



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

BME Építészmérnöki kar  
Lakóépülettervezési Tanszék

Tudományos Diákköri Konferencia

## Holdbázis, mint lakóház



Konzulens: Perényi Tamás DLA

Budapest, 2016. október 31.

Szilágyi Ádám  
B4GLHC

## **Absztrakt**

---

Az emberiség fantáziáját mindig is mozgatta az ismeretlen meghódítása. A világűr ma már korántsem oly idegen nekünk, mint a XV.-XVI. századi bátor hajósok számára egy óceánokon átívelő expedíció. 1969 óta többször is leszálltunk kísérőnkön, jelenleg is állandó űrállomás kering a Föld körül, és a gps technika ott lapul mindannyiunk zsebében. A következő nagy lépés a technikai fejlődés rögzös útján egy állandó bázis létesítése egy földön kívüli égitesten, praktikusán a Holdon.

Milyen körülmények fogadják az embert? Mi kell a holdi komforthoz, hogyan lesz otthonérzetünk, valamint kielégítő mikroklíma egy sivár, életidegen helyen? Hogyan kell házat építeni, sőt otthont teremteni a Holdon?

A feladat korunkban kiemelt figyelmet igényel. A probléma mindenképpen építészeti jellegű, s egy ilyen feladaton való gondolkodás a „hétköznapi” építészeti helyzetek megoldására való törekvéskor is kreatív inspirációval szolgálhat. Gondoljunk csak egy sarkvidéki expedíció vagy egy sivatagi bázis létesítményeire. Bár kevésbé mostoha körülmények között kell elviselhető lakóhelyet biztosítani a kutatók számára, a feladat mégis hasonló. A holdbázisról való gondolkodás fontosságát növeli, hogy a nemzetközi színvonalú angol Foster + Partners építésziroda a közelmúltban több tanulmányt is publikált ebben a témában.

E tanulmány tanulsága továbbá a speciális követelmények és emberi igények feltérképezése, azokra építészeti válasz kidolgozása mind műszaki, mind pszichológiai szempontból. Az emberi szükségletek tüzetes megismerése, a technológiai optimalizáció Földünk építészetében is hasznos lehet. A problémák komplex módon történő megközelítése, és a lehető legjobb megoldásra való törekvés a szakmai fejlődésünk meghatározó része.

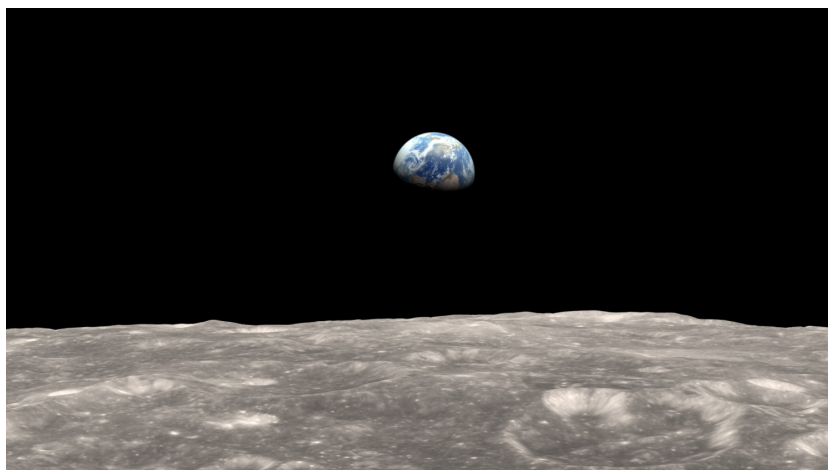
## TARTALOM

<b>Absztrakt.....</b>	<b>2</b>
<b>A Hold.....</b>	<b>4</b>
<b>Miért pont a Hold? .....</b>	<b>6</b>
<b>Fizikai peremfeltételek.....</b>	<b>9</b>
<b>Energetika.....</b>	<b>13</b>
<b>A déli-sark.....</b>	<b>15</b>
<b>Pszichológiai kutatások.....</b>	<b>18</b>
<b>Holdbázis koncepciók.....</b>	<b>22</b>
<b>Az otthonosság kérdése a tervezésben.....</b>	<b>26</b>
<b>Távlati lehetőségek, fenntartható tudás.....</b>	<b>29</b>
<b>Felhasznált irodalom, források.....</b>	<b>32</b>
<b>Ábrák forrásai.....</b>	<b>33</b>

## A Hold

---

Az emberek fantáziáját mindig is mozgatta az ismeretlen meghódítása. Átkelni folyókon, megmászni a legmagasabb hegyeket, átszelni az óceánt, elérni a sarkpontokat, felemelkedni a levegőbe. Csíkszentmihályi Mihály szerint megfogalmazott „flow-élmény” lehet ez, egyfajta heuréka pillanat. „[...] az élet legérdemesebb pillanatai, amikor legjobban érezzük magunkat, és amelyekre később nosztalgiával nézünk vissza, sokszor akkor történnek velünk, amikor nehezen elérhető célokat tűzünk magunk elé, és amikor minden képességünket igénybe kell vennünk annak eléréséhez. [...] vannak alkalmak, amikor az ember teljesen elmélyül valamiben – sziklát mászva, sakkozva, énekelve vagy jó barátokkal beszélgetve – amikor úgy tűnik, hogy a boldogság tényleg elérhető. Ezek azok a pillanatok, melyeket én ‘flow’-nak neveztem el, mert amikor az emberek arról beszélnek, hogyan éreznek, amikor életük a legizgalmasabb, a legélvezetesebb, gyakran úgy írják azt le, mint egy spontán, erőfeszítés nélküli mozgást, mint egy folyó áramlását. Ez a flow egyik paradoxonja. Az ember cselekedetei gyakran akkor a legkönnyedebbek, amikor a legnehezebb feladatokat teljesíti.”<sup>1</sup>



*1. ábra – Földfelkelte – Apollo-8*

Ezen különleges érzések egyike meghódítani a világűrt. A kozmoszt, ahol az ember igazán megtapasztalhatja, mily parányi porszem csupán az univerzum egészében. Számunkra felfoghatatlan léptékeket láthat be az, aki bolygónkat egy távoli nézőpontból szemlélheti.

A világűr legtöbbszörünknek ma már korántsem oly idegen, mint a XV.-XVI. századi hajósok számára egy óceánokon átívelő expedíció. Az űrutazáshoz hasonlóan nagy kitartás és bátorság szükséges. 1969 óta többször is leszálltunk kísérőnkön, jelenleg is állandó űrállomás kering a

---

<sup>1</sup> Csíkszentmihályi Mihály: *Flow*, Akadémiai Kiadó, 1997

Föld körül, és a gps-technika ott lapul mindannyiunk zsebében. A következő nagy lépés a technikai fejlődés útján egy állandó bázis létesítése egy földön kívüli égitesten, praktikusan a Holdon.

A Naprendszer szinte minden egyes bolygója rendelkezik mellékbolygóval, azaz holddal. Közülük többet már a XVIII. századi csillagászok észleltek és feljegyeztek. Földünk kísérője megközelítőleg 4,6 milliárd éve alakult ki. Felszíne a Földtől eltérően tektonikusan nem aktív: nincsenek vulkanikus tevékenységek, nem rázzák meg heves földrengések. Ugyanakkor sok más egyéb mostoha körülménnyel szembesülhetünk.

Domborzatát becsapódó meteorok alakították ki és alakítják a mai napig. Két típusú felszíne figyelhető meg akár szabad szemmel is: kráterekkel borított, régebbi felföldek (terra) és fiatalabb tengerek (mare). Jellegzetes képződmények a kráterek, hegyek, vulkáni dómok, sugársávok.

A XIX. század elejéig az emberek számára teljesen elfogadott volt, hogy a Holdon van élet. Azt gondolták, hogy a mare-területek tengerek lehetnek. A holdfelszínen látható sima, sötétebb területek mai napig őrzik a középkori csillagásztól kapott nevüket (például: Esők tengere, Felhők tengere, Nyugalom tengere stb.). 1834-36-ban Wilhelm Beer és Johann Heinrich von Mädler berlini asztronómusok adtak ki elsőként holdatlaszt (Mappa Selenographica), majd 1837-ben publikálták először könyvükben<sup>2</sup>, hogy az égitesten nincs se légkör, se élet.

1972. december 14., csütörtök. Ezen a napon járt ember utoljára a Hold felszínén, mely azóta is érintetlen. Az 1960-as, -70-es évek hatalmas technológiai vívmánya után a mai tendenciák szerint már a Földhöz legközelebbi bolygó, a Mars felszínére törekszik az emberiség. Ezt erősíti egy 2016 szeptemberében, Mexikóban tartott űrkutató konferencián tett kijelentés, mely szerint a Mars technikailag még a mi emberöltőnk során elérhetővé válik. Ezen a fejlődési úton lehet alkalmas lépés, hogy a legközelebbi égitestre, a Holdra előőrsként kisebb bázist telepítsünk.<sup>3</sup>

---

2 Wilhelm Beer, Johann Heinrich von Mädler: *Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen*, Berlin, 1837

3 Elon Musk – 67. Nemzetközi Asztronautikai Kongresszus, Guadalajara, Mexico, 2016. szeptember 27.

## **Miért pont a Hold?**

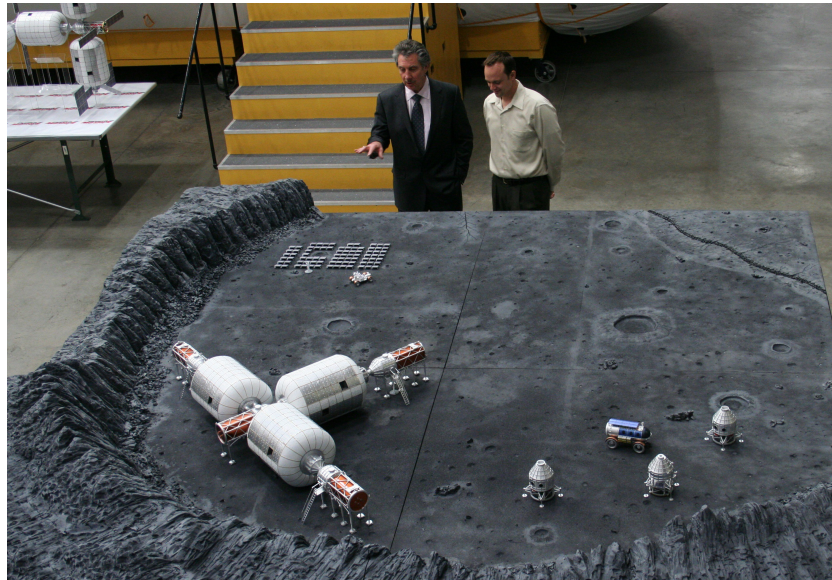
---

Miért pont a Hold? – merül fel jogosan a kérdés szinte mindenki fejében. A Hold nem csupán a legközelebbi kozmikus szomszédunk, de a kaput is jelenti a világegyetem többi része felé. 4,5 milliárd éves kora ellenére is izgalmas lehetőségekkel kecsegtet a tudományos, a technológiai felfedezések számára. Megtaníthat az erőforrásaink hasznosítására és az emberi túróképesség határainak kiterjesztése. A Holdra utazni nem veszélytelen, ma ennek a merész vállalkozásnak három értelmes célja ismeretes.

