PÄIKESESÜSTEEMI JÄISED MAAILMAD

EESTI ELU SIBERIS

# horisont

RIIKLIKULT TUNNUSTATUD TEADUSE POPULARISEERIJA 2015

2 / 2017 ■ MÄRTS-APRILL ■ HIND 4.90 ■ ■ ■ ■ 51. AASTAKÄIK

## ANTIBIOOTIKUMID KÕIKVÕIMSUSE MINETANUD IMEROHUD

## SOOLE-BAKTERID VAJAVAD KIUDAINEID

## MILLAL SÜNDIS EESTI TEADUS?

MUUSIK TOOMAS LUNGE TEADUSEST

PSÜHHOLOOG GRETE ARRO ÕPPIMISEST

ISSN 0134-2282
9 770134 228007

# MURETULT. UUE KATUSEGA!

Tuleme kohale ja mõõdame. Valmistame ning paigaldame. Üle Eesti.

A&M Toode
25 aastat kogemusi
VÕTMED KÄTTE PLEKITÖÖD

**TEEME KÕIK TÖÖD KORRAGA?**
**JÄRELMAKSUGA!**
- intress al. 15,9%
- sissemakse al. 0 €

**Printech**
Eristu unikaalse ja soodsa pinnakattega!

**AS TOODE KATUSEABI:**
TELEFON: 659 9400, 800 7000

www.toode.ee/printech
e-kiri: toode@toode.ee

**2017. aasta jooksul AS Toode paigaldatud katustele TASUTA 1-aastane lisagarantii!**

Tutvu tingimustega: WWW.TOODE.EE/JARELMAKS või lhv.ee/jarelmaks ja küsi nõu meie asjatundjalt.

* Järelmaksu pakub AS LHV Finance. Järelmaksu krediidikulukuse määr on 25,64% aastas järgmistel näidistingimustel: kauba/teenuse maksumus 650 €, sissemakse 0%, krediidisumma 650 €, intress 19,9% jäägilt aastas (fikseeritud), lepingutasu 19,9 €, järelmaksu periood 25 kuud, tasumine igakuiste annuiteetmaksetena, maksete kogusumma 819 €.

horisont

RIIKLIKULT TUNNUSTATUD TEADUSE POPULARISEERIJA 2015

2/2017
märts–aprill

## SELLES NUMBRIS

Ülar Allas, Tanel Tenson
**Antimikroobsed ained 21. sajandi hakul** 14
Paljude teadlaste arvates oleme sisenenud antibiootikumidejärgsesse ajastusse, kus lugematu arvu elusid päästnud imerohud pole enam kõikvõimsad.

Eva Sepping
**Eestlus Venemaa avarustel: külaskäigud Siberi eestlaste juurde** 32
Siber seostub paljudele enneköike karmi külma ja repressioonidega. Märksa vähem mõeldakse Siberiga seoses sinna 19. sajandil välja saadetud või hiljem omal soovil rännanud eestlastele, kellest paljude järeltulijad elavad tänaseni sellel „külmal maal".

Peeter Tenjes
**Lähemad ja kaugemad kohtumised Päikesesüsteemis** 48
Jupiteri ja Saturni jäiste kaaslaste uurimine võimaldab vastata küsimusele, kui äärmuslikes tingimustes võib kasvõi algeline elu kujuneda.

## HORISONT KÜSIB

**Üksainus küsimus** 8
Leopold Parts
CRISPR/Cas9-tehnoloogiast

**Intervjuu** 22
**Õppimise hämaraladel**
Kuidas on Eesti noorte kurvameelsus seotud kooliga? Psühholoog Grete Arroga vestles Ulvar Käärt.

**Mina & teadus** 28
Muusik Toomas Lunge

## SIIT- JA SEALTPOOLT HORISONTI

Piret Pappel. Suur segadus metallilise vesinikuga 3

Mihkel Kama. Päikesele lähedase tähe ümber avastati seitse Maa-sarnast planeeti 4

Piret Pappel. Uus verstapost doonororganite kasvatamises: sea ja inimese rakkudest kimäär 6

Teaduse elutööpreemia said Enn Tõugu ja Gennadi Vainikko 7

**Muuseumipärl**
Teehöövel Bitvargen – Eesti teedeajaloo jäämurdja 9

**Dokument kõneleb**
Teekond Eesti riikluse tunnustamiseni 10

**Kosmosekroonika** 12

**Teine maailm**
Vesikirp 20

**Eesti teadus 100**
Millal sündis eesti teadus? 30

**Huvitav Venemaa**
Dekabrist Kahhovski pohmell 40

**Teadlane kabinetis**
Miks on vaja toita mikroorganisme meie kõhus? 42

Ain Kallis. Ilm ja sõda 46

## OLÜMPIAAD

Ahto Truu.
Informaatikavõistlused 56

Carel Kuusk.
Esimene kuld astronoomias 57

## PRAKTILIST

**Igameheteadus**
Jürgen Jänes. Leidkem (uus) üheksas planeet! 54

**Raamat**
Taivo Pungas. Tehisintellekt. Loomadest ja masinatest 59

Tiit Kändler. Oraakli ilmumine rahvale 60

Kaarel Piirimäe.
Esimene maailmasõda ja Eesti. II 61

Grete Arro. Lugemiselamus 61

**Enigma** 62

**Ristsõna** 63

**Mälusäru** 64
Nuputamist pakuvad mälumängijad Jevgeni Nurmla ja Indrek Salis. Auhinnaks raamatud!

FOTO: TERJE LEPP

# Igal asjal mitu tahku

1949. aasta märtsis küüditasid punavõimud Eestist Siberisse üle 20 000 inimese, teiste hulgas ka minu vanaema. Ühes onu ja tädiga sai tema uueks koduks Pada küla asemel enam kui 5000 kilomeetri kaugusel Krasnojarski krais Abakani linna külje alla jääv Belõi-Jari küla. Harjuda tuli uue ja võõra reaalsusega, mille lahutamatu osa oli alalõpmata mühisevate voogudega Jenissei, kaljused mäed ning lõputuna näivad stepiavarused.

Mäletan vanaema meenutusi, kuidas ta oli 1956. aastal sünnimaale naastes esialgu kahetsenud, et üldse siia tagasi tuli. Polnud teda siin enam õieti keegi ees ootamas ning kohe oli teda ebameeldivalt tervitanud sant ilm ühes muda ja lögaga. Aastatega järje peale seatud elu ja kõik sõbrad-tuttavad olid Siberisse maha jäänud.

Vanaema pildialbumis on foto, mille saatis talle 1957. aastal Siberist üks saatusekaaslastest – sõbranna, kes polnud esimesel võimalusel tagasiteele asunud. Ajastule omaselt laineliseks lõigatud servadega pildi taha on kirjutatud kõnekad read: „Siberi kuuvalged ööd ja sätendavad sügisesed stepid – nad kas ei kutsu meid!" Ilmselt kraapis sellesse lausesse kätketud Siberi-igatsus esialgu valusalt teistegi tagasitulnud küüditatute hingesid.

Eesti kunstiakadeemia doktorant Eva Sepping märgib selles Horisondis, et Siber seostubki meile peamiselt repressioonidega. Vähem mõeldakse aga Siberiga seoses sinna 19. sajandil välja saadetud või hiljem omal soovil rännanud eestlastele. Teada on, et näiteks 1926. aastal elas Siberis ligi 30 000 eestlast. Just nende kogukondade järeltulijatest, kes elavad mulle endale eeskätt vanaema juttudest tuttavast Abakanist lõunasse jäävatel aladel, kust eesti keel pole senini päriselt kadunud, lähemalt juttu tulebki.

Praegu neid ridu kirjutades olen veidi tõbine – nina on tatine ja kurgumandlid valulikult paistes. Mõned aastad tagasi, kui põletikulised mandlid mind pikalt piinasid, määras perearst raviks nädalase antibiootikumikuuri. Tänu sellele sain terveks. Samas kirjutavad Tartu ülikooli doktorant Ülar Allas ja professor Tanel Tenson selle numbri kaaneloos, et vahepeal kõikvõimsateks imerohtudeks peetud antibiootikumid on oma tõhusust kaotamas. Antibiootikumiresistentsete haigusetekitajate levik, mis viib igal aastal maailmas hauda kümneid tuhandeid inimesi, ajendab teadlasi üha uusi ravimeid välja töötama.

Tänaste antibiootikumide üks häda peitub selles, et nad hävitavad meie organismis ühtmoodi nii haigusetekitajaid kui kasulikke mikroobe. Tallinna tehnikaülikooli keemia ja biotehnoloogia instituudi vanemteadurid Kaarel ja Signe Adamberg tõdevad rubriigis „Teadlane kabinetis", et eriti laastavalt mõjuvad antibiootikumid soolebakteritele, kelleta me aga kuidagi elada ei saa. Nende ja seeläbi ka meie endi heaolu aitab aga hoida toit, milles on rikkalikult kiudaineid.

Head lugemist ja olge terved! •

Ulvar Käärt

Ulvar Käärt, peatoimetaja
ulvar@horisont.ee

ESIKAANE FOTOD: ALAMY / VIDA PRESS, EVA SEPPING

EESTI TEADUSTE AKADEEMIA

horisont

**Ulvar Käärt**, peatoimetaja
ulvar@horisont.ee

**Helen Rohtmets-Aasa,** toimetaja
helen@horisont.ee
**Geda Paulsen**, keeletoimetaja
geda@horisont.ee
**Kersti Tormis**, kujundaja
kersti@horisont.ee
**Helen Lehismets**, reklaamijuht
tel 610 4106,
reklaam@loodusajakiri.ee

**Riho Kinks**, vastutav väljaandja
riho.kinks@loodusajakiri.ee

**Tellimine:** 610 4105,
loodusajakiri@loodusajakiri.ee

Ilmub aastast 1967. 6 numbrit aastas.
Toimetus: Endla 3, Tallinn 10122
tel 610 4107 / faks 610 4109
e-post: horisont@horisont.ee

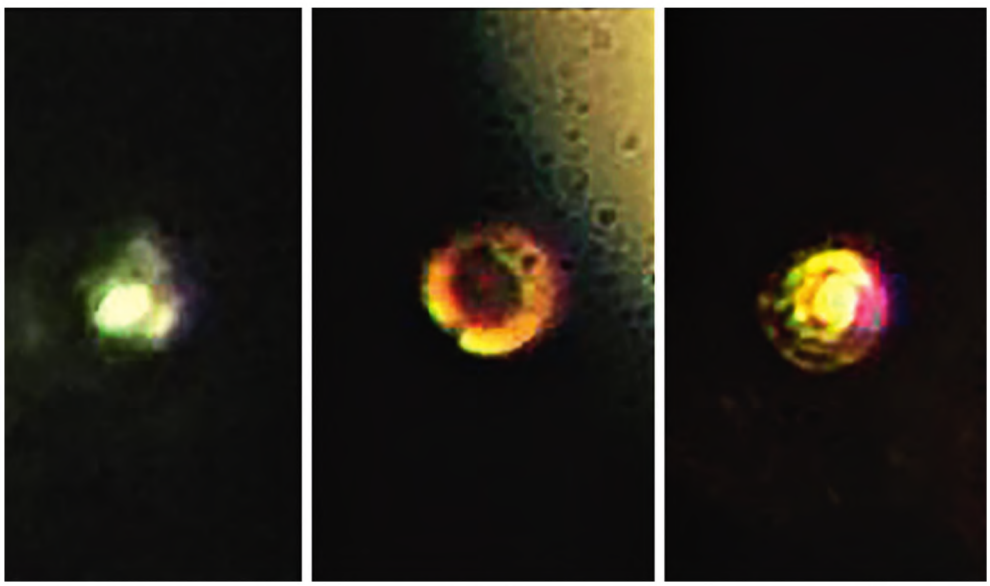
Väljaandja: MTÜ Loodusajakiri,
Endla 3, Tallinn 10122
e-post: loodusajakiri@loodusajakiri.ee

ISSN 2228-3471 (e-luger)
Autoriõigus: MTÜ Loodusajakiri, 2017
Trükkinud Printall AS

4041 0820
Trükitoode

HARIDUS- JA TEADUSMINISTEERIUM

Ajakiri ilmub
haridus- ja teadusministeeriumi
toetusel



RANGA DIAS, I.F. SILVERA

**Vesinikku teemantalasiga „pigistades" kaotas see läbipaistvuse (vasakul) ja muutus mustaks (keskel). Lõpuks hakkas vesinik metalselt läikima (paremal)**

# Suur segadus metallilise vesinikuga

**Universumi kõige levinum element on vesinik, mis maistes oludes on enamasti gaas. Sel aastal on ilmunud kaks tähelepanu väärivat artiklit, millest ühe autorid väidavad, et viisid vesiniku metallisarnasesse olekusse, teise uuringu teinud teadlaste kinnitusel vesinik muutuski metalliks. Haruldane metallitükk aga on praeguseks hoopistükkis kaotsi läinud.**

Metallilise vesiniku olemasolu ennustasid füüsikateoreetikud Eugene Wigner ja Hillard Bell Huntington juba 1935. aastal. Jupiteril, Saturnil ja ilmselt ka osal eksoplaneetidel on rõhk nii kõrge, et seal leidubki peamiselt metallilist vesinikku. Maapealsetes laborites on vesinikku metalliks muuta proovitud juba aastakümneid, kuid seni olid need katsed olnud edutud.

Edinburghi ülikooli teadlased Philip Dalladay-Simpson, Ross T. Howie ja Eugene Gregoryanz teatasid jaanuari alguses ajakirjas Nature, et suutsid teemantalasiga tekitada nii suure rõhu, et vesinik muutus metallisarnaseks: selle aatomite küljest hakkas eralduma elektrone, mis liikusid vabalt ringi nagu metallis. Metallilähedasse olekusse pressitud vesinikul hakkasid avalduma füüsikateoreetikute oletatud omadused, kuid seda oluliselt kõrgemal rõhul kui arvutuste põhjal eeldati. Katse tehti 325 gigapaskali suuruse rõhu juures ja autorite hinnangul peab tõelise metallilise vesiniku saamiseks rõhk olema veelgi kõrgem.

Ajakiri Science avaldas jaanuari lõpus Harvardi ülikooli uurijate Ranga Diasi ja Isaac Silvera uurimuse. Silvera laboris on vesiniku metalliks muundamist katsetatud juba aastakümneid. Esimesed märkimisväärsed edusammud saavutasid uurijad möödunud aastal, kui nad tekitasid teemantalasiga 420 gigapaskali suuruse rõhu, kuid nois katsetes metallilist vesinikku saada ei õnnestunud.

Värske uuringu kinnitusel suutsid teadlased avaldada vesinikuaatomitele koguni 495 gigapaskali suurust rõhku. Ülitihedalt kokku pressitud vesinikul olevat tekkinud metallidele iseloomulikud omadused, sealhulgas ka metalne läige. Paljud teoreetikud on Harvardist tulnud uudise suhtes umbusklikud, kuna katsetingimusi ja vesinikus tekkinud muutusi hinnati vaid kaudsete meetoditega. Laboris kasutatud teemantalasi oli tugevduseks kaetud alumiiniumoksiidi kihiga ja kriitikute arvates võis katse jooksul registreeritud metalne läige tekkida hoopis selle tõttu.

Uudiseid luges ka Tartu ülikooli füüsika instituudi direktor professor Jaak Kikas, kelle sõnul Eestis nii suurtel rõhkudel katseid ei tehta. Mis puutub USA-s tehtud eksperimenti ja selle karmi kriitikasse, siis on siin ainult üks võimalus – katset tuleb korrata.

„Metalliline vesinik, mida oli teoreetiliselt ennustatud juba mõnda aega tagasi, on kahtlemata huvitav materjal, mille saamiseks tasub teha tõsiseid eksperimentaalseid jõupingutusi. Eriti kui see vesiniku olek osutub (piisavalt) stabiilseks ka normaaltingimustel, võib tal olla läbimurdelisi tehnoloogilisi rakendusi tänu eeldatavale ülijuhtivusele ja muudele põnevatele omadustele. Selle üle, kas Harvardi ülikooli teadlastel tõesti õnnestus „unistusteaine" saada või on õigus kahtlevatel oponentidel, polegi eriti pikalt mõtet pead murda. On selge, et tõsikindla vastuse saavad anda vaid korduseksperimendid, kõige parem, kui tehtud mõnes sõltumatus laboris. Kui harvardlastel peaks õigus olema, ei tohiks kinnituse saamiseks enam kaua aega minna," mõtiskleb Kikas.

Korduskatset võib ilmselt oodata üsna varsti, sest veebruari viimastel päevadel teatas Silvera, et nende näidis on kadunud.

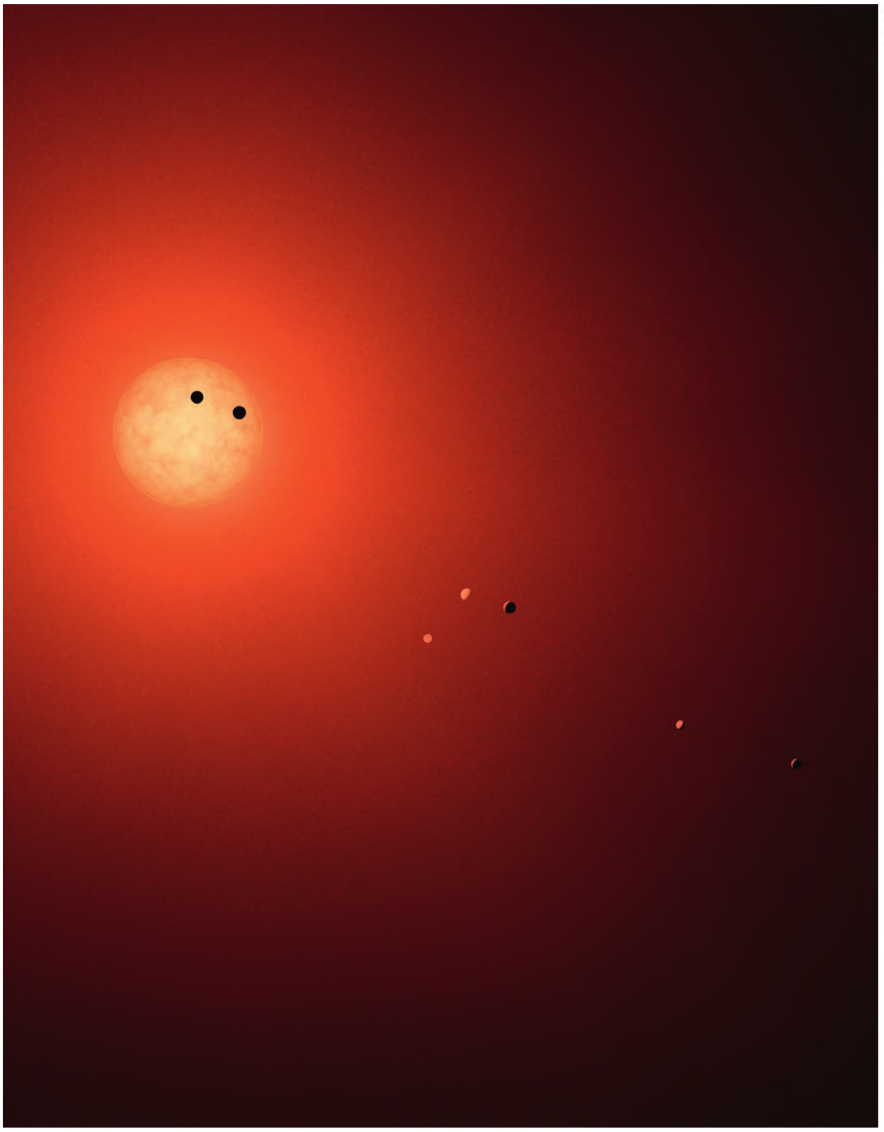
Silvera ja Dias hoidsid oma näidist mitu kuud vedelas lämmastikus, et seda Science'i artikli ilmumise järel põhjalikult uurida ning kõige muu hulgas kindlaks teha selle võimalikud ülijuhtivad omadused. Äpardus juhtus siis, kui haruldast ainet hoidev teemantalasi oma haaret lõdvendas. Kuna väidetav metallilise vesiniku tükike oli tibatilluke – selle läbimõõt oli keskmise inimese juuksekarvast umbes viis korda väiksem, võib see lihtsalt kusagil laboris olla. Samuti võis vesinik rõhu vähenedes uuesti gaasiks muutuda. •

**Piret Pappel**

**Metallilise vesiniku olemasolu ennustati juba 1935. aastal. Laborites on proovitud vesinikku metalliks muuta aastakümneid.**

# Päikesele lähedase tähe ümber avastati seitse Maa-sarnast planeeti

**22. veebruaril teatas rühm astronoome, et meist vaid 39 valgusaasta kaugusel asuva punase kääbustähe TRAPPIST-1 ümber tiirleb seitse planeeti. Kõige vapustavam on see, et TRAPPIST-1 planeedid võivad saada esimesteks elukõlblikus tsoonis paiknevateks planeetideks, mille atmosfääri koostist saab üksikasjalikult uurida, et proovida leida elu märke.**



NASA

TRAPPIST-1 planeedipere kunstniku nägemuses

Kakskümmend kaks aastat tagasi leiti Pegasuse tähtkuju suunas asuva tähe 51 Peg ümber esimene planeet väljaspool Päikesesüsteemi. 51 Peg b (planeedid saavad nimetuse oma ematähe järgi, millele lisatakse avastuse järjekorras ladina tähestiku väiketähed) on nn kuum Jupiter. Kuumad Jupiterid on suured, Jupiteri massiga ehk Maast mitusada korda raskemad ja tohutu vesinikumassiga hiidplaneedid. Kuid esimesed planeedid väljaspool Päikesesüsteemi leiti tegelikult juba 1992. aastal pulsari PSR B1257+12 ümber. Need olid oma põhiomadustelt üllatavalt Maa sarnased kivised planeedid, mille massid ja omavahelised kaugused ei erine kuigivõrd Päikesesüsteemi siseplaneetidest. PSR B1257+12 väikeplaneedid on peale paarisaja sarnase objekti uurimist jäänud üksikjuhuks, mille ainulaadsust me veel täielikult ei mõista. Hetkel on tegemist „tavaliste" tähtede ümber olevate planeetide teket, arengut ja levikustatistikat uuriva astrofüüsika jaoks pisut paradigmavälise kurioosumiga, kust võib tulla veel olulisi läbimurdeid planeeditekke teooriate jaoks.

