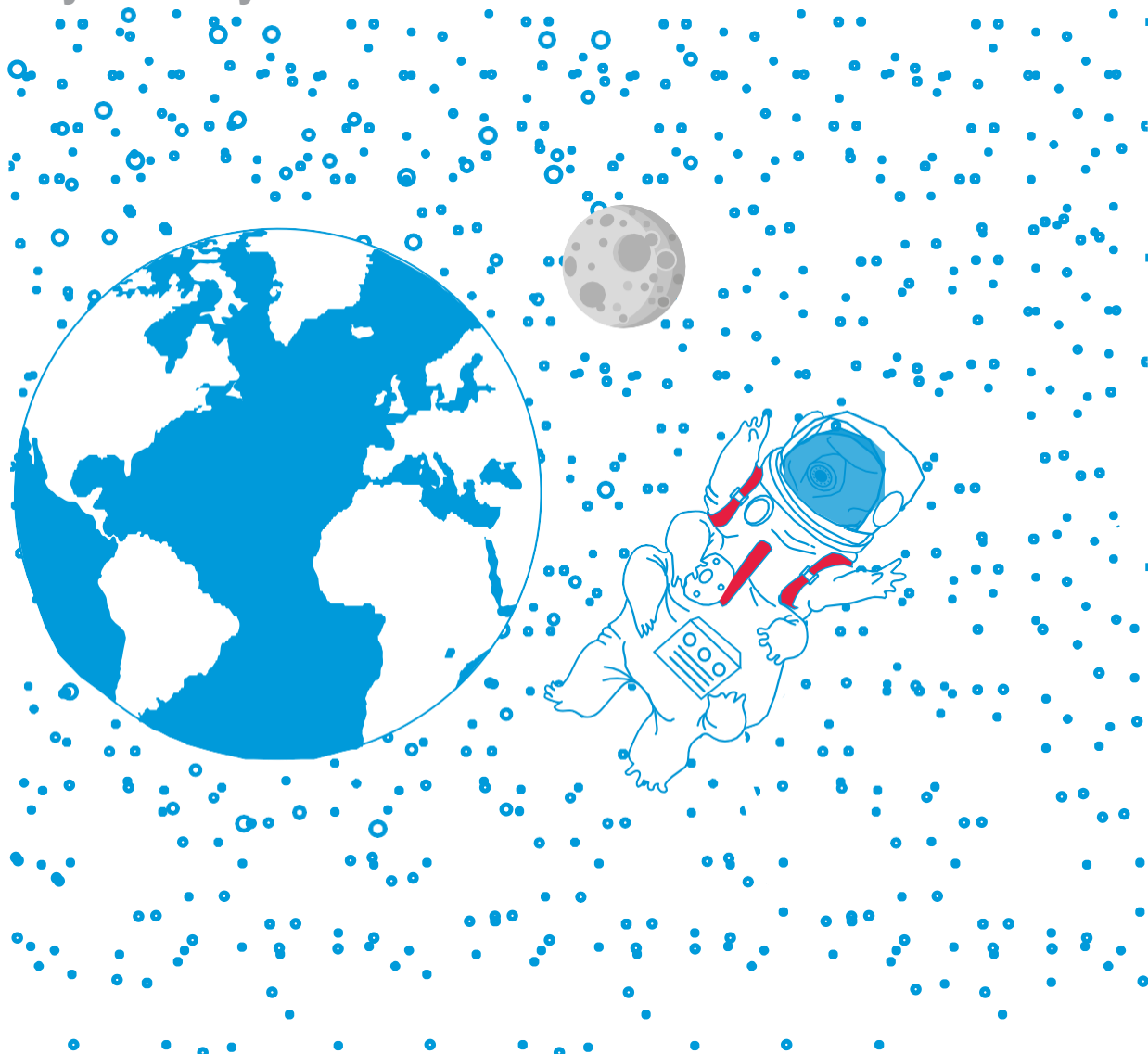
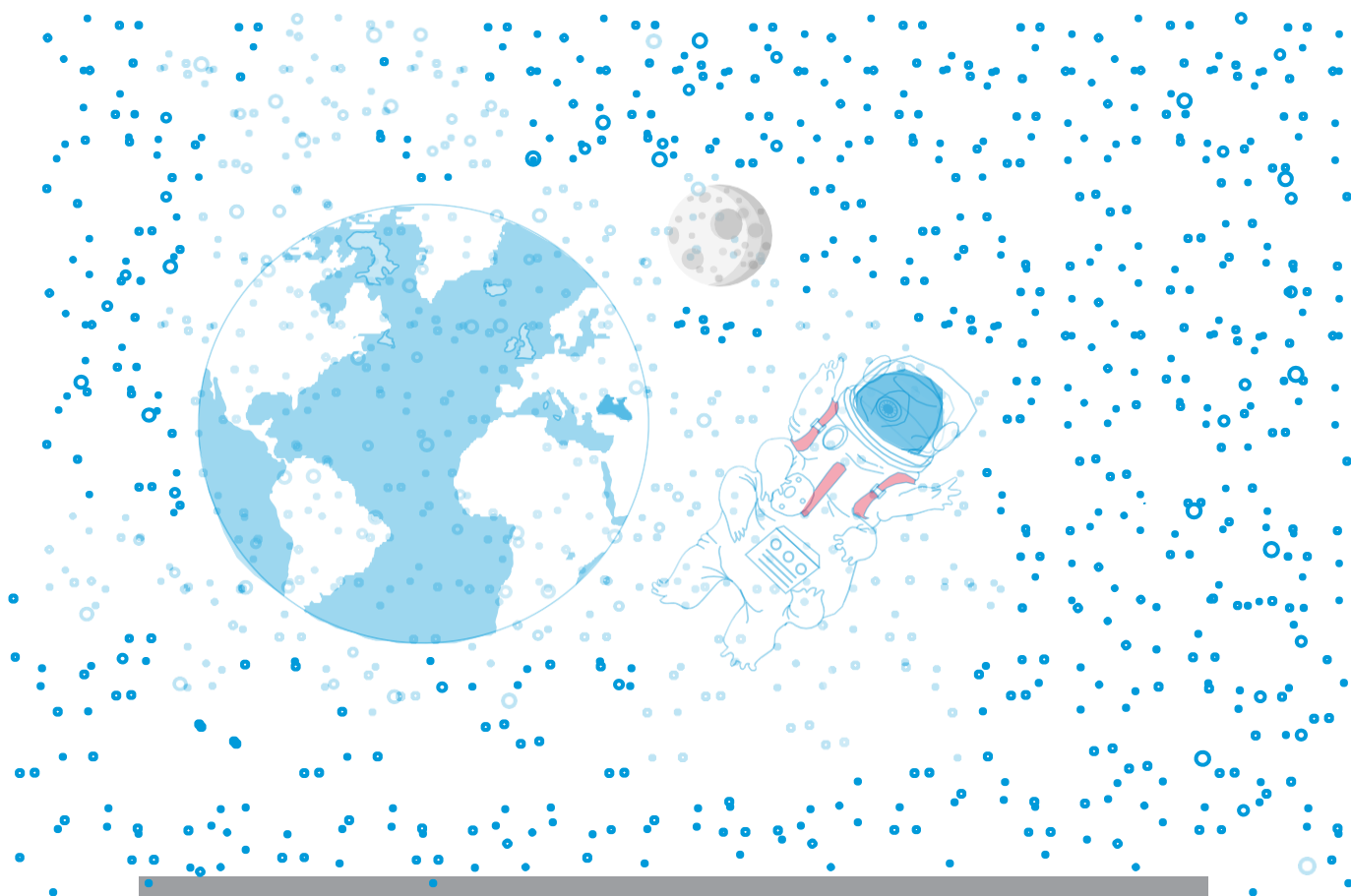


