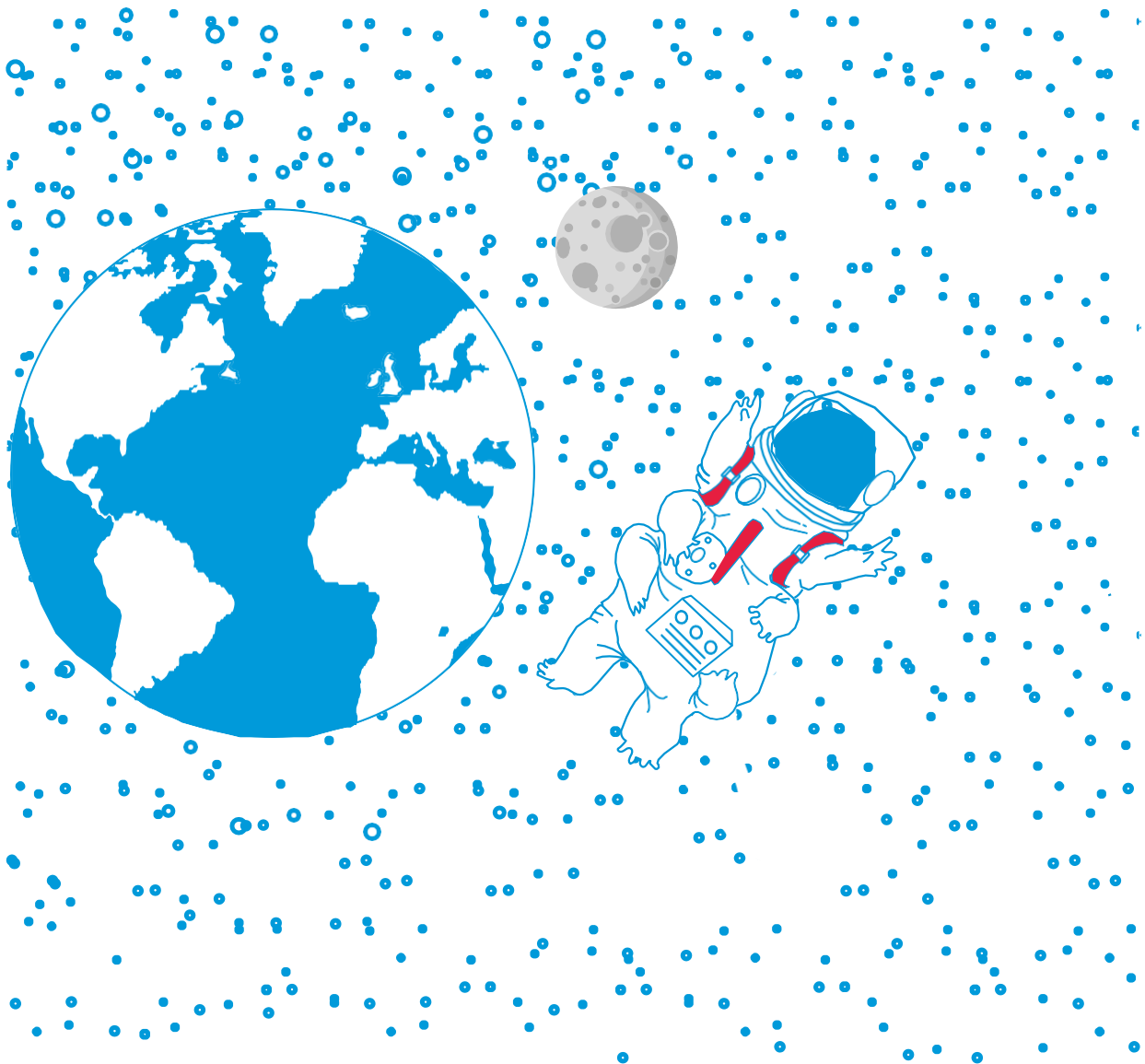


# Kosmos on õpetlik

## → KAS ELU ON VÕIMALIK MAAVÄLISTES KESKKONDADES?

Defineerime keskkonnad, mis on eluks sobilikud



## SISUKORD

→ KAS ELU ON VÕIMALIK MAAVÄLISTES KESKKONDADES? .....	2
→ Sissejuhatus .....	3
→ Taustainfo .....	5
Elu Päikesesüsteemis.....	6
Analoogkeskkonnad .....	6
→ Tegevus. Elu kosmoses? .....	7
Vajalikud vahendid .....	7
Harjutus .....	7
Arutelu .....	8
→ Lisa 1: Päikesesüsteemi faktikaardid .....	11
→ Lisa 2: Ekstremofiilide faktikaardid .....	13

**Kosmos on õpetlik – kas elu on võimalik maavälistes keskkondades?**

[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)

**Kommentaare ja tagasisidet võib saata ESA Hariduskontori e-posti aadressitele**

[teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int) (inglise keeles) või [esero@ut.ee](mailto:esero@ut.ee).

