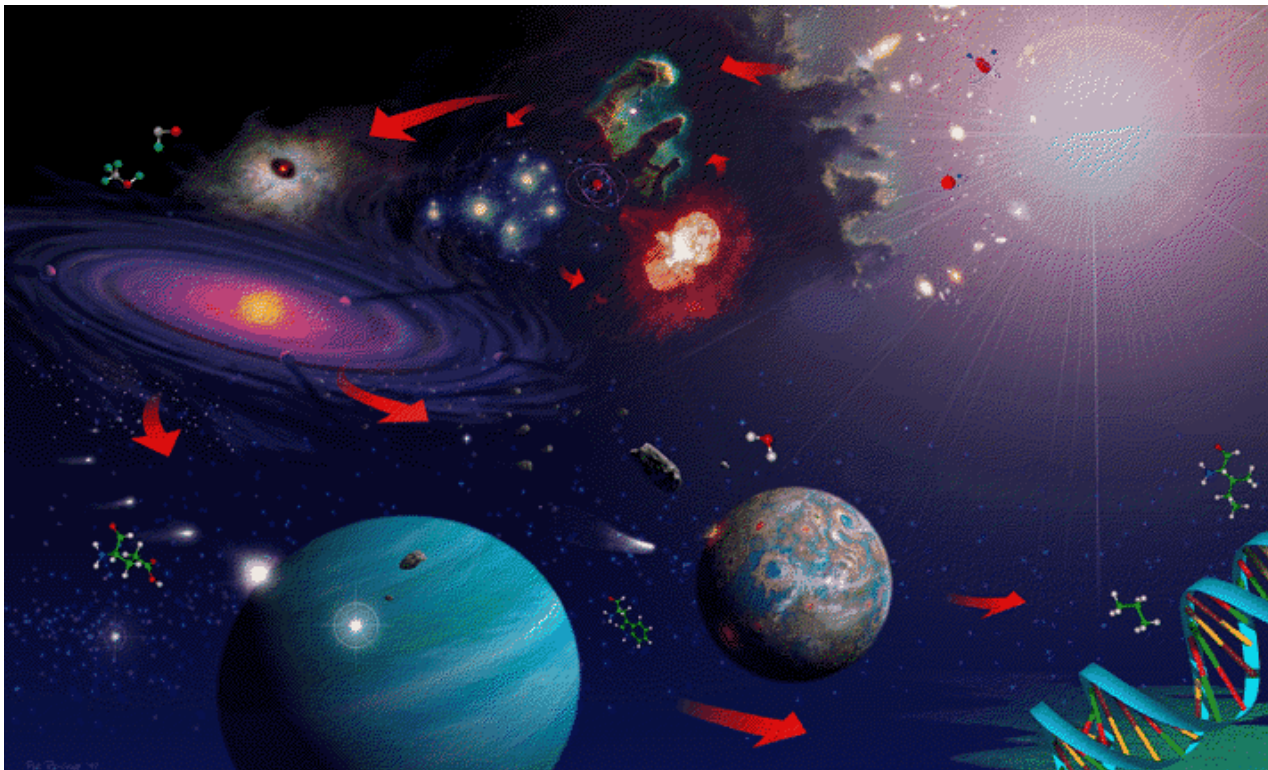


Asztrobiológia: az élet lehetősége és keresése a Földön kívül



Planetológia, ELTE TTK
Kereszturi Ákos
MTA CSFK, MCSE, NAI TDE

Mi az asztrobiológia?

- a Földön kívüli élet lehetőségének kutatása, és az élet fejlődésére ható kozmikus tényezők vizsgálata

Egyéb régebbi elnevezések:

- asztrobiológia
- bioasztronómia
- exobiológia

Mai témakörök:

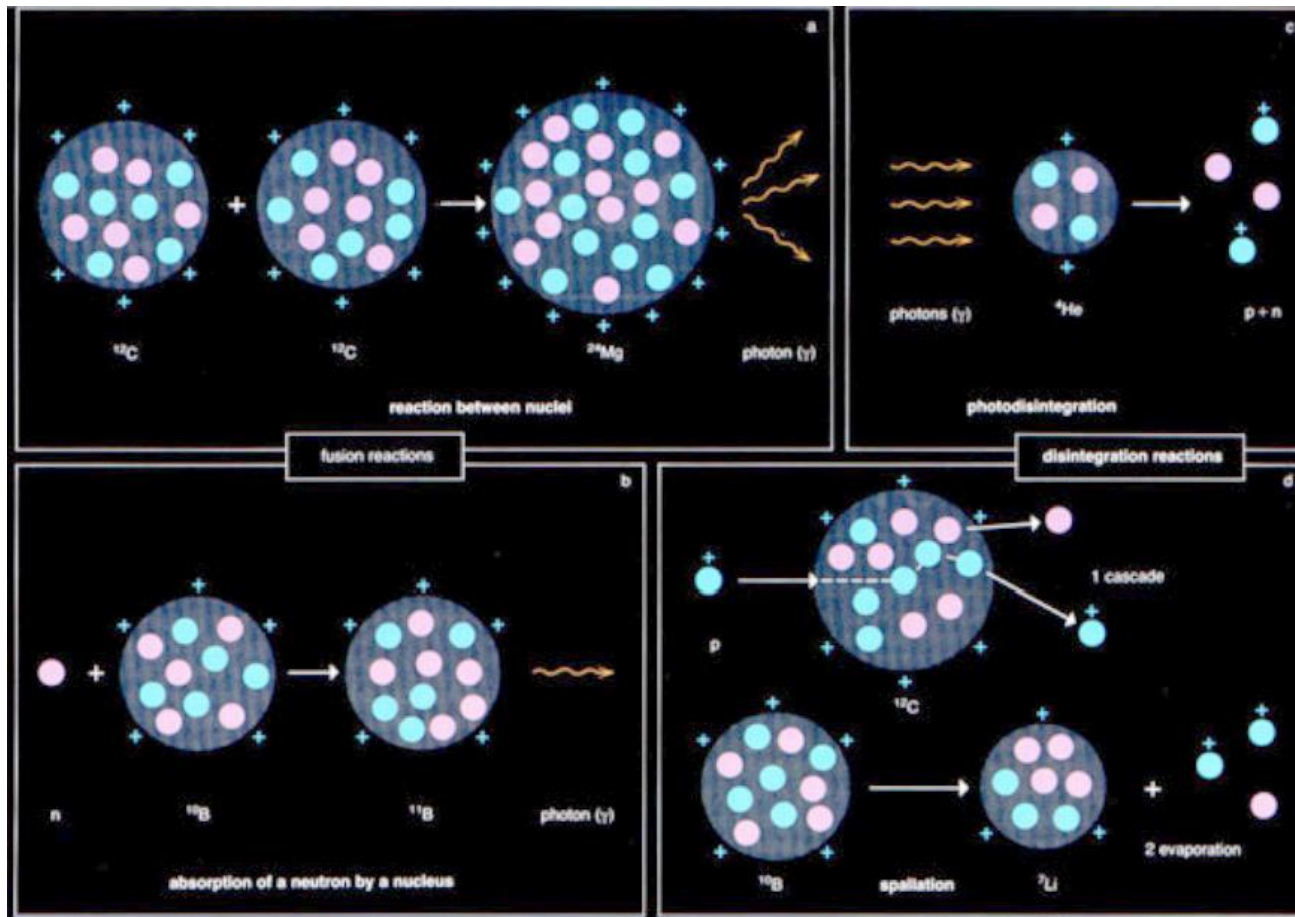
- elemek keletkezése
- elemek szétszóródása
- csillagközi molekulák keletkezése
- bolygókeletkezés
- exobolygók
- Titan asztrobiológiai pot.
- Europa asztrobiológiai pot.
- Mars asztrobiológiai pot.

Az asztrobiológia mátrix

		Planetológia		Csillagászat		szerveződés fejlődés			
Fizika	kémia+fizika			elemek keletkezése elemek kibocsátása		tömeg társ	abiogén		
				csillagközi anyag kémiaja		galaktikus környezet			
biológia+kémia+fizika	kémia+fizika	szoláris köd kémiaja		csillag és bolygókeletkezés		szomszédok sugátzása	prebiotikus		
		bolygók keletkezése exobolygók		becsapódások, anyagcsere	Protonap aktivitása	szom- szédok pertur- bációi		közeli szupernóvák, halmazok, molekulafelhők	
		kezdeti felszín és légkör fejlődés			Nap aktivitás változása	környező csillagok, galaktikus árapály- mező			
		belső-, felszín- és légkör fejlődés							
bioszféra visszahatása az anyag- körforgásra, éghajlatra							evolúció		ökoszisztéma
						élet keletkezése	sejtek, örökítőanyag		
							molekulák		
							atomok		

Elemek keletkezése

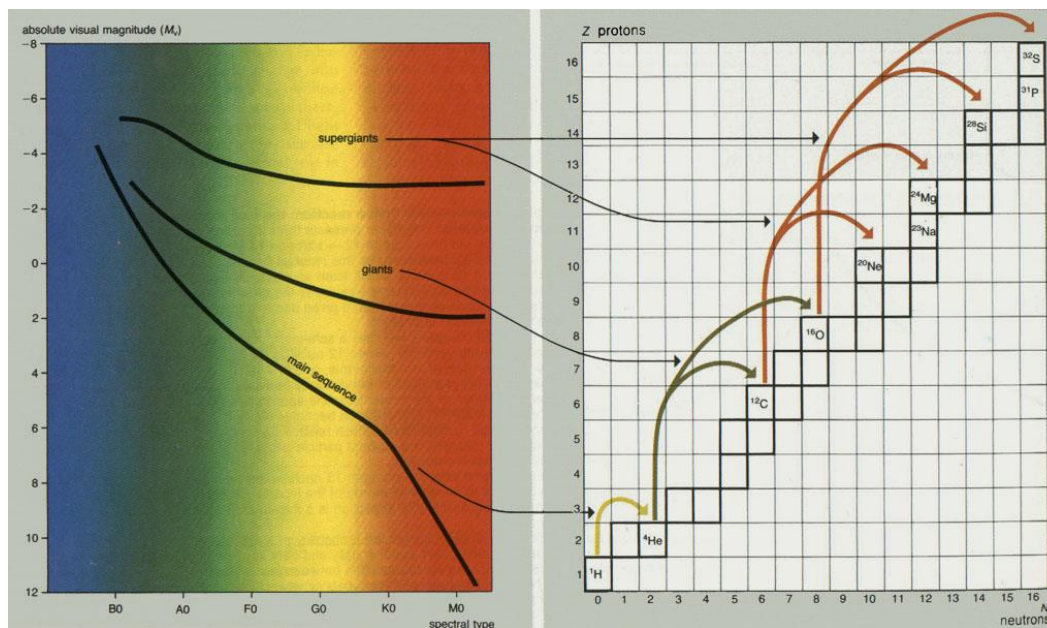
- fúzió
- radioaktív bomlás
- foto-dezintegráció
- neutronbefogás: lassú/gyors



Elemek keletkezése

nukleonszintézis:

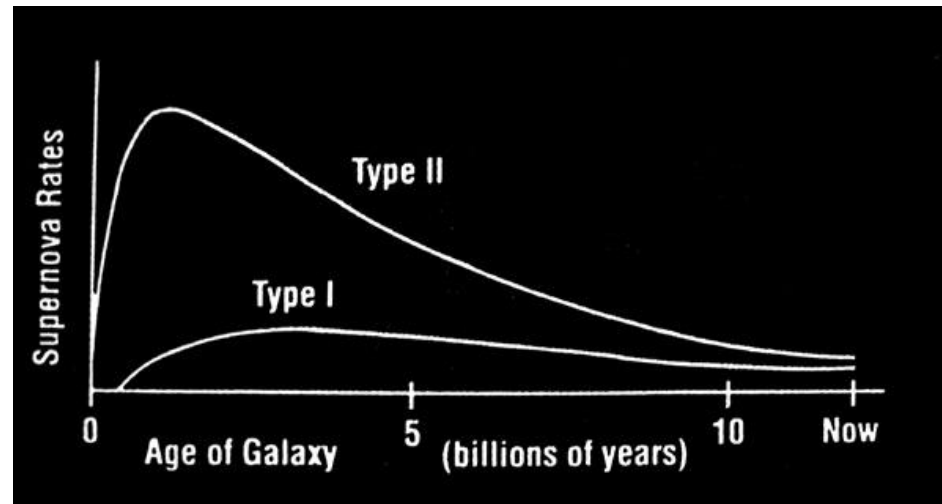
- Ősrobbanás után 3 perccel: ${}^2\text{D}$, ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$, ${}^7\text{Li}$
- csillagokban He, és attól felfelé
 - S-folyamat (lassú neutronbefogás)
 - csillagok életének végén felé (AGB) domináns $0,8$ és $8 M_{\text{sun}}$
 - ekkor és később burok ledobás
 - nagy C kibocsátás
 - R-folyamat: Ni-nél nehezebb, nagy neutronszámú magok $8 M_{\text{sun}}$ felett
- csillagközi térben:
 - maghasadás kozmikus sugartól: Li, B, Be
 - nagyon kevés: Al, Be, ${}^{14}\text{C}$, Cl, I, Ne, ${}^3\text{He}$



Elemek szétszóródása

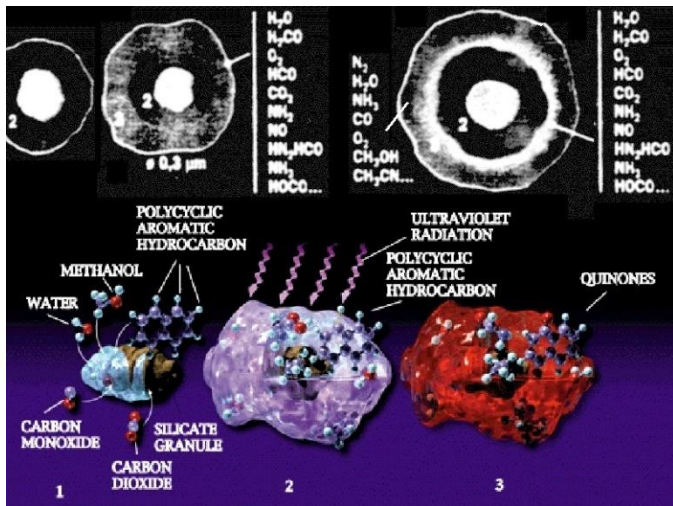
Anyagkibocsátás

- csillagszelek
- szupernóva-robbanások
- kezdetben főleg óriáscsillagok
összeomlása: sok O, kevés Fe
- később főleg fehér törpék Ia:
sok Fe, kevesebb O
- szuper-nagy tömegű fekete
lyukak

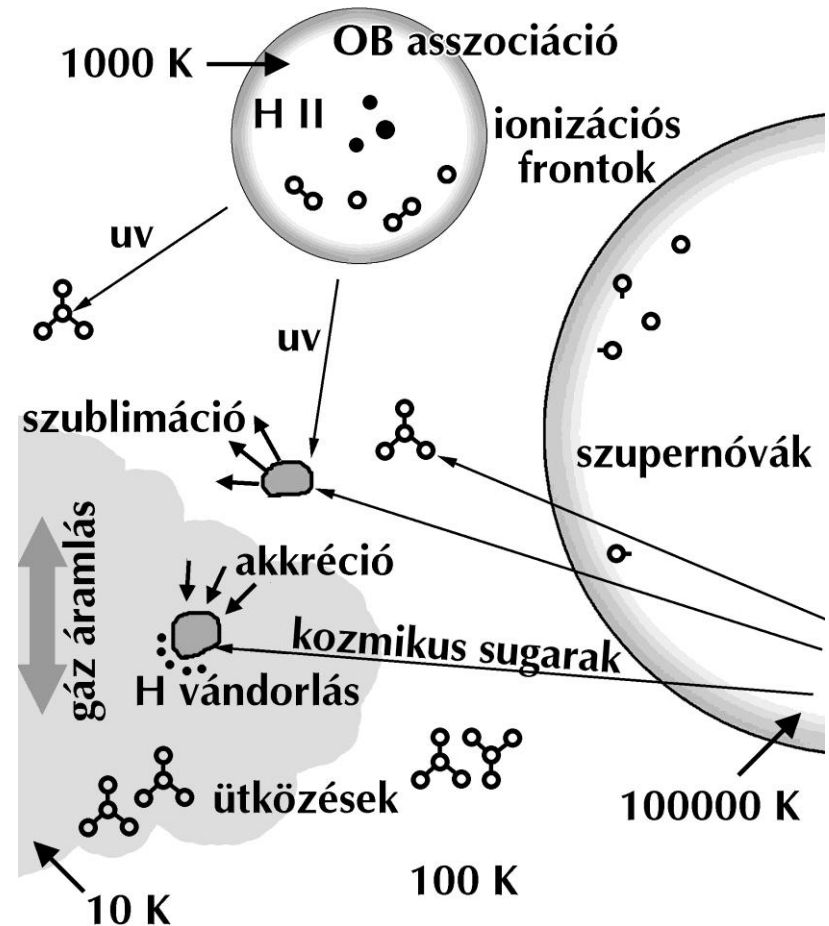


Csillagközi anyag kémiája

- molekulák keletkezése
- hűvös csillaglégkörökben
- molekulafelhőkben
 - csillagközi jégszemcsékben
 - főleg kozmikus sugaraktól
- 141 molekula
- glicin, legegyszerűbb aminosav is
- PAH: policikusos aromás szénhidrogének, gyakori szerves összetevők
- laboratóriumban H_2O , CH_3OH , NH_3 , CO , CO_2 jegek + vákuum + 12 K + UV: 16-féle aminosav