tanítsunk a világűrrel!

→ FENNMARADHAT-E AZ ÉLET IDEGEN KÖRNYEZETBEN?

Milyen környezet alkalmas az élethez?





Tanári útmutató

Alapadatok	3. oldal
Bevezetés	4. oldal
Háttérismeretek	6. oldal
Tanulói tevékenység: Élet az űrben?	8. oldal
Linkek	10. oldal
Melléklet	11. oldal

tanítsunk a világűrrel! – fennmaradhat-e az élet idegen környezetben? | B09
www.esa.int/education

Az Európai Űrügynökség (ESA) Oktatási Irodája örömmel fogadja a visszajelzéseket és észrevételeket
teachers@esa.int

Az Európai Űrügynökség oktatási programja az Európai Űrügynökség Oktatási Erőforrás Iroda (ESERO) Lengyelországgal együttműködésben
Szerzői jogok 2019 © Európai Űrügynökség

→ FENNMARADHAT-E AZ ÉLET IDEGEN KÖRNYEZETBEN?

Fennmaradhat-e az élet idegen környezetben?

Alapadatok

Tantárgy: biológia

Korosztály: 13–16 év

Típus: tanulói tevékenység

Nehézségi fok: közepes

Költség: alacsony (0–10 euró)

Tanítási idő: 1 óra

Helyszín: tanterem

Eszközök: Internet, könyvek, könyvtár

Kulcsszavak: biológia, Naprendszer, bolygók, holdak, extremofilok, abiotikus tényezők, élet nyomainak keresése

Rövid ismertetés

A tevékenység keretében a tanulók azt vizsgálják, hogy a Földön szélsőséges környezetben fellelhető életformák fennmaradhatnának-e máshol is a Naprendszerben. A tanulók tanulmányozzák a Naprendszer különböző helyszíneinek jellemzőit, majd az extremofil élőlényeket bemutató ténykártyák segítségével megbeszélik, hogy szerintük melyek lennének képesek túlélni földön kívüli környezetben.

Tanulási célok

- Megismerkedünk az extremofilokkal.
- Tanulmányozzuk az élőlények tűrőképességét (tolerancia).
- Áttekintjük az életformák alkalmazkodását és túlélését befolyásoló abiotikus tényezőket.
- Megismerjük a Naprendszer különböző objektumainak környezeti tulajdonságait.
- Megértjük, hogy a környezeti feltételek változásai milyen hatással vannak az élő szervezetek evolúciójára.

→ Bevezetés

Minél alaposabban tanulmányozzák a tudósok a Földet, annál többféle életformát találnak. A földi élet rendkívül változatos környezeti feltételekhez alkalmazkodott, még olyanokhoz is, amelyeket az emberek sokáig élehetetlennek gondoltak. A legmeglepőbb helyeken is az élet nyomaira bukkanunk. Találtak már élőlényeket az Antarktisz porózus kőzeteiben, vulkanikus eredetű forrásokban, sőt, mélytengeri hőforrásokban is.



1. ábra

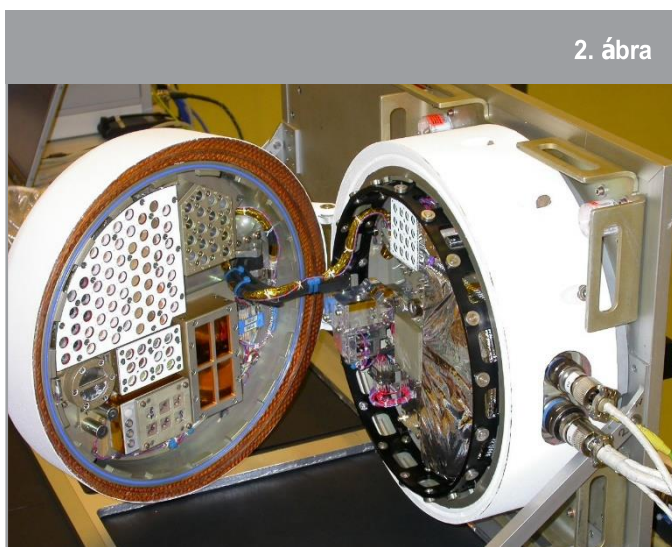
↑ Balról jobbra: porózus kőzetek az Antarktiszon, vulkanikus eredetű forrás a Yellowstone Nemzeti Parkban (USA), hidrotermális kürtő a Mariana-árokban

Az ilyen és más szélsőséges környezetben élő szervezeteket **extremofiloknak** nevezzük. Ezek egy- vagy többsejtű mikroorganizmusok, amelyek a környezetükben található különböző forrásokból nyerik a kémiai folyamataikhoz szükséges energiát.

