

Karácsony 45 évvel ezelőtt: emberek a Hold körül

Mi is történt 45 évvel ezelőtt karácsony idején? Az 1960-as években a két nagyhatalom az űrversenyben az ember holdraszállásának elsőségéért is küzdött egymással. A kérdés az volt, hogy vajon amerikai vagy szovjet űrhajós teszi-e meg az első lépéseket a Hold felszínén. Az 1968-ra a már teljes gőzzel zajló Apollo-program lépéskényszerbe került, mert olyan hírek érkeztek, hogy küszöbön áll az első szovjet emberes holdexpedíció. Amerika nem akarta elveszíteni a „holdversenyt”, ezért a NASA, átalakítva az addigi repülési tervet, 1968 karácsonyára az Apollo-8 küldetésekként emberek holdkörüli repülését tűzte ki célul.

Az Apollo-8 útja

Idézzük most fel röviden a 45 évvel ezelőtti karácsonyi űrutazást. Florida, Kennedy Űrközpont, 39-A indítóállás, 1968. december 21. 12:51:00 UTC: az Apollo-program fontos állomásához érkezett. Három űrhajóssal a fedélzetén elindult a Hold felé az Apollo-8 űrhajó. Frank Frederick Borman (1928) parancsnok, James (Jim) Arthur Lovell (1928) a parancsnoki modul pilótája és William Alison Anders (1933) a holdkomp pilótája helyén, ám a holdkomp nélkül mint második pilóta, elindultak az ismeretlen és veszélyes útra és tisztában voltak az út minden eshetőségével.

A földkörüli pályáról a Hold felé vezető manőverek, a holdkörüli pályára állás, majd a Hold vonzáskörzetének elhagyása, a navigálás, a parancsnoki modul irányítása, a hajtóművek kipróbálása fő feladata volt az Apollo-8 küldetésének. Az űrhajó 1968. december 24-én magyar idő szerint a délelőtti órákban állt holdkörüli pályára. A pályamódosítások utáni végső holdkörüli pályán holdközeli 110,6 km magasságban volt a felszíntől, míg holdtávolban 112,4 km-re. Egy keringést mintegy 2 óra alatt tett



A Time magazin az Apollo-8 űrhajóssait az 1968-as év embereinek választotta

meg. A szentestét a Hold körül töltötték az űrhajósok. Miközben felkelt a Föld a Hold horizontján, a Teremtés Könyvéből a világ teremtésével kapcsolatos részleteket olvastak fel. Mindezt a televíziós közvetítések segítségével több milliárd ember halhatta és láthatta. (A közvetítés egyébként Emmy-díjat kapott.) Az Apollo-8 legnagyobb hatású felvételei a Földről készültek a Hold távolságából visszatekintve. A három amerikai űrhajós, Borman, Lovell, Anders, valamint több milliárd ember számára ekkor vált először igazán kézzelfoghatóvá, hogy a kék bolygó, a Föld, egyedülálló oázis a kietlen világűrben.

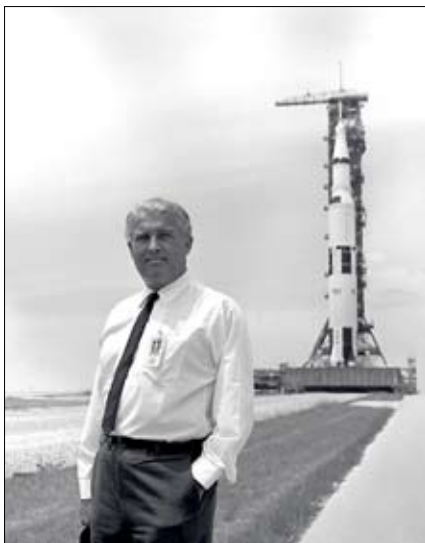
Két és fél órával a nevezetes közvetítés után, a tizedik keringés végén megkezdték a Föld felé vezető pályára való rátérést, még a Hold túloldalán. A pályára állás rendben megtörtént. Három nappal később megkezdődött a Föld légkörébe való belépés, amely

