízeltlábú (pl. csótányok, ezerlábúak, pókok) mellett tengeri élőlényeket talált a 100 millió éves fosszilis gyantában. Négy tengeri csiga mellett egy pici (12 mm átmérőjű) ammonitesz is előkerült. Komputertomográfos vizsgálatok után a példányt a Puzosia nemzetségbe sorolták,



aminek eddig ismert időbeli elterjedése jó egyezést mutat a borostyánkő más maradványok alapján meghatározott korával. A kutatók rekonstrukciója szerint az egykori homokos tengerparton állt az araukária fenyő, melynek gyantája a szárazföldi ízeltlábúak csapdába ejtése után még félig képlékeny állapotban leesett a fáról a tengerpartra, és ott tapadtak bele a korábban partra sodródott tengeri csiga és ammonitesz héjak. Ezt igazolja, hogy az állatok lágy testének semmi nyoma, mindegyikük belseje tengerparti homokkal volt kitöltve.

(PNAS, 2019. május 13)

KÖVETKEZŐ SZÁMUNKBÓL

ALMÁR IVÁN: 50 éve történt a hatalmas ugrás

BÉRCZI SZANISZLÓ: Az Apolló-expedíciók és a Hold anyagai

BOTH ELŐD: Nem szünetel a Hold kutatása

WESZELY TIBOR: 150 sor a XXI. századi tudományról – A gyorsuló idő

A XXIX. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT VERSENYSZABÁLYZATA

A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat által meghirdetett, a Természet Világa tudományos ismeretterjesztő folyóirat által lebonyolított diákcikkpályázaton indulhat bármely középfokú iskolában a 2019/2020-as tanévben tanuló vagy végző diák, határainkon belülről és túlról.

A pályázatot elektronikusan kérjük feltölteni a Természet Világa termvil.hu honlapjára. A pályázat benyújtásának további formai követelményei és tudnivalói a honlapon megtalálhatók.

A pályaművek benyújtásának határideje **2020. január 6.** A diákpályázat célja, hogy a pályaművek tartalmát a természettudományok iránt érdeklődő, de a témában nem járatos olvasók is megértsék. A pályamunkák végén kérjük a felhasznált irodalmat és forrásmunkákat megjelölni. A szó szerinti idézetek forrásának fel nem tüntetése etikai vétség. Pályázni csak másutt még nem publikált pályamunkákkal lehet.

PÁLYÁZATI KATEGÓRIÁK:

Természettudományos múltunk felkutatása és a kultúra egysége
- A pályázó iskolájához vagy lakóhelyéhez, környezetéhez kapcsolódó jelentős múltbeli tudós személyiségek életútjának, munkásságának bemutatása (eredeti dokumentumok felkutatásával és felhasználásával). Vagy:
- A dolgozat írójának tágabb környezetéhez kapcsolódó tudományos vagy műszaki intézmények története, tudóstársaságok története, eredeti dokumentumok bemutatásával. Vagy:
- A természet- és műszaki tudományok valamelyik ágában tárgyi vagy épített emlékek, örökség bemutatása.

Önálló kutatások, elméleti összegzések
- A természeti értékek, jelenségek megismerése érdekében a diák által végzett kutatások bemutatása. Előnyben részesülnek az egyéni, fiatalos, önálló gondolatokat, innovatív megközelítéseket tartalmazó, élvezetes és szakszerű beszámolók.
- Az elméleti összegzéseknek is önálló kutatásokon kell alapulniuk. Azoknak javasoljuk, akik örömmel mélyednek el a rendelkezésükre álló megbízható és naprakész adatok tárházában.

Matematika, informatika és applikáció-innováció
- A pályázók matematikával vagy informatikával kapcsolatos önálló vizsgálódással nevezhetnek, amelyben a pályázó elemző áttekintést ad az általa szabadon választott témakörből. Vagy:
- A pályázó pályázhat saját fejlesztésű mobil-applikációk szabatos bemutatásával, leírásával.

Egészségtudomány
Az orvostudomány múltját, nagyjainak életét és életművét, az orvostudománynak az egyéb tudományokhoz való viszonyát, eszközeinek fejlődését; vagy az orvosi tevékenység művészeti megjelenítését és annak elemzését mutatják be; vagy egyéb, szabadon választott témakört dolgoznak fel – akár hazai, akár külföldi vonatkozásban. Felhívjuk a pályázók figyelmét az egészségtudományi etikai szabályok tiszteletben tartására!

Választható műfajok mind a négy kategóriában:
- Ismeretterjesztő, olvasmányos formában megírt cikk vagy esszé (szóközökkel együtt minimum 9 ezer, maximum 20 ezer karakter terjedelemben, word formátumban; minimum 5 db, JPG formátumú illusztrációval
- Ismeretterjesztő interjú (szóközökkel együtt minimum 9 ezer, maximum 12 ezer karakter terjedelemben, word formátumban; minimum 5 db, JPG formátumú illusztrációval)
- Ismeretterjesztő fotósorozat, minimum 10, maximum 20 db, JPG formátumú, maximum 64 MB méretű fényképpel, minden képhez tartozó 1-3 mondatos képaláírással (word formátumban); valamint rövid bevezető írással: minimum 1000, maximum 3000 karakter terjedelemben, szóközökkel együtt.

