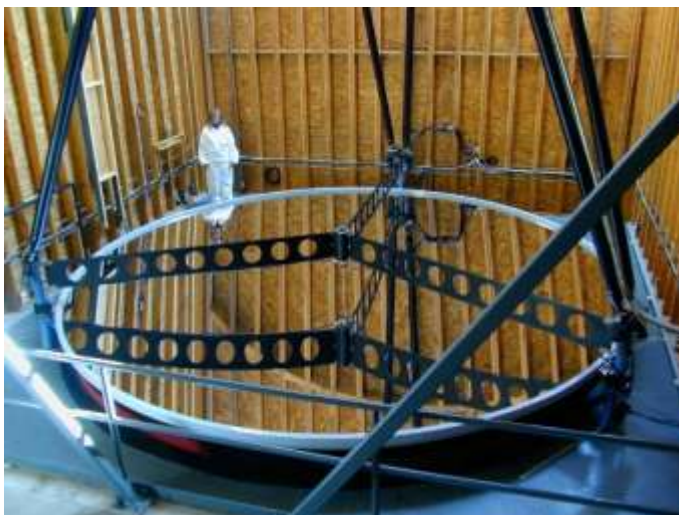


Ember a Holdon

A Hold mindig is érdekelte az embert. Volt, aki kutatta, figyelte, vagy éppen imádta és egy istent látott benne. Az első ember, aki úgy gondolta, hogy a Hold nem egy isten, hanem egy kőgolyó, Anaxagorasz, görög gondolkodó, csillagász volt, de Arisztotelész is hasonlóan gondolkodott. A történelem során sokan tanulmányozták a Holdat, de egyéb lehetőségek híján csak távcsövekkel tehették ezt. Az első tárgy, ami elért a Holdra, a Szovjet Luna-2 szonda volt, igaz, egyszerűen becsapódott a felszínbe és megsemmisült. Ahhoz, hogy maga az ember is elérje a Holdat, még 10 évet kellett várni. 1969. július 20-án az Apollo 11 űrhajósai léphettek először a Hold felszínére. Velük együtt összesen 12 embernek adatott meg, hogy az égitesten járjon.

De hogyan tovább? Már járt ember a Holdon, miért menne megint? Az egyik legkézenfekvőbb ok egy nagy mennyiségű, kihasználatlan nyersanyagkészlet lenne. A bányászati lehetőségeket a Földről nehéz pontosan megállapítani, de valószínűleg lehet a Holdon megfelelő nyersanyagokat találni. A másik ok (bár nagyon hosszú távú), a túlnépesedés. Igaz, még mindig könnyebb akár az Antarktiszra benépesíteni, mint a Holdat, de mi lesz, ha felhasználtunk minden egyéb lehetőséget, de még mindig nem lesz elég hely arra, hogy az emberiség megéljen?



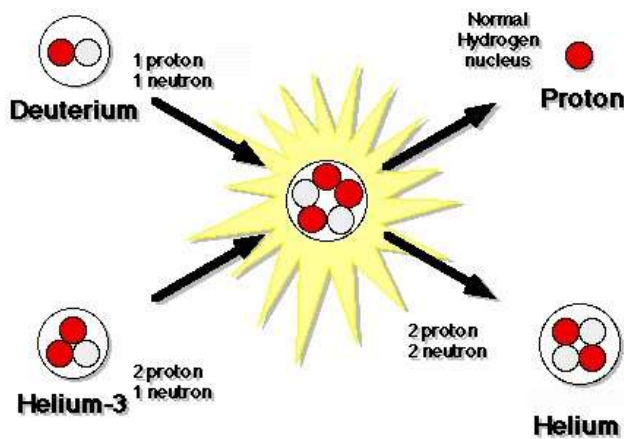
1. ábra: Az University of British Columbia 6 méter átmérőjű LMT (Liquid Mirror Telescope) műszerének főtükrére (Forrás: Paul Hickson [UBC])