**Eksoplaneedid ja elu võimalikkus**

Ajapikku on oluliselt täienenud meie pilt sellest, millise jaotusega on planeetide massid, orbiitide omadused jne tavaliste ehk peajada tähtede ümber. Kokku teatakse tänaseks tuhandeid eksoplaneete. Selgub, et uue ajastu algust kuulutanud kuumi Jupitere nagu 51 Peg b on väga vähe, kõigest paari protsendi tähtede ümber. Arvatakse, et säärased planeedid on sarnaselt Jupiteriga tekkinud oma ematähest viis kuni sadakond korda kaugemal kui Maa, kuid pärast seda on need oma sünnikeskkonnast mõjutatuna oma tähele mitu suurusjärku lähemale rännanud, hävitades seejuures tee peale ette jäävad väikeplaneedid. Niisiis ei saakski Päikesesüsteemis kuumi Jupitere olla, kuna planeet Maa ja tema vennad-sõsarad on siin endiselt alles. Üks levinumaid planeeditüüpe on nn Super-Maad ehk ülimaad – Maast ligikaudu neli-viis korda massiivsemad planeedid, milletaolisi sarnaselt kuumade Jupiteridega Päikesesüsteemis üldse ei leidu. Kõige levinumad paistavad aga olevat väikese massiga planeedid, mis on võrredavad Merkuuri, Veenuse, Maa ja Marsiga. Keskmiselt on selliseid planeete enam kui üks iga tähe kohta.

Üks põnevamaid küsimusi eksoplaneetide uuringutes on: millistel tingimustel on planeet sobilik bioloogilise elu tekkeks ja arenguks? Selle küsimusega on tegeletud alates 1950. aastatest ning oma panuse andsid ka maavälise elu teadusliku käsitluse ja aimekirjanduse suurkujud Jossif Šklovski (NSVL) ja Carl Sagan (USA), kelle raamatud ka eesti keeles ilmunud on. Üks olulisemaid „elukõlblikkuse" tegureid on planeedi ematähelt saadav kiirgusvoog – mis reeglina määrab planeedi pinna energiabilansi – kuid rolli võivad mängida ka planeedi sisemuse ja atmosfääri keemiline koostis ja mass, teiste planeetide loodejõudude mõju, kokkupõrked asteroidide ja komeetidega ning palju muud.

Päikesesüsteemi teoreetilise elukõlbliku tsooni sisepiiriks peetakse 0,5 astro-

**Üks põnevamaid küsimusi eksoplaneetide uuringutes on: millistel tingimustel on planeet sobilik bioloogilise elu tekkeks ja arenguks?**

noomilist ühikut ehk poolt Maa ja Päikese vahemaast. Kui planeedile saabub tähelt liiga palju energiat, muutuvad planeedi teised omadused vähemtähtsateks, kuna uusi jahutusprotsesse kuskilt võtta ei ole ning planeet kuumeneb üle. Tsooni välispiir on ilmselt paari astronoomilise ühiku kaugusel, kuid planeedi omadused võiksid seda oluliselt edasitagasi „venitada". Nõrgalt säravate punaste kääbuste ehk M-kääbuste ümber on elukõlblik tsoon aga tähele palju lähemal, kümme kuni sada korda lähemal kui Maa Päikesele.

**Varjutused reedavad**

Harvardi ülikooli astronoomid Courtney Dressing ja Dave Charbonneau ennustasid 2015. aasta juunis tolleks hetkeks leitud eksoplaneetide statistilise analüüsi põhjal, et lähim Maa-suurune ja potentsiaalselt elukõlblik planeet, mis on lisaks sobiva asetusega, et meie silmis oma ematähte varjutada, asub meist ligikaudu 9 kuni 13 parseki (ligikaudu 36 valgusaasta) kaugusel ja tiirleb mõne M-kääbuse ümber. Varjutuste otsimisest on saanud kõige viljakam eksoplaneetide leidmise viis: suure hulga tähtede heledusi pidevalt ja väga täpselt mõõtes on võimalik tabada mõningaid planeete, mis on sattunud tiirlema meie vaatlustasandis.

Kaugelt vaadatuna põhjustab Jupiter Päikest varjutades ligikaudu 1% suuruse muutuse meie tähe heleduses, Maa (või mõned aastad tagasi Päikesest üle läinud Veenus) varjutab aga vaid 0,01% heledusest ja seda kõigest mõne tunni vältel oma aastapikkusest orbiidist. Niisiis on selliste varjutuste leidmiseks vaja head tehnikat, häid andmeanalüüsioskusi ning palju kannatust. Kääbused on siin eriti põnevad, kuna need on kõige levinumad tähed – neid on Päikese-laadsetest tähtedest suurusjärk enam – ning nende väike läbimõõt (kõigest kümnendik Päikesest) muudab hõlpsamaks ka väikeste planeetide varjutuste leidmise.

Varsti pärast Dressingu ja Charbonneau artiklit hakkaski juba pikalt asja kallal töötanud rühmadelt riburada saabuma põnevaid avastusi. 2015. aasta augustis teatas Massachusettsi tehnikainstituudi ja Harvard-Smithsoniani astrofüüsika keskuse teadlase Zachory K. Berta-Thompsoni juhitud rühm 1,2 Maa massiga ja oma ematähte varjutava planeedi leidmisest 12 parseki kaugusel asuva kääbustähe GJ 1132 ümber. Aasta hiljem, 2016. aasta augustis, kinnitas Londonis asuva Queen Mary ülikooli astronoomi Guillem Anglada-Escudé juhitud rühm, et 1,4 Maa massiga planeet tiirleb ka meile kõige lähema tähe, 1,3 parseki kaugusel asuva Proxima Centauri ümber. Proxima Centauri b, nagu planeeti ametlikult nimetatakse, on saanud ka vene miljardäri Juri Milneri rahastatud tähtedevaheliste uurimissondide projekti Breakthrough Starshot sihtmärgiks. Kumbki neist väga põnevatest planeetidest polnud aga ühtaegu oma ematähte varjutav ega paiknenud selle elukõlblikus tsoonis.

**Erakordset on TRAPPIST-1 planeedipere puhul palju. Näiteks on kõik seitse planeeti ligikaudu sama suured kui Maa, kõigi pinnal võib teoreetiliselt leiduda vedelat vett (ehkki kõige tõenäolisem on see planeetide c, d ja f puhul) ning süsteemis on teadaolevatest kõige suurem arv omavahel orbitaalsetes resonantsides asuvaid planeete.**

**Belgia õlle ja küpsiste nimedega uurimisprogrammid**

2016. aasta maikuus lendas komeedina eksoplaneetide uuringute taevasse noor Belgia astrofüüsik, Michel Gillon. Algselt oli Gillon sõjaväelane. Teeninud pärast kooli seitse aastat Belgia armees, otsustas ta teadlaseks saada, läbis vajaliku kraadiõppe ning töötab täna Liege'i ülikoolis, kus juhib mitmest väikesest teleskoobist koosnevat eksoplaneetide vaatlusprogrammi TRAPPIST (TRansiting Planets and PlanetesImals Small Telescope). Lähiajal laieneb TRAPPIST võimsamaks programmiks nimega SPECULOOS (Search for habitable Planets EClipsing ULtra-cOOl Stars), kus vaadeldavate M-kääbuste arv kümnekordistatakse. Mõlemad programmid on nimetatud Gilloni rühmale meeltmööda Belgia toidukaupade – õlle ja küpsiste – järgi.

Mis oli Gilloni 2016. aasta saavutus? Ta leidis tähevarjutuse meetodiga meist 12 parseki kaugusel asuva M-kääbuse TRAPPIST-1 ümbert kolm Maa-suurust planeeti, millest kaks olid üsna elukõlbliku tsooni serval – täpselt nagu Dressing ja Charbonneau 2015. aastal statistilise analüüsi põhjal ennustanud olid. Kolmanda planeedi orbiiti ei suutnud Gilloni rühm esialgsete andmete põhjal üheselt määrata. Vaatlusi jätkati ning 2016. aasta lõpuks oli erinevate teleskoopidega kogutud ligikaudu 1500 tunni jagu andmeid, muuhulgas ka tõelise aarde koju toonud kolmenädalane vaatlus NASA kosmoseteleskoobiga Spitzer. Selgus, et esialgsetes andmetes kolmandaks planeediks peetud signaali põhjustas mitu planeeti ja TRAPPIST-1 planeedipere liikmeid on vähemalt seitse.

**Erakordne planeedipere**

Erakordset on TRAPPIST-1 planeedipere puhul palju. Näiteks on kõik seitse planeeti ligikaudu sama suured kui Maa, kõigi pinnal võib teoreetiliselt leiduda vedelat vett (ehkki kõige tõenäolisem on see planeetide c, d ja f puhul) ning süsteemis on teadaolevatest kõige suurem arv omavahel orbitaalsetes resonantsides asuvaid planeete (planeetide tiirlemisperioodid suhtuvad üksteise nagu väikesed täisarvud). Viimane tõsiasi tähendab, et planeetide vahel on tugevad ja regulaarsed gravitatsioonilised vastasmõjud, mis võivad aidata kaasa näiteks atmosfääri arenguks olulise vulkanismi olemasolule. Kääbustähtedele lähedal asuvate planeetide puhul peetakse tõenäoliseks, et nende tiirlemis- ja pöörlemisperioodid on sünkroonis. Teisisõnu, planeet on alati sama näoga oma tähe poole – ühel poolkeral on lõputu päev, teisel lõputu öö. Seda ööd kaunistaks TRAPPIST-1 planeetide taevas aga terve perekond meile tuttava Kuu suuruseid eredaid planeete. Nimelt on TRAPPIST-1 planeedid üksteisest vaid umbes paari miljoni kilomeetri kaugusel, kõigest mõned korrad kaugemal kui Kuu on Maast.

Kõige olulisem on TRAPPIST-1 juures see, et meile väga lähedal asuva tähe ümber tiirleb vähemalt kolm ja võib-olla kuni seitse potentsiaalselt elukõlblikku planeeti, mille atmosfääre on võimalik varjutuse meetodil lähemalt uurida. Selleks jälgitakse väga pikalt ja täpselt planeetide ematähe spektrit. Kui mõnel planeedil on arvestatav atmosfäär, neelab see tähevalgust valikuliselt ning varjutuseaegsete ja -väliste spektrite võrdlemisel on võimalik välja lugeda atmosfääri omadusi nagu koostis ja pilvede olemasolu.

Esimese säärase uuringu viis juba läbi Julien de Wit, samuti belglane, kes töötab Ameerika Ühendriikides. Tema töö näitas, et TRAPPIST-1 planeetide b ja c atmosfäärid ei koosne peamiselt vesinikust, kuid andmed on kooskõlalised veerikka ja võrdlemisi pilvitu (selgetaevalise) atmosfääriga. Täpsemad uuringud jätkuvad. Tuleval aastal lennutatakse kosmosesse NASA järgmise põlvkonna kosmoseteleskoop James Webb. Arvutused näitavad, et James Webbi abil on võimalik TRAPPIST-1 planeetide atmosfäärides oluliste eluga seotud gaaside nagu vee, metaani, süsihappegaasi, süsinikmonoksiidi ning osooni sisalduse määramine. Juba lähiaastatel võib TRAPPIST-1 saada esimeseks eksoplaneetide süsteemiks, kus määratakse bioloogilise elu võimalikkusele osutavate gaaside sisaldus planeedi atmosfääris. •

**Mihkel Kama**, Cambridge'i ülikooli astronoom

# Uus verstapost doonor-organite kasvatamises: sea ja inimese rakkudest kimäär

VIDA PRESS

**Jaanuari lõpus ilmus ajakirjas Cell artikkel, milles anti teada sea- ja inimrakkudest koosnevate loodete loomisest. Sellised kimäärid on järjekordne samm inimesele sobivate doonorelundite kasvatamise suunas, kuid meetodid vajavad veel tublisti täiustamist ja lihvimist.**

Vana-Kreeka mütoloogias oli kimäär otsekui mitme looma kehaosadest kokku pandud koletis. Bioloogid nimetavad kimääriks organismi, mis koosneb enam kui ühest sügoodist (ehk viljastatud munarakust) pärinevate rakupopulatsioonide segust.

Eri liikide kimääride uurimisega on tegeldud aastakümneid ja enamasti kasutatakse nende saamiseks meetodit, kus ühe liigi tüvirakke süstitakse teise liigi varasesse embrüosse. Võõrad rakud peaksid hakkama seal kasvama ja arenema, kuid enamasti ei tule elujõulise hübriidloote saamisest midagi välja.

Värskelt ilmunud uurimuses katsetasid USA Salki instituudi teadlased kõigepealt hiireloodetega. Bakteritelt laenatud CRISPR/Cas-meetodit kasutades lülitati hiire viljastatud munarakus välja organite tekke eest vastutavad geenid. Seejärel süstiti neisse roti pluripotentseid tüvirakke ja saadud looted istutati hiire emakasse.

Kuna elunditeket hakkasid neis loodetes dikteerima rotigeenid, siis saadi kimäärid, kelle organid koosnesid suuresti rotirakkudest. Näiteks õnnestus hiirelootele, kel kõhunäärme kujunemist määravad geenid olid välja lülitatud, kasvatada see organ hoopistükkis rotirakkudest. Samuti moodustasid rotirakud areneva looma kehasse sapipõie, kuigi rottidel endal seda elundit ei olegi. See kinnitab, et loomade DNA-s on alles iidsed arengujuhised, mis kunagi kontrollisid nende eellaste keha elundite teket.

Hiire-roti kimäärid sündisid ja elasid ligemale kaheaastaseks, mis on pisinäriliste puhul üsna tavaline eluiga. Seejärel katsetati kahe kaugema sugulase – inimese ja seaga. Sealoodetesse süstiti inimese tüvirakke ja embrüod istutati emise emakasse, kus neil lasti areneda neli nädalat.

Just siga peetakse parimaks elundikasvatuspolügooniks. Tartu ülikooli rakubioloogia professori Toivo Maimetsa kinnitusel on põhjus lihtne: siga on biokeemiliselt inimesele lähedane ja selle liigiga on katseid teha suhteliselt odav. Ahvide kasutamine on tohutult kallim ja primaatide puhul võib tekkida eetilisi probleeme.

Maimetsa sõnul pole see sugugi esimene kimääridega tehtud eksperiment. „Kana ja vuti kimäär tehti juba 1970. aastatel. Pärast seda on tehtud erinevaid hiireliike: hiir-rott, lammas-kits, ahv-ahv ja ahv-hiir," loetleb professor.

„Ka inimese kimääre on juba varem tehtud: rott-inimene ja isegi rott-inimene-hiir. Viimastel puhkudel oli tegu rohkem diferentseerunud neuraalharja rakkude või ka neuraalsete tüvirakkudega, aga kimäärid igatahes saadi. Kõnealuse Belmonte töörühma saavutuse uba on veidi spetsiifilisem. Esimest korda õnnestus inimese pluripotentseid tüvirakke kasvama saada mitte närilises, vaid suuremas loomas. Pikalt kasutusel olnud meetodid ühendati uue CRISPR/Cas-tehnoloogiaga, mis võimaldab genoome muuta."

Eksperimendiseerias suutis ligemale kahest tuhandest emakaseinale kinnitunud embrüost 28 päeva vanuseks saada ainult 186 loodet. Embrüotes oli märke inimrakkude funktsioneerimisest, kuid paraku oli neid searakkude hulgas üsna vähe. Salki instituudi teadlaste hinnangul oli igas kimääris iga kümne tuhande searaku kohta üks inimrakk.

Kui palju rohkem peaks kimääris inimrakke olema, et seda tasuks ravimikatsetuseks või arengubioloogilise mudelina kasutada?

Maimetsa sõnul on seda raske öelda. „Üks organ koosneb ikka tohutust hulgast rakkudest. Kui kogu 70-kilone inimene sisaldab umbes 10 astmel 14 kuni 15 rakku, siis üks paarisajagrammine organ peaks ikka vähemalt 10 astmel 12 rakku sisaldama. See on miljon miljonit."

Siirdamiskõlbulike organite loomiseni on siiski pikk tee minna. Sead ja inimesed asuvad evolutsioonipuul üksteisest tunduvalt kaugemal kui hiired-rotid. „Inimese ja sea evolutsiooniline kaugus on ikkagi 96 miljonit aastat (näiteks hiire ja roti puhul on see 20,9 miljonit) ja seetõttu võib kogu asi üldse mitte õnnestuda. Nii et eks tulevik näitab," arvab professor. •

**Piret Pappel**

ANNIKA HAAS

Teaduse elutööpreemia pälvinud Enn Tõugu peab tänukõnet

# Teaduse elutööpreemia said Enn Tõugu ja Gennadi Vainikko

**Eesti Vabariigi 99. aastapäeval anti Tallinnas Eesti teaduste akadeemias laureaatidele kätte tänavused riigi teaduspreemiad. 40 000 euro suurused teaduse elutööpreemiad pälvisid arvutiteadlane Enn Tõugu ja matemaatik Gennadi Vainikko.**

Enn Tõugut – Horisondi lugejatelegi tuttavat autorit – peetakse Eesti arvutiteaduse mitme põlvkonna lapsevanemaks. Tema tegutsemisest aastakümneid tagasi on alguse saanud näiteks tarkvaraarendus, küberkaitse ja algoritmiteooria. Hoolimata sellest, et paljud Tõugu teedrajavad tööd on avaldatud vene keeles, on ta omas vallas teada-tuntud kogu maailmas.

Tõugu loodud vundamenti peetakse kaudselt ka eesti IT-idufirmade edu võtmeks, sest kõik viimaste aastakümnete vältel Eestis hariduse saanud tarkvarainsenerid ja arvutiteadlased on mõjutatud tema tegevusest. Praegu töötab Tõugu Tallinna tehnikaülikooli tarkvarateaduse instituudis juhtivteadurina.

Tartu ülikooli emeriitprofessor Gennadi Vainikko on aga rahvusvaheliselt tuntuim Eesti matemaatik, paljude teedrajavate monograafiate autor või kaasautor. Tema erakordselt tulemuslik uurimustöö on keskendunud spetsiifilist laadi integraal-, diferentsiaal- ja operaatorvõrranditele. Ta on teinud teaduse eesliini saavutusi üliõpilastele arusaadavaks paljudes maailma ülikoolides, sealhulgas ligi kümme aastat Helsingi ülikoolis.

Elutööpreemiate kõrval anti parimate teadustööde eest välja veel kaheksa 20 000 euro suurust preemiat.

Täppisteaduste alal sai selle tööde tsükli „Galaktilised filamendid kosmilises võrgus“ eest astrofüüsik Elmo Tempel;

keemia ja molekulaarbioloogia alal tööde tsükli „Inimkonna geneetilise varieeruvuse olemus ja kujunemine“ eest Mait Metspalu, Toomas Kivisild, Luca Pagani, Monika Karmin, Lauri Saar ja Richard Villems;

tehnikateaduste alal uurimistöö „Äriprotsesside andmekaeve teooria“ eest Marlon Gerardo Dumas Menjivar;

arstiteaduse alal teadus-arendustöö „Kullerpeptiidide väljatöötamine sihtmärgistatud vähiraviks“ eest Tambet Teesalu;

geo- ja bioteaduste alal tööde tsükli „Fanerosoikumi selgrootute paleoökoloogia ja biomineralisatsioon“ eest Olev Vinn;

põllumajandusteaduste alal teadustöö „Häiringurežiimi ja ainevoogude tähtsus boreaalse ja hemiboreaalse vööndi metsade majandamisel“ eest Kalev Jõgiste (kollektiivi juht), Marek Metslaid ja Kajar Köster;

sotsiaalteaduste alal tööde tsükli „Venemaa käsitlused rahvusvahelisest õigusest ja inimõigustest“ eest Lauri Mälksoo ning humanitaarteaduste alal tööde tsükli „Eesti hilismuinasaja ja ajaloolise aja maa-arheoloogia: ühiskond ja kultuur“ eest Heiki Valk. **Horisont**

## HORISONT KIRJUTAS

**50 aastat tagasi**

HORISONT 3/1967, LK 5

**Horisont esitleb Nõukogude Liidu ja ühtlasi kogu maailma üht tehnikaimet – tollast suurimat lennukit An-22, mille esimene mudel sai tuule tiibadesse 1965. aastal. Ukrainas ehitatud õhulaeva pikkus küündis 58 meetrini ja tiibade laius üle 64 meetri.**

„See maailma suurim lennuk võib 45-tonnise laadungiga vahemaandumiseta lennata 11 000 km. Üldse aga võtab An-22 peale 80 tonni laadungit või 720 reisijat. [---] Hiidlennuki kiiruseks on 740 km/h.“

Täna on maailma suurim lennuk An-22 hilisem vend, 1988. aastast kasutusele tulnud An-225. Pikkust on sel 84 meetrit ja tiibade laius üle 88 meetri, kandevõime 640 tonni ning lennukaugus 14 000 km.

**40 aastat tagasi**

HORISONT 3/1977, LK 32–34

**Bioloogiakandidaat Aino Paivel tutvustab varajasi sibullilli.**

„Väga ilus varakevadel õitsev lill on märtsikelluke (*Laucojum vernum*), mis vaatamata oma nimetusele õitseb aprillis samaaegselt lumikellukestega. Märtsikellukesed vajavad huumusrikast parasniisket mulda, mis sisaldab ka lupja. Nad on tundlikud mulla liighappesuse suhtes. Kõige paremini arenevad nad puude ja põõsaste all poolvarjus, kuhu neid võib istutada koos lumikellukestega.“

Nii märtsi- kui lumikellukesed on tänaseni armastatud kevadekuulutajad ning pole 40 aastaga meie lillepeenardest kadunud.

