



# MARS ÚTIKALAUZ

Összeállította:  
Juhász Tibor és Dzsudzsák Gergely

1997

A CD-n található képek szokványos, gif formátumú file-ok, szinte bármilyen képnézegető programmal megtekinthetők. Szükség esetére a lemez főkönyvtárába másoltuk az alchemy.exe programot. Használata:

`\alchemy file-név -V`

Célszerű a Norton Commander Extension File Editor-ába (az nc verziójától függően a Commands vagy Options menüpontban található) felvenni a

`gif: d:\alchemy !! -V`

parancsot. Ennek hatására a file-néven enter-t nyomva megmutatja a képet.

A képek a file-névvel megegyező betűvel kezdődő alkönyvtárakban találhatóak. Minden fejezethez tartozik egy alkönyvtár. A nevét megadjuk a fejezet címe után is.

A képeknél mindig megadjuk középpontjuk areografikus koordinátáit (É, D: északi, illetve déli szélesség, NY: nyugati hosszúság). Egyes esetekben a képen látható valamely alakzatra (általában kráterre) vonatkoznak a koordináták, ezt külön jelezzük. A képeken általában fölfelé mutat észak. Ettől eltérő esetekben nyíl jelöli.

A szövegben olvasható idegen szavakat, szakkifejezéseket magyarázatát a mellékletben található Kislexikonban gyűjtöttük össze, hogy ne törjük meg a gondolatmenetet.

**Köszönetnyilvánítás.** Szeretnénk köszönetet mondani Bán Leventének, a fordításban nyújtott segítségéért.

A címlapon Mars hadisten középkori ábrázolása látható (The Mars Observer Mission, NASA/JPL, 1993.)

## A vörös bolygó (A\_VOROS)

**a01.gif** Mezopotámiai kudurru (határkö) i.e. 1120-ból

Az emberek a Marsot már a történelem előtti időktől kezdve ismerték, mint az öt vándorló-bolyongó csillag egyikét. Különleges vörös színe emelte ki a többi közül. A babiloniak 3600 évvel ezelőtt írtak a Marsról, feljegyezték változó fényességét és hurokszerű mozgását az égbolton. A képen látható kudurru a felirata szerint Eanna-sum-iddina földajándékának határát jelezte. Számos bolygó és csillagkép azonosítható rajta. A Marsot nyíl mutatja. A kő tetején balra a Vénusz, középen a Hold, jobbra pedig a Nap látható.

### A Mars elnevezése a különböző kultúrákban\*

Al Quahira	egyiptomi, arab	Mangala	szanszkrit
Árész	görög	Nirgal	babilóniai
Aquaquh	kecsua (inka)	Shalbatana	akkád
Huo Hsing	kínai	Simud	sumér
Ma'adim	héber	Tiu	régi angol

**a02.gif** Árész. Bronzszobor Todiból

Japánul a Mars neve 火星 (Kasei, ka: vörös, sei: csillag). A bolygó színe sok más kultúrában is a tűzre és a háború véreire emlékeztetett. Az ókori görögök mitológiájában Árész, a dühödt háború, a harctéri mézárulás, a véres csaták istene volt. Az ütközetekbe rendszerint fiai, Phobosz és Deimosz is elkísérték. (A bölcsen vezetett, diadalmas háborúkat Athéné istennő testesítette meg.) Amikor a rómaiak elfoglalták Görögországot, átvették ezt a jelentést, és a bolygót saját háborús istenükről, a Marsról nevezték el.

**a03.gif** A Vénusz és a Mars, az 1496-os év "uralkodói" egy 1491-es lipcsei asztrológiai műben

A középkorban a Mars mozgását az asztrológusok tanulmányozták. A bolygó kedvezőtlen helyzete rossz hatást gyakorolt az emberi természetre és az eseményekre. De senki sem tudta pontosan megjósolni a Mars mozgását, még Kopernikusz elmélete sem. A rejtélyt Johannes Kepler oldotta meg 1609-ben, amikor felfedezte, hogy a Mars pályája ellipszis alakú. 75 évvel később Kepler felfedezése döntő bizonyítékot szolgáltatott Newton számára a gravitáció tanulmányozásában.

**a04.gif** Rajzok a Marsról

Míg Kepler a pályát határozta meg, Galileo Galilei a Marsot már a Földéhez hasonló világnak képzelte. 1609-ben nézte meg először a bolygót újonnan felfedezett távcsövével. Felismerte, hogy a Mars egy óriási gömb. Az első ismert Mars-rajzot Francesco Fontana olasz csillagász készítette 1636-ban, míg az első felismerhető felszíni részleteket Christian Huygens 1656-os rajzai örökítik meg (a képen a Syrtis Major foltja azonosítható). Ahogy a távcső fejlődött, egyre többet lehetett a Marsból látni. Színes foltokat a felszínén, jégsapkákat a pólusain, felhőket és ködöt a légkörében. Ezek a megfigyelések lakott bolygóra utaltak, és ez a nézet egyre inkább elfogadottá vált.

**a05.gif** Schiaparelli 1877-1888 között készült Mars-térképének részlete

A marsi élőlények elképzelése 1877-ben kapta a legerősebb bizonyítékot, amikor egy olasz csillagász, Giovanni Virginio Schiaparelli vékony, sötét vonalakat észlelt a bolygón, melyek fényes kontinenseket keresztezték. Ezeket a vonalakat *canali*-nak, olaszul árkoknak nevezte el. A *canal* azonban angolul mesterséges eredetű csatornát jelent (a helyes fordítás *channel* lett volna). Az Egyesült Államokban Percival Lowell a csatornákat a marsi civilizáció művének tekintette, amely elég fejlett ahhoz, hogy vizet vezessen az aszályos területekre. Ezzel sok kutató egyetértett, bár

\* Carl Sagan: Broca's Brain, 166. old. Idézi: Bob Albrecht, Live from Mars, discuss digest.

mások a csatornákat optikai csalódásnak tartották. Úgy vélték, a Mars túl hideg, légköre pedig túl ritka ahhoz, hogy az általunk ismert formában élet fejlődjön ki.

**a06.gif** A Mariner-4 11. számú felvétele 12 ezer km távolságból készült

A Mars megértése keveset fejlődött Lowell ideje, a XIX. század vége óta egészen 1965-ig, amikor a Mariner-4 űrszonda 10 ezer km távolságban elrepült a Mars mellett. A szonda 22 fotót készített, ezek az első közelfelvételek a Marsról. A Holdhoz hasonló felszínt mutattak, becsapódási kráterekkel teleszórt síkságokat. A Mariner-4 nem talált sem csatornákat, sem az élet más nyomait. De meghatározta, hogy a Mars légkörének vastagsága alig 0,7 %-a a Földének, túl vékony ahhoz, hogy élet alakuljon ki. Négy évvel később két ikerszonda, a Mariner-6 és a Mariner-7 repült el a Mars mellett. Spektrométereik segítségével megmérték a bolygó felszínének hőmérsékletét és a légkör összetételét. A kameráik által készített fotók sem mutattak csatornákat vagy az élet más jeleit. Felfedeztek azonban egy vulkánt és olyan síkságokat, amelyekben nincsenek becsapódási kráterek. A szondák pályája alapján a Mars tömegét és sűrűségét is ki lehetett számítani. A mérések szerint a Mars nagyon hideg, déli pólusán például  $-123\text{ °C}$  van. Vékony légköre majdnem teljes egészében széndioxidból áll. Abban az időben azonban az Apollo-11 holdraszállása elfedte a Mariner-6 és Mariner-7 űrszondák jelentőségét.

**a07.gif** A Mariner-9

Az első Mariner szondák csak rövid időt töltöttek a Mars közelében, amint elrepültek mellette. A részletesebb vizsgálatokhoz a bolygó körül keringő szondákra volt szükség. 1971-ben a Mariner-9 volt az első mesterséges égitest, amely pályára állt egy másik bolygó körül. Kétszer olyan nagy volt, mint elődei, színes kamerákat vitt magával és egy új műszert, amellyel a Mars felszínét és légkört tanulmányozhatta. Külön ki kell emelni az űrszonda számítógépes rendszerét, amely lehetővé tette, hogy megvárja, amíg a Mars atmoszférája kitisztul egy az egész bolygót befedő porvihar után. A Mariner-9 majdnem egy évig működött. Feltérképezte a felszín 85 %-át, több, mint 7 ezer felvételt készített, analizálta a Mars gravitációs terét, megmérte a felszíni hőmérsékleteket és a por mennyiségét, megvizsgálta a légkör hőmérsékletét és páratartalmát.

**a08.gif** A szabálytalan alakú Phobos a Mars sziluettje fölött

A Mariner 9 készítette az első közeli felvételeket a Mars holdjairól, a Phobos-ról és a Deimos-ról. Ezek az óriási, krumplics alakú sziklák 10-20 km méretűek, és a kisbolygókhoz hasonló megjelenésűek. Valószínűleg a közeli kisbolygó-övből fogta be őket a Mars.

**a09.gif** A Vikingek leszálló egységeinek modellje

A Mariner-9 által összeállított kép volt az első részletes, globális felmérés egy másik bolygóról. Egy új Marsot fedezett fel, amely nem hasonlított a korábbi koncepciókhoz. Hatalmas vulkánok hegykúpjai, a bolygót átfogó repedések kanyonjai, pusztító vízárakat és csendesebb vízfolyások csatornái mutatkoztak meg a felvételeken. A folyékony víz nyomai az élet utáni kutatást emelték a Mars tanulmányozásának fókuszába. Intenzív fejlesztések után 1975-ben két ikerszonda, a Viking-1 és a Viking-2 indult el a Marshoz. 1976-ban léptek bolygó körüli pályára. Mindkét Viking két részből állt, egy keringő és egy leszálló egységből. Mindkét keringő egység a felszínt térképező műszereket és kamerákat vitt magával. Megvizsgálták a hőmérsékletet és a légkör páratartalmát. A leszálló egységek meteorológiai műszereket és szeizmométert vittek magukkal a marsregések észlelésére. Analizálták a talaj összetételét, sztereo tévékamerájuk is volt. A Viking-1 1976. július 20-án végzett sima leszállást a Chryse Planitia-n, az északi síkságokon. Robotszemei készítették az első felvételeket a Mars felszínéről. Sötét, lekerekített kövek szóródtak szét a környező sivatag téglavörös porában a rózsaszín ég alatt. A kövek valószínűleg vulkanikus eredetűek, melyeket a szél fújta por simított le a hosszú évmilliók alatt. A leszállás során a szél gyenge volt, nem érte el a 30 km/óra sebességet. A Viking-1 leszállóhelye a Földön nagyjából a Szahara sivatag szélességének felelt meg, de a nappali hőmérséklet alig érte el a  $-10\text{ °C}$ -ot. Éjjel pedig dermesztő  $-90\text{ °C}$  uralkodott.

**a10.gif** A Viking-2 a Marson (47° É, 225° NY)

A Viking-2 néhány hónappal később szállt le az Utopia Planitia-n, egy olyan szélességi körön, amely Mongóliának felelne meg a Földön. A környező síkság kövesebb, mint a Viking-1 leszálló helye. A Viking-2 egyik lába egy sziklán vagy dombon áll, ezért a látóhatár ferde. A kép előterében a leszálló egység részei látszanak a rádióantennával. Az éjszakai hőmérséklet télen -120 °C-ra csökken. Ekkor hajnalban gyakran látható dér a köveken és a homokon, de hamarosan eltűnik, elpárolog a száraz levegőbe (lásd a b42.gif képet). A Viking leszálló egységei nem láttak élőlényekre utaló nyomokat, nem tapasztaltak mozgást, kivéve a szélfújta homokot, a vándorló dűnéket és saját robotkarjaikat. A karok talajmintákat analizáltak. A műszereket úgy tervezték, hogy felismerjék a Földhöz hasonló élet nyomait. Kifőzték a talajt, beáztatták, és tápláló húslevessel etették meg. Bár a talaj nem tartalmazott szerves anyagot, néhány kísérlet élő organizmusokra utaló nyomokat tárt fel. Az évekig tartó vita után majdnem minden kutató egyetértett abban, hogy szokatlan ásványok okozták az élet jeleit, a Mars felszíne valójában élettelen.

**a11.gif** A Fobosz űrszonda és a leszálló egység festménye

A Viking szondák óta kevés újat tudtunk meg a Marsról. Csak három űrszonda indult a bolygóhoz, és csak egyikük, az orosz Fobosz-2 küldött vissza hasznos adatokat. A Fobosz-2 1989. januárjában állt Mars körüli pályára. Infravörös felvételeket készített a bolygóról és a Phobos-ról. De márciusban elvesztette a kapcsolatot a Földdel, és meg sem kezdte a Phobos tervezett megközelítését.

**a12.gif** A Hubble űrtávcső felvételei a Marsról 1995. februárjában

Jelenleg a Hubble űrtávcső jelenti az egyetlen új lehetőséget a Mars vizsgálatában. Általában 50 km-nél nagyobb alakzatokat tud megfigyelni, de elég jól látja a Marsot ahhoz, hogy feltérképezze a globális hőmérsékleti, időjárási és színváltozásokat. Mérései szerint a Mars légköre jelenleg hidegebb és sokkal kevésbé poros, mint a Viking-szondák idején volt. Az égbolt a por által okozott rózsaszín helyett valószínűleg kék. Nagyobb számban láthatók vízjégből álló felhők is, mint a Viking-missziók során. A felvételek megmutatják, hogyan mozog a víz pólustól pólusig, ahogy a marsi évszakok váltakoznak.

**a13.gif** Az EETA 79001 marsi eredetű meteorit

Merészen új lehetőséget jelent a vörös bolygó vizsgálatára az a felfedezés, hogy néhány meteorit a Marsról származik. Ezek az úgynevezett SNC meteoritok olyan gáznyomokat tartalmaznak, amelyek összetétele azonos a Mars atmoszférájával. Egy kisbolygó becsapódása a Mars felszínéről meteorokat lökhet ki napközi pályára. Néhány millió évvel később ezek aztán becsapódhatnak a Földre. A marsi meteoritok mindnyájan vulkanikus kőzetek. Ez a meteorit csak 180 millió évvel ezelőtti vulkánkitörésből származik. 1979-ben találták az Antarktison. A képen látható kis kocka 1 cm méretű.

Ezek a meteoritok forradalmasíthatják elképzelésünket a Mars atmoszférájáról és a bolygón található vízről. Lehetővé teszik a távolról készült geológiai felvételek kalibrációját. A marsi meteoritok majdnem olyanok, mint ha egy visszatérő szonda hozta volna őket kőzetmintaként a Marsról, csak nem tudjuk, hogy a felszín melyik részéről származnak.

**a14.gif** Baktériumszerű alakzat az ALH 84001 marsi eredetű meteorit belsejében

1996. augusztusában a NASA egy kutatócsoportja szenzációs bejelentést tett. A földi kőzetekben található fossziliákhoz hasonló baktériumok maradványait fedezték fel egy marsi eredetű meteoritban. Ha következtetések helytállónak bizonyulnak, forradalmi módon megváltoztatják a Marsa vonatkozó elképzeléseinket. A Mars halott bolygó. Nincsenek mesterséges csatornák vagy ősi városok, nincsen egyértelmű jele bármilyen életnek a barátságtalan felszínen. De a Mars éghajlata régen sokkal enyhébb volt, vastagabb légkörrel, folyóvízzel, tavakkal és talán még óceánnal is. Az élet a Földön hasonló feltételek között indult meg, talán a víz alatti melegforrások környékén. Vulkanjaival és lávafolyásaival a Mars szintén rendelkezhetett melegforrásokkal. Ha óceánok vagy

tavak voltak a felszínen, szintén létrejöhetett az élet. Az élet eredetét és történetét a Földön a fosszíliaik alapján ismerjük, nem kell korlátoznunk a keresést a Mars felszínére. Sokfajta baktérium a mélyben, a kövek belsejében él, és elpusztul, ha fényre és friss levegőre jut. Talán ehhez hasonló organizmusok élhetnek lent a mélyben, a Mars felszíne alatt. (Lásd még a h12.gif képet.)

**a15.gif** A Mars Pathfinder és a rover a leszállás után (festmény)

**a16.gif** A Sojourner mikrorover a földi kísérletek során

A következő hónapok és évek fontos előrelépést jelentenek a Mars kutatásában. 1996. novemberében startolt a Mars Global Surveyor, decemberben pedig a Mars Pathfinder, amely egy kis járművet is magával visz. Az MGS bolygókörüli pályáról, a rover pedig a felszínen fogja felderíteni a Marsot. (Sajnos az orosz Marsz '96 űrszonda startja rosszul sikerült, és visszaesett az óceánba.) A leszálló egységen (Mars Pathfinder) láthatjuk a sztereo kamerát, amely 1,5 m magasra emelkedik, és egy kisebb meteorológiai állomást.

**a17.gif** A Mars Surveyor '98 leszálló egysége (festmény)

A következő évtizedben több szonda indul a Mars felderítésére. A Mars Surveyor '98 1998. decemberében indul, és 1999. decemberében száll le a Marsra a déli pólussapka pereménél. A leszállóhely lehetővé teszi az egymásra rakódó por- és jég rétegek vizsgálatát, ami hozzá fog járulni a bolygó geológiai történetének felderítéséhez (lásd a b27.gif képet). A szonda 2 méteres robotkarja 1 m mély lyukat tud fúrni. Így olyan talajmintához is hozzáférhet, amely a felszín oxidálódott rétege alatt helyezkedik el. Analizátora meg tudja határozni a talaj és a melegítés hatására felszabaduló gázok összetételét. Az ALH 84001-ben felfedezett fosszíliaik hatására fontolóra vették az analízátor módosítását, hogy közvetlenül képes legyen a szerves összetevők kimutatására.

**a18.gif** Talajminta indul vissza a Földre (festmény)

A NASA és a Jet Propulsion Laboratory szakemberei tanulmányozzák egy olyan szonda indításának lehetőségeit, amely talaj- és kőzetmintákat hozna vissza a Marsról. A mintákat két rover gyűjtené össze. A szonda 2005-ben szállna le a bolygóra, és még abban az évben vagy 2007-ben térne vissza a Földre.

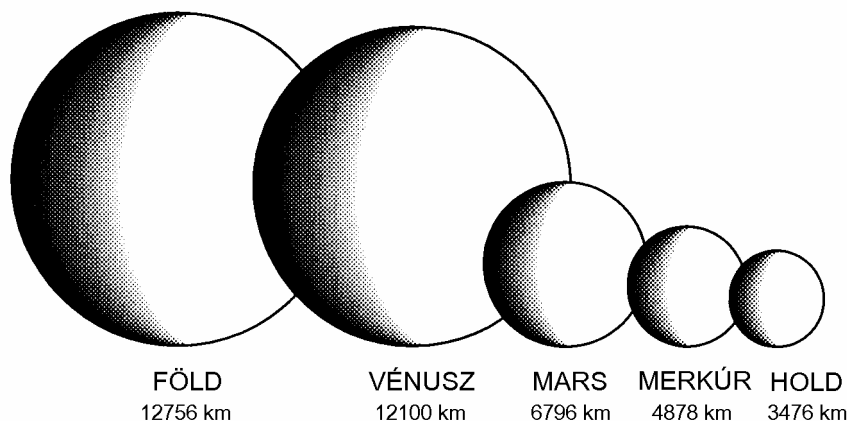
**a19.gif** A Dao Vallis exobiológiai vizsgálata (festmény)

Mikor lép ember a Mars felszínére? A közeljövőben nem terveznek ilyen küldetést, 2020 előtt valószínűleg nem kerül rá sor. De egyszer majd egy űrhajóval emberek fognak leereszkedni, kilépnek a vörös talajra, és megnézik maguknak a kanyonokat, a vulkánokat, a kiszáradt folyóvölgyeket a Marson.

## A Mars földrajza (B\_FOLDRJ)

### Általános áttekintés

A Naprendszer bolygóit két csoportba sorolhatjuk. A belső bolygók (Merkúr, Vénusz, Föld, Mars) viszonylag kicsik. Szilárd kéreggel, körülötte (a forró Merkúrt kivéve) ritkább-sűrűbb légkörrel rendelkeznek. A Jupiter, a Szaturnusz, az Uránusz és a Neptunusz mindannyian óriásbolygók. Igen sűrű és vastag légkörük van. A nagy nyomás következtében atmoszférájuk szinte fokozatosan megy át folyékony, majd szilárd halmazállapotba. Átlagűrűségük a vízéhez hasonló érték, így nem rendelkeznek nehezebb elemekből álló maggal.



A belső bolygók és a Hold egymáshoz viszonyított mérete és átmérője

### **b01.gif** A Föld és a Mars

A képen a két bolygó egymáshoz viszonyított méretét láthatjuk. A Mars átmérője 6796 km, alig nagyobb mint a Föld átmérőjének fele. Vegyük észre az eltérést a két bolygó színe között. A Föld felszínének majdnem 70%-át folyékony víz borítja, ezzel ellentétben a Marson most nincs folyékony víz. Felszínén csupasz sziklák és por található. A négy sötét folt a Marson a Tharsis pajzsvulkánjait jelzi. A Föld képen Afrika van középen.

### **b02.gif** A Mars képe a földi távcsövekben (0°É, 43°NY)

Ez a felvétel a Lowell Obszervatóriumban készült 1988-ban. A Mars déli féltekéjén a tavasz kezdetét mutatja, így elég jól látszik a déli pólussapkka. A centrumban lévő sötét tartományból balra kinyúló keskeny sáv a Valles Marineris. A földi légkör mozgása miatt még a legjobb minőségű távcsöves felvételek is csak legfeljebb 300 km átmérőjű felszíni formákat tudnak felfedni, amikor a Mars legközelebb van a Földhöz. Figyeljük meg a bolygó peremén feltűnő kékes színű hajnali ködöt.

### **b03.gif** A Hubble-űrtávcsövel készült legélesebb kép a Marsról

(A kép középpontja: 23°É, 305°NY)

Az űrtávcső 1997. március 10-én készítette ezt a felvételt, amikor a Mars 100 millió km-re volt a Földtől. Egy képpont (pixel) a Mars felszínén 22 km-nek felel meg. A színbeli különbségeket számítógéppel kiemelték, hogy jobban meg lehessen figyelni az árnyalatokat. Ezeket a színbeli eltéréseket a por és a homok különböző aránya okozza a felszínen.

A bolygót az északi félteke tavaszi időszakában látjuk, nem sokkal a nyári napforduló előtt. A kép tetején lévő északi hósapkka széndioxidja gyorsan párolog, felfedve a sokkal kisebb, vízjégből álló sapkát. A hósapkát sötét sávban egy dűnemező öleli körül (lásd még az e10.gif képet). A kép közepéig benyúló sötét folt a Syrtis Major, alatta pedig a világos színű, vízjégből álló felhőkkel

borított Hellas-medence látszik. Vízjég-felhők borítják a kép keleti (jobb oldali) peremén lévő Elysium-vulkánokat is. A színes kép a kék (433 nm), zöld (554 nm) és vörös (763 nm) szűrőkkel készült felvételek kombinációjával készült.

#### **b04.gif** A Mars térképe

A térkép az 1994-95-ös földközelség idején készült, az ALPO vizuális, fotografikus, video és CCD megfigyelései alapján. A fehér foltok felhővel vagy köddel borított területek. A Syrtis Major-t kékes színű felhők borítják.

A Marson az alakzatok helyének meghatározásához a földihez hasonló koordinátákat használunk. Ezt areografikus koordinátarendszernek nevezzük. A 0. szélességi fok a bolygó egyenlítőjének (a forgástengelyre merőleges, leghosszabb szélességi körnek) felel meg. A hosszúságot a Meridiani Sinus közepén áthaladó meridiántól nyugati irányba mérjük.

#### **b05.gif** A Mars arcai

A földi távcsövekkel készült rajzokon, felvételeken sötét és világos alakzatokat figyelhetünk meg. Ezek a felszín albedójának változásait mutatják, és nincsenek kapcsolatban a topográfiai alakzatokkal. A fényes "sivatagokat" finom por fedi. A sötétebb területeket általában csupasz kövek, törmelék, durva homok borítja. Ahogy a szél felkavarja a port, sok sötét terület változtatja az alakját, méretét, megjelenését. Hónapokkal vagy évekkel később visszatérhetnek eredeti formájukhoz is.

#### **b06.gif** Mozaikkép a Viking Orbiter felvételek alapján (5°D, 80°NY)

Ez a kép a Mars északi féltékéjének egy részét mutatja. A képet kelet-nyugati irányban átszelő, vonal alakú szerkezet a Valles Marineris nagy kanyonrendszere. A három sötét, kör alakú alakzat a bal (nyugati) oldalon a Tharsis három nagy pajzsvulkánja. A Marson a legtöbb vulkáni és tektonikus aktivitás az elmúlt 3 milliárd év során a Tharsis tartományba koncentrált.

A tektonikai aktivitás nyomai

#### **b07.gif** A Valles Marineris (5°D, 85°NY)

Az 5000 km hosszúságú, hatalmas kanyonrendszer a Tharsis keleti szárnyától indul. Középső árka, a Coprates Chasma helyenként 700 km szélességű, mélysége elérheti a 10 km-t. Nyugaton a Noctis Labyrinthus útvesztőiben végződik. (Lásd még az előző képet is.)

