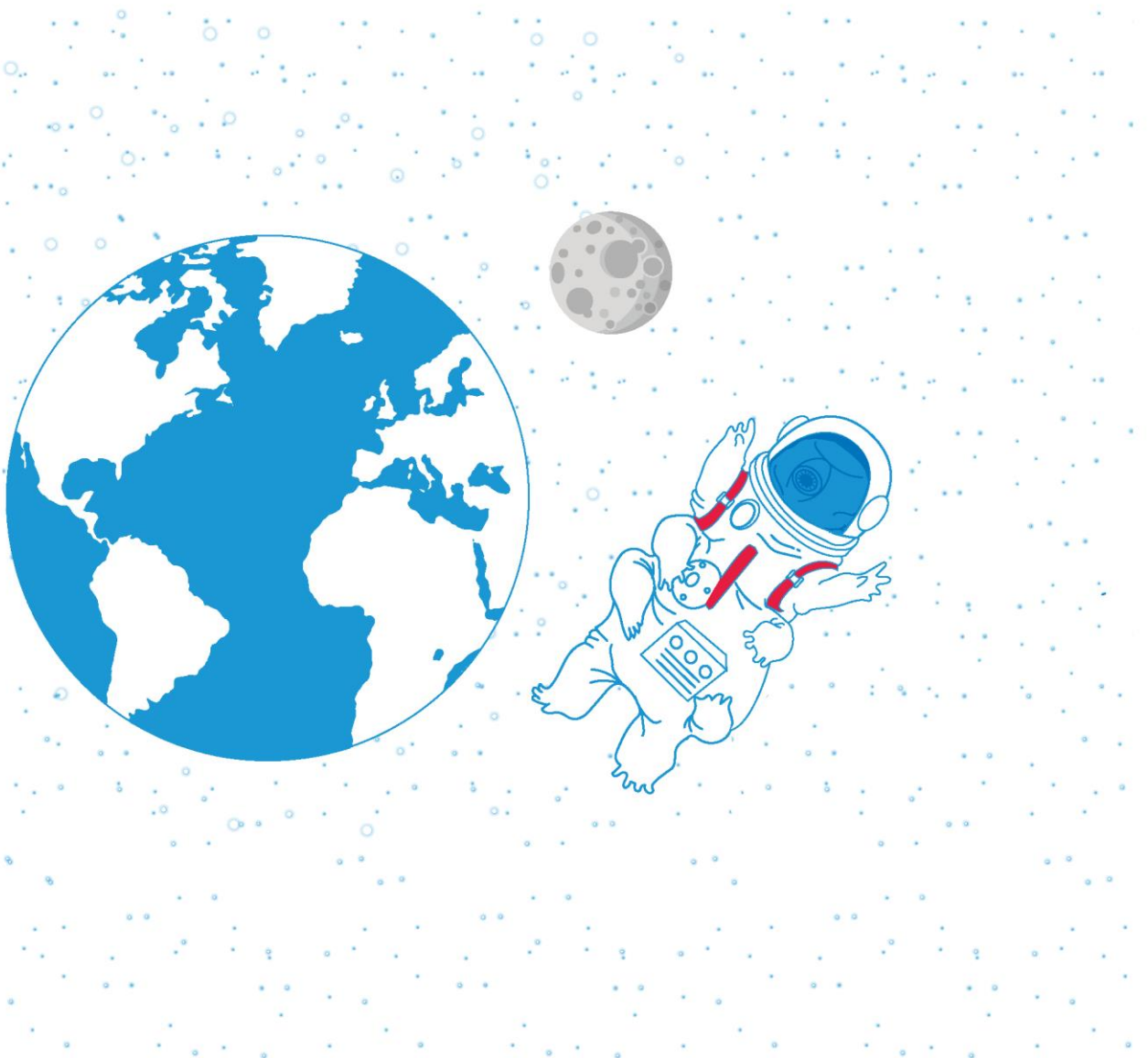


Oppeja avaruudesta

→ VOISIKO VIERAISSA YMPÄRISTÖISSÄ OLLA ELÄMÄÄ?

Elämälle soveltuvien ympäristöjen löytäminen





Opettajien opas

Lyhyesti	3
Johdanto	4
Taustaa	6
Tehtävä: Elämää avaruudessa?	8

Oppeja avaruudesta – Voisiko vieraisissa ympäristöissä olla elämää? | B09
www.esa.int/education

ESA Education Office ottaa mielellään vastaan kommentteja ja palautetta englanniksi osoitteeseen:
teachers@esa.int

ESA Educationin tuottama yhteistyössä ESERO Polandin kanssa
Teikijänoikeus 2019 © Euroopan avaruusjärjestö

→ VOISIKO VIERAISSA YMPÄRISTÖISSÄ OLLA ELÄMÄÄ?

Voisiko vieraisissa ympäristöissä olla elämää?

Lyhyesti

Aihe: Biologia

Ikäsuositus: 13–16-vuotiaat

Tyyppi: tehtävä oppilaille

Vaativuus: keskitaso

Kustannukset: Vähäiset (0–10 €)

Vaadittava aika: 1 tunti

Paikka: Luokkahuone

Vaatii seuraavien käyttöä: Internet, kirjat, kirjasto

Avainsanat: Biologia, aurinkokunta, planeetat, kuut, ekstreemofiilit, abioottiset ympäristötekijät, elämän etsiminen

Kuvaus

Tässä tehtävässä oppilaat pohtivat, voisivatko Maan haastavimmissa ympäristöissä elävät eliöt selviytyä muualla aurinkokunnassa. Oppilaat tutkivat aurinkokunnan eri paikkojen ominaisuuksia ja muodostavat annettujen ekstreemofiilien tietokorttien avulla hypoteeseja siitä, mitkä eliöistä voisivat selviytyä erilaisissa Maan ulkopuolisissa ympäristöissä.

