

BELÁTTUNK A HOLD BELSEJÉBE

Az Amerikai Geofizikai Egyesület konferenciáján decemberben számoltak be az egyéves Hold körüli küldetésüket decemberben befejező Grail űrszonda-pár eredményeiről. A két szonda 2011. szeptemberben indult, 2011/12 fordulóján álltak Hold körüli pályára, hogy minél részletesebben feltérképezzék égi kísérőnk gravitációs terét. Ennek érdekében a szondák másodpercenként ötször megmérték egymástól való távolságukat, ami lehetővé tette a keringési sebességükben fellépő 0,05 mikrométer/másodperc nagyságú változások kimutatását. Ebből következtek a kutatók a Hold gravitációs terének szerkezetére. Legfontosabb megállapításaik a következők. A Hold kérgének felső része laza szerkezetű, sok benne az üreg és a rés, leginkább kőhalomra emlékeztet. A *mare* területek (az ún. tengerek) kivételével a legkülső réteg porozitása 12%. A fiatal becsapódási kráterek környezetében, például a Hold túlsó oldalán lévő Orientale és Moscoviensis medencék környékén a porozitás még nagyobb, akár a 20%-ot is elérheti. Kimutatták, hogy a Hold kérgé jóval vékonyabb annál, amint azt az Apollo-program idején végzett mérések alapján gondolták. A kéreg átlagos vastagsága többnyire 43 km, egyes területeken még ennél is vékonyabb. (Az Apollo mérések idején másfélszer vastagabbnak gondolták a Hold kérgét.) A vékonyabb kéreg összhangban van azon elképzeléssel, amely szerint a Hold a Földet ért nagy becsapódás által kidobott anyagból állt össze. Végül megállapították, hogy a Holdon mindenfelé a felszín alatt a megszilárdult magma vékony erei húzódnak. A vonalas szerkezetek együttes hossza meghaladja az 5000 kilométert. Létezésükre az lehet a magyarázat, hogy amikor a Hold a törmelékből összeállt, a sorozatos, nagy erejű becsapódások jobban felforrósították a külső részét, mint a belsejét. Amikor a kérgé megszilárdult, hőszigetelő páncélt képezett, ezért a belseje felmelegedett. Az olvadt magma benyomult a kéreg réseibe, majd megszilárdult. (*Sky and Telescope*, 2013. március)

JÉG A MERKÚRON

A NASA Messenger űrszondája végérvényesen bebizonyította, hogy jég fordul elő a Merkúr sarkvidékein, néhány olyan kráterben, amelyekbe soha nem süt be a Nap. A csillagászok már két évtizede gyanították a jég jelenlétét. 1991-ben a Földről radarral a bolygót térképezve a sarkvidékeken nagyon erős radarvisszhangot észleltek. A legkézenfekvőbb magyarázat az volt, hogy a visszhangot vízjég okozhatja. Később további megfigyelések is alátámasztották ezt a felte-

vést, de a végső bizonyítékot csak a közel-múltban szolgáltatta a Merkúr körül keringő űrszonda. Egyrészt az űrszonda a Merkúrról érkező neutronokat detektált. Ezek a neutronok akkor lépnek ki, amikor a nagy energiájú kozmikus sugárzás a felszínt éri. A hidrogénatomok azonban könnyen befogják a lassú neutronokat. A bolygó egyes területei fölött repülve a szonda a neutronok számának hirtelen csökkenését észlelte, amiből arra lehet következtetni, hogy ott a felszínen sok hidrogén van – feltételezhetően H₂O formájában. Másrészt, a szonda lézeres magasságmérője helyenként a lézersugár erős visszaverődését tapasztalta, ráadásul a visszaverődő sugár jellemzői arra engedtek következtetni, hogy a nagyon jó fényvisszaverő területek optikai tulajdonságai hasonlóak a jégéhez. Végül, de nem utolsósorban az elméleti termikus modellekből arra a következtetésre jutottak, hogy a sarkvidéki kráterek feneke és belső fala, amelyeket soha nem ér a napfény, soha nem melegszik 50 kelvin (azaz kb. –223 Celsius-fok fölé). A kutatók egyike, David Lawrence (Johns Hopkins Egyetem) szerint a jégréteg vastagsága legalább 50 centiméter. Összességében a Merkúr sarkvidéki kráterei 100 milliárd és egybillió tonna közötti (100–1000 km³) jeget tartalmazhatnak. (*Sky and Telescope*, 2013. március)