Az első – vélhetően legjelentéktelenebb – a nyersanyag bányászat. A Holdon számunkra több értékes anyag is fellelhető: például a felszín borító regolitból nyerhető hélium 3-as tömegszámú izotópja, amely a fúziós erőművek üzemanyaga. Közelítő számítások szerint az égitest kéregrétege 21%-ban tartalmaz szilíciumot, mely a mikroelektronika alapvető fontosságú anyaga, 10%-ban alumíniumot, valamint 9%-ban vasat és kalciumot, 2%-ban titánt. Az emberiség ebből a néhány anyagból is nagyfogyasztó, mégis a mai körülmények között igen nehéz a Holdon hozzáférni ezekhez az elemekhez. Kitermelése egyelőre nem megvalósítható feladat. Ennek ellenére akadnak már közgazdász-számítások arra vonatkozóan, hogy mekkora arányú kitermelés tudna gazdaságos lenni a közeljövő viszonyai között. Kína határozott kijelentéseket is tett a témában. Nem véletlen, hogy a 2007-ben indított Chang'e 1 szonda több, mint egy éves keringése során a felszín részletes összetételét térképezte fel, domborzatmodellt készített, valamint sugárzásméréseket végzett.

A második cél a turizmus, amely első hallásra akár ostobaságnak is tűnhet, azonban ha meggondoljuk, van létjogosultsága. „A hegy azért van ott, hogy megmásszuk” – mondják a lelkes hegymászók. Az Egyesült Államokban már működőképes cégek léteznek, melyek űrturizmussal foglalkoznak. Ilyen például a SpaceX vagy a Virgin Galactic. Ezek a cégek a 2000-es évek elején jöttek létre, és akkor sem titkolt szándékuk volt az űrrepülés költségeinek leszorítása, idegen égitestek kolonizációja. Mára saját fejlesztésű űrhajóikkal repítenek el bárkit a Kármán-vonalig, mintegy 100 kilométeres magasságig. Ez a földi légkör és a világűr határvonala, – bárki számára elérhető, aki képes megfizetni.

Egy másik témába illő koncepció az amerikai szállodalánc tulajdonosa, Robert Bigelow ötlete: szállodát akar nyitni a Holdon. Észveszejtően hangzik, mégis Mr. Bigelow dollármilliókat költ el a fejlesztésre, 1999-ben alapította a Bigelow Aerospace céget, amely ma 130 alkalmazottal dolgozik, köztük űrkutató természettudósokkal, orvosokkal. Az elmúlt években már több modult is építettek a Nemzetközi Űrállomáshoz.<sup>4</sup> Az űripar ma



2. ábra - Bigelow koncepció

megközelítőleg 330 milliárd dollárt mozgat meg a világgazdaságban évente, s ennek mindössze  $\frac{1}{3}$  részét teszik ki az állami űrutasítási intézetek (Amerikai-, Európai-, Orosz Szövetségi-, Kínai Nemzeti-, és Japán Űrügynökség)<sup>5</sup> költségvetései. A fennmaradó kétharmad rész magántőke: űreszközgyártást (távközlési és navigációs műholdak, rakéták) és háttértámogatást jelent. Böven van benne kiaknázható vállalkozási potenciál.<sup>6</sup>

A harmadik, és egyben tudományos szempontból a legfontosabb szándék lehet, hogy előnyös tulajdonságai miatt ugródeszkaként használható ki kísérőnk. Mint egy tesztpálya a közelben, mielőtt sokkal hosszabb útra neveznénk be bátor űrhajósainkat. Ez utóbbi témát bontom ki a következő gondolatsorban.

A Hold több szempontból is ideális hely.

Közel van: legkisebb földtávolsága (perigeum) 356.000 km, legnagyobb (apogeum) 407.000 km, így átlagosan mindössze 380 ezer kilométeres utat kell megtenni odáig. Ez a mai

4 <http://bigelowaerospace.com>

5 hivatalosan rendre: NASA, ESA, RKA, CNSA, JAXA

6 Puli Meetup, Budapest, 2016. február 17. előadás – Dr. Pacher Tibor, Szécsi László

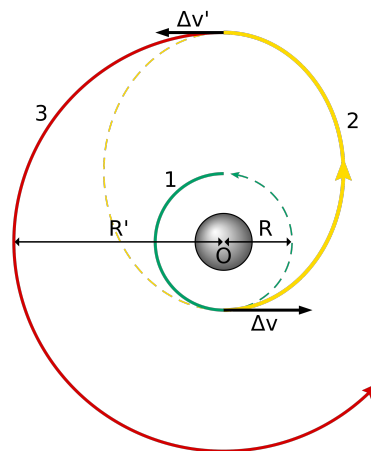
technikai feltételek mellett, az 1970-es években is alkalmazott rakétameghajtással 3 és fél földi hosszúságú nap utazást jelent egy kis kabinban. Ezzel nem csekély üzemanyagot lehet megspórolni egy marsi utazáshoz képest. Nagyszerű főpróba lehetőségeivel kecsegtet. Minden űreszköz, melyet távolabbi bevetésre szánnak, élesben kipróbálható, fejleszthető. Ezen elsősorban az építéstechnológia értendő, hiszen a kézi eszközök itt a Földön vagy akár a Nemzetközi Űrállomáson is tesztelhetők, nem beszélve a humán szervezetre gyakorolt hatásokról.

A Hold közelsége miatt könnyebben lehet beavatkozni egy esetleges probléma esetén. A visszaút is rövid időtartamú, a 3,5 nap utazási időtartam visszafelé lecsökkenthető, ha a felszínen egy sínpályán mágneses gyorsítással indítanak zárt kapszulát a Föld felé. Egy 1,1 km hosszú pályán 130 g gyorsulást tudna elérni egy visszatérő modul, természetesen élőlények nélkül. Az ember visszajuttatása is történhet ily módon kevesebb, mint 50 óra alatt, de jóval kisebb kezdősebességgel. Mindössze annyi energiát kell pluszban befektetni a mozgásba, amely az esetleges pályakorrekciókat és a Föld légkörébe való optimális szögben való beérkezést biztosítja. Ez utóbbi azért nagyon fontos, mert a Földet körülvevő légkör határa a világűrben uralkodó közel vákuumhoz képest egy közeget határ. Ha túl meredek szögben érkezik az űreszköz, az erős gravitációs gyorsítás miatt olyan sebességgel zuhan, hogy a légköri súrlódástól elég. Ha viszont túl lapos szögben érkezik az eszköz a közeget határához, egész egyszerűen a sűrűségkülönbségek miatt lepattan a légkör felszínéről. Ez a jelenség azonos a lapos kavicsal a tó felszínén játszott kacsázással.

A Föld és a Hold között létezik egy úgynevezett nulla energiájú pálya is, melyet Hohmann transzfer pályának neveznek. A kozmikus mechanikában a Hohmann-pálya energiafelhasználás szempontjából a leghatékonyabb átmeneti pálya két egy síkban elhelyezkedő keringési pálya között, ugyanakkor időben a leghosszabb. Az átmenet során mindössze kétszer kell az űreszköz meghajtását igénybe venni: a kisebb keringési pálya elhagyásakor, majd az elliptikus pályáról a nagyobb sugarú keringési pályára álláskor. Az alacsony Föld körüli pályáról Hold körüli pályára történő áttérés körülbelül 5 napot vesz igénybe. Ezt az Apolló program során többször is végigjárták. Igazán nagy jelentősége az Apolló 13 utazásakor volt 1970-ben, amikor felszálláskor megsérült az űrhajó üzemanyag tárolója. Az azonnali visszaforduláshoz sem lett volna elegendő meghajtás, így a Föld-Hold viszonylatban ezt a Hohmann-pályát végigjárva, energiabefektetés nélkül térhetett vissza a



Földre, épségben visszahozva a 3 tagú legénységet. Ezen a pályán a Föld-Mars táv repülési ideje 259 nap, míg másik szomszédunk, a Vénusz elérése 146 napot venne igénybe optimális bolygóállások esetén.<sup>7</sup>



3. ábra - Hohmann pályagörbe

Gazdasági szempontból is előnyös lenne egy állandó holdbázis létesítése. Az MIT számításai szerint egy Holdról induló Mars-misszió közel 70%-kal kevesebb súllyal startolhatna egy földi indításhoz képest, ugyanis legyőzni a Föld gravitációs erejét, és elhagyni a légkört a legnagyobb energiabefektetés, tehát a legtöbb üzemanyagot emészti fel.<sup>8</sup>

## Fizikai peremfeltételek

A pozitív tulajdonságai ellenére is nagyon sok nehézséget kell legyőznie az emberiségnek, ha akár csak rövid időre is egy másik égitest felszínére vágynak.

Vegyük sorra, milyen fizikai paraméterek fogadják az embert a Holdon és milyen problémákat vetnek fel.

1. A Holdtól való távolságunk átlagosan 385 ezer km. Rakétameghajtással az emberes utazás csak oda 3,5 nap. Rádiótávközlessel ez az út oda-vissza 2,5 másodpercet vesz igénybe, ekkora késleltetéssel kell számolni a kommunikáció során.
2. A nehézségi gyorsulás a földi gravitáció egyhatoda,  $1,62 \text{ m/s}^2$ . Ennek eredményeként sokkal filigránabb tartószerkezeti kialakításokat igényel egy építmény a Holdon. Ezt anyagfelhasználás szempontjából tekinthetjük pozitív tényezőnek is, ugyanakkor a Nemzetközi Űrállomáson végzett kísérletekből már tudjuk azt is, hogy a gravitációnak

<sup>7</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Hohmann\\_transfer\\_orbit](https://en.wikipedia.org/wiki/Hohmann_transfer_orbit)

<sup>8</sup> <http://observer.com/2016/02/nasa-will-return-to-the-moon-in-preparation-for-human-mars-mission>

az élet egyéb területein is fontos szerepe van. Befolyásolja az égést, és egyéb kémiai folyamatokat is. (pl.: ha az égés lassú, akkor a felmelegedett gázt a gravitáció emeli a magasba – ez a gyertya lángja).