A különböző fajok evolúciós változások révén alkalmazkodnak ahhoz a környezethez, amelyben élnek (vagy amelybe külső hatások kényszerítik őket). A Földet eltérő éghajlati övezetek, szárazföldi és tengeri területek váltakozása, valamint a tengerszint feletti magasság különbségei jellemzik. Ezek a különbségek az élőlények csoportjainak sajátos eloszlását eredményezik szerte a bolygón. Egyelőre a Föld az egyetlen olyan hely az Univerzumban, amelyről tudjuk, hogy lakott. Sehol máshol a Naprendszerben nem találtak még bizonyítékot az élet létezésére. Az élet nyomaira irányuló jelenlegi kutatások olyan lehetséges környezeteket vizsgálnak, amelyekben az élet kifejlődhetett és fennmaradhatott.

Az alábbi tevékenység gondolkodásra ösztönzi a tanulókat arról, hogy milyen lehet az élet a Földön kívül, ha felfedeznének ilyen. A Földön található extremofilok példáján keresztül a tanulók megbeszélik, hogy a Naprendszer más részein milyen környezet lehet alkalmas az életre. Emellett a tanulók mérlegelni fogják a Földön kívüli élet keresésének és esetleges felfedezésének lehetséges következményeit is.

Számos kísérlet igyekszik közelebb vinni a tudósokat annak megértéséhez, hogy milyen határok között tudnak fennmaradni az élő szervezetek. Ide tartoznak azok a kutatások, amelyek azt vizsgálják, milyen hatással vannak a világűr zord körülményei az élőlényekre. Az Európai Űrügynökség Biopan-6 nevű kutatási programja keretében például medveállatkák (vízi medvéknek is nevezett organizmusok) ellenálló képességét tesztelték az űrben uralkodó vákuummal és a szélsőséges hőmérséklet-ingadozással szemben. Más kutatások azt vizsgálják, hogy a folyamatosan keringő Nemzetközi Űrállomás fedélzetén jellemző környezet hogyan hat az élő



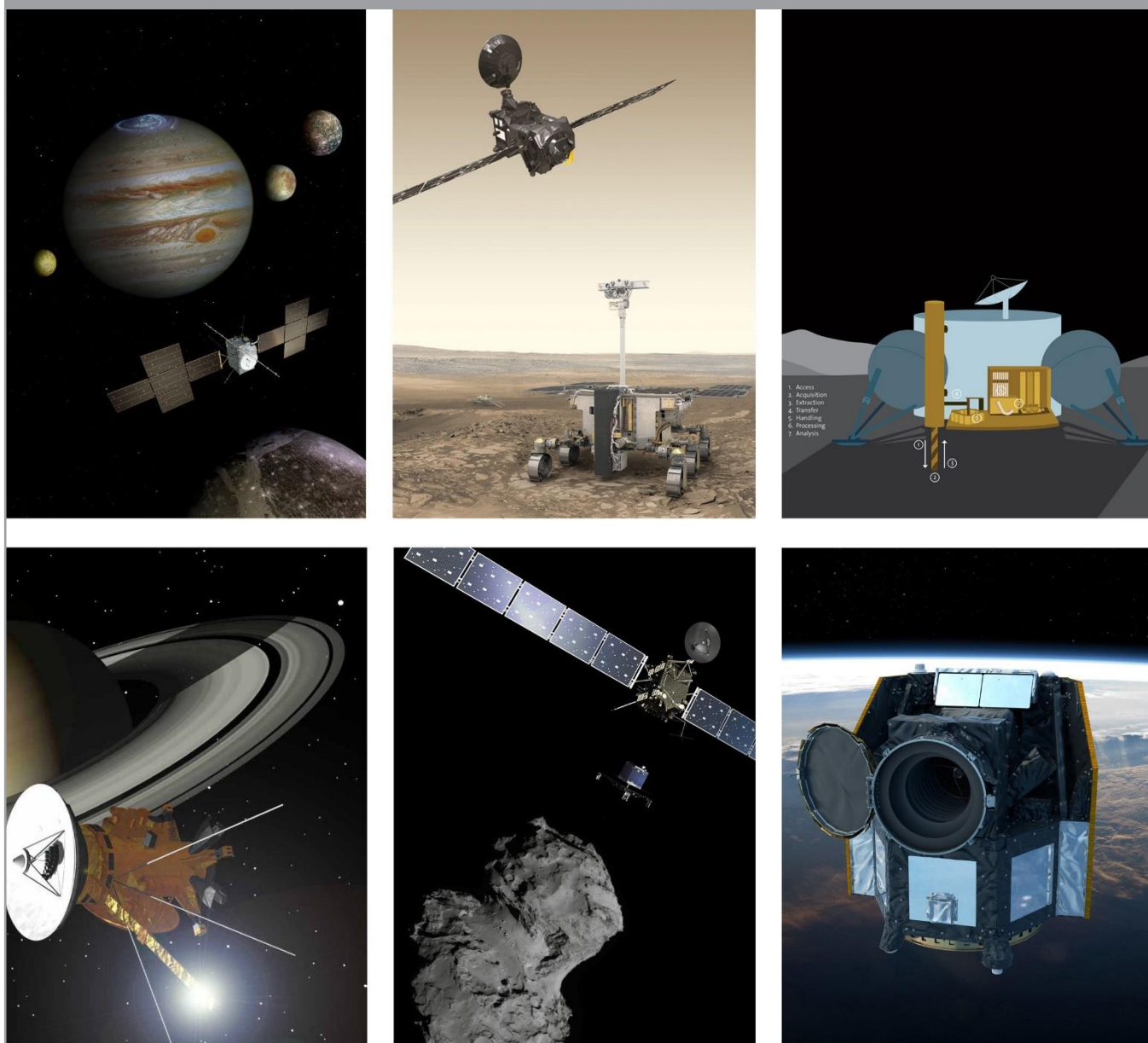
2. ábra

szervezetekre (anélkül, hogy vákuumnak tennék ki őket). Annak kutatása például, hogy a növények gyökerei hogyan növekednek gravitációs hatás nélkül, segíthet jobban megérteni a Földön élő növények viselkedését.