Oppimistavoitteet

- Oppia, mitä ekstreemofiilit ovat.
- Pohtia luonnon sietokykyä.
- Pohtia elämänmuotojen sopeutumiseen ja selviytymiseen vaikuttavia abioottisia ympäristötekijöitä.
- Tutustua aurinkokunnan eri kohteiden ympäristöolosuhteisiin.
- Oppia, että ympäristöolosuhteiden muutokset vaikuttavat elävien organismien evoluutioon.

→ Johdanto

Mitä enemmän tutkijat tutkivat Maata, sitä enemmän he löytävät elämää. Elämä maapallolla on sopeutunut moniin erilaisiin olosuhteisiin – jopa sellaisiin, joita ihmiset pitivät ennen elinkelvottomina. Elämää voi olla mitä erikoisemmissa paikoissa. Sitä on löydetty huokoisista kivistä Etelämantereella sekä tulivuorten ja merenpohjan kuumista lähteistä.



Kuva 1

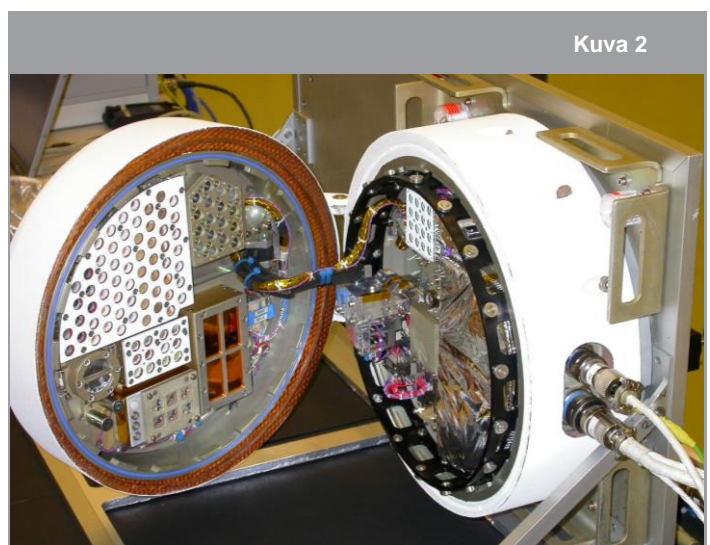
↑ Vasemmalta oikealle: huokoisia kiviä Etelämantereella; kuuma lähde Yellowstonen kansallispuistossa Yhdysvalloissa; merenpohjan hydroterminen aukko Mariaanien haudassa.

Näissä ja muissa äärimmäisissä olosuhteissa eläviä organismeja kutsutaan **ekstremofiileiksi**. Ne ovat yksisoluisia tai monisoluisia mikro-organismeja, jotka usein ottavat energiaa erilaisista ympäristössä olevista lähteistä ja käyttävät sitä erilaisiin kemiallisiin reaktioihin.

Nämä lajit sopeutuvat evoluution kautta siihen ympäristöön, jossa ne elävät (tai johon niiden on pakko siirtyä). Maapallolle ovat ominaisia toisistaan eroavat ilmastovyöhykkeet sekä maa- ja merialueet ja korkeuserot. Näiden erojen vuoksi eri organismiryhmät ovat jakautuneet ympäri maapalloa. Tällä hetkellä Maa on ainoa paikka universumissa, jossa tiedetään olevan elämää. Toistaiseksi ei ole löydetty todisteita elämästä muualta aurinkokunnasta. Nykyisin Maan ulkopuolisen elämän etsimisessä keskitytään tutkimaan erilaisia ympäristöjä, joissa elämää voisi kehittyä ja joissa se voisi selviytyä.

Tämä tehtävä kannustaa oppilaita pohtimaan, miltä mahdollinen elämä Maan ulkopuolella voisi näyttää. Käyttämällä Maasta löytyviä ekstremofiileja esimerkkeinä oppilaat tekevät hypoteeseja siitä, mitkä ympäristöt muualla aurinkokunnassa voisivat olla sopivia elämälle. Lisäksi opiskelijat pohtivat, millaisia seurauksia Maan ulkopuolisen elämän etsimisellä ja mahdollisella löytämisellä voisi olla.

Elävien organismien esiintymistä rajoittavien tekijöiden ymmärtämiseksi tehdään paljon tutkimusta. Organismeja esimerkiksi altistetaan avaruuden ankarille olosuhteille. Esimerkiksi karhukaisia on altistettu avaruuden tyhjiölle ja äärimmäisille lämpötilanvaihteluille osana ESA:n Biopan 6 -tehtävää. Tarkoituksena oli testata niiden kestävyttä näissä olosuhteissa. Muissa tutkimuksissa on tutkittu sitä, miten kansainvälisen avaruusaseman ISS:n ympäristö kiertoradalla vaikuttaa eläviin organismeihin (altistamalla niitä tyhjiölle). Esimerkiksi tutkimus siitä, miten kasvien juuret kasvavat, kun Maan painovoima ei pääse vaikuttamaan niiden kasvusuuntaan, voi auttaa ymmärtämään kasvien käyttäytymistä maapallolla.