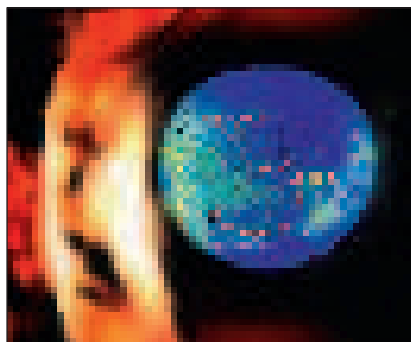
A VOYAGER A CSILLAGKÖZI TÉR PEREMÉN

Minden jel arra mutat, hogy a 35 éve úton lévő, és még mindig működő Voyager–1 űrszonda immár valóban a Naprendszer határán jár. A kutatók remélték, hogy a két Voyager hosszú ideig működhet, és bíztak

de úgy tűnik, már nem sokáig. A program vezető kutatója, Edward Stone (CalTech) decemberben jelentette be, hogy a szonda a csillagközi tér peremének tekinthető zónába lépett. A Voyager–1 már 2004 óta a kutatók által plazmamocsárnak nevezett tartományon „gázolt át”, amelyet a napszél lassan mozgó részecskéi jellemeznek. 2012 közepén a műszerek a napszél részecskéi számának hirtelen csökkenését jelezték, egyúttal ugrásszerűen megemelkedett a kozmikus sugárzás csillagközi térből érkező részecskéi száma. A napszélhez tartozó részecskék száma a korábban mért ezredrészére csökkent. Ez önmagában elég lenne annak kijelentéséhez, hogy a szonda kilépett a helioszférából, azonban a kutatók meglepetésére a mágneses tér iránya a Naprendszerre jellemző maradt. Egyesek úgy gondolják, hogy a Naprendszer és a csillagközi tér mágneses tere valamiféle „csillagközi autópályát” alkotva kapcsolódik egymáshoz, amelyen keresztül a részecskék kifelé és befelé egyaránt akadálytalanul átjárhatják a helioszféra határát. A kutatók véleménye szerint ez az átmeneti zóna vékony lehet, így arra számítanak, hogy a Voyager–1 néhány hónak, legfeljebb néhány év alatt keresztülhatol rajta. Bízunk abban, hogy a műszerek továbbra is működőképesek maradnak (energiaellátásukról radioaktív izotóp bomlási hőjét hasznosító generátor gondoskodik, remélik, hogy a még működő négy műszer ellátásához 2020-ig elég energiát szolgáltat). A Naptól (más irányban) 100 cse távolságban járó Voyager–2 hasonló változásokat észlelt, de a „testvére” által nagyobb távolságban észlelt drasztikus változásokkal még nem találkozott. (*Sky and Telescope*, 2013. március)

SPECIALIZÁLT TÁPLÁLKOZÁS A KÍNAI ÓSMADARAKNÁL

A kínai Liaoning tartományban felfedezett legújabb alsó-kréta (121–125 millió éves) fosszilis madár a kemény héjával rendelkező rovarok és rákok fogyasztásához alkalmazkodott. A *Sulcavis georum* az első ismert ősi madár, amelynek díszített volt a fogzománya. A faj fogazatát tanulmányozó kínai és amerikai kutatók megállapították, hogy ennek a fosszilis madárnak durofág (héjtörő) táplálkozása volt, vagyis képes volt a fogaival a kemény külső vázú rovarokat és rákokat is összeroppantani. Az új eredmények azt mutatják, hogy a korai madaraknál jóval nagyobb volt a fogak változatossága, mint eddig gondolták. Ez egyben azt is jelenti, hogy nagyobb ökológiai változatosság jellemezhetette a mezozoos madarakat. A *Sulcavis* a madarak korai csoportját alkotó enantiornithinák közé tartozott. Ez a csoport egyedülálló volt a madarak között abban a tekintetben, hogy minimális fogredukció