A gravitáció élettani hatásai sem elhanyagolhatóak. Növény- és állatbiológiai kutatások is történtek már hipo-g, azaz súlytalansági állapotban. Mikrogravitációban a növényi csírák összevissza nőnek, de 1 g-s centrifugában már visszanyerik normális irányultságukat. Az állattani megfigyelések az emberi szervezet és viselkedésformák leírására nyújtanak lehetőséget. A Skylab fedélzetén végzett pókkísérletek szerint csupán kezdeti dezorientáció lépett fel az állatnál, később csaknem hibátlan hálót szöttek a vizsgálati alanyok. A rágcsálók pedig fiziológiai és farmakológiai kutatásokra a legalkalmasabbak. Külön figyelmet érdemel a tárolásuk megoldása. A földtől eltérő gravitációs körülmények között problémás a ketrecek, rekeszek tisztítása, fertőtlenítése. Eddig 9 rhesus majommal végeztek vizsgálatokat hipo-g-ben. Űrrepülés közben, ha egyedül utazott, súlyos mozgásbetegség lépett fel, ha párban utaztak, jobban tűrték a súlytalanságot. Éberségük kezdetben felfokozott volt, később tudtak alkalmazkodni a mesterséges sötét-világos periódusokhoz. Embereknél ez a hatás szintén jelentkezik, s emellett számolni kell az izomtónus csökkenéssel is.

Súlytalanságban, ezáltal kisebb gravitáció során az algák sejtosztódása, a baktériumok szaporodása meggyorsul, sőt a sejtfalaik megvastagodnak, így az antibiotikumokkal szemben ellenállóbbá válnak, ezért a legénység nagyobb fertőzésveszélynek van kitéve. Alacsony gravitációs hatások során csökken az immunrendszer védelme, úgynevezett deprimált állapotba kerül. Ennek következményként fontos a lakóhely kialakításakor olyan gépészeti háttérrel biztosítani, amely a levegő megfelelő szintű tisztaságát, összetételét, nedvességtartalmát garantálja. A belső, „fedélzeti” levegő állandó összetételét levegőregeneráló berendezés biztosítja, amely kémiailag aktív anyagokkal töltött. Az ember átlagosan 25 liter oxigén fogyaszt és 20 liter szén-dioxidot termel óránként. Rengeteg ventilátor és szűrőberendezés szükséges ahhoz, hogy a berendezések káros anyagait és az ember által kibocsátott metabolikus anyagokat kivonják a levegőből.<sup>9</sup>

3. Nincs légkör, tehát az élethez nélkülözhetetlen oxigén sem. Sőt, folyékony vizet sem találunk. Azonban a legfrissebb kutatások kimutatták, hogy vízjég fellelhető. A légkör hiánya azonban a csillagászati megfigyelések szempontjából igen előnyös tulajdonság,

---

9 Almár-Both-Horváth-Szabó: *Űrtan*, Springer Hungarica, 1996

ugyanis nem keletkezik semmilyen zavaró hatás. A Hold Földön túli féltékén létesülő obszervatórium rádióteleszkópja minden eddiginél pontosabban látna, mert ott még a földi rádiózajok sem zavarnak.

4. Felszíne kietlen, kopár pusztaság, melyet változó vastagságú, néhány centiméteres holdpor borít. Ez az anyag a regolit, amely parányi mérete ellenére komoly károkat tud okozni. A Földön a por a légköri szél hatására gömbölyded, de a Holdon ilyen hatások nem érik a felszínt. A fizikai aprózódás és a kémiai mállás miatt a porszemcsék élesek, töredezettek, törmelékes összetet alkotnak. Könnyebben okoznak szakadásokat az öltözet külső kérgén, eltömődéseket bármilyen szűrőrendszerben, jobban tapadnak a szemcsék egymáshoz.
5. A világűrben majdnem teljes vákuum van. Ez elenyészően kicsi, mindössze  $3 \times 10^{-13}$  kPa nyomást jelent. Az ember által megszokott, elviselt belső 1 atm nyomás 101,3 kPa, melyet a belső terekben szinten kell tartani. Így  $10^{15}$ -en nagyságrendű nyomáskülönbségről beszélhetünk, melyet át kell hidalni az épített szerkezetekkel.
6. A légkör hiánya miatt sokkal erősebb a napsugárzás hatása. A Hold napos oldalán +120 – 150 Celsius fokos meleg is lehet, míg árnyékban nem ritka a -100 – -150 fokos hideg. Az átlaghőmérséklet  $-20$  °C. Ez szinte minden anyagú szerkezetet jelentős mértékben terhel hőtágulás szempontjából. Például az acél lineáris hőtágulási együtthatója  $1,2 \cdot 10^{-5}$  1/K. Ez azt jelenti, hogy 250 fokos hőmérséklet emelkedés esetén 1 méter hosszú acél 3 mm-t tágul.

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

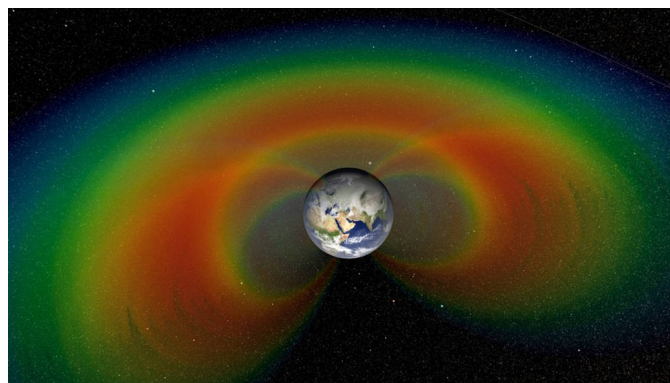
$$1000 \text{ [mm]} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ [1/K]} \cdot 250 \text{ [K]} = 3 \text{ [mm]}$$

Egy pontosan méretezett szerkezet esetén ez akár kritikus terhelést jelenthet és tönkremenetelhez vezethet.

7. Légkör híján időjárás és légmozgás, azaz szél sincs. Ugyanakkor nem is véd semmi a Naptól érkező káros elektromágneses és részecske sugárzástól sem. Az elektromágneses sugárzás látható spektruma a fény. Láthatatlan tartományában csak a fénytől kisebb hullámhosszon történő sugárzástól kell óvni Földünket. Ez a védelem

az ózon réteg. A részecske sugárzástól, amely lényegében plazmasugárzás, a Föld mágneses tere véd meg bennünket, élőlényeket. A Föld mágneses tere befogja a felénk tartó protonokat, elektronokat. A töltött részecskék mágneses erővonalak mentén mozognak. Ezt a jelenséget nevezzük Van-Allen övnek, mely elektromosan töltött részecskéket tartalmazó külső és belső sugárzási réteg. Az elektromágneses viharok, napszelek az elektronok számát növelik, akár ezerszeresre is. A megnövekedett energiájú elektronok károsítják a napelemeket, integrált áramköröket, zavarják az elektronikus érzékelőket és rádiójeleket is. A Föld mágneses erővonalai a Nappal ellentétes oldalán csóvaszerűen terjednek tovább. Ezen a Hold keringése során havonta áthalad. Holdtölte előtt 3 nappal lép be, és 3 nappal utána lép ki. Ebben a hat napban a nagy energiájú részecskék elektromosan feltöltik a felszínt. Jobban tapad ezáltal a holdpor, elektromos kisüléseket okozhat.

Az emberi szervezetre is káros hatással van ez a védelmi zóna hiánya. A Kaliforniai Egyetem kutatóinak legfrissebb tanulmánya szerint ezek a nagy energiájú részecskék agyi károsodásokat okozhatnak. Roncsolhatja az ember központi idegrendszerét, és több éves küldetés befejezése után akár egész életen át tartó élettani hatása lehet. Csökkenő agyi teljesítmény, memóriazavar, döntéshozatali képességek romlása léphet fel. Bár ezek egyelőre állatkísérletekkel bizonyított tények, igen komoly neutrális sérüléseket szenvedtek el a kísérleti rágcsálók. Az épített környezet valószínűleg teljes védelmet nem nyújthat, de a tervezés során mindenképpen törekedni kell a sugárzásvédelem valamilyen szintű megvalósítására.



4. ábra - Van Allen öv

8. A Hold mindig ugyanazt az oldalát mutatja felénk. Ebből az következik, hogy egy holdi nap 28 földi napig tart. 14 napos világosság és 14 napig tartó sötét és hideg éjszaka. Az átmeneti idő mintegy 3-4 nap. Ez önmagában nem tűnik problémásnak,

azonban nem csupán pszichológiai terhelést jelent az emberek számára, hanem egy két hetes energiaválságot is minden rendszernél. A Földön megszokott 24 órás napi ciklus ilyen esetben az embereknél deszinkronizálttá válik. Ez rontja az egyének közérzetét, munkavégző képességét. Az Űrállomáson megfigyelt embereknél kimutatták a testhőmérséklet napi görbéjének eltolódását, valamint az alvási fázisok arányainak megváltozását, az alvásidő megrövidülését.<sup>10</sup>

9. Folyamatos a mikrometeor tevékenység a felszínen. A Földön ez ellen a légkör kiváló védelmet nyújt. A nagyobb méretű űrtörmelék is felszíni becsapódás nélkül a gravitációs gyorsulás hatására a közegben felforrósodik, majd elég. A Holdon viszont ezek a parányi becsapódások mind az emberek védőruházatában, mind az épített környezetben kritikus károkat okozhatnak.
10. Ugyanakkor, ha a Föld felőli oldalán telepszünk le, szemmel tartható valódi otthonunk. Ennek kiemelt pszichológiai jelentősége van: úgy érezhetjük, hogy „látótávolságra” van a haza. Ez egy ingerszegény, bezárt környezetben nagyon fontos pozitív megerősítés az emberi psziché számára. Szemet gyönyörködtető a föld-felkelte, amelyet így nap, mint nap megtapasztalhatnak a bázison élők.

## **Energetika**

---

Az energetikai kérdés sarkalatos pontja minden civilizációtól távol eső emberi lakhelynek, így egy holdbázisnak is. Az emberi életet fenntartani fűtés és elektromos áram nélkül szinte elképzelhetetlen. Minden eszköz áram alapú, még étkezésekhez is elengedhetetlen az áram. A lakhelyeinket temperálni kell, a bioszféra természetes légcseréjét pótolni kell. Ezek a létfenntartó berendezések is árammal működnek, ráadásul szünet nélkül, biztonságosan kell üzemelniük. A felszíni járművek meghajtása is elektromos lehet csak, hiszen robbanó motoros meghajtás, égés nem működik felszíni légkör nélkül. Nincs égéshez szükséges oxigén, és az égéstermék elvezetését, a kipufogást sem lehetséges megvalósítani.