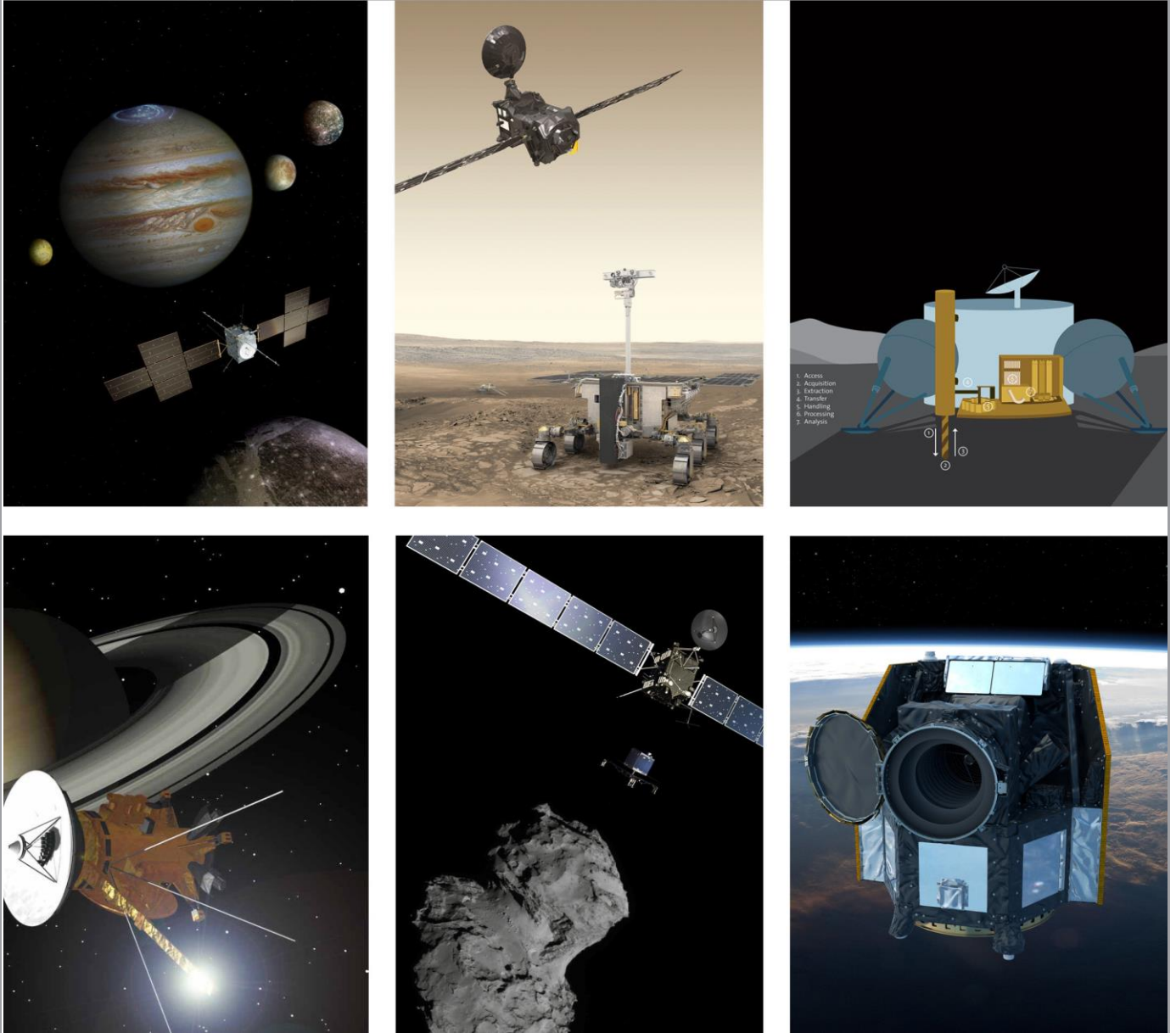


Kuva 2

↑ Biopan-instrumentti Foton-kapselin ulkopuolella.

Maan ulkopuolisia ympäristöjä, joissa voisi olla elämää, on tutkittu useilla ESA:n avaruuslennoilla. Tällaisia ovat esimerkiksi Cassini-Huygens-luotaimen lähettäminen Saturnuksen järjestelmään; Rosetta-luotaimen lähettäminen komeetta 67/P:lle; kaksiosainen ExoMars-lento, johon kuuluvat kiertorataluotain ja kulkijaluotain Marsiin; JUICE-luotain, joka tutkii Jupiteria ja kolmea sen suurinta kuuta; ja tulevat avaruuslennot kuuhan, kuten Luna-27, joiden tarkoituksena on etsiä vihjeitä elämän alkuperän ymmärtämiseksi. Lisäksi CHEOPS- ja PLATO-avaruusteleskoopeilla tutkitaan aurinkokuntamme ulkopuolisia tähtijärjestelmiä, joissa on keskustähteä kiertäviä planeettoja (eksoplaneettoja).

Kuva 3



↑ Taiteilijan näkemykset vasemmalta oikealle: (Ylhäällä) JUICE-luotain Jupiterissa, ExoMars-mönkijä Marsissa, Luna-27 tehtävän PROSPECT-laitteisto Kuussa. (Alhaalla) Cassini-Huygens lähestyy Saturnusta, Rosetta-luotain ja Philae-laskeutuja komeetalla 67/P, CHEOPS Maan kiertoradalla.

→ Taustaa

Ekstremofiilit

Ekstremofiilit ovat organismeja, jotka menestyvät fyysisesti tai geokemiallisesti haastavissa olosuhteissa, jotka ovat haitallisia useimmille maapallon elämälle. Ekstremofiileihin kuuluu haposta ja suolasta pitäviä organismeja ja eliöitä, jotka selviytyvät erittäin korkeissa tai matalissa lämpötiloissa. Jotkut ekstremofiilit kestävät korkeaa painetta, joka voi olla yli 350 kertaa ilmakehän paine merenpinnan tasolla.