[↑ Biopan műszer a Foton kapszula külső oldalán](#)

Az Európai Űrügynökség több kutatási programot indított az olyan Földön kívüli környezetek tanulmányozására, amelyek alkalmasak lehetnek az életre. Ilyen volt például a Szaturnuszt és környezetét vizsgáló Cassini-Huygens-küldetés, a 67/P üstököshöz indított Rosetta-küldetés, a két részből álló ExoMars-küldetés, amely egy keringő (orbiter) űrszondát és egy leszálló (rover) marsjárót juttatott el a vörös bolygóhoz, a Jupitert és három legnagyobb holdját tanulmányozó JUICE, valamint a tervezett holdmissziók, például a Luna-27, amelyek az élet eredetének megértéséhez igyekeznek közelebb vinni. A CHEOPS és a PLATO küldetések pedig kitekintenek a Naprendszeren túli, távoli csillagrendszerekre és az azokban keringő bolygókra (exobolygók).

3. ábra



↑ Művészi illusztrációk balról jobbra: (felül) JUICE misszió a Jupiterhez, az ExoMars marsjáró a Marson, PROSPECT műszercsomag a Luna-27 holdmisszióhoz, (alul) a Szaturnusz felé közelítő Cassini-Huygens űrszonda, a Rosetta űrszonda és annak Philae leszállóegysége a 67/P üstökösnél, a Föld körül keringő CHEOPS űrteleszkóp

Extremofilok

Az extremofilok olyan organizmusok, amelyek a legtöbb földi létforma számára elviselhetetlen fizikai vagy geokémiai körülmények között, például rendkívül savas, sós, illetve szélsőségesen alacsony vagy magas hőmérsékletű közegben élnek. Egyes extremofilok képesek ellenállni akkora nyomásnak, amely a tengerszint feletti légköri nyomás 350-szeresét is meghaladja.

A forró vízben megélő organizmusokat hipertermofiloknak nevezzük. Ezek az extremofilok egy különösen fontos ágát alkotják, mivel úgy tűnik, hogy a Földön élő legősibb fajok közé tartoznak. Egyes tudósok szerint ez azt jelenti, hogy maga az élet is magas hőmérsékletű környezetben alakult ki, talán a mélytengeri hőforrásokban, az úgynevezett fekete füstlőkben. Az 1. táblázat bemutatja az extremofilok néhány típusát.

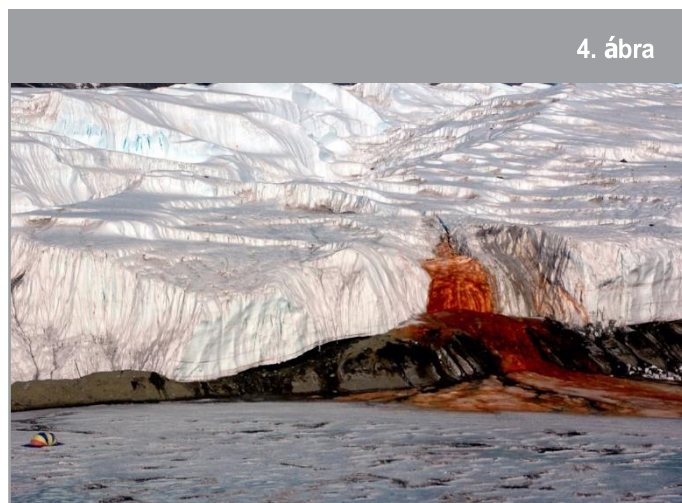
Az extremofilok egyes típusai		1. táblázat
Extremofil	Jellemzők	
Acidofil	3-nál alacsonyabb pH-értékű, erősen savas környezetben is megél	
Alkalifil	9-nél magasabb pH-értékű, erősen lúgos környezetben is megél	
Anaerob	A növekedéshez nincs szüksége oxigénre, vagy csak minimálisra	
Halofil	A növekedéshez magas sókoncentrációra van szüksége	
Hipertermofil	100–130°C közötti hőmérsékleten él	
Hipolit	Kövek alatt él a hideg sivatagokban	
Nehézfém-toleráns	Magas oldott nehézfémtartalmú környezetben is megél	
Oligotróf	Alacsony tápanyagtartalmú környezetben él	
Ozmofil	Magas cukorkoncentrációjú környezetben él	
Piezofil (barofil)	Nagy nyomásnak kitett környezetben él	
Pszichrofil	Alacsony hőmérsékletű, -15°C alatti környezetben él	
Sugárrezisztens	Elviseli a nagy dózisu sugárzást	
Termofil	40–100°C közötti hőmérsékleten él	
Xerofil	Nagyon száraz környezetben is megél	

Élet a Naprendszerben

A Naprendszeren belüli, élet kialakulására potenciálisan alkalmas környezetek tanulmányozása a célobjektumok (bolygók, holdak, üstökösök, aszteroidák) légkörének és felszínének képi és spektroszkópiai vizsgálatával nyert adatokra támaszkodik.

A Földön kívüli élet keresése során a tudósok megfogalmaztak néhány feltevést azzal kapcsolatban, hogy pontosan mikor mondhatjuk azt, hogy sikerült életre vagy életre utaló jelekre bukkannunk. Az első feltevés az, hogy mikroorganizmusokat vagy ezek egykori létezésének nyomait keressük. A primitív organizmusok megtalálásának esélye sokkal nagyobb, mint ha fejlett fajokat keresnénk. Gondoljunk csak bele, hogy bár a Föld 4,5 milliárd éves, az összetettebb életformák legkorábban 0,5 milliárd évvel ezelőtt jelentek meg! Azt megelőzően a Földet csak mikroorganizmusok lakták. Egy másik feltevés az, hogy – többnyire – víz alapú életet keresünk. Ez a feltevés leszűkíti az életnek otthont adó lehetséges helyek listáját az úgynevezett „lakhatósági zónára” egy csillag körül, amelyen belül a víz jelen lehet folyékony halmazállapotban, ahol nincs túl meleg vagy túl hideg, és a légköri nyomás is megfelelő ahhoz, hogy az élet az általunk ismert formában létezzen.