**30 aastat tagasi**

HORISONT 3/1987, LK 30

**Arhitekt Fredi Tomps selgitab, mille poolest on erakordsed märtsinumbri tagakaanefotol ilutsevad Viru-Nigula Maarja kabeli varemed.**

„Säilinud müüride järgi võib kindlalt väita: tegu on täiesti omalaadse rajatisega, millesarnast ei leidu ka teiste umbes samal ajal (13. sajandil) püstitatud hoonete hulgas. Ehituslaad ja konstruktsioonid viitavad nimelt idast tulnud eeskujule, mida tolle aja Eesti ehituskunstis võib kahtlemata erakordseks pidada. Hoone põhiplaan on nn kreeka risti (neli võrdset haru) kujuline. [---] Arhiiviandmed kabeli kohta kahjuks puuduvad. Küllalt teatakse rahvasuus liikunud pärimsi paiga võlujõu kohta. [---] Ümberkaudsed inimesed tulid kabeli juurde ööpimeduses, südames salasoovid ja käes ohvriannid.“

**20 aastat tagasi**

HORISONT 3/1997, ESIKAANE SISEKÜLG

**Mall Hellam, Avatud Eesti fondi juht ja Ungari aukonsul Eestis, juhatab sisse Horisondi erinumbrit, mille keskmes on meie hõimurahvas ungarlased.**

„1996. aastal tähistasid madjarid maahõivamise 1100. aastapäeva, millest kujunes oluline sündmus ungari kultuuri ja ajaloo teadvustamisel nii kodumaal kui rahvusvahelisel tasandil. Loodan, et ajakirja „Horisont“ erinumber annab eestlastele võimaluse süveneda Ungarisse ja ungarlastesse ning loob eeldused Eesti ja Ungari vaheliste suhete taassünniks.“

# CRISPR/Cas9-tehnoloogiast

**Uus ja paljulubav CRISPR/Cas9-tehnoloogia on kergesti rakendatav ja perspektiivikas paljudes uurimisvaldkondades.**

Kõiki elusorganisme ründavad viirused – kui inimestel on neile vastamiseks treenitud immuunsüsteem, mis veres vahti peab, siis üherakulistel bakteritel sellist luksust pole. Neil on pisikutega võitlemiseks kasutusel üsna kaval kaheosaline meetod. Esiteks koguvad nad oma geenide vahelisse kindlasse piirkonda jupikesi viirustest, mis neid on rünnanud. Seda piirkonda kutsutaksegi CRISPR-iks (*Clustered Regularly Interspersed Short Palindromic Repeats* 'korrapäraste vahedega kogunenud lühikesed palindroomsed kordused') ja seega kujutab CRISPR-i DNA endast bakteri mälu eelmistest ründajatest. Süsteemi teine osa, Cas9, on valk, mis seob endaga CRISPR-i DNA mälust saadud viiruse DNA-šablooni ning otsib sellele vastet, mis on mõneti sarnane immuunsüsteemi rakkude käitumisega inimese veres. Kui bakterit peaks uuesti ründama sama viirus, leiab Cas9-valk koos viiruse DNA-šablooniga selle üles ning lõikab viiruse DNA tükkideks.

Veidi ootamatult selgus, et bakterite Cas9-valku on võimalik tõsta inimese rakkudesse, kus see töötab täpselt samamoodi. Vajamineval DNA-šablooonil ei pea olema viiruse tausta, vaid see võib pärineda kasvõi inimesest endast – nii saab näiteks valida šablooni ühe geeni järgi ja Cas9 lõikab selle kohusetundlikult valitud kohas katki. Erinevalt bakteritest leidub inimese rakkudes aga mitmeid molekulaarseid masinaid, mis tegelevad DNA hooldamisega ning liidavad katkilõigatud jupid uuesti kokku. Taoline parandamine pole täiuslik, sest selle tulemusena võib DNA-sse tekkida vigu või DNA jupiotste vahele lisanduda koguni uut materjali. Niimoodi vigu tekitades saabki paljude liikide, sealhulgas inimese geene üsna lihtsasti katki teha ning veidi keerulisema katsega ka kontrollitult muuta.

CRISPR/Cas9-süsteemi muudab revolutsiooniliseks eelkõige selle rakendamise kergus. Enne selle kasutuselevõttu puudus lihtne viis, mis oleks lubanud anda molekulaarsetele masinatele „aadressi", mida DNA-s otsida. CRISPR-i DNA-šabloon on äärmiselt kohandatav ja väheste pingutustega rakendatav – pea igas laboris, kus seda on proovitud, on see edukaks osutunud.

Uus ja paljulubav tehnoloogia on olemas. Alusteadustes kasutatakse seda DNA funktsiooni uurimiseks, et erinevate organismide geenidest paremini aru saada. Ühest küljest saab CRISPR/Cas9 tõsta pea igasse elusolendisse, et sama meetodiga uurida inimkonda toitvaid teravilju, haigusi tekitavaid baktereid, ravimeid tootvaid pärmirakke, erinevaid vähiliine, sooleusse ning malaariaparasiite.

Teisest küljest saab Cas9-valku muuta nii, et see katkilõikamise asemel hoopis võimendab või vaigistab geeni. Sedasi on võimalik esitada arvukaid küsimusi – mis saab, kui geen on katki? Mis juhtub, kui geeni väljundit on vähem või rohkem? Kas sama geen töötab mõnes teises organismis? Esialgu seisnebki CRISPR/Cas9-süsteemi tuntavaim mõju andmete kättesaadavaks tegemises tervetele bioteaduste valdkondadele, et paljudele lihtsalt püstitatavatele, ent seni raskelt lahendatavatele küsimustele oleks viimaks võimalik vastata.

Meditsiinis seostatakse CRISPR/Cas9-tehnoloogiaga suuri ootusi, lootusega leida võimalusi geneetiliste haiguste raviks, päritavate haiguste ennetamiseks ning personaalseks vähikontrolliks. Geneetiliste haiguste ravimiseks on vaja õigetes rakkudes ära parandada katkine geen. Selleks on tarvis CRISPR/Cas9 rakkudesse kohale toimetada, tehes seda nii, et inimese DNA-d oleks sel viisil ohutu muuta. Riskiks on, et šabloon võib leida üles ka vale koha ning kõrvaltoimena muuta soovitud geenile lisaks ettearvamatult veel teisigi. Keeruline on ka CRISPR/Cas9 kohaletoimetamine, sest kuidas teha ravimile selgeks, et ta siseneks näiteks ainult diabeeti põhjustavatesse pankreaserakkudesse või kontrollimatult jagunevatesse vähirakkudesse?

Esimesed edukad katsetused on siiski juba läbi viidud. Üks lihtsamini rünnatavaid geneetilisi haigusi on sirprakuline aneemia (*sickle cell disease*), mis muudab vererakkude kuju nii, et nende vastupidavus väheneb ja nad võivad hakata veresoontesse kinni jääma. Kuigi süüdi on vaid üks katkine geen ning haiguse molekulaarne alus on teada juba 1949. aastast, ei ole sellele seisundile siiani ravi leitud. Piisaks aga ainult ühe geenikoopia parandamisest ~5% vererakkudes, et sümptomeid leevendada. Teadlased eraldasid selleks patsiendi vererakkude eellased, parandasid neist CRISPR/Cas9-tehnoloogia abil katseklaasis võimalikult suure osa ning viisid need alustuseks hiirtesse. Selle tulemusena nõrgenesid oluliselt haiguse tunnused, mis ilma parandamata oleksid olnud ilmsed [1].

Paljulubavad on ka katsetused vähiravis. Ideaalis võiks iga patsiendi rakkude peal proovida kõiki ravimeid, et leida üles need, mis tapavad vähirakud, aga ei mõjuta tavalisi keharakke. Paraku on ravimeid liiga palju ning sellise katse läbiviimiseks vajalikku suurt rakuhulka keeruline kätte saada. Samas on CRISPR/Cas9-tehnoloogia abil võimalik lülitada kõik geenid ühekaupa välja ning küsida, millist vähirakkudele vajalikku geeni tavalistel rakkudel tarvis ei lähe [2]. Selline meetod võimaldab valida ravimi, mis ründab üksnes vähile olulisi geene. Samamoodi saab rakendusi otsida ravimitele – kui mõni geen on oluline üksnes juhul, kui rakkudele ravimit antakse, võiks CRISPR/Cas9-tehnoloogiat kasutada patsientidel, kellel esineb sellise geeni mutatsioon ainult vähirakkudes.

CRISPR/Cas9 on uus tööriist, millele otsitakse täna rakendusi väga laial rindel. Nagu ikka, kulub igapäevasesse ravipraktikasse jõudmiseks tarvilike ohutuskatsete tegemiseks ja kasutegurite hindamiseks omajagu aega ning lisaks on tarvis läbi vaielda ühiskonna eetilised positsioonid – kas võib näiteks muuta munaraku DNA-d, et vältida raskeid pärilikke haigusi? Sõltumata ravikasutustest on kindel, et tänu CRISPR/Cas9-tehnoloogiale õpime me nii ennast, haigusi, toiduallikaid kui ka meid ümbritsevat elusloodust palju paremini tundma. •

[1] https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27733558
[2] https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27760321

WELLCOME IMAGES

**LEOPOLD PARTS**
WELLCOME TRUST SANGERI INSTITUUDI RÜHMAJUHT, TARTU ÜLIKOOLI ARVUTITEADUSE INSTITUUDI VANEMTEADUR

# Teehöövel Bitvargen – EESTI TEEDEAJALOO JÄÄMURDJA

**Kuni 1920. aastateni oli teede hooldamine Baltimaades maaomanike ja põllumeeste kohuseks. Talurahva kasutada olnud vahendid olid lihtsad ning töö aeganõudev ja väheefektiivne. 1926. aastal teedeministeeriumi tellimusel Rootsist prooviks hangitud kaks esimest Bitvargeni teehöövlit panid liikuma jää, mis äratas siinsed tee-ehitajad sajandeid väldanud talveunest.**

Kui hobuliikluse jaoks sobisid peaaegu igasugused teeolud, siis auto oli palju nõudlikum. Uut ajastut tähistas USA-s 1875. aastal leiutatud teehöövli kasutuselevõtt. Tegemist oli nn haagishöövlitega, mida veeti alguses hobuste ja hiljem traktoriga. 1920. aastal asus teehöövlite sünnimaal USA-s Milwaukees tegutsenud Wehr Company tootma iseliikuvaid teehöövleid, mille jõuallikaks oli Fordsoni traktorimootor.

Rõhuva enamuse tollastest Eesti teedest moodustasid kruusateed (24 000 kilomeetrit), kivisillutisega maanteid ehk nn kunstteid oli tollal vaid 700 kilomeetrit. Nii asutigi kõigepealt korrastama kruusateid, et neil saaks sõita ka poristel aastaaegadel. Alles seejärel oli võimalik alustada kunstkattega teede rajamist, mis nõudis inim- ja hobujõule lisaks kaasaegset tehnikat.

Toonaseid olusid arvestades oli kõige hädavajalikum kaasaegse teehöövli hankimine, millega saaks kruusateede roopaid ja teepinda tasandada aastaringselt. Eesti teedeministeeriumi esindajad valisid välja Stockholmis valmistatud Bitvargeni mootorhöövli, mille esimesed kaks eksemplari jõudsid Tallinna 1926. aasta juunis. Nagu tee-ehitajad kinnitasid, töötas höövel loodusliku kruusaga parandatud teedel hästi ning võimaldas kitsaid kruusateid odavalt ja kiirelt tasandada ja laiendada.

1927. aastal telliti kahele teehöövlile lisaks veel kümme masinat, mis valmistati allhanke korras Tallinnas, AS-is Ilmarine, kus kohandati kokkupandavad teehöövlid ka Eesti oludele vastavaks. Nii täitubki tänavu 90 aastat Bitvargeni teehöövlite tootmise algusest kohalikus masinaehitustehases Ilmarine, kus valmistati 1930. aastate keskpaigaks kokku ligi 120 teehöövlit. •

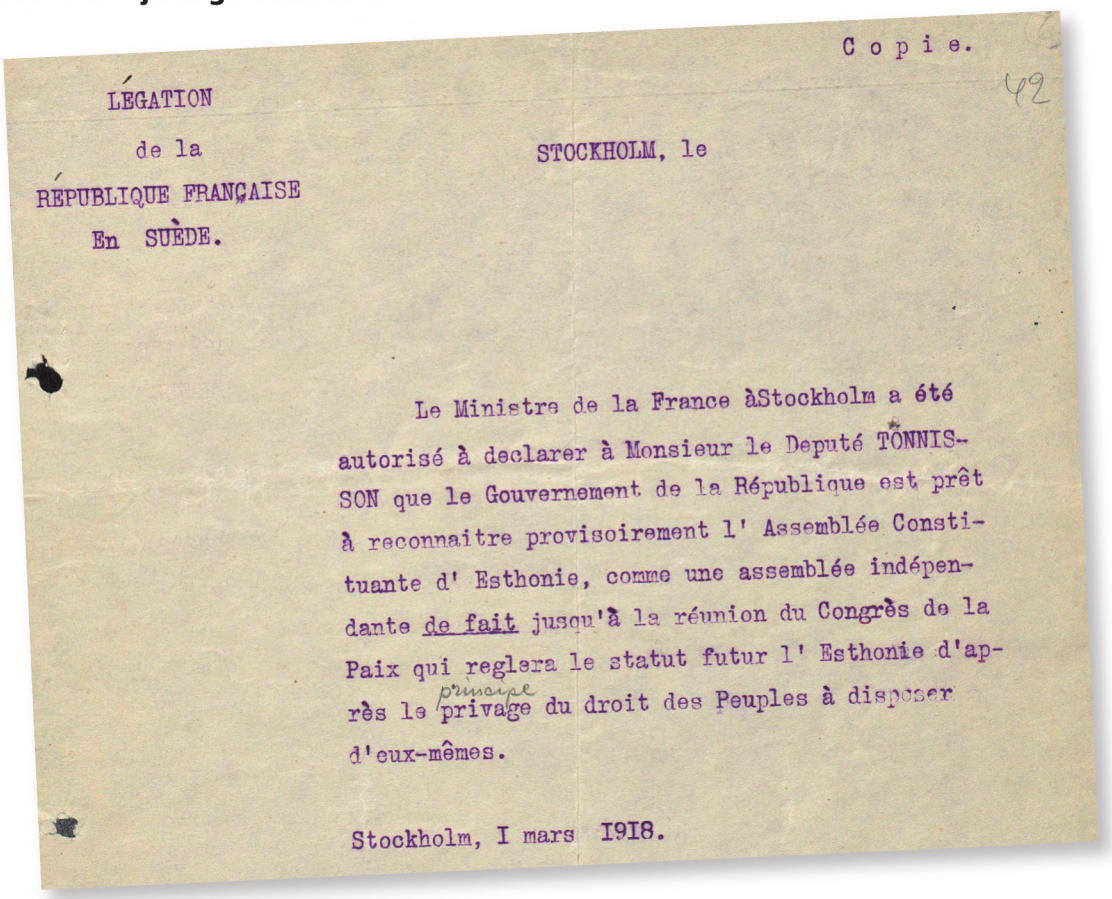
**Andres Seene**
Eesti maanteemuuseumi teadur

EESTI MAANTEEMUUSEUM

**Bitvargeni teehöövlit võib julgesti nimetada üheks Eesti teedeehituse ja teehoolduse ajaloo teedrajavaima tähtsusega tööriistaks. Üks sellistest masinatest taastati Eesti maanteemuusemi ja AS-i Grader Service koostöös 2010. aastal. Peaaegu 100% originaaldetailidest kokku pandud teehöövel on heas töökorras ning huvilised saavad sellega tutvuda Eesti maanteemuuseumis**

# Teekond Eesti riikluse tunnustamiseni

**On üldtuntud fakt, et esimene välisriik, kes iseseisvuse taastanud Eesti Vabariiki ametlikult tunnustas, oli Island – seda juba 22. augustil 1991. aastal. Selle sündmuse mälestuseks on nime saanud Islandi väljak Tallinnas, mille ääres paikneb praegu välisministeeriumi hoone. 1918. aasta iseseisvusdeklaratsiooni järel oli sarnaste dokumentide hankimine aga palju keerukam ja aeganõudvam.**



Copie.

42

LÉGATION
de la
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
En SUÈDE.

STOCKHOLM, le

Le Ministre de la France àStockholm a été autorisé à declarer à Monsieur le Deputé TÖNNISSON que le Gouvernement de la République est prêt à reconnaitre provisoirement l' Assemblée Constituante d' Esthonie, comme une assemblée indépendante de fait jusqu'à la réunion du Congrès de la Paix qui reglera le statut futur l' Esthonie d'après le privage du droit des Peuples à disposer d'eux-mêmes.

Stockholm, I mars 1918.

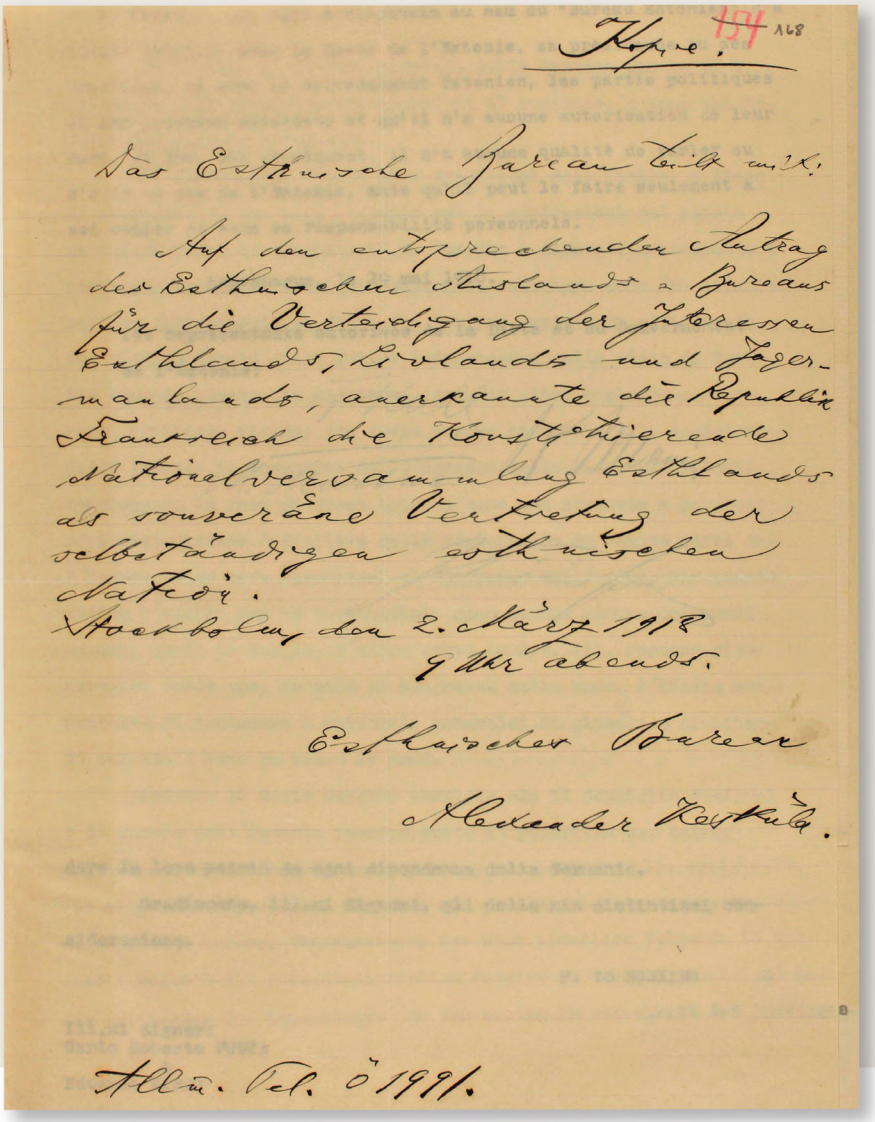
**Prantsusmaa Stockholmi saatkonna tunnustus Eesti asutavale kogule 1. märtsist 1918 (ERA.957.18.31, l. 42)**

Eesti-sarnastele riiklikele moodustisele, mille iseseisvusest polnud varem keegi unistadagi osanud, ei tahtnud oma tõelist – *de jure* – tunnustust esialgu anda ükski välisriik. Siiski nõustusid mitmed neist tunnustama eestlaste rahvuslikke omavalitsusinstitutsioone *de facto* – ajutiselt ja muid lisakohustusi võtmata, kuni Venemaa tulevikuga seotud küsimused esimese maailmasõja järgsel rahukonverentsil lahenduse leiavad. Esmaste *de facto* tunnustustena mainitakse teatmeteostes tavaliselt 1918. aasta maikuust pärinevaid Suurbritannia, Prantsusmaa ja Itaalia tunnustusi Eesti maapäevale, mille nõutasid välja Eesti välisdelegatsiooni liikmed Ants Piip, Karl Robert Pusta ja Eduard Wirgo. Ehkki suuremat praktilist tähendust neil dokumentidel polnud, sest maapäev ise oli laiali saadetud ning Eesti ala Saksa vägede poolt okupeeritud, asutati neile tuginedes Londonis ja Pariisis Eesti ajutised esindused. Kindlasti mõjusid need positiivselt ka eestlaste moraalile.

Ometi tuli nende esimeste *de facto*'degi saamiseks pidada välisriikide esindajatega tihedaid läbirääkimisi ning mõnikord eelnes neile veel omalaadne eel-*de facto*. Nii laekuski kinnitus esimeselt välisriigilt, kes oli valmis Eesti riiklusega seotud esinduskogu tunnustama, juba 1. märtsil 1918. aastal, kõigest mõni päev pärast iseseisvuse väljakuulutamist.

Dokumendi, mis on siinkohal esitatud ärakirjana, väljastas Eesti välisdelegatsiooni liikmele Jaan Tõnissonile Prantsuse saatkond Stockholmis. Nagu saadik kirjutab, oli Prantsuse Vabariigi valitsus andnud talle volituse teatada saadik Tõnissonile, et Prantsusmaa on valmis Eesti asutavat kogu iseseisva esinduskoguna ajutiselt *de facto* tunnustama – seda kuni rahukonverentsi kokkutulekuni, mis Eesti tuleviku küsimuse riigiõiguslikult ära otsustab.