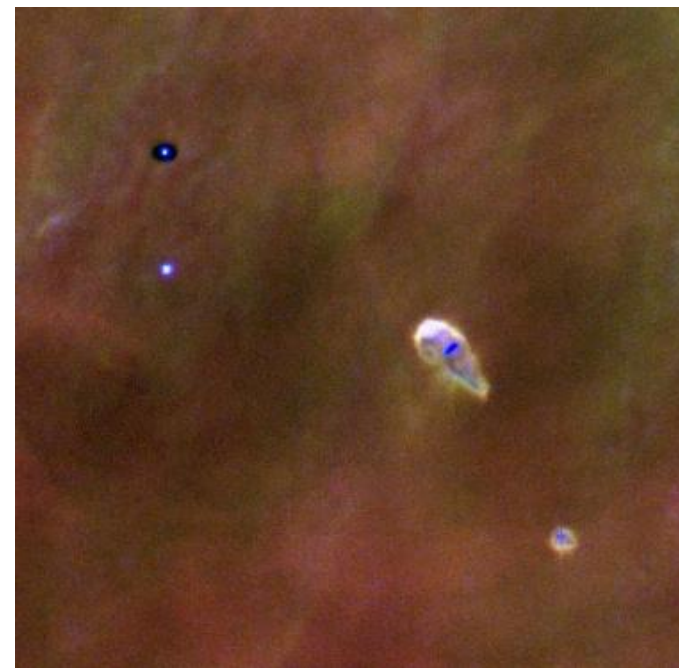
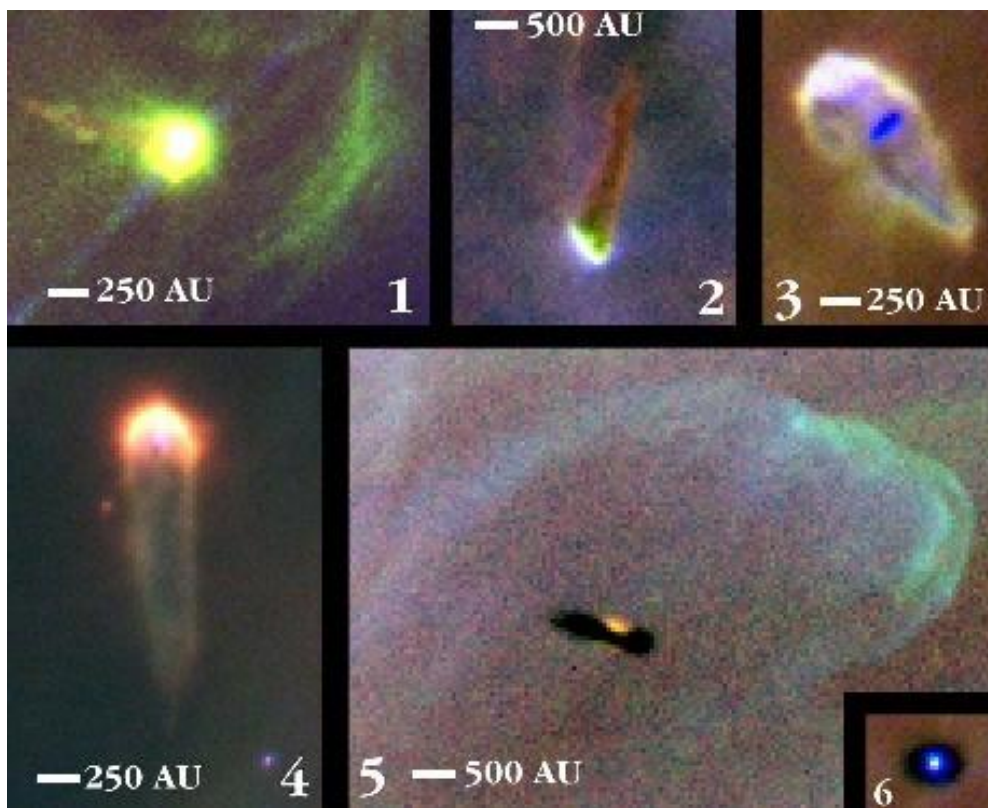


összetett kölcsönhatások a csillagközi térben



Bolygókeletkezés

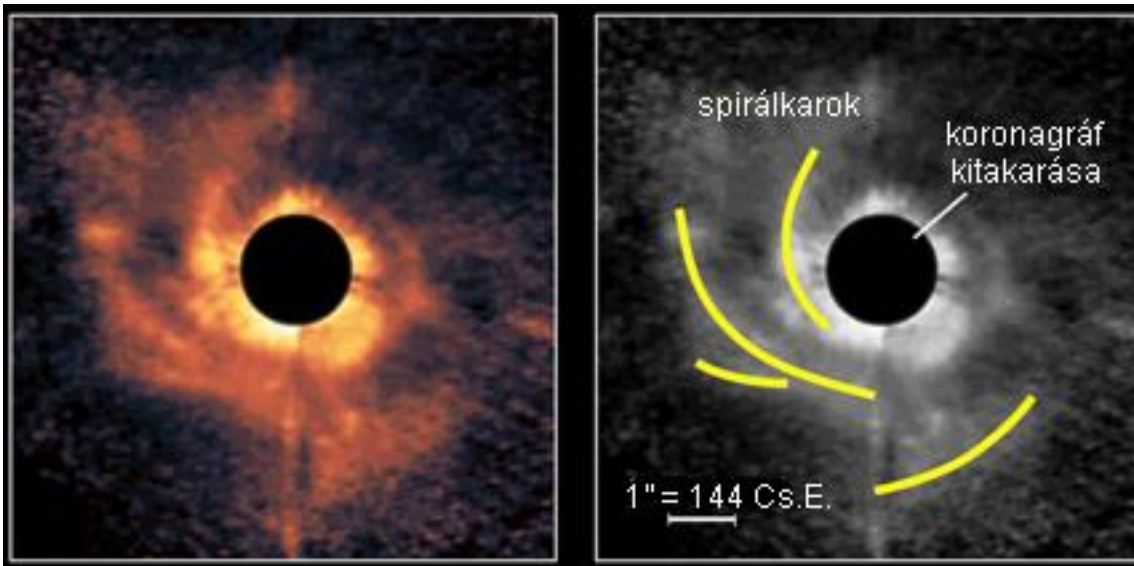
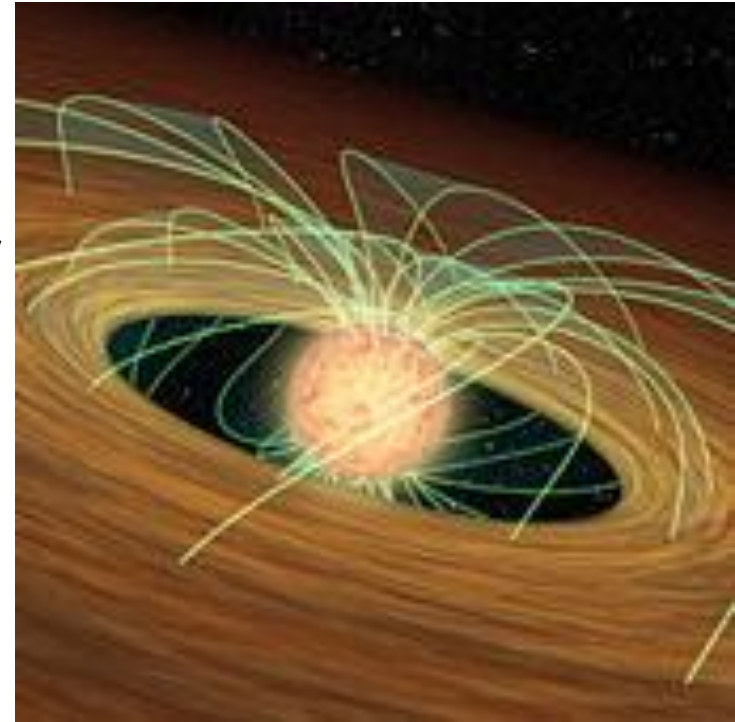
- csillagkeletkezés → zsugorodó felhő → forgás síkjában fennmaradó anyag
- protoplanetáris korong, benne:
 - összetapadó szemcsék, elsődlegesen nagyon porózusak
 - összetétel gradiens
 - kölcsönhatások, rezonanciák
 - korongon belüli további kémiai reakciók
- szomszédok sugárzásai, csillagszelek erodálnak



Bolygókeletkezés

Megfigyelhető közvetett jellemzők:

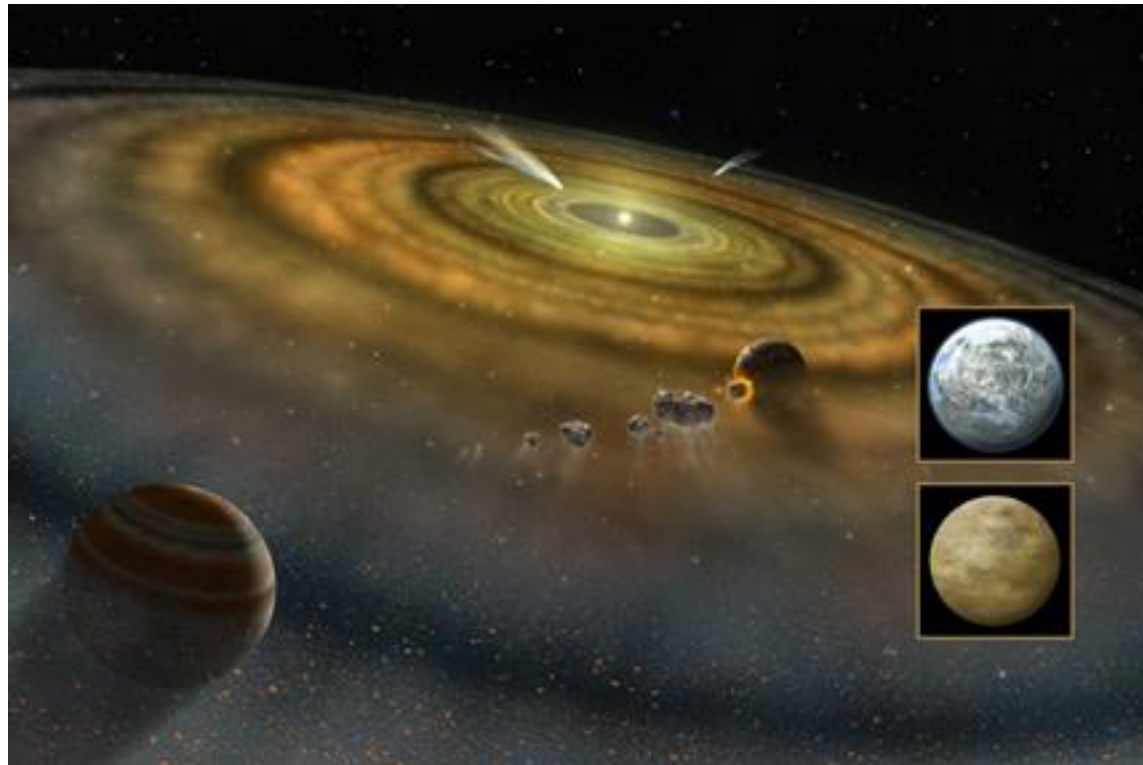
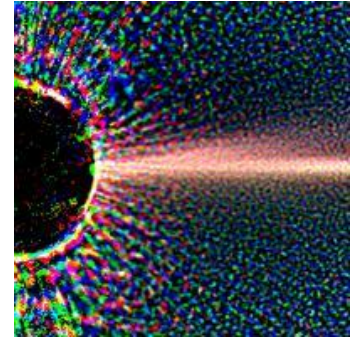
- magas fémtartalom → több bolygó
- csillagok tengelyforgásának fékezése
 - lassabb tengelyforgású csillagok körül ötször valószínűbbek a korongok
 - korongok lassító hatása csillagkeletkezést is segíti
 - barna törpék körüli anyagkorongok



Bolygókeletkezés

Jellemzők

- protoplanetáris korongokban bolygók által tisztára söpört zónák
- korongban szén:oxigén arány fontos:
 - magas oxigén aránynál szilikátos bolygók
 - magas szén aránynál gyémántban gazdag bolygók (Béta Pic)



Exobolygók

Exobolygó:

- Naprendszeren kívüli bolygó
- felső tömeghatár: kb. 13 jupitertömeg (D fúzió)
- nagytömegű exobolygók és barna törpék szétválasztása nehéz, főleg fiatal korban

Fontos lépések:

1992: első exobolygó felfedezése (51 Peg)

1996: első exobolygó egy kettőscsillag körül (55 Cnc b)

1999: első tranzit megfigyelés (HD 209458 b)

2001: első légkör megfigyelés, Na (HD 209458 b)

2003: első exobolygó egy (PSR B1620-26c) gömbhalmazban (M4), pulzár körül, egyben legkisebb tömegű (0,02 MF)

2004: első barna törpe körüli exobolygó (2M1207)

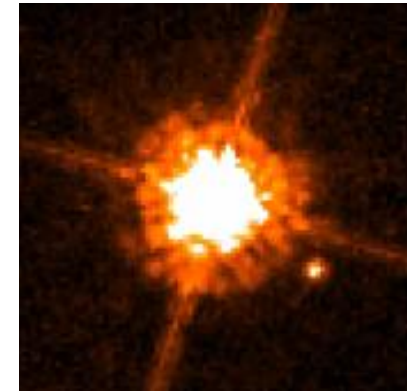
2004: első gazdátlan exobolygó (S Ori 70)

2005: első hármass exobolygó rendszer (Giese 876 d)

2005: első exobolygó hármass csillagrendszerben (HD 188753 Ab)

2006: első magyar exobolygó (HAT-P-1b)