a rádiókapcsolat néhány perces megszakadását is magával vonta. Amikor ismét helyreállt a kapcsolat, Lovell azt mondta a houstoni irányítóközpontnak: „Megjött a Mikulás”. „Megerősítve. Ti vagytok a legjobbak, akiket valaha is megismertem.” – válaszolta Thomas Mattingly a rádiókapcsolatot tartó űrhajós a houstoni irányítóközpontból (Mattingly később az Apollo-16 parancsnoki modul pilótája volt). A Föld légkörébe való belépés igen veszélyes része az űrutazásnak, különösen pedig a Holdról nagy sebességgel visszatérve. A belépési szög helyes megválasztása, az űrhajó sebességének nagysága, valamint a hőpajzs helyes iránya igen kritikus a légkörbe való belépéskor. Az Apollo-8 1968. december 27-én 15:50:49 UTC-kor (más forrás szerint 15:51:42 UTC-kor) sikeresen leszállt a Csendes-óceánra, a Hawaii-szigetektől délre (a hely földrajzi koordinátái é.sz. 8,8 fok, ny.h. 165,1 fok) és a személyzetet, valamint az űrkabinat a Yorktown repülőgépanyahajó vette a fedélzetére. Alig telt el hét hónap, és 1969. július 21-én az Apollo-11 két űrhajósa már a Hold felszínén sétált, beteljesítve ezzel a John F. Kennedy elnök által 1962-ben meghirdetett amerikai holdprogram fő célkitűzését: elsőként juttatni embert a Hold felszínére.

A rakétechnika fejlődése: a Saturn V hordozórakéta

Az Apollo-program megvalósítása idején az űrtechnika jelentős fejlődésnek indult. A fejlesztések lehetővé tették a biztonságos holdutazást, a tudományos kutatást a Holdon és holdkörüli pályáról, valamint a Föld légkörébe való biztonságos belépést és lefékeződést. A sok-sok technikai újdonság közül itt most két kiemelkedő technikai bravúrt emelünk ki: a Saturn V hordozórakétát és a Hasselblad-fényképezőgépet.

Az Apollo-8 újjan próbálták ki először emberes űrutazás keretében a Saturn V hordozórakétát és a parancsnoki modult, valamint több egyéb eszközt is, így tehát az űrhajósok mintegy „beprepülő” pilótaként a világűrben először próbálták ki ezeket az eszkö-



Wernher von Braun (1912–1977) az Apollo-11, a Holdra az első embereket szállító Saturn V hordozórakéta előtt 1969-ben (NASA)

zöket. Ez kockázatos volt, de az idő nagyon sürgetett, mert az események felgyorsultak. Az amerikaiak tudták, hogy a szovjetek a nyilvánosság kizárásával ugyan, de dolgoznak saját holdprogramjukon, amelynek célja ugyanaz: elsőként embert juttatni a Hold felszínére. Ráadásul az amerikai holdkomp kifejlesztése és tesztelése késésben volt. A holdkomp világűrben való kipróbálása lett volna eredetileg az Apollo-8 feladata. Ehelyett a NASA döntéshozói merész elhatározással 1968 decemberére kitűzték az első holdkörüli emberes űrutazást, és egyben a nagyteljesítményű Saturn V rakéta élesben történő kipróbálását.

A Saturn V háromfokozatú hordozórakéta, amelynek teljes magassága közel 111 m, legnagyobb átmérője 33 méter, teljes üzemanyagfeltöltéssel mintegy háromezer tonna tömegű. Alacsonyan húzóódó földkörüli pályára 120 tonna hasznos terhet képes juttatni, míg a Hold felé vezető pályára 45 tonnányit.

Az amerikai űrprogram hordozórakétáinak kifejlesztésében alapvető szerepet játszott a

második világháború végén Németországból az Egyesült Államokba áttelepített Wernher von Braun (1912–1977) és az általa vezetett fejlesztőcsapat. Von Braun oroszlánrészt vállalt a Saturn és az azt megelőző hordozórakéták megalkotásában. A NASA Marshall Űrközpontjának első igazgatója volt 1960 és 1970 között. Amerikai szakemberek véleménye szerint az Egyesült Államok von Braun csapata nélkül csak jóval hosszabb idő múlva, több problémával szembesülve és megküzdve, jelentős késéssel tudott volna embert küldeni a Holdra.

