

Szeléntartalmú élelmiszerek: tengerihal, vese, máj, gabonamagvak, eheto gombák (a gombából rossz hatásfokkal szívódik fel). A boséges szelén-bevitel csökkenti a csontok hajlító-tőro szilárdságát, a fogzománc fehérjéihez kapcsolódva gátolja a zománcképződést.

A szilícium a kötőszöveti anyagcserében, csontkalcifikációban játszik szerepet . Feltételezhetően keresztkötéseket képez a muko-poliszacharid molekulák között, illetve ezen molekulák és a kötőszöveti fehérjék között. Nem valószínűsíthető szilíciumhiány-betegség.

Az arzénról is feltételezik, hogy esszenciális elem az ember számára, bár biokémiai hatásmechanizmusa még nem ismert. Az emberi szövetek tartalmaznak arzént (a kö-röm, haj ötszörös mennyiségét a többi szövetféleségének). A felszívódási hatásfoka jó, gyorsan ürül vizelettel. Az élelmiszerek általában kg-ként 05mg-nál kevesebb arzént tartalmaznak. Nagyobb mennyiségű arzén a szervezetben mérgezési tüneteket okoz (izomfájdalom, bélpanaszok, neuropátia, fejfájás, körmök lineáris pigmentációja). A jód és szelén felszívódását gátolja.

A cikksorozatot Máthé Eniko állította össze Morava Endre, Antoni Ferenc: *Az em-beri táplálkozás alapjai*, (Akad. Kiadó Bp. 1991.) és Gergely Pál, Vereb György: *Bioszervetlen Kémia*, (Egyetmi jegyzet, Debrecen 1991.) felhasználásával.

## A Földet megközelítő kisbolygókról

– Urbeli látogatóinkról –

### Föld-közeli kisbolygók ABC-je

Mintegy tizenöt évvel korábban a földpálya közelében keringő ún. Föld-közeli kisbolygók (near-Earth asteroids) csupán egy igen szűk köru szakembercsoport kutatási témáját képezték, míg a tömegtájékoztató nem is szerzett tudomást ezen égitestek létezéséről. Napjainkban ezek az aszteroidák már számos bolygókutató csillagász figyelmét keltették fel, és lázba hozták geológusok, biológusok, urkutatói szakemberek jelentős hányadát, nem is beszélve a médiáról a világ minden táján.

A tájékoztató révén a köztudatba is bekerült az a tény, hogy a Föld is bármikor áldozata lehet egy ilyen égitesttel való ütközésnek.

A bolygókra leselkedő veszélyforrásokat ezen kisbolygók mellett kiegészítik azon üstökösök, amelyek esetenként ugyancsak közel jönnek hozzánk. A Shoemaker-Levy 9 üstökös darabjainak a Jupiterbe való becsapódása, ami 1994-ben a szemünk előtt játszódott le, még inkább bebizonyította azt, hogy egy kozmikus ütközés igen csak valószínű jelenség lehet.

A Föld-közeli kisbolygók néhány métertől néhány tíz kilométert is elérő átméruje olyan égitestek, amelyek a Nap körüli pályájuk mentén keringve olykor olyan közel kerülnek a Föld pályájához, hogy akár szabályosan vagy szabálytalanul ismétlődő időszakokban bolygónkat néhány Föld-Hold távolságnyira is megközelíthetik. Ez olykor akár a holdpályán belüli szoros urrandevüt is eredményezhet. A legnagyobb Föld-közeli kisbolygó a Ganymed (1036), amelynek átméruje 41 km. Sorrendben a következő az Eros (433) a maga 23 km-es átmérujével, amelynek felszínére 2001-ben egy urszonda is leereszkedett.

Pályájuk geometriája szerint a csillagászok ezeket a kisbolygókat az Atens, Apollos és Amors csoportokba sorolják. Napjainkban az ismert Föld-közeli kisbolygók száma meghaladta a kétezret, de a becslések azt mutatják, hogy legalább százezer olyan Föld-közeli kisbolygó van, amelynek átméruje nagyobb mint száz méter. Mostanában havonta több

mint száz Föld-közeli kisbolygót fedeznek fel, s ez a szám folyamatosan no annak köszönhetően, hogy egyre több megfigyelési programot szentelnek ezeknek az égitesteknek.