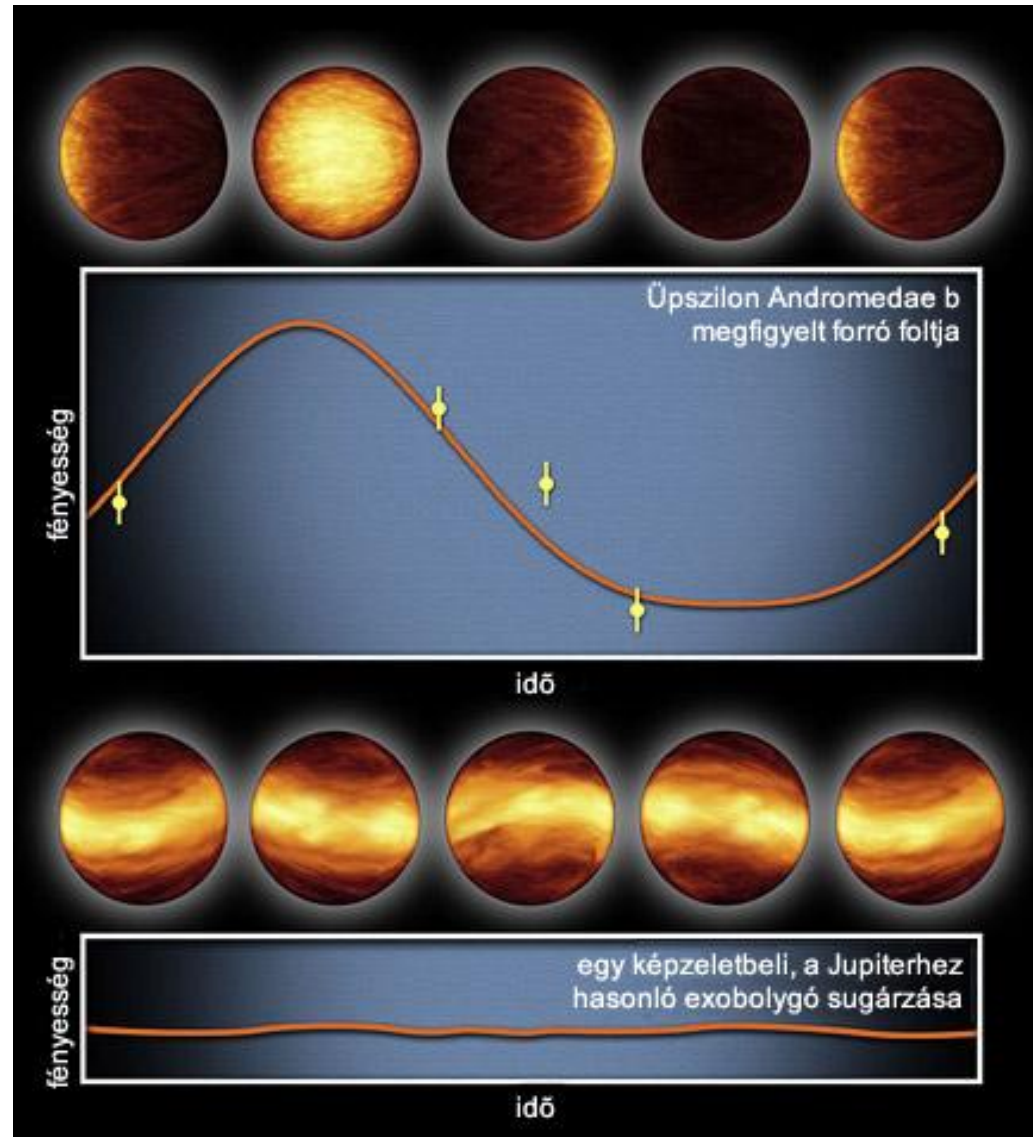
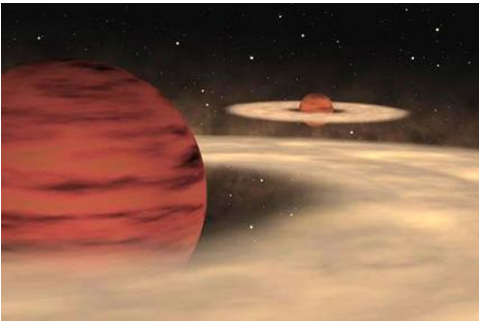
2007: február 6.: 209 exobolygó



Exobolygók

Jellemzők:

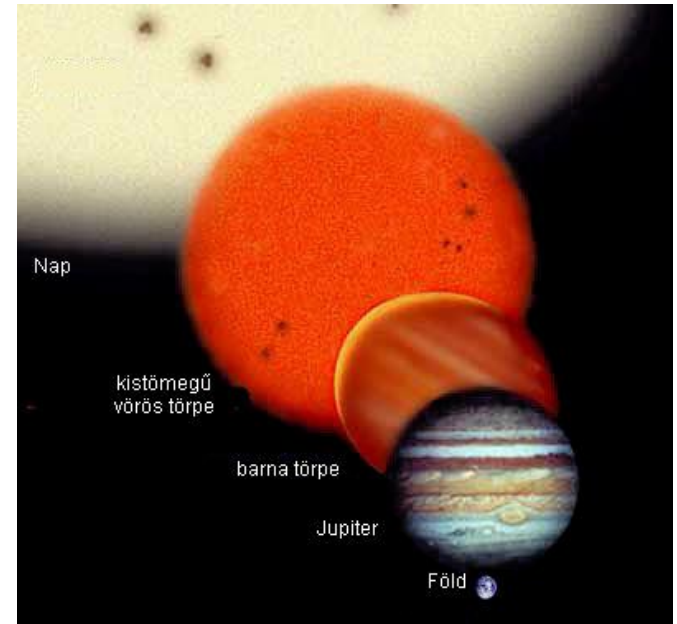
- kötött tengelyforgás eseté nagy különbség a nappali és éjszakai hőmérséklet között (pl. Üpszilon And b)
- de: 51 Peg, HD179949b, HD209458b kiegyensúlyozott éghajlat, 10000 km/h-s szelek
- „Planemos”: hold és bolygó közötti átmeneti égitest?
 - Oph 16225-240515 rendszer
 - 7 és 14 jupitertömegű égitestek
 - egymástól 240 Cs.E.-re



Exobolygók

Új „típusú” exobolygók:

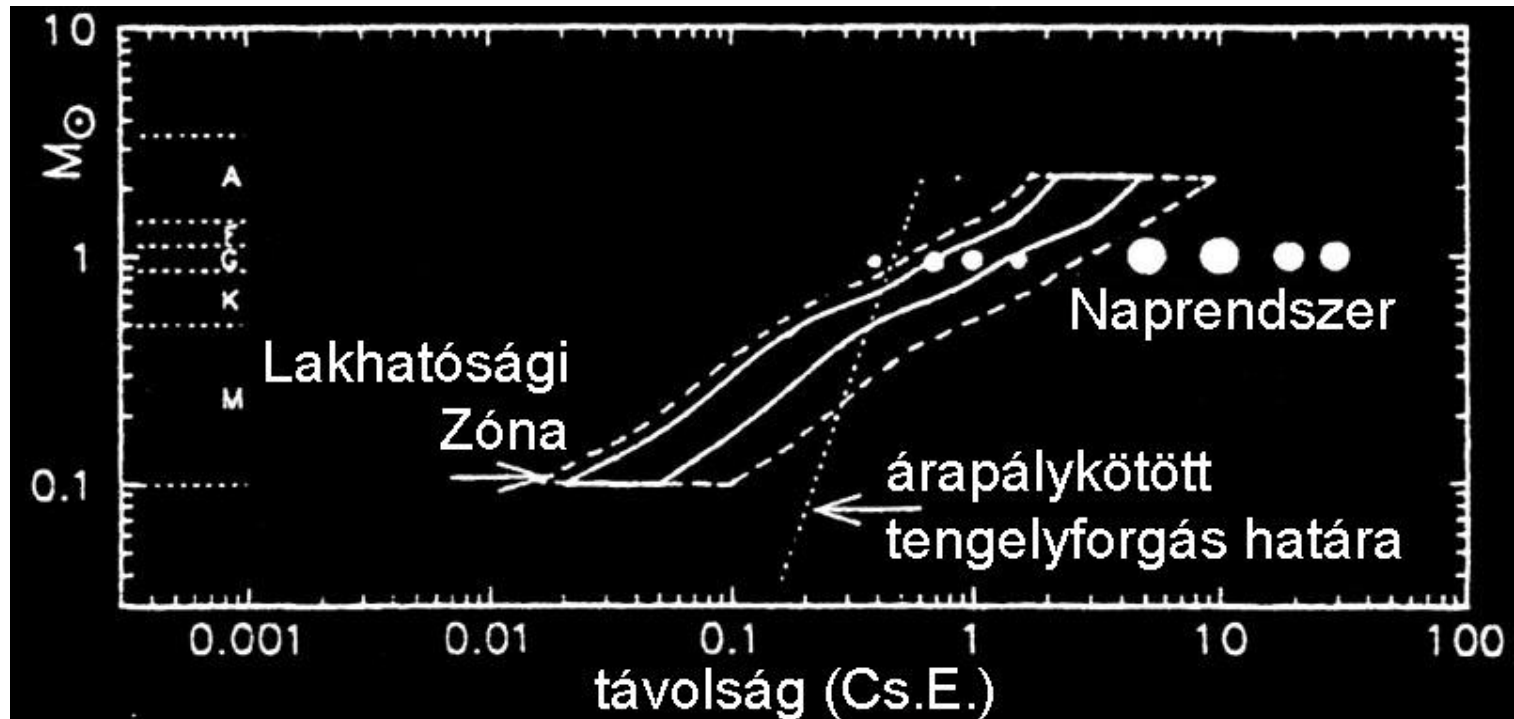
- nagyobb fémtartalom → nagyobb tömegű bolygók
- „utólag” született Földek
- Föld-típusú bolygók térségébe szórt óriásholdak
- forró Földek: ultrarövid periódus planéták
- „Szuper-Földek”
- csillaghoz közeli óriásbolygók holdjai
- kipenderített, „gazdátlan” exobolygók
- barna törpék körül: bolygók vagy holdak?
- második generációs exobolygók (pulzárok, Mira Ceti B (fehér törpe) korongja)



Csillagkörüli Lakhatósági Zóna

Hagyományos értelemben:

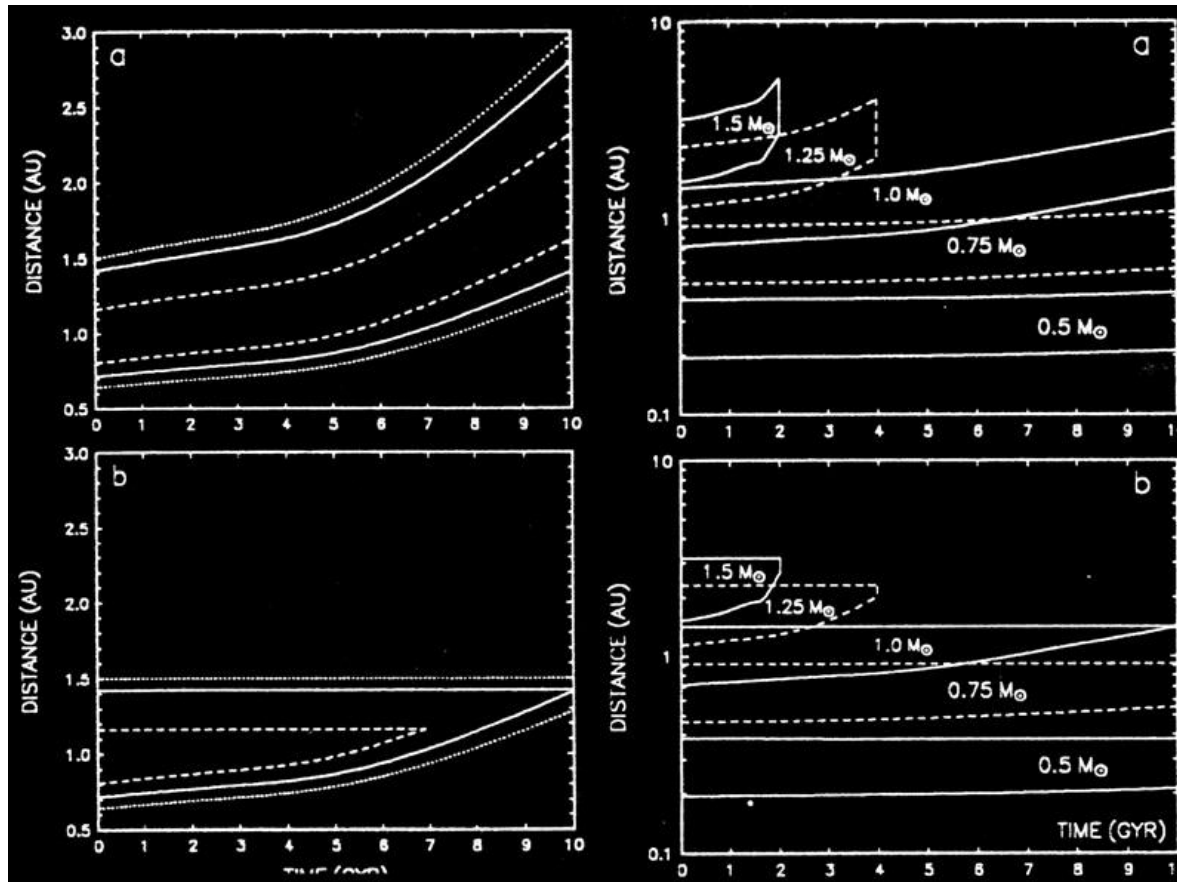
- folyékony víz stabilan előfordulhat a felszínen
- belső határa: túl meleg felszín → H_2O bomlik, elszökik
- külső határ: légköri CO_2 , H_2O üvegházhatása még eléggé melegít
- hasonlóan definiálható barna törpék és újszülött óriásbolygók körül (fiatal Jupiter → Europa felszíni óceánja)
- távolsága függ a csillag energia-kibocsátásától



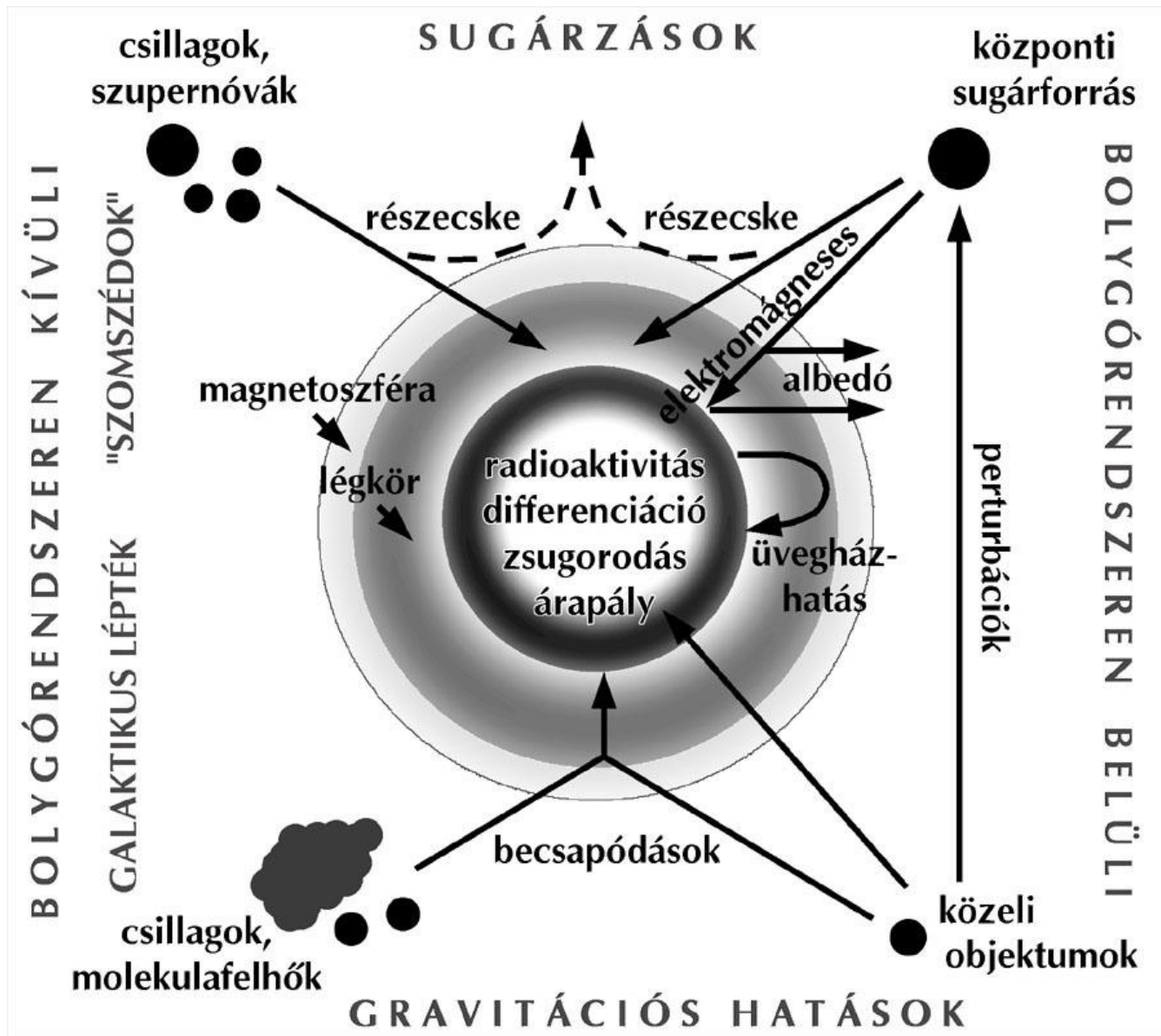
Csillagkörüli Lakhatósági Zóna

Problémák:

- modellek nagyon kevés tényezőt vesznek figyelembe
- CO₂ felhők hatása eléggé nem ismert
- zóna csillagfejlődéssel kifelé tolódik
- élet kialakulásához nem biztos, hogy feltétlenül felszíni víz kell
- a folyékony víz sem elegendő (különböző nutriensek, kémiai energiaforrások)



Bolygófejlődés



Prebiotikus vegykonyha

- prebiotikus anyagok: földi élet keletkezéséhez szükséges
- helyben keletkezett:
 - Urey-Miller kísérlet
 - agyagásványok, bazaltok felületén
 - korai Napnak erős+változó UV sugárzása → magaslégköri szmog (Titanhoz hasonlóan)
- világúrból származó: meteoritok víz és szerves anyag szállítása, pl.:
 - aminosavak
 - primitív meteoritokban szerves anyagcsomók (PAH)
 - fullerének Ne, Ar nemesgázokkal → arány csillagközi eredetre utal
 - keletkezés: -260 °C: csillagközi molekulafelhőben, külső Naprendszerben
 - törékeny szerkezet: szétesik, nagy területen oszlik el
- meteoritokban hullott:
 - sok csillagközi anyag
 - Naprendszer peremvidékéről származó anyag

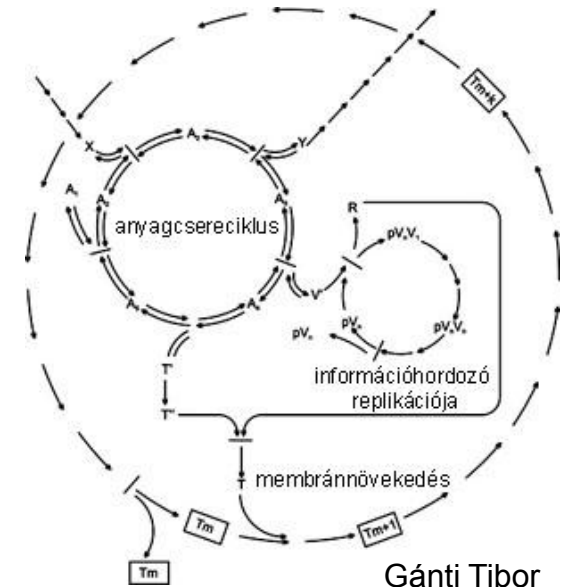
Életnyomok

- élet fogalma, Gánti Tibor (1970-es évek)
- megfigyelés, műszer tervezése → keresett jellemzőket ismerni kell
- földi példák → víz és szén alapú élet, életjelenségek keresése
- nincs választás → földihez hasonlót kell keresni

Célpontok:

- esetleges egykori élet nyoma
- esetleges mai élet nyoma
 - helyszíni vizsgálatok,
 - földi analógiák,
 - számítógépes modellezés,
 - szimulációs kamra kísérletek
- „könnyen” vizsgálható életnyomok keresése: csak felszíni, felszínközeli környezetek

Kemoton absztrakt modell



Mit bírnak ki a földi élőlények?

Vizsgálati szempontok:

- szaporodni képes
- csak anyagcserére képes
- semmire nem képes, de megfelelő körülmények között ismét aktív
- kedvező viszonyok között sem lesz többé aktív

Hőmérséklet határok:

-15 °C (*Cryptotendolithotrophs* baktériumok)

+113 °C (*Pyrococcus furiosus*)

Víz aktivitás

>~0,6, vízgőz is elég

Lúgosság-savasság határok:

pH=13 (*Plectonema nostocorum*)

pH=~0 (*Cyanidium caldarium*)

Sóoldat határok:

Dunaliella salina telített sóoldatban is

Nyomás határok:

? – min. 1400 atmoszféra

Sugárzás határ:

Deinococcus radiodurans emberre halálos sugárdózis 2000-szerese

Inaktív állapot túlélése:

Streptococcus mitis Surveyor-3: 2,5 év a Holdon

egyéb földi mintáknál bizonyított: millió év, vitatott: 20 millió év

Keresési határok kijelölése

Extremofilek tűrőképességének határai:

- $T > -15\text{ °C}$ (-20 °C?)
- víz aktivitás $a_w > 0,6$

Kritériumok:

- -20 C feletti hőmérséklet
- $0,5$ feletti víz aktivitás

Megfelelő környezetek/időszakok keresése:

- hőmérséklet és víz tanulmányozása
- tér és időbeli változások vizsgálata

Becsapódások szerepe

- víz nagyobb részét a Földre hozták
- sok szerves anyagot hoztak prebiotikus folyamatokhoz
- globális éghajlatváltozások
- hirtelen változtatás a bioszférában
 - kihalások
 - megüresedett ökológiai fülkék
- élőlények szállítása bolygók között



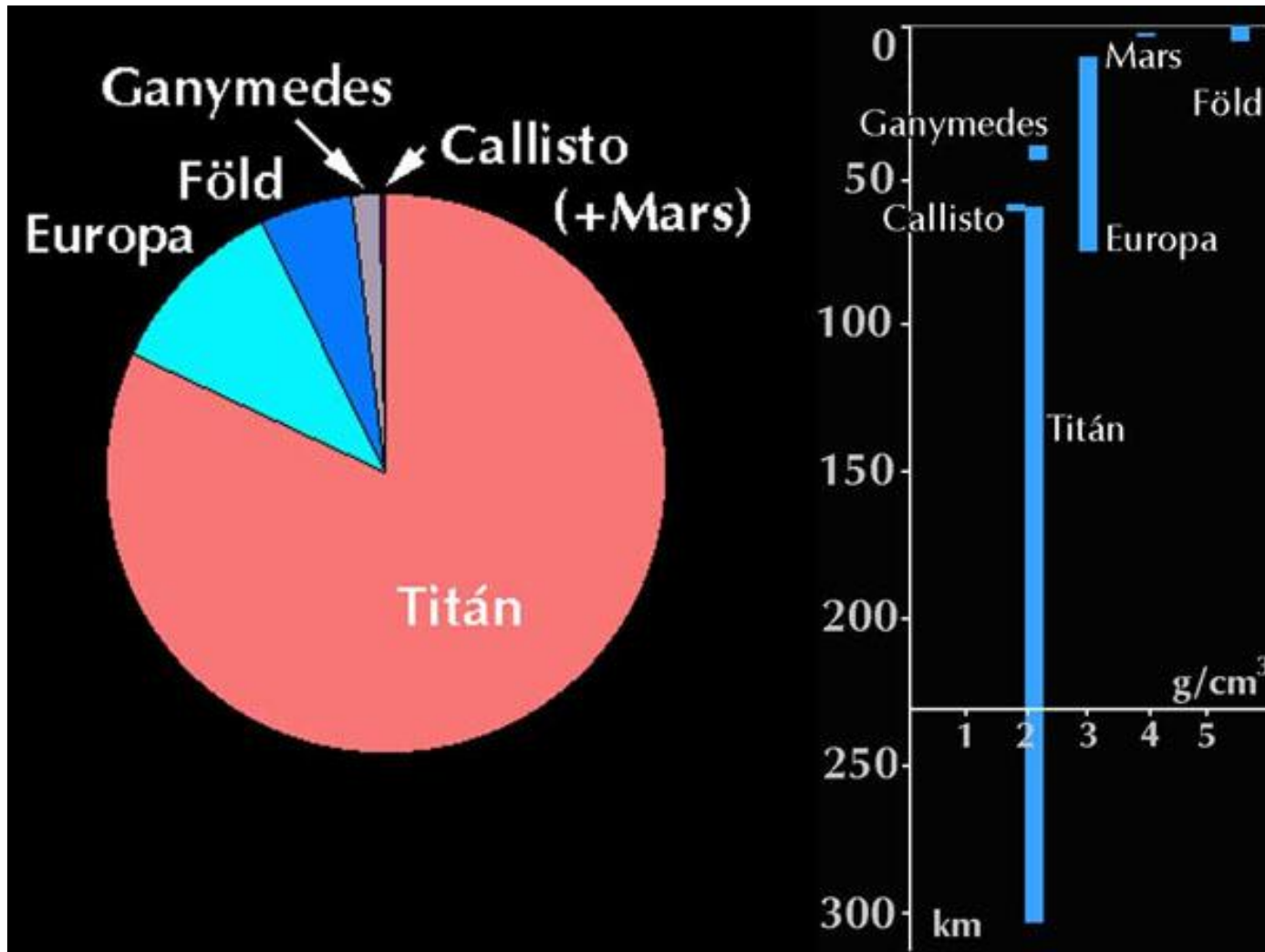
Bolygók közötti anyagcsere

Elméleti háttér:

- élőlény kijutása a világűrbe
 - becsapódás (kísérlet: gyorsulást túlélhetik)
 - felszínközeli zónából kilőtt anyag nem préselődik össze
 - szelek + elektrosztatikus hatás → baktériumok „kirepülése”
- utazás a világűrben
 - kőzettest belsejében
 - megfelelő kőzet vastagság a sugárzások ellen
 - kőzet saját sugárzása is roncsol hosszú időskálán
 - tetszhalott állapot millió évekig
- landolás
 - fokozatos lassulás
 - hirtelen lassuláskor test belseje hőhatástól védett
 - kísérlet: becsapódást túlélhetik
 - megfelelő helyre érkezve éledhet fel
 - planetary protection
- Mars → Föld viszonylat valószínűbb, mint fordítva
- Naprendszer korai időszakában fontosabb



A folyékony halmazállapotú H₂O előfordulása a Naprendszerben, a légköri vízpárát leszámítva



Titan

Kedvező tényezők:

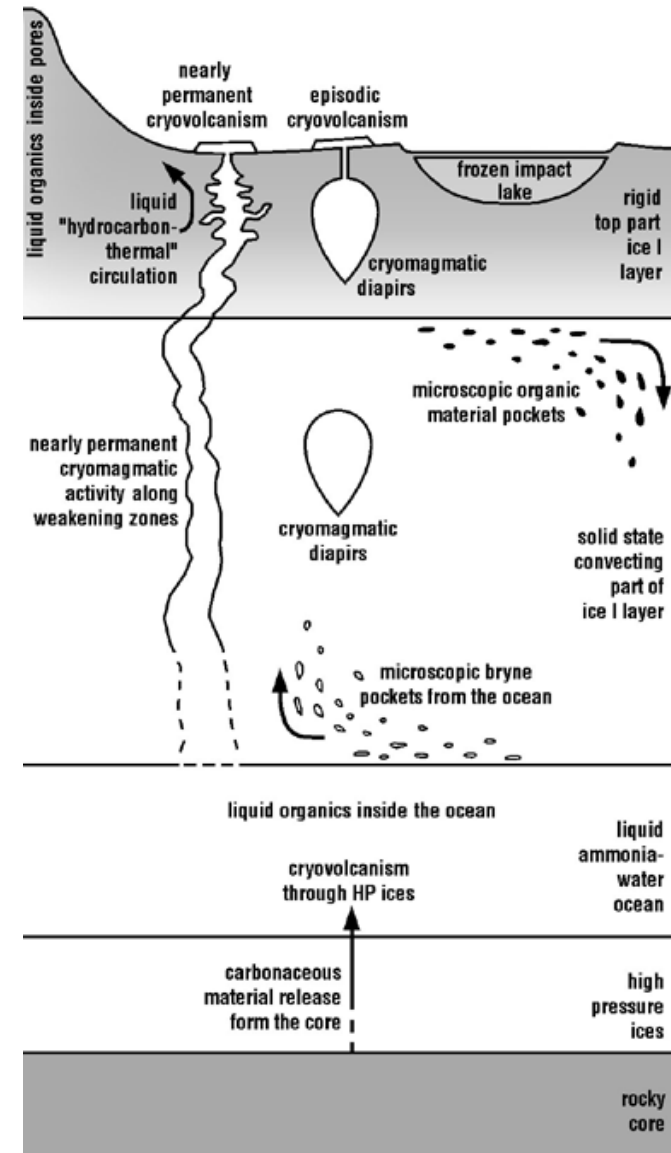
- folyékony víz nagy mélységben
- összetett szénhidrogének a felszínen
- változatos energiaforrások és aktív környezet
- két régió találkozhat-e?

Kedvezőtlen tényezők

- felszín csontszáraz
- felszínen $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$
- felszín alatti óceán pH-ja kedvezőtlen?

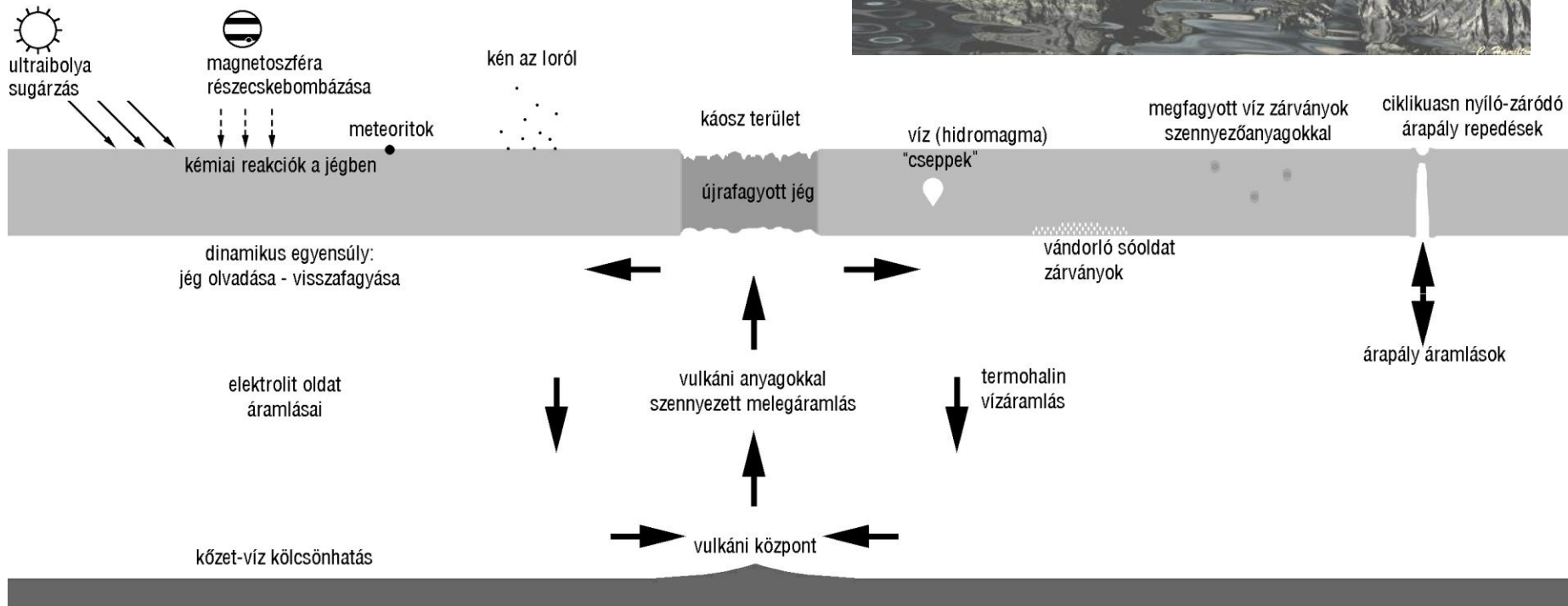
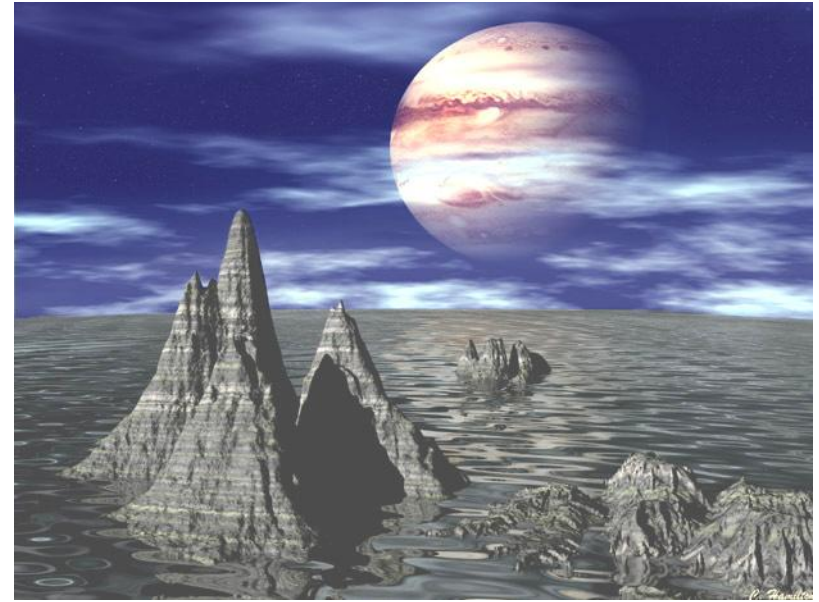
Jelentőség:

- jelenlegi szerves ködéhez hasonló az ősi Földön is lehetett
- prebiotikus kémiai anyagfejlődés vizsgálható
- mai élet hipotetikus lehetősége: víz helyett CH oldószer alapú kémia és biokémia? (Gánti Tibor)



Europa

- felszín alatti óceán
- vulkáni központok a tengerfenéken
- lehetséges energiaforrások
 - kémiai: hidrotermális a tengerfenéken
 - ionok a vízben
 - jég recirkuláció: friss anyag
 - fotoszintézis: 2-8 m között, problémás
- ősi állapot: Jupiter sugárzása miatt olvadt felszín



Mars

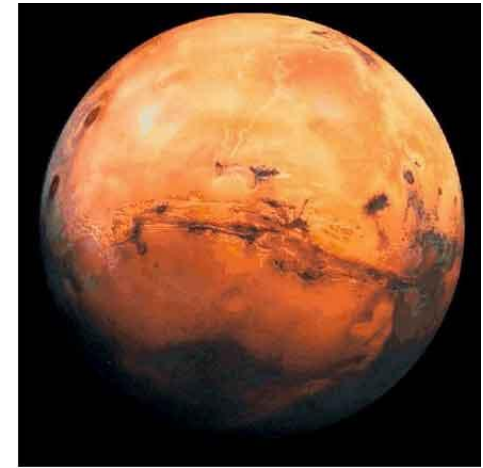
Élet lehetősége a Marson

- leginkább a Földhöz hasonló égitest a Naprendszerben
- földi élet keletkezése idején a Marson is a földihez hasonló viszonyok lehettek
- mai marsi viszonyok néha nem térnek el túlságosan a földiektől
- ősi élet lehetősége: jobb
- mai marsi élet lehetősége: rosszabb
- két égitest közötti anyagcsere (meteoritok)

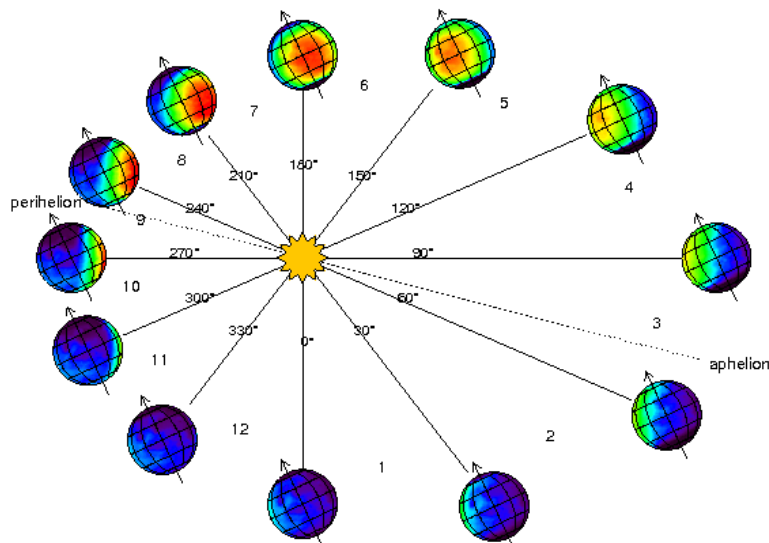
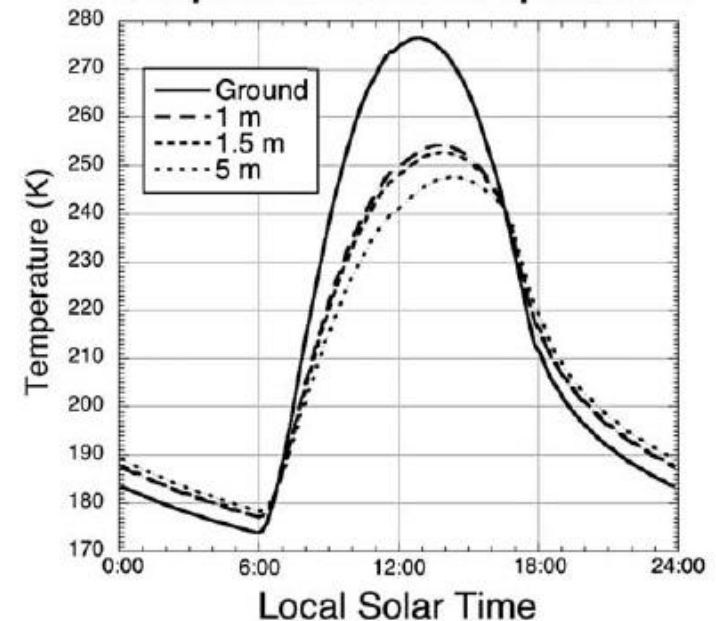
Mars

Felszíni nyomás, hőmérséklet, hőingás

- felszíni légnyomás: ~ 6-7 mbar
- átlaghőmérséklet: ~ 220 K
- maximum: nyáron d.sz. 25 , +15 C
- minimum: éjszaka, -120 C
- jelentős napi és évszakos hőingás
 - elnyúlt pálya → perihéliumban (déli tavasz vége/nyár) 40%-kal több besugárzás, mint aféliumban (északi tavasz vége/nyár)



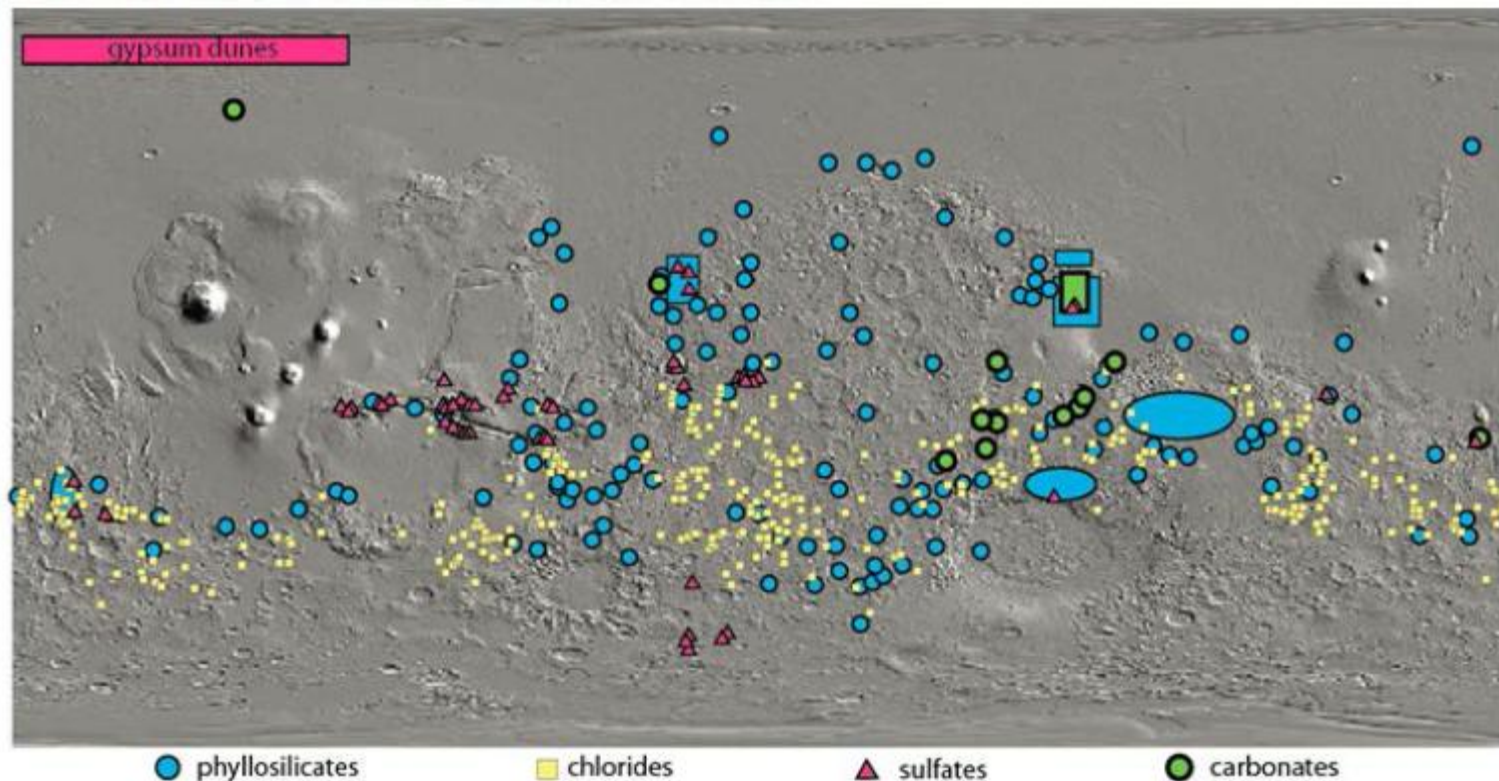
Computed Diurnal Temperatures



Ősi Mars állapotai

- üledékek + átalakult ásványok
- erős kor – kémia összefüggés
- időszakosan nedves felszín, mállás csak mélyen

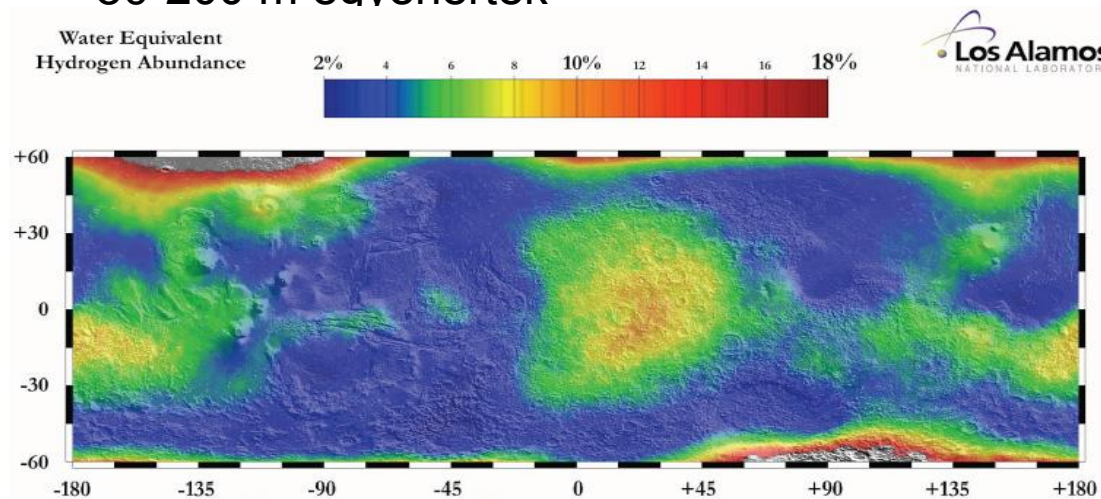
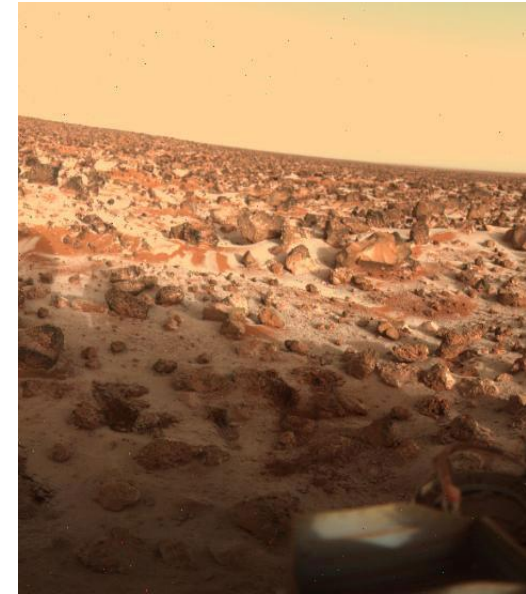
- filloszilikátok (4.5-3.5 mrd éve)
 - főleg zárt rendszerű vizes mállás felszín alatt, anoxikus, semleges pH, alacsony víz/kőzet arány, 100-200 °C (+karbonátok)
- kloridok (4.5-3.5 mrd éve): felszíni vizek bepárlódása
 - főleg rövidéletű folyók
 - kezdetekben is sivatagos felszín
- szulfátok (3.5-2.0 mrd éve):
 - felszíni bepárlódás, savas, hideg vizek
- vas-xoidok (2.0 – ma): száraz + UV



Ehlmann
2013

Mars H₂O készlete

- légköri vízgőz
 - nagyon kevés (5 - 100 μm)
- adszorbeált H₂O
 - légköri H₂O-készlet ~10-szerese
 - néhány cm vastag rétegben
- pólussapkák
 - körforgás a felső (évszakos) rész és légkör között
 - réteges szerkezet
 - elsősorban az északiból jut vízgőz a légkörbe
 - kb. 10 m egyenérték
- permafroszt (krioszféra)
 - régi H₂O egy része a regolitba fagyott, poláris térségeken: felszínig ér
 - 50-200 m egyenérték



2001 Mars
Odyssey
(neutron
spektrométer)

Mai víz lehetősége a Marson

Egykori víznyomok

- sok idős (>3,5 milliárd éves), kevés fiatal (millió-100 millió éves) vízfolyásnyom
- kevés mállásnyom
- rövid vizes időszakok
- meleg + nedves eleinte
- hideg + nedves később

Víz „mai” előfordulásának becslése:

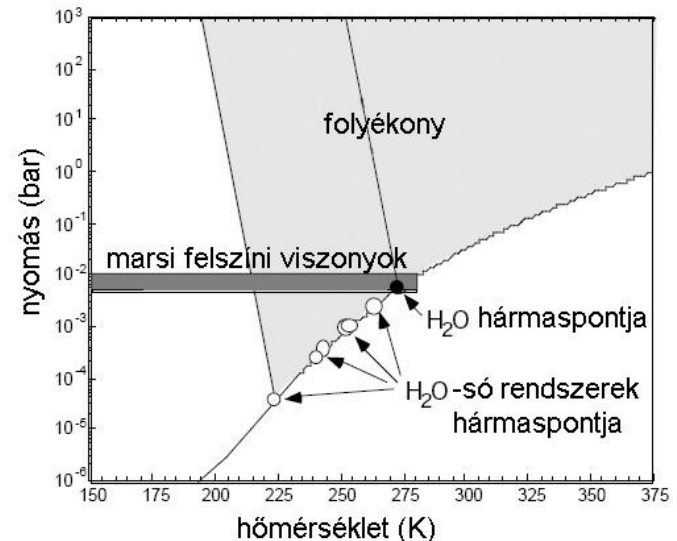
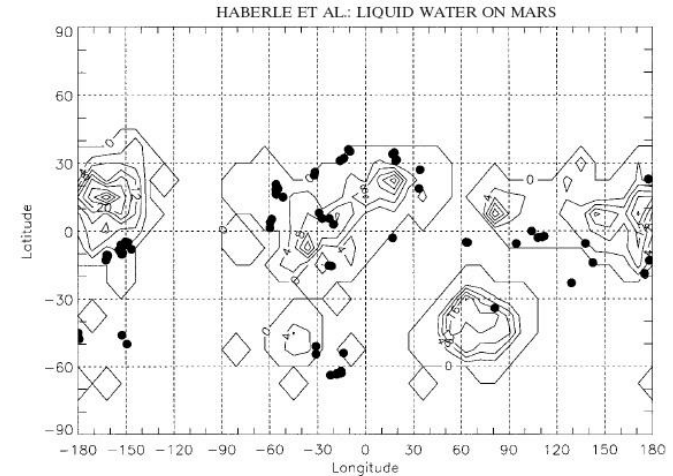
- GCM
- fiatal tónyomok
- Phoenix űrszonda lábán „vízcsepp”
- Curiosity: felszín alatti perklorátok, deliquescence (elfolyósodás)