A Hasselblad-kamerák

A rendkívüli úrfelvételek készítéséhez jó képfelvételre is szükség volt, s talán érdemes visszatekinteni, hogyan találta meg a NASA a legmegfelelőbb kamerát az űrhajósok számára. A svéd Hasselblad-céget Fritz Victor Hasselblad 1841-ben alapította Göteborgban. Az unoka, Victor Hasselblad (1906–1978) precíz, kifinomult fényképező kamerákat és óraszerkezetet gyártott, ami a kamerák úrváltozatának kifejlesztését is nagyban elősegítette. A nagy múltú Hasselblad cég történetében igazi fordulópontot jelentett, amikor 1957-ben az 500C jelű modelljük megjelent. Az 500C a világűr zord körülményeire, a fel- és leszállás rendkívül erős gyorsulásainak, vibrációs hatásainak ellenálló változatát az amerikai emberes űrrepülések során is alkalmazni kezdték. Hasselblad-kamerát először Walter M. Schirra (1923–2007), a Mercury-Atlas 8 1962-es repülése során használt. Később, 1965-ben, az első amerikai űrséta izgalmas pillanatait is ilyen kamerákkal rögzítették a Gemini 4 űrhajósai, James A. McDivitt és Edward H. White. Ezután lett a Hasselblad az űrhajósok fényképezőgépe. A világ első motoros filmtovábbítással ellátott kameráját, a Hasselblad 500 EL-t is a NASA igényeinek megfelelően tervezték, és többek között az Apollo-8 útja alkalmával is használtak ilyen típust. Az Apollo-8 útja során használt Hasselbladokhoz 80 mm-es és 250 mm-es Zeiss-objektívet, valamint bizonyos célpontokhoz 60 mm-



Hasselblad EC (Electronic Camera) 500 EL

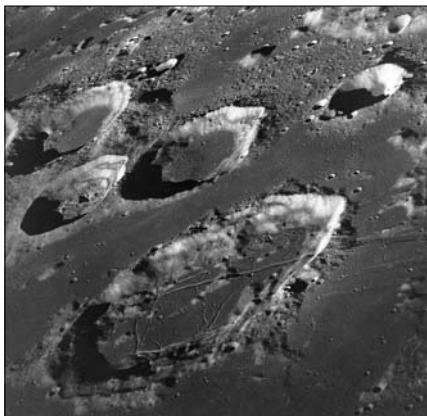
Victor Hasselblad (1906–1978) és híres úrfényképezőgépei, amelyeket az Apollo-8 útja során használtak: a Hasselblad EC (Electronic Camera) 500 EL világűrben alkalmazott speciális változatai a 70 mm-es cserélhető filmkazettával a kamerák hátoldalán (a Hasselblad-cég történeti honlapjáról)

es Zeiss-lencsét használtak, amellyel fókuszálhatóan ellátott felvételeket lehetett készíteni. A kamerák 70 mm-es film befogadására alkalmas cserélhető filmkazettával egészültek ki. A felvételek többsége fekete-fehér a legjobb felbontás és érzékenység elérése céljából, a színes felvételek száma kevesebb.

Felvételek a holdfelszínről

Az Apollo-8 tíz keringést végzett égi kísérőn körül, amelynek során a Hold felszínéről több mint 600 részletes, nagyfelbontású felvétel készült. Fontos volt ugyanis részletes felvételeket készíteni az Apollo-program holdi leszálló helyeiről, többek között a kijelölt első leszálló helyről, a Mare Tranquillitatis területéről.

A rengeteg fotó közül a Hold egy rendkívül érdekes részletét mutatjuk be, amely a Mare Fecunditatis (Termékenység Tengere) peremén lévő, barázdákkal, rianásokkal szabdaltszerű aljzatú, mintegy 72 km átmérőjű és 2,2 km mély Goclenius-kráterről és környezetéről készült. A Goclenius a keleti hosszúság 45,0 foka és déli szélesség 10,0 fokánál található, és a terület megtalálásához a Rükli-féle atlasz 48-as és 59-es számú térképlapjai adhatnak segítséget. A képen még feltűnő a 40 km átmérőjű Magelhaens, a 32 km átmérőjű Magelhaens A, valamint a 42 km-es Colombo A is. A Goclenius-kráterhez közeli és a kráter aljzatában is folytatódó, mintegy 1 km széles



A Goclenius-kráter az Apollo-8 hosszú fókuszú Hasselblad kézikamerájával fényképezve 1968. december 24-én. A kamera a holdrajzi délnyugat felé néz. Feljebb a három kisebb kráter balról jobbra: Magelhaens A, Magelhaens, fentebb pedig a Colombo A. A jobb felső sarokban a Gutenberg D látható (NASA, AS08-13-2225 (H))

rianások (Rimae Goclenius: Rima Goclenius I és II) is jól láthatók az Apollo-8 felvételein.