DÍJAZÁS:

Minden kategóriában és minden műfajban I. díj, II. díj, III. díj, illetve különdíj adható. A zsűri a díjazott diákok felkészítő tanárainak a munkáját is elismeri. A konkrét díjazásról, a díjak esetleges megosztásáról a zsűri a bírálati folyamat során dönt. Pályázatunk elsősorban egyéni alkotói felhívás, többszerzős pályamunkák esetén a díjak és egyéb juttatások megoszlanak a társszerzők között.

(Tájékoztatásul közöljük az előző évi díjkategóriákat: 2018/2019-ben a kategóriák győztes pályázó diákjai pályaművenként 75 000 - Ft, a II. díjasok 50 000 - Ft, a III. díjasok 40 000 - Ft pénzjutalmat kaptak. A különdíjasok 30 000 - Ft díjazásban részesültek. A díjazottak felkészítő tanárainak a munkáját 30 000 - Ft díjjal ismerte el a zsűri.)

A pályaművek elbírálására előre láthatóan 2020 márciusában kerül sor, a díjakat diákkonferencia keretében adjuk át 2020 tavaszán.

A Természet—Tudomány Diákpályázat versenyszabályzatát a Természet Világa számaiban közöljük, illetve olvasható a folyóirat honlapján is.

A XXVIII. TERMÉSZET – TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT DÍJÁTADÓJA

Április 27-én a Magyar Tudományos Akadémia székházában rendezett sikeres díjátadó ünnepségünkkel és diákkonferenciánkkal lezárult a Természet Világa folyóirat XXVIII. Természet – Tudomány Diákpályázata. Lapunk felhívására idén is számos pályamű érkezett a Kárpát-medence teljes területéről. Tekintettel arra, hogy a pályázatok mind témájukban, mind kutatási módszerükben jelentősen különbözhettek, így a zsűri több kategóriában is úgy döntött, hogy nem csupán egy-egy pályázatot választ a helyezettek közé. A négy kategóriában összesen 5 első díjat, 5 második díjat, 2 harmadik díjat adtunk át, valamint 7 pályázat Különdíjat, egy pedig Dicséretet érdemelt.

Az Önálló kutatások, elméleti összegzések kategóriába érkezett nyertes pályaműveket szerkesztőbizottságunk tagja, Kordos László méltatta, a díjátadón elhangzott szavait adjuk most közre:

1991-óta 29. alkalommal várják a diákok és tanáraik a Természet Világa diákcikkpályázat eredményhirdetését. A bírálók, a szerkesztők minden évben aggódva, kíváncsian és bizakodva fogadják a tanulmányokat, hátha a szerzők között új szelek új dalaival felbukkannak a jövő szakírói. „Az Önálló kutatások, elméleti összegzések" kategória máig életképesnek bizonyult. A diákpályázatnak követnie kellett a minket körülvevő átalakuló világot, a felnövekvő nemzedék érdeklődését, motivációját, stílusát. Ezért a kiírás szempontjait is időről-időre meg kellett változtatni. A két alapgondolat azonban továbbra is meghatározó maradt. Önálló, hiteles munkán alapuló, élvezetes, közérthető, a Természet Világa stílusjegyeit viselő szép magyarsággal megírt dolgozatokat várunk. Meg kellett küzdenünk és kordába szorítani a mindig megjelenő és új szirénhangokkal csábító eszmékkel, gyakorlatokkal. Évekig ádáz harcot kellett folytatni a mennyiségalapú karrierszemlélettel. Az internetes lehetőségeket felhasználva hamar kiderült, hogy a pályamunka a koppintás vagy a plágium körébe tartozik-e, és az is, hogy a fiatalokat támogató pályázatok elburjánzása kiszabadította-e a palackból a szellemet, vagyis arra, hogy egy témáról „hány bőrt lehet lehúzni". Volt, aki ötször-hatszor is eladta magát. Azért jó példával is éljünk. Voltak olyan pályázóink is, akik néhány éven belül kimagasló nemzetközi sikereket értek el a diákpályázatunkon is kimagaslónak ítélt első közleményükkel. A közelmúltat és a jövőt az informatika, a gépi kommunikáció rohamléptekkel tágítja és szűkíti. A computer már nem számítógép, az okostelefon már nem telefon, a magyar nyelv napról-napra megváltozik, a kutyák után várható, hogy az emberek is chipet kapnak, s több milliárd ember a készpénzt már nem is ismeri. A sort

2. ábra. Az érdeklődő közönség változatos témájú előadásokat hallgathatott meg a helyezést elért pályaművek szerzőitől.

1. ábra. A díjátadó ünnepséget Hámori József, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat elnöke nyitotta meg *(Mészáros Ildikó és Trupka Zoltán felvételei).*

3. ábra. Szalai Andor Foktőről, a 800 éves falucskáról tartott figyelemre méltó előadást.

még lehetne folytatni. Csak emlékeztetőül, Verne Gyula ágyúból kilőtt rakétával célozta meg a Holdat, Nemo kapitány tengeralattjárójáról irányította elgondolásait, miközben egy kutatócsoport az izlandi vulkán kráterébe leereszkedve, a Föld egyre idősödő tájain átverekedve utazott a Föld középpontja felé. Verne a tudomány eredményeit naprakészen ismerte, azokat élvezetes olvasmányokba építette, és ha bőbeszédűségéből visszafogná magát, ma biztosan díjazottaink között szerepelhetne. Az én szívem akkor is Herman Ottóhoz húz, aki valóban szinte mindenhez értett, s idejéből nem csak a magyarországi pókokról és a halászatról szóló könyvekre futotta. Mindezek napjainkban alapkutatásoknak minősülő és csekély innovációs hasznot hozó, mindenki által ismert és külföldön a legritkábban idézett munkák. 1875-től a Természettudományi Közlönyben is megjelentek cikkei „A kolumbácsi légyről", a madártan szépirodalomi forrásairól, „A borsodi Bükk ősemberéről", és még folytathatnám a sort két utcai balesetét követő, 1914-ben bekövetkezett

4. ábra. Mészáros Réka, a Kiskunhalasi Bibó István Gimnázium tanulója az Eötvös-ingáról készült pályamunkája eredményeként vehetett át díjat felkészítő tanára, Nagy-Czirok Lászlóné társaságában.

haláláig. Végezetül a Természettudományi Közlönyben 1876-ban megjelent példaadó írásából idézek, amelynek címe „A mérges csók".

