

kezdtek kutatásokba azzal kapcsolatosan is, hogy az igen tartós fitolitok által megkötött szén mennyisége mekkora jelentőségű, ám egyelőre ez vitatott kérdés.

#### A kovatestek haszna

Összességében a szilícium egyes növényfajok esetén nélkülözhetetlen elem, többségében azonban tulajdonképpen melléktermék vagy legfeljebb támogató hatással van a növényekre. Káros hatásáról még nem számoltak be egyik növényfajjal kapcsolatban sem. A kovatestek képződése a kutatók számára azonban további előnyökkel szolgál. A fitolitok – a növények pusztulása és lebomlása után – a talajba kerülnek. A kova jellemzően rendkívül tartós, mivel szervesetlen anyag. Egyes kovatestek alakja, mérete, mintázata jellemző egy növénycsoportra (vagy ritkábban fajra), így a talajokban, üledékekben talált fitolitokból tudunk következtetni annak a korszaknak a növényzetére, amelyben az adott talaj- vagy üledékreteg képződött. A legrégebbi fitolitok, amelyeket ráadásul dinoszauruszok fogzatába ékelődve találtak, a kréta időszakból származnak. A fitolitok tehát hasznos, mikroméretű eszközök a környezet-történeti és régészeti kutatásokban, legyen szó kultúrnövények természet-történetéről, táplálkozástörténetéről vagy klímarekonstrukcióról.

A fitolitelemzésre támaszkodó kutatások egyik speciális területe a *fogköelemzés*, ugyanis az ember (és a növényevő állatok) növényi táplálékában előforduló kovasejtek a fogkő anyagába ágyazódva konzerválódnak. A fogkő a fogíny mentén a fogakra rakódó, az ételmaradék és baktériumok nyállal keveredő, ásványosodott plakkja. A fogkő anyagát (mátrixát) kémiai oldással, a kiszabadult apró maradványok mikroszkóp alatt tanulmányozhatók, és mivel a fitolitok (és egyéb növényi mikromaradványok) bizonyos határok között növényfajra vagy legalább tágabb csoportra azonosíthatók, egyszersmind a táplálkozásról az egyik legközvetlenebb bizonyítékkal szolgálnak.

LISZTES-SZABÓ ZSUZSA  
ATOMKI

# LEHALLGATOTT SZEIZMIKUS JELEK

**A NASA InSight szondája 2018. november 26-án landolt az Elysium Planitia területének nyugati részén. A vörös bolygó felszínére kihelyezett SEIS szeizmométer 2019. január 19-én észlelte az első marsrengést. Terv szerint 2022 végéig rögzíti a marsrengéseket, köztük esetleg meteorbecsapódásokat is. A napokban szenzációs megfigyelést tett közzé a NASA, miszerint több darabra szakadt meteoroid nyomát sikerült a Mars felszínén azonosítani, és összekötni a becsapódási eseményt a szeizmométer által rögzített jelekkel.**

**A** Mars pályája a Naprendszer fő aszteroidaöve mellett halad, amely bőséges „készlet” biztosít a bolygó felszínének megsebzéséhez. Egyelőre azonban csak négy meteoroidbecsapódást sikerült megfigyelni, holott főleg az ezek okozta marsrengésekre készültek a szeizmológusok az InSight küldetés megtervezésekor. A kutatók értetlenül állnak az előtt, hogy miért nem tudtak több becsapódást észlelni a bolygón. A fő ok az lehet, hogy a Mars légköre nagyon vékony, mindössze 1 százaléka a földinek, így elképzelhető, hogy több meteoroid anélkül halad át rajta, hogy az szétesne. A másik ok az lehet, hogy a vörös bolygó szelének zaja vagy a légkör szezonális változásai elrejtik a meteoroidok jeleit. Most azonban, hogy felfedezték a Marson történt

▲ A NASA MRO műholdjával készült javított kép az egy évvel ezelőtti meteoroidbecsapódási krátereiről. Kék színben emelték ki az ütközés által megzavart port és talajt, hogy a részleteket jobban láthatóvá tegyék az emberi szem számára. Ez volt az első eset, hogy új kráterek keletkezését össze lehetett kötni a SEIS adataival. (CREDITS: NASA/JPL-CALTECH/UNIVERSITY OF ARIZONA)