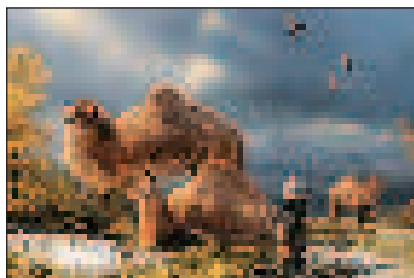


A két Voyager-szonda helyzete a világűrben, napjainkban

benne, hogy a külső óriásbolygók meglátogatása után a szondák valóban elérhetik a helioszféra határát, vagyis annak a feltételezhetően nagyjából gömb alakú tartománynak a peremét, amelyen belül a Nap fizikai hatása az uralkodó. A Voyager–1 most 120 csillagászati egységre (18 milliárd km) jár a Naptól és még mindig a helioszférán belül van,

mellett igen változatos volt a fogazatuk. Közben más madarak elveszítették a fogukat, addig az enanthiornithinák új morfológiákat fejlesztettek ki, és specializált fogazatok jelentek meg náluk. A paleontológusok még mindig nem értik pontosan, hogy miért volt ez a csoport olyan sikeres a kréta időszakban, és aztán miért haltak ki mégis. (*Journal of Vertebrate Paleontology*, 2013. január)

ÓRIÁSTEVÉK A SARKVIDÉKEN



A ma élő tevéknél jóval méretesebb faj fossziliája került elő Kanada északi részén. Az Ellesmere-szigeten bukkantak a maradványokra a paleontológusok, ahol csak a rövid nyári időszakban lehetett a terepen dolgozni. A töredékes lábszárcsont 3,5 millió éves, középső-pliocén rétegekből került elő. Az észak-amerikai előfordulás nem lepte meg a szakembereket, hiszen eddig is tudták, hogy a tevék ősei itt alakultak ki mintegy 45 millió évvel ezelőtt. Az viszont annál váratlanabb volt, hogy mintegy 1200 kilométerrel északabbra került elő a lelet, mint az eddig ismert észak-amerikai maradványok.

Az egyik közeli lelőhelyen talált egyéb fossziliák (borz, törpeszarvas, hód, háromujjú ősló) arra utalnak, hogy az állat hideg mérsékelt erdőben élt egy felmelegedési szakasz során. A kutatók a töredékekről háromdimenziós felvételeket készítettek digitálisan, majd virtuálisan összeillesztették a darabokat. A morfológia alapján megállapították, hogy egy hatalmas párosujjú patással van dolguk. Ezután a csontból kivont kollagén alapján pontosították az állat hovatarozását. A kapott kollagénprofil összehasonlították 37 ma élő emlős és egy a Yukon Területen talált fosszilis teve (*Paracamelus*) adataival. A legnagyobb hasonlóságot a mai dromedárral és a *Paracamelus*-sal mutatták ki. Megállapították, hogy az Ellesmere-szigeten talált teve a *Paracamelus* közeli rokonságába tartozott, és körülbelül 30%-kal nagyobb volt a mai tevéknél. A paleontológusok szerint elképzelhető, hogy a mai tevék számos speciális tulajdonsága (széles szétterpeszhető lábfej, nagy szem, zsírpúpok) a sarkköri területekhez való al-

kalmazkodás miatt alakult ki. (*Nature Communications*, 2013. március 5.)

SZERVESANYAG-MARADVÁNYOK A DINOSZAUROSZ-EMBRIÓBAN

Az eddig ismert legidősebb dinoszaurusz-embriókra DNy-Kínában bukkantak rá a paleontológusok. A tömegesen előforduló embrionális csontokat alsó-jura rétegekben találta a nemzetközi kutatócsoport. Noha csak viszonylag kicsi, 1 négyzetméteres területet tártak fel, mégis mintegy 200 csontot vizsgálhattak meg részletesen, amelyek különböző fejlettségű embriókhoz tartoztak. Így lehetővé vált a *Lufengosaurus*-hoz tartozó faj embrionális fejlődésének nyomon követése 20 fiatal egyed alapján. A legnagyobb embrionális csont, a combcsont gyors növekedési sebességet mutatott, miközben 12 mm-ről 24 mm-re változott a hossza. Ez arra utal, hogy a *Lufengosaurus* és a hozzá hasonló *Sauropodomorphák* rövid költési periódussal rendelkeztek és így nem sokáig növekedtek a csonton belül. Egy másik érdekes eredmény, hogy a csoport tajvani tagja szerves anyagokat fedezett fel a csontok belsejében. Infravörös spektroszkópia használatával kollagén szálakra utaló bizonyítékokat talált. Ezek a csontok legalább 100 millió évvel idősebbek, mint a hasonló szerves anyagokat tartalmazó más leletek. Szintén ezen a lelőhelyen találták meg az eddig ismert legkorábbi szárazföldi tojáshéjtöredékeket. (*Nature*, 2013. április 11.)