**Selle õppematerjali on koostanud *ESA Education production* koostöös ESERO Poolaga**

Copyright 2019 © European Space Agency

## → KAS ELU ON VÕIMALIK MAAVÄLISTES KESKKONDADES?

### Lühiülevaade

**Aine:** bioloogia

**Vanuserühm:** 13 kuni 16 aastat

**Tüüp:** kaasav tegevus

**Raskusaste:** keskmine

**Maksumus:** madal (0 kuni 10 eurot)

**Vajalik aeg:** 1 tund

**Toimumiskoht:** klassiruum

**Vajalikud infoallikad:** internet, raamatud

**Märksõnad:** bioloogia, Päikesesüsteem, planeedid, ekstremofiilid, abiootilised (eluta keskkonnaga seotud) tegurid, elu otsingud

### Kirjeldus

Selles tegevuses arutlevad õpilased, kas Maa ekstreemsetes tingimustes eksisteeriv elu suudaks veel kuskil Päikesesüsteemis ellu jääda. Õpilased uurivad Päikesesüsteemi erinevate paikade omadusi. Seejärel püstitavad nad faktikaartide abil hüpoteese, millised ekstremofiilid võiksid ellu jääda erinevates maavälistes keskkondades.

### Õpieesmärgid

- Teadmine, kes on ekstremofiilid.
- Mõtlemine ökoloogilise vastupidavuse üle.
- Arvestamine abiootiliste teguritega, mis mõjutavad eluvormide kohanemist ja ellujäämist.
- Tutvumine Päikesesüsteemi objektide erinevate keskkonnatingimustega.
- Mõistmine, et keskkonnatingimuste muutused mõjutavad elusorganismide arengut.

## → Sissejuhatus

Mida rohkem teadlased Maad uurivad, seda rohkem elu nad leiavad. Maapealne elu on kohanenud harukordsete tingimustega, isegi sellistega, mida inimesed on pidanud väga ebasoodsateks. Elu võib eksisteerida kõige üllatavamates kohtades. Seda on leitud Antarktika poorsetest kivimitest, vulkaanilistest allikatest ja isegi ookeani põhjas asuvatest kuumavee geisritest.



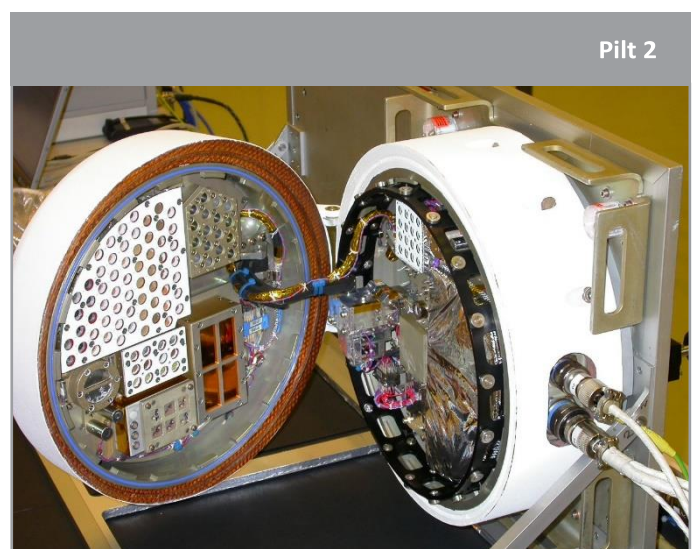
↑ Vasakult paremale: poorset kaljud, Antarktika; kuumaveeallikas Yellowstone'i rahvusparkis, USA; kuumaveeallikad Vaikses ookeanis.

Organisme, mis elavad nendes ja teistes äärmuslikes keskkondades, tuntakse ühise nimega **ekstremofiilid**. Need on ühe- või mitmerakulised mikroorganismid, kes sageli ammutavad energiat mitmesugustest nende keskkonnas leiduvatest allikatest keemiliste reaktsioonide katalüüsisel.

Erinevad liigid kohanevad evolutsiooniliste muutuste kaudu keskkonnaga, kus nad elavad (või kuhu nad on sunnitud elama asuma). Maad iseloomustavad eristatavad kliimavööndid, maa- ja merealad ning maapinna kõrguste erinevused. Need erinevused põhjustavad organismirühmade spetsiifilist jaotust Maal. Praegu on Maa universumis ainus teadaolev koht, kus on elu. Elu mujal Päikesesüsteemis pole veel tõendatud. Praegune eluotsing uurib võimalikke keskkondi, kus elu võiks olla või oleks võinud olla kunagi minevikus.

Selle tunni tegevus innustab õpilasi mõtlema, milline võiks elu näha välja väljaspool Maad, kui see kunagi avastatakse. Kasutades näitena Maalt leitud ekstremofiile, püstivad õpilased hüpoteesi, millised keskkonnad mujal Päikesesüsteemis võiksid eluks sobida. Lisaks mõtlevad õpilased maavälise elu otsimise ja võimaliku avastamise tagajärgedele.