#### **b08.gif** A Valles Marineris mérete

A kép Valles Marineris rendszerét ábrázolja az Egyesült Államokkal összehasonlítva. A kanyonrendszer New York-tól Kaliforniáig érne. A piros téglalap a következő kép által mutatott részt jelzi.

#### **b09.gif** A Valles Marineris központi része (12°D, 64°NY)

Ez a tartomány lényegében két, egymással párhuzamosan futó szakadékból áll. A Valles Marineris fő részének egyenes lefutása azt jelöli, hogy a szakadék a Mars köpenyének mozgása miatt jött létre. Eredete tehát eltér például a Grand Canyon-étól, amelyet a Colorado folyó vájt ki. A kép megközelítőleg 475 km-es részt fog át.

#### **b10.gif** A Chandor Chasma (5°D, 70°NY)

A Valles Marineris-től északra elhelyezkedő szakadék térhatású képe a Viking Orbiter felvételei alapján. A falak magassága eléri a 7 km-t. Komplex szerkezetének kialakítására a tektonikai mozgások mellett a szél és talán a víz is hatással volt.



A Chandor Chasma következő, igen nagy felbontással készült felvételeit érdemes részleteiben is tanulmányozni egy olyan képnézegető programmal, amellyel ki lehet nagyítani a képeket (pl. Corel Photopaint, stb.):

b10a.gif A Chandor Chasma észak felől

b10b.gif A Chandor Chasma kelet felől

b10c.gif: A Chandor Chasma dél felől

b10d.gif: A Chandor Chasma nyugat felől

### **b11.gif** Földcsuszamlás a Valles Marineris-ben (10°D, 45°NY)

Bár a Valles Marineris tektonikus mozgások következtében jött létre, sok más folyamat is módosította a megjelenését. A kép egy földcsuszamlást mutat a déli falon. Ez a tartomány keletre van az előző felvételtől. A földcsuszamlás részlegesen eltüntette annak a kráternek a peremét, amely a völgy melletti fennsíkon van. Figyeljük meg a földcsuszamlás törmelékanyagának mintázatát a Valles Marineris alján. Néhány jól elkülönülő réteg látható a völgy falán. Ezek a rétegek különböző kémiai összetételű vagy különböző mechanikai tulajdonságú tartományok lehetnek a Mars kérgében. A kép 60 km-es tartományt ábrázol.

### **b12.gif** A lemeztektonika eredete

Ez a kép a Mars belsejében végbemenő folyamatok számítógépes szimulációját mutatja. A színek a hőmérsékleteket jelzik. A forró tartományok pirosak, a hidegek pedig kékek vagy zöldek. A legforróbb és leghidegebb tartományok között a különbség elérheti az 1000 °C-ot. A hőtágulás miatt a forró kőzetnek kisebb a sűrűsége mint a hidegnek, így a forró anyag a felszín felé emelkedik, a hideg pedig lesüllyed. A létrejövő nagyskálájú cirkulációt nevezzük köpenykonvekciónak. Ez a köpenyáramlás hozza létre a Földön is a lemeztektonikát, vagyis a kéreglemezek mozgását.

A forró, fölemelkedő anyag megemeli, a hideg anyag pedig lesüllyeszt a bolygó kérgét. Ezek a mozgások hozzájárultak a Mars földrajzának alakításához. A kéreg deformációját a kép szürkével színezett tartományai mutatják. A deformáció mértékét a bemutatás érdekében erősen eltúlozták. A valódi emelkedés a Tharsis tartományban 8 km lehetett, vulkánjainak magasságát ehhez a szinthez viszonyítják. Ez az emelkedés a kérget is megnyújtja, ezzel a Valles Marineris-hez hasonló árkok alakulnak ki. Ráadásul a forró, fölemelkedő anyag megolvadhat amint eléri a felszínt, és vulkánokat hozhat létre.

### **b13.gif** Árkok a Tharsis tartományban (38°É, 105°NY)

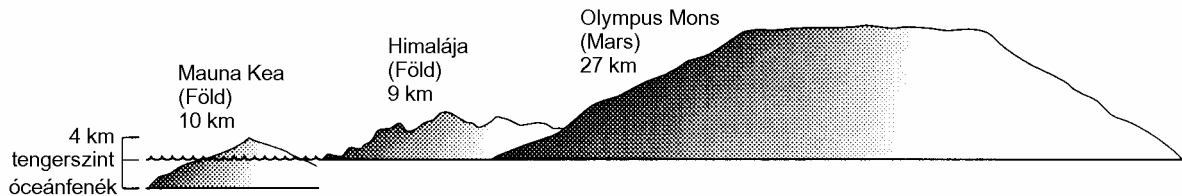
A Tharsis tartományban sok apró árok található a nagy vulkánoktól északra levő területen. Ezek az árkok akkor jöttek létre, amikor a bolygó belsejében fellépő erők hatására a kéreg kitágult vagy megnyúlt. Ez a kép 240 km átmérőjű.

### **b14.gif** A Hesperia Planum gerincei (29°D, 241°NY)

A repedések mellett másféle tektonikai eredetű deformáció is létrejöhet a felszínen. Ha a bolygó belsejében fellépő erők összenyomják a kéreget, akkor gyűrődések alakulnak ki. Ez a kép ilyen gerincek sorozatát mutatja a Hesperia Planum-on. Hasonló gerincek láthatók a Valles Marineris-től északra és délre lévő síkságokon is. A képen számos becsapódási krátert találunk. Ezek közül néhány a gerinceken keletkezett, de egyetlen krátert sem deformáltak a gerincek. Így az események sorozata ebben a tartományban a síkságok képződésével kezdődött. Valószínűleg láva öntötte el a felszínt, majd a síkság összenyomódott, kialakítva a gerinceket. Ez nem sokkal a síkságok kialakulása után következett be. Végül a meteorit-becsapódások létrehozták a krátereket. A képen látható gerincek hasonló alakúak a Holdon talált redőkhöz. A kép 100 km átmérőjű.

**b15.gif** A Tharsis vulkánok mérete

Ez a kép a Viking Orbiter felvételei alapján készült, és a Mars Tharsis tartományát mutatja az Egyesült Államokkal összehasonlítva. A három nagy vulkán az Arsia Mons (balra lent), a Pavonis Mons (középen) és az Ascræus Mons (jobbra fent). Az Olympus Mons a bal felső sarokban, a Valles Marineris vége pedig jobbra látható. A négy nagy vulkán mindegyike legalább 400 km átmérőjű.



Az Olympus Mons a Föld legnagyobb hegyeivel összehasonlítva

**b16.gif** Felhők az Olympus Mons körül (20°É, 134°NY)

A festmény a Vikingek fekete-fehér mozaikképein alapul. A vulkán komplex kalderája a fehér, vízjégből álló felhők fölé nyúlik. Az Olympus Mons átmérője több, mint 600 km, ez nagyobb, mint Magyarország mérete. A hegy közel 27 km-re emelkedik a környező síkságok fölé. Ez a legmagasabb vulkán a Naprendszerben. A vulkán tetején látható mélyedés a kaldera. Mérete 65x80 km, akkora, mint Zala megye. Akkor jött létre amikor a kitörő magma időszakosan visszahúzódott a bolygó belsejébe. Ennek következtében a felszín beomlott, létrehozva ezt a mélyedést. Az egymást átfedő kráterek sorozata megmutatja, hogy a magma visszahúzódása többször is végbement. Hasonló kalderákat lehet látni más vulkánokon, a Marson és a Földön is.

A Mars különböző részein elhelyezkedő felszín relatív korát meg lehet becsülni a becsapódási kráterek számából. A fiatal tartományokban kevés kráter van, az idősebbeken pedig több. Itt csak két becsapódási kráter látható. Ez azt jelenti hogy az Olympus Mons fiatal hegység, valószínűleg a legfiatalabb vulkán a Marson. Néhány becslés szerint a legutolsó nagy kitörése 25 millió évvel ezelőtt zajlott le. A legrégebbi kitörések sokkal idősebbek lehetnek ennél, de elfedte őket az újabb lávafolyás. (Lásd még a c02.gif-c04.gif képeket.)

**b17.gif** Uranus Tholus (26°É, 98°NY)

Az Uranus Tholus az egyik legkisebb vulkán a Tharsis tartományban. Csak 60 km átmérőjű, és 6 km magasán nyúlik a környezete fölé. Az Olympus Mons-szal összehasonlítva észrevehetjük, hogy az Uranus Tholus környezetében sokkal több kráter látható, vagyis sokkal idősebb alakzat lehet. Egy ilyen kráter a kép felső részének közepén lávával van kitöltve. A láva a környező síkságról származik. Mivel ez a kráter a vulkán után, de a síkság keletkezése előtt jött létre, ezért a síkság fiatalabb, mint a vulkán. Ezt a területet több, mint 3 milliárd évesnek vélik.

**b18.gif** Lávafolyások (33°É, 213°NY)

Ez a mozaik kanyargós lávafolyásokat mutat az Elysium tartományban. A láva délről északra, a kép teteje felé folyt. Az egyedi folyások átlagos vastagságát 60 méterre becsülik. A láva anyagát valószínűleg bazalt alkotja, a Hawaii szigeteken lévő folyásokhoz hasonlóan. A tartomány körülbelül 90 km méretű.

## Becsapódási nyomok

### **b19.gif** Az Argyre medence (50°D, 40°NY)

A mozaikkép a kb. 1100 km átmérőjű Argyre becsapódási medence egy részét ábrázolja. A medence akkor jött létre, amikor egy 50 km átmérőjű kisbolygó vagy üstökös összeütközött a Marssal. Ezek a becsapódások nagyon korán, kb. 4 milliárd évvel ezelőtt hozták létre az Argyre-hez hasonló nagy medencéket. (A fotó a medencét kelet felől mutatja, lásd még a d10.gif képet is.)

### **b20.gif** A becsapódási medencék mérete

A két nagy becsapódási medence mérete az Egyesült Államokhoz viszonyítva. Az Argyre medence átmérője 1100 km, a Hellas-é körülbelül 2300 km. Ez a legnagyobb megmaradt medence a Marson. Más, nagyobb becsapódási medencék is létezhetnek, de erősen lepusztult formában. A Chryse és az Utopia (a két Viking-szonda leszállási helye) valószínűleg lepusztult medencék lehetnek.

### **b21.gif** A Schiaparelli kráter (a kráter: 5°D, 340°NY)

A közel 500 km átmérőjű, hatalmas becsapódási krátert a felszín albedóváltozásaként a Földről is meg lehet figyelni (Edom). A kráter nagyjából a kép közepén helyezkedik el. Az alatta húzódó sötét terület a Sabaeus Sinus, balra pedig a Meridiani Sinus látszik. Jobbra lent a Hellas-medencét befedő felhők fehér foltja látszik.

### **b22.gif** Kráterekkel borított terep (22°D, 214°NY)

Ez a kráterekkel erősen borított felszín tipikus terepnek számít a Mars déli féltékén. A kráterek nagy sűrűsége azt jelöli hogy a terület nagyon öreg, valószínűleg 4 milliárd éves. A kép 1250 km átmérőjű.

## Dér és felhők

### **b23.gif** Felhők a Noctis Labyrinthus fölött (10°D, 95°NY)

A képen a Valles Marineris nyugati végénél található Noctis Labyrinthus-ban a kora reggeli órákban képződő ködöt láthatjuk. A köd valószínűleg vízjégből áll, és elsődlegesen az alacsonyan fekvő völgyekben jön létre, de időnként kiterjed a szomszédos fennsíkokra is. Az itt látható tartomány körülbelül 300 km átmérőjű.

### **b24.gif** Hőmérséklet a Marson (142°NY)

Az ábrán a Mars felszínének hőmérséklet-eloszlását láthatjuk, amikor a déli féltéken elkezdődik az ősz. A széndioxid 148 K (-125 °C) alatt fagy ki a légkörből. A nyilak az átlagos széliránynak és szélsébségnek felelnek meg.

### **b25.gif** Időszakos széndioxid sapka a déli póluson és a Hellas fölött (50°D, 290°NY)

A déli féltéken az ősz és a tél során a hőmérséklet eléggé lecsökken ahhoz, hogy az atmoszféra széndioxidjának egy része kifagyjon a felszínre, széndioxidból álló jeget (szárazjeget) alkotva. Ez az időszakos sapka egészen a 45°-os szélességekig kiterjed. A képen ez az időszakos dér benyúlik a Hellas medencébe.

### **b26.gif** A déli pólus maradék jégsapkája (90°D)

A déli féltéken a tavasz és a nyár során a széndioxidból álló dér elpárolog, felfedve egy kisebb, maradék jégsapkát. A Viking Orbiter felvétele 1977. szeptemberében készült, a pólussapka kiterjedését mutatja a nyár végén. Sokkal kisebb, mint télen (lásd az előző képet). Bár a déli féltéken bekövetkező tavasz és nyár során a Mars közelebb van a Naphoz, a mérések szerint a felszíni hőmérséklet nem nő 148K (-125 °C) fölé. Ezért a déli hősapkán még a legkisebb kiterjedése idején is van egy vékony szén-dioxid takaró. Fő összetevője azonban vízjég és por, csakúgy, mint az északi

pólussapkáé. A méretek érzékeltetéséhez megadjuk, hogy a bal felső sarokban lévő kráter körülbelül 100 km átmérőjű. A pólussapka ezen a képen 350-400 km átmérőjű.

### **b27.gif** Réteges üledék nagyfelbontású képe a déli pólus közelében

A Mars déli pólusát egy nagy kiterjedésű poláris sapka fedi be, amely főleg vízjégből áll. Ez a közeli felvétel egy 70 km-es tartományt mutat. Megfigyelhető rajta a jégsapka belső szerkezete. A fehér réteg a kép tetején a jégsapka felszíne, alatta a narancsszínű szirt látható, amely körülbelül 500 méter magas, és több, átlagosan 50 m vastag réteget tartalmaz. Ezek a rétegek porból és jégből állnak. További vékonyabb rétegek is jelen lehetnek, de ilyen felbontásnál nem vehetők észre. A rétegek szabályos elrendeződése a Mars pályájának periodikus változásából ered. Hasonló változások hozták létre a Földön a jégkorszakokat. Ezek a pályaváltozások hatással vannak azoknak a viharoknak az erősségére és gyakoriságára, amelyek alatt leülepedtek a porrétegek. A szikla erózió útján jött létre, valószínűleg a szél hatásának következtében. A sötét, fodorszerű mintázatot dűnéknek vélik, amelyek a sziklarétegek anyagából származnak. A jégsapka maximális vastagsága nem ismert, de 4-6 km között lehet.

### **b28.gif** Az északi pólussapka méretének változása (90°É)

A Hubble-űrtávcső felvételei alapján készült mozaikképek az északi pólussapka méretének szezonális ingadozásait mutatják, mintha éppen a pólus fölül néznénk. A képek az 50°-os északi szélességtől a pólusig mutatják a felszínt, a 0°-os hosszúsági kör fölfelé irányul.

1996. októberében, a tavasz kezdetén a pólussapka a 60°-os szélességig terjed, majdnem maximális méretét mutatja. 7 óra irányában egy vékony, lazacszínű, sarló alakú porfelhő látható. A pólussapka ilyenkor közel kör alakú, a kékes színű kidudorodásokat felhők alkotják. 1997. januárjában, a tavasz közepén a növekvő hőmérséklet hatására a széndioxid-jég elpárolgott a 70°-os szélességnél délebbre fekvő területekről. A pólussapkán belül egy kissé sötétebb árnyalatú kör tűnik elő, ami a cirkumpoláris homokdűne tartományt jelzi (lásd az e10.gif képet). A sötét dűnéket jobban felmelegíti a Nap, mint a világosabb környezetüket, így hamarabb elpárolog róluk a jég. A pólussapka hatszögletű alakját a Mariner-9 1972-es felvételei is megmutatták.

1997. márciusában már csak a vízjégből álló, maradék pólussapka látszott. Ezt egy nagy, szarv alakú kanyon, a Chasma Borealis vágja két részre. A homokdűnék sötét gyűrűje teljesen körülöleli a pólust. Maradék jégfoltok megfigyelhetők a dűnéken kívül is. A 3, 6 és 9 óra irányában látszó fényes, kör alakú foltok jéggel borított kráterek.

### **b29.gif** A Föld és a Mars pólussapkáinak összehasonlítása

A képen a Föld és a Mars északi és déli pólussapkáit arányosan láthatjuk. Mindkét féltekén a nyári kiterjedésnek megfelelően vannak ábrázolva. A Mars maradék északi pólussapkája körülbelül 1000 km átmérőjű, a maradék déli pólussapka jelentősen kisebb, kb. 350-400 km méretű.

## Víz a Marson

### **b30.gif** A Ravi völgy vízlevezető csatornájának forrástartománya (1°D, 42°NY)

A mozaikkép a Vallis Ravi csatornájának 300 km hosszúságú részét ábrázolja. Sok más csatornához hasonlóan a Vallis Ravi is a Mars északi síkságaira lép be. A csatorna a bolygó idősebb, kráterekkel borított felföldjeinek összetöredezett, kaotikus részén kezdődik. A következő két képen látható csatornákkal együtt ezeket az árkokat a nagy sebességgel áradó víz vágta. Mellékágak nélküli, hirtelen kezdete arra utal, hogy a csatornát kivájó víz nagy nyomáson szabadult ki a föld alatti rétegekből. Amint ez a víztömeg elfolyt, a felette lévő felszín összeomlott. Ezen a képen három ilyen kaotikus tartomány is látható. A csatorna talaját a folyóvíz lesimította. A folyásirány ebben a csatornában nyugatról keletre (a képen balról jobbra) mutatott. Ez a csatorna végül egy csatornarendszerhez kapcsolódik, amely észak felé a Chryse medencébe torkollik.

**b31.gif** A Chryse Planitia északi síkságaira folyó csatornák (20°É, 55°NY)

A kép felső felében lévő csatornarendszer a Maja Vallis. Átlagosan 10 km széles, 1 km mély és 180 km hosszúságú. A csatornákat folyóvíz vághatta, amely a Juventae Chasma-ból (2°D, 61°NY) eredt. Ez egy 250x100 km-es kaotikus mélyedés, amely több száz km-rel délebbre található. A kép alsó felén lévő csatornarendszer a Vedra Vallis. Mindkét csatornarendszer a Lunae Planum idős, kráterekkel borított területéről indul, és a Chryse Planitia fiatalabb síkságaira jut el. A képen látható terület kb. 150 km méretű.

**b32.gif** Áramvonalas szigetek (20°É, 31°NY)

A Valles Marineris kanyonrendszerétől északra és keletre húzódó csatornákat a víz vájta ki. A kép nagyon erős eróziós hatásról tanúskodik (fluviális erózió). Ennek az erózióknak egyik következménye az áramvonalas szigetek kialakulása, ahol a víz az útjába eső akadályokkal találkozott. Ez a kép két ilyen áramvonalas szigetet mutat. A víz folyását az Ares Vallis nyílásának közelében található két, 8-10 km átmérőjű kráter térítette el a Chryse Planitia-n. A víz délről észak felé folyt (a képen alulról fölfelé). Figyeljük meg, hogy a felső sziget folyásirányú végénél elhelyezkedő harmadik nagy kráter körül a törmelékanyag még nem erodálódott. Így ez a kráter bizonyos idővel a csatorna kiszáradása után jött létre. A felső szigetet körülölelő sánc magassága kb. 400 méter, míg a déli sziget kb. 600 méter magas.

**b33.gif** A Pathfinder leszállási helye (19,5°É, 32,8°NY)

Az előző képen látható szigetek délnyugati (balra lefelé) szomszédságában jelölték ki a Mars Pathfinder űrszonda tervezett leszállási helyét. A szonda a bejelölt, 70x200 km-es ellipszis alakú területen fog landolni az Ares Vallis-ben, a Chryse Planitia területén, 850 km-re délkeletre a Viking-1 leszállási helyétől. Ez a hely éppen az Ares-hegység és a Tiu-völgy katasztrófikus eredetű vízfolyásai által vájt csatornáinak területén található. A kiválasztásnál figyelembe vették a hasonlóságot a Washington állam keleti részén található Ephrata-legyezőhöz és a Scabland-árokhoz, melyeket a befagyott Missoula-tó katasztrófikus olvadása vájt ki. Az áradat hordaléka számos helyről gyűlt össze, így lehetővé teszi a Mars ősi felszínéről, a kráterekkel sűrűn borított felföldekről, a gerincekkel tarkított síkságokról és az átformált csatornák területéről származó kövek vizsgálatát. Ezzel választ kaphatunk a kéreg elsődleges differenciálódására és korai fejlődésére vonatkozó fontos tudományos kérdésekre, megvizsgálhatjuk az időjárás hatását, a Mars ősi környezetét és feltételeit. Bár a kőzetminták pontos származási helye nem deríthető ki, a további szondák keringő egységeinek távérzékelői következtetésekre adnak lehetőséget a Pathfinder által megvizsgált minták eredetére vonatkozóan. (Az előző képen látható két kis sziget éppen az ellipszis jobb felső határa mellett helyezkedik el.)

**b34.gif** Völgyhálózat (42°D, 92°NY)

A b30-33.gif képeken látható alakzatokkal szemben a Mars sok völgyrendszere nem mutatja katasztrófikus méretű áradatok nyomait. Inkább a földi vízgyűjtő rendszerekkel mutatnak nagy hasonlóságot, ahol a víz viszonylag kis sebességgel, de hosszú időn keresztül folyt. A képen látható völgyek sokkal kisebbek, mint az előző képek csatornáit. Csakúgy mint a Földön, a folyómedrek egyre nagyobb csatornákká kapcsolódnak össze. Ezek a völgyhálózatok azonban kevésbé vannak kifejlődve, mind egy tipikus földi vízlevezető rendszer. A marsi példánál hiányoznak a kis erősségű vízfolyásra jellemző csatornák, amelyek a nagyobb csatornába továbbítják a vizet. A kisméretű folyóvölgyek hiánya arra utal, hogy a völgyeket elsődlegesen nem az esővíz, hanem a talajvíz vájta ki. Bár folyékony víz jelenleg nincs a Mars felszínén, elméleti megfontolások arra utalnak, hogy a talajvíz egy védő jégréteg alatt képes lehet völgyhálózatokat létrehozni. Mivel a völgyhálózatok a Mars viszonylag öreg tartományaira korlátozódnak, a bolygó régebben melegebb volt, és nedvesebb klímával rendelkezett. Az itt látható kép kb. 200 km átmérőjű.

### **b35.gif** Kiszáradt folyóvölgyek hálózata a Földön

Az űrtávcsővel készült felvétel a Dél-Yemeni Köztársaságban lévő Rubh-al-Khali sivatag óriási homoktengerének déli peremét mutatja az Arab-félszigeten. Az utolsó jégkorszak után a Rubh-al-Khali nyílt préri volt, mérsékelt klímával, sok felhőszakadással. A Jemen tengerparti hegységeiben összegyűlt esővíz vágta a képen látható csatornákat, amint utat tört magának az óceán felé. Mára azonban kiszáradt a vidék.

### **b36.gif** A felszín alatti jég nyomai (22°É, 34°NY)

A 18 km átmérőjű Yuty becsapódási kráter körül látható törmelékanyag-gyűrűk több egymást átfedő redővel rendelkeznek. Az egyenlítő és a közepes szélességi körök környékén található sok kráter mutatja ezt a redőszerkezetet, ami egyáltalán nem jellemző a Hold kisebb krátereire. Ez a szerkezet akkor alakulhatott ki, amikor egy becsapódó objektum hirtelen megolvasztotta a felszín alatti jeget. A folyékony víz hatására a törmelékanyag szétfolyt a felszínen. Így alakíthatta ki a jellegzetes takarót, amely szétfolyásra utaló szerkezetet mutat.

### **b37.gif** Oceanus Borealis (60°É, 40°NY)

A Mars északi féltekéjén lévő síkságok partvonala arra utal, hogy régen a csatornák egy óriási, jéggel fedett tengerbe vagy tóba vezettek. Ha a csatornák egyszerre voltak aktívak, ez az áradat akár egy óceánt is kialakíthatott az alacsonyan fekvő síkságokon. Az óceán a bolygó felszínének akár 30%-át is elfoglalhatta, mélysége elérhette a néhány kilométert. Ezt az elméletet mutatja be a festmény. Több kutató szerint azonban nagyobb a valószínűsége annak, hogy csak kisebb tavak alakultak ki. Az Északi-óceán feltételezését mégsem lehet teljesen elvetni.

### **b38.gif** Kristályvizet tartalmazó ásványok a Marsról

A Nakhla meteorit (lásd a Kövek a Marsról című fejezetet) pásztázó elektronmikroszkóppal készült felvételein olyan ásványokat figyelhetünk meg, melyek kristályvizet tartalmaznak.

- A és B: kalcium-karbonát
- C: magnézium-szulfát
- D: kalcium-szulfát

A kristályvíz kisebb része a magmából származhat. A deutérium-hidrogén izotóp vizsgálatok azonban arra utalnak, hogy jórészt a felszínen került az ásványokba.

### **b39.gif** Vízcsepp a Marsról!

A nakhlit meteoritok tartalmazzák a legváltozatosabb formájú víztartalmú ásványokat. A képen látható vízcseppet ezekből a meteoritokból nyerték. Az ásványok és a víz oxigénizotópjainak analízise arra utal, hogy a víz hőmérséklete 0 °C körül volt.