„A magyar róna alig észrevehető földhullámainak egyikén, egy kéttornyos templom áll. Mögötte egy sekély kút nyílik, melybe lánczon járó két veder szolgál. Neve Szentkút, rendeltetése bűnbocsánat. Híre nagy, s piros pünkösd táján rajzik a búcsújárók serege feléje. Széles vidék nyomorékja, gyógyíthatatlan betege, a szent kút vizébe veti utolsó bizodalmát. Az ima után kezdődik a körmenet, a fertőzött ajak csókot nyom a szobrok talpazatára, orczájára, a szent képek üvegére, és nyomban reá, tulajdon helyre ráilleszti ajkát a csapat épje is. A búcsú utáni napon az illető pontokon egy 0.5 milliméternyi barna kéreg volt rácsókolva! És ez még csak egyik alakja a mérges csóknak... A mennyasszony a vendégek részéről egy egész csókzápornak van kitéve, s ezt viszonozni köteles. A mérges csók a szent helyekről messze terjed..."

A Természet Világa diákpályázóitól nem kívánjuk meg, hogy a csaknem másfél évszázados hermanottói veretes írásokkal lepjenek meg minket. Talán még gyanakodnánk is. A 2019. évi Önálló kutatások, elméleti összegzések diákpályázat nyertesei között mégis találni

5. ábra. Az Önálló kutatások, elméleti összegzések kategóriába érkező írásokat Kordos László a díjátadás előtt szóban is értékelte.

olyat, aki egy 800 éves falucskáról, Foktőről mesél. Jól megfér modern világunk alkotásával, a telefonok láthatatlan töltését bemutató írással (I-I. hely). Az állatvilág kimeríthetetlen kultúrkincsében kalandozva megismertük „A méz evőt", a medvét és a fejedelmi nagyvadunk, a gímszarvas háziasításba torkoló gazdálkodását. (II-II. hely). Az „Úgy viselkedünk, mint az állatok?" című írásban érdekes önálló kísérlet mutatta be, hogy zenével miként lehet „táncra bírni' a kísérleti egereket (III. hely). Kívánom minden diáknak és tanárnak, hogy fantáziájuk és gondolkodásuk továbbra is maradjon meg, mélyedjenek el a természet és a tudomány mélységeiben.

SZERKESZTŐSÉG

M. Vásárhelyi Tőke István, az erdélyi fizikaoktatás egyik nagy művelője

„Győzött mégis a habozóban a közjónak szeretete
és egyúttal az a meggyőződés,hogy Isten látja
én gyújtottam meg elsőnek a kísérletező tudományoknak
fáklyáját a világnak ebben a szögletében."