Ma kevés vízre utaló lehetséges nyomok:

- sárfolyások
- lejtősávok
- DDS-szivárgás

Perspektivikus:

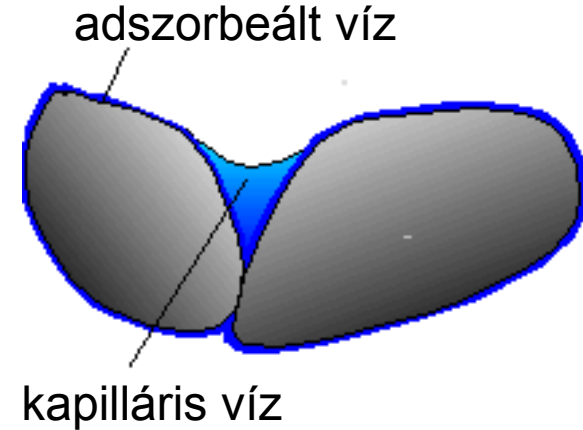
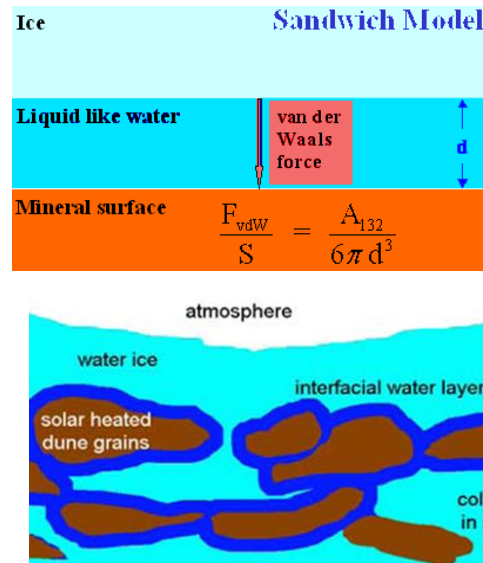
- sóoldatok
- mikroszkopikus skála



Mai víz lehetősége a Marson

Felszín:

- H₂O elérhetősége: víz aktivitás
 - vízgőz parciális nyomása
 - adszorbeált H₂O réteg:
 - néhány molekula vastag
 - 2 dimenziós folyadék
 - kb. -75 °C-ig létezik
 - „mindenhol” a Marson
 - erős kötődés



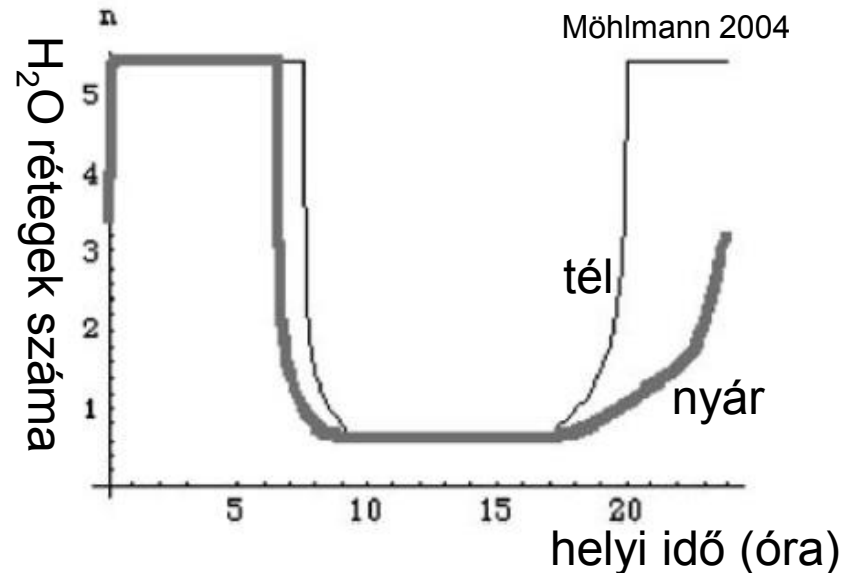
Mary Voytek, MEPAG

Adszorbeált H₂O mennyisége:

- mm, cm: napi és évszakos ciklus
- nagyságrendileg kg/m³ a mars-talajban (1 tömeg%, ez 1-2 monolayer)
- napi ciklus: maximum éjszaka

Felszín alatti zóna:

- krioszféra nagyon hideg
- vulkáni központok környéke meleg lehet
- sugárzás nincs
- energiaforrás: kemoszintézis?

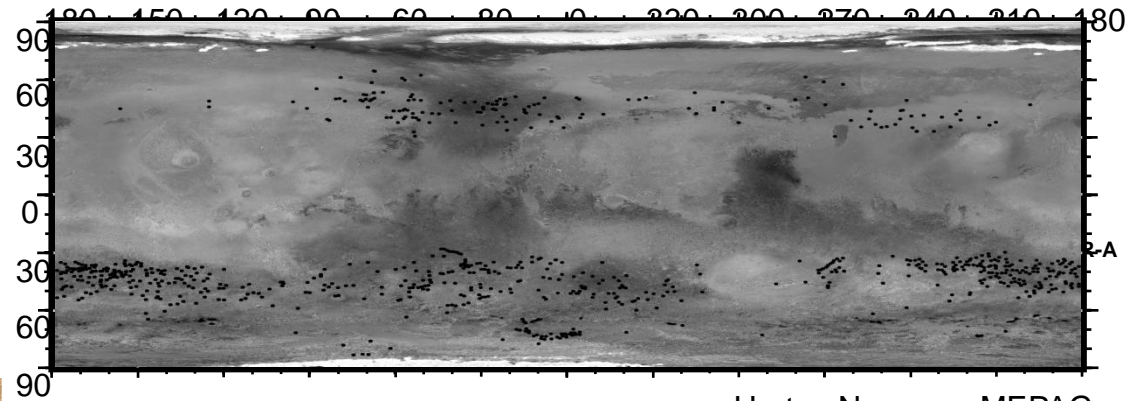


Lehetséges vízfolyásnyomok 1.

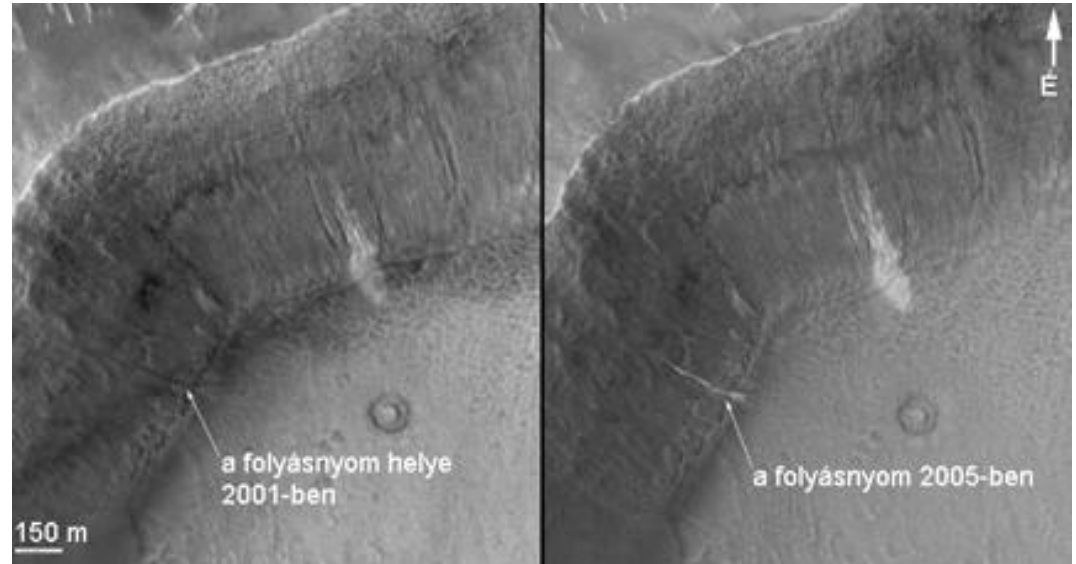
Sárfolyások (gullies)

- olvadó hófoltok (MRO: nem valószínű)
- felszín alól kitörő sós víz?
- nem is víz?

Horton Newsom, MEPAG



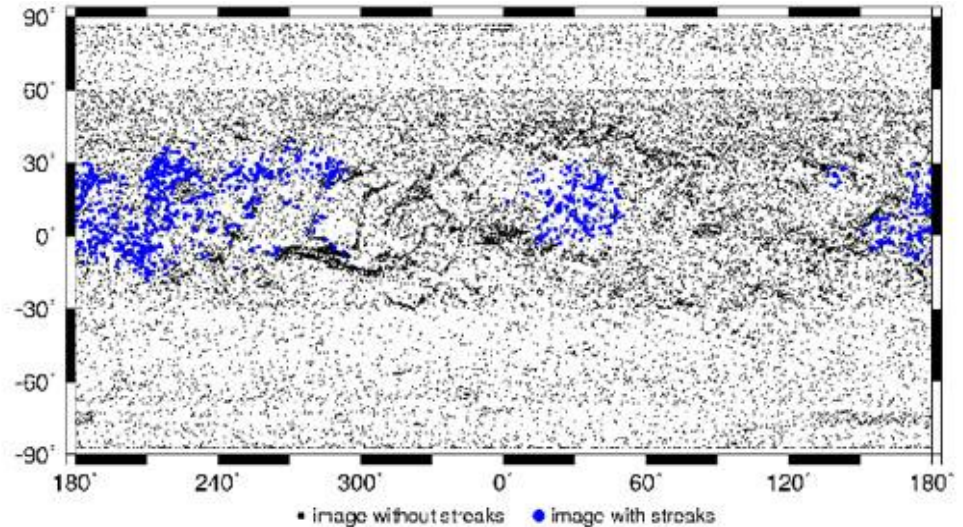
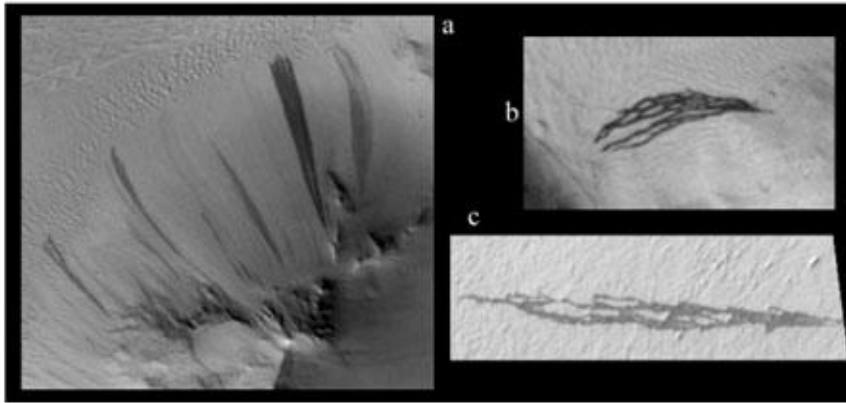
Horton Newsom, MEPAG



Lehetséges vízfolyásnyomok 2.

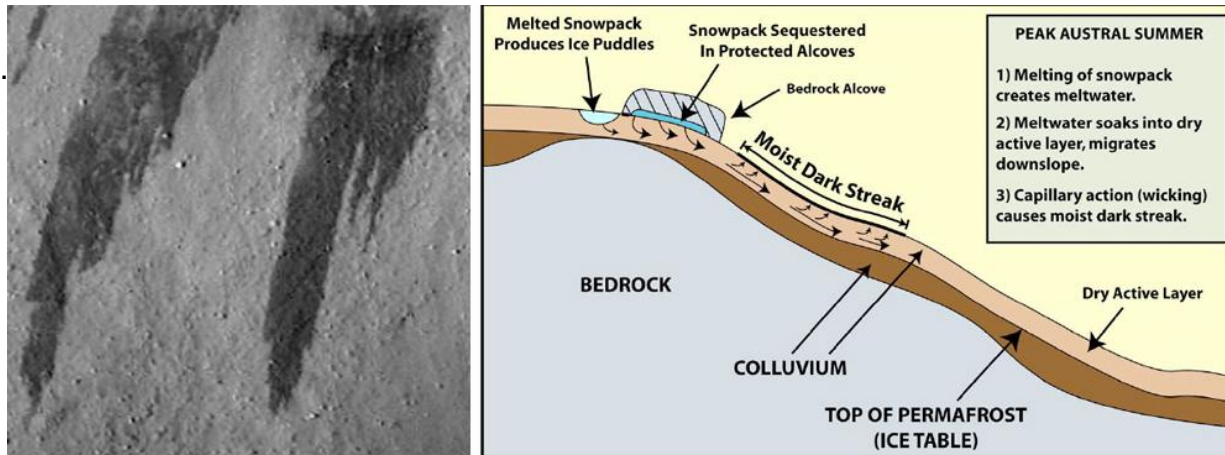
Lejtősávok (nyakkendők, slope streaks)

- alacsony szélességen, sajátos morfológia
- porlavinák?
- antarktisi analógia (Head 2007)



Horton Newsom, MEPAG

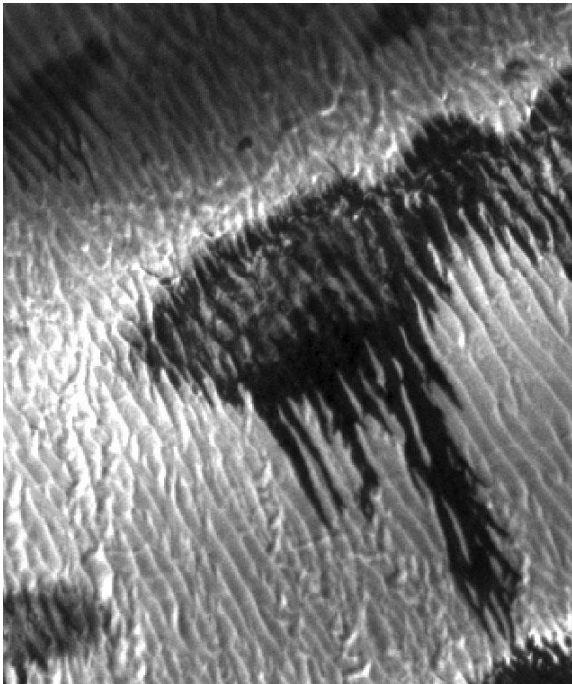
Head et al.
2007.



Lehetséges vízfolyásnyomok 3.