### Képek a felszínről

A b40-42.gif képeken látható színek számítógéppel fel lettek erősítve, hogy a marsi felszín részletei jól kiemelkedjenek. Ezért a látvány nem pontosan olyan, mintha a Mars felszínén állnánk.

### **b40.gif** A Viking-1 leszálló egységének felvétele a Mars felszínéről (22°É, 48°NY)

A kép az 556. marsi napon készült. A legnagyobb sziklát Big Joe-nak hívják. Kb. 2 méter magas, és 9 méterre van a leszállóegységtől. A Viking-1 nem élte volna túl, ha a szikla tetejére száll le. A Big Joe-t és a terep legnagyobb részét rozsdaszínű por fedi. A szél a porból dűnéket alakít ki, ez különösen jól látszik a Big Joe előtt. A horizontig terjedő felszín kövek, por és dűnék fedik.

**b41.gif** A Viking-2 leszállási helye (48°É, 226°NY)

Tipikus, rozsdabarna homokkal és kődarabokkal tarkított tájkép a Marsról. Figyeljük meg az égbolt (bár nem teljesen valóságos) színét. A marsi égbolt a felkavart por hatására általában narancssárgás, rózsaszínes. Nagyon tiszta időben azonban halványkéknek mutatkozik.\*

**b42.gif** Dér a Viking-2 környékén

A Viking-2 leszálló egysége eléggé északon landolt ahhoz, hogy télen deret figyelhessen meg a felszínen. Az 1979. májusában készült képen vékony, fehér, vízből álló dér fedí be a felszín egy részét. Vastagsága kb. 1 µm (0,001 mm). A kép jobb szélén a szonda részei láthatók.

A Mars holdjai

**b43.gif** A Phobos

A két kis holdacska közül a nagyobbik a Phobos. A Naprendszer legtöbb kis égitestjéhez hasonlóan szabálytalan alakja van, 27x19 km méretű. A képen látható nagy kráter a Stickney, átmérője 10 km. A krátert létrehozó becsapódáskor keletkező barázdák átszelik az egész holdat. A Phobos és a Deimos is a Mars gravitációja által befogott kisbolygók lehetnek. Nagyon alacsony felületi albedójuk, alacsony sűrűségük és spektrális reflexiók tulajdonságaik alapján a szenes kondritok csoportjába sorolhatók.

**b44.gif** A Deimos

Kisebb, és távolabb kering, mint a Phobos. 15x11 km méretű holdacska. Felszíne simább, mint a Phobos-é. Valószínűleg vastag törmelékanyag vagy regolit borítja, ami kitölti a mélyedéseket.

---

\* A marsi égbolt színe többféle változatban is szerepel a szakirodalomban. Ezért az 1997. február 26-án lezajlott WebChat beszélgetésen az Interneten megkérdeztük Jim Murphy-t, a Mars Pathfinder szonda meteorológus csapatának a tagját. Megmagyarázta, hogy az égbolt színe függ az időjárástól. A marsi égbolt általában sárgás-rózsaszínes a légkörben kavargó por miatt. Ha néha teljesen kitisztul, akkor olyan kék, mint a Földön. Ezt a molekulák fényszórása okozza.

## Vulkánok a Marson

(C\_VULKAN)

Először a Mariner-4 űrszonda tárta fel 1965-ben, hogy a Mars felszínét kráterek borítják. Ezek a kráterek azonban becsapódásos eredetre utaltak, s ilyen felszíni formákat mutattak a Mariner-6 és 7 felvételei is. Csak a Mariner-9 derítette ki 1971-ben, hogy a bolygó felszíne sokkal izgalmasabb. Felfedezte a vízvájta csatornákat, az óriási kanyonrendszereket és a vulkánokat. A további űrszondák feltérképezték a többi égitest felszínét. Kialudt vulkánokat találtak a Holdon, a Vénuszon és más égitesteken is. Jelenleg működő vulkánok a Naprendszerben csak a Földön és a Jupiter Io nevű holdján figyelhetők meg.

A Holdhoz hasonlóan a Mars vulkanikus területei kevesebb becsapódási krátert mutatnak, mint a felföldek. A Naprendszer keletkezése után lezajlott erőteljes becsapódások nyomait a vulkanikus aktivitás és a tektonikai folyamatok lerombolták, a lávafolyások beborították. A vulkanikus területeken található becsapódási kráterek száma éppen a vulkánok korára enged következtetni.

A Mars vulkánjai hasonlítanak más égitestek vulkánjaihoz, de magukon viselik a bolygó speciális geológiai viszonyainak a nyomait is. Sok vulkán alapzatát elfedte a repedéseken kiáramló láva, lejtőiket éppen a lávafolyások építették fel, a Hawaii-szigetek Csendes-óceánból kiemelkedő vulkánjaihoz hasonlóan. Ezek a pajzsvulkánok a mons nevet viselik (pl. Olympus Mons). A mons-vulkánok lejtőit bazalt alkotja, emelkedési szögük nem nagyobb, mint  $6^\circ$ . A bazalt-láva kevés szilikátot tartalmaz és alacsony a viszkozitása. Ez lehetővé teszi, hogy nagy távolságokra terjedjen szét.

A tholus-vulkánok kisebbek, mint a mons pajzsvulkánok. Lejtőik meredekebbek, a hajlásszögük elérheti a  $8^\circ$ -ot. A tholus-ok lágája viszkózusabb. Több szilikátot tartalmaz, és a piroklasztikus anyagok (salak és hamu) meredekebb lejtőt tudnak felépíteni.

A patera-k (patera latinul csészealj) komplex, összeomlott pajzsvulkánok. Enyhe lejtőjük van, és a csúcsukon lévő kalderájuk körül bonyolult, csipkés rim-eket találunk. Sok sugárirányú csatorna látható a lejtőiken. Sok patera-t erőteljesen megváltoztatott az erózió (pl. Apollinaris Patera). Mások, mint a Biblis Patera, teljesen szimmetrikusak, beomlott belső falakkal. A patera-k némelyikének extrém eróziója arra enged következtetni, hogy ezek a Mars legősibb vulkánjai.

A fenti elnevezések nem teljesen egységesek. Az Orcus Patera például egy becsapódási kráter neve. A kifejezések tehát inkább a felszíni forma morfológiájára, mint az eredetére utalnak.

### **c01.gif** A Mars legnagyobb vulkánjai ( $141,7^\circ\text{NY}$ )

A Mars csak kb. fele akkora átmérőjű mint a Föld, több vulkánja mégis felülmúlja a legnagyobb földi vulkánok méretét. A kép jobb oldali részén látható négy barna folt négy hatalmas vulkán a Tharsis régióban. A legészakibb közülük az Olympus Mons, a másik három a Tharsis fennsíkon helyezkedik el. A kép alapján megfigyelhető, hogy a Mars vulkánjai nem csak a kitöréses aktivitás centrumai, hanem egyben a bolygó nagyléptékű felszíni formái.

### **c02.gif** Az Olympus Mons ( $18^\circ\text{É}$ , $133^\circ\text{NY}$ )

Ez a hegység a legnagyobb a négy nagy Tharsis vulkán közül. Kb. 600 km átmérőjű, nagyobb, mint Magyarország. 27 km magasra emelkedik a környező síkságok fölé. Az Olympus Mons az egyik legnagyobb vulkán a Naprendszerben. Olyan nagy, hogy alakjának pontos bemutatásához a képet korrigálni kell a felszín görbülete miatt. A hegy lejtőinek átlagos emelkedése a vízszinteshez viszonyítva  $5^\circ$ , ez hasonlít földi pajzsvulkánokhoz.

### **c03.gif** Az Olympus Mons térhatású látványa

Az Olympus Mons magaslatát egy 3-6 km magasságú meredek fal veszi körül, ebben egyedül áll a Mars kráterei között.



#### **c04.gif** Az Olympus Mons kalderái

A vulkán teteje egy csoport egymásba érő, közel kör alakú bemélyedést mutat. Ezek a bemélyedések nagyon hasonlóak a földi pajzsvulkánok csúcsán látható kalderákhoz. A pajzsvulkánok kalderái főleg a magma visszahúzódásának következtében létrejövő beomlások, nem pedig kitörésszerű kiáramlások eredményei. (Lásd még a b16.gif képet.)

#### **c05.gif** Lávfolyások az Olympus Mons-nál (14°É, 134°NY)

Az Olympus Mons lejtőinek alján lávfolyásokat lehet követni még a déli sziklafalon túl is, egészen a környező síkságokra. Néhány lávfolyás jól fejlett gátakat mutat, melyeket a megolvadt kőzet alakított ki. Ezeknek a lávfolyásoknak a mérete nagyjából egyforma, és nagyobbak, mint a földi pajzsvulkánok esetén létrejött lávfolyások, amik például a Hawaii-szigeteken találhatóak.

#### **c06.gif** A Tharsis vulkánok (0°É, 100°NY)

A három Tharsis vulkán a képen fentről lefelé haladva az Ascraeus Mons (c07.gif, c08.gif), a Pavonis Mons (c09.gif) és az Arsia Mons (c10.gif). A három vulkán mindegyike némileg kisebb mint az Olympus Mons. Alapjuknál átmérőjük 350-450 km közé esik, és kb. 15 km-rel emelkednek a környező síkságok fölé. A Tharsis hegyek a Mars kérgének egy felemelkedett, széles pajzsán helyezkednek el, így a csúcsuk kb. ugyanolyan magasan van, mint az Olympus Mons csúcsa. A Pavonis Mons-tól délkeletre lévő törésvonalak a Noctis Labyrinthus-t alkotják. Ez a tartomány a hatalmas Valles Marineris kanyonrendszerhez kapcsolódik, amely tőle keletre helyezkedik el. A képen látható színek hasonlóak a Mars valódi színeihez, de a kontrasztokat kiemeltük hogy bemutassuk a szövevényes felszíni formákat. A vulkánok lejtőinek alján lévő fehér foltok vékony felhőrétegek, amelyek gyakran tűnnek fel a környékükön.

#### **c07.gif** Az Ascraeus Mons csúcsa (11°É, 104°NY)

Ezen a mozaikképen kiemelték a felszín domborzati viszonyait, és lecsökkentették a fényvisszaverő képességben, az albedóban látható változásokat. A komplex kalderát néhány különálló kollapszus-centrum alkotja. A régebbi bersokadásokat átvágták a későbbi események során bekövetkezett beomlások. A legalsó, kör alakú szint megőrizte a legutolsó lávfolyás nyomait, ami az utolsó nagy beomlást követte. A kaldera déli fala 3 km magas. Lejtői legalább 26°-os szöget zárnak be a vízszintessel. A kaldera-komplexum néhány lávfolyást is átvág, ami azt jelöli, hogy a lávfolyások megelőzték a bersokadások bekövetkezését, a lávfolyások forrását pedig eltüntette a kalderák képződése. A nyíl a következő képen látható lávfolyásokat jelöli.

#### **c08.gif** Az Ascraeus Mons lávfolyásai (10°É, 105°NY)

Ez a kép közlőrl mutatja az előző kép egy részét. A közepen lévő lávfolyások töltései ugyanolyan méretűek, mint Hawaii-n a Mauna Loa-n 1984-ben bekövetkezett lávfolyások. A földi pajzsvulkánokhoz hasonlóan a Mars pajzsvulkánjait is több ezer lávfolyás alakította ki.

#### **c09.gif** A Pavonis Mons (0°É, 113°NY)

Az Ascraeus Mons összetett kalderájával ellentétben a kör alakú kaldera egyetlen beomlást mutat, de lehetséges, hogy ezt az utolsó eseményt kisebb beomlások előzték meg, amiket a jelenlegi kaldera teljesen eltüntetett. A Pavonis Mons csúcsának legnagyobb része megsüllyedt, de nem a kaldera kialakulása miatt. Az északkeleten látható gerinc a süllyedés zónájának határát mutatja. A kalderától nyugatra lévő kis fehér foltok porfelhők lehetnek, amelyeket a viszonylag erős szél hozott létre, amint lefelé fújt a vulkán lejtőjén.

#### **c10.gif** Az Arsia Mons (9°D, 120°NY)

Az Arsia Mons vulkánja jelentősen nagyobb, mint az Ascraeus Mons és a Pavonis Mons kalderája. De az Arsia Mons utolsó nagy kollapszusát egy nagymértékű lávaömlés követte a kalderán belül. A kaldera gyűrűje meghasadt a délnyugati oldalon. A kaldera talaját elöntő láva pedig eltemette az északkeleti gyűrű egy részét. Ezen törések között a kalderában jónéhány nagyon lepusztult domb

látható, ezeket nyíl jelöli. Talán a kalderát kitöltő láva forrásait jelzik. A törések közelében a pajzs oldala erősen lepusztult, és lávafolyások nyúlnak a bemélyedésekig. Fontos tény, hogy a dombok és a pajzs bemélyedései párhuzamosak a három Tharsis vulkánnál, ami azt jelöli, hogy ez a folyamat az egész Tharsis tartományra kiterjedt.

#### **c11.gif** Az Alba Patera (40°É, 110°NY)

Ez a vulkán hasonló méretű Olympus Mons-hoz, de nem olyan magas. Kevesebb, mint 7 km-re nyúlik a környező felszín fölé. Az Alba Patera-nak is megvan a maga sajátossága, egy különleges törésvonal sorozat húzódik mellette, észak-déli elhelyezkedéssel. Ezek a törésvonalak látszólag az Alba Patera komplexum központi részéről indulnak ki. Az Alba Patera kis magassága egy Olympus Mons méretű szerkezet összeomlására utal, de erre nincs közvetlen bizonyíték. Egy másik magyarázat szerint története során sokkal erőteljesebb kitörések játszódtak le, mint a lávafolyásokra jellemző kiömlések, és így a piroklastikus anyagok (pl. hamu) jelentős részét elboríthatták. Az Alba Patera idősebb mint a Tharsis tartomány pajzsvulkánjai. Eltérő szerkezete arra utal, hogy változás jött létre a Mars vulkánkitöréseinek szerkezetében.

#### **c12.gif** Az Alba Patera lávafolyásai (46°É, 115°NY)

A képen látható lávafolyások jelentősen nagyobbak, mint a pajzsvulkánoknál lévők. Az árnyék mérete több helyen is 50 m-es vastagságra utal. A lávafolyások felülete sima, legalábbis ennél a felbontásánál, és nem mutatják a sok pajzsvulkánnál fellépő lávafolyásokra jellemző központi csatornát sem. A fennsík, ahol ezek a lávafolyások elhelyezkednek, olyan tartományokat mutat, melyeket folyékony anyag vághatott bele. Lehetséges, hogy ez a folyadék víz volt, amit talán a lávafolyások hője szabadított ki a talajból.

#### **c13.gif** Az Ulysses Patera (3°É, 121°NY)

Ez a kép egy olyan vulkántípust mutat, amely jelentősen kisebb a széles pajzsvulkánoknál, de még az Alba Patera-nál is. A csúcán egyetlen szabályos kör alakú kaldera látható, sima talajjal, melynek kialakulása megelőzi a két nagy becsapódási kráter keletkezését, amelyekből láva folyt rá. A vulkán lejtőinek alját, beleértve a becsapódási kráterek részeit is, olyan anyag borítja, amely a környező síkságokról származik. Ez az egymásra rakódás azt jelöli, hogy a síkságok a vulkán és a nagy becsapódási kráterek keletkezése után jöttek létre. A síkságokat valószínűleg a Tharsis hegyek kialakulása után a Tharsis kiemelkedő pajzsáról lefolyt láva alakította ki. A síkságokat és a vulkánt is egy árok szeli át, amely a síkságok létrejöttét követő tektonikus aktivitásra utal.

#### **c14.gif** A Biblis Patera (2°É, 124°NY)

Az előző képen látható Ulysses Patera közelében helyezkedik el. Lejtőinek alját szintén beborítja a környező síkság anyaga, ami a Tharsis hegyeket is körülveszi. A Biblis Patera északnyugati lejtője (a csúcson lévő kalderától balra) kevésbé van befedve a síkság anyagával, mert a Tharsis hegyek kiemelkedő pajzsáról lefolyó láva körülvette a Biblis Paterát. A csúcson lévő kaldera kör alakú, de belső szerkezete többszörös beomlásra utaló nyomokat mutat.

#### **c15.gif** Ceraunius Tholus (24°É, 97°NY)

Ennél a vulkánnál jól megfigyelhetők az események egymásra következését jelölő sztratigráfiai nyomok. A vulkán lejtőinek alját a környező síkság anyaga borítja, mint ahogy a c13.gif képen az Ulysses-nél és a c14.gif képen a Biblis-nél. De egy nagy becsapódási kráter jött létre mind a vulkán, mind a síkságok keletkezése után. Ez a kráter a kép felső részén látható. A becsapódási kráteren belül azonban vulkáni anyag figyelhető meg a nyíl hegyénél, egy hullámos csatorna nyílásánál, amely a nagy vulkán lejtőjétől a csúcson lévő kráterig terjed. Egy kisebb hullámos csatorna is látható a vulkán nyugati falán (balra), amelyből szintén finom, szövevényes szerkezetű anyag borította el a fennsíkot. A kép baloldali részén árkok sorozata látszik. A bal felső részen lévő kicsi becsapódási krátert kissé átvágja az egyik árok, a baloldali rész közepén látható nagyobb kráter szétszóródott törmelék anyagát is szétvágja néhány árok. A vulkán északi oldalán néhány lávafolyás

látszik, egy ilyen csatorna belép a hosszúkás kráterbe és részlegesen lávával tölti ki. Ez a kép kb. 215 km méretű. (Lásd még a d11.gif képet.)

#### **c16.gif** Az Elysium Mons (15°É, 213°NY)

Ez a vulkán a Mars-kéreg felemelkedett részének tetején helyezkedik el, amely hasonló és nem sokkal kisebb, mint a Tharsis vulkánok pajzsa. Az Elysium Mons lejtői meredekebbek, mint a pajzsvulkánok lejtői. Kb. 10°-ot zárnak be a vízszintessel, így az Elysium Mons kémiailag összetettebb szerkezetű vulkáni anyagból áll, mint a Tharsis hegységekről lefolyt láva. Egyetlen szabályos kör alakú kaldera foglal helyet a vulkán csúcsán. Néhány nagy csatorna ered a vulkán északnyugati részén, melyet talán az a folyékony iszap és víz vágott, amit az Elysium vulkanizmusánál felszabaduló hő olvasztott meg.

#### **c17.gif** A Hecates Tholus (33°É, 210°NY)

Az Elysium Mons-tól északkeletre helyezkedik el. Hasonló méretű, és közel van a felemelkedett kéregtartomány csúcsához. Néhány beomlott rész figyelhető meg a kaldera komplexumában. A kaldera gyűrűjét legalább két hullámos csatorna hasította át. A vulkán lejtőit sűrűn borítják repedések, ami jelentős korra utal. A csúcson lévő kalderától nyugatra fekvő, nyíllal jelölt tartományban a kráterek száma azt jelzi, hogy a kitörésekből származó piroklasztikus anyag, hamu temethette el a repedéseket.

#### **c18.gif** Az Apollinaris Patera (8°D, 186°NY)

Ez a vulkán kb. 2700 km-rel délkeletre fekszik a Elysium Mons-tól, közel az északi félteke kráterekkel sűrűn borított részének határához. Déli lejtőjét sugárszerűen szétterjedő lávafolyások borítják. A láva a délkeleti falon lévő résen keresztül áradt ki. A kaldera talaján képződésének különböző epizódjai őrződtek meg. A talaj legalacsonyabb része valószínűleg egyszerre jött létre a déli lejtőt fedő lávafolyásokkal.

#### **c19.gif** A Tyrrhena Patera (22°D, 253°NY)

A kráterekkel sűrűn borított déli felföldeken elhelyezkedő vulkánok mind a Tharsis, mind az Elysium vulkánjaitól nagyon eltérő szerkezetet mutatnak. A Tyrrhena Patera magassága nagyon kicsi, kevesebb mint 2 km. Ez a falak kis lejtésének a következménye. A vulkán lejtői erősen lepusztultak, a központi tartománytól sugárirányban sok széles csatorna indul ki. A kis magasság és a falak könnyen lepusztuló anyaga arra utal, hogy a vulkán legnagyobb részét piroklasztikus üledék, por vagy hamu alkotja. Ez a magyarázat azt is feltételezi, hogy a Tyrrhena Patera-hoz hasonló felföldi vulkánok kitörései jelentősen különböznek a pajzsvulkánokat felépítő lávaömlésektől.

#### **c20.gif** A Hadriaca Patera (30°D, 267°NY)

A Tyrrhena Patera-hoz hasonlóan a Hadriaca Patera is erősen lepusztult jellemzőket mutat, kis magassággal. Néhány becsapódási kráter látható a lepusztult lejtőkön, ami a vulkán magas korára utal. Egy nagy csatorna indul a vulkán délkeleti peremétől. A csatornát kivájó anyag délnyugaton a Hellas-medencébe folyt.

#### **c21.gif** A Tempe vulkán (36°É, 86°NY)

A Mars vulkánjai általában nem olyan hatalmas hegységek, mint a Tharsis hegyek. A nyíl hegyénél látható elnyúlt, egyenes vonalú bemélyedés egy nem túl jelentős kitörés következtében jött létre. A szétszóródó anyag a Földön is megfigyelhető hamukúpokhoz hasonló szerkezetet mutat. Ez az alakzat a területen lévő árkokhoz igazodik, ami arra utal, hogy a kéreg gyenge, és ez hozhatta létre a vulkánkitörést.

#### **c22.gif** A Hellas dombjai (43°D, 239°NY)

A Mars legkülönbözőbb területein megfigyelhető számos kis domb mutat a csúcsán krátereket. Az itt látható dombok a Hellas medence keleti részén helyezkednek el. Freatikus, azaz a talaj

felszínéhez közel lévő gőzkitörések hozták létre ezeket a formákat, ahol a láva kölcsönhatásba lépett az illékony anyagokban gazdag talajjal. A kép felbontása azonban nem teszi lehetővé a dombok vulkanikus eredetének a bizonyítását.

## Becsapódási kráterek (D\_BECSAP)

A Naprendszer szilárd kérgű égitestjeinek legjellemzőbb felszíni formái a becsapódási kráterek. Csak a Föld és a Jupiter Io nevű holdja jelent kivételt, ahol majdnem az összes kráter vulkanikus eredetű. A Marson már az első Mariner űrszondák felfedezték a becsapódások nyomait.

A Mars területeinek korára kizárólag a becsapódási kráterek eloszlásából következtethetünk. Minél több becsapódási kráter található egy adott területen, annál idősebb a felszín. A kráterek szerkezete lehetővé teszi a marsi felszín természetének feltárását is. A kráterek körül iszapszerűen szétfolyt törmelékanyag például gyakran megfigyelhető a Marson, de nagyon ritka a Holdon. Ez arra utal, hogy a Marson a felszín közelében illékony anyagok, jég és víz helyezkedhet el. A lepusztult becsapódási kráterek pedig a szél, a folyóvíz és a vulkanikus aktivitás változásaira utalnak.

Az 5 km-nél kisebb kráterek emlékeztetnek a Hold krátereire. Csészéhez hasonló alakúak, kiemelkedő peremmel és törmelékanyaggal. Az 50 km-nél nagyobb átmérőjű kráterek inkább síkságoknak tekinthetők, melyeket gyűrűs hegységek vesznek körül. Sokkal laposabbak holdbéli megfelelőiknél, peremük megkopott, erodálódott. A Lowell kráterhez hasonló, többszörös gyűrűvel körülvett medencék hatalmas becsapódások következtében jöttek létre.

Az 5 és 50 km közötti átmérőjű kráterek általában központi csúccsal rendelkeznek, melyet a felcsapódó anyag alakított ki. A becsapódás során szétszóródó törmelékanyag változatos megjelenést mutat. A felszín és a felszín alatti rétegek tulajdonságaitól függően szétfröccsenő sugarak, dimbes-dombos terep vagy lebernyegegk jöttek létre. A lebernyegegk a Mars különleges alakzatai. Egyes kráterek egyetlen lebernyeggel vannak körülvéve. Mások kettős lebernyeggel rendelkeznek. Néhány kráter szétszóródó törmelékanyaga pedig egy virág szirmaihoz hasonló, komplex szerkezetet mutat (pl. a Yuti kráter, lásd a d05.gif képet).

Valószínűleg a Mars darabjai az SNC meteoritok, s ezeket is egy nagy becsapódási esemény szórta le a bolygóról. Forrásuk még nincsen azonosítva a felszínen, de az egyetlen lehetőséget szolgáltatják ahhoz, hogy a Marsról származó minták korát meghatározzuk.

A Mars felszíni alakzatai olyan becsapódási és egyéb folyamatok során jöttek létre, amelyek sehol máshol nem láthatók a Naprendszerben. A jövőbeli Mars-expedícióknak a becsapódási kráterek következtében szétszóródott anyagot kell megvizsgálniuk, egyébként nem férhetnének hozzá a mélyben lévő mintákhoz. A becsapódási kráterek nagymértékben hozzásegítenek minket, hogy kibogozzuk a Marsot, a vörös bolygót övező rejtélyeket.

