

Igaunijas Studentu satelītu programmas

ESTCube

ieguldījums lielākajā cilvēces izaicinājumā

Dr. phys. **Andris Slavinskis**

Autors ir Tartu observatorijas pētnieks, vada Kosmosa tehnoloģiju nodaļu. Viņš ir arī *ESTCube* komandas akadēmiskais vadītājs un Igaunijas Studentu satelītu fonda valdes loceklis. A. Slavinskis ieguvis doktora grādu fizikā Tartu Universitātē 2015. gadā, izstrādājot disertāciju par *ESTCube-1* orientācijas noteikšanu. Viņš ir ieguvis maģistra un bakalaura grādus Ventspils Augstskolā datorzinātņu jomā, kā arī apmaiņas programmu ietvaros studējis un strādājis Lundas Universitātē Zviedrijā, Paula Šēra institūtā Šveicē un Somijas Meteoroloģijas institūtā.



Ko valsts ar nedaudz vairāk virs miljona iedzīvotāju un samērā nelielu finansiālu ieguldījumu spēj darīt cilvēces labā, lai dzīvība Visumā turpinātu pastāvēt pēc iespējas ilgāk?

Kas ir lielākais cilvēces un dzīvās pasaules izaicinājums?

Zemes iedzīvotāju skaits un augošais resursu patēriņš liek rūpīgi apsvērt sabiedrības un dzīvības ilgtspēju – kā uzturēt Zemi apdzīvojamu pēc iespējas ilgāk un kā apdzīvot citas vietas ārpus mūsu planētas? Tuvā nākotnē mūs apdraud vides izmaiņas, resursu izsīkums, sociālģeopolitiskas katastrofas, mākslīgais intelekts, globāla pandēmija, atomkarš. Vēlāk – kosmiskas katastrofas, liela asteroīda trieciens un izmaiņas Saules aktivitātē, kas mūsu planētu var padarīt neapdzīvojamu, bet vēl tālākā nākotnē Saule pārstās nodrošināt Zemi ar gaismu un siltumu. Dzīvība ir retums: iespējams, mums sasniedzamā vai saklausāmā attālumā tā ir unikāla, proti, veidojusies tikai vienreiz uz Zemes vai citur Saules sistēmā. Dzīvība ir vērtība, un mūsu uzdevums ir to saglabāt, lai dotu iespēju saprātīgām būtnēm arī nākotnē izzināt sevi un Visumu.

Ir vairāki soļi, kurus mēs varam spert līdztekus, lai nodrošinātu maksimāli ilgu dzīvības pastāvēšanu. Pirmais solis – tā kā cilvēcei dzīvot uz Zemes ir visvieglāk, tai nepieciešams nodrošināt pēc iespējas ilgāku Zemes apdzīvojamību un iegūt vairāk laika darbam pie nākamajiem soļiem. Otrais solis – pētīt dzīvības izcelšanos ārpus Zemes un Saules sistēmas. Trešais – pētīt dzīvības pastāvēšanu un attiecīgos apstākļus citviet Saules sistēmā. Ceturtais – sagatavoties Zemes pamešanai. Šāda vispasaules misija dotu iespēju sadarboties pilnīgi visām zinātnes nozarēm, lai sniegtu savu ieguldījumu dzīvības saglabāšanā. Kopīgs mērķis, iespējams, spētu mobilizēt visus iedzīvotājus un valstis, ļaujot izveidot globālu cilvēces apziņu.

Neskatoties uz problēmas sarežģītību, tādi uzņēmumi kā *SpaceX*, *Tethers Unlimited*, *Deep Space Industries*, *Honeybee Robotics* un *Planetary Resources* ir attīstījuši savu biznesu ar ilgtermiņa mērķi izmantot resursus ārpus Zemes un izplatīt dzīvību Saules sistēmā.

Zemes apdzīvojamība

Satelīts *ESTCube-2*, kuru izstrādā Igaunijas Studentu satelītu fonds (*ESTCube Foundation*) kopā ar Tartu observatoriju, Tartu Universitāti, Somijas Meteoroloģijas institūtu, Ventspils Augstskolu un Zviedrijas uzņēmumu *Nanospace*, pārbaudīs vairākas tehnoloģijas, kas var sniegt ieguldījumu Zemes ilgākai apdzīvojamībai.