A tudomány mai állása szerint a legkézenfekvőbb energiaellátást a Nap biztosítja számunkra. A Nap fúziós energiája attól távolodva négyzetes arányban csökken. A mai legkorszerűbb kristályos napelemek hatásfoka megközelítőleg 24%. A Hold felszínén ez a hatásfok a porosodás miatt 20%-kal csökken: 19%. Ugyanakkor előnye, hogy nem

<sup>10</sup> Almár-Both-Horváth-Szabó: *Űrtan*, Springer Hungarica, 1996

befolyásolja az intenzitást felhős időjárás. A beesési szög pedig kitolható korszerű napkövetési rendszerekkel, viszont fel kell készülni a két hétig tartó holdi éjszakára. Az általános eszközhasználat mellett fűtés és világítási igényeket is el kell látni. Ehhez bőséges mennyiségű villamos energiát kell elraktározni nagy teljesítményű akkumulátorokban vagy kondenzátorokban. Ehhez megelőzően nagyon pontos számításokat kell végezni. Fontossági sorrendet kell felállítani az eszközök között, és előre szabályozott eszközhasználatot előírni, elkerülve ezzel a pazarlás lehetőségét.

A napenergia az egyik legtisztább energiaforrás. Az emberi élethez képest permanens, hiszen még mintegy 4,5 milliárd évig fog fuzionálni, mielőtt teljesen kihűlne. Ez földi viszonylatban is tartósabb megújuló energiaforrás, mint a szél vagy a víz által nyert energia. A Solar City 2010–12 között Amerika legnagyobb napenergia-alapú áramszolgáltatója lett. A tulajdonos, Elon Musk – aki az elektromos autókat gyártó Tesla cég alapítója is – idén október 28-án jelentett be egy új, forradalmasított napelemes tetőrendszert, és ahhoz kapcsolódó új otthoni akkumulátor-technológiát.<sup>11</sup> Az ígéretes bejelentés forradalmasíthatja a földi háztartások áramellátását.

Ki tudja? Ez a napelemes technológia lehet a kulcsa a kéthetes holdi éjszaka túlélésére. Annyi bizonyos, hogy az űrképes megoldás a földi energiaellátásra is óriási hatással lesz.

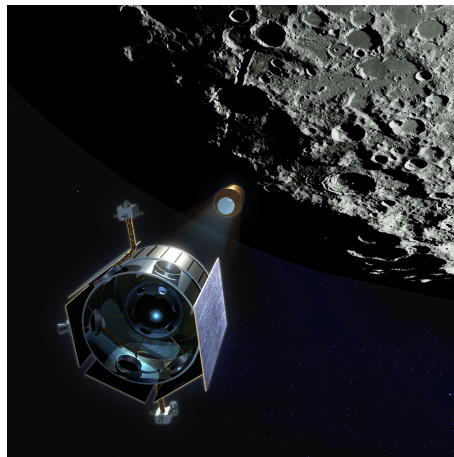
Az űrtechnikában használatos másik lehetőség az RTG energiaellátás: radioizotópos thermoelektromos generátor, amely plutónium alapú természetes bomlásból származó hőt hasznosít és alakít át elektromos árammá. Ilyen generátorokat alkalmaznak a mély-űri szondáknál is, ahol azok annyira eltávolodtak a Naptól, hogy a napelemtáblák által termelt energia már nem lenne képes működtetni a szondát (pl.: Pioneer szondák, Voyager szondák, Galileo, Cassini, stb.). A Földön lakatlan területeken, elszigetelt helyeken működő navigációs, meteorológiai központokat, világítótornyokat látnak el ily módon árammal, azonban emberi környezetben ezek a termelőberendezések használata nem ajánlott a sugárzásveszély miatt, környezeti terhelést is jelentenek. Földi használatukat a 90-es évektől kezdve visszaszorítják, napelemeket és dízelmotorokat alkalmaznak helyettük.

A spektroszkópiás vizsgálatokon túl a 2009-ben indított LCROSS becsapódó szonda is kimutatta, hogy a déli pólushoz közel a becsapódás során felvert anyag jégkristályt is

---

<sup>11</sup> <https://www.theguardian.com/environment/2016/oct/29/tesla-boss-elon-musk-unveils-solar-roof-tiles>

tartalmaz. A felszín alatti rétegekben üstökös eredetű vízjég található. A vízjég több szempontból is hasznos. Ha pusztán arra gondolunk, hogy megolvasztva H<sub>2</sub>O-hoz jutunk, tisztítva emberi fogyasztásra alkalmassá tehető. A víz nélkülözhetetlen, de hidrolízissel tovább bontva két szintén szignifikáns elemhez jutunk: hidrogénhez és oxigénhez. Utóbbira minden lélegzetvételnél szükségünk van, míg a hidrogén a mai rakétahajtás alapja. Ha megtaláljuk a módját, hogy a helyi vízjeget hasznosítsuk, jelentős terheket és költségeket takarítunk meg, mert nem kell odaszállítani vizet, oxigént, hidrogént. A szükséges vízmennyiség biztosítása mindenképpen helyi forrásokból valósítandó meg a jövőben.<sup>12</sup>



5. ábra - LCROSS becsapódó szonda

## A déli-sark

---

Egy holdbázis építészeti előképének elsősorban a sarkvidéki kutatóállomások világát tekinthetjük. A sarkvidékeken is igen mostoha körülményekkel kell szembenéznie az ott tartózkodóknak és az építészeknek. A déli-sarkon átlagosan -40 °C és -70 °C-os hideg van a téli időszakban, csupán a part menti területeken enyhébb a hőmérséklet. Nyáron elérheti a -5 °C és +5 °C közötti hőmérsékletet is. Szélsőségesen szeles térség, a nyomáskülönbségek miatt a szél akár 320 km/h-ra is felgyorsulhat. Az Antarktiszon megközelítőleg 3-4000 ember él időszakosan, de csak az odatelepipített kutatóbázisokon.<sup>13</sup> További hasonlóság, sőt talán emberi szempontból extrémebb helyzet a 6 hónapig tartó éjszaka, és a szintén fél éves nappal, helyi terminológiával kifejezve tél és nyár. Ezeken az állomásokon többnyire geológiai, meteorológiai és csillagászati megfigyeléseket végeznek.

Az orosz Mirnij állomás már a hatvanas években 18-20 épületből állt, körülbelül 60

---

12 [http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/ice/ice\\_moon.html](http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/ice/ice_moon.html)

13 <https://hu.wikipedia.org/wiki/Antarktisz>

négyszemélyes házak, 6-9 szobával. A hőszigetelt, falapokból álló vázas épületek kívülről 3 cm-es faborításúak voltak, a szélvédelemről tungolajjal átitatott farostlemez borítás gondoskodott. A házakba a tetőn lehetett bejutni.

A Belgium által üzemeltetett Princess Elisabeth kutatóállomás 2009 óta működik, szigorú környezetvédelmi elvek alapján tervezték és építették fel. Energiaellátása teljesen megújuló forrásokra épül: 48-52%-ban szél- és napenergiával történik, melyet helyben termel meg az állomás melletti 9 turbina, valamint 380 m<sup>2</sup> napelem mező és 22 m<sup>2</sup> napkollektor egészíti ki. A 400 négyzetméteres állomáson 12-25 személy tartózkodhat, a kiszolgáló épületek összesen közel 2000 m<sup>2</sup> alapterületűek. Az erős szelek miatt az állomást áramvonalas formájúra tervezték, alapozása több méter mélyen beágyazott az állandóan fagyott talajba. Az építményt passzívház-technológiával, helyszíni összeszereléssel építették. Zéró-emissziós állomás, programozható „okos”-felügyelettel. Külön víztisztító és szellőztető berendezése van, a pluszban megtermelt energiát akkumulátorokban tárolják. Szerkezete fából készült, külső fala vastag grafitos hőszigetelésű, külső burkolata rozsdamentes acéllemez. Alaprajza koncentrikus körökre tervezett: belülről kifelé haladva fontossági sorrend alapján. Legfelül a legfontosabb technikai eszközök, majd a konyha, és tároló helyiségek, a külső körön pedig a kutató- és szálláshelyek. A legalább 25 éves várható élettartama után szétszedik, és újrahasznosítják.

Nagy-Britannia által működtetett Halley kutatóállomás első példányát 1956-ban építették, amely egy egyszerű magastetős ház volt. Néhány év alatt teljesen betemette a hó, így 1967-re új bázist kellett létrehozni. Később még hármat építettek, közel ugyanoda, csupán az ötödik konstrukció készült lábakra állítva. A hatodik, jelenleg is működő típus már egy korszerű és átépíthető változat, a déli sarkponttól 1,5 km-re. Nyáron kb. 70-en lakják, a téli időszakban mindössze 15-16 fős a személyzet. A Brit Akadémia antarktisi társasága által kiírt 2004-es tervpályázat győztes ötlete valósult meg, melyet a Hugh Broughton építész tudhat magáénak. A 26 millió fontos (9 milliárd Ft), hidraulikus lábakra állított fémszerkezetű épület-csoport kivitelezését 2007-2012 között végezték. A létesítmény a legdélebbi mind közül, a mostoha körülményekre azonban fenntartható választ ad, a kutatók számára biztonságot és kellemes belső környezetet nyújt. A több, mint 160 km/h-s szélteher csökkentése érdekében áramvonalas, hajótest szerű tömegeket terveztek az építészek. Nyolc egy- és kétszintes modulból áll a teljes épületcsoport, az acélvázat szintmagas előregyártott panelekkel



borították, középen átjárhatóságot biztosítva. Távolról szemlélve nagyon hasonlít a 20-30 évvel ezelőtti elképzelt hold-bázisok rajzaira. A külsőleg technokrata hatású tömeg belsőépítészeti kialakítása nem pusztán célorientált terek sorolása. A funkcionalitás mellett láthatóan nagy gondot fordítottak az itt összezárt személyzet lelki egyensúlyának megőrzésére. Minőségi, otthon is megszokott burkolatokat (fa, kárpit), berendezési tárgyakat válogattak össze. A vertikális térkapcsolatoknál az esztétikának is szerepe van. A beépített bútorok (könyvespolc), sporteszközök (mászó fal, biliárdasztal), a teljes épített környezet otthonosságot sugall a használók részére. Megfigyelhető, hogy a padlófelületek sötét, általában kék színűek, míg a falak és a mennyezet világosak. Ennek szerepét a következő fejezetekben fejtem ki.