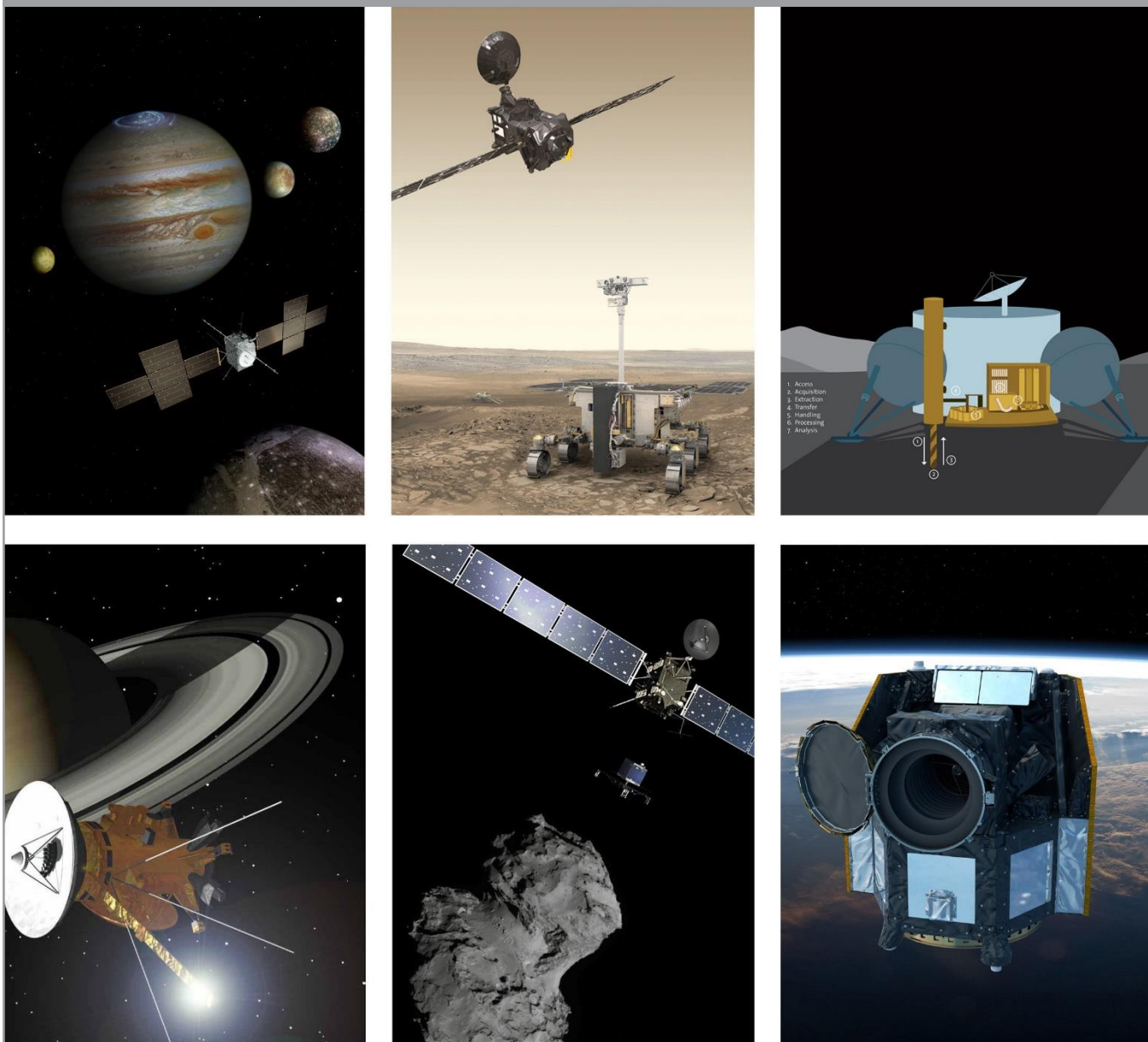
Elusorganismide piiride paremaks mõistmiseks tehakse mitmeid katseid. Sellistes uurimistöodes viiakse elusorganismid karmidesse kosmose-tingimustesse. Näiteks loimurid (Id *Tardigrada*), keda tuntakse ka „veekarudena”, on olnud katsealusteks ESA Biopan 6 missioonis, milles testiti loimurite vastupidavust vaakumis ja temperatuuri kõikumiste tingimustes. Lisaks on uuritud, kuidas rahvusvahelise kosmosejaama orbiidil olev keskkond mõjutab elusorganisme (neid vaakumisse jätmata). Näiteks on uuritud, kuidas taimejuured kasvavad ilma raskusjõu domineeriva suunata. Sellised teadmised võivad aidata mõista taimede käitumist Maal.



↑ Biopani missiooni instrument.

Mitmed Euroopa Kosmoseagentuuri missioonid on uurinud ja uurivad maaväliseid keskkondi, millel võib olla potentsiaali elu hoidmiseks. Nende hulgas on Cassini-Huygensi missioon Saturni uurimiseks; Rosetta missioon komeedile 67P/Churyumov-Gerasimenko; ExoMarsi kaheosaline missioon Marsi uurimiseks; JUITER, mis uurib Jupiteri ja kolme tema suurimat kuud; ja tulevased missioonid Kuule, näiteks Luna-27, mille käigus otsitakse vihjeid elu päritolu mõistmiseks. Lisaks on missioonid CHEOPS ja PLATO, et uurida põhjalikumalt Päikesesüsteemi-väliseid planeete.

Pilt 3



↑ Kunstniku nägemus kosmoseaparaatidest, vasakult paremale: (ülemine rida) JUICE missioon Jupiterile, ExoMarsi kulgur Marsil, missiooni Luna-27 instrumentide kogum PROSPECT Kuul. (Alumine rida) Cassini-Huygens kosmosesondi missioon Saturnile, Rosetta ja Philae missioon komeedile 67P, kosmoseteleskoop CHEOPS orbiidil Maa kohal.

## → Taustainfo

### Ekstremofiilid

Ekstremofiil on organism, mis areneb füüsiliselt või geokeemiliselt ekstreemsetes tingimustes, mis kahjustaks enamikke elusorganisme Maal. Ekstremofiilide hulka kuuluvad happed ja soola armastavad organismid ning need, kes võivad eksisteerida ülimalt kõrgel ja äärmiselt madalal temperatuuril. Mõned ekstremofiilid taluvad kõrget rõhku, mis ületab atmosfäärirõhku merepinnal rohkem kui 350 korda.

