

SZÖKŐMÁSODPERC

A 2016. év egy másodperccel hosszabb volt a vártnál, mert az év végére szökőmásodpercet iktattak be. Bár a 31 és fél millióhoz képest a plusz egy másodperc az átlagembernek fel sem tűnik, érdemes felidézni az ügy hátterét. A Föld forgásával és a geodéziai vonatkoztatási rendszerekkel foglalkozó nemzetközi szervezet (IERS, *International Earth Rotation and Reference Systems Service*) július 6-án értesítette az időmérésért felelős nemzeti hatóságokat a szökőmásodperc beiktatásáról. Technikailag ezt azt jelentette, hogy a 2016. év utolsó perce (világidőben, azaz greenwichi időben) nem 60, hanem 61 másodpercből állt, vagyis december 31-én 23 óra 59 perc 59 másodperc után nem január 1. 0:00:00 következett, hanem 23:59:60, és csak ezután, a szökőmásodperc után váltott az óra „csupa nullára”. A hasonló korrekciókat mindig az év vagy a félév végén hajtják végre, legutóbb 2015. június 30-án volt szükség az extra másodperc beiktatására.

Miért van szükség a szökőmásodpercre? Azért, mert a Föld nem pontosan 24 óra alatt fordul meg a tengelye körül, hanem valamivel (néhány ezredmásodperccel) lassabban (az eltérés az elmúlt évtizedekben +4 és -1 ezredmásodperc között ingadozott). (Ezt azóta tudjuk, és azóta mérik, mióta atomóráink pontosabbak a Föld forgásánál, így már nem csillagászati megfigyelésekhez rögzítik az időmérési rendszerünket.) Óráink tehát gyorsabban járnak, mint ahogy a Föld forog. A Föld forgását nem tudjuk felgyorsítani, ezért óráinkat kell lelassítani a szökőmásodpercekkel. Ha nem iktatnánk be időről időre a szökőmásodperceket, akkor a napkelte, napnyugta és a Nap delelésének időpontja lassanként egyre későbbre tolnódna. (Megtehetnénk, hogy ezt tudomásul vesszük, mint ahogy azt is, hogy százévente egy szökőpercet iktatnánk be, ám 1972-ben az a megállapodás született, hogy szökőmásodpercekkel végzik el a szükséges korrekciót.)

A nap hosszát az 1900. év átlagos napjaként definiálták. A napok viszont folyamatosan hosszabbodnak a Föld és a Hold árapály-kölcsönhatása miatt a Föld forgása lassul, átlagosan évszázadonként 1-2 ezredmásodperccel. A lassulás pontos részletei előrejelezhetetlenek, ezért csak megfigyelésekkel lehet megállapítani, mikor kell szökőmásodpercet beiktatni. Mivel a lassulás folyamatos, ezért a rendkívüli másodperceket mindig beiktatni kell, soha nem kihagyni. Az 1970-es években még évente iktattak be 1-1 szökőmásodpercet, az elmúlt évtizedben azonban csak négyszer volt erre szükség, ami azt jelenti, hogy az elmúlt évtizedben a napok átlagos hossza 0,0011 másodperccel haladta meg a 24 órát.

A nap pontos hossza emellett évszakos és rövidebb időskálájú, szabálytalan ingadozásokat is mutat. Ezeket a Föld tehetlenségi nyomatékának változásai okozzák. Az évszakos változás fő oka a víz-jég-hó átrendeződés. A szabálytalan változáshoz a szelek, a tengeráramlások, a földköpeny és a földmag áramlásai által okozott tehetlenséginyomaték-változások egyaránt hozzájárulhatnak.

(www.skyandtelescope.com,
2016. december 29.)

A CSEKO-TÓ KORA

Az 1908-ban Szibéria felett felrobbant Tunguz-meteor néven közismert égítést legjobb tudomásunk szerint nem hagyott a felszínen becsapódási krátert. Néhány évvel ezelőtt a Bolognai Egyetem kutatói helyszíni vizsgálatokat folytattak, s ennek során mintákat vettek a Tunguz-esemény helyszínéhez igen közeli Cseko-tó üledékeiből. A kinyert üledékminták korát az eseménnyel egyide-



A Cseko-tó

jűnek találták, ráadásul a tó lényegesen mélyebb a környező, hasonló méretű tavaknál. Az olasz mérések alapján a tó legmélyebb részén egy eltemetett szilárd anyagból álló tömb is rejtőzik kb. 10 méter mélyen az üledékben. Különösen gyanússá tette a tavat az, hogy korábbi térképeken egyáltalában nem szerepelt, habár a tó viszonylag kis mérete (500 m) és a terület igen rossz feltérképezettsége erre könnyen adhat magyarázatot. Jelenleg is népszerű az olasz kutatók elmélete, miszerint a Tunguz-meteor két darabból állt, ezek egyike robbant fel a légkörben, míg a másik becsapódott, létrehozta a Cseko-tavat, s a darab a tó mélyén rejtőzik ma is.