6. ábra - Halley VI kutatóállomás



7. ábra - Halley VI közösségi tere - robbantott ábra



8. ábra - Halley VI belső tere - fotó

## **Pszichológiai kutatások**

---

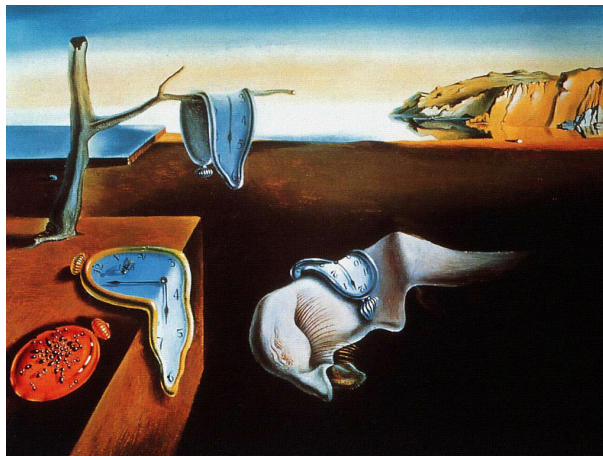
Kiemelt nehézséget jelent a műszaki problémák mellett a humán vonzata is egy összezárt, kiscsoportos küldetésnek. Űranalóg szimulációkkal próbálják modellezni a közösségi élményeket, megfigyeléseket végeznek többféle kontrollcsoporton.

Az izolált kiscsoportok pszichológiájával évek óta foglalkoznak Magyarországon is. A megfigyeléseket a sarkvidéki, mélytengeri, sivatagi expedíciókon is végzik, továbbá gyűjtenek adatot a Nemzetközi Űrállomáson dolgozó kutatókról is. Az úgynevezett ICE csoportok a pszichológiában izolált (isolated), összezárt (confined) és extrém (extreme) csoportok, amelyeket egy befolyásos cég vagy vállalat jelentős befektetések árán egy veszélyes küldetésre küldenek, amelyért a csapattagok magas társadalmi presztízst szereznek. Jellemző az ilyen csoportokra, hogy célorientáltak, küldetésük határozott időre szól, melyet távolból irányítanak. A társaság külvilágtól elzárt, szűk helyen kell tartózkodjon extrém körülmények között, ahol állandó veszélynek vannak kitéve, nem ritkán hetekig, hónapokig. Ezekben az esetekben gyakori az emberekre törő depresszió, a közösségen belüli erőteljes konfliktusok, amely a gyilkosság gondolatáig, sőt akár megvalósításáig vezethet.

Ilyen eseményekre történelmi példák a sarkvidéki felfedező expedíciók (pl.: 1881-84 közötti Greely-expedíció). A tudósok szerint a közeljövőben szinte azonos folyamatok fognak lejátszódni a Mars meghódításakor is, ezért nagyon fontos ennek a területnek a kutatása. A vizsgálatok eredményei pedig akár egy jobb „épített” környezet megformálására is lehetőséget adnak.

A Mars-500 egy 2007-2011 között vizsgált űranalóg lélektani szimuláció volt. A projekt az Európai Űrügynökség mellett orosz és kínai együttműködéssel valósult meg. 520 napos elzárt küldetés volt, egy teljes hosszúságú Mars-küldetés. Hat önkéntest zártak a hengeres, űrhajószerű létesítménybe. A kommunikációs csatornák 22 perces késleltetéssel történtek, igazodva a valós lehetőségekhez. A 3 négyzetméteres egyéni lakófülkék egy ágyat, egy kis asztalkát székekkel és néhány apró személyes tárgyat tartalmaztak. Nem túl otthonos kialakítás, az összképet a falra felszerelt poroltó készülék tovább rontotta. A megfigyelés utolsó harmadában már minden tag javarészt a hálókörletében tartózkodott, minimális interakció mellett.

Az utólagos elemzésekből kiolvasható egy úgynevezett Q3 szindróma (third quarter syndrome). Ez azt jelenti, hogy időtartamától függetlenül az ismert hosszúságú csoportos események utolsó 1/3-ad időtartama a legrosszabb viselkedéstani szempontból. Ilyen időtöltés például egy kéthetes nyaralás, börtönbüntetés letöltése, vagy a sarkvidéki expedíciók is. Ekkor a játékosok már szinte nem lépnek interakcióba egymással, zárkóztak, saját hálókabinjukban tartózkodnak, nehezen kezelik a konfliktusokat, szinte percről percre számolnak visszafelé. Amikor huzamosabb ideig van sötét az időérzékük teljesen zavarttá válik. Megszűnik az időélmény, monoton világvégük lesz, kommunikációjukban radikálisan csökken az időre utaló szavak mennyisége. Biológiai ritmusuk elveszíti ciklikusságát.



9. ábra - Salvador Dalí - Az elfolyó idő

Megoldásként megvizsgálnám az alább leírt küldetéstervet. A Hold 28 napos ciklusában körülbelül két hét nappal és két hét éjszaka van, melyek között általánosságban 3-3 nap az alkonyat és a pirkadat. Tehát 10 nap sötétséget kell átvészelnünk a műszaki és a biológiai rendszereknek egyaránt. Műszakilag ez energiatárolással oldható meg. Biológiaiailag pedig a bázison belüli precízen időzített mesterséges árnyékolással és megvilágítással, mely lekövetné

a földi nappalok-éjszakák ütemét. Ezek segítenék a beltéri időérzék szinten tartását. Ekkor az építményen kívüli feladatokat (karbantartás, felderítés, stb) mindig úgy lenne célszerű időzíteni, hogy amikor kint nappal van, akkor a holdséta is az ember belső időciklus-érzete szerint nappali időszakra esne, míg a két hetes éjjeli fázis során minden kültéri túra éjszakai időpontra lenne időzítve. Ezzel pszichésen segítenénk az asztronauta és a külvilág viszonyát hétköznapi módon kezelni, hiszen amikor kilép a zárt burokból – ahol a megszokott 24 órás ciklus fenntartható –, azt a külvilágot kapja, amire időérzéke alapján számít.

A már lezajlott kutatások egyértelműen kimutattak egy izolációs szindróma nevű tünetegyüttest is. A magyar származású Peter Suedfeld publikációi nyomán négy tünetcsoport írható le a viselkedések alapján. A csapattagoknál szomatikus tünetek lépnek fel, mint például alvászavar, krónikus fejfájás, emésztési zavarok. Ennek kezelésére gyógyszeres megoldásokat fejlesztettek ki, melyekkel mérsékelhetőek ezek a hatások.

Emellett károsodnak a kogníciós képességek, ergo megnövekszik a reakcióidő, pontatlanabb mozdulatokat végeznek az emberek, intellektuális tehetetlenség lép fel. Ezek súlyos tünetek, melyekre a környezetük kialakításakor javíthatunk élénk színek alkalmazásával, a berendezési elemek megfelelő elhelyezésével, egyszerű működtetéssel, változatos térkapcsolatokkal. Homályállapotot idézhet elő, ha társai kiközösítenek egy tagot, és ő nem tud fizikailag eltávolodni ettől a helyzettől. Ez nagyon komoly pszichés megterhelést jelent. Építészetiileg gondoskodni kell ezért arról, hogy bármikor minden egyes személy önálló territóriumába visszavonulhasson, ahol nyugalomra lelhet, kikapcsolódási lehetőséget kell biztosítani.

A harmadik és negyedik tünehalmazba tartoznak az elkerülhetetlen egyéni és társas viselkedésformák. Egyéni negatív emocionalitások, úgy, mint a hirtelen harag, szorongás, ingerlékenység, depresszió. Ezeket a tüneteket a csapatszellem gyengítheti, de sajnos nagyon nehezen befolyásolhatóak, hiszen emberi tulajdonságok. A küldetés során fokozatosan növekszik a személyek közötti feszültség, mint a csapat tagjaival, irányítókkal és a külvilággal szemben is. Minél intelligensebb tagok vannak jelen, annál tovább kezelhetőek ezek a problémák, de ez nagyon erőteljesen személyiségfüggő. Ezért fontos az ICE csapatnál a nemek, személyiségek kiegyenlített összeállítása.

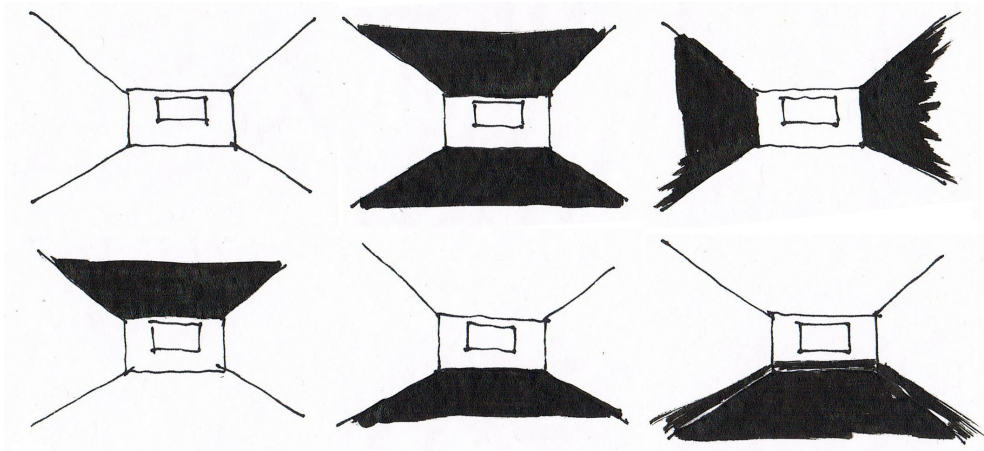
A pszichológusok feltevései szerint lesz olyan szindróma is, amely a Föld látványának

eltűnésekor lép fel. Ekkor már súlyos identitászavar lép fel az embernél, hiszen nem tudja eldönteni, hol az otthon, hol van ő valójában. Egy marsi expedíciónál erre plusz terhet ró, hogy ekkora távolságban már egyetlen kommunikációs csatorna sem tud működni késleltetés nélkül. Tehát a Földdel való egzakt kapcsolat érzése elvész.<sup>14</sup>

Holdbázis létesítésekor kiemelt figyelmet kell szentelni a megfelelő telepítésre, ahol a Föld látványa szerepet kap. Szerencsés helyzetben vagyunk, hiszen a Hold saját tengelye körüli forgása azonos a Föld körüli keringési idejével, így mindig ugyanazon fele fordul a Föld felé. Ha a bázis a Föld felőli oldalra települ, a Föld mindig látható lesz. Építészetiileg egy meditációs szoba a Föld panorámájával megnyugvást nyújt az éppen bent tartózkodó ember számára.