Organisme, kes võivad elada väga kuumas vees, nimetatakse hüpertermofiilideks. Nad moodustavad äärmiselt olulise haru, sest nad näivad olevat üks iidsemaid liike, kes Maal elavad. Mõned teadlased usuvad, et see tähendab, et elu algas kõrge temperatuuriga keskkonnas, võib-olla ookeanipõhja kuumavee geisrites, mida tuntakse mustade tossutajatena (suitsetajatena). Mõnede eri tüüpi ekstremofiilide ülevaade on toodud Tabelis 1.

Ülevaade erinevat liiki ekstremofiilidest		Tabel 1
Ekstremofiil	Iseloomulikud omadused	
Atsidofiilid	Kasvavad väga happelises keskkonnas (pH < 3).	
Alkalifiilid	Kasvavad väga aluselises keskkonnas (pH > 9).	
Anaeroobid	Ei vaja kasvamiseks vaba hapnikku.	
Halofiilid	Eelistavad kasvamiseks soolarikast elukeskkonda.	
Hüpertermofiilid	Elavad temperatuuridel 100 °C kuni 130 °C.	
Hüpoliidid	Elavad külmakõrbetes kivimite all.	
Raskemetallidele resistentsed	Jäävad ellu lahustunud raskemetallide kõrge kontsentratsiooniga keskkondades.	
Oligotroofid	Kasvavad vähese toitainesisaldusega keskkonnas.	
Osmofiilid	Võimelised kasvama kõrgendatud suhkrukonsentratsiooniga keskkonnas.	
Barofiilid	Elavad kõrge rõhuga keskkondades.	
Psührofiilid	Kasvavad madalatel temperatuuridel (-15 °C või vähem).	
Kiirgusresistentsed	Taluvad väga tugevat kiirgust.	
Termofiilid	Soodsaim elu- ja kasvutemperatuur on suhteliselt kõrge: üle 40 °C (kuid alla 100 °C).	
Xserofüüdid	Võimelised kasvama väga kuivades tingimustes.	

## Elu Päikesesüsteemis

Potentsiaalselt eluks võimalike Päikesesüsteemis asuvate erinevate keskkondade uurimine toetub andmetele, mis on saadud atmosfääri spektroskoopia abil või erinevate objektide (planeedid, kuud, komeedid, asteroidid) pinnauuringutest.

Maavälise elu otsingutel peavad teadlased järgima eeldusi (või märgilisi vihjeid selle kohta), mida täpselt võib pidada elu leidmise õnnestumiseks. Esimene eeldus on, et me otsime mikroorganisme või jälgi nende kunagisest olemasolust. Võimalused leida algelisi organisme on palju suurem, kui leida arenenud liike. Kujutage ette, et kuigi Maa on juba 4,5 miljardit aastat vana, siis liigid, mille kohta öeldakse mitteprimitiivsed, tekkisid vähem kui 0,5 miljardit aastat tagasi. Enne seda oli Maa asustatud ainult mikroorganismidega. Teine eeldus on otsida (enamasti) veel põhinevat elu. See tingimus kitsendab nimekirja võimalikest kohtadest, mis on eluks sobilikud. Piirkonda ümber tähe, kus saab eksisteerida vedel vesi, nimetatakse elukõlblikuks tsooniks (seal ei tohi olla liiga kuum ega liiga külm ning peab olema sobilik atmosfäärirõhk).

## Analoogkeskkonnad

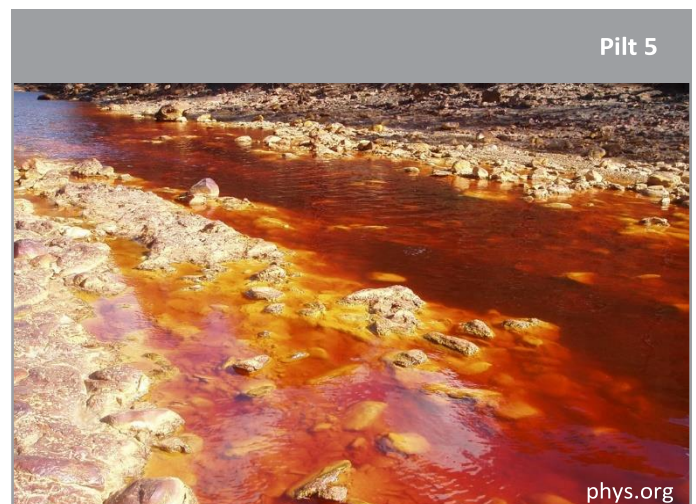


↑ Verejuga (Blood Falls) Antarktikas kujutab "kuivasid orgusid".

Teine Antarktikast täiesti erinev analoogkeskkond Marsile on Rio Tinto jõgi Hispaanias (Joonis 5). See on väga happeline veripunast värvi jõgi, mille kaldal on rauarikkad kivimid. Arvatakse, et see keskkond võiks sarnaneda Marsi jõesängidele nendel aegadel, kui Marsil oli atmosfäär. Seetõttu leitakse, et Rio Tinto jäljendab Marsil avastatud spetsiifiliste mineraalide (nt jarositiidi) sadestamiseks vajalikke tingimusi, mille moodustamiseks on vaja happelist ja rauarikast süsteemi.

Erinevate keskkondade elukõlblikkuse analüüsiga tegeleb astrobioloogia. Teadlased uurivad erinevate taevakehade piirkondi, et leida vihjeid, kas elu võis alata mujal Päikesesüsteemis.

Sellist uurimist saab läbi viia näo analoogkeskkondi uurides. Need on keskkonnad, milles on mingid tingimused, mis on sarnased Maa-välistes tingimustes. Antarktika „kuivasid orgusid“ (Pilt 4) peetakse Maal kõige sarnasemaks Marsil olevatele tingimustele, sest seal on mitmeid tunnuseid, mis on Marsil praegu või olid minevikus.