M. Vásárhelyi Tőke István

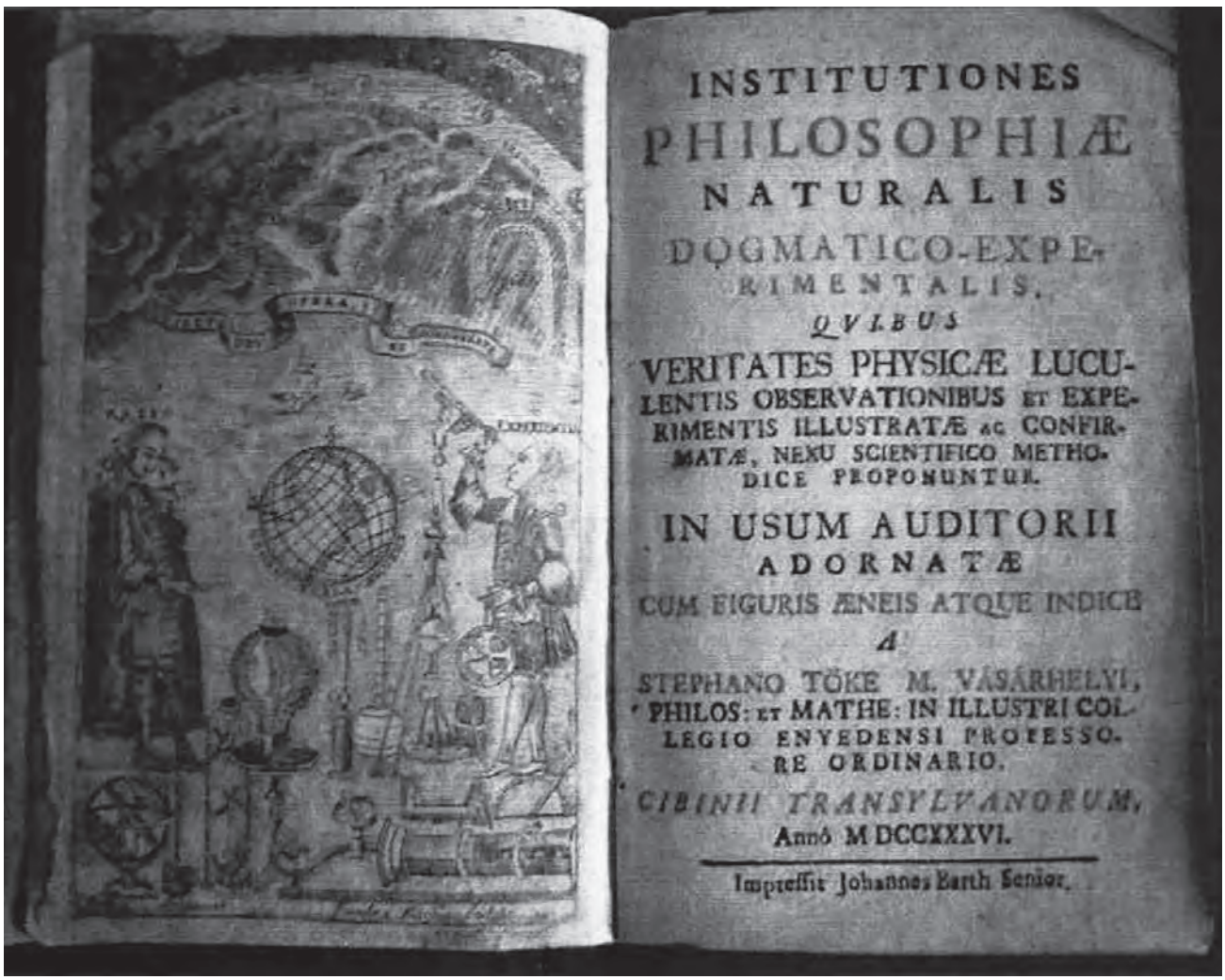
Napjainkban iskolánk külső megújulásának lehetünk szemtanúi. Az ima, amelyet Reményik Sándor így fogalmazott meg: *„Hallgasd meg az imádságunk. Mondd el, Phönix, nagy rejtélyed, A hamuból hogy lesz élet?"* meghallgatásra talált. Régit és újat kapcsol össze, épít egybe a jelen. Egy megújult intézmény falai közt élve azt tapasztaljuk, hogy a pörgő diákélet mellett fontos szerepet tölt be életünkben a tanulás. Megpróbálunk méltóak lenni elődeinkhez. A nagyenyedi Bethlen Gábor Kollégium útmutatója volt számos nevezetes felmenőnknek, akikre büszkék vagyunk: Apáczai Csere János, Bod Péter, báró Kemény Zsigmond, Bolyai Farkas, gróf Mikó Imre, Kőrösi Csoma Sándor, Barabás Miklós, Áprily Lajos és sokan mások. M. Vásárhelyi Tőke István méltó helyet foglal el a sorban, a kollégium nemrég bekövetkezett felújítását követően az egyik fizika előadóterem az ő nevét viseli.

A természettudományok oktatása a Collegium Academicumban Tőke István előtt

Erdély aranykorának kiemelkedő fejedelme volt Bethlen Gábor. A fejedelem rendeletére Gyulafehérváron 1622-ben protestáns egyetem nyitotta meg kapuit. A Collegium Academicumban filozófiát, jogot és teológiát hallgathattak a diákok, de fontos szerepet kaptak a természettudományok is. A fejedelem híres külföldi professzorokat hívott meg, köztük Johann Henrich Alstedet, aki előtte a herborni főiskolán tanított. Alsted 1629-ben foglalta el katedráját, amelyet 1638-ban bekövetkezett haláláig vezetett. Vele együtt érkezett tanítványa Johann Heinrich Bisterfeld is, aki 26 évig tanított matematikát és természettudományokat. Bisterfeld óráin kísérleteket mutatott be, amiért a nép „ördöngös professzornak" tekintette. „Lakatos boszorkányos könyve" szerepelt az 1796-ban alapított nagyenyedi múzeum eredeti leltárában, de sajnos a kollégium 1849-es pusztulása után nyoma veszett [1]. Ezért nem tekinthetjük őt az erdélyi kísérleti fizikaoktatás kezdeményezőének! Mi azzal adtunk tiszteletet neki, hogy a kollégium másik előadótermét róla neveztük el. Bisterfeld diákja majd 1653 és 1655 tanársegédje volt Apáczai Csere János, akit azonban 1656-ban Kolozsvárra száműztek. A gyulafehérvári kollégiumot 1658-ban elpusztították a török-tatár hordák. Akkor Apáczai tervet nyújtott be Barcsay Ákos fejedelemnek, amelyben a főiskola Kolozsvárra történő átköltöztetését szorgalmazta, de terve nem valósult meg. I. Apafi Mihály rendeletére 1662-ben Nagyenyedre költözik a Collegium Academicum.

A nagyenyedi korszakban 1680 és 1717 között Pápai Páriz Ferenc orvosprofesszor természettant is tanított. Tanára Enyedi Sámuel hatására lett a kartéziánus filozófia és a természettan közvetítője. Kéziratban maradt munkáját a *Plenitudo vacui* (1673) heidelbergi tanulmányai idején írta 1].