MÍG A HALÁL EL NEM VÁLASZT

Az emlősök és a madarak párkapcsolatában rendszeresek a „félrelépések”, míg a prérfarkasok száz százalékig monogámok. Az Ohio State University tudósai 236 Chicago környéki prérfarkas DNS-ének vizsgálatával jutottak erre az eredményre.

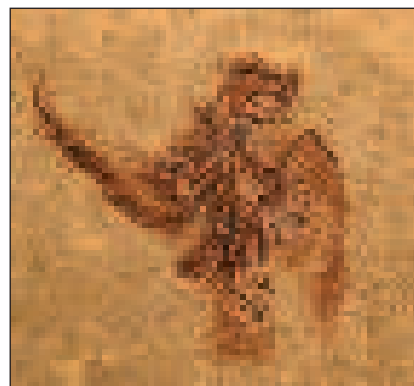
Ebben a régióban egy-kétezer prérfarkas él, ami 2–6 állatot jelent négyzetkilométerenként. A tudósok azt hitték, hogy a szoros közelség miatt gyakori köztük a partnersere. 18 alomban 96 kölyök vizsgálata azonban azt bizonyította, hogy egyetlen félrelépés sem történt. A kutatók szerint a szigorú monogámia döntően hozzájárul ahhoz, hogy a farkasok ezen a sűrűn lakott vidéken terjeszkedni tudnak. A hím és a nőstény egyformán kiveszi részét az utódgondozásból. A prérfarkasok átlagosan hat esztendeig élnek és párkapcsolatuknak csak egyikük kimúlása vet véget. (*Bild der Wissenschaft*, 2013. 1. szám)

TELEFON A MOSÓGÉPBE

A kiváló reklámozás következtében a mobiltelefon kultikus tárgyá vált, amivel azonban a „gazdáik” igen gondatlanul bántak. Az amerikai SquareTrade nyilvánosságra hozta, hogy az m-telefon 2007-es bevezetése óta az amerikaiak 5,9 milliárd dollárt költöttek készülékeik javíttatására. Meglepő, de az m-telefonokat a legtöbb károsodás a tulajdonosuk otthonában éri: kezeiken 30 százalékukat egyszerűen leejtik. Mulatságos, de a használók 5 százaléka bevallotta, hogy készülékét legalább egyszer a mosógépbe, 9 százalékuk a WC-be ejtette. (*Bild der Wissenschaft*, 2013. 1. szám)

KOLIBRIK ÉS SARLÓSFECSKÉK ELŐDE

Egy Wyoming államban felfedezett parányi madárfosszília alapján következtetni lehet arra, hogyan alakult ki a sarlósfecskek és a kolibrik szárny szerkezete. A maradvány kivételes épségben őrződött meg, elsősorban is a tollazata, aminek alapján a kutatók rekonstruálhatták a hajdani madár méretét és formáját. Mindez csupán a csontok segítségével nem hozott volna ilyen jó eredményt. A kutatók a Chicagói



Természettudományi Múzeumban tanulmányozták a példányt, mely olyan kicsi, hogy elfér az ember tenyerében, hossza a fejtől a farkáig csupán 12 cm lehetett, tudományos neve *Eocypselus rowei*. A madár mintegy 50 millió évvel ezelőtt élt, vagyis a dinoszauruszok kihalása után. A szárnyai hosszának több mint a felét a tollazata teszi ki.

Rendszertani besorolásához a példányt a kutatók összehasonlították már kihalt, illetve ma is élő madárfajokkal. Az analízisből az derült ki, hogy az *E. rowei* valószínűleg közvetlen evolúciós elődje lehetett annak a madárcsoportnak, amelybe a mai sarlósfecskek és a kolibrik tartoznak. A két közeli rokonságban álló madárcsoport szárnyformájában levő különbségek alapján a kuta-

tók arra próbáltak rájönni, hogyan alakult ki a sarlósfecskék és a kolibrík repülési módja. Ennek megfejtésében komoly szerepet szántak az ősi fosszilis rokonoknak. A kolibrík szárnya a testükhöz képest rövid, ez lehetővé teszi, hogy a levegőben nagyon jól manőverezzenek, „lebegjenek”. A sarlósfecskéknek viszont hosszú a szárnyuk, ami kiválóan alkalmas a gyors repülésre és a siklórepülésre. Az E rowei szárnyai viszont nagyjából a kettő között vannak. A szárnyformája alapján nem valószínű, hogy képes volt lebegésre, mint a kolibrík, de valószínűleg olyan gyorsan sem tudott repülni, mint a sarlósfecske.