Tulikumassa vedessä eläviä organismeja kutsutaan hypertermofiileiksi. Ne ovat erityisen tärkeä ekstremofiilien haara, koska niiden uskotaan olevan yksi Maan vanhimmista eliölajeista. Osa tutkijoista uskoo tämän tarkoittavan sitä, että elämä sai alkunsa korkeissa lämpötiloissa, kuten meren pohjan kuumissa lähteissä, joita kutsutaan mustiksi savuttajiksi. Taulukossa 1 on esitelty joitakin erityyppisiä ekstremofiileja.

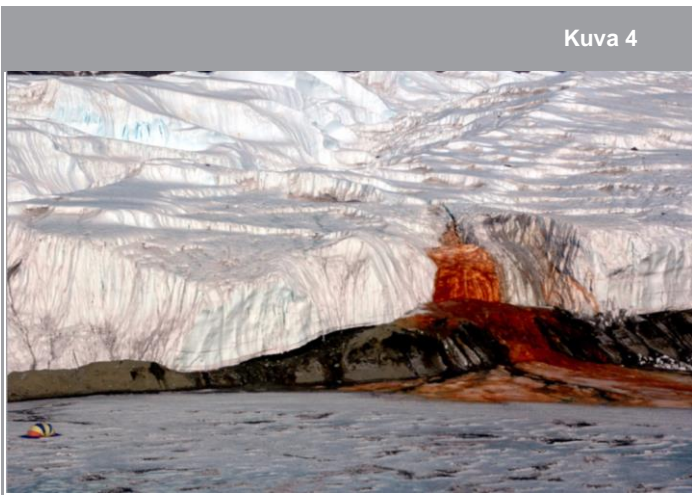
Erityyppisiä ekstremofiileja		Taulukko 1
Ekstremofiili	Ominaisuus	
Asidofiili	Elää erittäin happamissa ympäristöissä, joiden pH on alle 3	
Alkalifiili	Elää erittäin emäksisissä ympäristöissä, joiden pH on yli 9	
Anaerobi	Tarvitsee vain vähän tai ei tarvitse lainkaan happea kasvaakseen	
Halofiili	Vaatii suuria suolapitoisuuksia kasvaakseen	
Hypertermofiili	Elää 100–130 °C:n lämpötiloissa	
Hypoliitti	Asuu kivien alla kylmissä erämaissa	
Metalotolerantti	Selviytyy ympäristöissä, joissa on paljon liuenneita raskasmetalleja	
Oligotrofi	Kasvaa ympäristöissä, joissa on vain vähän ravinteita	
Osmofiili	Kasvaa ympäristöissä, joissa on korkea sokeripitoisuus	
Pietsofiili (barofiili)	Elää korkeapaineisissa ympäristöissä	
Psykrofiili	Elää matalissa, alle -15 °C:n lämpötiloissa	
Säteilynkestävä (radioresistantti)	Kestää suuria säteilyannoksia	
Termofiili	Elää 40–100 °C:n lämpötiloissa	
Kserofiili	Kasvaa hyvin kuivissa olosuhteissa	

Elämä aurinkokunnassamme

Aurinkokuntamme mahdollisesti elinkelpoisten ympäristöjen tutkimus perustuu ilmakehistä tai kiinnostavien kohteiden (planeetat, kuut, komeetat, asteroidit) pinnoista kuvaamisella tai spektroskopiolla saatuihin tietoihin.

Maapallon ulkopuolista elämää etsiessään tutkijoiden on tehtävä joitakin oletuksia siitä, mitä tarkalleen ottaen pidettäisiin elämän (tai sen viitteiden) löytämisenä. Ensimmäinen näistä oletuksista on, että etsimme mikro-organismeja tai jälkiä niistä. Mahdollisuudet löytää alkukantaisia organismeja ovat paljon suuremmat kuin kehittyneempien lajien löytäminen. Vaikka maapallo on 4,5 miljardia vuotta vanha, muina kuin alkukantaisina pidetyt eliöt ilmestyivät tänne aikaisintaan 0,5 miljardia vuotta sitten! Aiemmin maapallolla asui vain mikro-organismeja. Seuraava oletus on, että etsimme (enimmäkseen) vesipohjaista elämää. Tämä ehto kaventaa mahdollisesti elämälle suotuisten paikkojen luettelon vain kohteisiin, jotka ovat tähtiä ympäröivän ”elämänvyöhykkeen” sisällä. Tällä vyöhykkeellä vesi voi olla nestemäisessä muodossa eli siellä ei ole liian kuuma eikä liian kylmä tuntemamme kaltaiselle elämälle ja ilmakehän paine on riittävä.

Vastaavat ympäristöt



↑ Etelämantereen runsaasti rautaa sisältävät jäätikön alapuoliset sulamisvedet muodostavat punaisia vesiputouksia.

Ympäristöjen analysointi elämän edellytysten täyttymisen kannalta kuuluu astrobiologiaksi kutsutun tieteenalan tutkimuskohteisiin. Tutkijat tutkivat taivaankappaleiden alueita etsiäkseen tietoa siitä, olisiko elämä mahdollisesti voinut saada alkunsa muualla aurinkokunnassa.

Tämä voidaan tehdä tutkimalla vastaavia ympäristöjä Maassa eli ympäristöjä, joissa olosuhteet ovat samankaltaiset kuin jollakin kiinnostavalla Maan ulkopuolisella alueella.

Etelämantereen kuivia laaksoja (kuva 4) pidetään kaikista eniten Marsia muistuttavana ympäristönä Maassa, ja niillä onkin joukko piirteitä, jollaisia on tai on ollut myös Marsissa. Siksi niiden voidaan katsoa antavan suuntaa niistä Marsin ympäristöistä, jotka eivät ole olleet jäätiköiden peittämiä.