Európában a *Ratio educationis*nak (azon rendeletnek, amelyet Mária Terézia adott ki 1777-ben, amely az egész Magyar Királyság területét érintette) köszönhetően az 1700-as években kezdett fontossá válni a reáltudományok oktatása. A fizika iskolai tantárgyként való tanítása ennek köszönhető. Erdély iskolái megpróbáltak felzárkózni a modern Európa elvárásaihoz. A fizikaoktatás terén erdélyi viszonylatban kiemelten fontos helyen áll Nagyenyed. M. Zemplén Jolán (1911-1974, fizikus, fizikatörténész, az első magyarországi női fizikaprofesszor) szerint: *„Az erdélyi iskolákat elsősorban tudománykedvelő fejedelmek hozták létre és virágoztatták fel [...] Igaz, ezek se maradtak mentesek a háborúk viszontagságaitól, felekezeti üldözéstől, osztrák elnyomástól,*



tűzvésztől, járványoktól és ezek következtében rájuk szakadó szegénységtől. Azért hangsúlyozzuk, hogy milyen sok viszontagságon ment keresztül Gyulafehérvár, Nagyenyed, Marosvásárhely és Kolozsvár kollégiuma, mert az ott dolgozó és tanító tudósok teljesítményét csak akkor tudjuk igazán értékelni, ha látjuk, milyen rendkívül nehéz körülményekkel kellett szembeszállniuk. […]" [2]

M. Vásárhelyi Tőke István életpályája

A kísérleti fizika első nagy erdélyi alkalmazója M. Vásárhelyi Tőke István volt, aki 1725 és 1768 között tanított Nagyenyeden filozófiát, fizikát és matematikát. Születési éve bizonytalan, egyes forrásokban 1696, máshol 1700 illetve 1700 előtt szerepel. Édesapja, aki ugyanazt a nevet viselte 1717-ben született Széken. 1689-ben iratkozott be a hollandiai franekeri egyetemre, ahol 1692-ben disputált (a disputació mai szóhasználatban doktori védésnek felel meg). Első disputációját Bethlen Miklós grófnak, másodikat a gróf fiának Bethlen Mihálynak, egykori tanítványának és három nagyenyedi professzorának ajánlotta. Peregrinációja után az idős Tőke István a székelyudvarhelyi kollégiumban tanított. Fia születési éve bizonytalan, egyes források szerint 1796-ra, mások 1700-ra illetve 1700 előttre teszik. Nagyenyedi tanulmányai után 1722-ben az odera-frankfurti egyetem diákja volt, 1724-ben az utrechti egyetemen subscribált (aláírta az iskola törvényeit). 1725-ben hazatérésekor egy egész fizikai eszközgyűjteményt hozott magával. Az 1704-es labanc pusztítás után angol segítséggel felújult kollégium épületeiről 1734-ben készült részletes leltár. Itt említik meg M. Vásárhelyi Tőke István lakását is, amelynek egyik „kamarája" mellett egy bolthajtásos teremben volt a „Museum" (akkoriban a dolgozószobát nevezték Museum-nak). Sajnos ennek tartalmáról nem tesznek említést, de valószínű, hogy itt őrizte a külföldről hozott fizikai eszközöket [3].

Tőke István 1725. december 7-én foglalta el katedráját. A beiktatást az akkori kurátor Váradi Inczédi József elnökölte, alkalmi beszédének címe: *A Phylosophia restaurációja a reformátusok enyedi nemes collegiumában*. Tőke is az új filozófia dicsőségéről tesz említést székfoglalójában és Cartesiust fogadja vezérlő mesteréül ezekkel a szavakkal: *„Tu scis res naturae* (*Te ismered a természet törvényeit*)" [5]. Bod Péter

(1712-1769, református lelkész, irodalomtörténész, egyháztörténész, történész, író) nagy elismeréssel emlékezett tanárára, M. Tőke Istvánra: *„Az enyedi nagyhírű és tudományokkal jelesen ékeskedő kollégiumban 1725. esztendőtől fogva filozófiát tanító professzor"*.

Tőke István annyira megnyerte a diákokat, hogy amikor 1727-ben a megüresedett teológiai tanszékre őt akarta javasolni a vezetőség, a diákok kéréssel folyamodtak a főconsistoriumhoz (Nagy Egyháztanács), hogy mást válasszanak. Mert őt *„méltán illetné, mint minden scientiákban universalis experientiájú embert"*, de a természetfilozófiában *„őkegyelmén kívül egész hazánkban arra készült embert nem találunk"* [5].

Előtte Pápai Páriz Ferenc tanított fizikát, aki Tőke Istvánnak is tanára volt. Tanítványai szerint azonban nem sok hangsúlyt fektetett kísérletek bemutatására. Szilády Zoltán (1878-1947, zoológus a kollégium tanára volt, majd Budapesten egyetemi tanár) tanulmányában olvashatjuk, hogy: *„A XVIII. század elején a nagyenyedi Bethlen-kollégiumnak is volt fizikai múzeuma. Az idő szerint ott működő professzor, Pápai Páriz Ferenc uram azonban ezerféle dologban laboráló ember lévén, nem igen vett magának fáradságot az eszközök használatára. A diákság e miatt panaszt emelt ellene az egyházi tanácsnál. Szomorúak vagyunk — mondják panaszírásukban —, hogy soha physica-demonstratiót sphaerán vagy mágnesen nem láttunk, sőt a mi nagyobb, 90 tógatus deákok között alig vannak nyolczan, kik őkegyelmétől ezt is hallották volna: Quid est Physica?"* [5]