↑ "Punane jõgi" Rio Tinto Hispaanias.

## → Tegevus. Elu kosmoses?

Selle tegevuse käigus mõtlevad õpilased kõigepealt, milliseid abiootilisi tegureid võiks maavälise elu otsimisel uurida. Seejärel tutvuvad õpilased erinevate Päikesesüsteemis asuvate keskkondade omadustega. Õpilastele tutvustatakse erinevaid ekstremofiile ja seejärel püstitavad õpilased hüpoteese, millistes Päikesesüsteemi keskkondades antud organismid võiksid ellu jääda.

### Vajalikud vahendid

- Faktikaardid, mis on lisades 1 ja 2. Igale grupile on vajalik üks komplekt kaarte.

### Harjutus

Tutvustage õpilastele ideed, et erinevad eluvormid suudavad kohaneda ja püsida mitmesugustes erinevates keskkonnatingimustes ning et seda mõjutavad mitmed eluta (abiootilised) tegurid.

Kuidas on siis olukord maavälise eluga? Maavälise elu kohta pole veel tõendeid leitud, kuid teadlased jätkavad otsinguid. Mida nad otsivad ja kuhu nad peaksid vaatama?

Arutlege koos õpilastega, millised on nende arvates kõige põnevamad abiootilised tegurid, mida uurida Päikesesüsteemi kuudel või teistel planeetidel, kui eesmärgiks oleks leida elu.

Õpilased võivad välja pakkuda erinevaid faktoreid, näiteks hapnik, vesi, temperatuur, kiirus, atmosfäär. Paarides või väikestes rühmades töötades paluge õpilastel tutvuda Päikesesüsteemi faktikaartidega (Lisa 1) ja arutada, mida nad teavad piltidel olevate kohtade kohta. Seejärel peaksid õpilased uurima iga koha keskkonnatingimusi. Täpsustatud parameetrid on toodud tabelis 2.

Päikesesüsteemi objektide omadused õpilastele uurimiseks						Tabel 2
Objekt	Pinnatemperatuur (°C)	Atmosfääri rõhk (Pa)	Atmosfäärigaasid	Kiirgustase	Magnetväli?	Raskuskiirendus (m/s <sup>2</sup> )
Merkuur	-180 kuni +430	10 <sup>-7</sup>	Õhuke atmosfäär, mis sisaldab vesinikku, heeliumi, hapnikku, veeauru	kõrge	jah	3,7
Veenus	470	9,3 x 10 <sup>6</sup>	CO <sub>2</sub> , lämmastik	madal	ei	8,87
Maa	-88 kuni +58	101,3 x 10 <sup>3</sup>	Lämmastik, hapnik	madal	jah	9,81
Kuu	-233 kuni +123	10 <sup>-7</sup>	Õhuke atmosfäär, mis sisaldab heeliumi, argooni, naatriumi, vesinikku	kõrge	ei	1,6
ISSi väline keskkond	-157 kuni +120	0	-	kõrge	-	mikrogravitatsioon
Marss	-153 kuni +20	600	CO <sub>2</sub> , lämmastik, argoon	kõrge	ei	3,71
Titan	-179	146,7 x 10 <sup>3</sup>	Lämmastik, metaan	madal	ei	1,35
Enceladus	-201	-	-	kõrge	ei	0,113



Mõned Päikesesüsteemis asuvad keskkonnad tunduvad väga vaenulikud võrreldes enamike elupaika võimaldavate keskkondadega Maal. Küsige õpilastelt, kas nad teavad Maal asuvaid paikasid või keskkondi, kus on sarnased tingimused. Õpilased võivad välja pakkuda kõrbesid, Arktikat või Antarktikat, kuuma-veeallikaid, vulkaane, ookeanisügavust.

Elu jälgi on Maal leitud ekstreemsetes tingimustes, mille kohta on varem arvatud, et seal ei ole elu võimalik. Sellegipoolest on eluvorme, mis on kohanenud selliste karmide tingimustega. Aga mis tüüpi elusorganismidest jutt käib?

Tutvustage õpilastele ekstremofiile. Andke õpilastele paari peale või väikesele grupile üks komplekt ekstremofiilide faktikaarte (Lisa 2). Õpilased peaksid tegema nimekirja ekstremofiilide kohta, mille kohta nad arvavad, et nad võiksid jääda ellu kõikides Päikesesüsteemi keskkondades, mida on kirjeldatud faktikaartidel. Õpilased võivad samuti uurida teist tüüpi ekstremofiile, et lisada neid oma hüpoteesi.

Arutlege koos õpilastega, millist tüüpi „elu“ võiks jääda ellu erinevates Päikesesüsteemi asukohtades. Õpilased peaksid põhjendama oma arvamust vastavalt olemasolevale informatsioonile.

## Arutelu

Õpilased peavad mõistma, et seni ei ole tõestust maavälisest elust (kaasa arvatud ekstremofiilidest). Samas aitab elu avastamine Maal olevates ekstreemsetes tingimustes ja mõistmine, millistes karmides tingimustes elu võib eksisteerida, kaasa aidata elu otsingutele Päikesesüsteemis ja kaugemalgi. Samuti saavad teadlased uurida Maal olevaid keskkondasid, millel on teatud sarnasusi keskkondadega, mis asuvad mujal Päikesesüsteemis, nt Marsil.