Felvételek leszállóhelyekről

Az Apollo-8 fontos feladata volt az Apollo-11 tervezett leszállóhelyeinek fényképezése. A leszállóhelyek kiválasztását elsősorban a korábbi a Lunar Orbiter program szondái – főleg a Lunar Orbiter IV és V – által készített képek alapján végezték, de szükség volt olyan felvételekre is, amelyek az Apollók alacsonyabban húzódó pályamagasságából készültek.

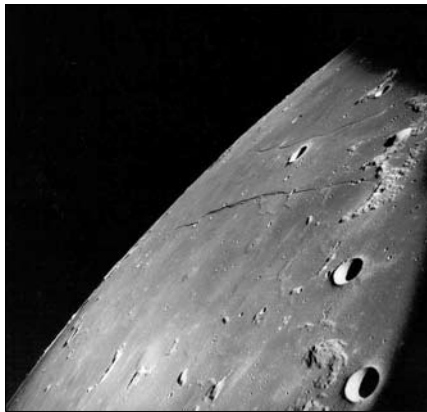
A szempontok a következők voltak. Nyilvánvalóan a holdkomp le- és felszállása idején, illetve a holdfelszíni tartózkodás során a Földdel való közvetlen rádiókapcsolat tartásához a Hold felénk forduló oldala jöhetett csak szóba. Lehetőleg sík területen legyen a leszállóhely, környezetében ne legyenek kráterek és nagyobb kövek, sziklák. A síkság ne lejtessen két foknál jobban, azaz a holdkomp ne boruljon fel, illetve a Hold elhagyásakor a startolóskor ne legyen probléma az, hogy a holdkomp túl ferdén áll. A leszállóhely megközelíthetősége akadálymentes legyen, vagyis a leszállás útvonalába ne essen

nagyobb domb, hegy, szakadék vagy mélyedés, mélyebb kráter, amely a terep beláthatóságát zavarná, illetve amely a leszállóradar számára hamis magassági adatokat jelezne. A holdkomp üzemanyag-felhasználása minimális legyen. Biztosított legyen a holdkomp számára a szabad visszatérési útvonal, vagyis a szabad visszatérési pályán keringő parancsnoki modul hatósugarába essen, a holdkomp és a parancsnoki modul egymáshoz közel kerülhessen a biztos dokkoláshoz. Figyelembe kellett azt is venni, hogy a földi start elhalasztása esetén is legyen elérhető a kiválasztott holdi leszállóhely.

Ezek alapján összesen öt lehetséges, ezen belül három fő jelöltet választottak ki az első leszállóhelynek. A jelöltek újbóli, részletesebb vizsgálata az Apollo-8, majd az Apollo-10 űrhajósainak egyik fő feladata lett. Bormanék repülése után még az „1-es leszállóhely” tűnt befutónak, a Nyugalom Tengere keleti részén – abban a zónában, amely a legkeletibb hely volt, ahol űrhajó egyáltalán leszállhat –, végül az Apollo-10 fotói a „2-es leszállóhelyet” kedvezőbbnek mutatták. A holdkorong közepe táján fekvő „3-as” leszállóhely gyakorlatilag kiesett.

Az Apollo-8 űrhajósi több felvételt is készítettek a Nyugalom Tengere különböző vidékeiről, a Cauchy-kráterről és környezetéről is. Azért is érdekes ez a terület, mert az „1-es” számú lehetséges leszállóhely lett volna. A Holdnak ezen a vidékén egyébként amatörtávcsövekkel is jól megfigyelhető érdekes alakzatok találhatók. Ez a nevezetes felvétel a Hasselblad-kamera AS08-13-2344 sorszámú felvétele, amelyen a 12 km átmérőjű és mintegy 2,67 km mély Cauchy-kráter a Rima Cauchy keskeny fala (a képen a lentebbi) és a Cauchy Rille kissé kanyargó árka között helyezkedik el. A terület közelében, attól délkeletre az 56 km átmérőjű, feltűnő Taruntius-kráter található, amely szintén érdekes megfigyelési célpont. A Cauchy-régió a Rükl-féle Holdatlasz 36-os, a Taruntius vidéke pedig a 37-es számú térképlapjain azonosítható. Az Apollo-11 leszállóhelyének megtalálását pedig a Holdatlasz 35-ös számú térképlapja segíti a Nyugalom Tengere dél-