Az Orosz Tudományos Akadémia Geológiai és Ásványtani Intézetének szibériai kutatócsoportja a tőfenékről vett mintákat geokémiai, biokémiai és radioszkópos vizsgálatoknak vetette alá. Ez alapján a minták kora 280 esztendő, de a kutatók megjegyzik, hogy nem tudtak a legmélyebb üledékrétegből mintát venni, tehát a tó valószínűleg még ennél is idősebb. (Egy, még a 60-as években folytatott kutatás a tavat kb. 5000 évesnek becsülte.) Geológiai értelemben

ugyan igen fiatal a tó, de nem elég fiatal ahhoz, hogy a Tunguz-meteor krátere hozzátartozhatna létre. A Tunguzkai Természetvédelmi Területen további mély, kerekded tavak is találhatóak, és elképzelhető, hogy ezek mindegyike hasonló geológiai okból alakult ki. A kutatás részletes eredményeiről 2017-ben adnak ki tudományos folyóirati publikációt az orosz kutatók.

(*The Siberian Times*, 2017. január 23.)

LÉTREJÖTT AZ EMBER-SERTÉS KIMÉRA

A Salk Intézet kutatóinak először sikerült olyan embriót létrehozni, mely emberi és sertés sejteket is tartalmaz. Az eljárás azonban sokkal nehezebbnek bizonyult, mint ahogyan kezdetben gondolták. Az ember-állat kimérák segítségével bepillantást nyerhetünk a korai emberi fejlődésbe, az emberi betegségek kialakulásába, ezen kívül gyógyszerek tesztelésére is alkalmasak. A fő cél azonban működőképes és átültethető emberi sejtek, szövetek és szervek kifejlesztése, ettől azonban a kutatók szerint, még igen messze állunk.

A Salk Intézet munkatársai korábban már létrehozták a patkány-egér kimérát, jelen kísérletben azonban emberi sejteket akartak beültetni. Gazdaszervezetként a sertésembrióra esett a választás. 1500 embrióval végezték a kísérletet. Az ember és a sertés egymástól ötször távolabb áll evolúciósan, mint az egér és a patkány, ezen kívül a sertés vemhességi ideje is egyharmada az emberének, így a kutatóknak a megfelelő időzítéssel kellett az emberi sejteket bejuttatni. Különböző fejlődési szakaszban lévő emberi csontvelő sejteket fecskendeztek be a sertés embriókba, és megfigyelték, hogy melyik embrió él a legtovább. A legjobb eredményt a „köztes” pluripotens csontvelő sejtekkel érték el. Az emberi sejtek fennmaradtak az embrióban, létrejött a kiméra. Az embriókat beültették az anyasertésbe, ahol három-négy hétig fejlődhetek. Bennük az emberi sejtek aránya igen alacsony volt, és a kialakuló agyban nem jelentek meg. A következő lépés a hatékonyság növelése lesz, valamint egyes szervek kifejlesztése a sertés szervezetén belül.

(*sciencedaily.com*, 2017. január 26.)

AMIKOR A ZENE SZÍNJÁTÉKKÁ VÁLIK

A zene is lehet látható érzés, csakúgy, mint annál a fiatal nőnél, akinek lelki szemei előtt Mozart hallatán ütögesen fel-le lengő fehér, bézs és világoskék vonalak és körök jelennek meg. Ezt a szokatlan jelenséget szinestetíziának nevezik. A szinestetízia görög szó: a szűn = együtt és az aisthesis = érzékelés szavakból tevődik össze. A szinestetíziára

jellemző, hogy egy inger nemcsak a megfelelő érzékszerv reakcióját váltja ki, hanem egyidejűleg más érzékszervét is – azaz az észlelés keveredik. Némely szinesztéziás számára a zajok és a színek elválaszthatatlannak egymástól. Még a szavak, a hét napjai, a hónapok és a számok is jelenthetnek egy-egy szintet. Ez az úgynevezett színes hallás a szinesztézia leggyakoribb formája. Két érzékszerv egyidejű ingerlésével ugyanakkor tetszőleges kombináció hozható létre. Így lehetséges például illatot vagy ízt is összekapcsolni színérzéssel.