Energilisi läbirääkimisi Saksa, Prantsuse ja Suurbritannia saatkondadega oli Tõnisson alustanud kohe, kui ta 25. jaanuaril 1918. aastal Stockholmi jõudis. Tõnisson protesteeris Eesti- ja Liivimaa rüütelkondade „iseseisvusdeklaratsiooni" vastu, mille baltisakslaste esindajad andsid eestlaste ja lätlaste arvamust küsimata 28. jaanuaril üle Nõukogude Venemaa esindajale



Jaan Tõnissoni omakäeline koopia Aleksander Kesküla pressiteatest Rootsi ajalehtedele 2. märtsist 1918 (ERA.2124.2.321, l. 168)

Stockholmis. Omapoolses vastulauses kinnitas Tõnisson, et Eesti oli ennast juba iseseisvaks kuulutanud – seda 28. novembril 1917. aastal, kui maapäev nimetas end Eesti kõrgeimaks võimuorganiks. Lisaks pidi peatselt kokku tulema asutav kogu.

Tõnisson jättis hea mulje nii Briti saadikule Esme Howardile kui Prantsuse saadikule Eugène Thiébaut'le, kes soovitas Prantsuse välisministril eestlaste püüdlusi toetada. Eriti resoluutseks muutus Tõnisson aga pärast seda, kui Saksamaa alustas Brest-Litovski rahuläbirääkimiste katkemise järel pealetungi Eesti maismaal. 21. veebruaril teatas Tõnisson Howardile, et lähiajal on oodata nii asutava kogu kokkukutsumist kui ka selle kogu väljastatud uut iseseisvusdeklaratsiooni, ning märkis, et kui Suurbritannia Eesti iseseisvust ka lõplikult ei tunnusta, oleks eestlaste vastupanu seisukohalt oluline, kui asutavat kogu tunnustataks vähemalt ajutiselt *de facto*. Nii Prantsuse kui ka Suurbritannia saadik pidasid sellist Saksamaa vastu suunatud žesti soovitavaks ning mõlema valitsuse ajutised tunnustused saabusid asutavale kogule vastavalt 1. ja 20. märtsil.

Selles, et just Prantsusmaa taolise sammu esimesena ette võttis, olid omad teened saatkonna lähedasel kaastöötajal, eestlasel Aleksander Keskülal, kes oli juba 1917. aastast alates juhtinud Stockholmis Eesti esimest mitteametlikku (ja kodueestlastele täiesti tundmatut) välisesindust, nn. Eesti bürood. Prantsuse saatkond oli viimast rahastanud kui saksavastast propagandaasutust ning just Kesküla oli see, kes Tõnissoni prantslastele tutvustas. Vaatamata asjaolule, et tunnustus oli väljastatud nimeliselt Jaan Tõnissonile, püüdis Kesküla seda iseenda saavutusena välja reklaamida, nagu näitab teine siinkohal välja toodud dokument. Selleks on Tõnissoni omakäeline ärakiri 2. märtsil Rootsi ajalehtedele saadetud pressiteatest, mille oli Eesti büroo nimel koostanud Aleksander Kesküla. Teatest tuleb välja, nagu oleks Prantsuse valitsus tunnustanud Eesti asutavat kogu mitte Tõnissoni, vaid hoopis „Eesti-, Liivi- ja Ingerimaa huvisid kaitsva Eesti välisbüroo" vastaval palvel.

Üldsõnalisusele vaatamata avaldasid need omalaadsed eel-*de facto*'d siiski soovitud mõju. Eesti ajutise valitsuse sekretär Eduard Laaman on meenutanud 1918. varakevadet hiljem nõnda: „[m]eeleolu okupatsiooni all oli väga kibe, – seda suurem oli siis rõõm, kui Helsingi kaudu saime esimese pataka Tõnissoni raporteid Stokholmist, et välismaailmas pole meid veel ära unustatud. Ja rõõm muutus päris juubeldamiseks, kui tuli teade, et Entente meid *de facto* tunnustab. Vististi märkasid sakslased seda meie häbematuist nägudestki."

Esimestele ajutistele tunnustustele lisandus 1919. aastal veel rida teisi. Esimeseks nö tõeliseks, *de jure* tunnustuseks võib pidada aga alles Tartu rahulepingu sõlmimisega 1920. aasta veebruaris saabunud tunnustust Nõukogude Venemaalt ning sellele järgnesid peagi juba ülejäänud riigid. •

**Mart Kuldkepp**, ajaloolane ja skandinavist

# JAANUAR-VEEBRUAR KOSMOSES

Sond Psyche kunstniku nägemuses

Peggy Whitson kosmosejalutuskäigul

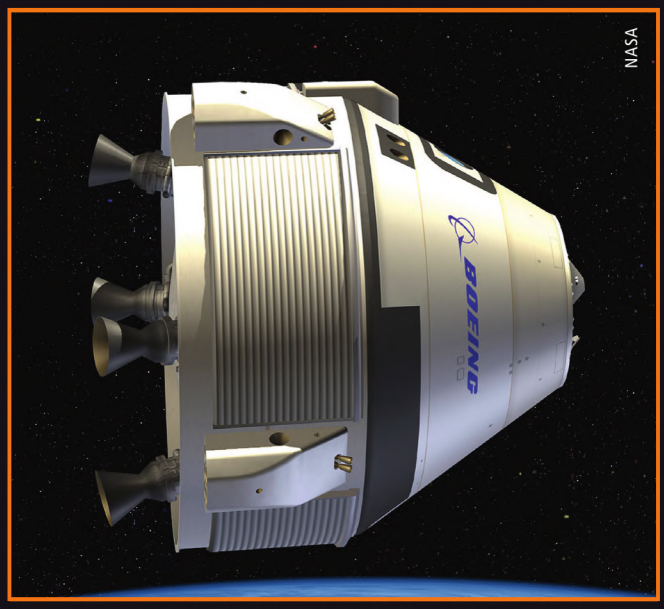
**• Päikesesüsteemi varajane ajalugu:**
4. jaanuaril 2017 teatas NASA, et saadab kaks kosmosesondi uurima Päikesesüsteemi kõige varajasemat ajalugu. Sond Lucy saadetakse uurima Jupiteri Trooja asteroide, mis peaksid olema jäänukid ainest, millest moodustusid välisplaneedid. Start on planeeritud aastasse 2021. Sond Psyche sihiks on metallasteroid 16 Psyche, mis tiirleb asteroidide vööndis Marsi ja Jupiteri vahel. Kui enamik asteroide koosneb jäätst ja kivimitest, siis 16 Psyche peaks olema peamiselt rauast ja niklist, nagu ka Maa tuum. Start on planeeritud aastasse 2023.

**• Mehitatud kosmoselennud:**
6. jaanuaril teatas NASA, et tellib oma partneritelt Boeing ja SpaceX neli täiendavat mehitatud lendu kosmosejaama ISS. Seda lisaks juba 2014. aastal tellitud kahele demolennule. Seni sõltutakse astronautide transpordil Venemaast ja selle Sojuz-tüüpi kosmoselaevadest. Mitmed rahastamiskärped on programmi aeglustanud ning SpaceX-i kosmoselaeva Crew Dragon mehitamata testlend on edasi lükkunud 2017. aasta novembrisse ja mehitatud lend maisse 2018. Boeingu kosmoselaeva Starliner mehitamata testlend on planeeritud 2018. aasta juunikuusse.

**• Akuvahetus ISS-il:**
6. jaanuaril väljusid kosmosejaamast ISS avakosmosesse NASA astronaudid Peggy Whitson ja Shane Kimbrough, et vahetada nikkel-vesinikakud uute liitium-ioonakude vastu. Kuna uued akud on tunduvalt efektiivsemad, läheb neid senise 48 asemel vaja vaid 24. Töö lihtsustamiseks kasutati ka robot Dextre abi. 13. veebruaril jätkasid sama tööd Prantsuse astronaut Thomas Pesquet koos Shane Kimbrough'ga.

**• SpaceX stardib jälle:**
14. jaanuaril startis edukalt SpaceX-i kanderakett Falcon 9, viies orbiidile 10 Iridiumi sidesatelliiti. Kanderaketi esimene aste õnnestus taas edukalt maandada, seekord ujuvplatvormile Vaikses ookeanis. Tegemist oli SpaceX-i esimese stardiga pärast raketiplahvatust stardiplatvormil septembris 2016.

**• Jaapan katkestas missiooni:**
15. jaanuaril startis Jaapanis Uchinoura kosmosekeskuses minirakett SS-520, eesmärgiga viia orbiidile 3,3 kilogrammine vaatlussatelliit TRICOM-1. Missioon katkestati, sest side katkes 20 sekundit pärast starti. SS-520 on üks väiksemaid rakette, mis on suuteline viima orbiidile tehiskaaslasi.




Kunstniku nägemus Boeingi kosmoselaevast CST-100 Starliner

**• Astronaut taevastele jahimaadele:**
16. jaanuaril suri 82-aastasena USA astronaut Gene Cernan – viimane inimene, kes viibis Kuu pinnal. Apollo 17 komandör meenutas hiljem, et sammud kuumooduli redelil olid rasked, tahtmine oli kauemaks Kuule jääda.

**• Tagasilöök Galileoga:**
18. jaanuaril teatas Euroopa kosmoseagentuur ESA, et Galileo satelliitnavigatsioonisüsteem sai tagasilöögi, kuna osa nendel asuvatest ülitäpsetest aatomikelladest on töötamise lõpetanud. Igal satelliidil on neli kella – kaks kasutavad rubiidiummaserit ja kaks vesinikmaserit. Seni on 18 satelliidil rikki läinud kolm rubiidium- ja kuus vesinikkella. Et iga satelliit vajab tööks vaid üht kella (ülejäänud on reservis), pole ühtki Galileod veel olnud vaja maha kanda, kuid ESA peadirektor Jan Woerneri sõnul on tendents siiski murettekitav.

**• USA uus militaarsatelliit:**
20. jaanuaril startis Atlas V kanderaketiga USA militaarsatelliit GEO Flight 3, mis moodustab osa süsteemist SBIRS (kosmoses baseeruv infrapunasüsteem). Eesmärgiks on avastada ja jälgi-

da võimaliku vaenlase ballistilisi rakette nende stardist alates ning teha seda kaks korda kiiremini kui praegune süsteem.

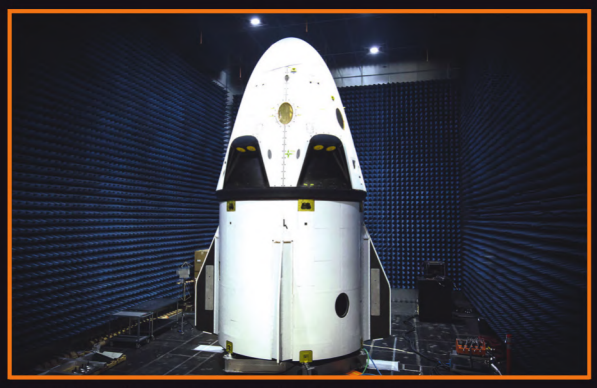
- **Jaapani uus militaarsatelliit:** 24. jaanuaril startis Jaapani kanderakett H-IIA, viies orbiidile militaarsidesatelliidi Kirameki-2, et paremini jälgida Põhja-Korea ballistiliste rakettide starte.

- **50 aastat Apollo 1 põlengust:** 27. jaanuaril möödus 50 aastat tulekahjust Apollo 1 meeskonnakapslis ühe stardieelse testi ajal. Tulekahjus hukkusid astronaudid Gus Grissom, Ed White ja Roger Chaffee. Õnnetuse tõttu muudeti kogu meeskonnamooduli konstruktsiooni ning see varustati kiiresti avatava luugiga. Apollo 1 kannatada saanud kapslit on siiani avalikkuse eest varjul hoitud, kuid nüüd on võimalik näha selle senini puutumatuna säilinud luuki.

- **Roskosmos kontrollib kanderakette:** 28. jaanuaril teatas Roskosmos, et kõik kanderaketi Proton mootorid peavad läbima täieliku kontrolli, kuna transpordilaeva Progress start ebaõnnestus. Selgus, et kanderaketi Proton teise ja kolmanda astme mõned mootoridetailid olid välja vahetatud odavamate vastu. Sama tehas valmistab mootoreid ka kanderaketile Sojuz, millega Progress startis ning millega toimuvad mehitatud lennud kosmosejaama ISS. Protoni lennud loodetakse taastada kolme ja poole kuu jooksul.

- **Satelliitide rekord:** 14. veebruaril startis India kosmoseorganisatsiooni ISRO kandrakett PSLV, viies orbiidile tervelt 104 satelliiti ja püstitades sellega uue maailmarekordi. Senine rekord 39 satelliidiga kuulus Venemaale. Lisaks peamisele, 714 kg kaaluvale Maa vaatlusteks ette nähtud tehiskaaslasele, oli laadungiks 103 nanosatelliiti kogumassiga 664 kg. 96 neist oli USA-st, teised Iisraelist, Kasahstanist, Šveitsist ja Indiast.

- **Dragon ISS-i:** 19. veebruaril startis NASA stardikompleksilt 39A SpaceX-i kanderakett Falcon 9, toimetades orbiidile kosmosejaama ISS varustust viiva veolaeva Dragon. Kaheksa minutit pärast starti maandus kanderaketi esimene aste taas edukalt – seekord maismaale. Stradikompleks 39A on legendaarne, sest sealt startis näiteks Apollo 11, mis viis esimesed inimesed Kuule, ning samuti esimene kosmosesüstik. SpaceX rentis kompleksi NASA-lt kahekümneks aastaks. Veolaev Dragon pidi ISS-iga põkkuma 22. veebruaril, kuid sündmus lükati navigatsioonivea tõttu päeva võrra edasi.


SPACEX

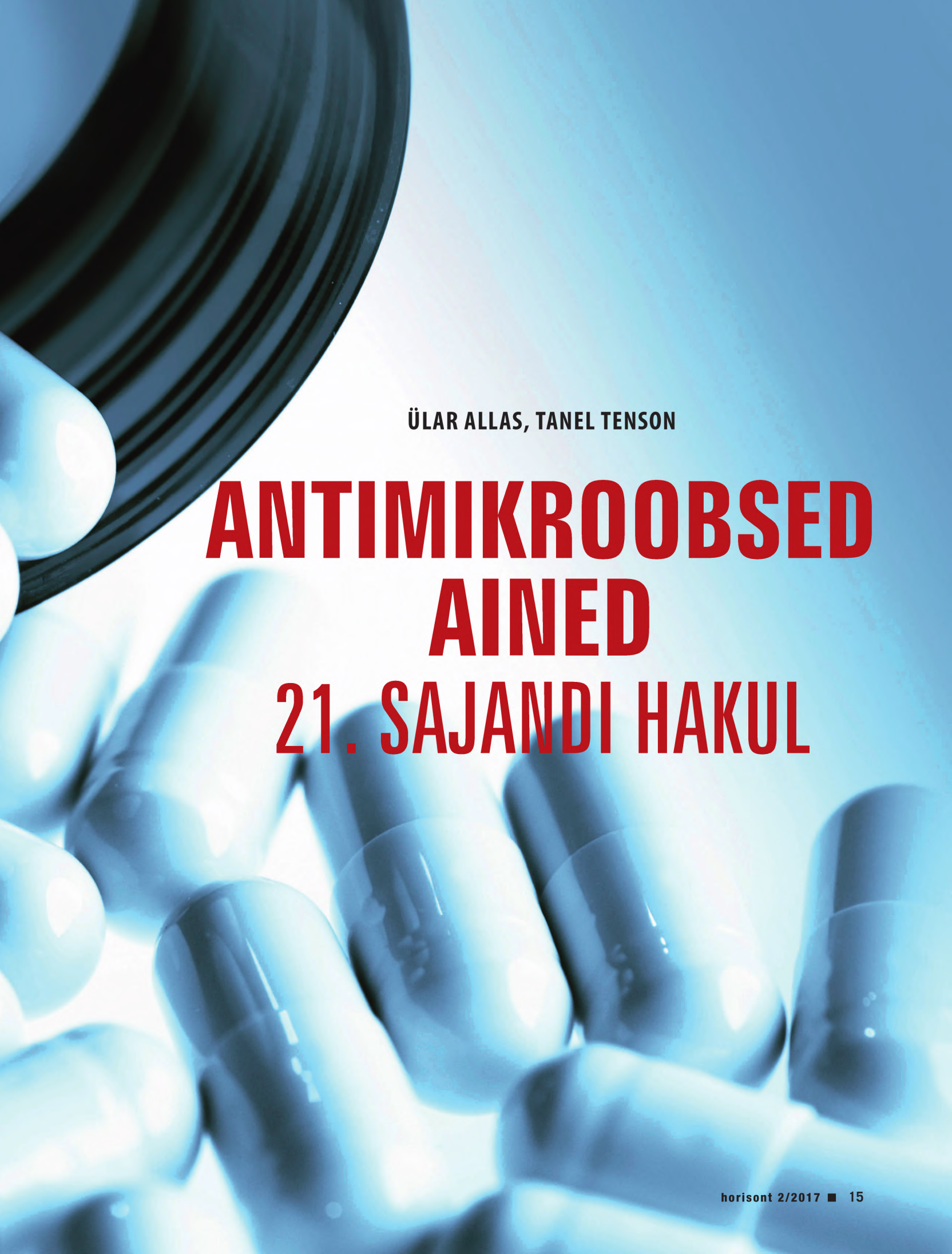
SpaceX-i mehitatav kosmoselaev Crew Dragon

- **Sojuz-U viimane lend:** 22. veebruaril startis Baikonuri kosmodroomilt Sojuz-U kanderakett, viies orbiidile veolaeva Progress MS-05, mis pidi samuti ISS-ile varustust viima. Kosmosejaamaga põkkus see 24. veebruaril. Tegemist oli seda tüüpi Sojuzi viimase lennuga. Alates 1973. aastat on selle kanderaketiga toimunud 788 starti, millest ebaõnnestus 22. Järgmine mehitatud lend ISS-i on lükatud märtsi lõpust edasi 20. aprillile.

- **Kaks turisti ümber Kuu:** 28. veebruaril teatas SpaceX, et saadab aastal 2018 kaks inimest reisile ümber Kuu. SpaceX-i juhi Elon Muski sõnul on tegemist teineteist tundvate inimestega, kes pöördusid firma poole sooviga lennutada neid retkele ümber Kuu ja tagasi. Mõlemad on juba maksnud sisse „märkimisväärse" deposiidi ning suhtuvat asjasse „väga tõsiselt". Reisijate nimesid ega isegi seda, kas nad on mees- või naissoost või kas nad on piloodid, pole avaldatud. Musk ütles vaid, et nad ei ole Hollywoodist. SpaceX-i esimene mehitatud lend kosmosejaama ISS on planeeritud 2018. aasta keskele ning Kuu-lend toimuks pool aastat hiljem.

**Jüri Ivask**
Horisondi kosmosekroonik

**Antibiootikumiresistentsete haigusetekitajate levik on tänapäeva meditsiini suurim probleem. Hiljutise raporti kohaselt saab ainuüksi USA-s igal aastal rohkem kui 2 miljonit inimest ravimiresistentse bakteriaalse nakkuse ning nendest 23 000 juhtumit lõpevad patsiendi surmaga. Ravimiresistentsus on antibiootikumide liigse ja väära kasutamise vältimatu kaasnähtus. Paljude teadlaste arvates oleme sisenenud antibiootikumidejärgsesse ajastusse, kus lugematu arvu elusid päästnud imerohud pole enam kõikvõimsad. Seetõttu peame pöörama tähelepanu uute antibiootikumide väljatöötamisele ja alternatiivsetele ravivõimalustele.**



ÜLAR ALLAS, TANEL TENSON

# ANTIMIKROOBSED AINED 21. SAJANDI HAKUL

Antibiootikumide ajastu alguseks võib pidada kemoteraapia isaks ristitud sakslase Paul Ehrlichi ja tema kolleegide eksperimente. Ehrlich uskus, et on võimalik luua mürk, mis tapab haigust tekitavaid mikroobe, kuid ei kahjusta patsiendi keha. Seda ühendit kutsus ta ise „maagiliseks kuuliks". 1909. aastal leidis Ehrlich arseeni sisaldava sünteetilise ühendi, millega ravis terveks süüfilisse nakatatud küüliku. Ühendi nimeks sai Salvarsaan ning selle teisendeid kasutati järgnevad 30 aastat süüfilise raviks.

1929. aastal avaldas šotlane Alexander Fleming artikli, milles kirjeldas antibakteriaalse aine penitsilliini eraldamist hallitusseenest. Ravimina hakati penitsilliini kasutama siiski alles teise maailmasõja päevil. 1932. aastal avastas saksa keemik Gerhard Domagk prontosiili, millest sai esimene laialdaselt kasutatav antibakteriaalne ravim. Esialgu nimetati antibiootikumideks üksnes ühendeid, mida toodavad mikroorganismid ja mis takistavad teiste mikroorganismide kasvu või hävitavad neid. Tänapäeval võib antibiootikumideks kutsuda nii looduslikke kui ka sünteetilisi molekule, mida kasutatakse bakteriaalsete infektsioonide (nakkuste) ravil ja ennetamisel.

Aastaid 1940–1970 kutsutakse antibiootikumide kuldajastuks, kuna sellel perioodil leiti enamik tänapäevastest antibiootikumiklassidest. Esimese antibiootikumide isoleerimisplatvormi leiutajaks oli streptomütsiini avastaja Selman Waksman. Meetodi põhimõte oli lihtne. Mullaproovidest eraldatud mikroobe kasvatati vedelsöötmes. Söödet tilgutati agarplaatidele, millel kasvasid patogeensed bakterid. Kui selgus, et sööde takistab patogeenide kasvu, siis eraldati söötmest antibakteriaalne aine. Suured farmaatsiafirmad nagu näiteks Merck, Pfizer ja Eli Lilly tuvastasid uute, kasumit tõotavate ühendite otsingul üle 1000 antimikroobse aine, millest kümned arendati ravimiteks.