A gravitáció jelentős csökkenése következtében a szervezet lassú adaptációba kezd. Ez azt jelenti, hogy néhány nap szükséges, míg a szervezet egyensúlya helyreáll. A vérkeringés és a szív perctérfogata egy nap után áll be a földi gravitációs viszonyokhoz azonos működésre, ekkortól terhelhető fizikailag az egyén.

Az egyensúlyozás szervrendszerének három összetevője van: mélységérzés, látás és a belső fül egyensúly-érzékeny szerve. Az űrutazáshoz és a megváltozott gravitációs hatáshoz az ember 2-7 nap alatt tud alkalmazkodni. Addig mozgásbetegségek lépnek fel, különféle tünetekkel: gyengeség, hányinger, szédülés, izzadás. A vizuális információk jelentősége ilyenkor megnő. A kialakított belső tér tudja segíteni a benne lévő embereket: például a lábunk előtti padlófelület sötét színe, és a fejünk felett lévő mennyezet világos színe. A megváltozott körülmények hatására az érzékszervi információk feldolgozása romlik, ezért



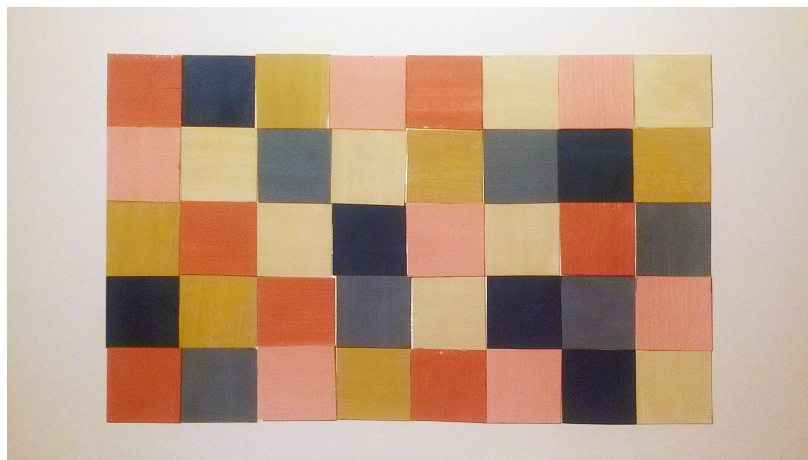
10. ábra - Térérzetek

14 Izolált kiscsoportok pszichodinamikája, 2015. május 29. előadás – Ehmann Bea



szükséges segíteni a kognitív folyamatokat, például élénk színek használatával, egyértelmű jelzésekkel, leegyszerűsített használati módszerekkel.

A színek dinamikájával, színasszociációkkal tovább fokozható az otthonosság-érzet, a jobb közérzet fenntartása. Fényszínekkel könnyen változtatható a helyiségek hangulata, mely adott esetben akár alkalmazkodhat is a legénység pillanatnyi hangulatához. Fontos a telítettség- és kontraszthatás, hiszen az észlelési szinten csökken az agyi tevékenység. A belső tér nem lehet nyomasztó, annak minőségét képzőművészeti, főként festészeti alkotásokkal lehet növelni. Legyen összhang a funkcionalitás, a dizájn és a környezet pszichológiai elvek között. A polikróm színharmóniák megnyugtató hatással vannak az emberi pszichére. Absztrakt geometrikus formák és színek összeállításával segíthető a humán harmónia fenntartása. Az egyes funkcionális helyiségek asszociatív színekkel ruházhatóak fel, pl.: munkavégzés színterén, laborban hidegebb szín, mely erősíti a koncentrációt. A vörös szín inspiráló, drámai, ugyanakkor agresszív. Egy tárgyalóteremben megnyugtatóak a távlati képek, vagy a víz látványa. A kék szín az agyi racionalitás folyamatainak gyorsítója. A közös helyiségek évszakokhoz hangolható színárnyalatai például segíthetnek visszacsempészni az izolált csapatnak egy darabkát az otthonukból.



11. ábra - Polikróm színharmónia

## **Holdbázis koncepciók**

Bázis építésére több koncepciót is kidolgoztak az elmúlt 20 évben. Az Apolló programban az űrhajósok párosával néhány napot töltöttek csak a felszínen. Erre a kisméretű komp megfelelő menedéket biztosított. Huzamosabb tartózkodásra azonban egészséges léptékű életteret kell kiépíteni. Az ipari építményekhez hasonlóan a maximális optimalizáció kulcsfontosságú, hiszen minden gramm számít. Mai viszonyok között is 1200 dollár 1 gramm

anyag utazása a Holdra (kilogrammonként 1,2 millió USD, amely mai árfolyamon 330 millió forint).

Ma két helytálló koncepció létezik holdbázis létesítésére. A Bigelow-féle elképzelés szerint a Nemzetközi Űrállomáshoz hasonló módon különböző funkciójú modulokat juttatnának el a felszínre. Ezek előregyártott módon a földi laborokban készülhetnének el. Hagyományos rakétatechnológiával a felszínre juttathatóak, majd az egyes elemeket emberi élőmunkával lehetne összekapcsolni. Ezek felszín feletti egységek lennének, acél tartószerkezetűek, jelentős hőszigetelő réteggel borítva. Az összekapcsolódásnál zsilipeket kellene alkalmazni. Gyakorlatilag az űrállomás fixen telepített változatát képzelhetjük el.

Kísérleteznek felfújható technológiákkal is, mert egy jól összezsomagolt egységnek kisebb szállítási térfogatigénye van, azonban összehajtogatható formában egyelőre kérdéses olyan szintű védelmet biztosítani az ember számára, amelyben hosszú ideig képes lenne elviselni a Hold mostoha körülményeit. A légénység gyakori cseréje pedig költséges és nem hatékony. Ezek a felszínre telepített módszerek a dolgozat korábbi fejezetében tárgyalt kényes fizikai problémák nem mindegyikére adnak kielégítő választ. A sugárzásvédelem például nem elhanyagolható pontja az épített szerkezetekkel szemben támasztott követelményeknek. Egy felfújható többrétegű fóliaszerkezetben ez ma még nem megoldott. A meteoritévékenység ellen sem nyújt kellő biztonságot egy fűjt szerkezet.

Az Európai Űrügynökség (ESA) felkérésére készített tanulmányt a Foster + Partners építésziroda 2012-ben.<sup>15</sup> Az iroda munkatársai a korábbi ötletekhez képest sokkal körültekintőbben dolgozták ki saját koncepciójukat. (Idei, 2016-os tanulmányuk során már Mars habitációval foglalkoznak.) Továbbra is felszíni építményekben fogalmazzák meg az életet, azonban a létesítést egészen más szálra fűzve oldják meg. Emberi beavatkozás nélkül, teljesen automatizáltan épülne ki több építményből álló rendszer. Építőanyag-használatot tekintve is jóval gazdaságosabb ötletük, mert felhasználják a helyi adottságokat. Egy-egy ilyen kupola 4 ember számára kínál menedéket. A bejáratú „cső” modul az eszközöket odaszállító rakétatest adja. A szerkezetek felfújtak lennének, acélvázzal merevítve, továbbá 3D nyomtatási technikával robotok regolittal borítanák be a konstrukciót. A vastag réteg jóval nagyobb oltalmat nyújt a meteoritévékenységgel és a sugárzással szemben is a felfűjt többrétegű anyagokhoz képest. Sőt, az extrém hőmérséklet-ingadozást is mérsékli. Hasonlóan

---

15 Foster + Partners

<http://www.fosterandpartners.com/projects/lunar-habitation>

kell elképzelni, mint a földházak esetében, ahol a házakra kívülről felhordott vastag földréteg nyújt védelmet és biztosít jobb hőmérsékleti viselkedést.



12. ábra - F+P holdbázis koncepció - robbantott ábra



13. ábra - F+P holdbázis koncepció

A 3D nyomtatás ma már nem nevezhető gyerekcipőben járó technológiának, hiszen teljes házakat is képesek vagyunk printelni. Ennek egyik kiemelkedő példája a Contour Crafting, amely egy robotizált építéstechnológiát jelent. Dr. Behrokh Khoshnevis, a Dél-kaliforniai Egyetem professzora által kitalált és fejlesztett technológia szintén földi körülmények között indult meg. A fejlesztő csapat már 2014-ben képes volt speciális beton felhasználásával házat „nyomtatni”. A nyomtatás folyamata a kisméretű polimertechnikai módszerrel azonos. Függőleges értelemben rétegekre bontják az épület geometriáját. A falak struktúrája különleges: nyomtatáskor minden egyes réteg úgy készül el, hogy először a fal két külső síkját extrudálja a betonpumpa, majd ezek közé rácsozott kitöltést nyomtat. Ezáltal a fal metszete rácsos tartószerűvé válik, jelentős stabilitást biztosítva. Az Amerikai Űrügynökség megbízásából holdbázis kivitelezésének lehetőségeit is tanulmányozzák a NIAC program



keretében.<sup>16</sup>



14. ábra - Nyomtatott struktúra

Más építésszek is ehhez a technikához nyúlnak. A fejlesztést a Monolite UK Ltd. végzi, Enrico Dini vezetésével. Az angol cég 2006 óta foglalkozik ház léptékű nyomtatással. Az ESA megkeresésére gondolták át a holdbázis lehetőségeit. A regolit por magnézium-oxiddal keverve papírmászerű anyaggá áll össze, amely már a nyomtató extruder számára is „emészthető”. A regolit-takaró robotizáltan kerülne fel a dómokra, tehát a legénység már kész építményekhez érkehet, melyeket finomhangolás után azonnal birtokba vehet és használhat. Az építményekben légköri nyomás uralkodik, így a zsilipezés nem maradhat el, de már csak a külvilág felé szükséges egyetlen lépésben.

Ezen koncepciók belső tereit puritán funkcionalizmus jellemzi. Ugyanakkor a robotizált előregyártásnak köszönhetően talán a csúcsoptimalizálás mellé becsempészhető egy kevés belsőépítészeti téralakítás is, amely az otthonosságot szolgálhatja ezen a távoli előőrsön. A belső kialakításnál a hosszú távú tartózkodás miatt fontos, hogy minden csapattagnak legyen privát élettere, közös használatú, de rekreációs célokat szolgáló tere. És fontos a sportolási lehetőség, mert a kisebb gravitáció miatt az izmok elernyednek, legyengülnek. Ezért előfordulhat, hogy kellő testedzés hiányában a Földre visszaérkezve az állás, lépés is nehézséget okozna. Ez a jelenség az Űrállomáson tartózkodás során is megfigyelhető az asztronautáknál.