Tőke István érdeklődése a kartezianizmus által befolyásolt, a barokk korban divatos fiziko-teológia és a kísérleti fizika felé fordult. Ő írta az első kísérleti fizika tankönyvet 1736-ban, amely a következő címmel jelent meg Nagyszebenben: *Institutiones philosophie naturalis dogmatico-experimentalis, qvibus veritates phisicaes luculensis observationibus et experimentatis illustratae ac confirmatae, nexu scientifico methodice proponuntur.*

Könyvébe beépítette mindazt, amit Franekerben, Odera-Frankfurtban és Utrechtben tanult, felkészítve ezzel a nyugati egyetemre induló nagyenyedi peregrinus diákokat, hogy a fizikát jobban felszerelt laboratóriumokban tanulhassák. Akkoriban természetesen ott is voltak hasonló tankönyvek, de a nagyenyedi professzor könyve a tartalom és a metszetek minősége szempontjából bátran állta a versenyt. Latinul írt, hisz akkoriban a latin volt a tudomány nyelve, és Tőke István nemcsak Erdélynek szánta könyvét. A magyarnyelvűség csak kezdeti lépéseket tehetett még, de ebben Nagyenyed példát mutatott később. A könyvet alma materének ajánlja, bevezetőjében ezt írja: *„Ne felejtsd el, hogy nekem az volt a feladatom, hogy a kísérletezés módszere tekintetében e tájon megtörjem a jeget."* Ő volt az első erdélyi tudós, aki fizikai eszköztárat (például légszivattyút) vásárolt kollégiumi oktatása és a kísérletei számára. Tankönyve azzal a céllal íródott, hogy: *„a jó agy foglalkozzon vele"*.

Könyvében a következő területekre tér ki: szilárd testek mechanikája, folyadékok és gázok mechanikája, hangtan, hőtan, elektromosság, mágnesesség, fénytan, csillagászattan és nem utolsó sorban a kor teológiája és filozófiája is helyet kap. Az ész, tapasztalat mellett akkor Isten volt, aki a tudománynak értelmet adhatott. A kísérletek után a biológiai ismeretek tárházát és az emberi test anatómiáját mutatta be [5]. Tőke István könyve tehát a természettudomány minden ágát tárgyalta. A professzor 1761 decemberében nagy megpróbáltatáson ment keresztül, mert fia, aki Leidenben végezte egyetemi tanulmányait, elvesztette a józan ítélőképességét, és 1764. november 8-án meghalt. A kollégium tanári kara javaslatára, nem azért mert túl öreg lett volna, hanem mert *„megcsökkent a Philosophiae studium"* 1767. február 15-én nyugalomba vonult [6].

Tőke István nyugdíjba vonulása után I. Kováts József vette át katedráját a kollégiumban. 1766-ban, halála előtt egy évvel, még egy könyve jelent meg Nagyenyeden, melynek címe: *Consideratio magnitudinis mundi adspectabilis, phisico-astronomica, metodo syntetica geometrii Familiari instituta* (*Elmélkedés a látható világnak nagyságáról.* [...])

Bővebben kísérleti fizika könyvéről

Művének kiadásában az ambíció vezérelte, hogy ezen a területen övé lesz az úttörés érdeme. *„Győzött mégis a habozóban a közjónak szeretete és egyúttal az a meggyőződés, hogy Isten látja én gyújtottam meg elsőnek a kísérletező tudománynak fáklyáját a világnak ebben a szögletében."* [5]

Tőke István könyvét kegyelettel őrzi a nagyenyedi Bethlen Könyvtár, így alkalmam volt átlapozni, és szótár segítségével sikerült lefordítani a tartalomjegyzéket, amely három részből áll.

Az első fejezetben a természetfilozófiát tárgyalja, annak alaptörvényeit, majd az anyagot, annak tulajdonságait, a tér fogalmát, az élővilág törvényeit és a mozgást. A második fejezetet a makrokozmosznak szenteli, itt tárgyalja a látható világ elemeit, a Napot és az állócsillagokat, az égboltot és annak „örvényeit", az üstökösöket, a bolygókat és a Földet, a Világ „rendszerét", az ég hatását a Földre, a földgömböt, a levegőt, a meteorokat, a tengerek és folyók vizét, az ásványok világát és különösen a mágneseket, a földfeletti és földalatti tüzet, a növények és az állatok világát. A harmadik fejezetben a mikrokozmoszt mutatja be, az emberi test felépítését, az ész és a test egységét az emberben, a belső és külső érzékeket, a látást és ezzel kapcsolatban a fényt, az optikát, a fény visszaverődését és törését, a színeket, a hallást és a hangot, a szaglást, ízlelést és tapintást. Befejezésül az emberi életről és a halálról elmélkedik.

A szöveggel azonban már nehezebben boldogultunk. Tudjuk, hogy a könyvet Nádudvari Sámuel, marosvásárhelyi professzor 1730 és 1740 között lefordította magyarra, de a Teleki Tékában nem akadtunk rá. Így csak a könyv végén található hat rézmetszet segített abban, hogy megfejtsem a felsorakoztatott készülékek egy részének a rendeltetését. Ebben nagy segítségemre volt irányító tanárom, aki fizikus.