Kuna maavälist elu ei ole veel avastatud, siis mida õpilased arvavad – juhul kui me leiame maavälise elu, mida me peaksime tegema? Mida õpilased arvavad – mida on pigem võimalik leida, kas intelligentset elu või imetillukesi mikroorganisme? Ja kus (millistel planeetidel või kuudel) peaks elu leidmiseks tegema kõige suuremaid pingutusi elu avastamiseks?

Kuigi ekstremofiilid saavad energiat erinevatest keemilistest protsessidest, siis on neil kõigil vaja ka vett ja neis kõigis on DNA. On võimalik, et eksotilised maavälised eluvormid kasutavad teist tüüpi vedelikku kui vesi või teist liiki infokandjat kui DNA. Ainult kosmosemissioonid aitavad seda avastada.

Arutage koos õpilastega, milliseid tagajärgi võivad põhjustada kosmoseaparaadid, mis maanduvad maavälistes keskkondades. Igal missioonil teisele planeedile, nt Marsile, on väga ranged reeglid saastumise osas – arutlege miks.

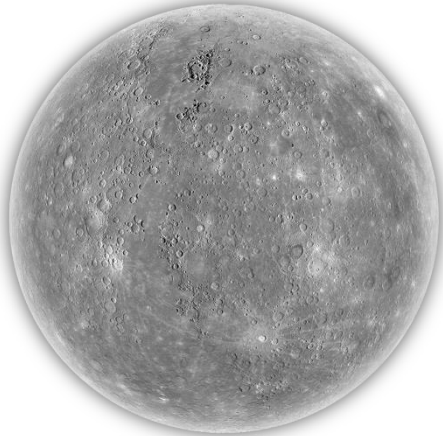
Veel küsimusi, mida võib koos õpilastega arutada:

- **Kas vedelas olekus vesi on vajalik elu arenguks?**
- **Kas eksisteerib elu, mis ei kasuta infokandjana DNA molekule?**
- **Kui avastatakse maaväline elu, kas sellest muutub midagi?**

Seda arutelu võib laiendada ja küsida õpilastelt, mida nad arvavad, milliseid parameetreid peab arvestama, et pidada midagi elusaks (tehtud rakkudest, toodavad ja kasutavad energiat, kasvavad ja arenevad, paljunevad, reageerivad keskkonnale, kohanevad keskkonnaga).

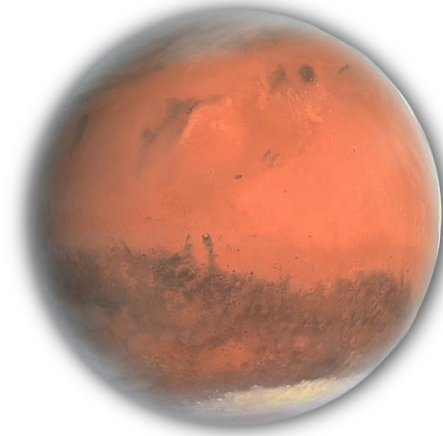
## → Lisa 1: Päikesesüsteemi faktikaardid

### Merkuur



**Pinnatemperatuur:** -180 °C kuni 430 °C  
**Atmosfääri rõhk:**  $10^{-7}$  Pa  
**Atmosfääri koostis:** hõre atmosfäär, milles leidub: kaalium, naatrium, vesinik, heelium, molekulaarne hapnik jm  
**Kiirgustase:** kõrge  
**Magnetväli:** jah  
**Raskuskiirendus:**  $3,7 \text{ m/s}^2$   
**Lisainfo:** Hoolimata kõrgetest päevastest temperatuuridest, võib planeedi poolustelähedaste kraatrite põhjas olla õhuke jääkiht.

### Marss



**Pinnatemperatuur:** -153 °C kuni 20 °C  
**Atmosfääri rõhk:** 600 Pa  
**Atmosfääri koostis:** süsihappegaas, argoon, lämmastik  
**Kiirgustase:** kõrge  
**Magnetväli:** ei  
**Raskuskiirendus:**  $3,7 \text{ m/s}^2$   
**Lisainfo:** Pooluste lähedal leidub vett. Lõunapoolusel avastati jääkilbi all soolajärv.

### Veenus



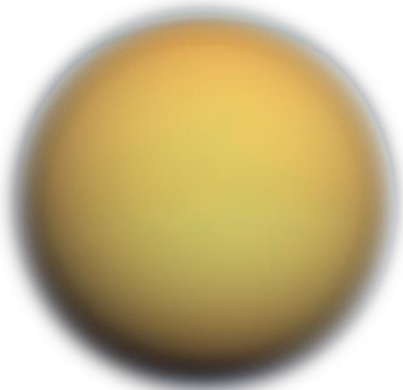
**Pinnatemperatuur:** 470 °C  
**Atmosfääri rõhk:** 9,3 MPa  
**Atmosfääri koostis:** süsihappegaas, lämmastik  
**Kiirgustase:** madal  
**Magnetväli:** ei  
**Raskuskiirendus:**  $8,87 \text{ m/s}^2$   
**Lisainfo:** Tihe ja mürgine atmosfäär, mis koosneb peamiselt süsihappegaasist. Veenust ümbritseb paks pilvekiht, mis koosneb väävelhappe tilkadest ja vääveldioksiidist. Rõhk Veenuse pinnal on 90 korda suurem kui Maal.