Analóg környezetek



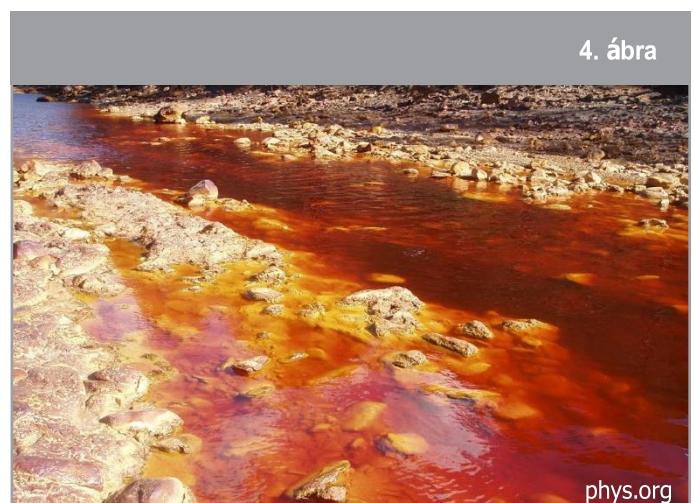
↑ Az Antarktisz száraz völgyeiben látható „Vérvízesés” nem más, mint vasban gazdag szubglaciális vízkiáramlás

A különböző környezeteknek az élet befogadására való alkalmasság szempontjából való vizsgálata az asztrobiológia tudományterület érdeklődési körébe tartozik. A tudósok az égitestek egyes területeit megfigyelve arra utaló nyomokat keresnek, hogy az élet máshol is kialakulhatott-e a Naprendszerben.

Ez az úgynevezett analóg környezetek tanulmányozásával érhető el. Ezek olyan környezetek, amelyek hasonló adottságokkal bírnak, mint a tudósok érdeklődési körébe került területek más égitesteken.

Az Antarktisz száraz völgyeit (4. ábra) a Föld leginkább „Mars-szerű” környezetének tekintik, mivel számos hasonlóságot mutatnak azokhoz a területekhez, amelyeket a Marson a múltban és napjainkban felfedeztek. Ezért kiindulópontként szolgálhatnak a Mars jéggel nem fedett területeinek megismeréséhez.

Egy másik, az Antarktistól teljesen eltérő Mars-analóg környezet a spanyolországi Rio Tinto (4. ábra). Ez egy erősen savas, vöröses folyórendszer, amelyet vasban gazdag kőzetekből álló partok szegélyeznek. A tudósok úgy vélik, hogy ehhez hasonlóak lehettek az ősi folyórendszerek a Marson, amikor annak még volt légköre. A Rio Tinto ezért illusztrálhatja azt a savas és vasban gazdag környezetet, amely a Marson felfedezett bizonyos ásványok (pl. jarozit) kialakulásához szükséges.



[↑ „Vörös folyó” – a Rio Tinto Spanyolországban](#)

→ Tanulói tevékenység: Élet az űrben?

A tevékenység keretében a tanulók először áttekintik, hogy milyen abiotikus tényezőket kell megvizsgálni a földön kívüli élet keresése során, majd tanulmányozzák a különböző naprendszerbeli környezetek jellemzőit. Ezután megismerkednek az extremofilokkal, és megbeszélik, hogy ezek közül melyek lennének életképesek az általuk vizsgált különböző naprendszerbeli égitesteken.

Eszközök

- Csoportonként egy-egy készlet az 1. és 2. mellékletben található ténykártyákból.

Gyakorlat

Magyarázzuk el a tanulóknak, hogy a különböző életformák képesek alkalmazkodni és túlélni különböző környezeti feltételek mellett, és ezt számos élettelen (abiotikus) tényező befolyásolja.

Mi a helyzet a Földön kívüli élettel? Ennek létezésére a tudósok még nem találtak bizonyítékot, de folyamatosan keresik. A kérdés csak az, hogy pontosan mit és hol keressenek?

Kérdezzük meg a tanulóktól, hogy szerintük milyen abiotikus tényezőket lenne legizgalmasabb felfedezni a Naprendszer holdjain vagy más bolygókon, ha az élethez való alkalmasság szempontjából vizsgálnák őket.

A tanulók olyan példákat említhetnek, mint az oxigén, víz, hőmérséklet, sugárzás és a légkör. Kérjük meg a tanulókat, hogy párban (vagy kisebb csoportokban) nézzék meg a Naprendszerről szóló ténykártyákat (1. melléklet), és beszéljék meg, mit tudnak a képeken látható helyekről.

A tanulók ezután megvizsgálják az egyes helyek környezeti viszonyait. A megadott paramétereket a 2. táblázat tartalmazza.

A Naprendszer objektumainak jellemzői a tanulók megfigyeléseihez						2. táblázat
Objektum	Felszíni hőmérséklet (°C)	Légköri nyomás (Pa)	Légköri gázok	Sugárzás erőssége	Mágneses mező	Gravitációs gyorsulás (m/s ²)
Merkúr	-180 és +430 között	10 ⁻⁷	ritka légkör, összetevői: hidrogén, hélium, oxigén, vízgőz	Magas	Van	3,7
Vénusz	470	9,3 x 10 ⁶	szén-dioxid, nitrogén	Alacsony	Nincs	8,87
Föld	-88 és +58 között	101,3 x 10 ³	nitrogén, oxigén	Alacsony	Van	9,81
Hold	-233 és +123 között	10 ⁻⁷	ritka légkör, összetevői: hélium, argon, nátrium, hidrogén	Magas	Nincs	1,6
A Nemzetközi Űrállomás külső környezete	-157 és +120 között	0	-	Magas	-	Mikrogravitáció
Mars	-153 és +20 között	600	szén-dioxid, nitrogén, argon	Magas	Nincs	3,71
Titan	-179	146,7 x 10 ³	nitrogén, metán	Alacsony	Nincs	1,35
Enceladus	-201	-	-	Magas	Nincs	0,113

A megvizsgált naprendszerbeli objektumok környezeti feltételei rendkívül zordnak tűnnek azokhoz képest, amiket általában a földi élethez alkalmasnak gondolunk. Kérdezzük meg a tanulókat, hogy ismernek-e olyan helyszíneket a Földön, ahol hasonlóan szélsőséges körülmények uralkodnak. Példák lehetnek: sivatagok, sarkvidékek/Antarktis, savas hóforrások, vulkánok, óceánok mélységei.