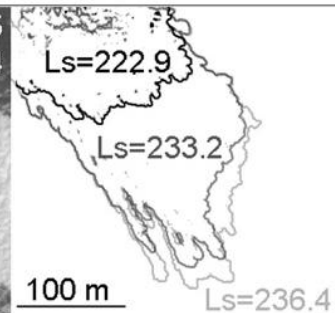
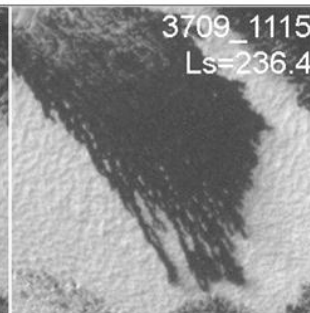
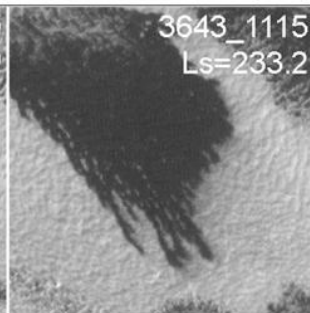
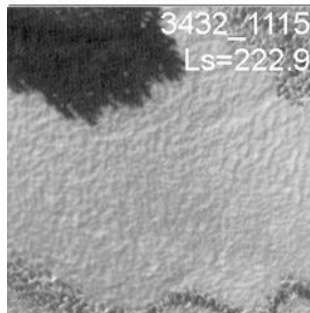
DDS-szivárgás (Dark Dune Spots-seepage)

- besugárzás + jég hőszigetelése + adszorbeált víz
- nedves szemcsefolyás?
- magas déli szélesség (50-80S)
- helyi tavasz (Ls=200-250)



MRO HiRISE

speed: 1-2 m/Earthly day



Collegium Budapest, Mars Astrobiology Group

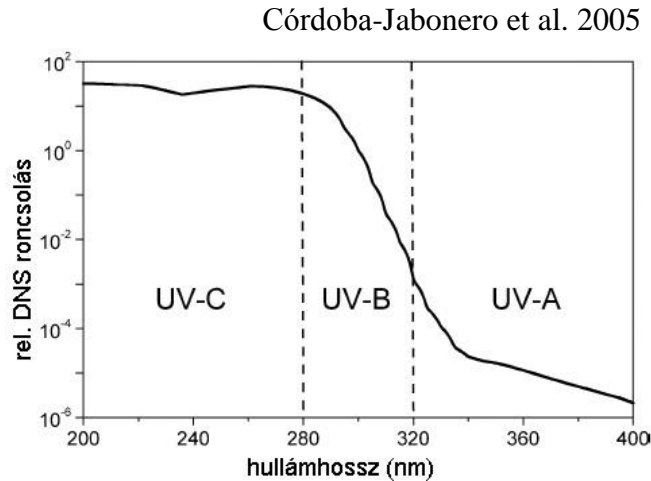
További paraméterek

Felszíni összetevők:

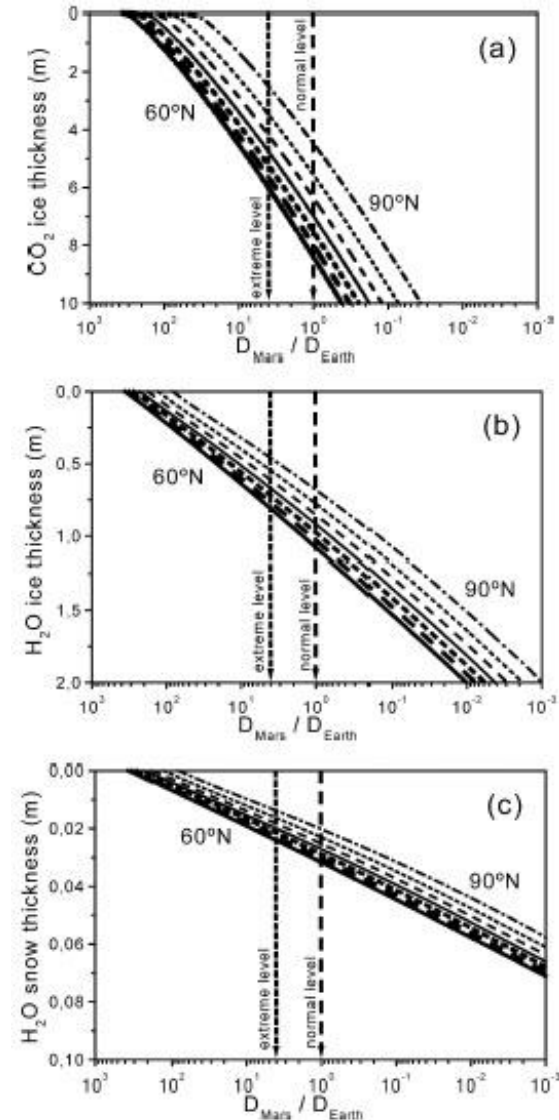
- C, H, N, O, P, S és egyéb biológiailag fontos elemek elérhetők a felszínen
- szerves anyag szinte nincs
- mérgező nehézfémek (Zn, Ni, Cu, Cr, As, Cd stb.)
- agresszív oxidánsok

UV sugárzások

- inaktív / aktív állapotban
- szükséges védelem közepes és magas szélességen
- H₂O hó cm
- H₂O jég m
- CO₂ jég 2-4 m
- kőzet mm



Córdoba-Jabonero
et al. 2005



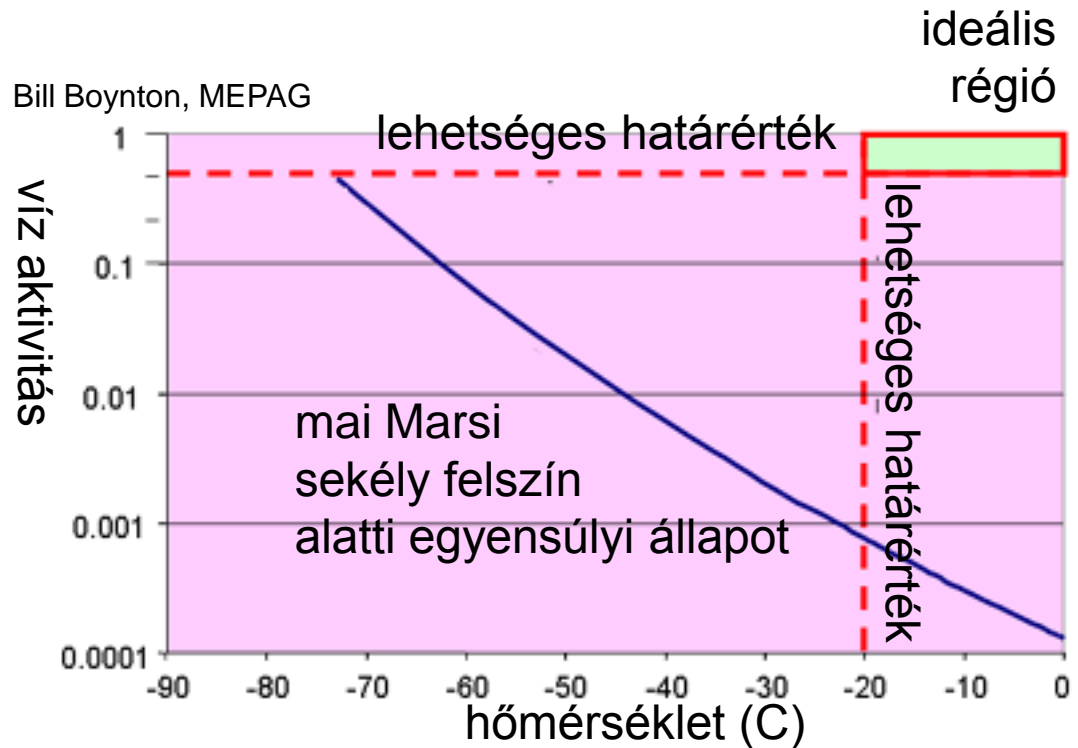
Elérhető H₂O és kellő hőmérséklet együttesen

H₂O előbb elszublimál, mint megolvad.

Termodinamikailag nem egyensúlyi térségek

fontosak:

- napi/évszagos felszíni fagyréteg
- éghajlatváltozás skáláján nem egyensúlyi környezetek
- egyenlítő környéki H₂O dúsabb vidék



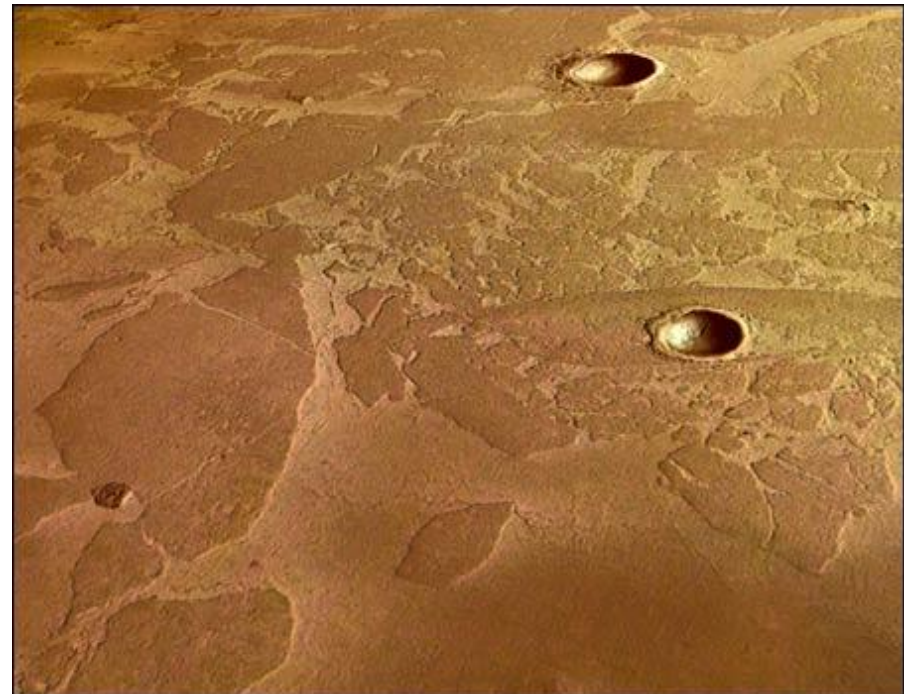
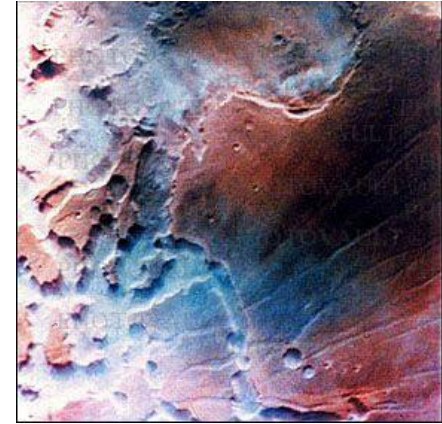
Potenciális nem egyensúlyi környezetek – mai hőanomáliák

Hőanomáliák:

- THEMIS éjszakai mérései nem találtak hőanomáliát
- lehetséges vulkáni aktivitás: meleg kőzetek
 - Olympus Mons: 2-5 millió éve
 - Elysium Planitia „fagyott tenger” (?) 5-10 millió éve
 - északi pólussapka fiatal vulkánok ?
 - nincs annyira fiatal vulkáni nyom, ami ma is meleg lehet
- becsapódásos kráterek meleg állapota:
 - 3 km 100 év
 - 10 km 1000 év
 - 30 km 100000 év
 - feltehetőleg nincs mai meleg kráter

H₂O vándorlás:

- napszakos
- évszakos
- globális éghajlat változások



Viking kísérletek

- 2 negatív biológiai kísérlet
- 1 pozitívként is értelmezhető biológiai kísérlet
- szerves anyag nem mutatkozott
- konklúzió: nem találtak életrajnyomokat

- megfigyelések lehetséges magyarázata:
 - agresszív oxidánsok
 - felszínen szerves anyag gyorsan lebomlik
 - de: nem is volt „elégé” érzékeny a detektor

Egykori életrajnyomok keresése:

- idős főleg vízzel kapcsolatos üledékek
 - hematit
 - déli felföldek sókiválásai
 - folyóvízi területek agyagos málladécai
 - tavak szulfáttelepei
- de: legjobb esélyek a felszín alatt
- probléma: robotokkal, helyi műszerekkel nehéz

Viking kísérletek



NASA, JPL

ALH 84001 marsi meteorit

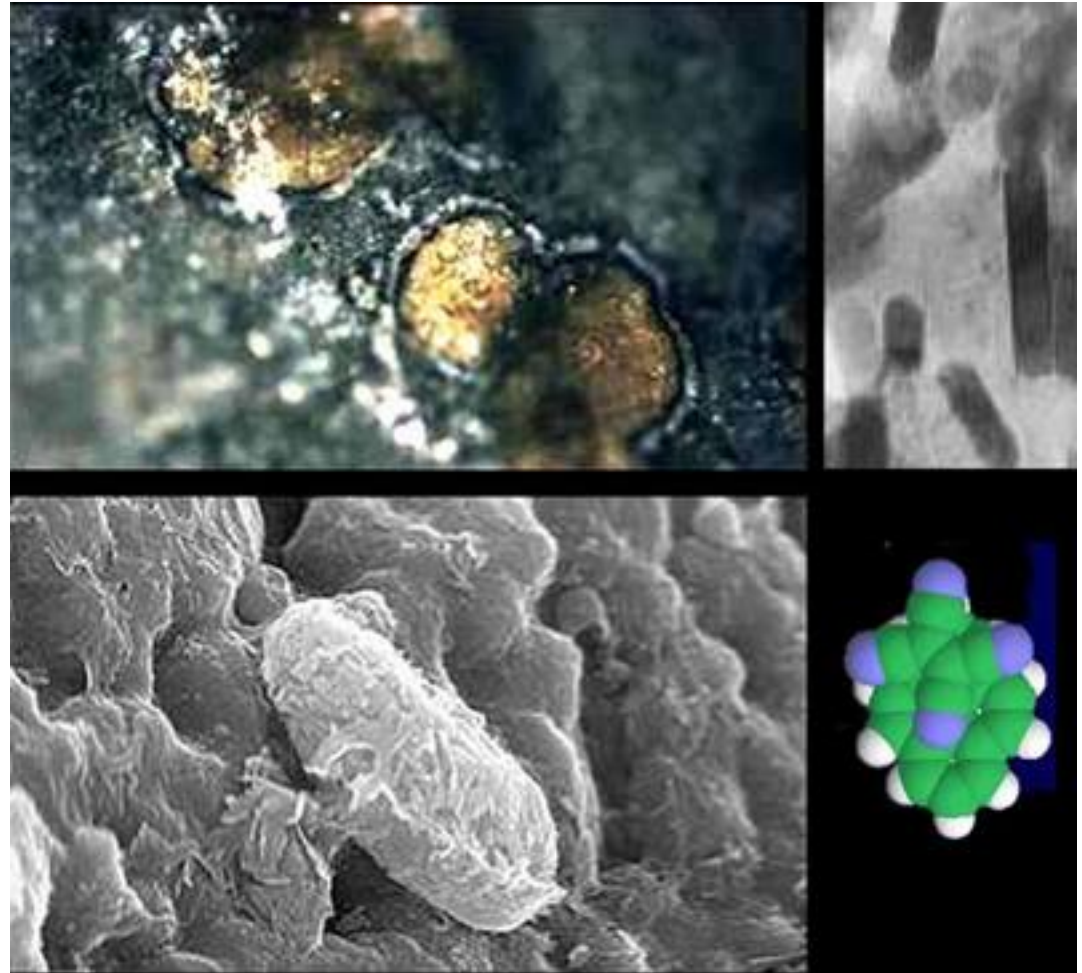
- vizes környezetben képződött karbonát szemcsék, nem egyensúlyi ásvány társulásokkal
- policiklusos aromás szénhidrogének
- magnetit kristályok
- néhány folsszília jellegű alakzat

Ötlet:

- együttes előfordulásuk biogén eredetre utal

Probléma:

- abiogén úton is létrejöhetnek
- „fosszíliák” túl kicsik



Lehetséges földi analógiák 1.

Permafroszt

- állandóan fagyott területeket (min. két egymást követő évben)
- fent 0,2-6 méter vastag aktív réteg
- alatta örökfagy
- kőzetszemcsék és a közöttük lévő jég együttese
- max. 1000 méter mély, néhol több millió éves
- H₂O (főként vízjég) aránya 10-50%
- H₂O 0°C alatt sem fagyott teljesen
- 8-3%-a folyékony az ásványok felületén, nagyobb zárványokban



Richard Hoover, NASA



Duane Froese

Lehetséges földi analógiák 1.

Élőlények:

- kemoszintetizáló baktériumok, metanogén archeák
- lefelé legalább -10 °C -ig aktívak

Állandóan hideg környezet előnye:

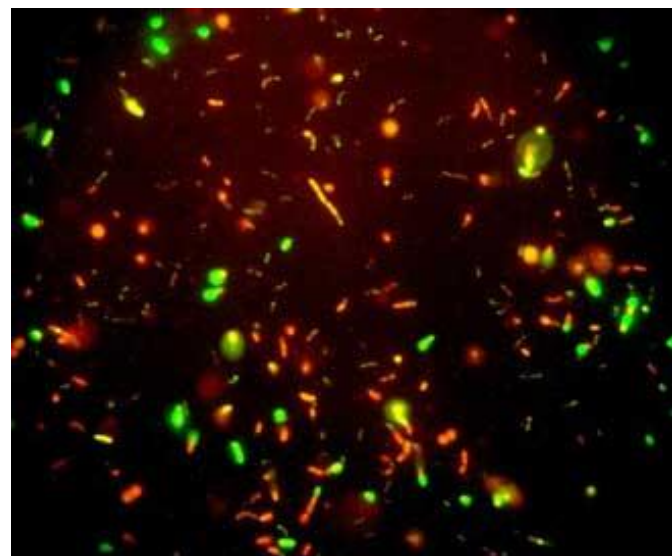
- stabilitás
- sugárzást jobban bírják

Hátrányok:

- lassítja a kémiai- és életfolyamatokat

Permafroszt a Marson

- földinél sokkal idősebb: 2-3 milliárd éves



Richard Hoover, NASA

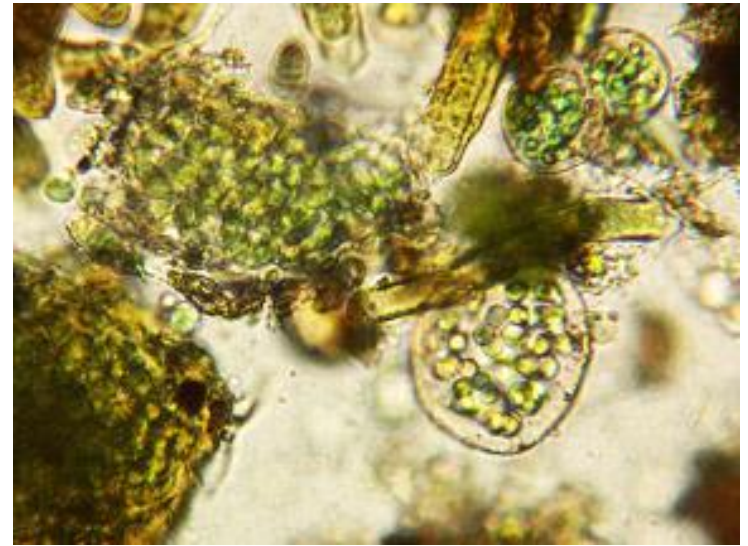
Lehetséges földi analógiák 2.