Zemes novērošana

Mūsdienās precīzai Zemes novērošanai izmanto satelītus, kuru masa parasti pārsniedz tonnu un kuru izmaksas var sasniegt pat miljardu eiro. Starp satelīta izmēru un izmaksām veidojas sakarība, kas palielina abus lielumus – tā kā satelīti ir dārgi, tad nevar pieļaut misijas neveiksmes, kas savukārt paaugstina prasības, piemēram, liekot dublēt visas sistēmas. Rezultātā palielinās gan satelīta izmērs, gan tā izmaksas. Milzīgie izdevumi neļauj palaist konstelācijas – vairākus viena veida satelītus, kas samazinātu laiku starp novērojumiem. Labākajā gadījumā tiek palaisti divi šādi satelīti, kuri atjauno novērojumus ik pēc sešām dienām, kā to dara, piemēram, *Sentinel-1* misija.

Pilnībā pārskatot satelītu izstrādes principus, var nonākt pie cita veida misijām, kur katra satelīta masa nepārsniedz 100 kg vai pat 10 kg (atkarībā no tālīzpētes metodes), ražošanas un palaikšanas izmaksas ir vien dažī simtūkstoši eiro, kā arī tiek pieļauts risks, ka satelīts var nestrādāt. Izmantojot šādus izstrādes un ražošanas principus, ir iespējams palaist desmitiem satelītu, kuri atjauno novērojumus vairākas reizes dienā. ASV uzņēmums *Planet* jau pierādījis, ka šāds princips ir lietderīgs. Uzņēmums piegādā augstas izšķirtspējas optiskos attēlus ik dienu ar 6 kg smagiem satelītiem, kā arī attīsta tehnoloģijas un produktus multi-spektrālu attēlu piedāvāšanai. Šādus attēlus var izmantot, lai precīzi raksturotu vidi – veģētāciju, mežus, ūdeni, zemi, lauksaimniecības platības, ledu, sniegu utt., kas savukārt dod iespēju pieņemt lēmumus, lai saglabātu Zemi draudzīgu dzīvībai pēc iespējas ilgāk. Eiropā Zemes novērošana ar mazu satelītu konstelācijām vēl ir izstrādes stadijā. Viens no



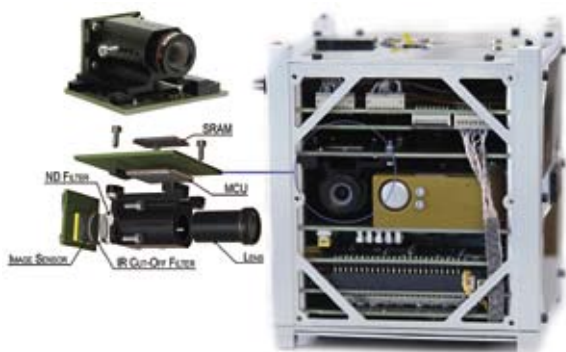
ESTCube-2 tehnoloģiju demonstrācijas misija ar kopējo masu zem 4 kg.
Autori: Taavi Torim un Erik Kulu.

Avots: *ESTCube*



Sentinel-1 divu satelītu konstelācija izmaksā vairākus simtus miljonu eiro; katra satelīta masa ir 2,3 tonnas.

Avots: Eiropas Kosmosa aģentūra



Pirmais Igaunijas satelīts *ESTCube-1* un tā kamera.
Autors: Henri Kuuste.
Avots: *ESTCube*



Kamera, kas izstrādāta ESEO satelītam.
Autors: Henri Kuuste.
Avots: *ESTCube*

veiksmīgākajiem ir Somijas uzņēmums *Iceye*, kas izstrādā sintētiskās aparātūras mikroviļņu radara instrumentus un satelītus, kuru masa nepārsniedz 100 kg – vismaz par kārtu mazāka nekā līdz šim izstrādātie satelīti ar līdzīgiem instrumentiem.

Igaunijas pirmais satelīts *ESTCube-1*, kura misija ilga no 2013. gada maija līdz 2015. gada maijam, uzņēma simtiem augstas kvalitātes attēlu. Pateicoties tiem, komanda tika uzaicināta izstrādāt optisku kameru Eiropas Kosmosa aģentūras izglītības satelītam *European Student Earth Orbiter*, kuru plānots palaist 2017. gadā. Nākamajam satelītam *ESTCube-2* tiek pielāgotas divas šādas kameras, lai uzņemtu attēlus divās spektra joslās un pārbaudītu, vai ir iespējams noteikt veģetāciju indeksu ar instrumentu, kas vieglāks par 1 kg. Paralēli tam tiks izstrādāts instruments, kas spēs sadalīt vairākas spektra joslas viena instrumenta ietvarā, vēl vairāk samazinot instrumenta izmēru.