Toinen maanpäällinen Marsia muistuttava ympäristö on Rio Tinto -joki Espanjassa (kuva 4), joka on täysin erilainen ympäristö kuin Etelämantereen ympäristö. Se on erittäin hapan jokijärjestelmä, jonka vesi on punertavaa ja jonka reunoilla on runsaasti rautapitoisia kiviä. Tämän ympäristön uskotaan muistuttavan niitä jokikanavia, joita Marsissa oli silloin, kun sillä oli vielä ilmakehä. Siksi sen olosuhteiden uskotaan muistuttavan niitä olosuhteita, joita tarvitaan Marsissa havaittujen tiettyjen mineraalien (eli jarosiitin) syntymiseen, sillä niiden muodostumiseen tarvitaan hapan ja rautapitoinen ympäristö.



↑ Punertava Rio Tinto -joki Espanjassa.

→ Tehtävä: Elämää avaruudessa?

Tässä tehtävässä oppilaat pohtivat ensin, mitä abioottisia ympäristötekijöitä on tutkittava, kun etsitään Maan ulkopuolista elämää, minkä jälkeen he tutkivat aurinkokuntamme eri ympäristöjen ominaisuuksia. Seuraavaksi oppilaat tutustuvat ekstremofiileihin ja tekevät hypoteeseja siitä, mitkä niistä voisivat selviytyä aurinkokuntamme kappaleilla.

Tarvikkeet

- Liitteissä 1 ja 2 olevat tietokortit, yksi pakka molempia.

Tehtävä

Kerro oppilaille, että erilaiset elämänmuodot voivat sopeutua erilaisiin ympäristöolosuhteisiin ja selviytyä niissä ja että on olemassa useita elottomia (abioottisia) ympäristötekijöitä, jotka vaikuttavat tähän.

Entä sitten Maan ulkopuolinen elämä? Mitään todisteita Maan ulkopuolisesta elämästä ei ole vielä löydetty, mutta tutkijat etsivät niitä jatkuvasti. Kysymys kuuluukin, että mitä he etsivät ja mistä heidän pitäisi etsiä?

Keskustele oppilaiden kanssa siitä, mikä abioottinen ympäristötekijä olisi heidän mielestään jännittäväntä löytää aurinkokuntamme kuista tai muilta planeetoilta, jos he tutkisivat niitä elämän etsimisen näkökulmasta.

Oppilaat voivat antaa ehdotuksia – esimerkiksi happi, vesi, lämpötila, säteily tai ilmakehä. Pyydä oppilaita tutustumaan aurinkokunnan tietokortteihin (liite 1) pareissa tai pienryhmissä ja keskustelemaan siitä, mitä he tietävät kuvissa olevista paikoista.

Oppilaiden tulee sitten tutkia kunkin paikan ympäristöolosuhteita. Tutkittavat olosuhteet on annettu taulukossa 2.

Aurinkokunnan kohteiden olosuhteita oppilaiden tutkittavaksi						Taulukko 2
Kohde	Pintalämpötila (°C)	Ilmanpaine (Pa)	Ilmakehän kaasut	Säteilyn määrä	Magneettikenttä	Putoamis- kiihtyvyys (m/s ²)
Merkurius	-180—+430	10 ⁻⁷	Ohut ilmakehä, jossa vetyä, heliumia, happea ja vesihöyryä	Korkea	Kyllä	3,7
Venus	470	9,3 × 10 ⁶	Hiilidioksidi, typpi	Matala	Ei	8,87
Maa	-88—+58	101,3 × 10 ³	Typpi, happi	Matala	Kyllä	9,81
Kuu	-233—+123	10 ⁻⁷	Ohut ilmakehä, jossa heliumia, argonia, natriumia, vetyä	Korkea	Ei	1,6
Kansainvälisen avaruusaseman ulkopuolella	-157—+120	0	-	Korkea	-	Mikropainovoima
Mars	-153—+20	600	Hiilidioksidi, typpi, argon	Korkea	Ei	3,71
Titan	-179	146,7 × 10 ³	Typpi, metaani	Matala	Ei	1,35
Enceladus	-201	-	-	Korkea	Ei	0,113

Jotkut näistä aurinkokunnan ympäristöistä vaikuttavat hyvin vaikeilta verrattuna useimpiin ympäristöihin, joista maapallolla löytyy elämää. Kysy oppilailta, tietävätkö he mitään ympäristöjä/paikkoja maapallolla, joissa olisi samankaltaiset olosuhteet. Esimerkkiehdotuksia: aavikot, arktinen alue/Etelämanner, kuumat happamat lähteet, tulivuoret, merten syvyydet.

Maapallolta on löydetty elämää myös sellaisista äärimmäisistä ympäristöistä, joita on aiemmin pidetty elinkelvottomina. Nämä elämänmuodot ovat sopeutuneet sietämään ympäristönsä ankaria olosuhteita. Mutta millaisia organismeja ne ovat?

Esittele ekstreemofiilit. Anna kullekin parille (tai pienryhmälle) pakka ekstreemofiilien tietokortteja (liite 2). Oppilaiden tulee luetella, mitkä ekstreemofiilit heidän mielestään voisivat selviytyä kussakin aurinkokunnan tietokorteissa kuvatussa ympäristössä. Oppilaat voivat myös etsiä tietoa muun tyyppisistä ekstreemofiileista ja lisätä niitä hypoteesiinsa.

Keskustele oppilaiden kanssa heidän ajatuksistaan siitä, mitkä eliöt voisivat selviytyä missäkin ympäristössä. Oppilaiden tulee perustella valintansa saamiensa tai löytämiensä tietojen perusteella.