A Föld-közeli kisbolygók élettartama a földpálya közelében jóval kisebb a Naprendszer koránál, mivel ezeket az égitesteket igen nagy hatékonysággal eltávolítják bolygónk közeléből a szomszédos Föld-típusú bolygók gravitációs vonzásuk révén, s ezek igen gyakran a bolygókkal, vagy a Nappal való ütközés révén meg is semmisülnek. Az a tény, hogy ennek ellenére igen nagyszámú viszonylag rövidéletű Föld-közeli kisbolygó létezik, arra enged következtetni, hogy Naprendszerünkben léteznie kell egy olyan forrásnak, ahonnan folyamatosan bukkannak elő az ilyen típusú égitestek. A csillagászok az utóbbi évtizedben megpróbálták magyarázatot találni erre a jelenségre. Egy elfogadhatónak tűnő elképzelés szerint ezen látogatóink a Mars és a Jupiter bolygók között húzódó ismert kisbolygó-övből származnának. Itt, az ún. Kirkwood-zónákban fellépo kaotikus diffúzió néven ismert dinamikai jelenség volna a felelos azért, hogy ebben az övezetben nagyon sok kisbolygó pályája fokozatosan úgy módosul (foleg a Jupiterrel való rezonáns mozgásoknak köszönhetően), hogy azok idővel a földpálya közelébe kerülnek.

### A Földdel való ütközésre „jelölt” égitestek

A Föld-súroló kisbolygók keltette veszély napjainkban igen közkedvelt téma, foleg azóta, mióta a tudósok arra a következtetésre jutottak, hogy több élofaj tömeges eltunése (beleértve a dinoszauruszokét is) a földtörténeti Kréta kor végén igen nagy valószínűség szerint egy ilyen égitesttel való ütközéssel magyarázható.

A Földdel való ütközés veszélyét meg tudjuk becsülni anélkül is, hogy ismernénk az ilyen típusú égitestek összlétszámát (ami különben soha sem határozható meg). Ez annak köszönhető, hogy a már felfedezett testek számából meg tudjuk becsülni ezen égitest-populáció statisztikus eloszlását, amiből következtetni lehet két egymást követo Földdel való ütközés közötti közepes időtartamra. Az 1. táblázatból kiolvashatók ezen becsült időközök a kisbolygók átmérojének függvényében:

1. Táblázat

A kisbolygó átméroje (D)	A kisbolygók száma	A Földdel való két ütközés közötti közepes idő	Az eddig felfedezett kisbolygók részaránya
D > 10 km	10	100 millió év	100 %
D > 1 km	1.000	100 ezer év	40 %
D > 100 m	135.000	1000 év	1 %
D > 10 m	1 milliárd	5 év	0,0 %

Egy Föld-súroló kisbolygó becsapódási energiája arányos a tömegével, s így a bolygónk felszínén végzett rombolás nagymértékben függ a kisbolygó átmérojétol. A legalább 1 km átméroju kisbolygók az egész földfelszínre kiterjedő pusztulást okozhatnak, függetlenül a becsapódás helyétol (szárazföld vagy óceán), míg a 100 m-es átméroju testek regionális (egy-egy országra kiterjedő) katasztrófákat okozhatnak. A becsapódási energia jelentosen függ a becsapódási sebességtol, ami a legtöbb esetben 20 km/s.

A felfedezett Föld-közeli kisbolygók adatai katalógusokba kerülnek, s ettol kezdve folyamatosan követik oket minden olyan alkalommal, amikor erre lehetőség kínálkozik, azaz viszonylag közelebb kerülnek a Földhöz. Az állandó figyelés alapján a pályaelemek váltakozása jól követheto, s így elkerülhető a kisbolygó elvesztése.