Az ingernek nem megfelelő érzetet a szinesztéziás emberek nem beképzelik. Agyuk másképp működik, mint a nem szinesztéziás embereké. Ezt mágneses rezonanciával bizonyították. Amikor a szinesztéziás ember egy hangot hall, mely során egy bizonyos szint lát, akkor agyában nemcsak a hallás-, hanem a látáscentrum is aktív. Olyan ez, mintha egyidejűleg egy színes területet vagy egy mintát is látna. Ebben az esetben az optikai benyomásért felelős agyi izgalom eredete nem a szem érzősejtjeiben van, hanem magában az agyban. A kutatók azt gyanítják, hogy a bizonyos ingerek és érzetek közötti kapcsolat az első hónapokban alakul ki. Csecsemőkön végzett vizsgálatok kimutatták, hogy az akusztikus ingerek a kicsiknél nemcsak a hallás-, hanem a látásközpontot is aktiválják. Az idő előre haladtával többségük azonban elveszti ezt a veleszületett képességet, illetve az erősen legyengül. Ha azonban megmarad, a legtöbb szinesztéziás csak iskoláskorban veszi észre, hogy másképp érzékeli a dolgokat, mint a többi ember.

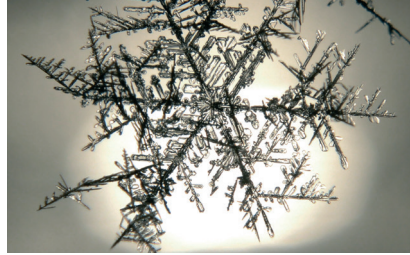
A nyolcvanas években a tudósok még úgy gondolták, hogy 25 000–100 000 emberből egyetlen egy szinesztéziás. A mai becslések szerint ez jóval több: 500–2000 emberből egynél feltételezik a kutatók, hogy átfedés van az érzékszervek között. Mivel a jelenség családokban gyakran halmozódik és a nők sokkal gyakrabban szinesztéziások, mint a férfiak, feltételezik, hogy ez a képesség az X kromoszómán keresztül öröklődik.

A szinesztézia egyénenként változó, akárcsak az ujjlenyomat; senki sem ugyanazt a szint látja ugyanannak a hangnak a hallásakor. Ez akaratlanul működik és nem kikapcsolható. Az összeköttetések pedig egész életen át változatlanok maradnak. Aki gyerekkorában a kettes számot a sötétzöld színnel kötötte össze, annak ez felnőtt korában is megmarad. A szinesztéziásokról még ismert, hogy gyakran különösen kreatívak, mint például a festő Kandinszki, akiről azt mesélik, hogy eldúdolta a színárnyalatokat, mielőtt azokat a palettáján összekeverte.

(www.farbimpulse.de, 2017. január 18.)

VÁLTOZATOS HÓPELYHEK – TÉVEDŐ CSAPADÉKRADAR

A meteorológusok által használt csapadékradarok működése a felhőzetbe irányított radarjel visszaverődésén alapul – a felhőt alkotó vízcseppek, jégzemcsék, hópehelyek a jel egy részét visszaverik. A vízcseppek és a jégzemcsék esetében egészen kicsi a tévedési lehetőség, mivel ezek gömbölyded formájúak, s így jól kiszámítható a radarechó alapján a felhő által hordozott csapa-



Minden hókristály más

dékmennyiség. Azonban a hófelhők esetében sokkal nehezebb a helyzet: a hópehelyek kristályai sokféle alakúak és méretűek, s egyaránt fordulhatnak élükkel, oldalukkal vagy lapjukkal a radar felé – ezáltal a visszavert jelek csak részben adnak valós adatot. A *Utahi Egyetem* (Salt Lake City) kutatói erre a problémára kerestek megoldást. Korábban a hópehelyeket csak úgy vizsgálhatták, hogy a lehullott hólepelből egyes kristályokat kiemelve fotókat készítettek s kiolvastva őket megmérték a víztartalmukat. Ma már automatizált módszerrel vizsgálható esés közben a hókristály, a „röptében” készült kép nemcsak a korábbi adatokat nyújtja, hanem azt is megtudjuk belőle, hogy az adott pillanatban milyen szögben állnak a kristályok a kamerához képest és milyen sebességgel hullnak.