### **d01.gif** Vulkanikus és becsapódási kráterek (a kráter: 17,7°É, 209,4°NY)

A képen látható legnagyobb kráter a 34 km átmérőjű Albor Tholus kalderája. Ezt a kalderát és a vulkán oldalán sok kisebb krátert a visszahúzódó magma alakította ki. A vulkán lejtőjén megfigyelhető 11 km átmérőjű (a képen nyíllal jelölt) kráter azonban becsapódási eredetű. Sokszor nehéz megkülönböztetni a kétféle krátert egymástól. Figyeljük meg, hogy a becsapódási krátert törmelékanyag-takarója veszi körül. Néha a törmelék nyomain erodálódnak, vagy lerakódások fedik el. A becsapódási kráterek másik jellemzője a kiemelkedő perem, a rim. Ezt a kéreg deformációja és a becsapódáskor felrepülő, majd visszahulló törmelék alakítja ki. A magma visszahúzódása során létrejövő vulkáni kráterek nem rendelkeznek rimmel, de a kitoréses vulkanizmus szintén létrehozhat rimeket. A vulkáni kráterekhez viszont gyakran kapcsolódnak lávafolyások. Így gondosan mérlegelni kell ezeket a nyomokat a kráterek természetének felderítéséhez. Megkülönböztetésük főleg a Mars vulkanikus területein nehéz. A bolygó többi részén elég feltűnő az eltérés.

### **d02.gif** A kráterek eloszlása

A térkép a 65°-os szélességi körök közé eső, 15 km-nél nagyobb kráterek eloszlását mutatja a Marson. Természetesen sok ezer kisebb kráter is létezik, melyeket nem tüntettünk fel. A Mars felszínének kb. 60 %-át sűrűn borítják kráterek, így nagyon öreg. A maradék 40 %-on viszonylag kevés kráter található, ami fiatalabb korra utal.

**d03.gif** Sánc a törmelékanyagból (a centrális csúccsal rendelkező kráter: 34,3°É, 258,6°NY)

A Mars legtöbb fiatal becsapódási krátere kör alakú, melyet lebernyegszerűen elhelyezkedő törmelékanyag vesz körül. Ezt általában sáncnak nevezik. A törmelékanyag ez a fajtája a felszín alatti jég megolvadásának a következtében jöhetett létre. A megolvadást a becsapódás során felszabadult hő eredményezte. Ha ez valóban így történt, akkor a sáncokrátetek globális eloszlása arra utal, hogy óriási készletek találhatóak a bolygón a felszín alatti jégből és vízből. Figyeljük meg a központi csúcsok előfordulását a legnagyobb becsapódási kráterek némelyikében. Központi csúcsok a Marson általában azokban a becsapódási kráterekben fordulnak elő, amelyeknek az átmérője nagyobb mint 10 km. A kép közepén lévő kráter 13 km átmérőjű.

**d04.gif** Kettős sánc (a kráter: 42,5°É, 15,0°NY)

Sok marsi becsapódási kráter több lebernyeget is mutat maga körül. A képen egy 24,5 km átmérőjű, több lebernyeges kráter, az Arandas látható. A Mars északi pólusának közelében helyezkedik el egy dimbes-dombos felföldön, ahol a krátereket jellegzetes fehér haló veszi körül. Ezt a fehér halót tiszta jégből álló üledékanyag alkotja, amely a piszkosabb felszínen szóródott szét. A kráter alatt a töredezett terepre látunk szép példát, amely a jég, a vulkanikus és tektonikus folyamatok következtében jött létre.

**d05.gif** A Yuty kráter lebernyege (a centrumban lévő kráter: 22,2°É, 34,0°NY)

A szétszóródott törmelékanyag többlebernyeges szerkezetű. A falon teraszok látható. A jellegzetes centrális csúcs arra utal, hogy a 19 km átmérőjű Yuty fiatal, komplex kráter. A Yuty gyűrűjéhez kívülről kapcsolódó, előzőleg létrejött kráter átlátszik a szétszóródott törmelékanyagon. Ez azt jelöli, hogy a marsi krátereket körülvevő üledék viszonylag vékony réteget alkot.

**d06.gif** Réteges üledékanyag (a 37 km átmérőjű kráter: 2,4°D, 177,0°NY)

Ennek a képnek a kráterein megfigyelhetjük a becsapódó anyag hatását a kráter szerkezetére és a szétszóródó törmelék morfológiájára. A krátereket vastag üledék vesz körül a Mars egyenlítőjének környékén. A kép közepén látható 37 km átmérőjű kráter tipikus lebernyeggel van körülvéve, amelyre sugárirányban szóródott szét a törmelékanyag. Ez sokkal gyakoribb jelenség a Hold krátereinél. Mint az ilyen méretű, hasonló szerkezetű példánál, a kráter falai itt is többször beroskadhattak, ami valószínűleg a felszín alacsony szilárdságára utal. A szél nagyon könnyen széthordta a törmelék anyagát, erre utal a legtöbb környező kráter lepusztult és sekély megjelenése.

**d07.gif** Összefüggés a kráterek mélysége és átmérője között

A kis kráterek a Földön, a Holdon, de különösen a Marson egyszerű, medence alakú megjelenést mutatnak. A nagyobb kráterek jóval összetettebb szerkezetűek, központi csúccsal, a falon teraszokkal, törmelékanyaggal a talajukon. Sokkal sekélyebbek, mint az egyszerű kráterek. Az egyszerű és a komplex krátereket elválasztó határ elsősorban a bolygó gravitációs terének erősségétől függ.

**d08.gif** Sugárirányban szétszóródott törmelékanyag (a kráter: 50,7°É, 343,7°NY)

Az átmérő növekedésével a törmelékanyag sáncok képződése helyett sokkal inkább sugárirányban szóródik szét, a holdhoz hasonló megjelenésű lesz. Ez azt jelöli, hogy a kráter mélyebbre nyúlik le, ahol már nincs jelentős mennyiségű felszín alatti jég, a törmelékben szárazabb anyag dominált. Figyeljük meg, hogy az átmérő növelésével a kráter belső szerkezete is egyre bonyolultabb lesz.

**d09.gif** Központi gyűrű (a kráter: 53,5°D, 171,6°NY)

Ha a kráter eléri a kb. 100 km átmérőt, az egyetlen központi csúcsot egy gyűrűszerű hegység helyettesíti. A központi gyűrű átmeneti állapotot jelent a centrális csúcs és a nagy méretű, többszörös gyűrűvel körülvett medencék között. A képen látható kráter 131 km átmérőjű.

**d10.gif** Az Argyre-medence

A Holdon, a Marson és a Merkúron látható óriási medencéket a Naprendszer korai szakaszában a gyakori becsapódások időszakában hozták létre az óriási ütközések. Ez a 900 km átmérőjű Argyre-medencéről ferde szögben készült felvétel bemutatja a medence sima talaját, a hullám alakú gerinceket és a gyűrű hegyszerű szerkezetét. A bolygó peremén látható vékony, fényes csíkok a ritka marsi atmoszférában lebegő ködfelhők. Az Argyre-medence a legfiatalabb a Mars óriási medencéi között.

**d11.gif** Elliptikus kráter (a kráter: 25,2°É, 97,5°NY)

A bolygók felszínére becsapódó objektumok nagy sebessége miatt a becsapódási kráterek még akkor is közel kör alakúak, ha a becsapódás iránya nem pont merőleges volt. A kráter törmelékanyagának elhelyezkedése az egyetlen nyom arra vonatkozóan, hogy a becsapódó objektum kisebb szögben érkezett. Csak ritkán találni valóban elliptikus alakot, mint ez a 33x20 km méretű kráter, amely a Ceraunius Tholus vulkán szélén helyezkedik el. Olyan becsapódás hozhatta létre, amely 15 foknál kisebb szöget zárt be a felszínnel. A kráter nagyon fiatalnak látszik, de a talaját a csatorna végénél beborító vulkanikus üledék arra utal, hogy egy vulkánkitörés már a becsapódás után játszódott le. Ezt a vulkánkitörést talán éppen a becsapódás hozta létre. Ez a kráter az egyik lehetséges forrása az SNC meteoritoknak. (Lásd még a c15.gif képet.)

**d12.gif** A Viking-2 leszállási helye (44°É, 226°NY)

A sárga kör a Viking-2 leszállási helyét jelöli az Utopia síkságon. A szonda a 103 km átmérőjű Mie kráter szétszórt törmelékanyagának területén szállt le. A kráter a sárga körtől jobbra látható.

**d13.gif** A Viking-2 felvétele a felszínről

A Viking-2 ezt a képet a Mars felszínén készítette. A képen látható kövek és sziklák a Mie kráter becsapódása során jöhettek létre és szóródhattak szét. Maga a kráter 170 km távolságban van a leszálló egységtől, túl a horizonton.

A d14-d18-es képek hasonló méretű, 25-27 km átmérőjű krátereket mutatnak, amelyek a lepusztulás különböző állapotaiban vannak. A kráterek gyűrűs falán, belsejében és a törmelékanyagban látható részletek jól jelölik a kráterek relatív korát.

**d14.gif** Fiatal kráter (28,8°É, 152,8°NY)

Ezen a képen egy 26 km átmérőjű, fiatal becsapódási krátert láthatunk. Figyeljük meg a többlebernyeges törmelékanyag szerkezetét és a határozottan kivehető központi csúcsot.

**d15.gif** Kisebb mértékben lepusztult kráter (30,7°É, 79,9°NY)

Ez a 25 km átmérőjű kráter kissé idősebb, mint az előző képen látható társa. A törmelékanyag jobban kisimult. Ez a kráter valószínűleg valamilyen széttöredezés idején keletkezett. A krátert és a törmelékanyagot néhány vetődés átszeli, más vetődésekre pedig rátelepültek.

**d16.gif** Kráter hiányzó törmelékanyaggal (31,2°É, 86,3°NY)

Ez a 26 km átmérőjű kráter elég régen jött létre ahhoz, hogy törmelékanyaga teljes mértékben erodálódjon, minden nyoma eltűnjön. Az előző két kráterrel ellentétben belső szerkezeti formák sem láthatók benne. A medencét valószínűleg ugyanaz az anyag töltötte ki, amely a környező síkságokat is kialakította.

**d17.gif** Lepusztult kráter (46,3°É, 63,0°NY)

Ez a 25 km átmérőjű kráter erőteljes lepusztulási folyamatnak volt alávetve. Nem látható törmelékanyag vagy belső szerkezet maradványa, és a kráter gyűrűjének legnagyobb része is eltűnt. A lepusztult gyűrű és a kitöltött medence sekély megjelenést ad a kráternek.

**d18.gif** Betemetett kráter (64,0°É, 90,7°NY)

Az üledékanyag majdnem teljesen befedte ezt a 27 km átmérőjű krátert. Csak sáncának körvonalai jelölik létezését. A becsapódási kráterek megjelenését, belső szerkezetüket, a szétszóródó törmelékanyag morfológiáját elsősorban a bolygón fennálló viszonyok alakítják. A vulkanikus és tektonikus aktivitás, a szél és a folyóvíz következtében létrejött hatások módosították a legtöbb marsi becsapódási kráter formáját.

**d19.gif** Belső lerakódás (a kráter: 63,3°D, 155,8°NY)

A becsapódási kráterek talaján gyakran gyűlik össze törmelékanyag. A kis szabálytalan alakzat ebben az 53 km átmérőjű kráterben szélfújta törmelék lehet, vagy öreg jéglerakódás. Az üledékben rétegek figyelhetők meg.

**d20.gif** Lerakódás a pólusok környékén (a legnagyobb kráter: 79,1°D, 232,0°NY)

Mindkét marsi pólussarkát szélfújta anyag vastag lerakódásai veszik körül, amelyek mérete megnő vagy lecsökken a nagyléptékű éghajlati ciklusok hatására. Ahogy a lerakódások vastagsága csökken, az eltemetett becsapódási kráterek ismét láthatóvá válnak. A legtöbb kis krátert eltörli ez a folyamat, de a nagyobb kráterek általában túlélnek, bár erősen lepusztulnak és talajukat gyakran törmelék borítja. A képen látható legnagyobb kráter 49 km átmérőjű.

**d21.gif** Eskerek az Argyre medencében (55,5°D, 40,2°NY)

Ennek a 7 km átmérőjű kráternek a lepusztulása kapcsolatban lehet a krátert körülvevő hullámos gerinckel. A gerincek vulkanikus eredetűek, a fedő anyag eltávolítása után maradtak meg. Egy másik elmélet szerint ezek a gerincek a jégkorszakok maradványai. A pusztuló jégtáblákban kialakuló áramlási csatornák hordalékanyaga alkotja őket. Ebben az esetben az erózió hozhatta létre a kráter lepusztulását.

**d22.gif** Kaotikus terep (a kráter: 0,3°D, 22,7°NY)

A képen látható kusza, köves, sziklás szerkezetű felszínt kaotikus terepnek hívják. Sok kaotikus terep kör alakú megjelenése arra utal, hogy betemetett becsapódási kráterek játszottak szerepet a kialakulásukban. A kráter 62 km átmérőjű. A törésvonalak alapján arra következtethetünk, hogy a kráter valamikor beomlott.

**d23.gif** Törésvonalak (a kráter: 53,8°É, 97,4°NY)

A becsapódási krátereket felhasználhatjuk a tektonikus aktivitás időszakainak feltárásához a szuperpozíció elve alapján. Az 53 km átmérőjű, erősen lepusztult kráter a törések következtében erősen deformálódott, a fiatalabb kráterek viszont nem deformálódtak. Így az események sorozata ebben a tartományban a következőképpen ment végbe. Először a nagy becsapódási kráter jött létre. Utána környezetével együtt részlegesen eltemetődött, aztán létrejöttek a törésvonalak, végül a kisebb becsapódási kráterek keletkezése zajlott le.

**d24.gif** A Phobos becsapódási krátere

A 19x27 km méretű Phobos fő felszíni alakzata a 10 km átmérőjű Stickney becsapódási kráter és a belőle induló sugárirányú barázdák. A holdacskát egy a Stickney-nél kissé nagyobb becsapódás már darabokra törte volna. A barázdák 100-200 m szélesek és kb. 20 m mélyek. Arra utalnak, hogy a becsapódás során a hold hatalmas rengéseket élt át. A Phobos pályamérete lassan csökken, a számítások szerint kb. 50 millió év múlva be fog csapódni a Mars felszínére. Egy új marsi becsapódási kráter keletkezik, amely kb. 100 km átmérőjű lesz. (Lásd még a b43.gif képet.)

**d25** A Deimos

A 11x15 km méretű Deimos felszíne nagyon sima, mert vastag törmelékanyag borítja, ami részlegesen elfedi a legtöbb krátert. A nagyobb felbontású képeken azonban ház méretű



sziklatömbök láthatók, amelyek valószínűleg a becsapódási kráterek keletkezése során jöttek létre. (Lásd még a b44.gif képet.)

## **A szél felszínformáló hatása** (E\_SZEL)

Már a Mars korai távcsöves megfigyelései is felfedték, hogy a felszíni alakzatok időről-időre változnak. A sóvárgó gondolatokban ezeket a változásokat egy óriási marsi civilizáció bizonyítékának tekintették. Ma már tudjuk, hogy nem létezik magasabb rendű élet a bolygón. A felszín azonban valóban változik, s ebben legnagyobb szerepe a szélnek van.

McLaughlin volt az első, aki 1954-ben arra következtetett, hogy a periodikus albedóváltozások inkább a szél hatásának köszönhetők, mintsem valamiféle vegetáció kialakulásának. A marsi szél bizonyítékait azonban nagyon nehezen lehet megfigyelni földi távcsövekkel. Az első űrszondák is csak egy kis részét fedték fel a bolygó felszínének. A Mariner-9 és a Viking űrszondák felvételei azonban jóval részletesebb képet mutattak. A több, mint 50 ezer fotón számos példát találunk a szél felszínformáló hatására.

### Eolikus aktivitás

A szél felszínalakító munkája jelenleg is folyik a Marson, amelyet a légköri porviharok, portölcsérek és talán még tornádók kialakulása is bizonyít.

#### **e01.gif** Lokális porfelhők (-21°D, 117,5°NY)

A marsi szél folyamatosan átrendezi a porrészecskéket. A képen valószínűleg olyan porcsóvákat látunk Syria Planum déli részén, amelyeket az északról fújó szél emelt fel a régi vulkáni lávafolyások alkotta felszínről. A csóvák óriási méretűek, hosszúságuk 20 km, magasságuk pedig eléri az 1 km-t. Méretük hasonlít néhány földi porfelhőhöz.

#### **e02.gif** Helyi porviharok (70°D, 63°NY)

A helyi porviharok elég gyakoriak a Marson. Főleg azokon a területeken fordulnak elő, amelyeken erőteljes a felszín és/vagy a hőmérséklet változása, általában a pólussapkák környékén. Itt a legerősebb a felszíni szél. A képen látható porvihar néhány száz km kiterjedésű, és a déli pólussapka peremének közelében, az Argyre Planitia-tól délnyugatra helyezkedik el. Figyeljük meg a dér maradványait néhány kráter pereme közelében. Egyes helyi porviharok nagyra nőnek, mások pedig elhalnak.

#### **e03.gif** Regionális porviharok

A marsi porviharok nagyra nőhetnek, akár az egész bolygót befedhetik. A képen egy olyan regionális porvihar látható a Thaumasia területen, amely később globális porviharrá fokozódott. A méretek érzékeléséhez figyeljük meg a perem görbületét. A nyíllal jelölt, a peremmel párhuzamos fényes csíkokat a marsi atmoszféra magasan lévő rétegeiben lebegő kondenzátumokról vagy porról visszaverődő fény okozza.

#### **e04.gif** Portölcsérek (40,3°É, 144,7°NY)

Nem a porvihar az egyetlen eolikus aktivitás a Marson. Sokszor portölcsérek is láthatók. Ezek nagyon gyakoriak a Föld sok területén. A légkör alsó részében lévő hőmérsékleti instabilitás hozza létre őket, ahol az erős napsugárzás felmelegíti a felszínt. A melegebb levegő felszáll, és hideg levegő kerül a helyére. Ez a folyamat gyakran kis örvényeket kelt. A Földön a portölcsérek kisebb károkat okozhatnak az épületekben, de a Marson sokkal nagyobbak lehetnek. Az a) képen nyilakkal

jelölt portölcseréket és árnyékukat láthatjuk az Arcadia Planitia területén. A b) képen ugyanezt a területet portölcserék nélkül mutatjuk be. A mindkét képen látható, függőleges, fekete-fehér nyilak az állandó felszíni alakzatokat jelölik. Az a) képen lévő függőleges csíkok és szabályosan elhelyezkedő pontok nem felszíni formák, hanem a kép kalibrációját szolgálják.

#### **e05.gif** Tornádó nyomok (49°D, 328°NY)

Tornádók is előfordulhatnak a Marson, bár közvetlenül még nem figyeltek meg ilyen jelenséget. Bizonyos évszakokban és bizonyos szélességeken azonban hosszú, sötét sávok láthatók, amelyek hasonlóak a földi tornádók nyomaihoz. Feltételezhetően a tornádó elmozgatja a fényes, finom anyag vékony rétegét és így felfedi a sötétebb, durvább felszínt. A következő pontban tárgyalt sok sötét sáv így jöhetett létre. A por leülepedése aztán fokozatosan elmossa a sávokat. Számos ilyen sáv látható ezen a képen a Hellas Planitia keleti részén. A kráterekben lévő sötét foltok nagy homokdűnék lehetnek.

#### Szélsávok

A szélsávok talán a legfeltűnőbb és legáltalánosabb eolikus formák a Marson. Rövid idő alatt is változások figyelhetők meg bennük, mert jelenleg is aktív az őket létrehozó eolikus erózió és/vagy ülepedés.

#### **e06.gif** Sötét sávok (30,7°D, 119°NY)

A sötét sávok valószínűleg akkor alakulnak ki, amikor a szél eltávolítja a vékony porréteget, így felfedi az alatta lévő sötétebb felszínt. Ennek anyaga lehet ugyanolyan vagy másmilyen is, általában minél finomabb részecskékre van felosztva, annál nagyobb az albedója. Megfigyelhető a sötét sávok kifejlődése és rövid idő alatt lejátszódó jelentős megváltozása, amely mutatja azt a sebességet, amellyel a vékony porréteg lepusztul. A sötét sávok majdnem mindig kráterekkel vagy más topográfiai akadállyal állnak kapcsolatban. Ezek nyomában a turbulencia fokozza az eróziót. A két kép csak 30 földi nap különbséggel készült.

#### **e07.gif** Fényes sávok (a kráter: 8,2°É, 297,4°NY)

A fényes sávok is kráterekkel és más topográfiai alakzatokkal kapcsolatosak. Az uralkodó szélirányt jelzik, a képen keletről nyugat felé. Valószínűleg a leülepedő por alakítja ki őket a kráterek szélmentes oldalán. A legtöbb fényes sáv sok-sok éven keresztül viszonylag állandó irányú és fényességű, bár néhánynak az elhelyezkedésében észre lehetett venni finom változásokat az alatt az 5-7 év alatt, ami a Mariner-9 és a Vikingek megérkezése között eltelt. A kép felső részének közelében lévő kráter feltűnő központi gödröt mutat, ami a felszín alatti illékony anyagok jellemzője. A lebernyeges törmelékanyaggal rendelkező nagy kráter 26 km átmérőjű.

#### **e08.gif** Sötét és fényes sávok (28°D, 245°NY)

Néhány helyen mind a fényes, mind a sötét sávok ugyanahhoz a topográfiai kiemelkedéshez kapcsolódnak. A fényes ülepedési sávok a porvihar csillapodó fázisában alakulnak ki, majd a sötét, eróziós sávok a vékony porréteg eltűnése során keletkeznek. A fényes sávokat alkotó port nagyon nehéz a szélnek elmozdítani, így a fényes sávok könnyen túlélhetik azt a kismértékű eróziót, amely a sötét sávok kialakulásához szükséges. A sávoknak nem kell ugyanolyan irányba mutatniuk, mindegyikük a kialakulása során uralkodó szélirányba áll be.

#### **e09.gif** Kevert tónusú sávok (11°É, 10°NY)

A kevert tónusú sávok sokkal összetettebb szélrendszer során alakulnak ki, mint az egyszerű fényes vagy sötét sávok. A képen látható foltokhoz kapcsolódó sávok az Oxia Palus tartományban olyan termális tulajdonságúak, amely szerint a leülepedés homokszemcse méretű anyagot tartalmaz. A foltok olyan homok-ülepedések, amelyeket a kráterek vagy más topográfiai mélyedések részlegesen

befogtak, és a sávok anyaga a foltokból ürült ki. A szélsávok osztályozási rendszere azonban sokkal bonyolultabb és részletesebb annál, mint ahogy itt bemutattuk.

Az északi cirkumpoláris dűnemező

A Mars északi pólussapkáját egy óriási dűnemező veszi körül, amelyet ergnek is szoktak nevezni. A dűnemező anyagának összetétele és forrása még nincs teljesen megmagyarázva. Sokféle transzverzális dűne található benne.

**e10.gif** Az északi cirkumpoláris dűnék

A képen a Mars északi pólussapkája látható az azt körülvevő hatalmas dűnemezővel. A cirkumpoláris dűnemező méretében összehasonlítható a Föld legnagyobb ergjével, a Szaharában lévő Rub al Khali-val. A pólussapka kb. 1000 km átmérőjű. A következő négy kép a dűnék morfológiáját mutatja be.

**e11.gif** A dűnék típusai (78°É, 49°NY)

Az északi cirkumpoláris dűnemezőben sokféle dűne található. A kép bal oldalán transzverzális vagy keresztirányú dűne látható. A jobb oldalon barkándűnék alkotta mezőt figyelhetünk meg, közöttük pedig egy átmeneti zóna helyezkedik el. A transzverzális dűnék hosszú, egyenes alakzatok, amelyek az uralkodó szélirányra merőlegesen húzódnak. Környezetükhöz általában kisszögű, Y alakú elágazással csatlakoznak. A barkánok félhold alakú dombok. A félhold csúcsai a szél irányába mutatnak. A marsi dűnék hasonló méretűek mint földi társaik legnagyobbjai.

Az e11a.gif képen az előző felvétel egy hatásosabb, bár kevésbé kontrasztos változatát láthatjuk.

**e12.gif** Határdűnék (78°É, 89°NY)

Az északi cirkumpoláris homoktengert sok helyen olyan dűnék határolják, amelyek nagyobbak, mint a környezetükben található társaik és némileg elkülönülnek tőlük, mintegy bekeretezve az erget. Ezeket a határdűnéket (a képen nyíllal jelölve) a környező fennsíkokról és síkságokról származó homokszemcse méretű anyagok alkotják, és ezért nagyobbak. A nagy dűnék sokkal lassabban vándorolnak, mint a kicsik. Így a határdűnék az erg vándorlása során lemaradnak, és elkülönülnek tőle.

**e13.gif** Barkánmező (73,5°É, 57,5°NY)

A barkánok sem a tiszta erózió, sem a tiszta leülepedés, inkább a szállítás termékei. A szél a homokot felfújja a dűnére és még azon túl is, így a szarvai között lévő szélmentes helyen, a meredek oldalon ülepedik le. A dűne áramvonalas alakú, a szél felőli oldalon csúcsosodik ki, és szélirányban vándorol. Az itt látható barkánok sok földi társukhoz hasonló alakúak és méretűek, de kisebbek, mint a következő képen lévő, hasonló alakú dűnék.

**e14.gif** Aktív barkánok (77,5°É, 225°NY)

Az északi cirkumpoláris erg legalább néhány barkándűnéje jelenleg is aktív és mozgásban van. Az itt látható barkánokról a szél elfújja a homokot a dérral fedett környező síkságra. Ezek a barkánok nagyon nagyok, elérhetik a 2 km méretet. A Földön megabarkánoknak hívnánk őket.