A rendszeres, ismételt megfigyelések lehetővé teszik annak elorejelzését, hogy mi-ként fog alakulni a kisbolygó pályája, s így elore becsülhető az esetleges Földdel való

ütközés veszélye a legközelebbi szoros randevú során. A 2. táblázatban megtaláljuk a következő száz évben bekövetkező öt legszorosabb találkozásra jelölt kisbolygó adatait.

2. Táblázat

A kisbolygó neve	A közelség idopontja	Minimális távolság (HR / AU)
1999 RQ36	2080. szept. 23.	1,0 / 0,0026
1999 AN10	2027. aug. 7.	1,0 / 0,0026
2001 GQ2	2100. ápr. 27.	1,6 / 0,0041
2002 CU11	2080. aug. 31.	1,7 / 0,0043
2001 WN5	2028. jún. 25.	1,9 / 0,0049

(HR – a holdpálya közepes sugara = 380.000 km;

AU – csillagászati egység (astronomical unit) = 150 millió km)

Amint az látható, ezek közül egyik sem jön közelebb a Holdnál, s így nem jelent veszélyt számunkra ebben az időszakban. Az elozoekben elmondottak alapján ez még mindig nem jelenti azt, hogy a következő 100 évben teljes biztonságban leszünk, mivel a legnagyobb veszélyt éppen a még fel nem fedezett kisbolygók jelenthetik.

A múltban jó néhány olyan esettel volt dolgunk már, amikor egyes kisbolygók a fentiek-nél szorosabban is megközelítették a Földet, s ezen szoros közelítések éppen néhány nappal azelőtt valósultak meg, hogy felfedezték ezeket a testeket. Ez akkor történik meg, amikor a Nap irányából érkeznek ezek a váratlan látogatók, s így csak akkor észlelhetők, amikor már éppen elhúztak a Föld mellett. Egy ilyen látogatónk volt az 1994 XM1 kisbolygó, amely 1994. dec. 9-én csupán 0,27 Föld–Hold távolságnyra ment el mellettünk, míg 2002. június 14-én a 2002 MN kisbolygó a Hold távolságának 0,31-ed részéig közelített meg bennünket. Ezen utóbbi méretre sem volt elhanyagolható, átméroeje 100 m körüli lévén. Igen valószínű, hogy a jövőben is idonként meglep majd egy-egy előre nem látott, váratlan látogató, és csak remélni tudjuk, hogy egyik ilyen találkozás sem végződik becsapódással.

Felmerül a kérdés, hogy ha ma már szervezett keretek között is olyan sokan keresik ezeket az égitesteket, miként történhet meg, hogy olykor csak a randevú után veszünk tudomást látogatóinkról?

A válasz igen egyszerű. Mivel ezen megfigyelések legnagyobb része az optikai tartományban történik, így ezek csupán éjszaka végezhetők, viszonylag nagy szögtávolságban a Naptól. Így azok a kisbolygók, amelyek az ún. „vak-irányból” közelednek, azaz a Nap irányából, az éjszakai égen csupán akkor válnak láthatóvá, amikor már elhúztak a Föld mellett.

#### A 2002 NT7 kisbolygó esete

2002. július 9-én a LINEAR (Lincoln Near-Earth Asteroid Research) Föld-közeli kisbolygókat kutató program csillagásza felfedezték a 2002 NT7 névvel ellátott kisbolygót, amelynek átméroeje mintegy 2 km és pályája igen nagy dőlésű (a Föld pályasíkjával alkotott szöge több mint 40 fok). Így pályája mentén haladva ez a kisbolygó igen sokáig távol jár a Föld pályasíkjától, az ekliptika síkjától, viszont 2,3 évenként egyszer beugrik a Naprendszer belső része felé, megközelítve a Föld pályáját.

Egy heti megfigyelés után arra a következtetésre jutottak, hogy annak valószínűsége, hogy ez a kisbolygó 2019. február 1-én eltalálja a Földünket, 1 a 250 ezerhez. Habár ez a valószínűség első ránézésre kicsinek tűnik, valójában jóval nagyobb mint amennyi annak a valószínűsége, hogy valaki nyerjen a lottón.