A Földön találtak már élő szervezeteket olyan extrém környezetben, amelyet korábban élethez alkalmatlannak tekintettek. Ezek az életformák alkalmazkodtak az őket körülvevő zord körülményekhez. Milyen típusú élőlényekről van szó?

Mutassuk be a tanulóknak az extremofilokat. Kapjon minden pár (vagy kisebb csoport) egy készlet ténykártyát az extremofilokról (2. melléklet). A tanulók mondják el, hogy szerintük mely extremofil(ok) lennének képes(ek) túlélni a Naprendszerrel szőó ténykártyákon leírt környezetekben. A tanulók más extremofil fajokat is hozhatnak példának feltevéseik kiegészítésére.

Vitassuk meg a tanulókkal az elképzeléseiket arról, hogy az egyes naprendszerbeli helyszíneken milyen életformák maradhatnának fenn. A tanulók a rendelkezésükre bocsátott vagy saját forrásaikból nyert információk alapján indokolják a válaszaikat.

Megbeszélés

Tegyük egyértelművé a tanulók számára, hogy a Földön kívüli élet (beleértve az extremofilokat is) létezésére a tudósok még nem találtak bizonyítékot. Ha azonban tanulmányozzuk a szélsőséges környezetben élő földi létformákat és igyekszünk megérteni azokat a körülményeket, amelyek között képesek fennmaradni, az elősegítheti az élet nyomainak keresését a Naprendszer más helyszínein és azokon túl. A tudósok olyan földi környezeteket is tanulmányozhatnak, amelyek hasonlóságokat mutatnak a Naprendszer más helyszíneivel, például a Marsra jellemző környezettel.

Bár a tudósok még nem fedeztek fel életet a Földön kívül, a tanulók szerint mit kellene tennünk, ha ez egyszer mégis megtörténik? Mit gondolnak, intelligens életet vagy csupán apró mikroorganizmusokat fogunk találni nagyobb valószínűséggel? Szerintük hol (mely bolygókon vagy holdakon) kellene a tudósoknak keresniük az élet jeleit?

Bár az extremofilok sokféle kémiai folyamatból nyerik a fennmaradásukhoz szükséges energiát, közös tulajdonságuk, hogy mindegyiknek szüksége van vízre és tartalmazzak DNS-t. Elképzelhető azonban, hogy a különleges, idegen életformák a víz helyett más folyadékot, a DNS helyett pedig más információhordozó molekulát használnak. Ezt egyedül az űrmissziók deríthetik ki.

Vitassuk meg a tanulókkal, hogy milyen következményekkel járhat az, hogy az emberek űrhajókat küldenek idegen környezetbe. Minden más bolygóra, például a Marsra irányuló küldetésnek nagyon szigorú szabályai vannak a szennyeződésekkel kapcsolatban – beszéljük meg, hogy miért.

További kérdések, melyeket megvitathatunk a diákokkal:

- Szükséges-e folyékony halmazállapotú víz az élet kialakulásához?
- Szerintetek létezik olyan idegen életforma, amely nem a DNS-t használja információhordozó molekulaként?
- Lenne bármilyen jelentősége, ha életre bukkannának a Földön kívül?

A beszélgetéskor kitérhetünk arra a kérdésre is, hogy a tanulók szerint milyen paramétereknek kell megfelelnie valaminek ahhoz, hogy élőlénynek tekintsük (sejtekből áll, energiát nyer és használ, növekszik és fejlődik, szaporodik, reagál a környezetére, alkalmazkodik a környezetéhez).

→ [Linkek](#)

Az Európai Űrügynökség segédanyagai

Oktatási segédanyagok

esa.int/Education/Classroom_resources

Az Európai Űrügynökség űrprogramjai

A Nemzetközi Űrállomás

esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/International_Space_Station

Cassini-Huygens esa.int/Our_Activities/Space_Science/Cassini-Huygens

Rosetta esa.int/Our_Activities/Space_Science/Rosetta

ExoMars sci.esa.int/mars

CHEOPS sci.esa.int/cheops

PLATO sci.esa.int/plato

JUICE sci.esa.int/juice

PROSPECT műszercsomag a Luna-27-en

exploration.esa.int/moon/59102-about-prospect

További információk

Exobiológiai kutatások a Nemzetközi Űrállomáson (videóval)

www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Research/Exobiology

Exobiológia és űrmissziók (videóval)

esa.int/spaceinvideos/Videos/2013/01/Exobiology_and_Space_Missions

Bolygóvédelem

exploration.esa.int/mars/57581-bolygóvédelem

Bolygóanalógok

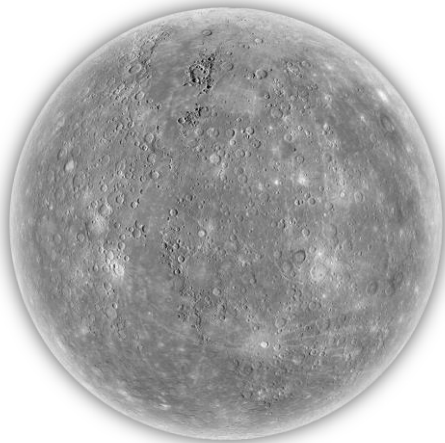
esamultimedia.esa.int/docs/gsp/The_Catalogue_of_Planetary_Analogues.pdf

Élet extrém körülmények között sci.esa.int/home/30550-life-in-extreme-conditions

Videó az élet eredetének megértéséhez lunarexploration.esa.int/#/library?a=284

→ 1. melléklet: Ténykártyák a Naprendszer objektumairól

Merkúr



Felszíni hőmérséklet: -180°C és 430°C között

Légköri nyomás: 10^{-7} Pa

A légkör összetétele: ritka légkör, melyet hidrogén, hélium, oxigén és vízgőz alkot

Sugárzás erőssége: magas

Mágneses mező: van

Gravitációs gyorsulás: $3,7 \text{ ms}^{-2}$

További információk: a napközben jellemző magas hőmérséklet ellenére a sarkoknál lévő kráterek mélyén elég hideg lehet ahhoz, hogy vízjég legyen jelen.