Az előbb említetteken kívül lehet még egy harmadik dolog, amiért érdemes a Holdra menni. Ez pedig az űr megfigyelése. Egy ilyen lehetőségről Ermanno Borra (Laval Egyetem, Quebec, Kanada) és csoportja számolt be a Nature 2007. június 21-i számában. Számításaik szerint a Hold ideális helyszín egy, az űrbe telepíthető műszereknél sokkal nagyobb, a folyékony tükros technológiát alkalmazó távcső felépítésére. Ezekben a rendszerekben a tükröző folyadékot tartalmazó

tartály forgatása révén fellépő centrifugális erő alakítja ki a felszínen a képalkotáshoz szükséges görbületet. Az előnyök egyértelműek: a szállítás, az összeszerelés és a karbantartás mind-mind egyszerűbb, mint egy hatalmas, szilárd tükör esetében.

Az elképzelések szerint az összeszerelés során egy automatika által esernyőszerűen kinyitott és kifeszített hálóra öntenék ki a folyadékot. A folyadékban fellépő felületi feszültség megakadályozza, hogy a háló résein átfolyjon az anyag. Laboratóriumi kísérletekben az űrbeli körülményeknek megfelelő alacsony hőmérsékleten is folyékonyan maradó, különleges sókat tartalmazó oldatokat használtak fel. Az enyhén homorú felületre igen finom, krómot és ezüstöt tartalmazó rétegeket juttatva alakították ki a végső tükröt, melynek fényvisszaverő képessége még nem megfelelő, de ez valószínűleg a technológia fejlesztésével javítható.

Mi van a Holdon?



2. ábra: A hélium-3 és a deutérium fúziós reakciója

A legtöbb potenciál a nyersanyagok tekintetében a hélium-3 izotópban van. A Holdról származó ásványi minták bőségesen tartalmaznak hélium-3-at. Ez a hélium egy könnyebb, nem radioaktív változata, amit lézerekben, hűtőgépekben valamint a léggömbök felfújásához is használunk. Lawrence Taylor professzor, a Tennessee Egyetem Bolygótudományi Intézetének igazgatója szerint a hélium-3 és egy hidrogén izotóp, a deutérium fúziós reakcióban történő egyesítésével

"félelmetes mennyiségű energia" válna előállíthatóvá. Ez a gáz a Földön viszonylag ritka, a Holdon azonban hatalmas mennyiségekben létezik. Számítások szerint egy űrsiklón elszállítható 25 tonnányi hélium elég lenne az Egyesült Államok egy teljes évnyi elektromos áram ellátásának biztosításához.

Körülbelül 200 millió tonna holdtalaj egy tonna héliumot adna, míg ugyanez a mennyiség a Földön csak 10 kilogrammot eredményezne. A hélium-3 a napszélnek köszönhetően rakódott le a holdfelszínen és úgy nyerhető ki a talajból valamint a kőzetekből, ha azokat 800 °C fölé hevítik. A Hold tízszer több energiát tárol hélium-3 formájában, mint a Föld az összes kőolajszármazékában. Tudósok szerint a hélium-3 reaktor a radioaktivitás tekintetében biztonságos, akár bármelyik nagyváros szívében is fel lehetne építeni.

Az egyéb nyersanyagok esetében már jelentősen bizonytalanabb a helyzet. Nem lehet pontosan tudni, hogy mi, hol, és milyen mennyiségben található meg Holdon, így ott helyben kell felkutatni a lehetőségeket. Ezen túl, amíg nem találunk nyersanyagokat, a Holdbázis teljesen a Földre van utalva és a szállítás borzasztó költséges. Egyes tervek szerint lehetne azzal spórolni, ha magukat a szállítóhajókat is felhasználható anyagokból gyártanánk, de ezeknél az anyagok helybeni átalakítása (műanyagok olvasztása, stb.) problémás.

A holdi viszonyokból adódó nehézségek

A Hold „léggöre” olyan vékony, hogy gyakorlatilag elhanyagolható a légnyomás (a Föld léggöre $5,275 \times 10^{15}$ tonna, míg a Holdé mindössze 25 tonna). Emiatt gyakorlatilag védtelen a Hold és rajta egy bázis a kozmikus sugárzástól, illetve a meteoroktól, hiszen míg a Földön azok elégnek, addig itt akadálytalanul csapódnak a felszínbe.