Sajnos, az utóbbi időben már szinte gyakorlattá vált, hogy a csillagászok miután felfedeznek egy újabb kisbolygót, néhány napi megfigyelés alapján még nem sikerül kizárniuk teljesen egy esetleges becsapódás lehetőségét, és ilyenkor a szenzációhajhász új-

ságírók lecsapnak a híre, s riadóztatják a földkerekséget. Általában mire ez a hír körbejárja a Földet, újabb megfigyelési adatok alapján sokkal pontosabban meg lehet határozni a kisbolygó pályáját, amivel jelentősen lecsökken a becsapódás valószínűsége, annak teljes elhárulásáig. Ez a hír már nem érdekes, nincs szenzáció értéke és így nem is jut el megnyugtatóként az előzetesen riadóztatott közvéleményhez.

Ez a forgatókönyv néhány éve rendszeresen ismétlődik az 1997 XF11-es kisbolygóval kezdődve, amelyet az 1999 AN10 követett, majd így tovább.

Az utolsó szenzációs 2019-re előrejelzett becsapódás lehetősége is „sajnos” időközben teljesen eltűnt. Viszont ez a megnyugtató hír sem érdekelt már senkit.

Mi a magyarázata ezen bizonytalankodásnak?

Amikor egy kisbolygó jövőbeni térbeli helyzetét számítjuk előzetes megfigyelések alapján, akkor eredményként nem egy jól meghatározott pontot kapunk, hanem egy tértartományt, amelyben előfordulhat majd az égitest bizonyos valószínűséggel. Minél későbbi időpontra próbáljuk meghatározni az égitest helyzetét, a lehetséges tartomány annál jobban nő. Ezen „bizonytalansági tartomány” nagysága viszont fordítottan arányos a rendelkezésre álló megfigyelések időbeni kiterjedésével, azaz minél hosszabb ideig figyeljük az égitestet, annál pontosabb előrejelzések készíthetők pályájának alakulására vonatkozóan.

Egy csupán néhány napja felfedezett és észlelt kisbolygó esetén a lehetséges helyzetet adó tartomány évtizedekre előre vetítve már annyira megnő, hogy akár az egész Naprendszer magába foglalja. Így nyilván nem zárható ki kevés megfigyelési adat alapján a Földdel való ütközés. Az észlelések gyarapodásával, azoknak hosszabb időintervallumon való eloszlásával a pálya-meghatározás egyre pontosabb lesz, az a tértartomány, ahová várhatóan elvándorol az égitest fokozatosan csökken, s általában igen hamar elkerüli a Föld pályáját. Ekkor tudjuk bizonyosan kizárni egy jövőbeni ütközés lehetőségét.

A fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy egy Föld-közeli kisbolygóval való ütközés lehetőségéről beszélni csupán akkor érdemes, amikor már elegendően hosszú időtartamra (néhány hónapra) kiterjedő nagy mennyiségű észlelésanyag áll rendelkezésünkre.

Jelenleg tíz körül van azon Föld-közeli kisbolygók száma, amelyek pályája már elegendően ismert ahhoz, hogy elmondhassuk, hogy a Földdel való ütközésük valószínűsége nem nulla. Ezek mérete nem haladja meg a néhány tíz métert, így nem keltik fel az újságírók figyelmét.

A NASA Near-Earth Objects Program <http://neo.jpl.nasa.gov/risk> címen található oldalán fellelhető az eddig felfedezett legveszélyesebb Föld-közeli kisbolygók jegyzéke.

**Stefan Berinde**

## Látványos és érdekes csillagászati jelenségek 2021-től 2040-ig

**2021. június 10.** 94,4 %-os gyűrűs napfogyatkozás a Kanada–Grönland–Északi-sark vonalon. Időtartama 3m51s. Szélessége 527 km. Hazánkból 5-10%-os részleges fogyatkozásként látszik 10:40 körül.

**2021. július 13.** A Mars és a Jupiter igen szoros közelsége, egymástól 60 ívmásodpercre látszanak.

**2022. május 16.** Teljes holdfogyatkozás 03:28-04:52 között, 84 percig teljes (141,4 %). A Hold 03:30-kor nyugszik, teljesen elfogyva.