nyugati vidékén. A képen a Cauchy-krátertől jobbra lefelé haladva még két feltűnő hold-kráter található: a 11 km átmérőjű és 2,2 km mély Zähringer-kráter (régőbbi elnevezése Tarantius E) és az ugyanakkora átmérőjű Tarantius F (a jobb alsó sarok közelében).



A Cauchy-kráter környezete a Mare Tranquillitatis keleti peremén. A Rupes Cauchy (hosszú fal lentebb) és a Rima Cauchy (fentebb) veszi közre a Cauchy-krátert. Két nagyobb dóm is kivehető: a Cauchy ω (közepén kis kör alakú bemélyedéssel) és tőle balra a Cauchy τ (NASA)

Miért lett volna érdekes az, hogy az Apollo-11 vagy valamely azt követő holdexpedíció leszállóhelye a Nyugalom Tengere Cauchy régiójában legyen? Mert ez a vidék egy idős, ősi holdfelszíni terület, sok érdekes, a régi idők eseményeit őrző tanú-alakzatokkal. A Nyugalom Tengere ugyanis a Hold fejlődési időskáláján egy régi, 3,9–4,5 milliárd éves, pre-nektári korú becsapódási medence. A később, mintegy 3,2–3,85 milliárd évvel ezelőtt kialakult Esők Tengere (Mare Imbrium) keletkezését eredményező becsapódás lökéshulláma hozhatta létre az egyenként mintegy 200 km hosszú Rupes Cauchy törésvonalat, illetve a Rima Cauchy vetődési árkot (graben az elnevezése a geomorfológiában). Ezt az elképzelést az is alátámasztja, hogy ezek a hosszú, keskeny mélyedések a Mare Imbrium felé sugárírányban futnak a holdfelszínen.

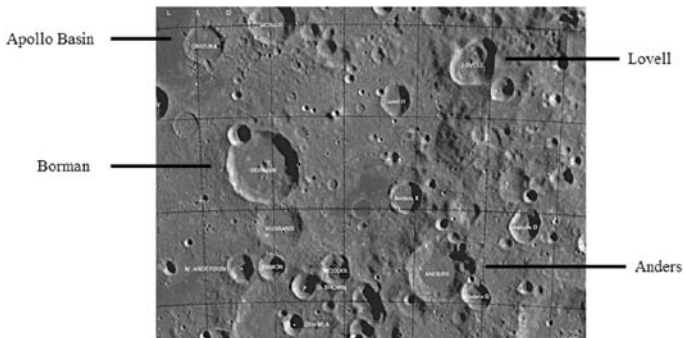
Észlelőink által is kedvelt alakzatok a Cauchy-dóмок, amelyek közül a legnagyobbak

az ω és τ jelölésű lankás kis dombszerű felszíni kiemelkedések. A holdi dóмок neves amatőr szelenológus kutatója, az olasz Raffaello Lena és holdészlelő amatőrcsillagász társai szerint a Cauchy ω dóm talpzata 17,0 km átmérőjű és 190 méter magas, illetve a Cauchy τ 12,2 km átmérőjű és csak 125 méter magas lapos domb. Tehát ez azt jelenti, hogy nagyon lankásan emelkedő felszíni kiemelkedésekről van szó: az ω dóm lejtőszöge 1,28 fok, a τ dómé 1,17 fok. Persze az ilyen nagyon lankás kis dombok megfigyeléséhez igen alacsony napállás kell a Hold adott területén, ezért vagy helyi napkelte vagy napnyugta környékén érdemes ezeket megkeresni.