1970.–1980. aastatel arvati, et enamik looduslikke antibiootikume on juba leitud. Siiani edu toonud Waksmani platvormist loobuti, sest selle meetodi kaudu leiti peamiselt juba teadaolevaid ühendeid. Kuna resistentsete mikroobide ilmumine sundis uusi ravimeid otsima, asusid keemikud modifitseerima looduslike antibiootikumide molekule. Selle tulemusena sündinud poolsünteetilised antibiootikumid olid sageli looduslikest ühenditest efektiivsemad ja patogeenide kaitsemehhanismide suhtes vähemtundlikud. Uute ravimite turule ilmumise tempo oli kiirem kui resistentsuse levik ja farmaatsiafirmade tähelepanu nihkus teistele probleemidele.

1990. aastatel mõisteti, et võit patogeenide üle oli kõigest illusioon. Resistentsus levis bakterite hulgas kiiresti, kuid uusi ravimeid leiti vähe. Ravimifirmad püüdsid tuvastada uusi antibiootikume sünteetiliste molekulide kogudest. Sõeluuringutega leitigi mitmeid ühendeid, mis võiksid takistada patogeenide eluks vajalike geenisaaduste funktsioone. Paraku ilmnes, et need esmapilgul paljulubavad ühendid ei sobi ravimiteks, kuna nad pole võimelised tungima patogeenide rakkudesse. Tänaseni on tulutult kontrollitud umbes 10 miljoni sünteetilise ühendi omadusi.

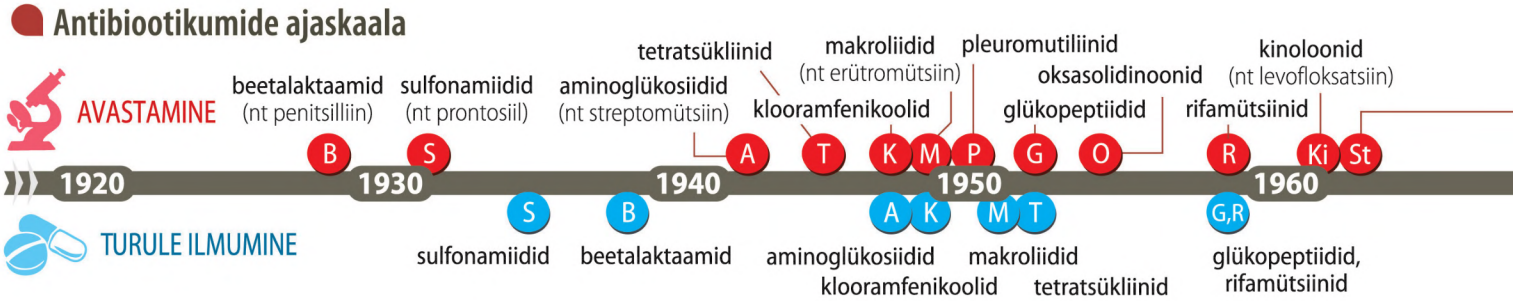
**1990. aastail mõisteti, et võit patogeenide üle oli kõigest illusioon. Resistentsus levis bakterite hulgas kiiresti, kuid uusi ravimeid leiti vähe.**

### Miks on uute ravimite avastamine keeruline?

Võib tunduda kummalisena, et $10^7$ sünteetilisest ühendist koosneva kogu sõeluuring ei andnud ühtegi positiivset tulemust, kuid Gerhard Domagk leidis prontosiili juba pärast mõnesaja aine testimist. Põhjus peitub erinevates uuringumeetodites. Domagk testis ühendeid patogeenidega nakatunud hiirte peal, kuid $10^7$ hiire kasutamine poleks mõeldav. Samas on aga võimalik, et ühendite kogud sisaldavad väärtuslikke aineid, kuid neid pole tuvastatud otsimismeetodite tõttu. Praeguseid meetodeid kasutades oleks ka prontosiil jäänud avastamata.

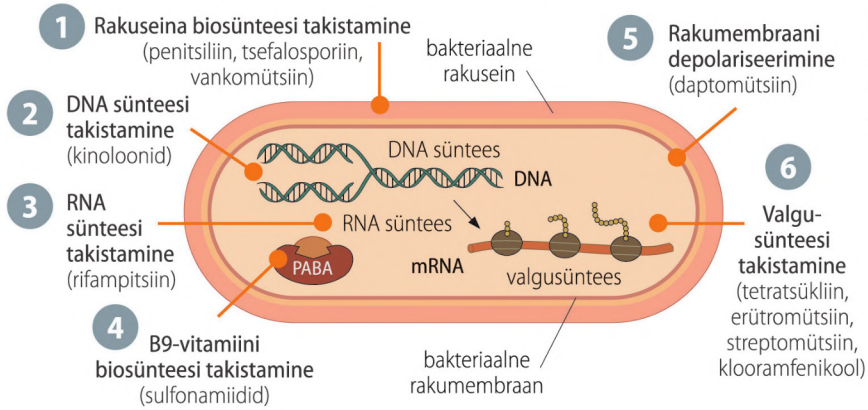
Ravimite arendamine toimub vabaturu kriteeriumite kohaselt ja see on nii ajaliselt kui ka rahaliselt kulukas töö. Suured ravimifirmad on praegu suunanud ressursid krooniliste haiguste ja vähivastaste ravimite arendamisele, sest nendes valdkondades saab hindu üles ajada. Antibiootikumikuur on lühike, kuid kroonilise haiguse ravimit tuleb võtta iga päev kogu elu jooksul. Näiteks kolesterooli taset alandava ravimi Lipitor aastane käive on 12 miljardit USD-d, samas kõige paremini müüval antibiootikumil levofloksatsiinil „kõigest" 2,5 miljardit. Praegu tegelevad antibiootikumide arendamisega väikesed kompaniid ja idufirmad, keda ei kannusta vajadus teenida suuri kasumeid. Samas napib neil vahendeid kulukate kliiniliste katsetuste läbiviimiseks. Uue ravimi turule toomisega läheb aega rohkem kui 12 aastat. Paljud ravimikandidaadid, millega alustatakse, osutuvad väljatöötamise protsessi käigus edututeks. Kui me nii edukate kui läbikukkunud kandidaatide arendamiseks tehtud kulutused kokku lööme, siis leiame, et ühe ravimi väljatöötamiseks kulub keskmiselt üle miljardi dollari.

Uute antibiootikumide avastamine on keeruline intellektuaalne väljakutse.



## Antibiootikumide toimemehhanismid

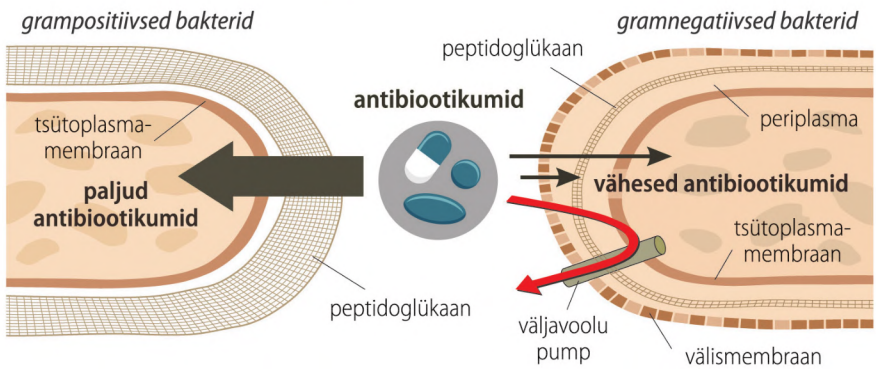
Antibiootikumid ehk haigusi tekitavaid baktereid kahjustavad või hävitavad ühendid võivad oma sihtmärkidele toimet avaldada mitmel erineval viisil.




JOONISED: KAAREL DAMIAN TAMRE

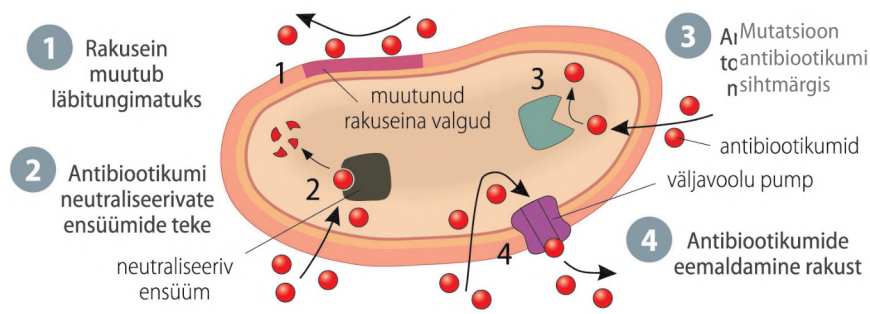
## Antibiootikumide pääsemine grampositiivsetesse ja gramnegatiivsetesse bakteritesse

Kui grampositiivsete bakterite membraan on paljude antibiootikumide jaoks kergesti läbitav, siis gramnegatiivsete bakterite kahekordsest membraanist koosnevat rakuseina suudavad läbida vaid vähesed ravimid.




## Antibiootikumiresistentsuse mehhanismid

1990. aastateks oli bakterite resistentsus antibiootikumide vastu laialt levinud. Resistentsus avaldub peamiselt neljal erineval viisil.

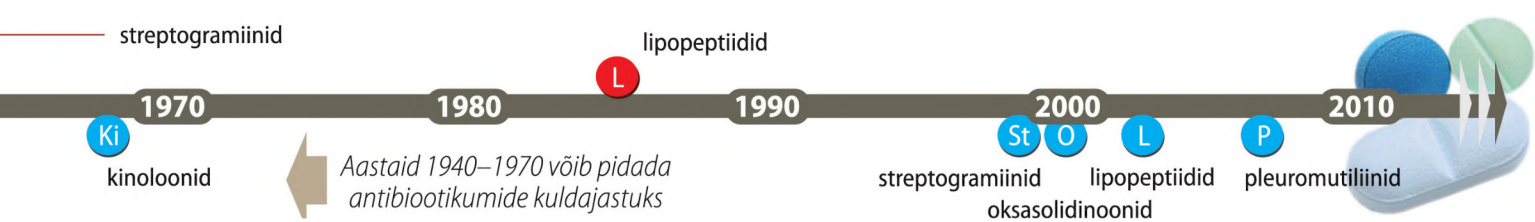



Alates 2000. aastast on müügile ilmunud 30 uut antibiootikumi. Neist enamik on looduslike ühendite poolsünteetilised analoogid. Paraku toimivad kõik uued ravimid üksnes grampositiivsete patogeenide vastu ja sobivad seega vaid väheste infektsioonide raviks.

Bakterid liigitatakse rakuseina ehituse põhjal grampositiivseteks ja gramnegatiivseteks. Grampositiivsete bakterite rakusein koosneb tsütoplasmamembraanist ja seda ümbritsevast paksust peptidoglükaani kihist. Gramnegatiivsed mikroobid on seevastu ümbritsetud kahekordse membraaniga, mille vahel asetseb õhuke peptidoglükaani kiht. Grampositiivsete bakterite membraan on paljude antibiootikumide jaoks kergesti läbitav, kuid üksnes vähesed ravimid suudavad läbida gramnegatiivsete bakterite rakuseina. Kõige rohkem vajataksegi hetkel uusi ravimeid, mis suudaksid tungida gramnegatiivsetesse patogeenidesse. Ülesande teeb keerulisemaks asjaolu, et gramnegatiivsete bakterite rakuseinas paikevad sageli valgulised pumbad, mille abil väljutatakse rakuseina läbinud ravimimolekule. Lisaks toimib valdav osa antibiootikumidest üksnes kiiresti jagunevate bakterite vastu. Krooniliste infektsioonide vältimiseks tuleb leida ühendid, mis hävitaksid ka mittejagunevaid patogeene.

### Kust leida uusi antibiootikume?

Sünteetilised antibiootikumiklassid on leitud väikeste projektide käigus ja sünteetiliste molekulide kogude sõeluuringud pole end antibiootikumide avastamisel õigustanud. Seevastu on looduslikud ühendid ajalooliselt olnud antibiootikumidena edukad ja võivad jääda peamiseks uute ravimite allikaks ka 21. sajandil. Hetkel kaalutakse Waksmani meetodi taaselustamist, kuna näib, et see on ainuke toimiv uute antibiootikumide avastamise platvorm. On põhjust uskuda, et paljud looduslikud antimikroobsed ühendid on jätkuvalt avastamata. Ligikaudu



kaks kolmandikku looduslikest antibiootikumidest on isoleeritud mullabakteritelt aktinomütseetidelt. Kõige „andekamad" aktinomütseedid toodavad 30–50 erinevat potentsiaalset antibiootikumi. Valdav osa mikroobide maailmast on aga tänini tundmatu. Üle 99% bakteritest on mittekultiveeritavad, st nad ei kasva tavalistes laboritingimustes. Neid organisme peetakse paljulubavaks uute antibiootikumide allikaks. On juba välja töötatud esialgsed meetodid mittekultiveeritavate mikroobide poolt toodetavate ühendite isoleerimiseks. Uusi antibiootikume otsitakse ka süvamerebakteritelt, samuti seentelt ja taimedelt.

Resistentsuse päevakorrale tõustes on hakatud huvi tundma varem avastatud antibiootikumide vastu, mida esialgu peeti väheatraktiivseteks. Näiteks pleuromutiliinid isoleeriti juba 1950. aastail, kuid inimeste ravimina kiideti nad heaks alles aastal 2007. Häid tulemusi on andnud ka mitmesuguste antibakteriaalsete ühendite kombinatsioonide kasutamine.

Valdav osa kliiniliselt kasutusel olevatest antibiootikumidest pärsivad bakterite DNA, valkude või rakuseina sünteesi. Seega on antibiootikumidel bakterites suhteliselt vähe sihtmärke. Samas on teada umbes 300 bakterite jaoks eluliselt tähtsat geenisaadust, mis puuduvad inimese rakkudes. Usutakse, et neist vähemalt mõned võiksid sobida uute laia toimespektriga antibiootikumide sihtmärkideks.

Seoses ravimiresistentsuse levikuga on teadlaste huviorbiiti sattunud antibiootikumivabad teraapiavõimalused. Tähelepanu all on raviviisid, mille puhul resistentsuse teke oleks vähetõenäoline või täiesti välistatud. Paljulubavad on eksperimendid antikehadega, mis inaktiveerivad patogeene või nende poolt eritatavaid toksiine. Lisaks on hetkel kliinilises arenduses mitmed faagipreparaadid, antimikroobsed peptiidid ja virulentsusevastased ravimid.

## Haigusetekitajaid „relvituks" tegevad ravimid

Patogeenid toodavad ja eritavad mitmesuguseid peremeesorganismi kolonialiseerimist soodustavaid ühendeid, mida nimetatakse virulentsusfaktoriteks. Suur osa virulentsusfaktoritest tekitavad peremehel haigussümptomeid. Seetõttu püütakse leida virulentsusevastaseid ravimeid, mis jätakvad siiski, et mikroobidel võib tekkida AMP-de suhtes mõõdukas resistentsus. Nende eelisteks on lai toimespekter ja kiire toime. Samas peamisteks puudusteks peetakse kõrget hinda ja võimalikku toksilisust.

Andmebaasidesse on kantud üle 3000 loodusliku või sünteetilise AMP. Üksikuid neist on kliiniliselt testitud, kuid ebaõnnestunult. Dramaatiliseks näiteks on kannuskonnalt (*Xenopus laevis*) leitud AMP sünteetiline analoog Pexiganan, mida loodeti kasutada kreemina jalahaavandite ravil. Pexiganan läbis edukalt esimesed testid, kuid põrus viimastes katsetes, kuna osutus antibiootikumidest vähem efektiivseks. Hetkel on käimas vähemalt viie AMP kliinilised katsed, kuid nende kasulikkus uue antimikroobsete ainete klassina vajab veel tõestamist.

**Inimese valged verelibled toodavad mitmeid antimikroobseid peptiide, mis toimivad kaitsevalkudena viiruste, bakterite ja isegi vähirakkude vastu.**

sid patogeenid „relvituks", kuni immuunsüsteem neist võitu saab. Virulentsusevastaste ravimite sihtmärkideks võivad olla: bakterite toodetavad toksiinid või nende eritamisel osalevad sekretsioonisüsteemid, rakkudevahelise kommunikatsiooni mehhanismid ning mikroobide kaitsemehhanismid (kapslid ja limakihiga ümbritsetud mikroorganismide kooslused – biofilmid).

Hetkel pole veel ühtegi virulentsusevastast ravimit kasutusele võetud ja vastavaid uuringuid on läbi viidud suhteliselt vähe. Sellegi poolest on tegu atraktiivse valdkonnaga. Virulentsusevastased ravimid ei takista otseselt patogeeni kasvu ega elujõulisust, seega on nende suhtes resistentsuse tekkimine vähetõenäoline. Samuti ei kahjustaks need ravimid teisi inimest asustavaid mikroobe.

## Antimikroobsed peptiidid – bioloogilised relvad

Antimikroobsed peptiidid (AMP) on enamasti 10–50 aminohappe pikkused molekulid, mida toodavad kõik organismid bakteritest kuni imetajateni. Neid võib õigusega nimetada bioloogilisteks relvadeks. Mikroobid toodavad AMP-sid, et konkureerida teiste samas ökonišis elavate organismidega toitainete pärast. Mitmerakulistel organismidel kuuluvad AMP-d immuunsüsteemi koosseisu. Inimese valged verelibled toodavad mitmeid AMP-sid, mis toimivad kaitsevalkudena viiruste, bakterite ja isegi vähirakkude vastu.

AMP-del on võime seonduda bakterite tsütoplasmamembraaniga ja seda lõhkuda. Teatud AMP-d tungivad läbi membraani ning pärsivad mitmesuguseid protsesse, näiteks DNA, valkude või rakuseina sünteesi. Resistentsuse teket AMP-de vastu on peetud vähetõenäoliseks, kuna peptiidid ründavad rakkudes korraga mitmeid erinevaid sihtmärke. Uuemad andmed kinnita-

## Faagiteraapiaga saab sihtida kindlaid baktereid

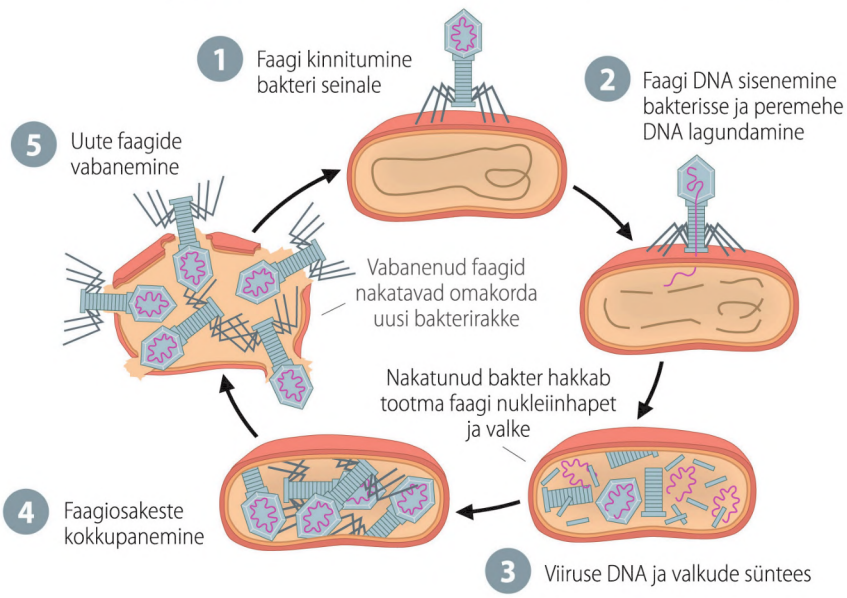
Bakteriofaagid (ehk faagid) on baktereid nakatavad viirused. Faagid kinnituvad bakterite rakuseinale ja tekitavad sellesse poori, mille kaudu süstivad oma DNA bakteri rakku. Seepeale hakkab nakatunud bakteri biosünteetiline masinavärk tootma faagi nukleiinhapet ja valke. Järgnevalt toimub uute faagipartiklite pakkumine ja bakteri rakuseina lagunemine. Selle tulemusena vabanevad uued faagipartiklid, mis omakorda nakatavad uusi bakterirakke.

Faagid on antibiootikumidest täiesti erineva toimemehhanismiga. Antibiootikumid hävitavad kõiki mikroobe, sõltumata sellest, kas tegu on patogeenidega või mitte. Seevastu faagid saame panna ründama vaid kindlat bakteriliiki ja seeläbi teha ravi patogeenile spetsiifiliseks. Enne faagiteraapia alustamist tuleb kindlaks teha patogeeni liik, et saaks kasutada kõige

**Antibiootikumid hävitavad kõiki mikroobe, sõltumata sellest, kas tegu on patogeenidega või mitte. Seevastu faagid saame panna ründama vaid kindlat bakteriliiki.**

## Bakteriofaagi nakatamistsükkel

**Bakteriofaagide ehk baktereid nakatavate viiruste kasutamine võib teoreetiliselt saada nii antibiootikumiravi täiendajaks kui ka asendajaks. Kuigi huvi faagiteraapia vastu muutub maailmas järjest suuremaks, on see raviviis praegu siiski alles uurimisjärgus.**




sobivamat faagi. Teiseks võimaluseks on kasutada erinevatest faagiliikidest kokku segatud „kokteili", mis suurendab ravi õnnestumise tõenäosust. Praeguseks tuntakse üle 6000 erineva faagi.

Faagide abil saab jagu ka multiresistentsetest mikroobidest ja biofilmidest, mille vastu enamik antibiootikumidest on võimetud. Seega võiks faagidest olla abi akuutsete ja krooniliste infektsioonide puhul. Faagipreparaati manustatakse vaid üks kord. Faagid jagunevad vaid infektsioonikohas ja nad kaovad kehast siis, kui patogeen on elimineeritud.

Faagide ja antibiootikumide samaaegne manustamine võib muuta ravi tõhusamaks. Nimelt on selgunud, et väikesed antibiootikumikogused stimuleerivad bakterite biosünteetilist võimekust. Seda saab ära kasutada, et kiirendada faagide DNA ja valkude sünteesi ning uute faagipartiklite vabanemist.