A madárfosszília szárnyain végzett szkennelő elektronmikroszkópos vizsgálat kimutatta azt is, hogy a szén jelenléte a szárnyakon nem a tollakon táplálkozó baktériumok maradványa, hanem fosszilizálódott melanoszómák olyan parányi sejtsztruktúrák, amik melanin pigmentet tartalmaznak. Ezek alapján a madár tollazata nagy valószínűséggel fekete volt. (*Science Daily, 2013. május 1.*)

A VILÁGEGYETEM ELSŐ FÉNYE

Hogy nézett ki az Univerzum, amikor még csak 380 000 éves volt? Létezett-e alaha olyasmí, mint a szín? Az ESA Planck-űrtérkép segítségével sikerült a kutatóknak az Univerzum kezdetéről olyan képet készíteni, amely pontosabb, mint az eddig ismert valamennyi kép. A felvétel a Világegyetem első fényét ábrázolja, és – lefordítva az ember által is érzékelni képes hullámhosszra – színes minta is egyben.

Ahhoz, hogy megértsük, mit is jegyeztek fel tulajdonképpen a kutatók, egészen az Univerzum kezdetéig kell visszamenni, ami – s ebben az asztrofizikusok ma teljesen egyetértenek – a 14 milliárd évvel ezelőtti ősrobbanásban keresendő, melyet az emberek többsége hatalmas robbanásnak képzel, amely során minden anyag nagy sebességgel szertesztét repül. Valójában a galaxisok nem a semmiben repülnek és távolodnak el egymástól egyre jobban, hanem a tér maga tágul ki. Talán úgy lehetne elképzelni, mint egy festékkel bespriccelt luftballont, amit ha felfújnak, a festékfoltok egyre inkább eltávolodnak egymástól.

Az ősrobbanást követő első százezer években a Világegyetem túl forró volt ahhoz, hogy kialakuljanak a csillagok és más égitestek. Sokkal inkább apró részecskékből álló folyadék volt, mely mintegy 380 ezer évvel az ősrobbanás után annyira lehűlt, hogy kialakultak az első hidrogénatomok. Ennek során fény formájában energia szabadult fel. Mivel a tér, melyben a fény mozgott, kitágult, megnyúlt a fény hullám-

hossza is, akár egy hullámosan lefektetett zsinór, melyet egyre jobban feszítenek.

Sok milliárd éven keresztül mozgott ez a fény a táguló térben. Időközben hullámhossza elérte a szabad szemmel láthatatlan mikrohullámú tartományt. S ami lenyűgöző: a fény (kozmosz háttérsugárzás) még ma is mérhető. Pontosan ezt tették a tudósok a Planck-űrtávcsővel, amely több mint egy éven át „figyelte” éles szemével az égboltot.

Az űrtávcső által szolgáltatott adatokból állították össze a kutatók egy éves kitaró munkával az ifjú Univerzum képét. A kép eddig soha nem látott felbontásban mutatja, hogy a Világegyetem első fényénél a hullámhosszokban – vagyis a színben – finom ingadozások voltak. A kutatók a képen a hullámhossz-különbséget ugyancsak színnel ábrázolták. Ezzel tehát a kutatók olyan képet alkottak, amely a legrégebbi színes mintának felel meg. Ami azonban a tudósokat ma annyira elbűvöli, az a kép szabálytalansága: látható, hogy az ég ellentétes oldalain különböző átlaghőmérsékletek voltak jellemzőek. Eddig a kutatók azt feltételezték, hogy a Világegyetemben minden irányban azonos feltételek voltak. Most az ESA tudósai erre a szabálytalanságra keresnek elfogadható magyarázatot. Alapvetően azonban a kép megerősíti az Univerzum összetételére és eredetére vonatkozó úgynevezett standard modellt. (*www.farbimpulse.de 2013. április 3.*)