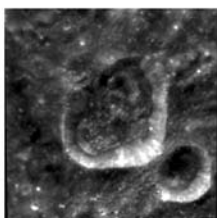
Lena és társai egy eddig nem ismert dómot is megfigyeltek a Cauchy-régióban, amelynek átmérője 12,2 km, magassága 75 méter és lejtőszöge 0,70 fok. Ez is mutatja, hogy amatőr eszközökkel is érdemes a holdi dóмокokat vizsgálni. A dóмок a Hold ősi vulkánosságáról adnak információt – már csak ezért is érdemes lett volna egy későbbi Apollo-expedíció űrhajósainak a helyszínen tanulmányozni ezeket az alakzatokat, de talán majd a közeljövő újabb emberes holdraszálló expedíciói fogják a vizsgálatokat elvégezni.

Az Apollo-8 után

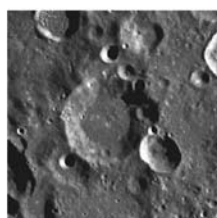
Kevés emberről neveztek el még életben krátert a Holdon, de az Apollo-8, majd az Apollo-11 űrhajósi ezt elmondhaták magukról. A Borman-, a Lovell- és az Anders-kráter a Hold túlsó oldalán található, az Apollo Medencétől (Apollo Basin) délkeletre. Az Apollo Medence két koncentrikus gyűrűből álló becsapódási képződmény, félig eltemetett, lepusztult belső gyűrűjének átmérője 480 km (LRO 483 km), a külső peremgyűrű pedig 720 km átmérőjű. A medence nagyon idős, pre-nektári korú, azaz 3,92–4,6 milliárd éves lehet. Ettől délkeletre van az 50 km átmérőjű Borman-kráter (holdrajzi koordinátái: nyugati hosszúság 147,7 fok, déli szélesség 38,8 fok). Imbrium korú, 3,2–3,75 milliárd éves kráterről van szó. Éles peremén több kisebb becsapódási kráter



Borman



Lovell



Anders

Az Apollo-8 űrhajósai, Borman, Lovell és Anders nevű kráterek őrzik a Hold túlsó oldalán, az Apollo Medencétől (Apollo Basin) délkeletre (NASA Clementine és LRO, valamint USGS LAC 121 térkép)

is van, a legfeltűnőbb egy 20 km átmérőjű, amely megszakítja a kráterperem folytonosságát. A 34 km átmérőjű Lovell-kráter kissé szív alakú, ezért könnyen azonosítható az Apollo Medencétől délkeletre (nyugati hosszúság 141,9 fok, déli szélesség 36,8 fok). A 40 km átmérőjű Anders-kráter (nyugati hosszúság 142,9 fok, déli szélesség 41,3 fok) északkeleti peremét feltűnő módon több kisebb kráter tarkítja. A délkeleti peremébe a 18 km átmérőjű kissé ovális Anders G kráter nyomul be.

Az Apollo-8 űrhajósairól elnevezett krátereket földi távcsövekkel nem lehet megfigyelni, nem úgy, mint az Apollo-11 űrhajósairól elnevezett Armstrong-, Aldrin- és Collins-krátereket, amelyek a Mare Tranquillitatis délnyugati részén, az Apollo-11 leszállóhelyétől nem messze északi irányban kereshetők meg a Rükl Holdatlasz 35-ös számú térképe segítségével.

Ismeretterjesztő előadásokon, távcsöves bemutatókon, vetélkedőkön stb. felmerülhet

a kérdés: hány ember járt a Holdon és a Hold térségében?

Az Apollo-8-at követően a Hold közelében járt még nyolc Apollo-expedíció. Az Apollo-8, 10 és 13 asztronautái nem szálltak le a felszínre, az Apollo-11, 12, 14, 15, 16 és 17 sikeres holdraszálló expedíciók voltak. Összesen tehát kilenc Apollo űrhajó $9 \times 3 = 27$ legénységi hellyel járt a Hold közelében, de néhány űrhajós több ilyen küldetésben is részt vett: James Lovell az Apollo-8, majd az Apollo-13 útja során jutott el a Hold térségébe. John Young és Eugene Cernan az Apollo-10 útja során a holdkompot próbálta ki felszínre történő leszállás nélkül, majd Young az Apollo-16 parancsnokaként, illetve Cernan az Apollo-17 parancsnokaként jutott el a Hold felszínére. Tehát összesen 24 különböző személy keringett a Hold körül. A Hold felszínére hat sikeres Apollo-expedíció 12 űrhajója jutott el.

Tóth Imre