Egyéb dűnék

Dűnéket nem csak az északi cirkumpoláris területen lehet találni. További példák láthatók a következő két képen. A nyílt területeken csak nagyon kevés dűne helyezkedik el, legtöbbjük valamilyen felszíni alakzathoz kapcsolódik. Elkülönülő dűnéket azért lehet csak ritkán találni, mert a dűnék nagyon gyorsan vándorolnak egészen addig, amíg valamiféle akadály környékére nem kerülnek, ahol aztán hosszú ideig megmaradhatnak.

**e15.gif** Vándorló barkánok (51°D, 8°NY)

Ezeket a barkánszerű dűnéket a kráter belsejében lévő üledék homokja alakította ki. Nem teljesen világos, hogy a homok kifelé vagy befelé vándorol a kráterben, mert a dűnék alakja nincs pontosan feltárva. Ez a kép azt sugallja, hogy a dűnék valószínűleg elhagyják a krátert. Nagyon kevés az esélye annak, hogy a Viking pont azt a pillanatot kapta volna el, amikor a barkánok egy csoportja a felszínen vándorolva éppen egy kráter belsejében gyűlik össze. A kráter az Argyre és a Hellas Planitia között lévő Green kráter közelében található.

**e16.gif** Homokdűnék egy kráterben (48,1°D, 330,6°NY)

A nyíllal jelölt, 136 km átmérőjű kráterben a kép tetején egy 60x40 km méretű homokdűne mezőt láthatunk.

**e17.gif** Csapdába ejtett dűnék (38°D, 135°NY)

A Viking felvételeken azért is nehéz dűnéket találni, mert olyan kicsik, hogy csak a legnagyobb felbontású képeken láthatók. Az itt megfigyelhető dűnék hasonló esetet képviselnek, közepes felbontással nem vehetők észre, és a kép geológiai értelmezése nem foglalja magába az eolikus formákat. Azokon a képeken azonban, amelyeknek a felbontása eléri a néhányszor 10 métert, a dűnék sokkal nyilvánvalóbbak. Itt a szél iránya és a homok leülepedése befolyásolja a topográfiát. A völgyek iránya meghatározza az uralkodó szélirányt és a szél transzverzális dűnéket alakít ki. Figyeljük meg, hogy a dűnék még akkor is merőlegesek maradnak a völgyre, ha az megváltoztatja az irányát.

A szél eróziójának nyomai

A sötét sávok mellett más feltűnő szél-eróziós formák is láthatók a Marson. Ha valamilyen könnyen erodálódó kőzet és üledék erős, egyirányú szélnek van kitéve a Földön, akkor áramvonalas alak formálódik, ami egy felfordított csónak törzsére hasonlít. Ezeket a szél által formált hegyeket jardang-oknak hívják. Ez a kifejezés a türkisztáni yar szóból származik, ami meredek zátont jelent. A földi jardang-ok néhány métertől több tíz km-ig terjedő méretűek, és a legjobban azokon a száraz területeken fejlődnek ki, ahol nem rombolja le őket a folyóvíz, vagy áradás.

**e18.gif** Marsi jardang-ok (5°É, 138,5°NY)

A szél eróziója formálta ki ezeket a nagy barázdákat és jardang-okat az Olympus Mons-tól délre. Figyeljük meg, hogy orientációjuk nem párhuzamos a jelenlegi széliránnyal, ami a kép alján látható szélsávokat alakította ki.

**e19.gif** Réteges maradványok (1,3°D, 173°NY)

A képen látható jardang-ok a könnyen erodálódó anyag maradványai. A szél eltemeti, majd újra kitakarja a felszínt, ami megnehezíti a kor kráterpopulációs meghatározását. Figyeljük meg a jardang-ok csoportját a kitakart kráteren belül, a kép jobb alsó sarkában. A kráter pereme részleges védelmet szolgált a szél eróziójával szemben.

**e20.gif** Rétegesen erodálódó terep (7,4°É, 140,4°NY)

A marsi éghajlat és az uralkodó szélirány időről időre megváltozhat, amit ezen a többszörösen rétegezett és erodálódott terepen található különböző orientációjú jardang-ok bizonyítanak. Figyeljük meg a nyíllal jelölt krátert, amely a felső réteg eróziója előtt alakult ki. A kráter most egy eróziós alapzaton áll. A becsapódás átalakíthatta a felszín alatt lévő anyagot, így ellenállóbbá vált az erózióval szemben.

## Póluskörnyéki rétegezett terepek és más eolikus formák

A Mars pólussapkáit kis távcsővel is lehet látni. Évszakos változásait évszázadokon keresztül megfigyelték. A pólussapka változó részét fagyott szén-dioxid, azaz szárazjég alkotja. Egy kis maradék jégsapka az egész év során megfigyelhető, a nagyobb északi sapka vízjégből, a délebbi valószínűleg szintén vízjégből áll, de szárazjéggel keveredve. A jég alatt vastag üledék rakódhatott le, délen a kráterekkel sűrűn borított felszínen, északon pedig a síkságokon. A Mariner-9 egyik legmeglepőbb felfedezése a déli maradék hósapka és az alatta lévő lerakódások, melyek vékony rétegeket alkotnak. A rétegezettséget a ciklikus éghajlati változások okozhatták. Az egyes rétegek túl vastagok ahhoz, hogy az éghajlat évszakos vagy éves változásai hozzák létre. A marsi évszakok hasonlóak a földiekhez, csak sokkal zordabbak, mert a Mars pályája sokkal elnyúltabb, mint a Földé, és a túl vékony marsi légkör nem tudja megakadályozni a nagyobb hőingadozásokat. De a rétegezetség túl vékony ahhoz, hogy a Mars tengelyének precessziója következtében létrejövő nagyon lassú éghajlati változások hozzák létre. A Földön a Milankovic-elmélet szerint ez a precesszió hozta létre a jégkorszakokat.

### **e21.gif** Réteges terep a pólusoknál (74,6°É, 229,8°NY)

A poláris réteges terepet mindkét pólusnál megfigyelték, amikor a jégsapka visszavonult. A rétegeket valószínűleg azért láthatjuk, mert a por és az illékony anyagok összetétele rétegről rétegre változik. A poláris réteges terep eolikus üledék, amely ki van téve a szél eróziós hatásának.

### **e22.gif** A poláris rétegek pereme (80,9°D, 270,7°NY)

A rétegek lerakódása és lepusztulása nem módosítja jelentősen az alatta lévő terepet. A képen éppen előtűnik a rétegek alól az előző terep, amelynek krátereit nem pusztította le a rétegeket elmozdító szél eróziós hatása. Így a rétegek anyaga sokkal könnyebben erodálódik, mint az idősebb terep, amelyet elfed. A hold alakú formákat valószínűleg a vékony rétegek sokkal erőteljesebb eróziója okozta. Az eróziót aerodinamikai hatások is megnövelhették.

### **e23.gif** A felszín lesimítása (46,4°É, 311,4°NY)

A felszín lesimítása olyan folyamat, amely a felszínt takaró anyag elmozdulása következtében csökkenti a topográfiai kiemelkedéseket. A lesimított felszín kialakulásában a szél alapvető szerepet játszhat. A felszín lesimításának egyik nyoma az itt látható idősebb dudorok környezetében kialakuló lebernyeges törmelékanyag. Nem tisztázott, hogy a törmelék magukból a dudorokból származik-e, vagy pedig eredetileg az egész felszínt borító üledék maradványa. A törmelék konvex felemelkedő profilja, a lebernyegek fehér nyilakkal jelölt, folyásra utaló pereme és az útjába kerülő, fekete-fehér nyilakkal jelölt akadályok körülfollyása döntő bizonyítékot szolgáltatnak arra, hogy valóban megolvadt anyag mozgott. Ezt az olvadásszerű mozgást valószínűleg a nagy mennyiségben jelenlévő illékony anyagok okozták. A szél által létrehozott erózió alakította aztán ki a felszínt, néhány dudor körül létrehozva a fekete nyállal jelölt árkokat.

### **e24.gif** A Fehér Szikla (8°D, 355°NY)

Talán az egyik legjelentősebb marsi alakzat a Fehér Sziklának nevezett lepusztult kráter, amelyet üledék tölt ki. Mivel a marsi egyenlítő közelében fekszik, nem lehet kapcsolatos a póluskörnyéki folyamatokkal. Mostanáig nincsen kielégítő magyarázat a Fehér Szikla keletkezésére, bár valószínűleg a szél eróziós hatásával áll kapcsolatban, mivel mind transzverzális, mint hosszirányú eróziós nyomokat mutat.

## Eolikus formák a Vikingek leszállóhelyein

Eolikus üledékek és eróziós formák mindkét Viking leszállóhelyén megfigyelhetők. A Viking-1 a Chryse Planitia területén (22,5°É, 47,8°NY) szállt le 1976. július 20-án, a Viking-2 pedig a Utopia Planitia-n (48,0°É, 225,6°NY), a Mie kráter törmelékanyagán, 1976. szeptember 3-án. Mindkét

leszálló egység sok tudományos műszert vitt magával, közöttük egy mintavevő kart, egy meteorológiai állomást, egy kémiai-biológiai analizátort és két pásztázó kamerát, amelyek képek ezreit küldték vissza a Földre.

#### **e25.gif** A szél tisztító hatása a Viking-1 leszállóhelyén

A Szivacsos Kő környékén finomszemcsés üledék eolikus eróziója látható, amely árkokat és csóvaszerű struktúrákat alakított ki. A nyomok elhelyezkedése azt jelöli, hogy az eróziós szélirány a bal alsó sarokból a jobb felső sarok felé mutatott. Figyeljük meg, hogy ez az irány durván merőleges a gödrök tengelyére, amelyeket a leszálló rakéta lángcsóvája hozott létre. A kép bal oldalán a mintavevő kar működésének a nyomai láthatók. Ezeknek a nyomoknak az alapján megbecsülhető a talaj eróziós képessége. Az előtérben lévő kicsi, elnyúlt gödröket a fékezórakéták hatására széttöredezett kődarabok okozták.

#### **e26.gif** A szél által létrehozott fodrok a Viking-2 leszállóhelyénél

A Viking-2-nél kevesebb eolikus nyom figyelhető meg, mint a Viking-1-nél. A törmelékanyag legnagyobb része inkább üledék, mint eróziós hatás következménye. A nyilak a szél által okozott fodrokat mutatják. A képet keresztező árkocska a talaj megfagyásának a következtében jöhetett létre.

A következő négy képet a Washington University (St. Louis, USA) Earth and Planetary Remote Sensing Laboratory-ban dolgozták ki, Dr. Raymond Arvidson vezetésével. Az e29.gif képet kivéve erőteljes processzálásnak vetették alá őket, és az utolsó kép kivételével nem valósághű színeket mutatnak.

#### **e27.gif** Driftek a Viking-1 leszállóhelyénél

A szél építő hatásának nyomai általánosan megfigyelhetők a Viking-1 környékén. Ezeket inkább drifteknek kell neveznünk, mint dűnéknek, mert felszíni szerkezetük eolikus erózióknak, nem pedig lerakódásnak a nyomait mutatja. A leszállóegységhez legközelebbi drift jobb oldali lapján belső rétegek láthatók. Figyeljük meg az égbolt színét.

#### **e28.gif** A Big Joe szikla

A Vikingek leszálló helyeinek környékén sok feltűnő alakzat kapott külön nevet, mint pl. a Szivacsos Kő az e25.gif képen. Az itt látható két méteres nagy szikla a Big Joe. A képen megfigyelhető driftek szerkezete nem az egyetlen nyoma az eolikus erózióknak. Figyeljük meg a Big Joe tetején lévő drift anyagot. Nincs ésszerű oka annak, hogy finomszemcsés üledék helyezkedjen el egy szikla tetején, ahol erőteljes aerodinamikai stressznek van kitéve. A Big Joe valószínűleg teljesen be volt fedve, és az anyag ennek a maradéka. A képen egy másik fontos tény is megfigyelhetünk. A Big Joe közepétől közvetlenül jobbra és előtte erőteljes hiány figyelhető meg a driftanyagban. Ez a mélyedés nem volt jelen, amikor a Viking-1 leszállt, és annak a bizonyítéka, hogy a felszín jelenleg is változik.

#### **e29.gif** Porvihar a Viking-1-nél

Az égbolt látványát a légkörben lévő por megváltoztathatja. Bár az itt látható színek nem valósághűek, de megmutatják a relatív változásokat. A Viking-1 leszállóhelyén az 1742. napon erős porvihar dúlt.

#### **e30.gif** Valósághű színek a Viking-2-nél

Ezen a két képen a színeket úgy állították be, ahogy egy ember láthatná, ha ott lenne a Marson. A felső kép az emberi szem által alkotott látványt mutatja, az alsó pedig azt hogy hogyan nézne ki a felszín a földi megvilágítási viszonyok között. Figyeljük meg, hogy sokkal több a kék. Az alsó képen korrigálták a kamera torzító hatását, így a horizont vízszintes lett. Kisimították az égboltot is.

## Kövek a Marsról: az SNC meteoritok (G\_METEOR)

Körülbelül 20 ezer meteoritot találtak eddig a Földön. De a Vikingek idején senki sem merté volna hinni, hogy a Mars (vagy a Hold) darabjai is lehullhatnak az égből. Az 1980-as évek elején azonban a kutatók felismerték, hogy bizonyos meteoritok valószínűleg a Marsról származnak. Jelenleg 11 bizonyítottan a Holdról és 12 a Marsról érkező darabot tartanak számon. Ez utóbbiak az úgynevezett SNC meteoritok. A rövidítés a Shergotty, Nakhla, és Chassigny marsi meteorit nevéből ered.

### **g01.gif** Az ALH 90411 meteorit

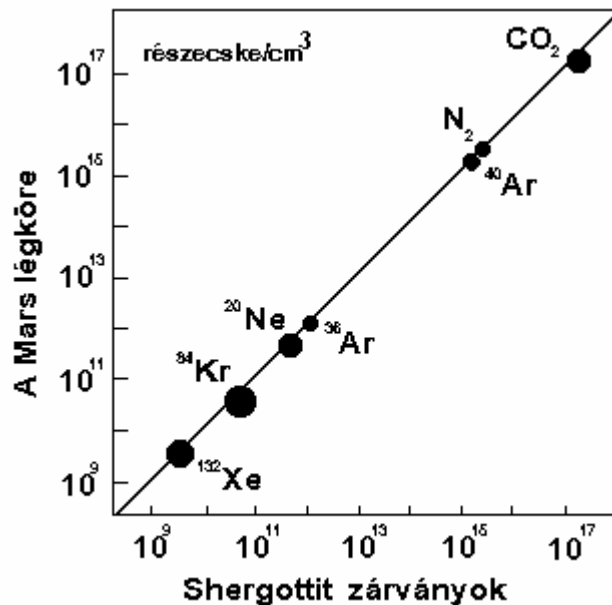
Meteorok folyamatosan hullanak a Földre, de csak nagyon keveset találnak meg közülük. Még kisebb azoknak a száma, melyeknek megfigyelik a hullását és földetérését. Hogyan lehet felismerni egy meteoritot, ha nem láttuk leesni a talajra? A világűrben érkező kődarabok legfeltűnőbb jellemzője a megolvadt kéreg, egy vékony, fekete vagy sötét színű, üveges réteg a meteorit felszínén. Úgy néz ki, mintha kátrányba merítették volna. Az olvadt kéreg akkor jön létre, amikor a meteor felizzik a Föld légkörében. A régebben hullott meteoritok kérge az időjárás következtében gyorsan eltompul és rozsdabarna színű lesz. Hasonlóvá válik a földi kövekhez. Az Antarktisz hideg és száraz éghajlata azonban megőrzi az üveges kérget. A képen látható meteoritot az Antarktiszon találták 1990-ben. A kondritokhoz tartozik, melyek milliméter méretű ásványszemcséi az ősi szoláris ködben jöttek létre, amelyből a Naprendszer keletkezett. Az akondritok nem tartalmaznak ilyen ásványszemcséket. Főleg vulkanikus kőzetből állnak, amely egy bolygó vagy nagyobb kisbolygó olvadt lávájából keletkezett. (A képen látható kocka élei 1 cm-esek.)

### **g02.gif** Az ALHA 81005 holdi eredetű meteorit

A múlt századig azt hitték, hogy a meteorok a légkörben keletkeznek. Erre utal elnevezésük is, a  $\mu\epsilon\tau\epsilon\#\#\rho\alpha$  görögül légköri tűneményt jelent. Csak századunkban vált világossá, hogy földönkívüli eredetűek, a Mars és a Jupiter között elhelyezkedő kisbolygóövből érkeznek hozzánk. Az 1981-ben talált ALHA 81005 meteorit azonban kivételt jelentett. Összetétele majdnem pontosan megegyezik az Apollo űrhajók által gyűjtött holdkőzetekével. A részletes vizsgálatok kimutatták, hogy valóban a Holdról származik. A fehér foltok a feldúsult anortit nyomai. Ez a kalciumban gazdag szilikát ásvány a holdi felföldek fő összetevője. A holdi meteoritok olvadt kérge jellegzetesen zöldes árnyalatot mutat. 1996 végéig 12 ilyen meteoritot találtak. Az Apollo kőzetekhez hasonlóan mindegyikük öregebb, mint 3 milliárd év.

### **g03.gif** Az EETA 79001 marsi eredetű meteorit

A legtöbb meteorit 4,5 milliárd éves, ez megegyezik a Naprendszer korával. Az SNC meteoritok azonban kivételt jelentenek, alig 1,4 milliárd évvel ezelőtt szilárdultak meg az olvadt lávából. Így csak egy geológiailag aktív bolygón jöhettek létre. A Mars-szondák felfedték, hogy a bolygón hatalmas vulkánok működtek, és a legtöbbjük 1,3 milliárd éves. 1979-ben már néhány kutató az SNC meteoritokat marsi eredetűeknek vélte. Ezt a nézetet erősítette meg 1981-ben a holdi meteorit felfedezése (g02.gif kép). Aztán 1983-ban megvizsgálták az EETA 79001 meteoritot, és az üveges zárványokban gáznymokat találtak, melyekben a fő összetevők és a nyomelemek aránya pontosan megfelel a Vikingek által mért marsi atmoszférának. A 80-as évek végére az SNC meteoritok marsi eredetét általánosan elfogadták. (Lásd még az a13.gif képet.)



### Az EETA 79001 meteoritban talált gáz-zárványok és a marsi légkör összehasonlítása

A körök mérete a mérési hibát jelzi (lásd még: g03a.gif)

#### **g04.gif** A marsi meteoritok eredete

A Mars felszínén a szökési sebesség 5,4 km/s, ami több, mint ötszöröse egy vadászpuska lövedék torkolati sebességének. Egy kisbolygó becsapódása jelenti az egyetlen természetes folyamatot, amely meteorokat képes kilökní a Marsról. A festmény egy nagy meteorit becsapódását mutatja. A nagy energiájú becsapódás következtében a felszínról a "levegőbe" röpülő kövek elérhetik a szökési sebességet. Egy ilyen becsapódás 10-100 km átmérőjű krátert hoz létre. A becsapódás során a kisbolygó energiája deformálja a felszínt, felmelegíti, megolvasztja és elpárologtatja a regolitot. A marsi meteoritok azonban csak enyhe nyomát mutatják ennek a sokknak. Ez magyarázza, hogy miért csak vulkanikus kőzeteket találtunk. Az üledékes kőzetek és a talaj nem maradna meg változatlan formában a becsapódás hatására.

A kődarabok ezután több millió évig keringhetnek a Nap körül, majd beléphetnek a Föld atmoszférájába, ahogy az jobb alsó képen látható.

A G\_METEOR könyvtárban található egy **meteorit.mpg** nevű file, amely bemutatja, hogyan kerülhetett ki a kődarab a Marsról, majd hogyan jutott el a Földre. (A file az mpeg vagy más hasonló videolejátszó programokkal nézhető meg.) Az animáció rövid tartalma:

- meteorok bombázzák a Marsot
- a felszín alatti vízerekben létrejön az élet, megjelennek a baktériumok
- egy kisbolygó becsapódásának hatására törmelékanyag repül ki a világűrbe
- egy marsi eredetű kődarab lezuhan a Földre.

#### **g05.gif** A marsi meteoritok egy lehetséges forráskrátere (24°É, 99°NY)

A Ceraunius Tholus vulkántól északra fekvő, 34x18 km méretű hosszúkás kráter lehetséges forrását jelenti a marsi eredetű meteoritoknak. A kráter elnyúlt alakja arra enged következtetni, hogy egy kis szögben becsapódó, súroló meteorit ütközés hozta létre. A szétszóródó törmelékanyag egy része elérhette a szökési sebességet, és elhagyta a Mars felszínét. (Lásd még a c15.gif és a d11.gif képeket.)

#### **g06.gif** Meteoritgyűjtő helyek az Antarktiszon

1973-ban japán kutatók szerveztek először gyűjtőutat az Antarktiszra. Már az első három expedíció során 983 meteoritot találtak. 1976-ban csatlakoztak hozzájuk az amerikaiak, akik azóta minden



évben újabb expedíciót indítanak. Az ANSMET (Antarctic Search for Meteorites: Antarktisz Meteorit Keresés) gyűjtőutak alkalmával eddig több, mint 7500 meteoritot találtak. Összehasonlításként megemlíthetjük, hogy az Antarktiszon kívül mindeddig 2500 meteoritot gyűjtöttek össze.

#### **g07.gif** A kék jég keletkezése

A meteoritok gyűjtése a kék jég keresésével kezdődik. Az Antarktiszra hullott meteoritokat gyorsan befedi a hó. A felszínre hulló porhó a meteoritokkal együtt a szublimáció és a párolgás következtében szemcsés szerkezetűvé válik. Ez alkotja a firnet. A glaciális mozgások során a firn tömör szerkezetű jégmezővé áll össze. Ez a folyamat a hideg Antarktiszon több évszázad vagy évezred alatt megy végbe. A jégmezők lassan az óceán felé mozognak. Közben a bennük lévő levegőbuborékok kipréselődnek, így színük kék lesz. A jégmező vándorlását az Antarktisz-hegység feltarthatja, vagy időszakosan egyébként is stagnálhat. A mozgások következtében a meteoritszemcsék felemelkednek és az ablációs zónában gyűlnek össze a hegyek talpzatánál. Ekkor a fehér felszíni jeget a szél elfújja, és előtűnik a meteoritokat tartalmazó kék jég.

#### **g08.gif** Az Allan-hegység az Antarktiszon

Az Allan Hills tartomány gazdag lelőhelye a meteoritoknak. A jég évmilliókig megőrzi a kődarabokat. Az utolsó hat marsi eredetű meteoritot az Antarktiszon találták, közülük kettőt az Allan Hills-nél. (Az utolsó nem antarktisz meteorit a Zagami volt, amely Nigériában hullott le 1962-ben.)

#### **g09.gif** ANSMET tábor a hómezőn

A gyűjtőhelyek távol esnek a kiépített kutatóállomásoktól. Így a meteoritvadászoknak a jégen kell letáborozniuk. Egy csoport hat személyből áll: két állandó tag (a csoportvezető és egy alpinista) és két vendég alkotja, akik általában meteoritokkal foglalkozó specialisták. Az expedíciókat októbertől január elejéig szervezik, az antarktisz nyár idején, amikor csak ritkán fordulnak elő hóviharak, és a Nap mindig a látóhatár fölött tartózkodik. A képen látható Scott-sátrak kétszemélyesek. Dupla faluk ellenáll a zord viszonyoknak, különösen az állandó, erős szélnek. Mindegyik sátorban van egy tűzhely a főzéshez és egy a fűtéshez. A számítógépek, rádiók és egyéb elektronikus eszközök működéséhez szükséges áramot a bal oldali sátonál látható napelemek biztosítják. A külvilággal való kapcsolattartás erősen korlátozott, általában naponta egyszer hívják a McMurdo Sound-nál lévő bázist.

#### **g10.gif** Hómobilok a jégmezőn

Ha kék jégre találnak, az ANSMET kutatócsoport tagjai hómobilok segítségével lassan bejárják. A hómobilok nagy területek átvizsgálását teszik lehetővé. Segítségükkel elkerülhető a tükörsima jégen való csúszkálás. A járművek könnyen átsiklanak azokon a láthatatlan repedéseken is, amelyekbe egyébként egy ember beleesne. Ezek a gleccserszakadékok nagyon veszélyesek, mert mélységük elérheti a 150-200 métert!

#### **g11.gif** Jégbefagyott meteorit az Antarktiszon

#### **g12.gif** Meteorit-gyűjtés a jégen

Ha meteoritot találnak, a csoport tagjai feljegyzik a helyet, a méretét, színét, az olvadt kéreg mennyiségét, a valószínű típust és minden olyan egyéb információt, ami a későbbiekben fontos lehet. Több olyan eszközt használnak, amit az Apollo űrhajók számára fejlesztettek ki a holdkőzetek gyűjtéséhez. Rendelkezésükre állnak azonban olyan fejlett technológiai lehetőségek is, mint például a műholdas helymeghatározás. A megtalált meteoritokat gondosan óvják a szennyezéstől. Csak rozsdamentes acélból készült eszközöket használnak, és azonnal steril műanyag vagy alumínium-fólia védőburokba teszik. A csomagokat a Johnson Űrközpontban lévő Antarktisz Meteorit Laboratóriumba való szállítás során szárazjég közé helyezik, hogy imitálják az eredeti környezetet.