### Kuu



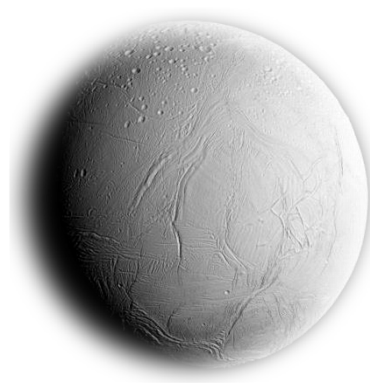
**Pinnatemperatuur:** -233 °C kuni 123 °C  
**Atmosfääri rõhk:**  $10^{-7}$  Pa  
**Atmosfääri koostis:** õhuke atmosfäär, mis sisaldab heeliumi, argooni, naatriumi, vesinikku  
**Kiirgustase:** kõrge  
**Magnetväli:** ei  
**Raskuskiirendus:**  $1,6 \text{ m/s}^2$   
**Lisainfo:** Kuu pinnal vett ei leidu. Arvatakse, et Kuu poolustel olevates kraatrites ja pinna all võib leiduda jääd.

## Titan



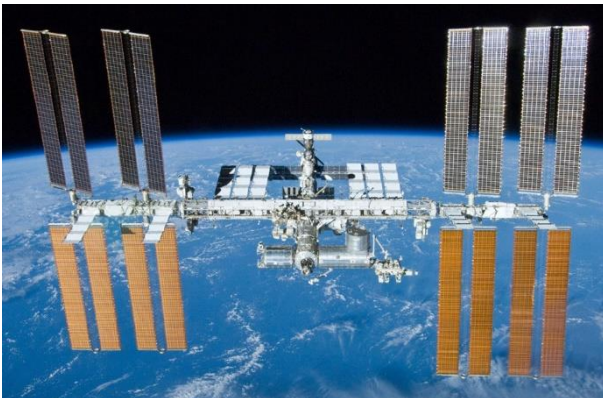
**Pinnatemperatuur:** -179 °C  
**Atmosfääri rõhk:** 146,7 Pa  
**Atmosfääri koostis:** nitrogeen, metaan  
**Kiirgustase:** madal  
**Magnetväli:** ei  
**Raskuskiirendus:** 1,35 m/s<sup>2</sup>  
**Lisainfo:** Titani ümber on pilved, seal sajab metaanivihma, pinnasel on „veekogud”, mis on täidetud metaani ja/või etaaniga.

## Enceladus



**Pinnatemperatuur:** -01 °C  
**Atmosfääri rõhk:** -  
**Atmosfääri koostis:** -  
**Kiirgustase:** kõrge  
**Magnetväli:** ei  
**Raskuskiirendus:** 0,113 m/s<sup>2</sup>  
**Lisainfo:** Arvatakse, et seal on kuumavee geisrid, mis asuvad tema jäise pealispinna all.

## Rahvusvaheline kosmosejaam



**Pinnatemperatuur:** -157 °C kuni 120 °C  
**Atmosfääri rõhk:** -  
**Atmosfääri koostis:** -  
**Kiirgustase:** kõrge  
**Magnetväli:** -  
**Raskuskiirendus:** mikrogravitatsioon  
**Lisainfo:** ESA on läbi viinud hulga missioone ja eksperimente rahvusvahelises kosmosejaamas, et mõista, kas organismid suudavad jääda ellu kosmose karmides tingimustes.

## Maa

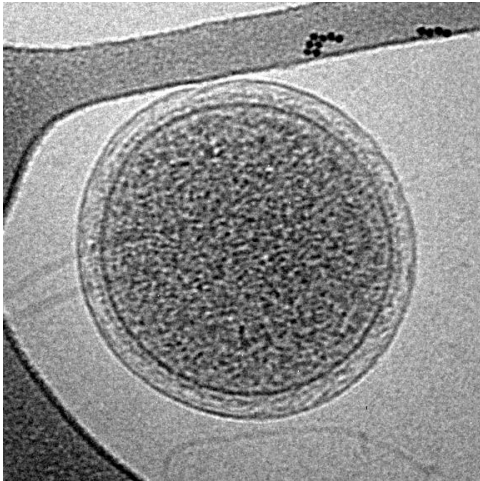


**Pinnatemperatuur:** -88 °C kuni 58 °C  
**Atmosfääri rõhk:** 101,3 kPa  
**Atmosfäärigaasid:** Lämmastik, hapnik  
**Kiirgustase:** madal  
**Magnetväli:** jah  
**Raskuskiirendus:** 9,81 m/s<sup>2</sup>  
**Lisainfo:** Ainuke planeet Päikesesüsteemis, millel on teadaolevalt elu ja millel on vesi vedelas olekus. Maa pinnast suurem osa on kaetud veega.

## → Lisa 2: Ekstremofiilide faktikaardid

### *Archaeal Richmond Mine acidophilic nanoorganism (ARMAN)*

Ekstremofiili liik: atsidofiilid



- Kasvavad happelistes keskkondades (pH < 3).
- On leitud piirkondades temperatuuriga 10–50 °C.
- On leitud Maal happekaevandustes, nt Richmond Mine'sis USAs ja Rio Tintos Hispaanias.

### *Xanthoria elegans (punakas korpsamblik)*

Ekstremofiili liik: psührofiilid



- Leidub Maal mitmetes paikades, aga eelistab külmasid keskkondi, nt antarktilist tundrat.
- Lendas kaasa rahvusvahelise kosmosejaama välisküljele kinnitatud karbis ning talus seal ultraviolettkiirgust, kosmilist kiirgust ja vaakumit, suuri temperatuurimuutuseid.
- Võib kasvada kuni 5 cm laiuks.