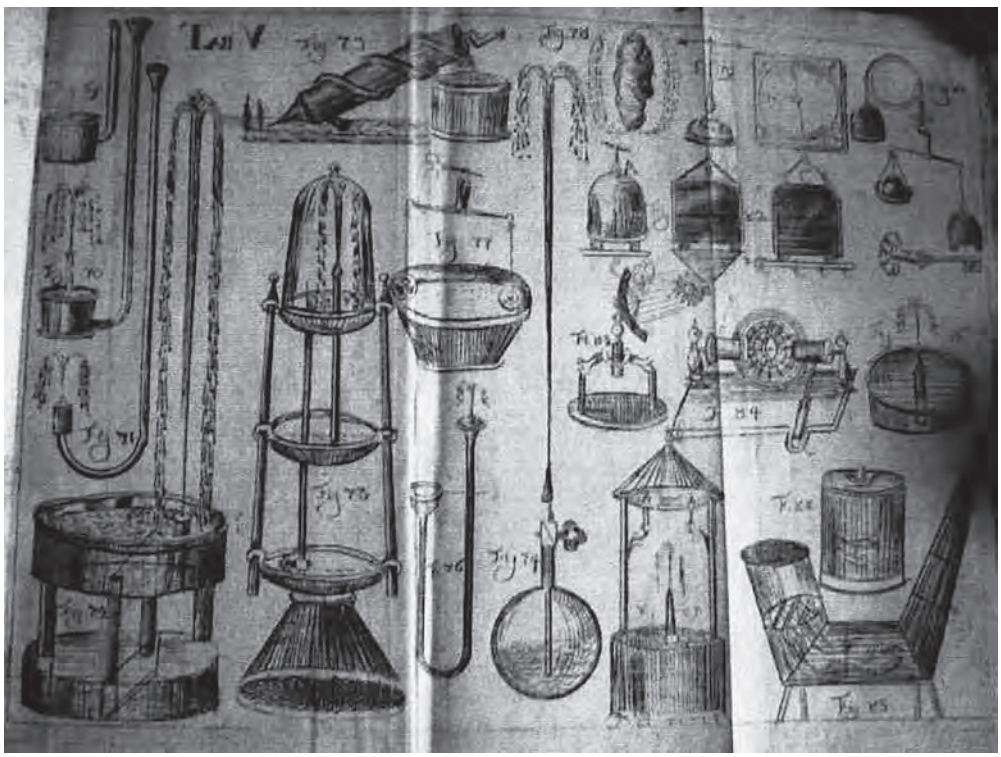
Az első táblán különböző üvegharangokat láthatunk, amelyekkel a levegő összenyomásával kapcsolatos alakváltozásokat lehetett esetleg kimutatni, nem kizárt azonban, hogy elektrosztatikai kísérletekhez alkalmazták őket. Megfigyelhető egy Torricelli-féle barométer, egy manométer és egy olyan készülék, amely kezdetleges mikroszkópnak tűnik. Középen, alul egy érdekes, fura alakú tárgyat láthatunk, amely körül a rúdmágnes erővonalaihoz hasonló alakzat rajzolódik ki. Ez a tábla nehezebben értelmezhető, mint a következők.

A második tábla esetében már könnyebb eligazodni. Felül a fény visszaverődésével és törésével kapcsolatos kísérleteket láthatunk, a bal oldalán a magdeburgi féltekék, középen Héron kútja és a kartéziusz búvár, felettük közlekedő edények. A tábla jobb oldala nehezebben értelmezhető, talán ebben is a könyv latin szövege segíthetne, ám sajnos az iskolákban a latint kiszorították a modern nyelvek.

A harmadik tábla legnagyobb része az asztronómiával kapcsolatos ábrákat tartalmaz: középen a Systema Mundi (a Naprendszer, Kopernikusz után), felette Kepler első törvényének illusztrációja, a Föld (T = Tellure) ellipszis alakú pályán a Nap (S = Sole) körül, az évszakok váltakozásának magyarázata és talán a napfogyatkozás bemutatása. Ezek alatt baloldalon egy ejtőcső a szabadesés tanulmányozására, újabb üvegharangok, az elsővel Arkhimédész törvényét lehetne kimutatni levegőben, jobb oldalt pedig ismét egy Torricelli-cső és egy higanyos barométer.

A negyedik táblán kimondottan csak a vákuummal kapcsolatos kísérleti eszközöket láthatunk, különböző üvegharagokat és üveggömböket, balodalt alul pedig annak a légszivattyúnak a képe, amelyet Erdélyben elsőként Tőke István használt kísérleti célból.

Az ötödik táblán főleg hidrosztatikai kísérletekkel kapcsolatos eszközöket figyelhetünk meg, különböző szökőkutakat, felül egy vízemelő Arkhimédész-csavar, középen jobbra egy homorú tükör és talán egy dörzselektromos gép.



Az utolsó tábla felső részén főleg optikai jelenségekkel kapcsolatos készülékeket láthatunk: távcső, a camera obscura és szem működése, színszóródás a prizmán. Alul hangtani készüléket, nagyothallók által használható fémtölcsérek és a jobb alsó sarokban egy kezdetleges vetítőgép.

Tőke István kísérleti fizikája latin nyelven íródott, akkoriban az volt a tudomány nyelve. A nagyenyedi kollégiumban csak fél évszázaddal később 1790-ben történik az első próbálkozás a magyar nyelv bevezetésére az oktatásban, amikor Benkő Ferenc, a későbbi múzeumalapító magyarul tartja meg székfoglaló beszédét.

Epilógus

Tőke István utódai folytatták a fizikai kísérletek bemutatását és bővítették a fizikai szertár állományát. Őt követi a két Kovács József, Szász Károly, Kasza Dániel és Löte Lajos. A fizikai szertár és a természetrajzi múzeum elpusztult az 1848-as forradalom idején, amikor a fellázadt havasi románok 1849. január 8-án felgyújtották a kollégiumot. A könyvtár és a múzeum állománya akkor azonban már nagyon leapadt, mert a kollégiumot korábban elfoglaló osztrák csapatok szekerekben menekítették Nagyszebenbe a gyűjteményeket és az akkor érkezett új fizikai műszereket [5].