### **g13.gif** Egy meteorit vizsgálata

Az Antarktisz Meteorit Laboratóriumban (Houston, USA) részletesen megvizsgálják és katalogizálják a meteoritokat. Megállapítják a típusukat, majd gondosan tárolják a kődarabokat. A képen két technikus végzi a vizsgálatokat. A meteoritot steril kamrába helyezték, melyet semleges, száraz nitrogéngázzal töltöttek meg. A száraz gáz megvédi a szennyeződésektől és a rozsdásodástól. A jobbra lévő technikus éppen feldarabol egy meteoritot, hogy megvizsgálja a belsejét, a bal oldali pedig mikroszkópot használ. Fekete gumikesztyűvel nyúlnak be a légmentesen lezárt kamrába.

Mind a 12 marsi eredetű meteorit vulkanikus kőzet, amely a lávából kristályosodott ki a bolygó kérgében. Egy kivételtől eltekintve azonban koruk 1,3 milliárd év körül van. Így jóval fiatalabbak, mint a kisbolygókról származó vulkanikus meteoritok, melyek kb. 4,5 milliárd évesek. Az SNC meteoritok vizet és más illékony anyagot tartalmaznak, található bennük elemi vas, és eltérő az oxigén-izotópok aránya is.

Az összes meteorit a marsi felszín közelében szilárdult meg, a magma lehűlésekor végbemenő kristályosodás folyamán. Összesen ötféle vulkanikus kőzetsoportba sorolhatók. Megtalálhatók közöttük az egyszerű plagioklász-piroxén bazaltok csakúgy, mint a majdnem teljesen tiszta piroxének vagy olivinok.

Sok marsi meteorit mutatja a vízzel való kölcsönhatás nyomait, néhányukban az ásványok némi vizet is tartalmaznak. Néhány shergottit-bazalt összetétele a magmáéhoz hasonlít, míg más marsi meteoritokban olivinek és/vagy piroxének gyűltek össze. Egyetlen marsi meteorit sem mutatja az időjárás vagy a kozmikus sugárzás nyomait, így nem a felszínről származnak. A Vikingek által analizált marsi talaj a shergottitokhoz hasonló bazalt, de az időjárás hatásának kitéve.

### **g14.gif** A Shergotty meteorit mikroszkópikus képe

A kőzetek gyakran kis ásványszemcsékből állnak, melyeket csak mikroszkóppal lehet megfigyelni. Ezeknek a szemcséknek a megvizsgálásához a kutatók lecsiszolják és polírozzák a kőzetmintákat. Nagyon vékony, kb. 0,03 mm vastagságú lapokat készítenek, amelyek már átengedik a fényt. Ez a kb. 2,3 mm méretű kép mikroszkóppal készült az S-bazaltról. A sötétebb, szürkés területek piroxén ásványszemcsék, a tiszta fehér részek pedig a plagioklász ásványok. Ez a két leggyakoribb ásvány a bazaltokban a Földön és a Marson is.

### **g15.gif** A Chassigny meteorit polarizált fényben

A mikroszkóppal készült felvétel a meteorit 2,3 mm méretű részét mutatja. A hamis színeket polárszűrők segítségével hozták létre. Ezek a szűrők a különböző összetételű ásványokat különböző színekkel mutatják, így megkönnyítik az azonosításukat. Ez a meteorit majdnem tiszta olivinból áll (sárga, zöld, rózsaszín és fekete színek), amely gyakran előfordul a bazaltokban. A kép közepe táján lévő csíkos szemcsék piroxén-ásványok.

### **g16.gif** Rozsda a Marsról

A mikroszkóppal készült felvétel 1 mm méretű tartományt mutat egy marsi meteoritból. Valódi színekkel ábrázolja a meteorit ásványszemcséit. A világos, töredezett területek olivin és piroxén szemcsék, csakúgy mint más marsi meteoritokban. A vörös és fekete erek, foltok agyagból, illetve rozsdából állnak. Akkor alakultak ki, amikor a piroxén és az olivin folyékony vízzel került kölcsönhatásba. Ezeket az ereket megcsönkította a meteorit légköri felizzásakor megolvadt külső kérge, ezért kialakulásuk nem történhetett a becsapódás után. Valószínűleg akkor alakultak ki, amikor a kődarab még a Mars felszínén volt, tehát a víz ott került vele kölcsönhatásba.

## A marsi eredetű meteoritok

Meteorit neve:	Hely:	Dátum*:	Megtalált tömeg (g):	Típus:
Chassigny	Chassigny, Franciaország.	<b>1815. okt. 3.</b>	~4000	C-dunit (olivin)
Shergotty	Shergotty, India	<b>1865. aug. 25.</b>	~5000	S-bazalt (pix-plag)
Nakhla	Nakhla, Egyiptom	<b>1911. jún. 28.</b>	~40000	N-klinopiroxenit
Lafayette	Lafayette, Indiana	1931 előtt	~800	N-klinopiroxenit
Governador Valadares	Governador Valadares, Brazília	1958.	158	N-klinopiroxenit
Zagami	Zagami, Nigéria	<b>1962. okt. 3.</b>	~18000	S-bazalt
ALHA 77005	Allan Hills, Antarktisz	<b>1977. dec. 29.</b>	482	S-lherzolit (ol-pyx)
Y 793605	Yamato Mountains, Antarktisz	1979.	16	S-lherzolit
EETA 79001	Elephant Moraine, Antarktisz	1980. jan. 13.	7900	S-bazalt
ALH 84001	Allan Hills, Antarktisz	1984. dec. 27.	1939,9	ortopiroxenit
LEW 88516	Lewis Cliff, Antarktisz	1988. dec. 22.	13,2	S-lherzolit
QUE 94201	Queen Alexandra Range, Antarktisz	1994. dec. 16.	12,0	S-bazalt

\* a hullás dátuma vastag betűvel, egyébként a megtalálás dátuma szerepel

C:	chassignit	ol:	olivin
N:	nakhlit	pyx:	piroxén
S:	shergottit	plag:	plagioklász

**g17.gif** A Chassigny meteorit

**g18.gif** A Chassigny meteorit egy darabja

**g19.gif** A Chassigny meteorit egy kis darabja Ron Baalke magángyűjteményéből

Chassigny, Haute Marne, Franciaország. Hullás: 1815. okt. 3. 08:00

1815-ben egy hangrobbanás után látták lehullani a meteort. Eredetileg kb. 4 kg-ra becsülték a tömegét, mára azonban csak 570 g maradt meg belőle. Néhány darabja magángyűjteményekben található. A Chassigny meteorit erősen különbözik az összes többi SNC meteorittól, így külön alcsoportot alkot (chassignit).

**g20.gif** A Shergotty meteorit egyik lapja

Shergotty, Gaya, Bihar, India. Hullás: 1865. aug. 25. 09:00

Az 5 kg tömegű meteorit hullását hatalmas detonáció kísérte.

**g21.gif - g24.gif** A Nakhla meteorit darabjai

**g25.gif, g26.gif** Közelképek a Nakhla meteorit kis darabjairól

Nakhla, Abu Hommos, Alexandria, Egyiptom. Hullás: 1911. jún. 28. 09:00

Mintegy 40 kődarab hullott le Nakhla közelében. A helyi lakosok rémisztő felhőről és detonációról számoltak be. Az egyik meteorit megölt egy kutyát. A kövek tömege 20 és 1813 g közé esik, az össztömeget 40 kg-ra becsülik. Így ez a legnagyobb ismert össztömegű SNC meteorit. A nakhlitok közé még másik két meteorit tartozik.

**g27.gif** A Lafayette meteorit

**g28.gif** Szmektit agyag és ferrihidrit a Lafayette meteoritban

Lafayette, Tippecanoe megye, Indiana, USA. 1931 előtt találták.

A hullás pontos helye nem ismeretes. A Purdue Egyetem geológiai gyűjteményében akadt rá O. Farrington 1931-ben. A 800 g tömegű meteorit nagyon hasonlít a Nakhla meteorithoz. A g28.gif kép transzmissziós elektronmikroszkóppal készült.

**g29.gif** Közelkép a Governador Valadares meteorit egy darabjáról

Governador Valadares, Minas Gerais, Brazília. Megtalálták 1958-ban.

A 158 g tömegű meteoritot egy ásványgyűjtő találta Governador Valadares városa mellett. Nem ismeretesek a hullás körülményei. Egyes kutatók úgy vélik, hogy hibás a múzeumi címkézése, és valójában a Nakhla-hullás egy darabja.

**g30.gif, g31.gif** A Zagami meteorit darabjai

**g32.gif** A Zagami meteorit egy szelete

Zagami, Katsina provincia, Nigéria. Hullás: 1962. okt. 3.

A meteorit kb. 3 m-re esett le egy farmertől, aki éppen a varjúkat zavarta el a gabonaföldjéről. A férfi hatalmas robbanást hallott, majd a nyomáshullám fellökte. A füstfelhőben lezuhanó meteorit kb. 60 cm mély lyukat ütött a talajba. A meteoritot a Kaduna Geológiai Kutatóközpontba küldték, majd egy múzeumban kapott helyet. Néhány évvel később Robert Haag, az ismert meteoritkereskedő megvette egy nagy darabját. Így ez a legkönnyebben elérhető SNC meteorit a gyűjtők számára. A Zagami meteorit 18 kg tömegével a legnagyobb darab az SNC meteoritok között.

**g33.gif-g36.gif** A Zagami meteorit kis darabjai

A narancssárga folt valószínűleg rozsdá.

**g37.gif-g39.gif** Közelképek a Zagami meteoritról

A mintázat annak a becsapódásnak a nyomait mutatja, amely kilökte a kődarabot a Marsról.

**g40.gif** Az ALHA 77005 meteorit

Allan Hills, Antarktisz. Megtalálták 1977. december 29-én.

A sorszám azt jelöli, hogy ez volt az 1977-ben talált ötödik meteorit az Antarktisz Allan-hegység tartományában. A meteorit külsején a kéreg megolvadásának nyomai láthatók.

**g41.gif** Dr. K. Yanai kezében az ALHA 77005 meteorit egy darabja

**g42.gif** Az ALHA 77005 metszete

A vágási felület durva szemcsés vulkanikus mintázatot mutat.

**g43.gif** A Yamato 793605 meteorit

Yamato-hegység, Antarktisz. Hullás: 1979.

1979-ben találták, de csak 1995. szeptemberében derült ki, hogy a marsi meteoritok közé tartozik.

**g44.gif, g45.gif** Az EETA 79001 meteorit metszetei

**g46.gif** Az EETA 79001 meteorit egy kis darabja

Elephant Moraine, Antarktisz. Megtalálták: 1980. január 13-án.

A meteoritot az Elefánt-morénában találták az Antarktiszon. Ez volt az első meteorit az 1979-80-as gyűjtési évadban. A shergottitokhoz tartozik, melyek a marsi meteoritok leggyakoribb csoportját alkotják. 7,9 kg-os tömegével a második legnagyobb darab a marsi meteoritok között. Csak a Zagami meteorit nagyobb nála. Az EETA 79001 csak 180 millió éves, ami nagyon fiatal kornak számít a Naprendszer időskáláján. Körülbelül 600 ezer évvel ezelőtt kerülhetett a Marsról a világűrbe. A g44.gif képen a függőleges nyomokat a fűrészes okozta, amellyel elvágta a meteoritot, hogy megvizsgálják a belsejét. A fekete foltok üveges szerkezete akkor alakult ki, amikor egy kisbolygó becsapódása a Marsra megolvasztotta a kőzetet. Ekkor kerültek bele a marsi légkörre utaló gáz-zárványok. (Lásd még az a13.gif és a g03.gif képeket.)

**g47.gif** Az ALH 84001 meteorit

**g48.gif, g49.gif** Az ALH 84001 meteorit kis darabjai

Allan Hills, Far West jégmező, Antarktisz. Megtalálták: 1984. december 27-én.

Ez volt az első meteorit, amelyet 1984-ben az Antarktiszon találtak. Először a diogenitek közé sorolták be. 1993. októberében David Mittlefehldt fedezte fel a tévedést. A kő külsejét sötétbarna, megolvadt kéreg vonja be. Alatta előtűnik a világosbarna belső anyag.

A meteorit 1996-ban nagy izgalmat okozott, amikor a marsi életre utaló nyomokat tártak fel benne.

**g50.gif-g52.gif** Az ALH 84001 meteorit metszetei

A felületek foltokat és töredezett mintázatot mutatnak.

**g53.gif** A LEW 88516 meteorit

Lewis-szirt, Antarktisz. Megtalálták 1988. december 22-án.

**g54.gif** A QUE 94201 meteorit

Queen Alexandra Range, Antarktisz. Megtalálták: 1994. december 16-án.

Az 1,5x2 cm-es, sötétszürke, feketés színű kődarabnak sima, kerek felülete van. A megolvadt kéreg foltos, barnásfekete maradékát nehéz megkülönböztetni a külső réteg üveges szemcséitől. A belseje főleg maszkelinitből és piroxénből áll. A maszkelinit kristályok hosszúsága eléri a 3,5 mm-t.

## Élet a Marson?

(H\_ELET)

A XIX. század végén és a XX. század elején több csillagász úgy vélte, hogy a Marson megfigyelhető, évszakos változásokat mutató sötét sávok egy fejlett civilizáció tevékenységének nyomait jelzik. Bár sokan vitatták ezt a nézetet, századunk közepéig népszerű maradt. A Mariner-űrszonda döntötte meg a marsi lényekre vonatkozó feltételezéseket. Felvételei száraz, természetes felszínt mutattak, életre utaló nyomok nélkül. A kutatók szerint azonban a Marson alakulhatott ki a legnagyobb valószínűséggel élet a Naprendszerben. Ezért is vittek magukkal a Vikingek leszálló egységei olyan műszereket, melyekkel az élet jeleit nyomozhatták. A gázkromatográf, a tömegspektrométer és a biológiai anyagcsere nyomait vizsgáló kísérletek azonban nem találtak egyértelmű bizonyítékokat.

A Mars további kutatása során azonban egyre több jel mutatott arra, hogy nagymértékű változások történtek a bolygó felszíni viszonyaiban. Régen bőségesen rendelkezésre állt a folyékony víz, légköre vastag, klímája meleg volt. Talán ahogy az atmoszféra és a víz eltűnt, a marsi élet lehúzódott a felszín alá.

Ezt a nézetet erősítette meg a Hubble-űrtávcső 1995-ös vizsgálata. Úgy találták, hogy a Mars hidegebbé és szárazabbá vált az 1970-es évek végéhez, a Viking missziók méréseihez viszonyítva. Az átlaghőmérséklet 20 °C-kal alacsonyabb, mint 20 évvel ezelőtt volt! (A Földön már 2 °C-os változás is jelentős következményekkel jár.) Ilyen lényeges változás ilyen rövid idő alatt alátámasztja azt az elméletet, hogy a Mars klímája nagymértékben megváltozott a régmúlt időkben.

**h01.gif** Az ALH 84001 marsi eredetű meteorit

1996. augusztus 7-én, két évi alapos vizsgálat után egy kilenc tagú amerikai kutatócsoport közzétette annak bizonyítékait, hogy egykor primitív életforma létezhetett a Marson. A földi baktériumok fossziliáihoz hasonló struktúrákat az ALH 84001 marsi eredetű meteoritban találtak meg.

A tudósok által ünnepezt közetnek hosszú története van. A kozmikus sugárzás által létrehozott izotópok alapján körülbelül 16 millió évig vándorolhatott a Naprendszer belső vidékén, mielőtt az antarktiszi Allan Hills jegére hullott volna. Aztán 13 ezer eseménytelen év után, 1984 dec. 27-én egy amerikai kutatócsoport akadt rá a 2 kg-os kődarabra. Roberta Score, a kutatócsapat egyik tagja úgy emlékszik vissza rá, hogy ez volt a legzöldebb meteorit amit valaha is találtak az Antarktison. Az ALH 84001 származását illetően heves vita bontakozott ki. A kő anyagát közel egy évtizedig diogenitnek vélték. A diogenitek a Vesta kisbolygó darabjai. De egy 1994-ben elvégzett újabb elemzés a marsi eredetet bizonyította. Ennek nyomán mintakérési örület vonult végig világszerte a laboratóriumokon. Hamarosan arra a következtetésre jutottak, hogy a közet nagyon régi, 4,5 milliárd éves, így valószínűleg a Mars eredeti kérgének egy darabja. (Az összes többi ismert marsi meteorit 1,3 milliárd évnél fiatalabb.) Így ez a kő gyakorlatilag a Mars teljes történelmét felöleli. Az elemzők ugyan még vitatkoznak a részleteken, de egyetértenek abban, hogy az ALH 84001 lassan kristályosodott ki magmából. Aztán kb. 4,0 milliárd évvel ezelőtt, valószínűleg egy kisbolygó becsapódásának következtében majdnem az olvadáspontjáig felforrósodott. Később egy ideig, de lehet, hogy többször is vízben volt. Ekkor töltődött fel széndioxiddal. A víz, a karbonátok miatt kisebb belső törések jöttek létre benne. Aztán egy kb. 16 millió évvel ezelőtti becsapódás következtében törött le és lökődött ki a viláűrbe. Jelenleg Houstonban őrzik, a Johnson-űrcentrum meteorit-feldolgozó laboratóriumában.

**h02.gif** Az ALH 84001 és a földi élet története

A grafikonon összehasonlíthatjuk az ALH 84001 és a földi élet történetének legfontosabb eseményeit. Az időt Ga-ban (gigaév, 10<sup>9</sup> év) adták meg.

A Naprendszer, a Nap és a bolygók 4,56 milliárd évvel ezelőtt jöttek létre. A marsi meteoritokat kivéve majdnem az összes meteorit ilyen idős. A Földön a legöregebb kőzetek kb. 4,0 milliárd évvel ezelőtt keletkeztek. A Földön már régebben is lehetett szilárd felszín és folyékony víz, de az erózió,

a lemeztektonika és más geológiai folyamatok eltüntették az idősebb kőzeteket. Az ALH 84001 4,5 milliárd évvel ezelőtt szilárdult meg az olvadt lávából, így idősebb, mint az ismert földi kőzetek.

A földi élet legrégebbi nyomai majdnem olyan idősök, mint a legrégebbi kövek. Kémiai és izotóp-vizsgálatok alapján az élet már 3,85 milliárd évvel ezelőtt is létezett a Földön. A legrégebbi baktérium-fossziliák némileg fiatalabbak, "csak" 3,5 milliárd évesek. Ezek a baktériumok a ma is élő kékeszöld algák elődei lehettek. Az ALH 84001-ben talált fossziliák ugyancsak 3,5 milliárd évvel ezelőtt jöhettek létre.

A földi élet fejlődésének következő mérföldköve a komplex sejtek, az eukarióták megjelenése volt. Az eukarióták már a genetikai információt rejtő sejt-maggal és egyéb sejt-szervecskével rendelkeztek. A baktériumok egyszerűbbek, mert nem tartalmaznak ilyen alkotóelemeket.

A földi élet robbanásszerű fejlődése 650 millió (0,65 milliárd) évvel ezelőtt, a többsejtűek megjelenésével indult meg. Az első ilyen élőlények még meglehetősen különböztek mai utódaiktól. 550 millió évvel ezelőtt azonban az óceánokat már kagylók, szivacsok, rákok lakták.

Emberszabású emlősök (hominidák) csak az utolsó néhány millió évben éltek a Földön. Némileg előbb, kb. 17 millió évvel ezelőtt egy kisbolygó becsapódása lökte ki az ALH 84001-et a Marsról a világűrbe, majd 13 ezer évvel ezelőtt, az első civilizációk megjelenésének idején hullott a Földre.

### **h03.gif** Az ALH 84001 mikroszkopikus metszete

A geológusok a kőzetmintákat mikroszkóppal vizsgálják, amihez vékony, átlátszó metszeteket kell készíteni. A képen látható részlet mérete 3 mm, a metszet vastagsága 0,03 mm. A világos, kékes területek piroxén szemcsék, melyek az olvadt láva megszilárdulása során kristályosodtak ki. A szemcsék határait vékony, sötét vonalak jelzik. A nagyobb sötét foltok a szintén vulkanikus krómit kristály szemcséi.

### **h04.gif** Karbonátszemcsék az ALH 84001 meteoritban

A kutatóknak már a vizsgálatok kezdetén feltűntek a meteoritban található, karbonátokra utaló gömböcskék. A szemcsék mérete kb. egynegyed mm. A gömböcskék közepe narancssárga és barna színű, sokuk a széle felé elsötétedik vagy kivilágosodik. A barnás gömbök szideritből állnak, de világos fényű magnezitszemcsék is előfordulnak. A szemcsék sötét héja sok vasoxidot és szulfidokat (magnetitet és valószínűleg greigitet) tartalmaz. Ezek a rétegek annak a folyadéknak az összetételéről árulkodnak, amelyből kicsapódtak. A gömböcskék azután jöttek létre, hogy az ALH 84001 megszilárdult a lávából, de pontos koruk nem ismeretes, 4,0 milliárd év és 1,2 milliárd év között lehet.

David McKay és kutatócsoportja (Johnson Űrcentrum) ezekben a globulákban találta meg a marsi életre vonatkozó nyomokat:

- olyan ásványszemcséket, amelynekhez hasonlóakat egyes földi baktériumok is létrehozhatnak,
- olyan szerves molekulákat, melyek elpusztult organizmusok bomlásából származhatnak, végül
- néhány földi baktériumhoz hasonló alakú és méretű alakzatokat.

### **h05.gif** Egy karbonátszemcse kémiai összetételének változása a magjától a pereméig

A karbonátszemcsék kémiai összetételének változásából azokra a folyamatokra következtethetünk, amelyek létrehozták ezeket a gömböcskéket. Az ábrán látható kémiai összetétel barátságosan meleg, nedves környezetben végbemenő ülepedésre utal. Azt is jelentheti azonban, hogy a hőmérséklet túl forró volt bármiféle élet létezéséhez. A karbonátrögök pereme magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) és vas-szulfid ( $\text{FeS}$ ) szemcséket tartalmaz. A kristályszemcsék meglehetősen tiszták és szabályosak. Általában ezek a vasvegyületek nem léteznek egymás mellett, karbonátokkal együtt pedig egyáltalán nem fordulnak elő. A Földön azonban bizonyos baktériumok, főleg az anaerob fajták viszonylag könnyen szintetizálhatják ezeket.

### **h06.gif** Karbonátszemcsék az Ivuna meteoritban

Az ALH 84001 karbonátszemcséi szokatlanok, de nem jelentik az egyetlen ilyen jelenséget. A 0,3 mm méretű tartományt ábrázoló képen hasonló karbonát és vasoxid ásványok rétegeit látjuk az Ivuna szenes kondrit meteoritban. A világos színű anyag magnezit (magnézium-karbonát), a sötét pedig magnetit (Mt-vel jelölve). A szenes kondritok a kisbolygóövből származnak, és majdnem biztos, hogy soha nem létezett rajtuk élet. Sokféle szerves vegyületet is tartalmaznak, amik élettelen környezetben is létrejöhetnek. Így az ALH 84001 karbonátszemcséi önmagukban nem bizonyítják a marsi életet.

### **h07.gif** Magnetitszemcsék az ALH 84001-ben

A transzmissziós elektronmikroszkóppal készült felvétel azokat a nagyon kicsi magnetitkristályokat mutatja, melyeket a karbonátszemcsék peremének közelében találtak. A kép mérete 20 nanométer (20 milliommilliméter). A magnetit elnyeli a fényt, így a szemcsék sötétnek látszanak. Ez okozza a karbonátgömböcskék peremének sötét színét (lásd a h04.gif képet).

A kutatók szerint ezek a magnetit (és vasszulfid) kristályok nagyon hasonlítanak azokhoz, melyeket néhány földi baktérium is létre tud hozni. A baktériumok ezeket a mágneses szemcséket irányítúként használják a Föld mágneses terében való orientációra. A meteoritban talált szemcsék kémiai összetétele, kristályszerkezete, mérete és alakja is megfelel a földi baktériumok által létrehozott szemcséknek. De hasonló kristályok keletkezhetnek élő organizmusok közreműködése nélkül is. Nem tudhatjuk, valóban marsi baktériumok hozták-e létre ezeket a szerkezeteket.

### **h08.gif** Policiklikus aromás szénhidrogének

Döntő érvet jelenthet annak a felfedezése, hogy a szemcsék olyan szerves vegyületek folyadékjaiban jöhettek létre, mint például a policiklikus aromás szénhidrogének (PAH-ok). A PAH-ok jelenléte általában nem utal biológiai aktivitásra. PAH-okat gyakran figyeltek meg meteoritokban és csillagközi felhőkben, feltehetően a különféle égítetek fejlődésének következményeként. A kutatók megvizsgáltak más, PAH-okat tartalmazó meteoritokat is, de az ALH 84001-ben sokkal egyszerűbb volt az eloszlásuk. Nagymértékben hasonlított arra, amit a szerves anyagok bomlásakor várnánk.

A képen néhány PAH vegyület szimbolikus ábrája látható. A hatszögek csúcsaiban szénatomok helyezkednek el. Mindegyik szénatom két vagy három másik szénatomhoz kapcsolódik. Ahol csak két szomszédja van, ott egy hidrogénatom is elhelyezkedik, amelyet nem rajzoltak be.