Kriptobiotikus kéreg

- kőzetek külső, 1-3 mm vastag rétege
- cianobaktériumok, gombák, zuzmók
- cianobaktériumok fotoszintetizálnak
- gombák, és cianobaktériumok által kiválasztott nyálkás burok tartja össze
- az elsők között hódították meg a szárazföldet



Pócs Tamás



Pócs Tamás

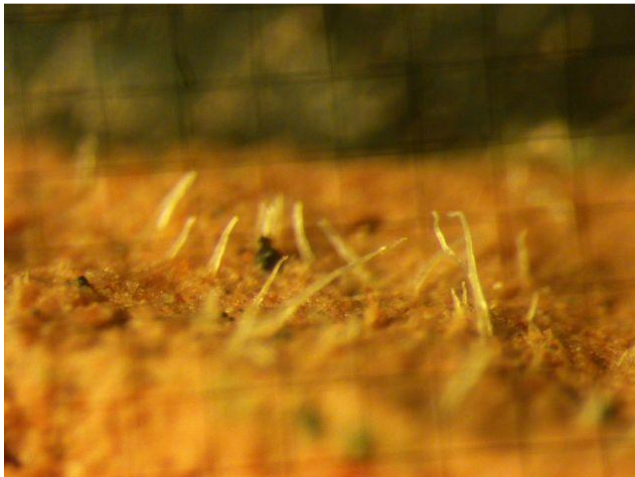
Lehetséges földi analógiák 2.

Környezeti paraméterek a kriptobiotikus kéregben:

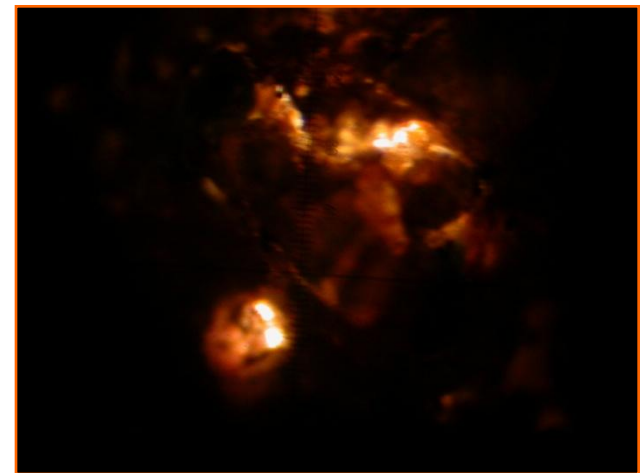
- gyakran száraz
- víz visszatartás: szemcsék és élőlények közötti szűk terek
- UV védelem: fent pigmentált élőlények, és ásványszemcsék
- sok helyen megtalálhatók, ahol nincsen fejlett élővilág (utóbbi nem engedi kifejlődni)

Túlélési stratégiák:

- szárazból nedvesbe kidugott antennák
- UV-szűrési munkamegosztás
- nedvesség szerinti évszakos mozgás
- száloptika stratégia



Pócs Tamás

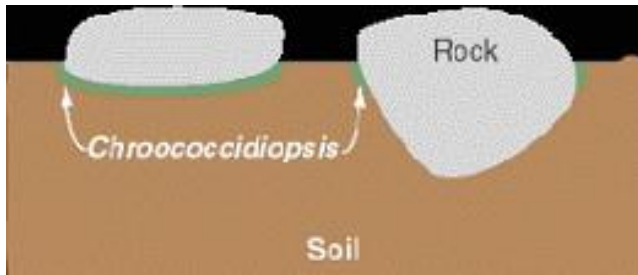


Pócs Tamás

Lehetséges földi analógiák 3.

Hipolith kolóniák:

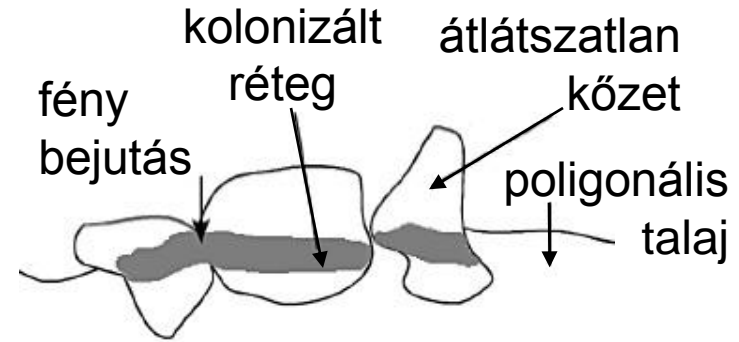
- sarkvidéki, száraz terület
- kőzetek felületi rétegében
- kőzetek alsó, oldalsó része (cm széles sáv)
- periglaciális kőzetosztályozás helyén
- szórt napfényben fotoszintetizál
- védett környezet (UV, párolgás, szélerózió)



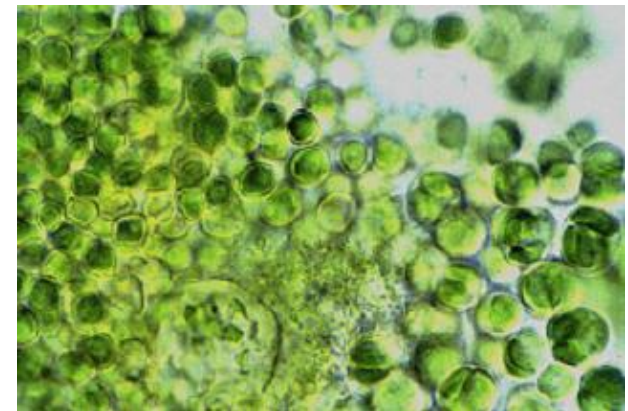
NASA, NAI, Friedmann, McKay

DE:

- csak részleges analógiák
- marsi p , T , UV , p_{H_2O} sokkal kedvezőtlenebb
- kérdés:
 - milyenek az ideális mikrokörnyezetek?
 - tűrőképesség: esetleges marsi élőlényeknél jobb?



Cockell, Stokes 2006



NASA, NAI, Friedmann, McKay

Túlélési stratégiák a Marson az esetleges mai életnek

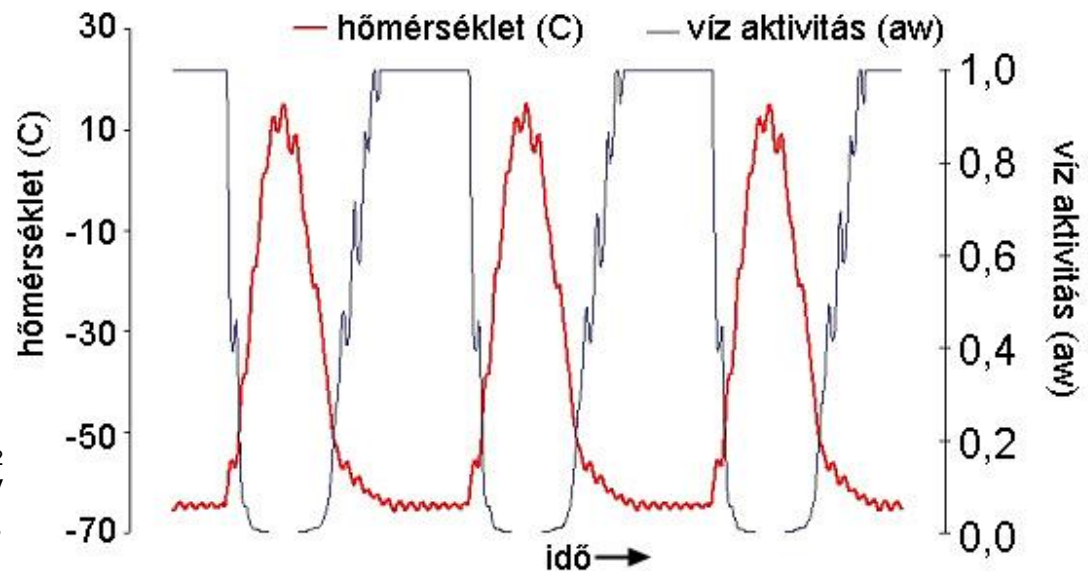
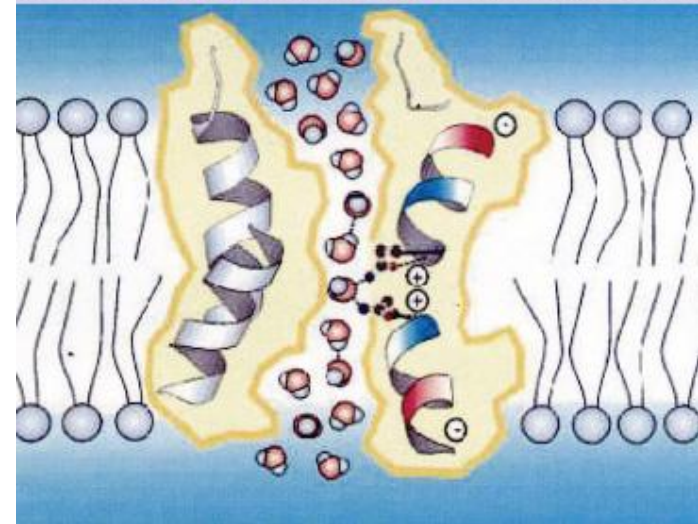
Rövid aktív élekciklus

- aktív időszak csak dél körül és nyáron
- probléma: magas hőmérsékletű „tenyészedőszak” túl rövid
- aktivitás lehetősége napszakos - évszakos – pályaelem változások szerint?

Hőmérséklet és víz aktivitás szerint megosztott élekciklus:

- „ivás” éjjel, nedves viszonyok között
- anyagcsere nappal „melegben”
- „ivás” talán a sejtfalak speciális fehérjék csatornáin (aquaporin)
- kivitelezhető-e?

Reference: http://ntmf.mf.wau.nl/aquaporin/images/mechan._aqpl.jpg



6 mbar CO₂
Humidity Laboratory
Möhlmann et al.

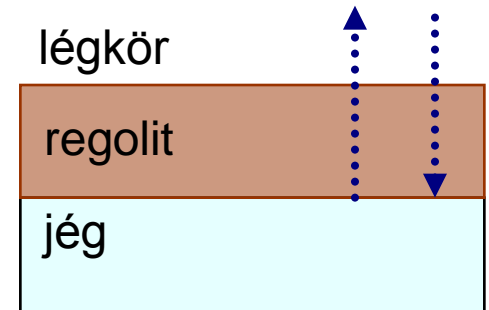
Túlélési stratégiák a Marson az esetleges mai életnek

- felszín alá húzódás UV sugárzás elől
- felszínhez közeli mikrokozmoszok páracsapda funkciója ismeretlen

Talán felszínhez közeli, ~mm mély térség

- napfény van
- H₂O kicsapódás
- alkalmanként felmelegedés
- időszakosan nem egyensúlyi állapot
- vízgőz diffúzió határok?
- hasonlíthat a kriptobiotikus kéregre

Dinamikus egyensúly
a légkörrel



Bill Boynton, MEPAG

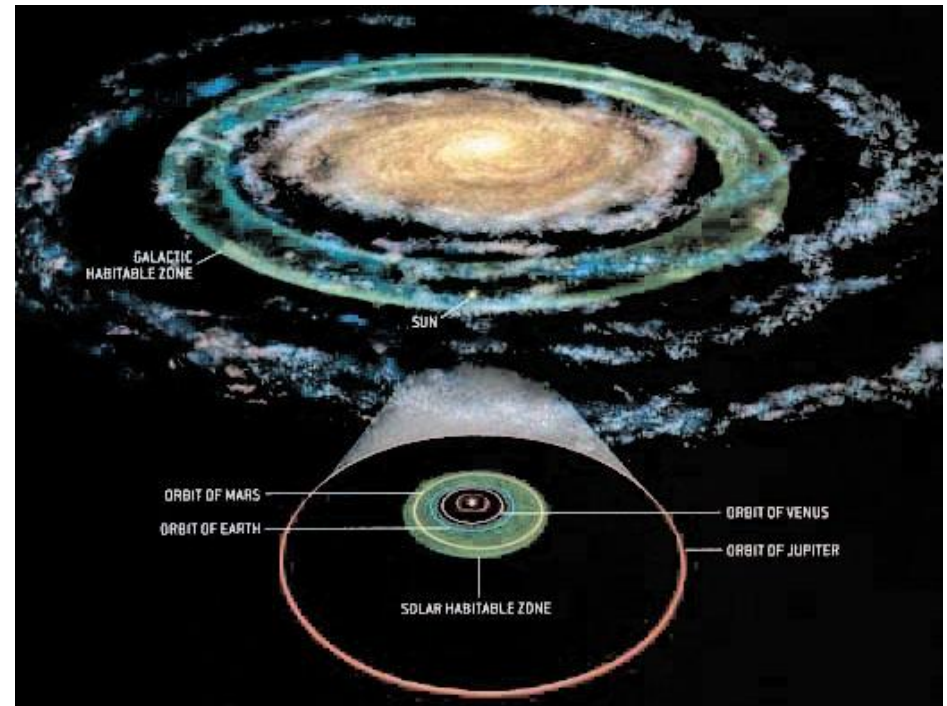
A mai marsi élet lehetősége - összefoglalás

- extremofilok a ma ismert marsfelszíni viszonyokat nem képesek tolerálni
- probléma a víz és hőmérséklet együttes előfordulása
- kémiai környezet kellemetlen
- de mm-ek, cm-el a felszín alatt elméletileg lehetnek tolerálható környezetek
- de a felbontóképesség alatt lehetnek kedvező helyszínek/időszakok
- igen, az. Kérdés mennyire?

Magányos Föld elmélet

Faktorok:

- galaktikus Lakhatósági Zóna
 - megfelelő fémtartalom és kor
 - korrotációs zóna
 - aktív galaxismag hiánya
 - nem túl gyakori spirálkar keresztezés
- ideális központi csillag
 - fémtartalom
 - ideális tömeg: hosszú fősorozati időszak
- ideális bolygórendszer
 - ideális távolság a központi csillagtól
 - Lakhatósági Zóna, a kötött tengelyforgási zónán kívül
 - óriásbolygó ideális helyen:
 - üstökös és kisbolygó kiszórás, NEO utánpótlás
 - gyenge perturbációk, stabilitás



Magányos Föld elmélet

Faktorok:

- ideális bolygó
 - megfelelő tömeg a légkör és óceán megtartás
 - energia lemeztectonikához
 - széndioxid-szilikát termosztát
 - szárazföldek jelenléte: nutriensek
 - sekélytenger: karbonát kiválás, nagy biodiverzitás
 - tömeg: olvadt mag mágneses erőtérhez
- klimatikus stabilitás:
 - nagytömegű Hold
 - megfelelő tengelyferdeség
 - ideális légkör
 - nagy hőkapacitású felszíni óceán
 - óceán széndioxid kivonása a légkörből
- evolúciót felpörgető külső faktorok
 - globális hólabda
 - megfelelő becsapódási gyakoriság
- evolúciót felpörgető belső faktorok:
 - oxigén forradalom
 - napfény forradalom (fotoszintézis)