Kosmiskie atkritumi

Tā kā tiek palaists aizvien vairāk satelītu gan Zemes novērošanai, gan citiem mērķiem, bet noteikumi par Zemes zemo orbītu izmantošanu nenodrošina ilgtspējīgu orbītu lietošanu un kosmosa izpēti, tad palielinās kosmisko atkritumu skaits un tādējādi arī nepieciešamība pēc tehnoloģijām, kuras samazina satelīta orbitālo augstumu, ļaujot tam ātrāk sadegt Zemes atmosfērā. *ESTCube-2* pārbaudīs Kulona pretestības dzinēju (*Coulomb drag propulsion*), kurš samazina satelīta orbitālo ātrumu un augstumu, izmantojot spēku, kas rodas starp jonosfēras plazmu un lādētu vadu vai pavedienu – notiek bremsēšana plazmā (*plasma brake*). Šāds dzinējs izmanto tikai elektroenerģiju (nav nepieciešama darbviena), sver mazāk par puskilogramu un spēj samazināt orbitālo augstumu desmitreiz ātrāk, nekā tas notiek, dabiski izmantojot aerodinamisko pretestību.

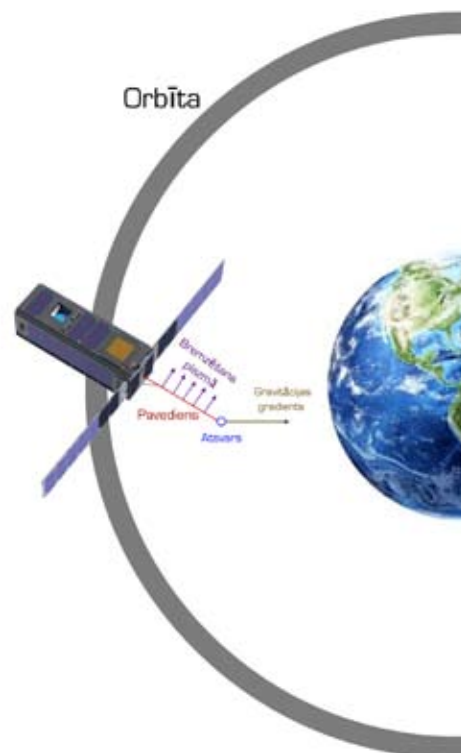
Asteroīda trieciens

Dinozauriem nebija iespēju aizsargāties no asteroīda trieciena, un tiem bija lemta bojāeja. Turpretī mēs spējam izgudrot, analizēt un ieviest tehnoloģijas bīstamu asteroīdu novirzīšanai. Viena no šādām tehnoloģijām ir Kulona pretestības dzinējs, kas sastāv no lādētiem pavedieniem, kurus grūž Saules vējš (jonosfēras vietā, salīdzinot ar bremsēšanu plazmā). Šādu tehnoloģijas pielietojumu sauc par Saules vēja elektrisko buru (*electric solar wind sail*). Arī šajā gadījumā tehnoloģijas lielākā priekšrocība ir spēja strādāt bez darbvienas – šī īpašība ir sevišķi noderīga, jo parasti nokļūšana pie asteroīdiem prasa ievērojamu darbvienas apjomu.

Dzīvība Saules sistēmā

Lielākā daļa starpplanētu misiju veic mērījumus par dzīvības pastāvēšanu un apstākļiem uz citām planētām un debesu ķermeņiem (pundurplanētām, dabiskajiem pavadoņiem, asteroīdiem un komētām). Līdz šim nav iegūti apstipriņoši pierādījumi dzīvības pastāvēšanai ārpus Zemes, kas joprojām ir viena no spēcīgākajām motivācijām sūtīt zondes Saules sistēmā. Vai dzīvība ir radusies uz Zemes vai ārpus tās? Pastāv dažādi modeļi, un ir nepieciešams veikt vairāk mērījumu, lai apstiprinātu, apgāztu vai izstrādātu jaunus modeļus.