PAH vegyületek szerves anyagok égésekor vagy bomlásakor keletkeznek. A sült hús vagy a cigarettafüst sok ilyen molekulát tartalmaz. A legismertebb policiklikus aromás szénhidrogén a naftalin, amely a molyirtó fő alkotóeleme.

### **h09.gif**

Az ALH 84001 elektronmikroszkópos felvétele

A marsi élet harmadik bizonyítékát a baktériumokhoz hasonló alakzatok felfedezése jelentette. A kép középpontjában néhány apró struktúra látható, amelyek valószínűleg primitív, baktériumszerű organizmusok fossziliái lehetnek. Nem könnyű felismerni egy idegen világon létrejövő életet. Gondosan kell mérlegelni a fossziliák alakját és méretét, a növekedés bizonyítékait, a szaporodásra utaló jeleket. A Földön a mikroorganizmusok általában kolóniákat alkotnak, a sejtek egymás mellett helyezkednek el. Néha a kolóniákat egyetlen sejt utódjai alkotják. Máskor olyan sejtek csoportosulnak, melyek segítik egymás növekedését és szaporodását.

### **h10.gif** Az előző kép középső részének kinagyított részlete

Az apró, elnyúlt, ovális alakú struktúrák olyan baktériumok fossziliái lehetnek, melyek több, mint 3,6 milliárd évvel ezelőtt éltek a Marson. Méretük általában 0,01 mikron, de a legnagyobbak sem érik el az emberi hajszál átmérőjének ezred részét. Földi rokonaik általában nagyobbak, mint 0,5 mikron, így náluk is mintegy százszor kisebbek. A nemrégiben felfedezett nanobaktériumok azonban hasonló méretűek. (A nagyítás több, mint százezerszeres.)



### **h11.gif** Földi baktériumok (E. coli)

A képen látható Escherichia coli baktériumokat hasonló módon preparálták, mint az ALH 84001-ben talált fosszíliaikat. A kép mérete 9,5 mikron, így az E. coli baktériumok 1-2 mikron hosszúak és kb. 0,25 mikron vastagok. Alakjuk hasonlít a marsi baktériumokéhoz, de 10-100-szor nagyobbak. Ez a méretbeli eltérés óriási különbséget jelent a térfogatban. A marsi baktériumok térfogata alig ezrede-milliomod része földi társaikénak.

### **h12.gif** Fosszília az ALH 84001-ben

A pásztázó elektronmikroszkóppal készült felvétel az egyik legfeltűnőbb példáját mutatja a meteoritban talált fosszíliaiknak. A 2 mikron hosszúságú alakzat szeletekből tevődik össze, mintha több, különálló sejt alkotná. Nagyon hasonlít a földi baktériumokhoz. Meg kell azonban jegyezni, hogy bizonyos, főleg az agyag és az azbeszt ásványi szemcséi ugyanilyen méretűek és alakúak lehetnek. (Lásd még az a14.gif képet.)

### **h13.gif** Nanobaktériumok a Földön?

A marsi élet kutatásához hozzásegíthet olyan helyek keresése a Földön, amelyek hasonlóak lehetnek a Mars jelenlegi vagy ősi viszonyaihoz. Az ALH 84001 lehetséges fosszíliai egy vulkanikus kőzet belsejében jöttek létre. Sajnos nagyon keveset tudunk olyan mikroorganizmusokról, melyek kövekben élnek, vagy olyan baktériumokról, melyek ennyire kicsik lennének. Egy lehetséges forrást jelentenek a Columbia folyó bazaltkövei. Todd Stevens és James McKinley (Pacific Northwest Laboratories) nemrégiben olyan baktériumokra bukkantak rá, melyek ezekben a kövekben élnek, kilométerekkel a felszín alatt, teljesen izolálva a kinti világtól. Ezek a baktériumok vízből és bazaltból metánt termelnek. Ezekkel az anyagokkal táplálkoznak, és így nyernek energiát.

Az elektronmikroszkópos felvételen a lehetséges baktériumokat láthatjuk a mélyből származó kőzetminta egy olyan területéről, amely élő baktériumok kémiai bizonyítékait mutatja. A kép közepe felé lévő filamentum közel 2 mikron hosszúságú és 0,1 mikron átmérőjű. Éppen olyan hosszú, mint a h12.gif képen látható fosszília, csak kissé karcsúbb. A közelében lévő gömböcskék 0,1-0,25 mikron átmérőjűek. Ezek az alakzatok lehetnek valóban metántermelő baktériumok, de lehetnek agyag és azbesztszemcsék is. Sajnos az ilyen kicsi méretek kémiai analízise igen nehéz.

### **h14.gif** Szélsőséges környezetek: a Black Smoker

A Földön találhatunk olyan szélsőséges környezeteket is, melyek hasonlítanak az ősi Mars viszonyaihoz. A Marson régen volt folyékony víz, és a vulkánok közelében létrejöhetnek hóforrások. A Földön sokféle mikroorganizmus él a hóforrásokban. Néhány baktériumfajta éppen a forró, kénben gazdag hóforrásokat kedveli. A képen egy ilyen vulkanikus hóforrást láthatunk a Csendes-óceán keleti részén. Ennél a "fekete füstölőnél" a mélyben lévő forró kőzet felmelegíti a vizet, ami az óceán fenekén összekeveredik a hideg vízzel. A forró víz nagyon sok kén és nagyon kevés oxigént tartalmaz. A hideg víz hatására fekete, kénben gazdag szemcsékből álló felhő képződik. A vízben oldott ásványokból a tenger fenekén felfelé növekvő oszlopok jönnek létre. A Black Smoker a kép közepén lévő oszlop tetején látható. A kép jobb szélén a tengeralattjáró lámpáját figyelhetjük meg.

Nagyon kevés élőlény létezhet ilyen mélyen az óceánban, ilyen sötét, forró és kénes környezetben. De a Methanococcus jannaschii baktérium éppen ilyen viszonyok között érzi jól magát. Leggyorsabban 85 °C-on szaporodik, és a forró vízből nyeri az energiát. Ez a fajta élet erősen különbözik a növényektől, melyek a napfényt és a levegő széndioxidját használják fel, és az állatoktól, melyek növényekkel vagy más állatokkal táplálkoznak. A Methanococcus megmutatja, mennyire változatos és alkalmazkodóképes lehet az élet. Talán létrejöhetett és fennmaradhatott a marsi környezetben is.

### **h15.gif** Ősi élet: az Apex-csert mikrofosszíliai

A képen a földi élet legősibb maradványai láthatók, baktériumok a nyugat- ausztráliai Apex-csertből. Ez a kőzet körülbelül 3,5 milliárd évvel ezelőtt ülepedett le egy ősi tó vagy óceán fenekén. Az üledékben baktériumok vagy algák éltek. A bemutatott baktérium fossziliák 10-20 mikron hosszúságúak. 11 fajta fossziliát találtak az Apex-csertben. A legtöbb közülük egyedi sejtek alkotta fonalakból áll. Ezek nagyon hasonlítanak a mai tavak fenekén élő kékeszöld algákhoz. A képen látható filamentumok ugyanolyan alakúak, mint az ALH 84001 fossziliái (h12.gif kép).

#### **h16.gif** Porszem a bolygóközi térből

A földönkívüli élet keresése sok félreértésre ad lehetőséget. Könnyen hamis következtetésekre juthatunk, ha reményeink szerint értékeljük a megfigyeléseket, azt látatjuk, amit látni szeretnénk. Egyes elméletek szerint az életet a Földre az interplanetáris porrészecskéken utazó spórák hozták el. A felvételen látható porszem 15 mikron átmérőjű. A felszínén "férgeket" figyelhetünk meg, mintha baktériumokkal lenne borítva. Könnyen ráfoghatjuk, hogy ezek ősi mikrofossziliák, pedig vasszulfid kristályokból állnak, és a porszem egyáltalán nem tartalmaz szenet.

#### **h17.gif** A marsi ALH 84001 meteorit egy lehetséges forráskrátere (11,7°D, 243,3°NY)

Az ALH 84001 a többi marsi meteorittól eltérően igen öreg, kora mintegy 4,5 milliárd év. Így a forráskrátérnek a Mars ősi felföldjein kell elhelyezkednie. Ugyanakkor csak 16 millió évvel ezelőtt történt az a becsapódás, amelynek következtében kikerült a világűrbe, a kráter tehát viszonylag fiatal képződmény. A kőzet metamorfózisa alapján megbecsülhető a becsapódás energiája. Merőleges beesés esetén a kráter átmérője legfeljebb 100 km lehet, ekkor alakja kör. Ha a becsapódás lapos szögben történt, akkor 10 km-nél kisebb átmérőjű, elliptikus nyomot hagyott. Ezeket a szempontokat figyelembevéve Nadine Barlow 42283 becsapódási kráter átvizsgálása során csak két olyan jelöltet talált, amely megfelel a feltételeknek. A képen látható kráter a Hesperia Planitia területén helyezkedik el. Mérete 11,3x9,0 km. Viszonylag friss, nem erodálódott törmelékanyag veszi körül.

#### **h18.gif** A másik lehetséges forráskráter

A másik jelölt a Sinus Sabaeus egy elliptikus, 23x14,5km-es krátere. Az Evros Vallis vidékén helyezkedik el, egy ősi felföldön. Olyan területek közelében jött létre, melyek folyékony víz nyomait mutatják.

#### **h19.gif-h21.gif** Különböző alakú fossziliák az ALH 84001-ben

Kezdetben 3,6 milliárd évre becsülték a fossziliák korát. Az újabb kutatások szerint azonban csak 1,3-1,4 milliárd évesek. A kor meghatározása nagyon fontos, mert a Mars felszínén az utóbbi 3 milliárd évben nem folyt nagy mennyiségű víz. Több más meteorit is a Mars fő vulkanikus és hidrotermikus korszakában, 1,3 milliárd évvel ezelőtt kristályosodott ki.

Gondot jelent a karbonátszemcsék kialakulási hőmérséklete. A baktériumok nem képesek kb. 150 °C-nál magasabb hőmérsékletet túlélni. Néhány vizsgálat szerint a karbonátok legfeljebb 80 °C-on képződtek. Mások azonban úgy vélik, hogy ez a hőmérséklet magasabb, legalább 650 °C volt. Egyes kutatók rámutattak, hogy ha a karbonátok megfelelő hőmérsékleti és nedvességi viszonyok között képződtek volna, a környező kőzet egy részének agyaggá kellene válnia, ami viszont majdnem teljesen hiányzik a meteoritból.

#### **h22.gif** A marslakók inváziója

1938. október 30-án adták elő Orson Welles rendezésében a H.G. Wells: Világok harca című regényéből készült rádiójátékot. A műsor Amerika-szerte pánikot keltett. Több, mint egymillió ember hitte, hogy a marslakók valóban megtámadták a Földet. West Windsor lakói a tömegpszichózis 80. évfordulóján állították a képen látható emléktáblát a marslakók leszállási helyén, Grover's Mill-ben (New Jersey, USA). Értelmes lények biztosan nem lakják a Marsot, de nincsenek egyértelmű bizonyítékok arra vonatkozóan sem, hogy az ALH 84001-ben valamikor baktériumok éltek volna. A megfigyelések mindegyike utánozható pusztán szervesen

mechanizmusokkal. Ennek ellenére ezeknek a maradványoknak az ilyen kis helyen létrejövő, centiméterenként néhány százszáz példányszámú megléte mindenképpen elgondolkodtató jelenség.

## MELLÉKLETEK

### A Mars felszíni alakzatainak elnevezése

A Mars felszíni alakzatainak modern elnevezései jórészt a bolygó korai megfigyelőinek idejéből származnak. A legtöbb nevet Schiaparelli, Antoniadi és Lowell adták. Ők az albedó-alakzatokat térképezték fel (az igaziakat és a képzeletbelieket is). Nagy képzelőerőre valló nevekkal látták el őket. Ezen klasszikus elnevezések közül sok megmaradt még akkor is, amikor az űrszondák felfedték valódi természetüket, de kiegészítették őket az alakzat földrajzi típusára utaló jelöléssel.

**Arcadia Planitia:** ezt a nevet Schiaparelli adta 1882-ben a Tharsis-tól északnyugatra fekvő területnek (kb. az 50°É és 155°NY-i koordinátáknál található). Arkadia az ókori Görögországnak volt egy tartománya.

**Argyre Planitia:** Schiaparelli használta először 1877-ben. Egy 800 km átmérőjű medence neve (50°D, 45°NY). A szó a görög  $\alpha\rho\rho\rho\zeta$  = ezüst szóból származik. Argyre misztikus ezüstsziget volt a jelenlegi Burma környékén.

**Catena:** kráterlánc.

**Cavus:** szabálytalan mélyedés, völgy.

**Chaos:** elkülönülő, töredezett terep.

**Chasma:** kanyon, a szakadékot jelentő chasm angol szóból származik.

**Chryse Planitia:** a Viking-1 leszállási helye. Schiaparelli adta a nevet egy nagy albedójú területnek. Chryse egy mitológiai, aranyban gazdag sziget volt Thaiföld környékén. Gyakran említették Argyre-vel együtt.

**Colles:** kis kiemelkedés, domb.

**Dao Vallis:** 667 km hosszú völgy (37°D, 269°NY). 1979-ben nevezték el. A dao szó thai nyelven csillagot jelent.

**Dorsum:** gerinc.

**Fossa:** keskeny, hosszú, sekély bemélyedés.

**Hellas Planitia:** Schiaparelli használta először 1877-ben. 2000 km átmérőjű becsapódási medence (40°D, 290°NY). Hellász volt Görögország ókori neve és egy tartománya is.

**Hesperia Planum:** egy másik klasszikus marsi név. Schiaparelli vezette be 1877-ben, a görög Heszperia alapján, amely ógörögül nyugati földet és egyben Itáliát jelentett.

**Mensa:** fennsík.

**Mons (többes számban montes):** az IAU által bevezetett név. A latin mons = hegy szóból származik.

**Oxia Palus:** négyszög alakú terület neve a Marson. Lowell 1894-ben úgy képzelte, hogy az általa Oxusnak nevezett csatorna keresztezi ezt az oázist (15°É, 15°NY). A csatorna az Oxianus Lacus-ba folyik. A csatorna neve az üzbeisztáni Oxus folyóéból származik (ma Amu-Darja), az Oxia Lacus pedig az Aral-tó. Antoniadi 1903-ban az Oxia nevet a közvetlenül északra levő területre használta.

**Olympus Mons:** a kifejezés a Nix Olympica klasszikus marsi nevéből származik, amely az Olümposz havát jelenti. Az Olümposz-hegység az istenek lakóhelye volt a görög mitológiában. Az Olympus Mons a legnagyobb vulkán a Naprendszerben, bár a Vénuszon található néhány ennél is nagyobb kiterjedésű, valószínűleg vulkanikus eredetű formáció. Az Olympus Mons látható a Földről is, de csak optimális megfigyelési viszonyok mellett, amikor a csúcsánál lévő felhők jelentősen megnövelik a terület fényvisszaverő képességét. Így az egyike a nagyon ritka albedó-jeleknek a Marson, amely valódi geológiai alakzatnak felel meg.

**Palus:** latinul mocsár. A tengerekhez hasonlóan bizonyos tartományok klasszikus neve a Holdon és a Marson.

**Patera:** lapos kráter, bonyolult, csipkés peremmel.

**Planitia:** az IAU által adott geográfiai alakzatnév. Alacsonyan fekvő síkságot jelent.

**Planum:** az IAU által meghatározott földrajzi alakzat. Magasan fekvő síkságot, azaz fennsíkot jelent.

**Rupes:** szakadék.

**Scopulus:** lebernyeg vagy szabálytalan lejtő.

**Solis Planum:** marsi síkság a 25°D-i és 90°NY-i koordinátáknál. A Solis Lacus, a Nap-tava nevéből maradt meg, ami egy terület klasszikus neve Schiaparelli 1879-es térképén.

**Sulcus:** közel párhuzamosan futó redők, gerincek.

**Syria Planum:** marsi fennsík a 15°D-i és 105°NY-i koordinátáknál, délkeletre a Tharsis-tól. Az elnevezést 1958-ban adta az IAU a Thaumasia egy részének. Syria közvetlen szomszédja a Solis és Phoenicis Lacus-nak. Ez utóbbi a paradicsom- azaz a "napmadár" neve. Az elnevezést azért adták a Nappal kapcsolatos nevű területek mellé, mert Homérosz Odüsszeiájában így hívják azt a szigetet, ahol a Nap megfordul.

**Syrtis Major Planitia:** síkság a 10°É-i és 290°NY-i koordinátáknál. A Schiaparelli által 1877-ben adott névből származik. A Syrtis Major az egyik legfeltűnőbb alacsony albedójú alakzat a Marson. Könnyen látható már kis távcsővel is. A név a líbiai tengerparton található Sidra-öböl nevéből származik, mert alakja felületesen szemlélve erre emlékeztet.

**Terra:** kiterjedt, nagy méretű terület.

**Tharsis:** megemelkedett terület a Marson, amely 4 különlegesen nagy vulkánt, a Tharsis hegyeket foglalja magába: az Olympus-t, az Ascraeus-t, a Pavonis-t és az Arsia-t. A Tharsis klasszikus marsi területnév. Schiaparelli vezette be 1877-ben. A név valószínűleg a bibliai spanyol Tartessus kikötőéből származik, amelyet i.e. 500-ban romboltak le.

**Thaumasia:** klasszikus marsi albedó-jelenség. Schiaparelli nevezte el 1879-ben Thaumaszról, a felhők (a tengeren keletkező természeti jelenségek) istenéről. Thaumasznak négy lánya volt. Az egyik a szépséges Írisz, a szivárvány istennője, a másik három pedig undorító, félig nő, félig madár formájú Hárpia. Manapság ezt a nevet már csak a Thaumasia Fossae-re használjuk.

**Tholus:** kicsi, dómszerű hegy vagy domb, a szó latinul kupolát jelent.

**Undae:** dűnék.

**Utopia Planitia:** marsi síkság (40°É, 260°NY). Ezt a klasszikus elnevezést Schiaparelli alkalmazta 1882-ben. Utopia, azaz "seholsem" ideális állam volt Thomas More 1516-ban írt művében.

**Vallis:** kanyargó völgy.

**Vastitas:** kiterjedt alföld.

## Kislexikon

**Abláció:** Az apró kődarabok vándorlása a jég mozgásának a következtében. Főleg a napsugárzás, a hőmérséklet-ingadozások és a fagyhatás hozza létre. (Ablatio latinul elvétel.)

**Albedo:** a felszín fényvisszaverő képességére jellemző érték. Megadja, hogy az anyag a beeső sugárzás hányadrészét veri vissza (albus latinul fehér).

**Anaerob baktériumok:** oxigén felhasználása nélkül élő baktériumok.

**Anortit:** mészföldpát. Kalciumtartalmú, vulkanikus eredetű ásvány.

**Areografikus koordináták:** a Mars felszínén mért földrajzi koordináták. A 0. szélességi kör a Mars egyenlítője (a forgástengelyére merőleges legnagyobb szélességi köre). A hosszúsági köröket a Sinus Meridiani középpontján átmenő meridiántól kezdve nyugati irányba mérik. A kezdő meridián definíció szerint az a délkör, amelynek hosszúsága 1909. január 15-én 0 óra UT-kor a bolygó centrálmeridiánjától mérve  $344,41^\circ$  volt.

**Barkán:** izolált, félhold alakú homokdűne. A félhold szarvai a homok vándorlásának, a szél fújásának irányába mutatnak. Valószínűleg a homokhegyet jelentő türkmén szóból származik.

**Bazalt:** sötét színű, vasban és magnéziumban gazdag, nagyon gyakori vulkanikus kőzet. (βασανιτης görögül kemény kő, a szíriai Basan hegység után kapta a nevét.)

**Breccsa:** törmelékes üledékes kőzet, amely csak rövid szállítási periódusnak volt kitéve. Ezért szögletes törmelékekből áll, melyeket agyagos vagy más kötőanyag cementez össze.

**Centrálmeridián:** a bolygó távcsőben megfigyelhető korongját észak-déli irányban kettéosztó vonal.

**Cirkuláció:** körforgás, körbeáramlás (circulus latinul kör).

**Cirkumpoláris:** a pólust körülvevő, a pólus környékén lévő.

**Csert:** kovakő. Kemény, üledékes kőzet. Főleg hóforrásokból, gejzírekből rakódik le.

**Diogenit:** olyan ritka akondrit, melyet hipersztén ásványok szemcséi építenek föl. A diogenitek breccsás szerkezete arra utal, hogy az anyakőzet egy kozmikus becsapódás alkalmával feldarabolódott, és újracementálódott. Ennek nyomán a diogenit meteoritokat a Vesta kisbolygó darabjainak tartják.

**Drift:** sodródás, egyirányú áramlás.

**Eolikus:** széllel kapcsolatos, szélhordta, a szél által formált (Αιολος a szél istene a görög mitológiában).

**Erg:** nagyon nagy homoktömeg, homoktenger. A hamita areg vagy ergh szóból származik, amivel a saharai homoktengereket jelölik.

**Erózió:** a szél, a jég, a víz pusztító munkája (erodere latinul megrágni).

**Esker:** hosszan elnyúló, keskeny, szerpentin alakú gerinc. A pusztuló jégtáblában kialakuló csatorna helyét jelöli. Ezekből a csatornákból a folyóvíz kimossa a finomabb szerkezetű anyagot, és csak a durvább hordalékot hagyja a jégfalak között. A szó ír eredetű. A magyar nyelvű szakirodalomban óznak is nevezik a svéd ás alapján.

**Filamentum:** fonal, fonalszerű alakzat.

**Firn:** csonthó, jeges hó. A hó és a jég közti állapotban lévő fagyott víz neve. Lényegében jég szemcsékből áll. (A szó német eredetű, jelentése tavalyi, régi, ó.)

**Fluviális:** folyóvízzel kapcsolatos, folyó által létrehozott (fluvius latinul folyó).

**Fosszília:** kőület, ősmaradvány. Ősi élőlények maradványa.

**Freatikus:** a talaj felszínéhez közel lévő.

**Greigit:**  $Fe_3S_4$ , szabályos szerkezetű, sötét színű ásvány.

**Halo:** világos gyűrű az alakzat körül.

**Hipersztén:** az egyik leggyakoribb piroxén fajta. Sötétbarna vagy fekete, üvegfényű magmás kőzet.

**Homok:** szemcsés anyag, amely a kövek szétmállásával jön létre. A Mars esetén nincsen az összetételére utaló másodlagos jelentése. A homokszemcsék átmérője 62 mikrométertől 2 milliméterig terjed. A marsi szél leginkább a 160 mikrométeres részecskéket mozgatja.

**Kaldera:** általában beomlással keletkezett, utólagos mállással és lepusztulással szélesített, nagy kiterjedésű bemélyedés a vulkán csúcsán. A legtöbb kalderát a magma lehűlése során bekövetkező összehúzódása hozza létre. A kaldera tulajdonképpen a kráter kiszélesedett része. A szó spanyolul katlant jelent, az elnevezés a Kanári-szigetekhez tartozó La Palmáról származik.

**Karbonátok:** a szénsav sói, számos ásvány (pl. a dolomit) fő alkotóelemei.

**Konvekció:** itt hőt szállító anyagáramlás (convectio latinul összehordás).

**Köpeny:** a bolygó kérge és a magja között elhelyezkedő tartomány. Határát a sűrűség ugrásszerű megváltozása mutatja.

**Krómit:** Fekete, fémfényű ásvány, a króm legfontosabb érce. Vasat is tartalmaz. A magma kristályosodásának kezdeti szakaszában jön létre.

**Magnetit:** mágnesvaskő ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Fekete, átlátszatlan ásvány. Nagy hőmérsékleten képződik.

**Magnezit:** magnéziumkarbonát, magnéziumtartalmú ásvány. Forróvízes oldatok hatására jön létre.

**Meridián:** a bolygó pólusain áthaladó kör, hosszúsági kör.

**Mikron:** mikrométer,  $10^{-6}$  méter (egy ezred milliméter).

**Moréna:** a gleccserek által szállított és lerakott kőzettörmelék.

**Morfológia:** a felszíni formákkal foglalkozó tudomány (a μορφη - alak, forma, és a λογο### - beszéd, értelem görög szavak alapján).

**Olivin:** vulkanikus kőzetekben fellelhető ásvány. Magnéziumot, vasat, szilíciumot, és oxigént tartalmaz.

**Pajzsvulkán:** enyhe lejtőjű, lapos, kúp alakú vulkán. Általában lávafolyások hozzák létre.

**Piroklasztikus:** vulkanizmus eredményeképpen létrejött anyag (π###ρ görögül tüzet, κλασιζ széttörést jelent).

**Piroxének:** a kőzetalkotó ásványok egyik fontos csoportja. Sötét színűek, rendszerint vas-magnézium-szilícium-oxigén összetételűek. (Görögül a π###ρ tüzet, a #####voζ idegent jelent.)

**Plagioklász:** nátrium-kalcium összetételű földpát, az egyik legfontosabb kőzetalkotó ásvány. (Görögül a πλαγιος ferdét, a κλασιζ hasadást jelent.)

**Pecesszió:** a bolygó forgástengelyének periodikus, imbolygó mozgása. Hasonló a bűgöcsiga imbolygó mozgásához, csak sokkal lassúbb, több tízezer év alatt fordul körbe.