Keskustelu

Oppilaille on tehtävä selväksi, että mitään todisteita maan ulkopuolisesta elämästä (mukaan lukien ekstreemofiilit) ei ole vielä löydetty. Elämän löytäminen maapallon vaikeimmista ympäristöistä ja ymmärrys siitä, missä olosuhteissa elämänmuodot voivat selviytyä, voivat kuitenkin auttaa etsimään elämää muualta aurinkokunnasta ja sen ulkopuolelta. Tutkijat voivat myös tutkia sellaisia Maan ympäristöjä, jotka jollakin tapaa muistuttavat muista aurinkokuntamme kohteista löytyviä ympäristöjä – esimerkiksi Marsin ympäristöjä.

Vaikka maapallon ulkopuolista elämää ei vielä olekaan löydetty, mitä oppilaiden mielestä pitäisi tehdä, jos elämää löytyy? Kumpaa oppilaat uskovat todennäköisemmin löytyvän, älykästä elämää vai vain pieniä mikro-organismeja? Ja mistä (miltä planeetoilta tai kuista) tutkijoiden pitäisi heidän mielestään keskittyä etsimään elämää?

Vaikka ekstreemofiilit saavat energiansa monista erilaisista kemiallisista prosesseista, ne ovat silti kaikki riippuvaisia vedestä ja sisältävät DNA:ta. Ehkä eksoottiset vieraat elämänmuodot käyttävät muuta nestettä kuin vettä tai muuta perinnöllistä tietoa sisältävää molekyyliä kuin DNA:ta. Tämän voimme selvittää vain avaruuslennoilla.

Keskustele oppilaiden kanssa siitä, mitä seurauksia voi olla sillä, että ihmiset lähettävät avaruusaluksia, jotka laskeutuvat näihin ympäristöihin. Avaruuslentoja muille planeetoille, kuten Marsiin, koskee erittäin tiukat saastumista koskevat säännöt. Keskustelkaa, miksi.

Muita kysymyksiä, joista voit keskustella oppilaiden kanssa:

- Onko nestemäinen vesi välttämätöntä elämän kehittymiselle?
- Voisiko olla olemassa Maan ulkopuolista elämää, joka ei käytä DNA:ta perinnöllistä tietoa sisältävänä molekyylinä?
- Jos maapallon ulkopuolelta löytyisi elämää, olisiko sillä mitään merkitystä?

Keskustelua voi laajentaa pyytämällä oppilaita miettimään ja luettelemaan sellaisia seikkoja, joiden on täyttyvä, jotta jotain voidaan pitää elävänä (koostuu soluista, hankkii ja käyttää energiaa, kasvaa ja kehittyy, lisääntyy, reagoi ympäristöönsä, sopeutuu ympäristöönsä).

→ Linkkejä

ESA:n englanninkieliset materiaalit

ESA:n luokkahuonemateriaalit esa.int/Education/Classroom_resources

ESA:n avaruusprojekteista englanniksi

Kansainvälinen avaruusasema

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

Luna-27:n PROSPECT-laitteisto

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

Lisää tietoa englanniksi

Kansainvälisellä avaruusasemalla tehty eksobiologian tutkimus (ml. video)

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

Eksobiologia ja avaruuslennot (video)

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

Planeettojen suojeleminen exploration.esa.int/mars/57581-planetary-protection

Muiden planeettojen ympäristöjä muistuttavat Maan ympäristöt

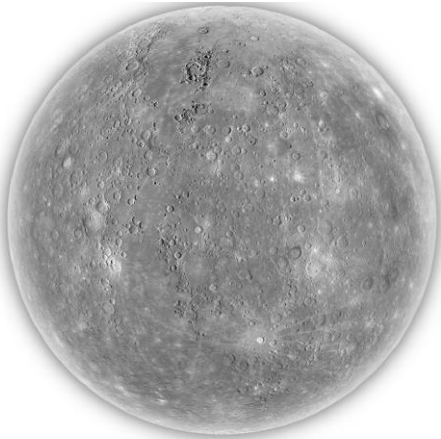
esamultimedia.esa.int/docs/gsp/The_Catalogue_of_Planetary_Analogues.pdf

Elämää äärimmäisissä olosuhteissa sci.esa.int/home/30550-life-in-extreme-conditions

Elämän synnyn ymmärtäminen lunarexploration.esa.int/#/library?a=284

→ Liite 1: Aurinkokunnan tietokortit

Merkurius



Pintalämpötila: -180–+430 °C

Ilmanpaine: 10^{-7} Pa

Ilmakehän koostumus: Ohut ilmakehä, jossa vetyä, heliumia, happea ja vesihöyryä

Säteily: Korkea

Magneettikenttä: Kyllä

Putoamiskiihtyvyys: $3,7 \text{ m/s}^{-2}$

Lisätiedot: Huolimatta korkeista lämpötiloista, joita planeetta kestää päivällä, planeetan napojen seuduilla sijaitsevien kraattereiden sisällä voi olla riittävän kylmää vesijälle.

Mars



Pintalämpötila: -153–+20 °C

Ilmanpaine: 600 Pa

Ilmakehän koostumus: Hiilidioksidi, typpi, argon

Säteily: Korkea

Magneettikenttä: Ei

Putoamiskiihtyvyys: $3,7 \text{ m/s}^{-2}$

Lisätiedot: Vesijäätä napojen kohdalla, ja etelänavan alueella on havaittu lammikko nestemäistä vettä jää- ja pölykerrosten alla.

Venus



Pintalämpötila: +470 °C

Ilmanpaine: 9,3 MPa

Ilmakehän koostumus: Hiilidioksidi, typpi

Säteily: Matala

Magneettikenttä: Ei

Putoamiskiihtyvyys: $8,87 \text{ m/s}^{-2}$

Lisätiedot: Myrkyllinen ja raskas ilmakehä, joka koostuu lähes kokonaan hiilidioksidista. Planeettaa ympäröi paksu pilvikerros, jonka yläosa koostuu enimmäkseen pisaramuotoisesta rikkihaposta. Venuksen pinnalla ilmakehän paine on yli 90 kertaa suurempi kuin Maan.