A hófelhőkben a képződés során számos fizikai feltétel befolyásolja a kristályok méretét, alakját, víztartalmát, így az egyedi hófelhők közt is jelentős eltérések adódnak, de a felhőkön belül is sok különbség akad. Ezért számos havazás során készítettek a nagyfelbontású több irányú automata kamerarendszerekkel (MASC) felvételeket a hópehelyekről, s ennek eredményeit építették be a radarmérési modellbe. A felvételek információt adtak az egyes hópehelyek alakjáról, mikroszerkezetéről, dőlésszögéről, méretéről s a sebességéről is, valamint azt is meg lehetett belőlük állapítani, hogy laza, levegős, vagy tömör jég alkotja-e a pehelyeket. Ezen adatok összességéből kiszámítható az adott hóesésre jellemző radarreflektivitás mértéke, s a kutatók szerint a jelenleg használt számítási módszerekhez képest akár 50%-os eltérés is lehet! A hópehelyek valós változatosságáról születő mé-

rési adatok azonban nagymértékben javítják a radarmérések hatékonyságát és a várható hőmennyiség előrejelzését.

(*Journal of Geophysical Research*, 2016. október 18.)

TITOKZATOS HANGOK A MARIANA-ÁROKBÓL

A bálnák híresek részben összetett hangjukról. A hosszúsárnyú bálnák elnyújtott hangja és strófái több kilométerről hallhatóak, hiszen a hangok nyomáshullámaina a víz hatékonyan vezet. De például a kard-szárnyú delfinek is hangokkal kommunikálnak. Sőt, a fehér delfin, a beluga még az emberi hangot is megtanulta utánozni.

Am amit az Oregon Állami Egyetem munkatársai, *Sharon Nieukirk* és kollégái a Mariana-árokban hallottak és felvettek, az teljesen új. A kutatócsoport kiértékelte azokat a felvételeket, melyeket búvárok mikrofonokkal és érzékelőkkel felszerelve a Föld legmélyebb tengerárka környékén hónapokon keresztül készítettek.

A felvételeken többször elhangzott egy eddig teljesen ismeretlen, nagyon különös és néhány valóban egyedi elemeket tartalmazó hívás. Az ötrészes hangsorozat 2,5–3,5 másodperc közötti időtartamú, és szokatlanul széles frekvenciatartományt foglal magában. A rejtélyes ének hangmagasságai a 38 hertzese mély hangtól a magas, szinte fémese hangzású 8000 hertzig terjed.

A biológusok feltételezése szerint ezek a hangok bálnától származnak. Nem ismert azonban, hogy melyik fajtól. Az alacsony frekvenciájú, nyögésre emlékeztető hang a szilás cetekre jellemző, míg a magas, éles, szinte nazális hang valóban egyedi és leginkább a Nagy-korallzátonyban a csukabálna (*Balaenoptera acutorostrata*) hívására hasonlít. Ez a szinte az egész északi féltekén elterjedt bálnafaj arról ismert, hogy területileg nagyon különböző hangokkal kommunikál. A csukabálnára az Atlanti-óceánban például a mély hangok egyenletesen pulzáló sorozata jellemző, míg a Csendes-óceán északi részén az úgynevezett „Boing” hangok és komplex hangsorok.

Ez a sokoldalúság arra enged következtetni, hogy a titokzatos hívások a Mariana-árból csukabálnától származnak. Keveset tudni még azonban elterjedésükről az alacsonyabb szélességi fokokról. A csukabálnák ugyanis alig tartózkodnak a tenger felszínén, többnyire a nyílt tengeren élnek, de viszonylag gyakran kiálltanak.

Ha a rejtélyes kiáltás csukabálnától származik, az további kérdéseket vet fel. Jellemzően ugyanis ezek a tengeri emlősök elsősorban télen és párási időszak-

ban hallatják hívó szavukat. A szóban forgó hang azonban egész éven át rögzíthető. Amennyiben ez tényleg párási hívás, akkor vajon miért hallhatjuk egész évben? A kutatók azt remélik, hogy további akusztikus felvételek megfejtik a hangok rejtelmét.