Pole märgatud, et faagide tarbimine tekitaks patsientidel kõrvaltoimeid. Kui faagid satuvad inimese siseorganitesse või vereringesse, kus nende paljunemiseks sobilikud bakterid puuduvad, siis lülitub immuunsüsteem tööle ja fagotsüüdid (immuunsüsteemi rakud, mis õgivad ja hävitavad viiruseid, baktereid, seeni ja teisi kehavõõraid ühendeid ja rakke) hävitavad faagid. Peamiseks ohuks faagiteraapia puhul on asjaolu, et paljude patogeenide samaaegsel lagunemisel vabaneb hulgaliselt bakteriraku sisemisi komponente, mis võivad põhjustada patsiendil põletikulisi reaktsioone.

On selgunud, et bakterid võivad mõnedel juhtudel muutuda faagide suhtes resistentseks. Tavaliseks resistentsuse tekke põhjuseks on mutatsioon bakteri rakuseina komponentides, mille tulemusena faag ei saa bakterile kinnituda. Resistentsuse tekke ohtu saab vähendada „kokteilide" kasutamisega. Üldjuhul ei suuda bakter korraga mitmete faagide suhtes resistentseks muutuda.

Üks strateegia on kasutada teraapias mitte faage, vaid ensüüme, mille abil faagid lagundavad bakteri rakuseina. Kõige rohkem pakuvad uurijatele huvi endolüsiinid, mis lõhuvad rakukesta struktuuri tugevadavat peptidoglükaani. Ensüümidel on omad eelised ja puudused, mis vajavad täiendavaid uuringuid.

### Kas faagiteraapia asendab antibiootikumid?

Mõiste „bakteriofaag" võttis kasutusele prantsuse mikrobioloog Felix d'Herelle. Teda võib ühtlasi pidada faagiteraapia isaks. Juba 1919. aastal ravis d'Herelle faagide abil terveks düsenteeria all kannatava patsiendi. Kuna sellel perioodil oli ainukeseks bakteriaalsete infektsioonide vastaseks vahendiks seerumteraapia, pandi faagiteraapiale kui uudsele raviviisile suuri lootusi. 1930. aastail tootsid mitmed Euroopa ja USA kompaniid faagipreparaate.

Hoolimata valdavalt positiivsetest tulemustest pälvis faagiteraapia omal ajal ka kriitikat. Heideti ette, et kliinilisi teste on tehtud liiga vähe. Faagide bioloogiat ei tuntud piisavalt ning puudusid standardid faagipreparaatide valmistamiseks. Peagi hakkasid levima antibiootikumid, mille toimimiseks ei olnud vaja patogeeni liiki kindlaks määrata. Nii vajuski faagiteraapia lääneriikides unustusse. Seevastu NSVL-is ja Poolas jätkus faagiteraapia õitseng isegi veel 1970. aastatel.

Faagipreparaadid olid idabloki riikides laialdaselt kättesaadavad. Üks tuntumaid faagidega tegelev teadusasutusi on Eliava faagiteraapia instituut Tbilisis, mille asutasid 1923. aastal Felix d'Herelle ja gruusia teadlane Georgi Eliava. Idaploki teadlased tegid aastakümnete jooksul uuringuid tuhandete patsientidega. Paraku välistasid külma sõja piirangud tulemuste avaldamise inglise keeles, mistõttu lääneriikides neid artikleid ei loetud. Lisaks ei ühtinud NSVL-is läbi viidud testid rahvusvaheliste regulatsioonide ja standarditega.

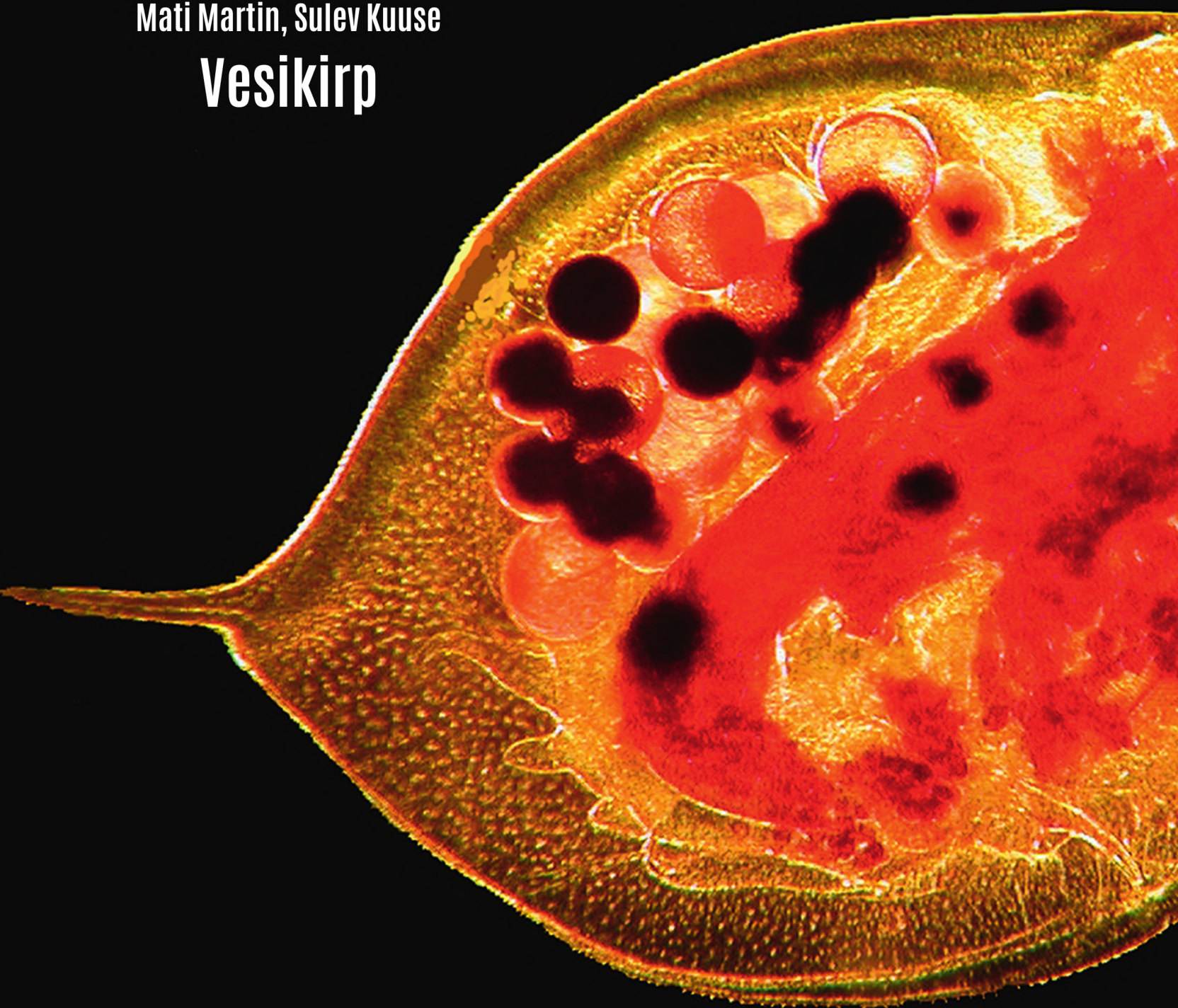
Huvi faagiteraapia vastu muutub järjest sügavamaks, kuid jätkuvalt puuduvad regulatsioonid, mille alusel läbi viia faagiprodukti efektiivsuses ja ohutuses veendumiseks vajalikke teste. Faagipreparaat AmpliPhi on USA-s sisenenud esimese faasi katsetesse, kuid isegi parima stsenaariumi korral ei saa seda ravimina kasutusele võtta enne 2023. aastat. Tulevik näitab, kas faagiteraapia hakkab antibiootikume täiendama või koguni asendama. •

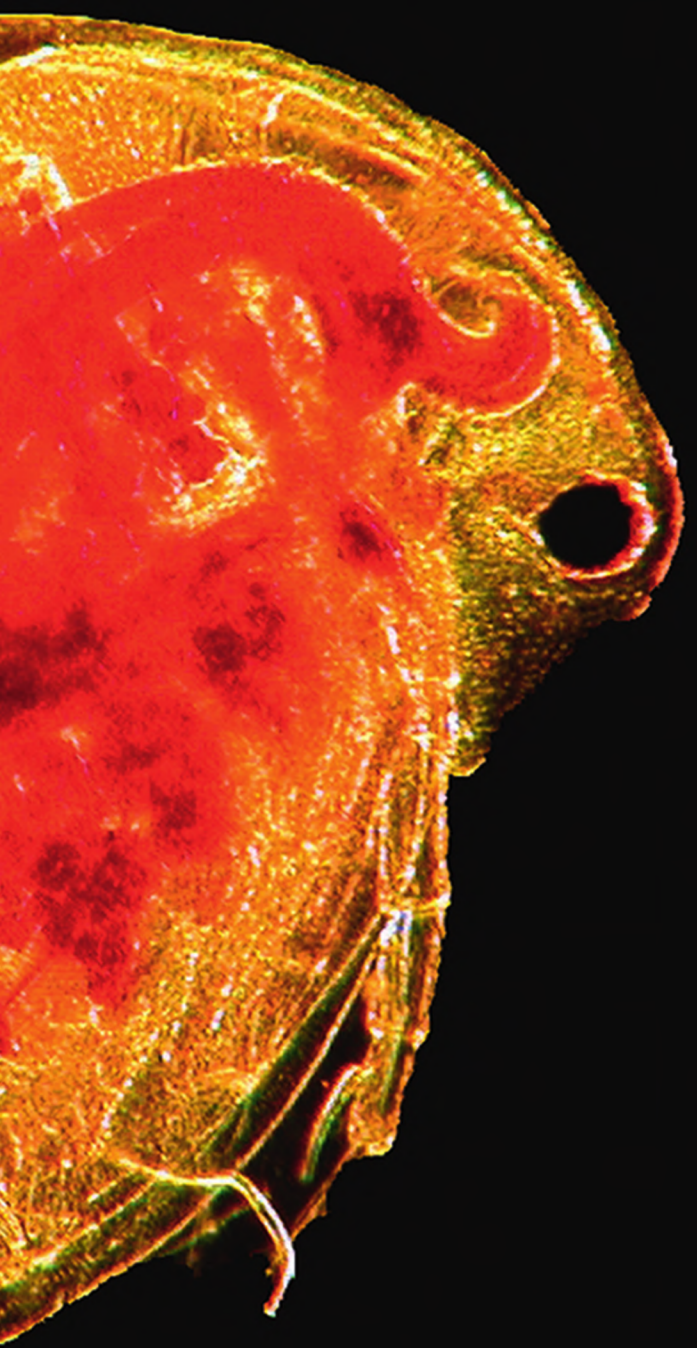
**ÜLAR ALLAS** (1977) on Tartu ülikooli doktorant, kes uurib antibiootikumide toimemehhanisme ja antibiootikumiresistentsust. Tuntud ka kui DJ Smaddy, raamatute „Eestimaa imed" ja „Seitsme imega ümber maailma" autor.

**TANEL TENSON** (1970) on biokeemik ja mikrobioloog, Tartu ülikooli tehnoloogiainstituudi antimikroobsete ainete professor. Ühtlasi molekulaarse rakutehnoloogia tippkeskuse juht. Tema teadustöö põhiteemaks on valkude biosünteesi mehhanismid, antibiootikumid ja antibiootikumiresistentsus.

Mati Martin, Sulev Kuuse

# Vesikirp





Fotol olev vesikirp (*Daphnia sp.*) on pildistatud Leica stereomikroskoobiga M165 FC, kasutades tumevälja mikroskoopia tehnikat. Vesikirpu ümbritseb poolläbipaistvast kitiinainest koda ehk pantser, va pea osas. Vasakul on näha lühike oga – pantseri jätke. Seljapoolel paiknevas haudetaskus on erinevates arengujärkudes tumedalt ja heledalt värvunud munad. Paremal vesikirbu peas on näha tume liitsilm. Sellest vasakul algab kõverdunud, punaselt värvunud sooltoru. Silma kohal on selgesti näha soolega ühenduses olev kõver maksajätke. Sooltoru all paikneb viis paari jalgu (samuti punaselt värvunud), nende küljel on näha tumedamad laigud – hingamiskotikesed. Kahjuks on prepareerimisel murdunud vesikirbu tundel (näha silmast allpool ja vasakul), millest on väljaspool pantserit eristatavad vaid mõned lülid. Vesikirbu pildistamisel oli suurendus 60-kordne.

Vesikirbulisi on maailmas arvatavalt üle 620 liigi, Eesti veekogudest on neid leitud veidi üle 80 liigi. Tüüpilise vesikirbuna võib käsitleda kiivriku (*Daphnia*) perekonna esindajaid, keda on umbes 40 enamasti magevees elavat liiki. Need väikesed vähikesed on oma nime saanud välisest sarnasusest verdimevate kirpudega ning ka vees liikumise viisist, mis on kiivrikutel hüppeline nagu kirpudelgi, kuid kaootiline ja toimib hoopis teisel printsiibil kui tõelistel kirpudel. Nimelt ei ole vesikirpude edasiviivaks organiks tugevad hüppejalad, vaid hoopis suured tagatundlad. Kiivrikest kõige tuntumad ja ka suuremad on suur kiivrik, hiidkiivrik (*Daphnia magna*) ja lombi kiivrik (*Daphnia pulex*). Viimase ladinakeelne nimi viitabki otseselt kirpude perekonnale (*Pulex*), kuhu kuulub ka inimesekirp.

Kiivriku näiliselt punakas või pruunikas värvus on tingitud tema kehas paiknevatest värvilistest rasvakerakestest. Need vähendavad looma erikaalu ning aitavad vees paremini hõljuda. Kõige suurema Eestis elava vesikirbulise, suure kiivriku pikkus on 1–5 mm. Kõik teised liigid on temast väiksemad.

Vesikirpudele on omane nähtus, mis kannab nimetust tsüklomorfoos. Nähtuse olemus seisneb selles, et sõltuvalt veetemperatuurist (vee tihedusest) on sama liigi erinevate põlvkondade esindajate väliskuju veidi erinev. Madala temperatuuri puhul on keha ümaram, kõrgema temperatuuri juures piklik-kooniline, et paremini tagada hõljumist veekihis.

Vesikirpudele külgvaates omane rohkem või vähem ümar kehakuju tuleneb nende rindmikku ja tagakeha katva pantseri kujust. Koja varjus on peidus pikergune kotikesetaoline keha. Läbi kesta näeme nii toidu liikumist sooltorus kui ka südame kokkutõmbeid. Aeg-ajalt sirutub kojast välja tavaliselt kahe küünisega lõppev tagakeha. Kehast saab selgelt eristada kiivritaolist pead, mis pole kojaga kaetud ning kus asub üks suur liitsilm. Liitsilm koosneb tillukestest osasilmadest, mille arv sõltub liigi toitumisviisist. Veest väikeseid palu filtreerival vesikirbul on 22 osasilma. Lisaks suurele liitsilmale on vesikirbul veel väike, vastse ehk naupliuse silm. •

FOTOD: VALLO KRUUSER

# ÕPPIMISE HÄMARALADEL



**Psühholoogi, Tallinna ülikooli haridusinnovatsiooni keskuse teaduri Grete Arroga rääkis kurvameelsetest noortest, õppimise ja õpetamise olemusest ning inimese suhestumisest linnakeskkonnaga Ulvar Käärt.**

**Hiljuti jahmatas avalikkust uudis, et meie 12–19-aastased noored tarvitavad rohkem kui eales varem rahusteid ja antidepressante. Sirgumas oleks justkui kurvameelsete põlvkond. Kui palju võib selles Sinu arvates süüdi olla koolisüsteem?**

Kui see uudis ilmus, arutasime seda mõne kolleegiga enda, st õppimisega seotud vaatenurgast. Nii teadustöös, rakenduslikes uurimustes kui õppekavade arendamisel oleme tegelenud sellega, kuidas õppimist ja õpetamist kõigile osapooltele mõnusamaks muuta. Selleks, et õppimine oleks õpilasele niihästi emotsionaalselt meeldiv kogemus kui ka akadeemiliselt edasiviiv, on õpetajal ja koolil vaja õppimisprotsessi ja sellega seotud tegureid väga hästi tunda. Need teadmised, mis tulevad arengu-, haridus- ja kognitiivsest psühholoogiast ning neuroteadustest, ning laborist kui ka klassiruumist sekkumisuuringute vormis, uuenevad kiiresti.

Süstemaatiline teadmine psüühika ja õppimisega seotud psüühiliste protsesside ning nende vastastikmõju kohta keskkonnaga saaks olla põhiline õppimisprotsessi mõnusaks ja efektiivseks muutmise teejuht. Kui ma ütlen, et õppimine peab olema mõnus, siis see ei tähenda, et laps muudkui lebab pehmetel patjadel. Keerukate asjade mõistmine, kognitiivne pingutus võib ka olla mõnus, nagu ka pusimine ning viimaks arusaamise ja hakkamasaamise tunne. Ühelt poolt pingutama suunav, lati alt läbijooksu mittevõimaldav ning teiselt poolt soe, toetav ja emotsionaalselt kättesaadav keskkond ei ole vastandid, vaid need kaks peavad iseenesestmõistetavalt koos käima. Aga õppimise ja arusaamise mõnu ja heaolu saavad tekkida siis, kui laps oskab õppida ja saab õpituga hakkama – teda on aidatud hästi sooritama.

Kas ma läksin Su küsimusest liiga kaugele? Tegelikult ei läinud. Õppimine toimub siis, kui lapse hetkeomadused ja arengupotentsiaal sobivad kokku õpetava keskkonna omadustega – me saame õpetada neid omadusi-oskusi-teadmisi, mida laps veel ei oska või tea, aga mis on talle pingutades kättesaadavad ning ükski tegur (hirm, mure, arusaamisele mittevastavad selgitused, vale tempo, eesmärgistamatus) õppimist ei takista. Seega, kui lapsed on õppimisega hädas, siis nad ei ole süüdi selles, et nende keskkond ei võta parasjagu nende hetkeomadusi arvesse; nad pole süüdi, et nad on lapsed ja saavad ise õpikeskkonna mõistlikuks kujundamiseks veel vähe teha.

Kuulen vahel, et „lapsed ei ole motiveeritud“ ja „neid ei huvita miski“. See on hea näide õpilase ja õpikeskkonna omaduste mittevastavusest, millest tänased teadmised näiteks autonoomse motivatsiooni toetamise kohta aitaksid üle saada. Aga need teadmised ei ole koolis veel üldised. (Õpi)keskkond, milles õpilane oma elu või õppetööga toime ei tule, on

**Kui laps ei õpi lugema sama mehhanismi kasutades kui teised lapsed, ei tähenda see, et ta on lootusetu juhtum, vaid ta vajab teist õpistrateegiat.**

täiskasvanute loodud. Me ei peaks antidepressantidega tulekahju kustutamist pealt vaatama, vaid endalt küsima, mida me tegime või tegemata jätsime, et lapsed kurvameelsusse triivisid, ning kuidas hättasattumist ennetada. Täna on kahjuks nii, et asjakohane ja kaasaegne teaduslik teadmine ei jõua piisavalt kiiresti klassiruumi õpetajat aitama, tema tegevusi kruntima-kinnitama ja seeläbi õppimist toetama. Siinkohal pöördugu kõigi ootusrikkad pilgud õpetajaid ette valmistavate asutuste poole, kes saavad vahendada kaasaegseid teaduspõhiseid õppimisega seotud teadmisi. Usun, et ülikoolid näevad vaeva ja püüdlevad parima ja tõenduspõhiseima õpetajakoolituse suunas, aga see on pikk ja keeruline tee.

Nüüd jõudsime sinna, et meie siin ülikoolis, kes me õpetajaid koolitame, olemegi vastutavad õpilaste rõõmukao eest. Sisuliselt hammustasin praegu iseend säärest.

**Mida peaks siis õpetajatele veel õpetama?**

Ma usun, et õpetajad võiks täna palju enam teada psüühikast, seda eriti kognitiivse ja hariduspsühholoogia ning neuroteaduste vaatenurgast. See teadmine uueneb pidevalt. Nad peaksid õppima, kuidas õppimine neurobioloogiliselt toimub ja kuidas see protsess suhestub keskkonnaga; tunnetusprotsesse, täidesaatvaid funktsioone, eneseregulatsiooni, motivatsiooni ja võimekususkumuste kujunemist, mõistete ja mõtlemisoperatsioonide ning metakognitsiooni arengut, seda, kuidas arenevad sotsiaalsed oskused ja nipet-näpet veel.

Arusaam õpetajast kui teaduslikule teadmisele põhinevast spetsialistist sarnaneb meie ettekujutusega arstist: pole mõeldav, et arst ei hoiaks end oma valdkonna uusimate teadustulemustega kursis. Ma usun, et õpetajad peaksid endast samamoodi mõtlema ning pidevalt uuendama oma teadmisi õppimise kohta. Ehkki ka teaduslik mõtlemine võib lähtuda väga erinevatest teadusfilosoofilistest ja -metodoloogilistest alustest. Kui haridusest mõtlemine baseeruks veidi rohkem reaalteadustel, oleks see vajalik mõtteviisimuutus.

Fakt on, et õpetamine toimub vaid siis, kui keskkond on kohandatud õppija hetkeomadustele vastavaks, mis paratamatult tähendab, et õpetaja peab õppijast aru saama. Mitte selles mõttes, et õpetaja peaks iga õpilasega olema lähedane sõber ja teadma temast viimast kui detaili. Loomulikult on kõik lapsed unikaalsed, kuid hariduslikus mõttes pole ehk kõik unikaalsed omadused otsustava tähtsusega. Näiteks ka patsiendid on kõik unikaalsed, kuid ravimiseks ei pea arst igaühest kõiki võimalikke üksikasju teadma. Mõistlikuks individualiseerimiseks oleks esmalt vaja mõista, millised on õppimise ja arengu seaduspärad ja eripärad, kuidas kognitiivsed protsessid arenevad, kuidas on õppimisega seotud motivatsioon, heaolu, emotsioonid, sotsiaalne suhtlemine. Kui need teadmised on õpetajal olemas, on lihtsam mõista, kus laps parasjagu „kinni“ võib olla – miks tal ei tule asjad välja.