FORRÓ CENTRUM

A Föld magja bolygónk hajtóereje és motorja: a szilárd belső és a folyékony külső részből álló magja nélkül a Földnek nem lenne védelmet nyújtó mágneses tere, nem lennének vulkánjai, de sodródó kőzetlemezei sem. A belső mag körüli folyékony vas-nikkel keverék mozgása, valamint a magtól a földköpenybe való hőáramlás következtében keletkeznek ugyanis a fenti jelenségek. Modellekből kiderül, hogy a külső magban a hőmérséklet legalább 4000 kelvin, a nyomás pedig több mint 1,3 millió atmoszféra kell, hogy legyen. Még beljebb, a bolygó központjában ennél szélsőségesebb adatok feltételezhetők. Szeizmikus hullámok segítségével végzett közvetett mérésekből valószínűsíthető, hogy a Föld középpontjában 3,3 millió atmoszféra (330 gigapascal) nyomás uralkodik.

Hogy milyen meleg van a Föld belsejében, az említett mérés nem deríthető ki, pedig éppen ez a hőmérséklet a döntő a geofizikai folyamatok szinte valamennyi modellje számára, amelyben a földmagnak is szerepe van. Egy másik megközelítés arra tett kísérletet, hogy megvizsgálja, mekkora nyomástól kezd el olvadni a vas, mégpedig

úgy, hogy laborban teremtette meg a belső földmagban feltételezett körülményeket. A pontos meghatározása persze nehéz volt, aminek köszönhetően a mérések is pontatlank voltak. Többek között ez volt az oka annak, hogy mind az elméleti, mind a gyakorlati tanulmányok eddig egymástól lényegesen eltérő adatokat eredményeztek. A becslött értékek 4850–7600 kelvin között változnak.

Laborkísérletet végeztek, melynek során új technikát alkalmaztak a vas olvadáspontjának pontosabb meghatározásához: egy apró vasrögöt helyeztek két gyémántfej csúcsa közé – mivel csak a gyémánt elég kemény ahhoz, hogy ellenálljon az óriási nyomásnak. A gyémántcsúcsokat lassan egyre erősebben összenyomták, mígnem a közöttük lévő nyomás több mint 2 millió atmoszférának felelt meg. Eközben pedig lézersugár fűtötte fel az izolált kamra hőmérsékletét 3000-ról 5000 kelvinre, melyben a gyémántfej-vas kombinációt felszerelték. A cél az volt, hogy megtalálják pontosan azt a hőmérsékletet, amelyen a vasrög az adott nyomás alatt el kezd olvadni. És éppen ezen a ponton kapott szerepet az újítás: a kutatók egy rendkívül finom röntgensugarat használtak a vas szerkezetének megfigyeléséhez. A sugarak elhajlásának mintázata segítségével szinte másodpercre pontosan meg tudták állapítani, mikor változott a vasatomok elrendeződése, tehát mikor alakult a kristályos szerkezet folyékony szerkezeté. Az eredmény: 2,2 millió atmoszféra nyomásnál a vasrög olvadáspontja kerekén 4800 kelvin – ennél magasabb értékeket a készülék nem tudott produkálni. Am a kapott nyomás- és hőmérsékletgörbék alapján a kutatók ki tudták számolni a külső és belső földmag közötti határ értékeit, és 6230 kelvin hőmérsékletet állapítottak meg +/- 500 kelvin lehetséges eltéréssel.

Az így kiszámított érték kerekén 1000 kelvinnel több, mint az eddigi mérési adatok, és tovább szűkíti a lehetséges maghőmérsékleti tartományt. (*www.wissenschaft.de, 2013. április 26.*)

JÚLIUSI SZÁMUNKBÓL

Szilágyi Krisztina: A Pannon Magbank

Aki Keplerrel lett fejezetcím. Beszélgetés

Pályi Péter Pál akadémikussal.

Staar Gyula interjúja.

Buránszkiné Sallai Márta:

Az ember és az időjárás viszonya

Csaba György: Egy elfelejtett hormon

Simon Ágnes: Számítógépes gyógyszerkutató

Jakucs Erzsébet: Gombák útja a Földön

Bencze Gyula: Tudomány bulvármódra, titkok nélkül

Szili István: Hallstatti séták

Szűcs Péter: Mohainvázió Magyarországon?