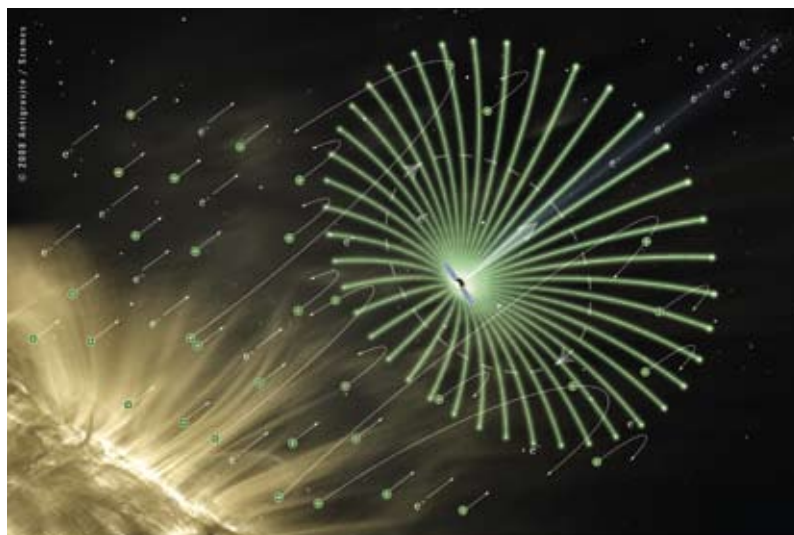
ESTCube-2 tiek izstrādāts, paturot prātā, ka tā pati platforma ar nosaukumu *ESTCube-3* tiks palaista Saules vējā – Mēness orbītā, lai pārbaudītu elektrisko buru. Tātad *ESTCube-3* var uzskatīt par prototipu starpplanētu mi-



ESTCube-2 plazmā bremsēšanas eksperiments.

Autors: Iaroslav Iakubivskiy.

Avots: *ESTCube*



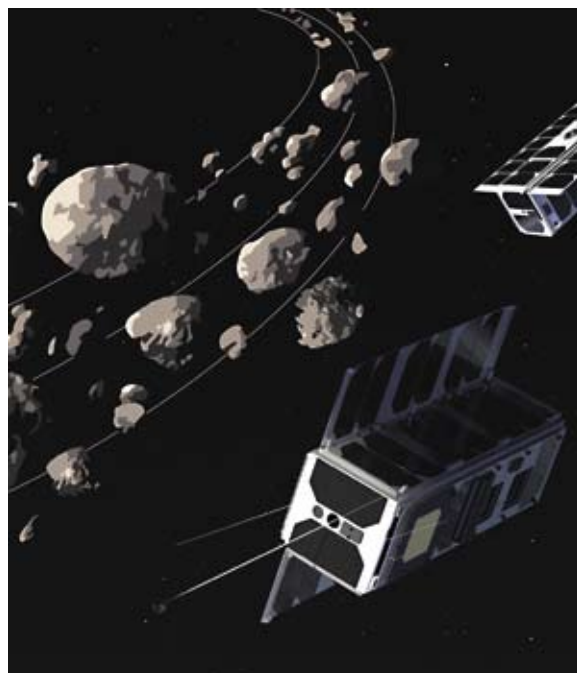
Elektriskās buras zīmējums. Autors: Antigravite, Szames.

Avots: electric-sailing.fi

sijām ar satelītiem, kuru masa nepārsniedz 10 kg. Tam būs: sava dzinējsistēma – elektriskā bura; multispektrālā kamera; papildu Saules paneļi; orientācijas noteikšanas un kontroles sistēma, kurai nav nepieciešams Zemes magnētiskais lauks, jo tā aprīkota ar aukstas gāzes dzinējsistēmu (*cold gas propulsion*), griezes ratiem (*reaction wheel*) un zvaigžņu izsekotāju (*star tracker*).

Uz starpplanētu misijām attiecas tas pats paradokss, kas uz Zemes novērošanas misijām: satelīti ir dārgi, jo tie ir lieli, un, tā kā tie ir dārgi, nevar pieļaut misiju neizdošanos, kas liek tos būvēt vēl lielākus. Līdz šim ir iegūti detalizēti dati par nepilniem 20 asteroīdiem, ko devušas 14 misijas, kuru izmaksas svārstās no 100 miljoniem līdz 1,4 miljardiem eiro. Grūti iedomāties, ka ar šādu pieeju iespējams iegūt plašu ainu par asteroīdiem dažādos Saules sistēmas reģionos, kuri varētu būt kalpojuši par transporta līdzekli vienkāršām dzīvības formām.

Izmantojot desmitiem mazu, ekonomisku satelītu floti, būtu iespējams iegūt mērījumus par simtiem asteroīdu, tā desmitkārtīgi palielinot mūsu zināšanas par šiem objektiem. Šādas misijas izmaksas būtu par kārtu mazākas, salīdzinot ar iepriekšējām misijām uz asteroīdiem, dažu satelītu neveiksme vien margināli iespaidotu misijas rezultātu, un misiju būtu viegli mērot gan zinātniski, gan ekonomiski.