**Regolit:** a szilárd kérgű égitestek felszínét borító, laza szerkezetű anyag (ρ###γολι### görögül takaró). A Földön a víz és a szerves anyagok hatására talajjá alakul át.

**Rim:** a kráterek kiemelkedő pereme. A becsapódás következtében deformálódó talaj és a visszahulló törmelékanyag hozza létre.

**SNC meteoritok:** a shergottitok, nakhlitok és chassignitok közé tartozó meteoritok. Fiatal koruk és kémiai összetételük arra utal, hogy egy bolygóméretű égitest darabjai. A legtöbb kutató szerint egy hatalmas becsapódás következtében szöktek meg a Marsról.

**Sol:** a Nap két alsó delelése (éjfél) között eltelt idő, egy marsi nap. Hossza 24 óra 39,6 perc. Ez a Nap körüli keringés miatt kissé hosszabb, mint a bolygó 24 óra 37 perc 22,6 másodpercig tartó tengelyforgási ideje (az állócsillagokhoz viszonyítva). A Viking-1 számára 1976. július 20-a volt a 0. sol. Az első sol július 21-én a szonda helyi ideje szerint 12 óra 1 perckor, tehát éjfél után 1 perckor kezdődött.

**Spektrális reflexió:** a fényvisszaverő képesség függése a hullámhossztól.

**Szenes kondritok:** a kőmeteoritok egyik fő csoportja. Kicsiny, átlagosan 1 mm átmérőjű szilikátgömböcskék találhatók bennük, szénben gazdag alapanyagba ágyazódva (###ovδpoζ görögül mag, szem).

**Sziderit:** vaspát, sárgásbarna, üveges fényű ásvány. Karbonátos kőzetekből képződik, vastartalmú oldatok hatására.

**Szilikátok:** a kéreg legfontosabb kőzetalkotó ásványai. Nevüket szilíciumtartalmukról kapták.

**Sztratigráfia:** rétegtan, a földtani rétegek létrejöttével foglalkozó tudomány (stratum latinul réteg, - γραφια görögül leírás).

**Szulfidok:** a kénhidrogén sói.

**Tektonika:** a bolygókéreg szerkezetével, mozgásával, deformációjával foglalkozó tudomány (τεκτονικόζ görögül az építészethez tartozót jelent).

**Topográfia:** a bolygó felszínén lévő alakzatok leírásával foglalkozó tudomány (τοπογραφία görögül helyleírás).

**Transzverzális dűne:** keresztirányú dűne. A dűnéket alaprajzuk és a fő szélirányhoz viszonyított helyzetük alapján csoportosítjuk. A transzverzális dűnék hosszúkas homokdombok, melyek a szél irányára merőlegesen nyúlnak el.

**Viszkozitás:** az anyagok belső súrlódása, a képlékenység, a folyékonyság mértéke. Minél viszkózusabb az anyag, annál sűrűbb, nyúlósabb, ragadósabb, annál kevésbé folyik.

## A képek jegyzéke

### A Mariner és a Viking felvételek nómenklaturája

#### A Mariner-9 felvételei

A Mariner-9 felvételeit a DAS, azaz az automatikus adatgyűjtő alrendszer ideje alapján azonosítják. A DAS-idő egy nyolcjegyű egész szám, melyet 1,2 másodpercenként eggyel növeltek. A képek exponálásának megfelelő DAS-időt a fő adatfájlban, a SEDR-ben (kiegészítő kísérleti adatrekord) tárolták. A végső feldolgozás után az RDR (feldolgozott adatrekord) verziót a DAS-számmal adják meg, ami öttel nagyobb mint a SEDR-ben, mivel ennyi időre volt szükség, hogy az adatok első sora megérkezzen.

#### A Vikingek keringő egységeinek a felvételei

A Vikingek keringő egységeinek a felvételeinél egy sokkal egyszerűbb rendszer használtak. Minden felvételnek külön MMMXY formátumú száma van, ahol az MMM jelöli a keringésnek a sorszámát, az YY pedig az adott keringés során készített felvétel sorszámát. Az X értéke A, B vagy S lehet. Az A jelöli a Viking 1-et, a B a Viking 2-t, az S pedig a Viking-1 azon keringéseit, amelyek sorszáma nagyobb, mint 999. A Viking űrszondákat csak 90 napos időtartamra tervezték! Mindkét keringő egység lényegesen túllépte ezt az időt, és egészen addig működött, amíg a magasság korrekciójához szükséges üzemanyag el nem fogyott. Ez a Viking 1-nél történt meg utoljára. 1982. novemberéig működött, így több, mint 75 hónapig vizsgálta a Mars felszínét.

A Viking felvételeket általában kétféle képfeldolgozási módszernek vetették alá, az SRC2-nek és az NGF-nek. Az eredeti felvételek gyakran gyöngye kontrasztot mutattak, így az SRC2 (kontrasztra korrigált) eljárás során a kép legsötétebb részét teljesen feketére, a legvilágosabb részét teljesen fehérre állították, és ezek arányában változtatták meg a közbenső részek fényességét. A másik általánosan használt eljárás, az NGF (fokozat nélküli felüláteresztő szűrés) megfelel annak amit aszimmetrikus szűrésnek neveznek a képfeldolgozásban. Két vetületet használtak, a derékszögűt (ahogy az űrszonda látta) és az ortografikust, amelyben úgy transzformálták a látványt, mintha pontosan felülről néztük volna. A Viking képeknél szűrősorozatot (neutrális, vörös, zöld, kék, ibolya, mínusz-kék) használtak. A mínusz-kék szűrő, minden fényt átenged, kivéve a kéket. A többi szűrő csak a nevüknek megfelelő színt engedi át. A színes képeket a különböző (általában vörös, kék, zöld) szűrőkkel készített fekete-fehér képek színezésével nyerték.

#### A leszálló egységek felvételei

A Viking-szondák leszálló egységeinek felvételei ABXMMM/NNNN formátumú sorszámot kaptak. Az A jelöli a leszálló egység sorszámát (1 a Viking 1-re, 2 a Viking 2-re). Mindkét leszálló egységen két kamera volt, amelyet a B jelöl. A kép sorszámát az XMMM karaktersorozat jelöli, ahol az X egy betű, az MMM pedig egy sorszám. A felvétel sorozat - függetlenül attól, hogy melyik kamerát használták - A000-val kezdődik és A255-ig tart. A következő sorozat B000-val kezdődik, és így tovább. Az NNNN pedig annak a sol-nak a sorszáma, amikor a kép készült.

**a01.gif:** Kudurru 102485, Louvre, Párizs  
(Boll, Bezold, 2. kép).

**a02.gif:** Részlet, Museo Vaticano, Róma  
(Graves, 30. old.).

**a03.gif:** Budweisi Vencel 1491-ben Lipcsében  
nyomatott asztrológiai könyvéből  
idézi Soucek, 25. old.

**a04.gif:** Mars. Der rote Planet hátlapja,  
Francis, 211., 213. old.

**a05.gif:** Mars. Der rote Planet hátlapja.

**a06.gif:** Róka, Kulin, XX. kép.

**a07.gif:** Live from Mars Photo Gallery

**a08.gif:** Burnham, p. 31.

**a09.gif:** Live from Mars Photo Gallery



- a10.gif:** Viking Lander 22A158.  
Képfeldolgozás: B. Fessler, LPL.
- a11.gif:** Live from Mars Photo Gallery
- a12.gif:** HST felvétel, P. James, NASA PR 95-17.
- a13.gif:** Baalke
- a14.gif:** NASA Life on Mars Photos
- a15.gif:** P. Rawlings festménye, NASA P-46480.
- a16.gif:** NASA Images of Pathfinder
- a17.gif:** Lockheed Martin Astronautics
- a18.gif:** P. Rawlings festménye, NASA.
- a19.gif:** P. Rawlings festménye, NASA.
- b01.gif:** Viking Orbiter Views of Mars, NASA SP-441, p. 14.
- b02.gif:** L. Martin felvétele, Lowell Observatórium.
- b03.gif:** STScI-PRC97-09a felvétel.
- b04.gif:** D. Troiani, ALPO. Közli: MacRobert.
- b05.gif:** D. Troiani, ALPO. Közli: MacRobert.
- b06.gif:** Viking Orbiter mozaik.  
Képfeldolgozás: US Geological Survey.
- b07.gif:** Viking Orbiter mozaik.
- b08.gif:** Mészáros, S.P.: Photographic Catalog of Selected Planetary Size Comparisons. NASA TM-86207, 1985., 46. kép.
- b09.gif:** Mars Digital Image Map, képfeldolgozás: Brian Fessler, Lunar and Planetary Institute.
- b10.gif:** Live from Mars Photo Gallery
- b10a.gif-b10d.gif:** Viking Orbiter 912-915A, 279B, képfeldolgozás: J. Swann, T. Becker, A. McEven.
- b11.gif:** Viking Orbiter 14A30, dél felé irányuló felvétel.
- b12.gif:** Szimuláció: W.S. Kiefer, számítógépes grafika: A. Kubala, LPL.
- b13.gif:** Mars Digital Image Map, képfeldolgozás: B. Fessler, LPL.
- b14.gif:** Viking Orbiter 418S39
- b15.gif:** Mészáros, i.m. 49. kép.
- b16.gif:** Viking Orbiter P17444 mozaik alapján festette: G. Legg, NASA SP-444, 1980.
- b17.gif:** Viking Orbiter 516A23 kép egy része.
- b18.gif:** Viking Orbiter 651A08-651A12 mozaik. Képfeldolgozás: B. Fessler, LPL.
- b19.gif:** Viking Orbiter P17022 mozaik kelet felé nézve.
- b20.gif:** Mészáros, i.m. 60. kép.
- b21.gif:** Mozaikkép a Viking felvételek alapján. USGS, Mars Global Images
- b22.gif:** Viking Orbiter MC23SW mozaik
- b23.gif:** Viking Orbiter P18114 mozaik
- b24.gif:** Ames Mars Climate Modell, Mars Today
- b25.gif:** Viking Orbiter felvétel
- b26.gif:** Képfeldolgozás: USGS.
- b27.gif:** Viking Orbiter P18459 mozaik
- b28.gif:** NASA STScI-PRC97-15b
- b29.gif:** Mészáros, i.m. 65. kép.
- b30.gif:** Mars Digital Image Map, képfeldolgozás: B. Fessler, LPL.
- b31.gif:** Viking Orbiter 211-5190 mozaik
- b32.gif:** Mars Digital Image Map, képfeldolgozás: B. Fessler, LPL.
- b33.gif:** Live from Mars Photo Gallery
- b34.gif:** Mars Digital Image Map, képfeldolgozás: B. Fessler, LPL.
- b35.gif:** NASA STS-41G, 17-36-039.
- b36.gif:** Viking Orbiter 3A07
- b37.gif:** Kiefer, Treiman, Clifford.
- b38.gif:** Meteorites from Mars
- b39.gif:** H. Karlsson, E. Gibson, JSC
- b40.gif:** Képfeldolgozás: M.A. Dale-Bannister, Washington Egyetem, St. Louis.
- b41.gif:** Live from Mars Photo Gallery
- b42.gif:** Viking Lander 21I093
- b43.gif:** Viking Orbiter 854A81, 854A82, 854A83 mozaik. Képfeldolgozás: B. Fessler, LPL.
- b44.gif:** Viking Orbiter 428B34, 428B36 mozaik. Képfeldolgozás: B. Fessler, LPL.
- c01.gif:** Szimulált kép a Marsról, H. Houben, Mars Today, NASA Center for Mars Exploration.
- c02.gif:** Live from Mars Photo Gallery
- c03.gif:** Live from Mars Photo Gallery
- c04.gif:** Viking Orbiter 646A28
- c05.gif:** Viking Orbiter 468S37 és 39
- c06.gif:** Digitális mozaik része, készítette: A. McEwen, USGS.
- c07.gif:** Viking Orbiter 401B16-24 digitális mozaik, készítette: J. Zimelman, LPI.
- c08.gif:** Viking Orbiter 401B16 része

- c09.gif:** Viking Orbiter 358S59  
**c10.gif:** Viking Orbiter 62A36  
**c11.gif:** Viking Orbiter 783A11  
**c12.gif:** Viking Orbiter 252S01, 3, 5, 32, 34, 36  
**c13.gif:** Viking Orbiter 49B85  
**c14.gif:** Viking Orbiter 44B50  
**c15.gif:** Viking Orbiter 516A24  
**c16.gif:** Viking Orbiter 541A41-46  
**c17.gif:** Viking Orbiter 651A19  
**c18.gif:** Az MC23NE fotómozaik része, USGS.  
**c19.gif:** Viking Orbiter 87A14  
**c20.gif:** Viking Orbiter 106A09  
**c21.gif:** Viking Orbiter 627A28 részlete  
**c22.gif:** Viking Orbiter 586B34 része  
**d01.gif:** Viking Orbiter 881A08  
**d02.gif:** Barlow, Sharpton  
**d03.gif:** Viking Orbiter 538A03  
**d04.gif:** Viking Orbiter 673B52  
**d05.gif:** Viking Orbiter 003A07  
**d06.gif:** Viking Orbiter 635A82  
**d07.gif:** Pike, R.J.: Proceedings of the 11th Lunar and Planetary Science Conference, 1980., 2. ábra.  
**d08.gif:** Viking Orbiter 675B35  
**d09.gif:** Viking Orbiter 526A42  
**d10.gif:** Viking P17022 mozaik  
**d11.gif:** Viking Orbiter 516A24  
**d12.gif:** Viking MC-7NW mozaik  
**d13.gif:** Viking Lander 22D068  
**d14.gif:** Viking Orbiter 512A53  
**d15.gif:** Viking Orbiter 555A32  
**d16.gif:** Viking Orbiter 858A04  
**d17.gif:** Viking Orbiter 704B35  
**d18.gif:** Viking Orbiter 701B59  
**d19.gif:** Viking Orbiter 516B32  
**d20.gif:** Viking Orbiter 383B67  
**d21.gif:** Viking Orbiter 567B33  
**d22.gif:** Viking Orbiter 651A81  
**d23.gif:** Viking Orbiter 701B82  
**d24.gif:** Viking P20776 mozaik  
**d25.gif:** Viking Orbiter 428B22  
**e01.gif:** Viking Orbiter 056A24  
**e02.gif:** Viking Orbiter 248B57 ibolya szűrő  
**e03.gif:** Viking Orbiter 176B02 vörös szűrő  
**e04.gif:** a) Viking Orbiter 038B25 neutrális szűrő, b) Viking Orbiter 112A25 zöld szűrő  
**e05.gif:** Viking Orbiter 510A46 vörös szűrő  
**e06.gif:** a) Viking Orbiter 603A08 vörös szűrő, b) Viking Orbiter 639A67 vörös szűrő  
**e07.gif:** Viking Orbiter 375S11  
**e08.gif:** Viking Orbiter 553A54 vörös szűrő  
**e09.gif:** Viking Orbiter 669A50 része, vörös szűrő  
**e10.gif:** Mariner-9 DAS13315770  
**e11.gif:** Viking Orbiter 058B28  
**e12.gif:** Viking Orbiter 519B36 mínusz-kék szűrő  
**e13.gif:** Viking Orbiter 525B15 mínusz-kék szűrő  
**e14.gif:** Viking Orbiter 544B05 mínusz-kék szűrő  
**e15.gif:** Viking Orbiter 571B53  
**e16.gif:** Viking Orbiter 510A46  
**e17.gif:** Viking Orbiter 442B10  
**e18.gif:** Viking Orbiter 044B37  
**e19.gif:** Viking Orbiter 28A62  
**e20.gif:** Viking Orbiter 471S18  
**e21.gif:** Mariner-9 DAS08080243  
**e22.gif:** Viking Orbiter 383B50 mínusz-kék szűrő  
**e23.gif:** Viking Orbiter 338531  
**e24.gif:** Viking Orbiter 826A32-38 mozaik  
**e25.gif:** Viking Lander 11B169  
**e26.gif:** Viking Lander 21A024  
**e27.gif:** Viking Lander 11B097/040 nagy felbontású és 11I059/688 színes triplétt  
**e28.gif:** Viking Lander 11I075/697 nagy felbontású és 11H016/556 színes triplétt  
**e29.gif:** Viking Lander balról jobbra: 11J107/1594, 11J122/1705, 11J127/1742, 11J147/1853, 11J147/1890, 11J162/2001 és 11J182/2149).  
**e30.gif:** Williams  
**g01.gif:** NASA/JSC S91-38433  
**g02.gif:** NASA/JSC S82-35865  
**g03.gif:** NASA Johnson Space Center Image  
**g03a.gif:** NASA Johnson Space Center Image  
**g04.gif:** Don Davis festménye, SETI Institute, 1994.  
**g05.gif:** Viking Orbiter 516A24  
**g06.gif:** Lunar and Planetary Institute  
**g07.gif:** Piironen, 13. old.  
**g08.gif:** Piironen, 13. old.  
**g09.gif:** NASA/JSC S80-36583

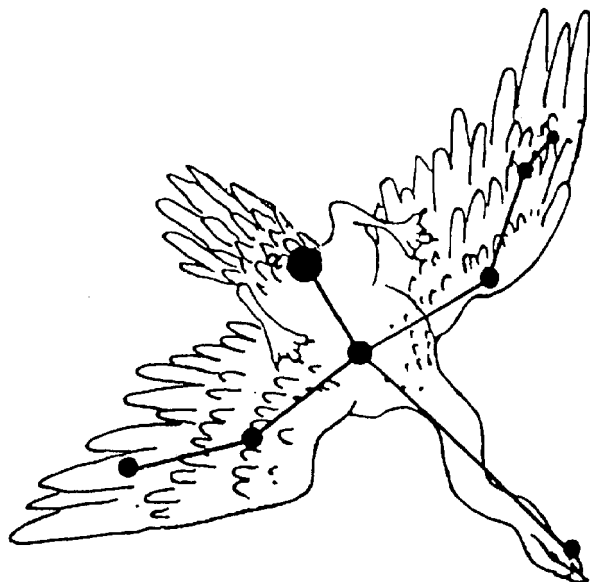
**g10.gif:** J. Dasch felvétele  
**g11.gif:** Piironen, 13. old.  
**g12.gif:** NASA/JSC S80-36583  
**g13.gif:** NASA/JSC S78-32478  
**g14.gif:** A. Treiman felvétele, LPI.  
**g15.gif:** A. Treiman felvétele, LPI.  
**g16.gif:** A. Treiman felvétele, LPI.  
A **g17.gif-g56.gif** képek forrása: Baalke  
**h01.gif:** NASA/JSC S85-39565  
**h02.gif:** Lunar and Planetary Insitute  
**h03.gif:** A. Treiman felvétele, LPI.  
**h04.gif:** Beatty, p. 19.  
**h05.gif:** Beatty, p. 19.  
**h06.gif:** A. Bischoff felvétele, Westfalische  
Wilhelms-Universitat, München.  
**h07.gif:** A. Treiman felvétele, LPI.  
**h08.gif:** A. Treiman felvétele, LPI.  
**h09.gif:** NASA/JSC S96-12301  
**h10.gif:** NASA/JSC S96-12299  
**h11.gif:** P. Dasch, A. Treiman  
**h12.gif:** NASA/JSC S9-12609  
**h13.gif:** D. McKay felvétele, NASA/JSC.  
**h14.gif:** Woods Hole Oceanographic Institute  
**h15.gif:** R. W. Schopf felvétele.  
**h16.gif:** M. Zolensky felvétele, NASA/JSC.  
**h17.gif:** Viking Orbiter.  
**h18.gif:** Meteorites from Mars  
**h19.gif:** NASA/JSC S96-12298  
**h20.gif:** NASA/JSC S96-12297  
**h21.gif:** NASA/JSC S96-12300  
**h22.gif:** J.G. Farquhar felvétele, közli: Krupp.

## Irodalom

- A Föld és fejlődéstörténete (Gondolat Kiadó, 1975.)
- A Pathfinder leszállási helye (Albireo, 27. évf., 2. sz., 15. old., 1997.)
- Baalke, R.: Mars Meteorites (Jet Propulsion Laboratory)
- Barlow, N.G., Sharpton, V.L.: Stones, Wind and Ice: A Guide to Martian Impact Craters (Lunar and Planetary Institute)
- i. Bartha L.: A Mars - a (még mindig) időszerű bolygó (Meteor Csillagászati évkönyv, MCSE, 1992.)
- Beatty, K.: Life from Ancient Mars? (Sky and Telescope, Vol. , No. 4, p. 18, 1996.)
- Boll, F., Bezold, C.: Csillaghit és csillagfejtés (Helikon, 1987.)
- Burnham, R.: New Views of Mars and Phobos (Astronomy, Vol. 17, No. 9, p. 28, 1989.)
- Cullens, L., Tuman, V.S.: Immortality Etched in Stone (Griffith Observer, Vol. 50, No. 1, p. 10, 1986.)
- Dasch, P., Treiman, A.: Ancient Life on Mars? (Lunar and Planetary Institute, 1997.)
- Dubosin, G.N.: Szpravocnoje rukovodstvo po nyebesnoj mehanike i asztrodinamike (Nauka, Moszkva, 1971.)
- Francis, P.: A bolygók (Gondolat Kiadó, 1988.)
- Graves, R.: Görög mítoszok (Európa Könyvkiadó, 1985.)
- Hédervári P., Marik M., Pécsi T.: A Vénusz és a Mars ostroma (Gondolat Kiadó, 1976.)
- Impact Craters and Volcanoes (MarsLink, The Planetary Society, 1996.)
- Juhász T.: A Mars éve (Albireo, 17. évf., 7. sz., 18. old., 1987.)
- Juhász T.: A termálemisziós spektrométer (Albireo, 27. évf., 2. sz., 9. old., 1997.)
- Kiefer, W.S., Treiman, A.H., Clifford, S.M.: The Red Planet: A Survey of Mars (Lunar and Planetary Institute, 1995.)
- Kolcsinszkij, I.G., Korszuny, A.A., Rodrigesz, M.G.: Asztronomi (Naukova Dumka, Kijev, 1977.)
- Krupp, E.C.: Mars Invades Griffith Observatory (Griffith Observer, Vol. 53, No. 5, 1989.)
- MacRobert, A.: Observing Mars in 1997. (Sky and Telescope Online Home Page)
- Mars. Der rote Planet (Hallwag, Bern)
- Meteorites from Mars (NASA Johnson Space Center, 1996.)
- Mészáros, S.P.: Photographic Catalog of Selected Planetary Size Comparisons (NASA TM-86207, 1985.)
- Possible Source Craters for Martian Meteorite Found (NASA for Immediate Release, August 12, 1996.)
- Róka G., Kulin Gy. szerk.: Csillagászati kisenciklopédia (Gondolat Kiadó, 1969.)
- Savage, D., Jones, T., Villard, R.: Hubble's Sharpest Views of Mars Available (NASA Note to Editors, N97-21, 1997.)
- Schedule of Missions to Mars (Mars Underground News, Vol. 7, No. 4, 1995.)
- Soucek, L.: A betlehemi csillag nyomában (Madách, Bratislava, 1982.)
- Szőke Á.: Eredete nem ismeretlen (Tankönyvkiadó, 1988.)
- Természettudományi kislexikon (Akadémiai Kiadó, 1989.)
- The Mars Global Surveyor Mission (Jet Propulsion Laboratory, 1995)
- Treiman, A., Kiefer, W.: Exploring Mars: 1996 (Lunar and Planetary Institute)
- Tuman, V.S.: The Summer Solstice Festival June 22, 1203 B.C. (Griffith Observer, Vol. 52, No. 5, p. 13, 1988.)
- Williams, S.H.: The Winds of Mars: Aeolian Activity and Landforms (Lunar and Planetary Institute)
- Zimbelman, J.R.: Volcanoes on Mars (Lunar and Planetary Institute)

## Tartalom

A vörös bolygó .....	2
A Mars földrajza.....	7
Vulkánok a Marson .....	16
Becsapódási kráterek .....	21
A szél felszínformáló hatása .....	25
Kövek a Marsról: az SNC meteoritok .....	31
Élet a Marson?.....	38
MELLÉKLETEK .....	43
A Mars felszíni alakzatainak elnevezése .....	43
Kislexikon.....	45
A képek jegyzéke .....	48
Irodalom .....	52



# ALBIREO

**AmatőrCsillagász Klub**

Alapította: Szentmártoni Béla

8900 Zalaegerszeg, Nemzetőr u. 8.

Tel./fax: 92/313-490

e-mail: [albireo@dfmk.hu](mailto:albireo@dfmk.hu)

<http://alpha.dfmk.hu/~albireo>

Az **Albireo AmatőrCsillagász Klub** az amatőrcsillagászok megfigyeléseit kívánja segíteni. Katalógusokat, csillagatlaszt, útmutatókat ad ki, gyűjti és közli az észleléseket. Ezeket a célokat főleg a negyedévente megjelenő, Albireo című lap kiadásával valósítja meg. A Nap, a bolygók, kisbolygók és üstökösök, a mély-ég objektumok, a kettőscsillagok és fedési kettősök megfigyelése jelentik a legfontosabb észlelési területeket.

Az Albireo a csillagászaton kívül környezetvédelemmel, a globális éghajlatváltozás hatásaival is foglalkozik.

Az Albireót az amatőrcsillagászok megfigyeléseikért cserébe kapják. Más érdeklődők számára előfizethető a klub címén.