Nehézkés fényviszonyok: a Holdon az éjszaka kb. 15 földi nappal megegyező hosszúságú. Ez idő alatt szükség van villanyvilágításra vagy más módszerekre. A hosszú éjszaka a napelemek fő energiaforrásként való használatát is gátolja. Ez az esetleges növénytermesztést (természetesen üvegházakban) is megnehezíti. Megoldást erre olyan növények kitermesztése jelenti, amik mindössze egy holdi nap alatt megnőnek, kivirágoznak és teremnek.

Hatalmas hőingás: a nappali átlagos 107 °C –ról éjszaka a hőmérséklet átlagosan -153 °C -ra hűl le. Ez ellen igen hatékony hőszigetelő anyagokra lenne szükség. Ebből a nehézségből azonban előnyt is lehet kovácsolni, ugyanis ezt a hőingást fel lehet használni energiatermelésre.

Gyenge gravitáció: az biztos, hogy ha az ember sok időt tölt súlytalanságban, akkor izom és csontvesztés és az immunrendszer legyengülése jelentkezik. A Holdnak van gravitációja, de az jelentősen kisebb, mint a Földé, így nehéz megmondani, hogy konkrétan mennyire lenne hatással az ember szervezetére a Holdon való élet.

Holdpor, avagy regolit: a Hold majd egész felszínét befedő vékony, laza porréteg, mely a hőingás általi feldarabolódás és meteorbecsapódások miatt keletkezett. Az egyéb külső erők (víz, szél) hiánya miatt ezeket az apró szemcséket nem kerekítette le semmi, így nagyon élesek, szögletesek, erős dörzshatásuk van. A regolit felhasználásával kapcsolatban is folynak kísérletek. A Houstoni Egyetem kutatói szerint a szilícium-dioxidot és 12 fém oxidját tartalmazó holdpor alkalmas lehet arra, hogy napcellákat gyártsanak belőle a helyszínen. Az elképzelés szerint a Holdon

közlekedő járművek olvasztanak meg a port és üveges alapot képeznének belőle, ami a napcella alapja lenne. Földi körülmények között a kutatóknak sikerült a folyamatot végrehajtani.

Növénytermesztés: egy Holdkolóniának egy idő után muszáj lesz bizonyos mértékig önfenntartónak lennie, hiszen költséges az élelmiszert felküldeni számukra. A lehetséges táplálékok közül pedig a növények termesztése a talán legegyszerűbben megoldható és azon túl, hogy táplálékot jelentenek, még az oxigéntermelésben is segítenek.

Itt egy hosszú távú terv:

- a) Fel kell vinni kisebb, levegővel megtöltött burában olyan növényeket, amik a növekedésükhöz szükségesnél több oxigént termelnek és nincsenek nagy igényeik. A növekedésükhöz szükséges talajt, vizet, tápanyagokat és természetesen megfelelő levegőt, ami elengedhetetlen az oxigéntermeléshez a Földről kell majd pótolni.
- b) Ahogy a növények termelik az oxigént, az egyre nagyobb burák megtöltéséhez lesz elég, a nagyobb burákban azonban több növény fér el. Így, miután beindult a folyamat relatíve gyorsan elérhetjük a kívánt oxigénmennyiséget egy kisebb területen (természetesen burával lefedett területen).
- c) Ez nem végleges megoldás, ugyanis attól, hogy van oxigénünk, még nem lesz ehető növényünk. Az ilyen növények termesztését a hőmérsékletingadozás, és a hosszú éjszakából adódó fényhiány megoldása esetén lehetne elkezdni csak.

Víz: a tudósok sokáig úgy gondolták, hogy a Holdon nincsen víz, de mára bebizonyosodott, hogy igenis van. Több kráterben is felfedezték különböző szondák, mint például az LCROSS. A becsapódó szonda célpontjául szolgáló, a Nap fényétől és hőjétől tartósan elszigetelt kráterek a Naprendszer leghidegebb helyei közé tartoznak, melyekről régóta feltételezik, hogy jelentős vízkészleteket halmoztak fel. A víz jelei utáni kutatás legújabb fejezetében a NASA LCROSS küldetésében ütközési pályára állított egy rakétafokozatot az egyik ilyen déli-sarki kráterrel, a 98 km széles Cabeusszal. A felkavart törmelék ultrabolya és infravörös fényben is megvizsgálták és a színeképes vizsgálat alapján bebizonyosodott a víz jelenléte. Bár a kráterből felkavart víz teljes mennyisége bizonytalan, az LCROSS űrszonda több mint 100 kilogrammot észlelt a törmelék felhő általa megvizsgált részében.