### *Artemia franciscana*

Ekstremofiili liik: psührofiilid



- Primitiivne koorikloom, tundub ka soolavähina.
- Talub madalat ja kõrget soolsust.
- Tema munad suudavad üle elada kaks aastat kuivas ja hapnikuvabas keskkonnas.
- On leitud soolajärvedest, nt Suurest Soolajärvest (*Great Salt Lake*) USAs.
- Tema munad käisid kaasas ESA Biopan 2 missioonil. Nad kannatasid välja vaakumi ja sealsed miinuskraadid.
- Võib kasvada kuni 11 mm pikkuseks.

### *Polypedilum vanderplanki*

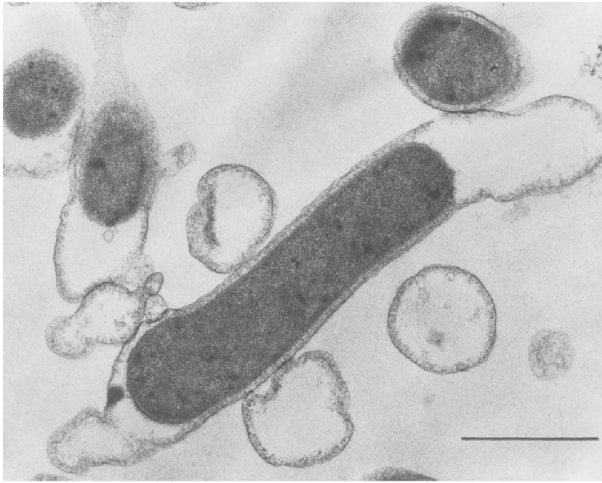
Ekstremofiili liik: kserofüüdid



- Selle putuka vastsed suudavad taluda dehüdratsiooni kuni 3% kehamassist on vesi. Leidub väikestes veesilmades Aafrika põuastes piirkondades.
- Vastsed viidi kosmosesse rahvusvahelises kosmosejaamas tehtava katse käigus. Nad suutsid vastu pidada ekstreemsetele temperatuuridele, tugevale kiirgusele ja vaakumile.
- Vastsed võivad kasvada kuni 7 mm pikkuseks.

## *Thermotoga maritima*

Ekstremofiili liik: hüpertermofiilid



- Anaeroobne bakter, mis elab 50 – 90 °C vees.
- Eelistab neutraalset pH-d.
- Kasvab madalasoolsusega aladel.
- Suudab elada ja kasvada ilma hapnikuta.
- Leidub merepõhjas ja Maal asuvates kuumaveeallikates.

## *Xenophyophore*

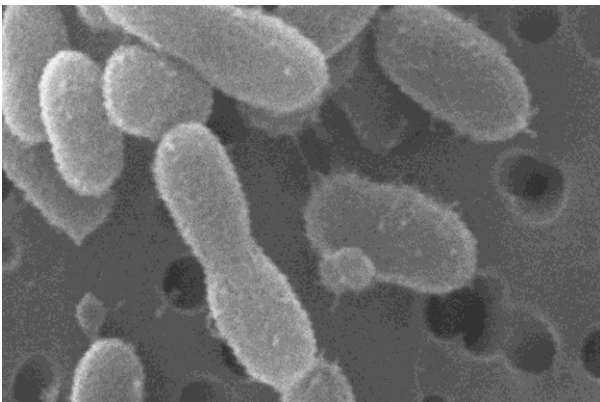
Ekstremofiili liik: barofiil



- Suurim üherakuline organism Maal.
- Mitmetuumaline (rohkem kui üks tuum) üherakuline organism.
- Suudab taluda ekstreemset atmosfääri (1000-kordne atmosfäärirõhk).
- Leitud ookeanipõhjadest maailma erinevatest paikadest.

## *Chryseobacterium greenlandensis*

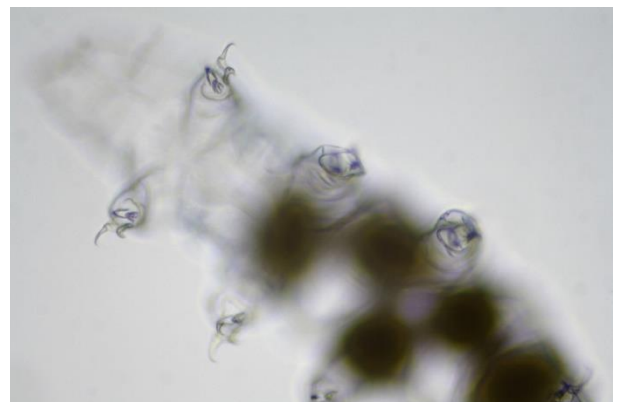
Ekstremofiili liik: psührofiilid



- Üliväike bakter.
- Vastupidav madalatele temperatuuridele, kõrgele rõhule ja vähenenud hanikule.
- On leitud Gröönimaalt 120 000 aasta vanuse liustiku alt 3 km sügavuselt.

## *Tardigrade (Loimurid)*

Ekstremofiili liik: ei peeta ekstremofiiliks



- Loimurid, tuntud ka väikeste veekarudena.
- Võimeline jääma ellu, kuid mitte kohanema ekstreemsete tingimustega.
- Suudab jääda ellu erinevates ekstreemsetes tingimustes: väga madalal temperatuuril (-200°C); väga kõrgel temperatuuril (kuni 150°C); kõrge kiirgusega; väga kõrge rõhuga ja pikalt kestva kuiva perioodiga.
- Võib elada Maal igal pool, aga eelistab niiskeid samblaid.
- Lendas kaasa ESA Biopan 6 missiooniga ja elas üle karmid kosmose tingimused: temperatuurimuutused, kõrge kiirguse ja vaakumi.