Az utolsó nagy pusztulás után hamujából ismét újjáéledt a „nagyenyedi phönixmadár", nagyobb és korszerűbb épületek kerültek az elpusztultak helyére, az elhivatott tanárok munkájának köszönhetően napjainkban ismét van híres gazdag könyvtárunk, természetrajzi múzeumunk és iskolánk fizikaszertárát is irigyelhetik a környékbeli iskolák tanárai. A kollégium olyan gazdag múlttal rendelkezik, hogy a jelen felújulást követően, amikor elhatározták, hogy az iskola termeit neves diákokról és tanárokról fogják elnevezni, kiderült, hogy nincs elég termünk!

Jelen tanulmányomban azt szerettem volna kiemelni, hogy Erdélyben és Magyarországon itt, a nagyenyedi Bethlen Gábor Kollégiumban írták meg az első kísérleti fizika könyvet. Talán jobban kihangsúlyozhatom ezt, ha Szilády Zoltánt idézem: *„Itt működött Bisterfeld — a mi első experimentátorunk —, itt tanított Apáczai — aki először írt fizikáról magyar nyelven — és itt írta Marosvásárhelyi Tőke István a kísérletező természettudomány első kézikönyvét hazánkban, akkor, mikor a nagyhírű Hatvani még kisdiák volt a losonci iskolában. Hogy melyiküket tartsuk az első magyar fizikusnak, azt döntse el a szíves olvasó."*

GUDOR NOÉMI

IRODALOM

Gábos Zoltán: Az erdélyi fizikusok hozzájárulása a magyar tudományhoz, Fizikai Szemle 2000/4. (http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz0004/gabos.html)

M. Zemplén Jolán: Fizika az erdélyi kollégiumokban (http://mek.oszk.hu/05300/05392/pdf/MZemplen_Fizika_Erdely.pdf)

Vita Zsigmond: Az első erdélyi házi múzeumok és a múzeumi gondolat kialakulása, in Művelődés és népszolgálat, Kriterion Könyvkiadó, Bukarest 1983

M. Vásárhelyi Tőke István: Institutiones philosophie naturalis dogmatico-experimentalis, Nagyszeben 1736

Szilády Zoltán: Ki volt az első magyar physikus?, Uránia, 1910.
http://mek.oszk.hu/05300/05392/pdf/Szilady_Fizika_BethlenKoll.pdf

Gudor Botond: Bod Péter és a nagyenyedi kollégium (1724-1740) — kézirat, bemutatva a Reformáció 500 tudományos konferencián, Nagyenyed 2017. október 23-án

1

2

3

4

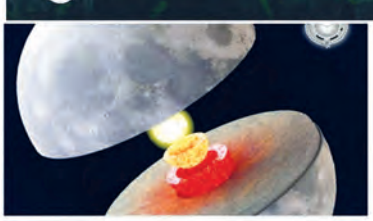
5

A XXVIII. Természet – Tudomány Diákpályázat díjátadója képekben

(Mészáros Ildikó és Trupka Zoltán felvételei)

1. A siker ezer arca
2. Céltudatosan a jövő felé
3. Megérdemelt gratuláció
4. Ünnepi sokadalom
5. Elismerő tekintetek

Megújult honlapunk: termvil.hu

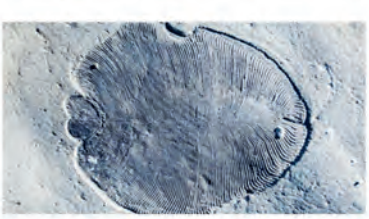


LAPSZÁM

2019. január

ÜRKÉPVADÁSZ

Újévi randevú — A New Horizons

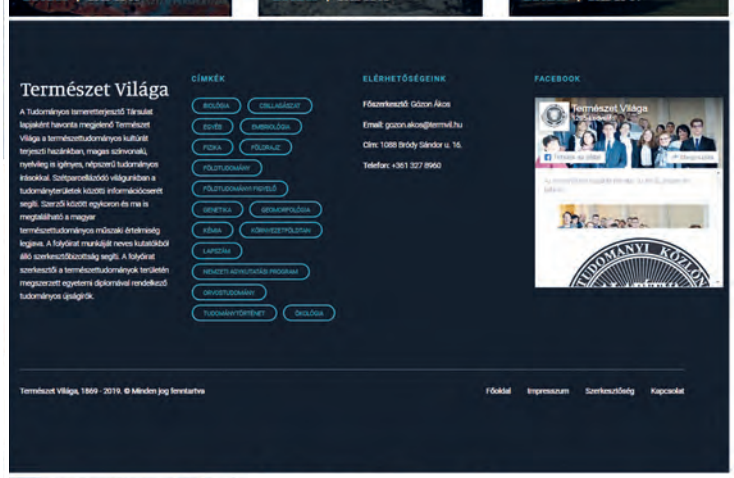


FÖLDTÖRTÉNETI FORDULÓ

A földtörténet úttörői

ÉLŐVILÁGUNK

A házityúk-ivarszerv kialakulásának érdekességei — Tyúkok, tojások, össejtek



nka
Nemzeti Kulturális Alap

9 770040 371316 19006