Egy másik lehetséges koncepció, hogy a felszín alá költözne a holdbázis. Bár ennek műszaki háttere még megalapozatlan, annyi bizonyos, hogy a Holdon is fellelhetőek lávacsatornák. A japán Kaguya űrszonda 2009-ben tett vizsgálatainak során telemetrikus mérései

---

16 <http://www.contourcrafting.org>

néhány kráter esetében a 65 méteres szélességekhez 80-90 méteres mélységű beszakadásokat mutattak ki. Azóta már több száz kürtőt sikerült azonosítani az 5 méteres átmérőtől egészen 900 méterig. Bár a felvételek alapján nem lehet megmondani, milyen messze nyúlnak a felszín alatt, de egyértelműen megállapítható létezésük. Egy beszakadt kürtő, üreg alkalmasint jó helyet kínál az emberlakta bázisok számára, amely az összes mechanikai és meteorológiai tényezőtől véd. A NASA szakemberei olyan felderítő szondán dolgoznak, amely ezeket a csatornákat, nyílásokat térképezheti fel a későbbi kutatások alkalmával.<sup>17</sup>



15. ábra - Keeler-kráter és környéke – Apollo-10

## **Az otthonosság kérdése a tervezésben**

A komoly szervezetségű szimulációs kutatások ellenére sem lehet mindent úgy modellezni, mint ahogy az a valóságban fog történni. Jóllehet, az önkéntesekkel végzett ICE megfigyelésekhez képest segíti a lélektani helyzetet, hogy egy ilyen küldetésre válogatott legénységet küldenek. Testileg és lelkileg is nagyon egészséges emberek. Jól felkészültek, legalább 2-3 szakterületen kimagasló specialisták, akik az emberi pszichológiai folyamatokkal is teljes mértékben tisztában vannak, így a komolyabb szindrómák, tünetek késleltetve lépnek fel az elzárt szituációkban. Elkerülni persze lehetetlen, hiszen mindenki csak „ember”. Ahogyan korábbi fejezetben említettem, sok olyan körülmény nem modellezhető, amelyek éles bevetésen adódnak. Például a Föld látványának hiánya, vagy nagyon távoli nézőpontból való szemlélése. A lélektani bezártságot is nagyon nehéz tolerálni, kompenzálni.

A pszichológia fejezetben már tárgyaltuk az észlelési réteget, a tünetegyütteseket, valamint a társas ügyeket is. Most egy kicsit az otthonosság témakörét járjuk be, melynek a terek építészeti kialakításában is hangsúlyos helyzete van.

<sup>17</sup> <http://pulispacspace.444.hu/2014/08/19/a-hold-felszine-alatt>

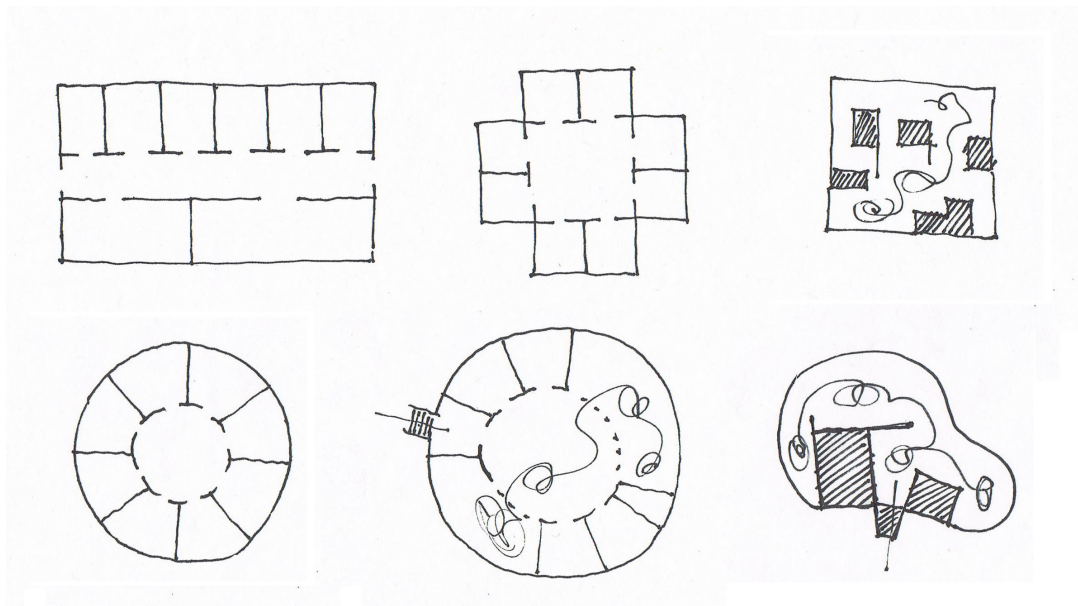
Lélektanilag bizonyított, hogy használónak és helynek kölcsönkapcsolata van, bonyolult kölcsönhatások, melyeket a környezetpszichológia vizsgál. Az épített környezet erősen befolyásolja a modern ember életét. A téralkotás, térrendszerek kreálásakor hiba ezt figyelmen kívül hagyni. Az egyén számára minden térnek van valamilyen jelentése. Igen gyakran hangulatot is társít egy tér struktúrájához, anyaghasználatához, minőségéhez. Adott esetben a tér jelentése fontosabbá válhat, mint a fizikai tulajdonságai. Az emberi viselkedés helyspecifikus. Másként viselkedünk otthon, az iskolában, utcán, egyedül vagy társaságban. A viselkedésformákat pedig számos környezeti tényező hívhatja elő.<sup>18</sup>

Egy épület tervezése alapvetően szükségletek kielégítésére jön létre, azonban ha túl sok viselkedési kényszert határoz meg a térrendszer, hosszú távon frusztrációt, lelki devianciát okoz. A statikus terek, fix téri felosztások nem tudnak alakulni a kiscsoport folyamatosan változó igényeihez. Előnytelen belső térszervezés jön létre, egy síkú lesz a lakókörnyezet. Ezért fontos a „beépített rugalmasság” különösen egy bezárt térstruktúra esetén. A célvezérelt viselkedésformák így alakíthatóak, mérsékelhetőek a konfliktusok, szabadabb térhasználat alakulhat ki. A keretek adottak, a külső térelhatárolás változtatását nem tudjuk műszakilag megoldani. A belső téralakításban viszont hagyhatunk szabadságfokot a használóknak, így helytakarékos, tetszőlegesen variálható, izgalmas habitáció jön létre. Funkcionálisan együtt tartandó a háló- és fürdőszoba, valamint a konyha-étkező-nappali-tárgyaló egysége.

Az otthon kiemelt szerepű környezettípus érzelmi és kognitív aspektusból is. Az ember hét legalapvetőbb, továbbéléshez elengedhetetlen szükségletének egyike, hogy lakjon valahol. A saját ház birtoklása, a tulajdonlás öröme erősíti a szelférzést, a szociális státuszt, tehát a lakókörnyezet megfeleltethető az emberi identitásnak. Ez szűkebb értelemben elsősorban a hálósobára korlátozható. Az otthon három jelentésrétege: a hely, a személy-környezet viszonya, és a territoriális mivolta.

---

18 Düll Andrea: *Helyek, tárgyak, viselkedés*, 2010



16. ábra - Térformák  
balról jobbra haladva a rugalmatlantól a laza formálásig

Az otthon, mint territórium szintű jelentésréteg fontos számunkra. A lakótér személyessé tétele szorosan összefonódik az otthonérzettel. A perszonalizáció kultúrától független cselekvés. A belakás folyamata, amikor érzelmi szálak alakulnak ki az ember és a környezetében lévő tárgyak között, sajátjukká teszik azokat, intimizálják. Ezáltal az otthon tulajdonképpen intimizált tárgyak összessége. Az otthon elsődleges territórium, személyes tér, privát szféra. A kontroll érzete társul hozzá. Az ember elsődleges territóriumai az otthona, hálósobája, hivatali szobája, íróasztala. Másodlagos territoriális viszony áll fenn azokon a helyeken, ahol kisebb az irányításképesége: némi nyilvánosság társul hozzá, de még privát tér. Ilyen a lakása előtti utcarész, kedvenc törzshelye, stb. Megkülönböztetünk még nyilvános territóriumokat, amelyek ideiglenesen, határozott céllal hozzáférhetőek, mint például egy telefonfülke, vagy könyvtár.

A territoriális viselkedés egy izolált helyzetben felerősödik, határai kiéleződnek, mert nem jutnak tágas terek az átmeneti szituációknak. Az otthon agresszív védelme vagy a díszítés igénye, mely önkifejezés is, alapvető emberi kívánalmak.

Az otthonon belül is különböző viselkedésformák jelennek meg az egyes családtagok között is. Publikus helyiségek a nappali, hall, fürdő, ahol nincs személyhez fűződő kitüntetett kontroll. Egy emberé a háló vagy dolgozószoba, mely minden esetben megjeleníti a tulajdonosa személyiségét. A konyha fokozza a társas interakciókat. Hiszen az ételkészítés és

fogyasztás rituális folyamatok. Meghatározó tud lenni az elkészített étel minősége, az asztal díszítése, tálalás.<sup>19</sup>

Az ember otthonérzete a megszokott, biztosra vett tevékenységek végzése során alakul ki. A mindennapi aktivitások elvégzése erősíti az érzést, amikor nem szükséges mentális erőbefektetés a dolgok elvégzéséhez. Ez persze egy holdbázison önmagában nem megvalósítható, hiszen a megélt tér egyúttal otthon és munkahely is. Fontos a társas kapcsolatok erős kontrollja. A hálókörletben mindenkinek legyen privát zónája, ezáltal kijelölődnek az egyénhez kapcsolódó territóriumok. Lehesse egyedül, vagy kettesben, zárhassa magára az ajtót az illető, ekkor tud az otthonérzethez megnyugvás társulni. A saját szobák formálása is fontos elem, hagyni kell az egyes személyiségek kibontakozását, hiszen ez növeli a személy lelki erejét egy olyan szituációban, ahol minden pozitív visszacsatolás létfontosságú. Mindemellett a közös használatú terek pedig rugalmas konstrukciót kívánnak. A szabad alakíthatóság, a térhasználat flexibilitása mobiliákkal, egyszerű elrendezéssel megvalósíthatóak. A nappali – konyha – tárgyaló terület egymásba transzformálása oldhatja a kötött térhasználatot. A közös munkahelyek kis létszámmal tudnak hatékonyan működni. A munkaterületek rugalmas átértelmezése ideiglenes elválasztási lehetőségekkel szintén segítheti a társas interakciók kiegyenlítettebb felügyeletét.