Kuu



Pintalämpötila: -233–+123 °C

Ilmanpaine: 10^{-7} Pa

Ilmakehän koostumus: Ohut ilmakehä, jossa heliumia, argonia, natriumia, vetyä

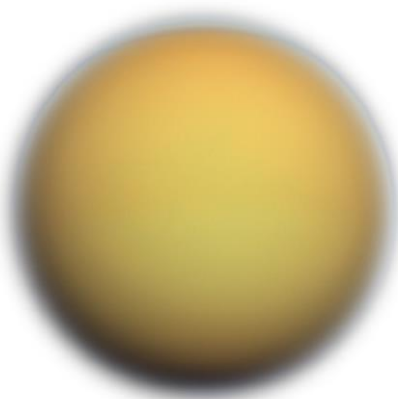
Säteily: Korkea

Magneettikenttä: Ei

Putoamiskiihtyvyys: $1,6 \text{ m/s}^{-2}$

Lisätiedot: Kuussa ei voi olla nestemäistä vettä, mutta vesijäätä voi löytyä pysyvästi varjossa olevista kraattereista Kuun navoilla, ja sitä voisi löytyä myös Kuun pinnan alta.

Titan



Pintalämpötila: -179 °C

Ilmanpaine: 146,7 Pa

Ilmakehän koostumus: Typpi, metaani

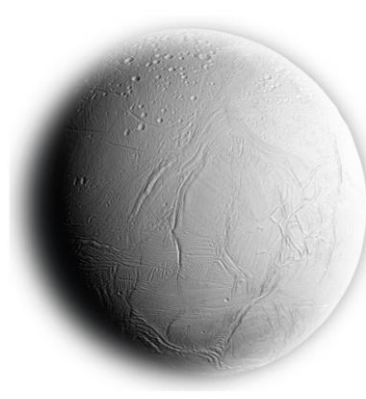
Säteily: Matala

Magneettikenttä: Ei

Putoamiskiikkyvyys: 1,35 m/s²

Lisätiedot: Titanilla on nestemäisistä hiilivedyistä, kuten metaanista ja etaanista, koostuvia pilviä, sateita, jokia, järviä ja meriä. Paksun vesijääkuoren alla uskotaan olevan meri, joka koostuu nestemäisestä vedestä.

Enceladus



Pintalämpötila: -201 °C

Ilmanpaine: -

Ilmakehän koostumus: -

Säteily: Korkea

Magneettikenttä: Ei

Putoamiskiikkyvyys: 0,113 m/s²

Lisätiedot: Enceladuksella uskotaan olevan hydrotermisiä aukkoja, jotka suihkuttavat mineraalirikasta vettä mereen, joka sijaitsee kuun jäisen pinnan alla.

Kansainvälinen avarusasema



Pintalämpötila: -157—+120 °C

Ilmanpaine: -

Ilmakehän koostumus: -

Säteily: Korkea

Magneettikenttä: -

Putoamiskiikkyvyys: Painottomuus (eli mikropainovoima)

Lisätiedot: ESA on tehnyt useita kokeita kansainvälisellä avarusasemalla ja muilla avaruuslennoilla sen tutkimiseksi, voivatko organismit selviytyä, kun ne altistetaan avaruuden ankarille olosuhteille.

Maa



Pintalämpötila: -88—+58 °C

Ilmanpaine: 101,3 kPa

Ilmakehän kaasut: Typpi, happi

Säteilyaltistus: Matala

Magneettikenttä: Kyllä

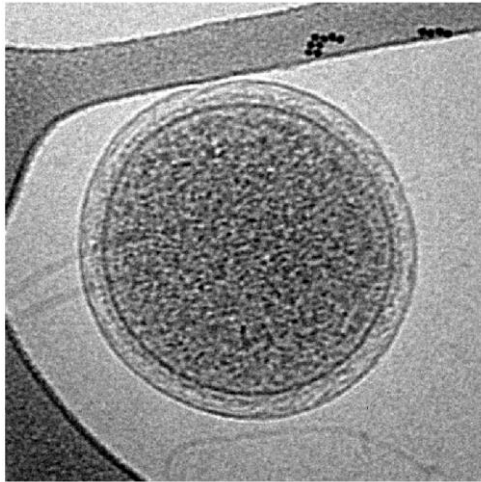
Putoamiskiikkyvyys: 9,81 m/s²

Lisätiedot: Aurinkokuntamme ainoa planeetta, jolla tiedetään olevan elämää ja jonka pinnalla on nestemäistä vettä. Suurin osa Maasta on veden peitossa.

→ Liite 2: Ekstremofiilien tietokortit

ARMAN-asidofiili (*Archaeal Richmond Mine acidophilic nanoorganism*)

Ekstremofiilin tyyppi: asidofiili



- Elää happamissa ympäristöissä, joiden pH on 2–6.
- On löydetty alueilta, joiden lämpötila on 10–50 °C.
- Löytyy maapallolla happamista kaivosvalumista, jotka muodostuvat, kun sulfidipitoiset mineraalit altistuvat sään vaikutuksille. Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi Richmondin kaivos Yhdysvalloissa ja Rio Tinto -joki Espanjassa.

Xanthoria elegans (loistokeltajakälä)

Ekstremofiilin tyyppi: psykrofiili



- Löytyy monista paikoista maapallolla, mutta suosii kylmiä ympäristöjä, kuten boreaalisia metsiä ja Etelämantereen alueita.
- Loistokeltajakälää vietiin kansainvälisen avaruusaseman ulkopuolelle erään tutkimuksen puitteissa. Selvisi, että jakälä kestää avaruuden tyhjiötä, suuria säteilyannoksia, suuria lämpötilan vaihteluita ja matalaa painetta.
- Voi kasvaa jopa 5 cm leveäksi.