Saules sistēmas apdzīvošana

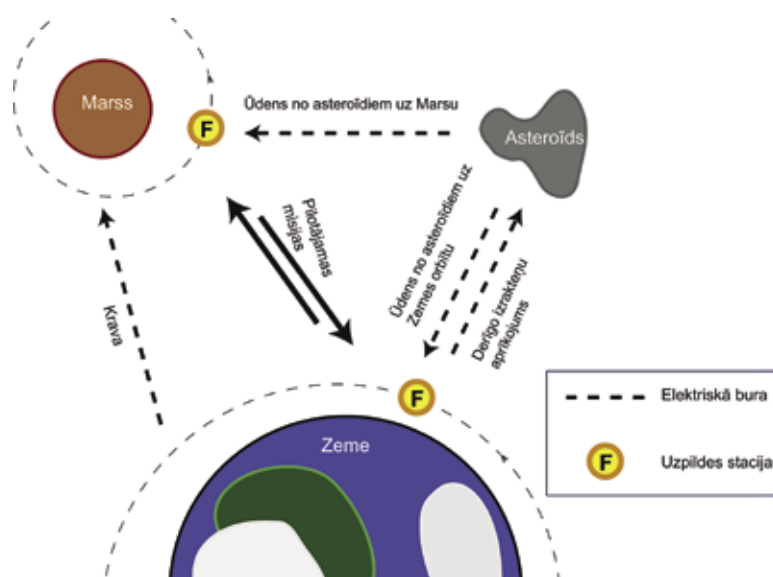
Dzīvošanai ārpus Zemes ir daudz izaicinājumu: gaisa, ūdens, pārtikas un izejmateriālu nodrošināšana; sociālie un psiholoģiskie faktori; mākslīgās gravitācijas nodrošināšana; ķermeņa izturība, ilgstoši uzturoties vājas gravitācijas, samazināta skābekļa, paaugstinātas radiācijas un citos neierastos apstākļos; transporta sistēmu nodrošināšana. Tā varētu turpināt ilgi. Tas patiesi ir lielākais cilvēces izaicinājums.

Lūk, vēl viens iemesls, kāpēc ir svarīgi pētīt asteroīdus: tie satur ūdeni, kas nepieciešams dzīvībai organismiem un ko var izmantot kā darbvietu, kā arī izejmateriālus, no kuriem varētu izstrādāt lielas kosmosa struktūras – antenas, dzīvojamās platības, kosmosa kuģus un tamlīdzīgi. Datus, ko sniegtu iepriekš aprakstītā mazu satelītu flote, varētu izmantot, lai noteiktu, uz kuriem asteroīdiem doties pēc izrakteniem.

Izmantojot liela izmēra elektrisko buru ar desmitiem pavedienu, kuri ir desmitiem kilometru gari (līdzīga bura būtu nepieciešama asteroīdu novirzīšanai), varētu nodrošināt transporta sistēmu starp Zemi, Marsu un asteroīdiem. Elektriskās buras varētu nogādāt kravas no Zemes uz Marsu, kā arī derīgo izraktenu ekipējumu uz asteroīdiem. No asteroīdiem tās nogādātu ūdeni uz Zemes un Marsa orbītām.

Pēc sekmīgiem saules buras pārbaudījumiem Mēness orbītā nākamās paaudzes *ESTCube* satelīti varētu doties uz asteroīdiem. Autori: *Kaidi Marii Kütt* un *Andris Slavinskis*.

Avots: *ESTCube*



Elektriskā bura var piegādāt ūdeni un darbvietu Marsa misijām.

Autori: *Pekka Janhunen, Sini Merikallio un Mark Paton*.

Avots: *EMMI (Electric Solar Wind Sail Facilitated Manned Mars Initiative)*

ESTCube-2 atbalstītāji un izstrādes grafiks

Lai mēs spertu nākamo soli tuvāk dzīvības izplatīšanai Saules sistēmā – izstrādātu un palaistu *ESTCube-2*, mūsu projektu atbalsta uzņēmumi *Protolab, Brandner PCB, Farnell, Fleep, ESATAN-TMS, Atlassian, Mooncascade, COBALT*, kā arī Igaunijas Dabaszinātņu universitāte un Igaunijas Investīciju aģentūra *Enterprise Estonia*.

2017. gada pirmie mēneši ir atvēlēti satelīta apakšsistēmu prototipu ražošanai un integrēšanai. Komanda plāno integrēt inženierijas modeli līdz vasarai, kad tas tiks testēts. Lidojuma modeļa integrāciju plānots pabeigt 2018. gada vidū un tā testēšanu – 2018. gada beigās. *ESTCube-2* plānots palaist 2019. gadā. Ja *ESTCube-2* misija būs sekmīga, tad ceram palaist *ESTCube-3* 2020. gadā. **E&P**