## **Távlati lehetőségek, fenntartható tudás**

Egy hosszú expedíciót mindig mélyreható elemzés kell megelőzzön. A marsi emberes küldetések esetén sincs ez másként. Fontos az emberi tényezőkkel is foglalkozni, egy ilyen horderejű út a legénység számára nem csak fizikai, de pszichológiai, szociológiai megpróbáltatás is. Egy ilyen léptékű utazásra talán nem is lehet eléggé felkészülni.

A Hold jelentőségét mutatja, hogy nem kisebb cég, mint a Google írt ki 2007-ben egy 30 millió dolláros összdíjazású nemzetközi pályázatot. A Google Lunar XPrize feladata 2017 végéig, hogy önerőből (legfeljebb 10%-os állami finanszírozással) kell kifejleszteni egy holdjáró eszközt, azaz rovert, eljuttatni azt a holdfelszínre, ott legalább 500 métert haladni azzal, és HD minőségű adást visszasugározni a Földre. A keresőóriás célja ezzel, hogy az űrutazás költségeit lejjebb nyomják, valamint az űripárt közelebb hozzák az emberekhez, hogy ne csak a nagy állami űrkutató intézetek privilégiuma legyen az.<sup>20</sup>

19 Düll Andrea: *Helyek, tárgyak, viselkedés*, 2010

20 GLXP – <http://lunar.xprize.org>

Ezen a megmérettetésen egy magyar csapat is képviseli hazánkat. A Puli Space lelkes csapata több sikeres földi tesztet teljesített már Marokkóban, illetve Hawaii-n, és idén érvényes szerződést kötött egy másik csapattal, akik rakétafejlesztéssel is foglalkoznak. Ezzel a magyar csapat is biztosította útját a Holdra. Jelenleg az „űrképes” rovert építik.<sup>21</sup> Ezek a tények a holdutazás létjogosultságát bizonyítják.



17. ábra - Puli rover

Közgazdasági elméletek szerint a világ történelme gazdasági szempontból ciklikus. A Kondratyev-ciklus elmélet egy 40-80 éves ciklust ír le. Ezeknek az időegységeknek a főbb mozgatóereje valamilyen jelentős találmányhoz fűződik, és az ipari forradalom kibontakozásától eredeztetjük. Ez építészeti szempontból is meghatározó, hiszen az építészet is gazdasági alapon szerveződik. A vezető iparágakat pedig mindig a kornak megfelelően különféle terekkel kell kiszolgálni. Az alábbi táblázatban leolvashatóak a korábbi ciklusok, egy-egy meghatározó felfedezéshez, eszközhöz társítva.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Technológia	Gőzgép	Vasút	Elektromosság Nehézipar	Olaj Autóipar	Informatika Lézertech.	Űrkorszak
Ciklus	1770-1830	1830-1870	1870-1900	1900-1970	1970-2008	?
Ciklushossz	60	40	30	70	40	

A 2008-ban kezdődő gazdasági világválság erre a ciklikus feltevésre jól rímel.<sup>22</sup>

A Mars alapos megismerése, kiegészülve a Hold-expedíciókkal nagymértékben hozzájárulna az űrbeli infrastruktúra fejlődéséhez, helyi anyagfelhasználási módszerek kitalálásához, űrvállalkozások indításához. Egy ilyen léptékű kutatás mellékhatása az

21 <http://pulispace.444.hu/>

22 [http://en.wikipedia.org/wiki/Kondratiev\\_wave](http://en.wikipedia.org/wiki/Kondratiev_wave)

átlagember mindennapjaira vetítve fontos, de előre felbecsülhetetlen. A következő generációk számára példaértékű, a dicsőség és a fejlődés szimbólumává válhat.

Fontos továbbá, hogy a lélektani folyamatok az embert körülvevő világban történnek, s azt nagyban befolyásolják a környezet elemei. Ugyanakkor az ember maga is alakítja környezetét, gyakran építész beavatkozás nélkül is. Az épített környezet élhetőbbé tételéhez pszichológiai ismeretekkel kell bővíteni az építészek tudását, de legalább folyamatos pszichológiai konzultáció fenntartása szükséges egy építészeti mű fejlesztéséhez. Ez az ember – környezet folyamatos kölcsönhatása. Emellett a témakörben való gondolkodás fejleszti az építészet műveléséhez szükséges komplex hozzáállást is. Egy ilyen bonyolult, sok műszaki és szociális kérdést felvető problémáról való elmélkedés vélhetően segíti ezt a tanulási folyamatot bármilyen életkorban. Lélektani szempontból a tervezési folyamat három fázisból áll: a probléma meghatározásából, a megoldás kidolgozásából és a kritikai értékelésből, mely visszahat a folyamatra. Meglátásom szerint a tervezés témérdek empirikusan összegyűjtött eleméből intuitív módon végigjárt iterációs folyamat. A kísérletező gondolkodás minden esetben visszahat a köznapi értelemben tekintett építészeti problémamegoldó képességekre.

## Felhasznált irodalom, források

---

- Almár-Both-Horváth-Szabó: *Űrtan*, Springer Hungarica, 1996
- Brian Williams: *Tudomány és technika*, Elektra Kiadóház, 1997
- Titkos Ervin: *Egy év az Antarktiszon*, Móra, 1966
- Stein Sture, Willy Z. Sadeh, Russell J. Miller (szerk.): *Engineering, Construction and Operations in Space III.*, Denver, CO: Amer Society of Civil Engineers, 1992
- Dúll Andrea: *Helyek, tárgyak, viselkedés*, 2010
- Palinkas, L. A., Suedfeld, Peter: *Psychological effects of polar expeditions*, The Lance, 2008
- Csíkszentmihályi Mihály: *Flow*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1997
- Puli Meetup, Budapest, 2016. február 17. előadás – Dr. Pacher Tibor, Szécsi László
- Puli Meetup, Budapest, 2016. március 23. előadás – Jon Lomberg, Dr. Pacher Tibor
- 67. Nemzetközi Asztronautikai Kongresszus, Guadalajara, Mexikó, 2016. szeptember 27. előadás – Elon Musk (<https://www.youtube.com/watch?v=W9oISzNOh8s>)
- Izolált kiscsoportok pszichodinamikája, Budapest, 2015. május 29. előadás – Ehmann Bea
- NASA – Apolló program nyilvános kutatási eredményei, 1961-1972 <http://www.nasa.gov/>
- [http://pulinspace.blog.hu/2014/01/21/holdbanyaszat\\_uj\\_megvilagitasban](http://pulinspace.blog.hu/2014/01/21/holdbanyaszat_uj_megvilagitasban)  
(megtekintve: 2014. január 28.)
- ESA Euronews: Holdbázis - egy hosszú út kezdete (megtekintve: 2016. március 12.)  
<https://www.youtube.com/watch?v=defs2TL6IcA>
- ESA: Destination: Moon – [https://www.youtube.com/watch?v=Xe\\_nuRMH30c](https://www.youtube.com/watch?v=Xe_nuRMH30c)
  - <http://www.esa.int>  
(megtekintve: 2015. március 5.)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Celestial\\_mechanics](https://en.wikipedia.org/wiki/Celestial_mechanics) (megtekintve: 2016. június 3.)
- <http://pulinspace.444.hu/2014/08/19/a-hold-felszine-alatt/> (megtekintve: 2014. szeptember 6.)
- <http://pulinspace.444.hu/>
- <http://bigelowaerospace.com/> (megtekintve: 2015. május 20.)
- <http://www.fosterandpartners.com/projects/lunar-habitation/> (megtekintve: 2015. február 3.)
- <http://www.contourcrafting.org/> (megtekintve: 2016. július 8.)
- <http://www.habitatio.tumblr.com> (megtekintve: 2016. október 8.)
- <http://openbuildings.com/buildings/halley-vi-research-station-profile-39368>  
(megtekintve: 2016. október 8.)
- <http://www.archdaily.com/386940/british-council-launches-open-call-for-first-ever-exhibition->



- of-antarctica-architecture (megtekintve: 2016. október 5.)
- <https://www.bas.ac.uk/about/about-bas/our-history/british-research-stations-and-refuges/halley-z> (megtekintve: 2016. október 8.)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Kondratiev\\_wave](https://en.wikipedia.org/wiki/Kondratiev_wave) (megtekintve: 2016. június 7.)
- <https://www.theguardian.com/environment/2016/oct/29/tesla-boss-elon-musk-unveils-solar-roof-tiles> (megtekintve: 2016. október 30.)
- [http://www.eletestudomany.hu/urpszichologia\\_a\\_marson\\_es\\_a\\_foldon](http://www.eletestudomany.hu/urpszichologia_a_marson_es_a_foldon) (megtekintve: 2016. október 10.)

## Ábrák forrásai

---

- 1. ábra – Földfelkelte – Apollo–8 <https://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=4129>
- 2. ábra – Bigelow koncepció <http://bigelow aerospace.com>
- 3. ábra – Hohmann transzfer pálya [https://en.wikipedia.org/wiki/Hohmann\\_transfer\\_orbit](https://en.wikipedia.org/wiki/Hohmann_transfer_orbit)
- 4. ábra – Van Allen öv  
[http://www.nasa.gov/sites/default/files/styles/full\\_width\\_feature/public/radiation\\_belts\\_0.jpg?itok=Bu9k0BfQ](http://www.nasa.gov/sites/default/files/styles/full_width_feature/public/radiation_belts_0.jpg?itok=Bu9k0BfQ)
- 5. ábra – LCROSS  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/31/LCROSS\\_separated.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/31/LCROSS_separated.jpg)
- 6. ábra – Halley VI külső [antarctica.ac.uk](http://antarctica.ac.uk)
- 7. ábra – Halley VI belső <http://atlasofthefuture.org/project/halley-vi>
- 8. ábra – Halley VI belső <http://atlasofthefuture.org/project/halley-vi>
- 9. ábra – Salvador Dali – Elfolyó idő
- 10. ábra – Térérzetek – saját vázlatok
- 11. ábra – Polikróm színharmónia, saját munka, 2015. december 16.
- 12. ábra – Foster + Partners 1 <http://www.fosterandpartners.com/projects/lunar-habitation>
- 13. ábra – Foster + Partners 2 <http://www.fosterandpartners.com/projects/lunar-habitation>
- 14. ábra – Foster + Partners 3 <http://www.fosterandpartners.com/projects/lunar-habitation>
- 15. ábra – Keeler-kráter – Apollo–10 [https://en.wikipedia.org/wiki/Keeler\\_\(lunar\\_crater\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Keeler_(lunar_crater))
- 16. ábra – Térformák – saját vázlatok
- 17. ábra – Puli rover fotó: Katja Zanella-Kux
  - borító – a Hold, saját felvétel, 2009. július