Mars



Felszíni hőmérséklet: -153°C to 20°C

Légköri nyomás: 600 Pa

A légkör összetétele: szén-dioxid, nitrogén, argon

Sugárzás erőssége: magas

Mágneses mező: nincs

Gravitációs gyorsulás: $3,7 \text{ ms}^{-2}$

További információk: a pólusokon vízjég található, és a déli sarkvidéken a jég- és porrétegek alatt folyékony halmazállapotú víz jelenlétét mutatták ki.

Vénusz



Felszíni hőmérséklet: 470°C

Légköri nyomás: 9,3 MPa

A légkör összetétele: szén-dioxid, nitrogén

Sugárzás erőssége: alacsony

Mágneses mező: nincs

Gravitációs gyorsulás: $8,87 \text{ ms}^{-2}$

További információk: mérgező, sűrű légköre szinte teljes egészében szén-dioxidból áll. A bolygót vastag felhőréteg veszi körül, amelynek felső rétegét többnyire apró kénsavcseppek alkotják. A légköri nyomás a Vénusz felszínén több mint 90-szer nagyobb, mint a Földön.

Hold



Felszíni hőmérséklet: -233°C és 123°C között

Légköri nyomás: 10^{-7} Pa

A légkör összetétele: ritka légkör, melyet hélium, argon, nátrium és hidrogén alkot

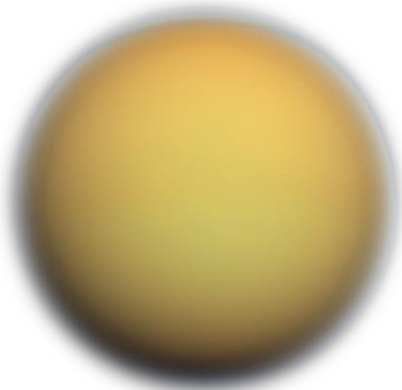
Sugárzás erőssége: magas

Mágneses mező: nincs

Gravitációs gyorsulás: $1,6 \text{ ms}^{-2}$

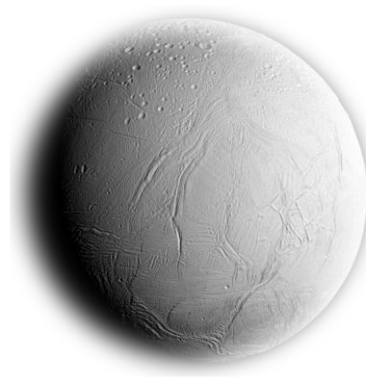
További információk: folyékony halmazállapotú víz nincs a Holdon. A pólusokon folyamatosan árnyékban lévő kráterekben, illetve a felszín alatti rétegekben azonban vízjég jelenléte feltételezhető.

Titan



Felszíni hőmérséklet: -179°C
Légköri nyomás: 146,7 Pa
A légkör összetétele: nitrogén, metán
Sugárzás erőssége: alacsony
Mágneses mező: nincs
Gravitációs gyorsulás: $1,35\text{ ms}^{-2}$
További információk: felhők, eső, folyók, tavak és folyékony szénhidrogénekből, például metánból és etánból álló tengerek jelenléte bizonyított. A vastag vízgéreg alatt vélhetően folyékony halmazállapotú vízből álló óceán található.

Enceladus



Felszíni hőmérséklet: -201°C
Légköri nyomás: -
A légkör összetétele: -
Sugárzás erőssége: magas
Mágneses mező: nincs
Gravitációs gyorsulás: $0,113\text{ ms}^{-2}$
További információk: feltételezések szerint hidrotermális kútvízből ásványi anyagokban gazdag víz áramlik a jég borította felszín alatt elterülő óceánba.

A Nemzetközi Űrállomás



Felszíni hőmérséklet: -157°C és 120°C között
Légköri nyomás: -
A légkör összetétele: -
Sugárzás erőssége: magas
Mágneses mező: -
Gravitációs gyorsulása: mikrogravitáció
További információk: az Európai Űrügynökség számos kísérletet végzett a Nemzeti Űrállomáson és más küldetések során annak kiderítésére, hogy egyes élőlények túlélhetnek-e az űrben uralkodó zord körülményeket.

Föld

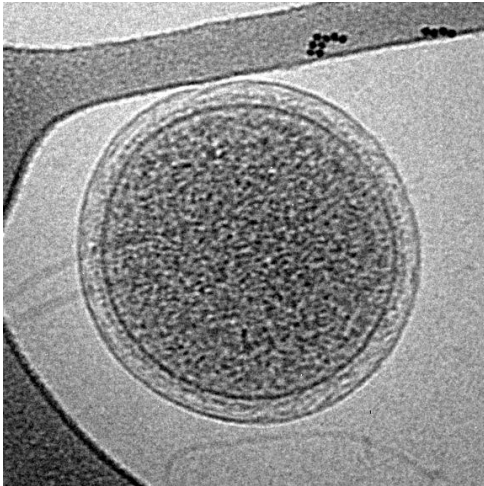


Felszíni hőmérséklet: -88°C és 58°C között
Légköri nyomás: 101,3 kPa
A légkör összetétele: nitrogén, oxigén
Sugárzás erőssége: alacsony
Mágneses mező: van
Gravitációs gyorsulás: $9,81\text{ ms}^{-2}$
További információk: az egyetlen bolygó a Naprendszerben, amelyről tudjuk, hogy életnek ad otthont és folyékony halmazállapotú víz található a felszínén. A Föld nagy részét víz borítja.

→ 2. melléklet: Ténykártyák az extremofilokról

Archaeal Richmond Mine acidofil nanoorganizmus (ARMAN)

Extremofil típus: acidofil



- A pH 2 és pH 6 közötti értéket mutató savas közegben is megél.
- 10–50°C közötti hőmérsékletű környezetben él.
- Bányából kifolyó savas vízkiramlásokban található, amelyek szulfidokban gazdag ásványok kimosódása során keletkeztek, például az egyesült államokbeli Richmond-bányában és a spanyolországi Rio Tintóban.