Artemia franciscana

Ekstremofiilin tyyppi: psykrofiili



- Alkeellinen äyriäinen, joka sietää sekä korkeita että matalia suolapitoisuuksia.
- Sen munat voivat selviytyä kaksi vuotta kuivissa ja hapettomissa olosuhteissa.
- Löytyy sisämaan suolajärvistä, kuten Isosta Suolajärvestä Yhdysvalloissa.
- *Artemia franciscana* nunia vietiin avaruuteen ESA:n Biopan 2 -lennolla, ja niiden havaittiin selviytyvän tyhjiön matalapaineisessa ja erittäin kylmässä ympäristössä.
- Voi kasvaa jopa 11 mm pitkäksi.

Polypedilum vanderplanki

Ekstremofiilin tyyppi: kserofiili



- Tämän surviaissääskilajin toukat sietävät kuivattamista siihen asti, että niiden kehossa on vettä 3 % niiden ruumiinpainosta (ihmisillä 33 %). Löytyy pienistä kivialtaista Afrikan kuivissa osissa.
- Toukkia altistettiin avaruusympäristölle kansainvälisellä avaruusasemalla tehdyn kokeen aikana. Koe osoitti, että ne kestävät äärimmäisiä lämpötiloja, suuria säteilyannoksia ja avaruuden tyhjiötä.
- Toukat voivat olla jopa 7 mm pitkiä.

Thermotoga maritima

Ekstremitiilin tyyppi: hypertermofiili



- Anaerobinen bakteeri, joka elää +50–+900 asteisessa vedessä.
- Suosii ympäristöjä, joiden pH on neutraali.
- Voi yleensä kasvaa ympäristöissä, joiden suolapitoisuus on alhainen.
- Voi elää ja kasvaa ilman happea.
- Löytyy kuumista lähteistä ja hydrotermisistä aukoista.

Xenophyophore

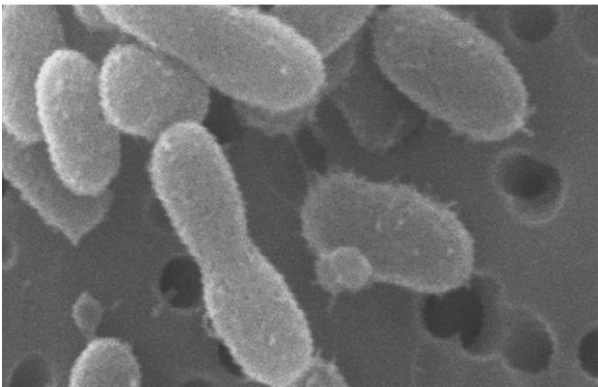
Ekstremitiilin tyyppi: pietsofiili



- Maailman suurin yksisoluinen organismi.
- Monitumainen (useampi kuin yksi tuma) yksisoluinen organismi.
- Voi selviytyä äärimmäisistä paineolosuhteissa (1 000 kertaa ilmanpaine).
- Löytyy merenpohjasta ympäri maailmaa.

Chryseobacterium greenlandensis

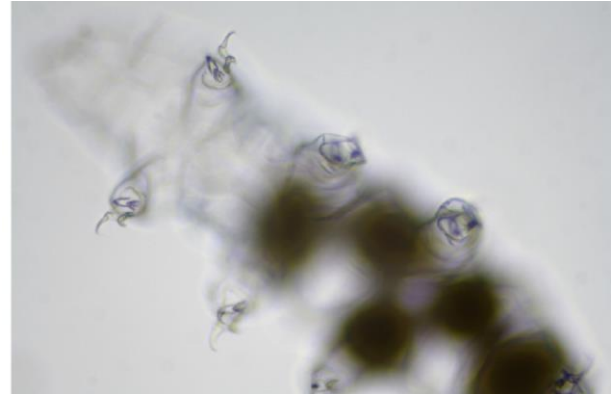
Ekstremitiilin tyyppi: psykrofiili



- Erittäin pieni bakteeri.
- Elää 10–370 °C lämpötiloissa, mutta voi myös selviytyä lämpötiloissa, jotka ovat huomattavasti pakkasen puolella.
- Kestää matalia lämpötiloja, korkeaa painetta ja vähäistä happea.
- Löydetty näytteestä 120 000 vuotta vanhaa jäätä, joka kairattiin noin 3 km Grönlannin jäätikön pinnan alapuolelta.

Karhukaiset

Ekstremitiilin tyyppi: ei pidetä ekstremitiilina



- Pieniä eläimiä.
- Selviytyvät äärimmäisissä olosuhteissa, mutta eivät sopeudu niihin.
- Voivat selviytyä useissa äärimmäisissä ympäristöissä: ne voivat elää erittäin matalissa lämpötiloissa aina -2 000 °C:een asti, erittäin korkeissa lämpötiloissa aina 1 500 °C:een asti ja erittäin korkeissa paineissa sekä kestävät altistumista suurille määrille säteilyä ja pitkiä erittäin kuivien olosuhteiden jaksoja.
- Voivat elää melkein missä tahansa maapallolla, mutta suosivat märkiä ympäristöjä, kuten sammalta.
- Karhukaisia vietiin avaruuteen ESA:n Biopan 6 -lennolla ja ne selviytyivät avaruuden ankarasta ympäristöstä eli äärimmäisistä lämpötilan muutoksista, korkeasta säteilystä ja tyhjiön matalasta paineesta.