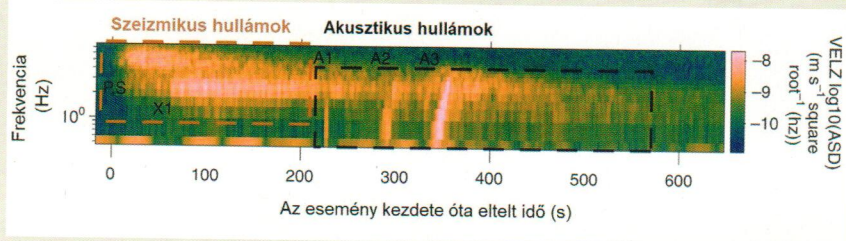
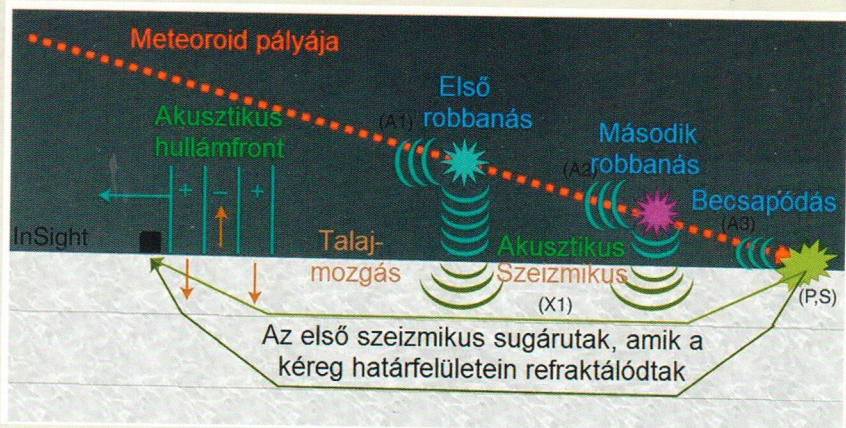
becsapódás jellegzetes szeizmikus jelét, a tudósok arra számítanak, hogy az InSight mintegy négy év alatt rögzített anyagán még több rejtőzködő meteoroid nyomára bukkannak.

Az InSight akusztikus és szeizmikus adatait felhasználva négy különböző becsapódási eseményt azonosítottak a Marson, amelyek mindegyike a leszállóegység 300 kilométeres körzetében történt. Ezekre az eseményekre

2020. május 27-én, 2021. február 18-án, 2021. augusztus 31-én és 2021. szeptember 5-én került sor. A legutóbbi esetében a meteoroid legalább három szilánkra robbant szét, amelyek mindegyike egy-egy krátert hagyott maga után. (A *Nature Geoscience* friss, 2022.09.26-ai cikke számol be részletesen erről az eseményről.) Meglehetősen sok kráter is keletkezett, de azok túl kicsik ahhoz, hogy a NASA Mars körül keringő műholdja (MRO) észrevegye azokat. A SEIS adatainak kiértékelése és közzététele több mint féléves késéssel történik, most szinte éppen 1 évvel később került a nyilvánosság elé ez a szenzációs megfigyelés.

Az eddig megfigyelt becsapódások kicsi, legfeljebb 2 magnitúdó erősségű rengéseket okoztak. Ezek a kisebb rengések csak egy-egy pillantást engednek a tudósoknak a marsi kéregbe, míg a nagyobb rengésekből származó szeizmikus jelek, mint például a 2022 májusában bekövetkezett 5-ös magnitúdójú esemény, a bolygó köpenyéről és magjáról is felfedhetnek részleteket. Minél nagyobb egy becsapódás vagy marsrengés, annál erősebb rengéshullámokat kelt, azaz a szondától távolabbi események is megfigyelhetők. A távoli események szeizmikus hullámai pedig mélyebb területeket érintenek a Mars belsejében, ezáltal nagyon értékes információkat adnak a bolygó belső felépítéséről.

A 2021. szeptember 5-i meteoroid-becsapódás az InSight S0986c sorszámú szeizmikus eseménye. A rengéseket ugyanis egy-egy azonosító kóddal látják el, a leszállás napjától sorszámozott Sol, azaz marsi nap szerint. A Marsrengések Katalógusa 2022. március 30-ig 2736 szeizmikus eseményt tartalmaz (Mars Seismic Catalogue, InSight Mission; V11 2022-07-01).



A 2021. szeptember 5-i meteoroid marsi légkörön való áthaladásának és a talajjal való ütközése során keletkező különböző hullámok kialakulásának szemléltetése. A három markáns szeizmikus jel (P, S, X1) után az akusztikus hullámok (A1, A2, A3) beérkezése következett. A meteoroid pályája mentén két robbanás történt, amelyek akusztikus hullámokat keltettek (A1, A2). Ezek, elérve a talajt, szeizmikus hullámokká alakultak át (X1). Maga a becsapódás szintén szeizmikus hullámokat gerjesztett (P, S), amelyek a marsi kérgen keresztül eljutottak az InSight szeizmométerre. Végül a földbe(marsba)becsapódáshoz kapcsolódó légköri robbanás is akusztikus jeleket okozott (A3). Az ábra alsó részén az InSight szeizmométere által rögzített talajmozgás (a felszín elmozdulásának pillanatnyi sebessége) függőleges komponensének spektrogramja, azaz a frekvencia-összetétel időbeli változása követhető körülbelül 10 percen át. (FORRÁS: NAT. GEOSCI, 2022)

A becsapódás hangja a <https://www.youtube.com/watch?v=SA90WKuukmM> linken meg is hallgatható. Kicsit olyan, mint valami „bluggy”, amely egy sajátos légköri hatáshoz kapcsolódik, s a Föld szivatajaiban is megfigyelhető. Naplemente után a légkör megtartja a nap folyamán felgyülemlett hó egy részét.

A hanghullámok frekvenciájuktól függően különböző sebességgel haladnak át ezen a felforrósodott légkörön. Ennek következtében az alacsonyabb hangok előbb érkeznek be, mint a magasabbak. A becsapódáshoz közel álló megfigyelő „durranást” hall; míg valaki távolabb először a basszushangokat hallja meg.

**KISZELY MÁRTA** szeizmológus