Xanthoria elegans

Extremofil típus: pszichofil



- A Föld számos pontján megtalálható, de a hideg környezetet kedveli, például az antarktiszi boreális erdőket.
- Egy kísérlet keretében a Nemzetközi Űrállomás külső felszínén utazva kibírta a világűrben uralkodó vákuumot, az erős sugárzást, a szélsőséges hőmérséklet-ingadozást és az alacsony nyomást.
- A szélessége elérheti az 5 cm-t.

Artemia franciscana

Extremofil típus: pszichofil



- Sóráknak is nevezett primitív rákfélé.
- Magas és alacsony sótartalmú közegben is megél.
- Petéi (az úgynevezett ciszták) akár 2 évig is képesek életben maradni száraz, oxigénmentes közegben.
- Élőhelyei a sós vizű tavak, például az egyesült államokbeli Nagy-sóstó.
- Az Európai Űrügynökség Biopan-2 missziója során kiderült, hogy a ciszták képesek elviselni a vákuumra jellemző alacsony nyomást és a fagyponthoz alatti hőmérsékletet.
- Akár 11 mm hosszúra is megnőhet.

Polypedilum vanderplanki

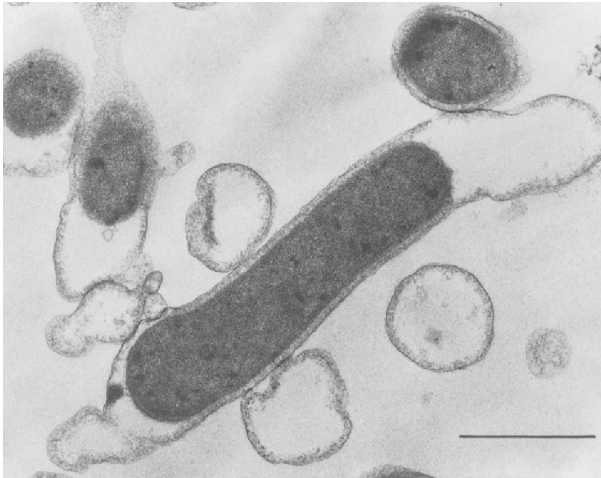
Extremofil típus: xerofil



- Ennek a rovarnak a lárvái elviselik, ha testük víztartalma kb. 3%-ra csökken (az ember esetében ez 33%). Afrika száraz részein, kis sziklamedencékben él.
- A lárvákon a Nemzetközi Űrállomáson végzett kísérlet keretében vizsgálták az űrbeli környezet hatását. Bebizonyosodott, hogy tolerálják a hőmérsékleti szélsőségeket, az erős sugárzást és a vákuumot.
- A lárvák hossza elérheti a 7 mm-t.

Thermotoga maritima

Extremofil típus: hipertermofil



- Anaerob baktérium, amely 50–90°C közötti hőmérsékletű vízben él.
- A semleges pH-értékű közeget kedveli.
- Jellemzően alacsony sószintű közegben él.
- Oxigén nélkül is képes élni és növekedni.
- Hőforrásokban és hidrotermális kúrtókban található.

Xenophyophore

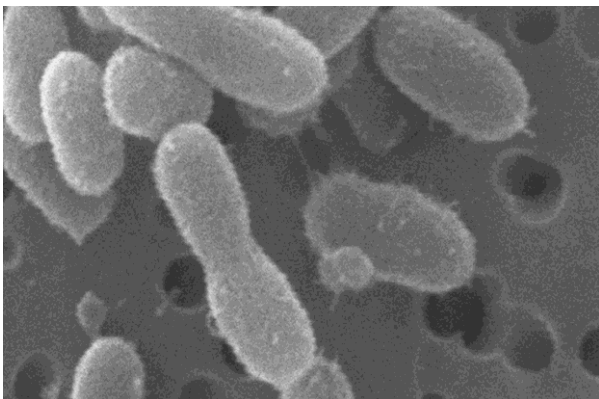
Extremofil típus: piezofil



- A legnagyobb egysejtű organizmus a Földön.
- Többmagvú (egynél több maggal rendelkező) egysejtű szervezet.
- Extrém nyomást is képes elviselni (a légköri nyomás 1000-szeresét).
- Megtalálható az óceánok fenekén.

Chryseobacterium greenlandensis

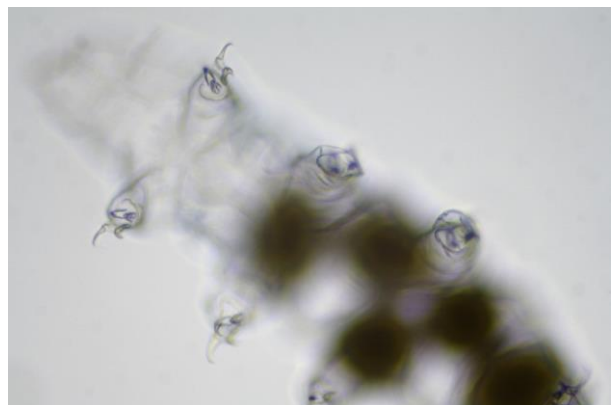
Extremofil típus: pszichofil



- Ultra kisméretű baktérium.
- 1–37°C közötti hőmérsékleten fejlődik, de jóval fagypont alatt is képes az életre.
- Elviseli az alacsony hőmérsékletet, a nagy nyomást és a csökkentett oxigénszintet.
- Rábukkantak már egy 120 000 éves jégmagban is, amelyet egy grönlandi gleccser felszíne alatt mintegy 3 km mélységből nyertek.

Tardigrade

Extremofil típus: nem tekinthető extremofilnek



- Medveállatkáknak is nevezett apró élőlények.
- Képes túlélni szélsőséges körülmények között, de nem tud hozzájuk alkalmazkodni.
- Elviseli többek között a nagyon alacsony hőmérsékletet akár -200°C-ig, a nagyon magas hőmérsékletet akár 150°C-ig, az erős sugárzást, a nagyon magas nyomást, és nagyon száraz közegben is hosszú ideig kibírja.
- A Földön szinte mindenhol megél, de a nedves környezetet, például a mohákat kedveli.
- Az Európai Űrügynökség Biopan-6 küldetésén bebizonyosodott, hogy képes az életre a világűr zord körülményei között és túri a hőmérsékleti szélsőségeket, az erős sugárzást és a vákuumra jellemző alacsony nyomást.