(*www.scinexx.de, 2016. december 16.*)

A DONGÓ MAJDNEM OLYAN OKOS, MINT A MAJOM

Amikor a majmok önszántukból meghúznak egy zsinórt, hogy finom csemegét halásszanak maguknak, akkor innovatíván járnak el. A táplálékszerzésnek ez a módja ugyanis nem tartozik megszokott viselkedési repertoárjukhoz. De hogy a rovarok is képesek hasonló feladat megoldására, azt a közelmúltban a Londoni Queen Mary Egyetem kutatói figyelték meg. A kutatás vezetője, *Sylvian Alem* és kollégái arról számolnak be, hogy néhány dongó nem csupán tapasztalt szalaghúzó volt, hanem képesek a megszerzett képességüket át is adni, mellyel bizonyos hagyományt is teremtenek.

A biológusok először megtanították a kísérletre kiválasztott földi poszméheket (*Bombus terrestris*), hogy egy kicsi kék műanyag korong közepéről tömény cukoroldathoz juthatnak. Az utána következő kísérletekben a biológusok ezt a „művirágot” egy átlátszó plexiüveg alatt helyezték el. Ahhoz, hogy az édes jutalomhoz hozzájussanak, a dongóknak egy fonalat kellett meghúzniuk. A fonal egyik végét a kék műanyag virághoz rögzítették, a másik vége pedig a plexiüveg alatt volt. Több mint száz kísérleti alany közül csupán kétőnek sikerült magához húznia a műanyag lapocskát a cukros vízzel a közepén. A többi dongó kitarótán kereste a plexiüvegen a csemegét, vagy megpróbált átjutni rajta.

Annak érdekében, hogy segítsenek a dongóknak, a kutatók lépésről lépésre edzették őket. Először szabadon elérhetővé tették a művirágon a nektárforrást, majd elrejtették a plexiüveg alatt úgy, hogy a dongók csápjakkal még elérhették. Végül a műanyag virág az állatok számára teljesen elérhetetlenné vált, ekkorra azonban már a dongók nagy részének sikerült a fonal meghúzásával elérni a nektárt.

Mindez természetesen nem jelenti azt, hogy a sikeres állatok átlátták a helyzetet. Elegendő volt, hogy megpróbálták a plexiüveg alá jutni, ehhez percekig erőlködtek, miközben teljesen véletlenül meghúzták a fonalat. Aztán gyakorlatilag csak meg kellett jegyezniük, hogy ezzel közelebb kerülnek céljukhoz. Mellesleg, akárcsak az embernél, kizárólag az asszociatív tanulás játszott ebben szerepet.

A kutatók azt is megerősítették egy kísérlettel, hogy a rovaroknak – a várakozásoknak megfelelően – mindenfajta betekintése hiányzik az ok-okozati összefüggésekbe: a fonalat nem egyenes vonalban vezették ki a plexiüveg alatt, így a dongóknak először egyenesre kellett húzniuk, mielőtt meg tudták mozdítani a művirágot. Anélkül, hogy korábban gyakorolták volna, a dongókat megterhelte ez a feladat. Csak amikor közvetlenül sikert értek el, akkor húztak hosszabban a fonalon, hogy a nektárforrást elérhetővé tegyék maguknak.

(*www.faz.net, 2016. december 5.*)

PNEUMATIKUS SZÍVPUMPA

A szívelégtelenség, a vérpumpa kritikus alulműködése világszerte körülbelül 41 millió embert érint és bizonyos esetekben a beteg életét hosszú távon csak szívtűltetéssel lehet megmenteni. Ám a donorszív általában nem áll azonnal rendelkezésre, ezért a várakozási időben a vér áramlását más eszközökkel kell biztosítani. Az erre a célra eddig használt mechanikus szivattyúrendszerek azonban problematikusak, mivel közvetlenül érintkezésbe kerülnek a vérrrel, ezáltal veszélyes vérrögök alakulhatnak ki, melynek következménye életveszélyes stroke vagy embólia lehet.