Tundes õppimise seaduspärasusi, saab õpetaja hädas oleva õpilase puhul küsida asjakohaseid küsimusi: mitte „Kas seda last saab aidata?“, vaid esmalt „Milles on probleem, mis on õpiraskuse või motivatsioonilanguse olemus ja põhjus?“ ja seejärel „Kuidas seda last saab aidata?“, sest alati saab. Täna näib, et puuduvate õppimisalaste teadmiste tõttu ei oska õpetaja endal alati lahendaja rolli näha. Jah, alati ei saagi ta seda üksi lahendada, aga ta on see, kes asjakohase abi juurde suunab.

Teadmisi, mis aitaks õppimist paremini mõista ja seeläbi iga õpilast paremini toetada, on hästi palju ja nendesse kõigisse ei jõua siin süvitsi minna. Võiks aga tuua ühe näite, mis seob minu arvates üsna sisukalt omavahel neurobioloogilised teadmised õppimise olemuse kohta õpimotivatsiooni mehhanismidega. Mis Sa arvad, kas õppimisvõime on pigem arendatav või kaasasündinud?

**Nii seda kui teist. Teatud eeldused olen ma ju oma vanematelt geenidega kaasa saanud. Samas on see võime ilmselt ka treenitav.**

Mulle Su vastus meeldib. Täna on teada – peamiselt viitan siin Carol Dweckile ja tema teooriast lähtuvatele teadlastele – et meie võimed ja omadused, sh võime saada paremaks õppijaks, on tõepoolest aren-


## GRETE ARRO

- **Sündinud 18. märtsil 1982. aastal Tallinnas.**
- **Kooliteed alustas toona Tallinna 54. keskkooli, täna Tallinna Saksa gümnaasiumi nime kandvas õppeasutuses 1988. aastal. Keskkooli lõpetamise järel asus 2000. aastal Tallinna ülikoolis (toonases Tallinna pedagoogikaülikoolis) tudeerima psühholoogiat ja sotsiaalpedagoogikat. 2007. aastal kaitses psühholoogia erialal magistritöö ning 2014. aastal Aaro Toomela juhendamisel doktoritöö teemal „ Laste enesereflekssioonivõime ja selle seosed mõistestruktuuri tüübiga: elumärke sealpool viiepallist vastuseformaati“.**
- **Aastal 2006 asus tööle Tartu ülikooli haridusteaduskonnas, oma juhendaja Aaro Toomela juhitud uurimisgrupis, kus oli esialgu laborant ning hiljem erakorraline teadur. Koos peaaegu sama uurimisgrupiga tegutses järgnevalt aastail 2010–2015 teadurina Tallinna ülikooli psühholoogia instituudis ning sama grupiga jätkub teaduskoostöö ka praegu. Hetkel töötab Tallinna ülikooli haridusteaduste instituudis haridusinnovatsiooni keskuse teadurina.**
- **Eesti psühholoogide liidu, Telliskivi seltsi ja kaitseliidu liige.**
- **Hobid: lugemine, ratsutamine (rõhuasetusega hobusega kahekesi maastikul uitamisel), hiina võitluskunst Wing Tsun, Argentiina tango.**

datavad. Ehk siis kui keegi ütleb, et intelligentsus on kaasasündinud, on see lause minu silmis poolik. Meie võimetel on küll kaasasündinud potentsiaal, aga kõigi võimed on arendatavad. Millise piirini, seda me ei tea, ehkki sildistamine andekateks ja „standardlasteks“ tuleb sageli väga kergelt. Sobivas keskkonnas saab meie kõigi potentsiaali – võimeid empaatiavõimest orienteerumiseni, matemaatikaoskusest loovuseni – arendada. Vabandusega, et kivist juba vett välja ei pigista või töö on tellija materjalist, ei tohiks teha otsust, et õpilase peale võib käega lüüa.

Ma arvan, et head õpetajad on alati teadnud, et kui lapse arengut mõistlikult toetada, siis õppimine toimub – vastu ootusi sageli ka siis, kui tema kaasasündinud potentsiaal on väga tagasihoidlik. Aga enne neuroteaduste viimase aja uurimistulemusi ei olnud võib-olla alati nii lihtne seda tõsiasja uskuda. Täna on teada, kuidas õppimine ajus neurobioloogiliselt toimub, tänu millele teame omakorda, et asja- ja eakohast õpistrateegiat kasutades ning pingutades-pusides ei ole võimalik, et õpilase võimekus ei kasva. Seega ei ole võimekususkumuste teooria lihtsalt õhku ehitatud mõtteharjutus või humanistlik vaatenurk, vaid õppimise olemust arvestav lähenemine. Seda me ju usume, et iga päev mõistlikult jooksutrenni tehes saame ajapikku paremateks jooksjateks. Õppimisega on samamoodi. Probleem tekib vaid siis, kui õppida ja pingutada viisil, mis sel hetkel lapsele mingil põhjusel ei sobi. Näiteks lugema saab õppida eri viisidel. Kui laps ei õpi lugema sama mehhanismi kasutades kui teised lapsed, ei tähenda see, et ta on lootusetu juhtum, vaid ta vajab teist õpistrateegiat.

Seega ei sea võimete arenemisele piire tingimata kaasasündinud võimete tase või aju ülesehitus, vaid uskumus, kas võimed on põhimõtteliselt pigem kaasasündinud või arendatavad. Uskumus ise on sageli teadvustamata ja see uskumus otseselt ei teegi midagi muud, kui kujundab õpetajate, lastevanemate ja laste endi käitumist õpisituatsioonides. Eriti oluliseks muutuvad võimekususkumused keerukates olukordades või siis, kui õpitav hüppeliselt raskemaks läheb. Uskudes, et võimed on arendatavad ja iga laps võib mõnuga õppida ära millise iganes eluks, eduks või heaoluks vajaliku teadmise või oskuse, loob täiskasvanu õpilasele lakkamatult kontekste, kus too saab paremaks saada, ning MUUDAB neid kontekste, kui selgub, et laps sel viisil ikkagi paremaks ei saa.

Siit tulebki üks vastustest Su algsele küsimusele. Meil on õppimisest võõrdunud ja õnnetuid õpilasi. Samas domineerib uskumus, et kivist vett välja ei pigista ning on andekad lapsed ja „need teised“. Äkki on siin mõtlemise koht?

Võiks küsida, kust võimekususkumused tulevad? Enamik ju ei saa emapiimaga kaasa teadmist õppimise olemuse kohta. Uskumused kujunevad keskkonnast saadava tagasiside põhjal – kuidas sooritust või viga tunnustatakse-laidetakse, kas tagasiside keskendub omadusele, näiteks intelligentsusele või rumalusele või sellele, mida õpilane TEGI. Kasulikku juurdekasvuuskumust kujundavad oma lastes need

**Meie võimetel on küll kaasasündinud potentsiaal, aga kõigi võimed on arendatavad. Millise piirini, seda me ei tea, ehkki sildistamine andekateks ja „standardlasteks“ tuleb sageli väga kergelt.**

vanemad ja õpetajad, kes lapse edu või ebaedu korral juhivad tähelepanu õpiprotsessile – õpilase kasutatud strateegiatele, tema püsivusele, keskendumisele või pingutamisele.

Vastupidist ehk jäävususkumust tekitab kiitus, mis vihjab, et võime on püsiomadus: „Oled tubli, oled tark, suisa geenius“, millest õpilane nopib välja, et oluline on edaspidigi tark näida, ning hakkab valima olukordi, mis kinnitaksid, et ta ongi see tark ega tee vigu. Kui õpe muutub keerukaks, võib endiste tublide õpilaste jäävususkumus väljenduda väljakutsete pelgamiseks, allaandmises, õppematerjali halvustamises või näo tegemises, et on igav.

Seejuures on üks oluline uskumusi kujundav tegur viis, kuidas õpilase vigadele reageeritakse. Oluline erinevus on, kas eksimuse puhul keskendutakse saadud tulemusele („KAS õige või vale vastus“) või otsitakse üles, mida veast õppida, ollakse suunatud õppimisele („MIKS õige või vale vastus ja kuidas paremini saab“). Kui vigadele reageeritakse ärevuse, lapse haletsemise või ütlemisega, et pole midagi, sa polegi selles tugev, justkui näitaks vea tegemine võimekuse puudumist, „kuuleb“ laps, et viga on üks paras probleem. See suunab ta nn jäävususkumuse rajale – otsima olukordi, kus võimekuse puudumisele osutavaid vigu ette ei tule või vähendama antud ainevaldkonnas oma pingutust. Veidike üle jõu käivate ülesannete vältimine lõikab aga mõistagi õpilase arengutee ja õppimisvõimaluse ära. Kas on üldse võimalik midagi süvitsi õppida ilma vigu tegemata?

**No ei ole.**

Jah, viga osutab, millele peaks tähelepanu pöörama, see on õppimise olemuslik osa. Siin on aga ka teise äärmuse oht: kui võtta see põhimõte omaks pinnapealselt-loosunglikult, et „vead on toredad“ ja hõisata, et neid ei tohi häbeneda, ent jätta need sügavamalt töötlemata, üles otsimata, miks nad tekkisid, ja korrigeerimata, siis võime kippuda neid kordama ja kordamine on ju kinnistamine. Aju õpib niisama efektiivselt ära vead kui õiged asjad.

Kui naaseme esimeses küsimuses mainitud kurbade noorte juurde, siis võib arvata, et paljud neist arvavad enda kohta näiteks, et nad ei ole matemaatikainimesed või siis humanitaarainete inimesed – et integraalid või hoopis kirjandi kirjutamine ei ole „nende teema“. Kui see on nii, siis osutab see olulisele õppimise kohta käivale teadmise puudumisele, mida nende õpetajad ehk ei vahenda. End keskkoolis mingi ala inimeseks lahterdamine on märk jäävususkumusest, mis takistab igakülgset edenemist.

**Noor andmeteadlane Taivo Pungas viitas hiljuti Õpetajate Lehes paradoksile, et kuigi meie õpilased on PISA testides maailma tipus, siis õnnelikkuse poolest oleme teistest tipuriikidest palju madalamal. Näiteks Soome noored on PISA testides väga tublid, aga samas ka ühed maailma õnnelikumad.**

Kas õnnetuna üldse on võimalik anda oma parimat tulemust? Teadmised selle kohta, kuidas heaolu mõjutab täidesaatvaid funktsioone, mille hea toimimine on omakorda eelduseks uudsete probleemide lahendamiseks, osutavad, et päris nii olla ei saa. Ma välistaks hüpoteesi, et PISA testid on lastele nii tuttavad, et neid tehakse automatismi pealt – teisisõnu, olukord ei ole uudne. Või ei tasu seda välistada?

Üks teine tähelepanek: Eestis on tehtud komplekseid kestusuuringuid, mille käigus on läbi viidud akadeemilisi teste, hinnatud matemaatikat, emakeelt. Nendest jääb mulje, et õppekavajärgseid teadmisi juhuslikul hetkel hinnates ei ole pilt sugugi roosiline. Nende uuringute testideks polnud lapsed ette valmistatud. Jääb õhku küsimus, mis õppimine ikkagi on – kas oskus end tugeva välise motivatsiooni surve all momendiks kokku võtta või püsiv muutus teadmistes ja oskustes?

Minu jaoks ei lähe PISA tulemus ja muu haridus-

## KOLLEEGI KOMMENTAAR

**Tallinna ülikooli haridusinnovatsiooni keskuse õpetajahariduse projektijuht KATI AUS**

**Grete on kindlasti meie ajastu *Übermensch* (sks k ‘üliinimene’). Pole asja, millega ta hakkama ei saa või mida poleks valmis hoobilt ära õppima, alates rõdult rapellimisest ja lõpetades tango tantsimisega. Kui Gretele tundub, et keegi või miski vajab tema toetust või eestkostet, nii tööalaselt kui kogukonna käekäigu eest seismisel, on ta alati valmis isetult ambrasuurile viskuma.**

**Seda tehes oskab ta jääda naeratavaks ja heatahtlikuks, kuna tema tegemisi kannab alati siiras usk paremasse homsesse. Just seetõttu on mul ääretult hea meel, et teemad, mis teda kõnetavad, on enamasti üht või teist otsa pidi seotud haridusega, valdkonnaga, mis vajab nii teaduspõhist mõtlemist kui ka jõulist eestkõnelemist – Grete leivanumbrid mõlemad. Ja mis kõige tähtsam, Gretega saab alati nalja – nii matkal, loengus kui ministeeriumis. •**

pilt kokku, ma ei näe, mis täpselt seda tulemust kinnitab, ja küsimusi on rohkem kui vastuseid.

Soome haridust ma ei tunne hästi, tean ehk killukesi. Mulle on jäänud mulje, et näiteks õpetajakoolituse vastuvõtt on neil mõneti teistsugune kui meil. Sellest võivad tuleneda ka mitmed muud erinevused, näiteks õpetajate suurem autonoomia oma töös, mis on kahtlemata seotud motivatsiooniga – toetatud autonoomiaga professionaalid väärtustavad ja mõtestavad oma tööd teisiti kui madala autonoomiaga töötajad. Luues kohe seost sellega, mis mind huvitab: usun, et tudengite vastuvõtt õpetajakoolitusse võiks meil olla hoopis teistsugune kui see täna on. Kandideerijatele valju häälega välja öeldud sõnumiks võiks olla, et õpetajaks õppimine on keeruline intellektuaalne väljakutse, valdkond on pidevalt arenev ning psüühika arengu toimimise mõistmist ja pidevat ingliskeelsete teadustekstide lugemist eeldav. Õpetajatudengiks pürgijad peaksid mõistma eos, et *you cannot skip the hard path* (ingl k 'rasket teed ei saa vahele jätta') – õpetajaks olemine on keeruline ja põnev töö, mida saab hästi teha sügavate teadmiste pinnalt.

**Kooli kõrval intrigeerib Sind psühholoogina ka keskkonnapsühholoogia. Mida selles vallas uuritakse?**

Keskkonnapsühholoogia hakkas iseseisva psühholoogiavaldkonnana kujunema 1950. ja 1960. aastatel, suurema hurraaga toimus see USA-s. Kui väga lihtsalt öelda, siis uurivad keskkonnapsühholoogid inimese ning ehitatud keskkonna ja looduskeskkonna seoseid: ühelt poolt seda, kuidas keskkond meie käitumise, heaolu, koostööoskustega jne seotud võib olla. Teiselt poolt aga seda, kuidas looduskeskkonda ja muuhulgas ka meie enda säilimiseks vajalikke ressursse meie endi käest päästa. Viimane on nn *conservation psychology* või looduskaitsele suunatud psühholoogia haru.

Võib vast öelda, et üheks suuna tekke ajendiks olid nt suuremahulised elamuarendused ja linnaruumilahendused, mis ei hakanud ootuspäraselt tööle. Saadi aru, et psüühikast ja selle toimimisest – nt tunnetusprotsessidest, sotsiaalsest käitumisest, emotsioonidest, mis on käitumise taga – on vaja aru saada, et luua selline keskkond, mis vastaks meie vajadustele. Samuti tärkas sel perioodil keskkonnaprobleemide teadvustamine, nagu ka inimese rolli märkamine nendes probleemides.

**Kuidas meil Tallinnas linnakeskkonna inimsõbralikkusega lood on?**

No kuidas Sulle tundub?

**Kesklinn, kus praegu oleme, on väga kivine ja autode meelevallas. Tahaks hõlpsalt mere äärde minna, aga ei pääse.**

Olen veidi olnud seotud Eesti arhitektuurikeskuse „Peatänava" projektiga, mille üks osa on mereääre avamine, ja sinuga täiesti nõus. Sa ütled kohe õiged asjad ära – inimesena vajad sa probleemivaba ligipääsu lähedalasuvale taastava mõjuga keskkonnale, mererannale. Mind iseäranis huvitav osa keskkonna-

**Loodus linnas ei ole pelk esteetika, vaid tervise, heaolu ja mõnede uuringute näitel ka parema soorituse ja õppimise mõjutegur.**

psühholoogiast tegelebki linnalooduse lõõgastava ja taastava potentsiaaliga. On palju uuringuid, mis ütlevad, et looduse – on need siis linnametsad, pargid või mereäär – taastav mõju inimese psühholoogilisele heaolule on oluline ning isegi suurem kui teistel vabaajategevustel.

Miks see nii on? Selgitusi on erinevaid ja minu jaoks on huvitavamad need, mis vaatavad vähem või rohkem ajju. Näiteks on selgitusi otsitud looduslike vormide fraktaalse ülesehituse tüübist ning selle vaatamise mõjust lõdvestatusele. On näidatud, et täidesaatvaid funktsioone (tähelepanu, töömälu) eeldavaid ülesandeid lahendatakse pärast loodusele eksponeerimist linnaliste keskkondadega võrreldes paremini. Looduse positiivsele mõjule on otsitud evolutsioonilisi põhjendusi, pakkudes, et tänase ehitatud keskkonna stiimulite rohkus (või vahel ka vaesus), millele peame tähelepanu pöörama, ei ole meie organismile optimaalseim.

Arvan, et loodus linnas ei ole pelk esteetika, vaid tervise, heaolu ja mõnede uuringute näitel ka parema soorituse ja õppimise mõjutegur. Kui tahame, et inimesed elaksid kesklinnas ega valguks laiali, siis peab taastav keskkond olema jalutuskäigu kaugusel. Loodus ja selle mõju ei tohi olla autoomanike privileeg.

Teine suurem keskkonnapsühholoogia osa keskendub sellele, kuidas võiks psühholoogia aidata mõista ja toetada keskkonnasõbralikku käitumist. Uuritakse, milliste faktoritega seostub keskkonnasõbralik käitumine ja kas seda mõjutavad teadmised või näiteks see, mida teised inimesed ümberringi teevad. Üks viimasel ajal minus enim põnevust tekitanud eksperiment seostas kaks mainitud teemat: pärast looduse kogemist olid inimesed ühise ressursi kasutamise simulatsioonimängus parema kaalutlemisvõimega ning leidsid targemaid lahendusi. Aga päriselt ei ole inimeste jätkusuutlikkuse rajale suunamise pähklit uurijad minu arvates veel katki hammustanud. •

Grete Arro mõtteid lugemise kohta vaata lk 61.

ALDO LUUD

# TOOMAS LUNGE
## MUUSIK

Olles sündinud revolutsioonilise 20. sajandi teisel poolel on kogu mu elu olnud teadusest läbi imbunud. Ehkki ma ei saa end pidada väga suureks teoreetikuks, olen tegutsenud juba varajasest noorusest peale eksperimentaatori ja praktikuna.

Juba nelja-aastasena läbi viidud füüsikakatsed lõkkesse pistetud raudvarrastega andsid esimesed teadmised sellest, et noore teadlase elu võib olla täis valusaid kannatusi. Kui võtta näppudega kaunilt hõõguvad vardad tulest välja, siis saavad termofüüsika seadused kohe selgeks. Täpselt sama võib öelda mõned aastad hiljem korraldatud eduka keemiakatse kohta. Selgus, et kui valada kuuma parafiini külmas vees olevasse vormi, kulub reaktsiooni tulemuste kulmukarvadest ja näolt eemaldamiseks päris mitu päeva.

Peab ütlema, et sarnaseid katsetusi erinevates teadusvaldkondades kogunes lapsepõlve ja noorukiea jooksul omajagu ning kõik need kujunesid vägagi õpetlikeks.

Töömehe elu on viinud mind tihedamini kokku eksperimentaalpsühholoogia ja -sotsioloogiaga. Olen läbi viinud sadu ja sadu uurimusi, et selgitada, millised on kinnisesse ruumi kogunenud erineva tausta ja vanusega inimeste reaktsioonid muusikale koosmõjus liikumisvõimaluste (tants, kõikumine, arutu hüplemine) ja alkoholiga, ning mil määral erinevad need reaktsioonid juhul, kui inimesed istuvad kohtadel ja liigutavad üksnes oma käsi, tuues peopesade kokkupuutel kuuldavale plaksuvaid helisid. Tulemused on olnud väga huvitavad. Sama võib öelda aastatepikkuse laboritöö kohta suurema või väiksema hulga inimestega, kes tulevad kokku, et selgitada välja ja tunnetada kunstilist tõde, mille tulemusena vormub pikema katseperioodi järel laboris etenduse-kujuline teadustöö. See annab omakorda ainest uuteks vaatlusteks, kuidas laboris loodud tulem erineva soo, vanuse ja taustaga inimesi mõjutab.

Sedasi võin tõepoolest öelda, et teadus annab minu elule sisu, milleta ma ei kujuta oma eksistentsi ettegi, ning jätkan oma teadustööd ka edaspidi kõige suurema entusiasmiga. •

# EESTI LOODUSE FOTOVÕISTLUSE PARIMAD PILDID

TALLINNA
TELETORN

Näitus ja loengud
Teletornis:

**1.12.16 - 16.04.17**

**teletorn.ee**
**loodusajakiri.ee**

EESTI LOODUS

# Millal sündis eesti teadus?

**Eestikeelne ja eestimeelne teadus ei tekkinud päris tühjalt kohalt, sellele eelnes eestlaste rahvuslik ärkamine ning rahvusluse areng.**

Vaade Tartu ülikooli peahoonele 1920. aastate alguses

Võime eestlastena õigusega uhked olla, et meie maal rajati ülikool juba 1632. aastal. Maarahval – nagu eestlasi toona nimetati ja nagu nad ennast ise kutsusid – polnud selle Tartus tegevust alustanud asutusega siiski kõige vähematki pistmist. Või kui oligi, siis eelkõige ruumide kütjate ja koristajatena. Sarnastel ametipostidel jätkasid eestlased ülikooli teenistuses ka 19. sajandil, mil põhjasõja aastatel Liivimaalt Rootsi viidud ülikool Vene keisri Aleksander I otsusega 1802. aastal Tartus uuesti avati. Erinevalt Rootsi riigi Tartu ülikoolist jõudsid keiserliku Vene impeeriumi Tartu ülikooli auditooriumitesse siiski ka eestlased. Neist esimesed olid Friedrich Robert Faehlmann ja Kristjan Jaak Peterson. Lätlased olid meist ees, sest David Hieronymus Grindel asus keemia- ja farmaatsiaprofessorina Tartu ülikoolis tööle juba 1804. aastal. Täna kannab Grindeli nime Läti börsil noteeritud farmaatsiatehas Grindeks. Esimene eestlane – usuteadlane Johan Kõpp – valiti Tartu ülikooli korraliseks professoriks alles sajandi pärast – 1916. aastal.