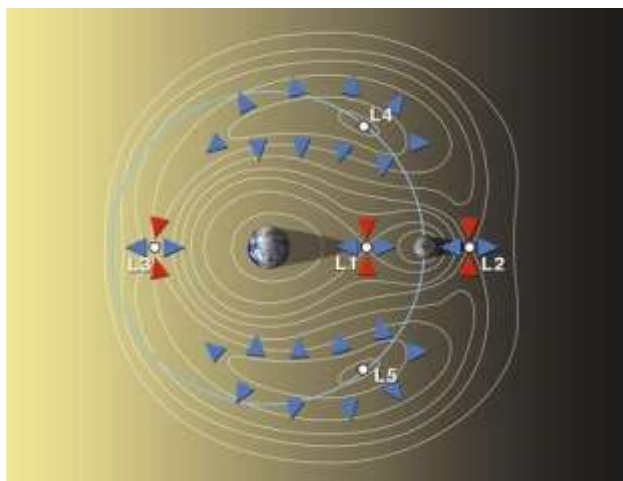
Lehetséges helyszínek

A Holdbázisok helyének kijelöléséhez számos fontos szempontot kell figyelembe venni, például a térségben uralkodó hőmérsékletet vagy a napfény besugárzásának mennyiségét (az energiaellátás miatt).

Égi kísérőnk egyenlítői területeinek rendkívül szélsőséges, -180 °C és $+100\text{ °C}$ közötti hőmérséklet-ingadozásai nem kedveznek a Holdbázisok létesítésének, bár itt a legnagyobb a besugárzás mértéke.

Egy amerikai kutatócsoport a Clementine-űrszonda felvételei alapján kimutatta, hogy a Hold északi pólusának közelében található Peary-kráter magasabban fekvő részein léteznek olyan területek, ahol a Nap soha nem bukik a horizont alá - legalábbis a Clementine-űrszonda mintegy három és fél hónapos működése során készített felvételei alapján. Ezeknek a területeknek a közelében viszont lehet olyan területeket találni, amit soha nem ér el a napfény, így az állandó hidegben jeget lehet találni.

Mindezek alapján tehát úgy tűnik, hogy a Hold északi pólusának közelében kedvező feltételek találhatóak egy Holdbázis megépítésére: a napsütötte területen üzemeltethető maga a bázis, és nem kell messzire menni a vízért sem.



3. ábra: A Föld-Hold rendszer Lagrange-pontjai

Egy másik lehetőség lenne, ha nem a Hold felszínére, telepítenénk bázist, hanem a Föld-Hold rendszer egyik Lagrange pontjába egy űrállomást. A Lagrange-pontok olyan pontok a világűrben, ahol egy test (pl. űrszonda) pozíciója viszonylag stabil marad két másik, sokkal nagyobb méretű testhez képest. A két másik test gravitációja kiegyenlíti a harmadik test keringéséhez szükséges centripetális erőt. Persze ez akkor teljesül, ha nem éri egyéb külső erőhatás ezt a kisebb testet. Ezek a stabil pontok az égi

mechanikában az ún. háromtest-problémából következnek, és először Lagrange olasz-francia matematikus számolta ki ezeket 1772-ben.

A NASA egyre jobban húz e lehetőség felé, hiszen olcsóbb, egyszerűbb és kevésbé költséges módszer, mint egy állandó bázis a felszínen. Az L2 Lagrange pont kínálja a legtöbb lehetőséget, ugyanis ez a legkönnyebben elérhető. A Holdhoz való közelsége a világegyetem távolabbi vidékeinek a vizsgálatán túl alkalmas az égitest másik oldalának a megfigyelésére is.