A Harvard Egyetem kutatócsoportja *Ellen Roche* vezetésével olyan eszköz létrehozásán dolgozott, amely a vérrrel nem kerül közvetlen érintkezésbe. A szívizom működésének utánzására lágy szilikonbevonatot kifejlesztettek ki, amit műtéti úton húztak rá a szívre. A koncepció az úgynevezett lágy robottechnikától származik, melyben gépek mozgására pneumatikus elemeket használnak. Ennek mintájára a kutatók a szilikon szivburokba pneumatikus elemeket építettek be, melyeket külső szivattyúhoz csatlakoztattak. A külső szivattyú a pneumatikus elemeket ritmikusan tölti fel levegővel, majd üríti ki őket, így nyomva ösztöri a szívet, pontosan úgy, ahogy a szívizom is működik a természetes szívműködés során.

A kutatók a fenti rendszert sertésszíven már sikeresen tesztelték. A bevonat hatékonyságát először izolált szerveken, majd élő sertéseken vizsgálták. A pneumatikus hüvelyek 6 kísérleti állatnál a mesterségesen kiváltott szívproblémák esetében helyreállították a normális véráramlást.

A mesterséges szivburok személyre szabható a működés terén is. Ha például egy betegnek több problémája van a szív bal oldalán, akkor a pneumatikus elemek beállíthatók úgy, hogy ezen az oldalon biztosítson több támogatást. Idővel a nyomás is növelhető vagy csökkenthető, annak megfelelően, ahogy a beteg állapota romlik, vagy javul.

A könnyűrobot-eszközök kiválóan alkalmasak lágy szövetekbe való beépítésre és azok támogatására. Így lehetővé teszik

a működőképesség időbeli kiterjesztését és esetleg gyógyulás vagy helyreállítás esetén is használhatók. Ennek a koncepciónak a kifejlesztése elsősorban azért fontos, mert egyre többen élnek túl szívinfarktusokat, akik ugyanakkor szívelégtelenségben szenvednek. Mielőtt a pneumatikus hüvelyeket embereknek alkalmaznák, addig még sok a tennivaló, viszont az eddigi eredmények reményre adnak okot.

(*wissenschaft.de, 2017. január 19.*)

AZ ÓRIÁSGYÉMÁNTOK ÁRULKODNAK A FÖLDKÖPENYRŐL

Számos híres óriásgyémánt van a világon, pl. a Koh-i-noor, a Cullinan vagy a Constellation. Ezek egy új kutatás szerint különleges körülmények közt jöttek létre. A gyémánt ékköként és ipari nyersanyagként is fontos, így régóta kutatják a keletkezésüket, hogy egy helyszín geológiai jellegzetességei alapján eldönthető legyen, érdemes-e ott gyémántot keresni. Az átlagos, kisebb méretű gyémántokat a jellemző anyaközetek és indikátorásványok alapján biztosan meg lehet találni, ám az óriásgyémántok nem e lelőhelyekhez kötődnek. A kutatásban az Amerikai Drágakövek Intézet munkatársai *Evan Smith* vezetésével az intézetbe került gyémántokban mikroszkopikus zárványokat kerestek, amelyek a keletkezés körülményeiről tanúskodnak. A megvizsgált gyémántok közt az extra méretűek Fe-Ni-C-S zárványokat tartalmaztak, a zárványokat igen vékony metán- és néha hidrogénréteg övezte. E gyémántok mélyen a földköpenyben keletkeztek, ahol a zárványokban domináló fémek bejuthattak a kialakuló kristályokba.

Egy korábbi elmélet már szólta róla, hogy a földköpeny reduktív tulajdonságú régióiban vasötözetek csapódhatnak ki, ám közvetlen vizsgálati lehetőség híján ezt eddig nem tudták bizonyítani. Az óriásgyémántok zárványai viszont pont e körülményekről árulkodnak! Az intézet munkatársai 53 gyémántot vizsgáltak meg, néhányat a zárványig felcsiszoltak, mások zárványainak összetételéről röntgendiffrakciós és Raman-spektroszkópos méréssel győződtek meg. A vizsgált példányok tartalmaztak nagy nyomáson keletkezett szilikátos zárványokat, így a kialakulás területe a 410–660 km mélységű régió lehet. Mesterségesen, fémolvadékban növesztett gyémántok hasonló tulajdonságúak, mint a vizsgált óriásgyémántok, s ezzel megerősítik a keletkezés helyét. További tulajdonságokból azt feltételezik, hogy a keletkezésnek a mélybe süllyedt eklogit-töredékek adnak otthont, mivel ezekben hasonlóan reduktív körülmények uralkodnak, mint a köpenynek a külső mággal határos D régiójában.

(*Science, 2016. december 16.*)