Kas need kaks aastaarvu võiksid tähistada eesti ja läti teadustraditsiooni algust? Kindlasti mitte, sest 19. sajandil ning 20. sajandi algul Vene impeeriumis toimunud poliitilisi arenguid vaadates ei viidanud ükski märk sellele, et eestlastel võiks tekkida võimalus omakeelse teaduse arendamiseks. Lihtsam oli õppida praktilise väljundiga aineid nagu teoloogia, juura, meditsiin või põllumajandus, mis tagasid töö ja leiva lauale. Jakob Hurda, Ants Piibu ja Heinrich Koppeli varajane karjäär oli selle ilmekaks tõestuseks.

19. sajandil domineerisid Tartu ülikoolis baltisakslased, pärast ülikooli venestamist 1893. aastast alates aga vene rahvusest teadlased. Eriti kõrge teadusliku tasemega paistis Tartu ülikool silma nö saksakeelsel perioodil, seda eelkõige loodus- ja arstiteaduste alal. Teadusmaailmas saavutasid rahvusvahelise tuntuse paljud Tartu ülikooli professorid, vilistlased ja audoktorid, kellest nimekaim oli toona ja on tänagi Eesti kahekroonisele trükitud võrdleva embrüoloogia rajaja Karl Ernst von Baer. Talle sekundeerivad kaksiktähtede avastaja Wilhelm Struve, füüsikud Emil Lenz ja Georg Friedrich Parrot, keemikud Carl Schmidt ja Gustav Tammann, geoloogid Moritz von Engelhardt ja Friedrich Schmidt, meteoroloogid Friedrich Ludwig Kämtz ja Karl Weihrauch, botaanikud Alexander von Bunge ning Ernst Rudolf Trautvetter, embrüoloogid Martin Heinrich Rathke ja Bogislaus Reichert, arstiteadlased August Wilhelm Volkmann ja Alexander Schmidt, kirurgid Nikolai Pirogov ja Werner Zoege von Manteuffel ning maadeuurijad Adam Johann von Krusenstern ja Alexander Theodor von Middendorff. Tänaste kaalukategooriate järgi saavutas kõige kõrgema tunnustuse siiski Nobeli keemiapreemia laureaat (1909), Riias sündinud, Tartus õppinud ja siin hiljem õpetanud Wilhelm Ostwald. Kuigi Ostwaldile omistati preemia ajal, mil ta töötas pro-

FOTOD: TÜ RAAMATUKOGU

**Tartu ülikooli avaaktus 1. detsembril 1919. aastal, kõnetoolis peaminister Jaan Tõnisson**

fessorina Leipzigi ülikoolis, oleme seda auhinda sageli pidanud Tartu ülikoolile kuuluvaks (ehkki lisaks sakslastele tuleks meil seda au sel juhul jagada ka Riia polütehnikumiga, kus Ostwald Tartust lahkumise järel töötas).

20. sajandi alguseks oli baltisaksa teadusel Tartu ülikoolis juba pikk traditsioon ja tunnustatud kvaliteet. Eestlastele seevastu ei paistnudki siinses teadusruumis oma kohta tekkivat, kuni Vene keisririik 1917. aastal esimese maailmasõja keerises kokku varises. Kõik Vene impeeriumis elanud rahvad, teiste seas eestlased, pakatasid lootusest paremale tulevikule. Järgnenud Saksa okupatsioon konsolideeris Vene ülikoolides õppinud eesti üliõpilaskonna. Kui seni oli eesti noorsool olnud võimalik haridust omandada üksnes võõrkeeles, unistati nüüd eesti ülikoolist ning oma keele ja teaduse arendamisest. Selle unistuse täitumisele aitasid kaasa nii Saksa keisririigi kapitulatsioon 1918. aasta novembris kui ka bolševike ja baltisakslaste vastu peetud võidukas vabadussõda. Eesti riigi suveräänsuse kindlustamine avas ühtlasi tee eesti teaduse arengule.

Eestikeelne ja eestimeelne teadus ei tekkinud siiski päris tühjalt kohalt. Vabariigi sünnile eelnes eestlaste rahvuslik ärkamine ning rahvusluse areng. 1857. aastal ilmunud esimesest „Perno Postimehe“ numbrist alates tegeles maarahva enesehinnangu sihiteadliku tõstmise ja nendest eestlaste kasvatamisega üks rahvusliku ärkamisaja suurkujusid, Johann Voldemar Jannsen. Hiljem lülitus sellesse töösse aktiivselt Jannseni tütar Lydia Koidula. Märkimisväärse panuse eestlaste kujundamisse poliitiliseks rahvuseks andsid kaks teravat oponenti – pastor Jakob Hurt ning koolmeister, ajakirjanik ja esimene professionaalne eesti soost poliitik Carl Robert Jakobson. 19. sajandi lõpul ja järgmise alguses ergutasid eestlaste rahvuslikku iseteadvust üle kogu Eesti levinud karskusseltsid ning 1905. aastal andis rahvusluse levikule uut hoogu esimene Vene revolutsioon. Üks selle ehedamaid väljundeid oli Eesti kirjanduse seltsi loomine 1907. aastal, mis oli eestlaste esimene laiapõhjaline teadusselts. Oma nimele vastavalt kavandas selts esimese maailmasõja eelõhtul laiaulatuslikke eestlasi ja Eestimaad puudutavaid teaduslikke ning kirjandus- ja kunstialaseid uuringuid, mis teostusid küll alles pärast suurt sõda ning siis juba eestikeelses Tartu ülikoolis. Nii võibki süsteemse eesti teadustraditsiooni alguseks lugeda rahvusülikooli pidulikku avamist Tartus 1. detsembril 1919. aastal.

Eestikeelse ülikooli asutamine andis veel ühe lisastiimuli – eestlased said end lõpuks kehtestada senise poliitilise eliidi, baltisakslaste suhtes, kes suhtusid tõsiste kahtlustega eestlaste võimesse ise oma maad valitseda. Eestlaste missioon oli tõestada vastupidist. Teadus- ja õppekorralduses väljendus see eestikeelse (teadus)ülikooli lahtirebimises keiserliku ülikooli kuulsusrikkast ajaloost, millel polnud Eesti riigi arengu ja rahvusliku iseteadvuse kasvatamise seisukohast vähimatki tähtsust (kui õppetööks vajalike hoonete säilitamine välja arvata).

Puht eestikeelse ülikooli loomine ei olnud aga sugugi lihtne, sest õppe- või teadustegevusele orienteeritud eestlastest haritlasi leidus esialgu vaid piiratud arvul (nt Johan Kõpp, Ludvig Puusepp, Henrik Koppel, Ants Piip). Olukorras, kus eestlasi tuli igal võimalikul juhul välismaalastele eelistada, tehti lähteülesandest tingitult järeleandmisi eestlaste kvalifikatsioonis ning võeti ametisse enamasti kooliõpetajaid (nt Jaan Sarv, Johannes Voldemar Veski, Johannes Piiper, Peeter Põld). Kui eestlasi ei olnud võtta, kutsuti professoreid ka välismaalt, ning eelistatult Soomest (nt Johannes Gabriel Granö, Arno Rafael Cederberg, Aarne Miikael Tallgren, Ilmari Manninen). Esialgu tuli ametisse kinnitada aga ka rootslasi, venelasi ja riigisakslasi ning päris mööda ei olnud võimalik minna baltisakslastestki, sest näiteks arstiteaduse erialal oleks vastasel juhul valitsenud pädevate õppejõudude põud. Küll seati eesmärgiks vahetada võõrkeelne professor kohe välja, kui selleks eestlaste hulgast sobilik kandidaat leitakse. See oli möödapääsmatu eeldus, et arendada ja edendada eestikeelset teadust. Selle nimel tehti järgnenud kahel aastakümnel rahvusülikoolis aga tõsist tööd. •

**Erki Tammiksaar**, Tartu ülikooli geograafia ajaloo vanemteadur, Eesti maaülikooli teadusloo uurimise keskuse vanemteadur

Ülem-Suetuki külamatja Triikmani Miina lapselaps on tulnud kaugeid külalisi bussi peale saatma

FOTOD: EVA SEPPING

EVA SEPPING

# EESTLUS VENEMAA AVARUSTEL:

## KÜLASKÄIGUD SIBERI EESTLASTE JUURDE

**Siber on paik, mis seostub paljudele enne-kõike karmi külma ja repressioonidega. Eesti lähiajalugu ning suurt osa eestlastest lähemalt või kaugemalt puudutanud küüditamisi arvestades on selleks ka piisavalt põhjust. Märksa vähem mõeldakse Siberiga seoses sinna 19. sajandil välja saadetud või hiljem omal soovil rännanud eestlastele, kellest paljude järeltulijad elavad tänaseni sellel „külmal maal". Eestist Siberisse saabunud külaliste jaoks ei leidu aga naljalt soojemat paika: seda nii inimsuhete kui ka temperatuuri mõttes. Olgu väljas pehme sügisilm või paukugu kõva pakane, Siberi tared on ikka nõnda lämmiks köetud, et magamistoa termomeeter näitab veel hommikulgi 27 soojapügalat.**

Eesti kunstiakadeemial on ligi neljakümne aasta pikkune soome-ugri ekspeditsioonide traditsioon. Kui algselt olid uurimisreisid suunatud eelkõige materiaalse kultuuri jäädvustamisele, mis tähendas esemete ülesjoonistamist ja pildistamist, on viimastel aastatel fookus nihkunud eelkõige vähemusrahvuste identiteedi ja sotsiaalse elu uurimisele ja dokumenteerimisele. Üks selle töö olulisi väljundeid on kogutud materjalist inspireeritud näituste kokkupanek, mida esitletakse ka Venemaal, nii et kunstnikud saavad külastatud kogukondadele omalt poolt midagi vastu anda. Pealegi saab sellistest emotsioonidest laetud teemade puhul nagu rahvus- ja kogukonnatunne tõsta kunsti kaudu esile näiteid, mis võivad vaatajaile senisest sootuks uusi ja põnevaid perspektiive avada.

KAAREL DAMIAN TAMRE

Venemaa avarustele välitöid tegema sattusin minagi esmakordselt kunstiakadeemia tudengina. Seda 2008. aastal, mil Loode-Venemaale Tveri oblastisse suundunud ekspeditsioon viis mind kohe kokku Eesti aladelt väljarännanud eestlaste järeltulijatega. Ehkki enamik neist ei osanud enam eesti keelt, pidasid nad ometi oluliseks määratleda ennast eestlastena ja seda riigis, kus Eestist ei ole levinud just kõige positiivsem kuvand. Järgnenud

**Vaade Ülem-Suetuki külale ja 1888. aastal valminud luteri kirikule. Mõned aastad tagasi sai kirik ka uue puidust katte. Et küla peal uitavad koduloomad end jumalakoja trepile puhkama ei sätiks, on selle ümber nüüd aiake**

aastate jooksul olen külastanud nii Moskva ja Peterburi eesti kogukondi kui käinud mitmel korral külas Krasnojarski krais elavatel Siberi eestlastel.

Arvestades, kui palju on Siberis elavaid eestlasi viimastel aastakümnetel külastatud ja uuritud, võib tekkida küsimus, mida seal enam uurida on? Tõepoolest, 20. sajandi hakul sündinud ning oma esivanemate rändamise lugu vahetult mäletav „infokandja" on siitilmast lahkunud, ent sugugi vähem huvitav pole see, millise vormi on võtnud seesama lugu tema 21. sajandi hakul sündinud järeltulijate peades. Nii pakubki mulle enim huvi küsimus, kuidas suhestub oma eesti juurtega noorem ja tihtipeale juba üksnes vene keelt kõnelev põlvkond, kes on varasemates Siberi eestlasi käsitlevates uuringutes pigem tähelepanu alt kõrvale jäänud. Kuidas suhestuvad Siberis elavad eestlased oma asukohariigi ning teisalt oma ajaloolise kodumaa ja esivanemate kultuuriga? Nendele küsimustele püüangi alljärgnevas tekstis põgusalt valgust heita.

**Väljarändamise peamiste motiividena on nimetatud Eesti- ja Liivimaa külades valitsenud maapuudust ja ülerahvastatust, kõrgeid mõisakoormisi ning lootust Venemaa avarustel paremale ja jõukamale järjele jõuda.**

## Väljarändamise põhjused

Eestlaste asumist suhteliselt inimtühjadele Siberi aladele võib seostada kahe olulise suundumusega. Esiteks sunniviisilise väljasaatmisega, mis tähendas kurjategijate ja teiste kehtinud korra vastu eksinud või mässu tõstnud isikute Siberisse sunnitööle või asumisele saatmist, ning teiseks vabatahtliku ja keskvõimude soositud emigratsiooniga, mis võimendus 19. sajandi lõpukümnendail. Ehkki esimesed eestlased jõudsid Siberisse juba märksa varem, saab homogeensete eesti kogukondade tekkimisest rääkida siiski alles 19. sajandist. Lääne-Siberis kujunes luterlaste (ja sealhulgas eestlaste) keskuseks esmalt Rõžkovo. 1860. aastate alguses loodi sellesse Omi jõe äärsesse piirkonda esimese puhteesti asulana Viruküla, mille esimesed eestlastest asukad olid väidetavalt Mahtra sõjas mõisnike vastu mässu tõstnud talupojad. Sajandi keskel kerkisid esimesed eestlaste külad ka Ida-Siberisse – 1850. aastal loodi Minussinski linna lähistele Ülem-Suetuk, kus elas esialgu ka teisi luterlasi, ning mõni aasta hiljem puhtalt eesti asustusega Ülem-Bulanka (Virupulan).

Koduprovintsist välja saadetud eestlaste seas polnud sugugi tavatu, et Siberisse jõudes oldi oma uue, „vaba mehe" positsiooniga igati rahul. Kui saatus oli eriti helde ega paisanud väljasaadetuid karmidesse polaarpiirkondadesse, ootasid neid lõuna pool ees mõnus kliima, neli aastaaega ning

Ülem-Suetuki küla lapsed 2012. aasta kevadel. Tagaplaanil olev poisike Kostja tervitas kaugelt tulnud külalisi – ka kolm aastat hiljem – eesti keeles

**Siberi setod. Mihklipäev Haida külas, Krasnojarski krais**

musta mullaga kaetud viljakas maa. „Torkad lihtsalt toki maasse ja kohe läheb kasvama," on Krasnojarski krai lõunaosas elavatel eestlastel tänapäeval kombeks naljaga pooleks öelda. Seega oli Siber, nagu seda on kirjeldanud sealsete eestlaste elu-olu põhjalikult uurinud ajaloolane ja etnoloog Aivar Jürgenson, ühest küljest inimestesse hirmu sisendav väljasaatmismaa ja teisalt võimalus pääseda koduprovintsis valitsenud rõhuvatest oludest.

Siberi vabatahtliku asustamisega tehti tõsisemalt algust 19. sajandi lõpul ja 20. sajandi alguses. Väljarändamise peamiste motiividena on nimetatud Eesti- ja Liivimaa külades valitsenud maapuudust ja ülerahvastatust, kõrgeid mõisakoormisi ning lootust Venemaa avarustel paremale ja jõukamale järjele jõuda. Õige hoo sai Siberisse rändamine sisse 20. sajandi hakul, kui Vene keskvalitsus hakkas sealsete viljakate maade koloniseerimist Pjotr Stolõpini käivitatud agraarreformi raames jõuliselt ergutama. 1926. aasta seisuga oli eestlasi Siberis kokku *ca* 30 000.

**Siberi eesti külades lauldakse veel mitu põlvkonda hiljem kohapeal loodud laule kallilt kodumaalt võõrale maale rändamisest.**

Oma kunagiselt kodumaalt väljarändamist meenutatakse Siberi eestlaste seas tänaseni omamoodi kangelasteona – edasipürgimisena parema elu ja suuremate võimaluste poole, milleks sugugi igaühel julgust ei jätkunud. Siberi eesti külades lauldakse veel mitu põlvkonda hiljem kohapeal loodud laule kallilt kodumaalt võõrale maale rändamisest. Ollakse uhked oma kogukonna pooleteise sajandi pikkuse ajaloo üle, mis algab väljarändamise ja võõrsil „vabaks saamisega", ning mida mäletatakse ja esitatakse ikka veel nagu oma isiklikku lugu.

## Siberi eestlased tänapäeval

Viimase rahvaloenduse* andmeil elab Krasnojarski krais üle 2300 eestlase. Võib küsida, kas nii pikka aega muukeelses impeeriumis elanud rahvusrühm ei ole assimileerunud ehk kõnealusel juhul venestunud? Mingi osa neist (ja eeskätt Vene suurlinnades hajutatult elavad eestlaste järeltulijad) loomulikult ongi.

Teisalt saab homogeensemates eesti asulates nagu Ülem-Suetukis või setode Haida külas osaleda külakese sotsiaalses elus tänaseni vabalt, ilma et selleks läheks vaja vene keelt – Ülem-Suetukis elab veel tublisti üle 140 eesti keelt kõneleva inimese. Meenub paari aasta tagune käik sealsesse külapoodi, mis kujutas endast pisikest ruumi, mis oli täis kõige hädatarvilikumat kaupa. Poesabas seisis noor ema oma mudilasega, keda ta aeg-ajalt korrale kutsus, ning paar muhedat külameest. Kogu suhtlus käis sulaselges eesti keeles, nii et tahtmatult tekkis tunne, nagu ma polekski tervelt 5300 kilomeetrit ida poole rännanud. Või siis külaskäik Karatusi, kus sattusin kokku

1932. aastal sündinud naisterahvaga, kes valdas enda sõnul vene keelt üsna halvasti, ehkki oli Siberis sündinud ja veetnud seal kogu oma varasema elu. Kummalgi juhul ei ole seejuures tegu teadliku eestluse alalhoidmisega, vaid eesti keeles kõnelemine kuulub loomuliku osana nende inimeste igapäevaellu.

Maakogukondade säilimist suhteliselt homogeensetena on muuhulgas soosinud pikad vahemaad ja äärmiselt kehvad teeolud, mis Siberi külade elanikud hooajaliselt muust maailmast peaaegu täielikult ära lõikasid. Polegi siis ime, et segaperekondade osakaal püsis sealsetes külades kuni 20. sajandi keskpaigani suhteliselt tagasihoidlikuna.

Viimastel aegadel on Siberi eestlaste suurepärane keeleoskus pälvinud imetlust ja tähelepanu ka ESTO päevadel: nii puhast ja selget eesti keelt polevat läände pagenud eestlased, kelle järeltulijad tihtipeale juba kolmandas põlvkonnas enam eesti keelt ei valda, oodatagi osanud! Siberi eestlaste ilusa eesti keele teeb veelgi erilisemaks asjaolu, et sellest võib kohati aimata, millist keelt räägiti tänase Eesti alal sadakond aastat tagasi. Mõistagi on sellesse aja jooksul lisandunud venekeelseid laensõnu, sest Eestist lahkudes polnud mitmeid selliseid sõnu nagu *haigla* või *külmkapp* eesti keeles veel olemaski. Nii panevad Siberi eestlased oma *pamidorid haladilnikusse*, käisivad eile *bolnitsas* haiget sõpra vaatamas ning elavad maja asemel oma *toas*. Vene keele mõjudele vaatamata moodustab see kõik kokku täiesti aktsendivaba ja erakordselt võluva Siberi eesti keele.

## Isa maa ja ema keel

Ometi on eesti keele osatähtsus vähenemas ka idas elavate eestlaste järeltulijate seas. Linnades toimub assimileerumine märksa kiiremini: kui eesti keelt kodus ei kasutata (näiteks segaperedes, kus üks vanem on vene rahvusest), siis suure tõenäosusega lapsed enam eesti keelt ei valda, seda enam, et lasteaias ja koolis käib omavaheline suhtlus vene keeles. Segaperedes on keele säilimine tõenäolisem juhul, kui eesti keelt räägib ema, kes on üldjuhul rohkem aega väikelastega kodus. „Nii ta kipub olema tõepoolest, on ema keel ja isa maa," nentis minuga vestledes üks 1960. aastatel Eestist Moskvasse õppima tulnud ning Venemaale elama jäänud eesti mees, kui ma temalt tema poja eesti keele oskuse kohta pärisin. Teisalt leiab selliseidki näiteid, kus tänaseks 50–60 eluaasta künnisele jõudnud põlvkond, kes ise kooli minnes sõnakestki vene keelt ei osanud, on oma lapsed teadlikult venekeelseteks kasvatanud, et „neil ei oleks alguses koolis nii raske." Oma rolli mängisid kindlasti ka toonaste autoriteetide (lasteaiakasvatajate, arstide või ämmade) manitsused kakskeelsuse kahjulikkusest.

Nii nõuab keele säilitamine hajutatult elavates eesti kogukondades juba teadlikku motivatsiooni ja teinekord ka igapäevast pingutust. Head keeleõppe- ja keele säilitamise keskkonda pakub seejuures Eesti meedia, mida Siberis huviga jälgitakse – nii mõnessegi perre külla minnes on arvutiekraanil avatud Eesti uudiste portaal ning noorema põlvkonna abiga Youtube'is kokku pandud nimekiri eestikeelsetest lauludest.

Keelel on eestlaste enesemääratlemisel äärmiselt oluline roll ja see kehtib üldjuhul ka Siberi eestlaste kohta. Teisalt olen just seal kohanud inimesi, kes peavad ennast tulihingeliseks eestlaseks isegi juhul, kui nad eesti keelt üldse ei valda või kui ainult üks nende vanavanematest on olnud eestlane. Olen sealsetelt inimestelt sageli kuulnud, et nende lapsed või lapselapsed enam kahjuks eesti keelt ei räägi, aga teavad ometi, et nad on eestlased ja tunnevad oma juurte üle uhkust. Koguni sedavõrd, et on lasknud endale omal ajal rahvusena passi märkida *эстонец* (eestlane) ning kui nad külalistele oma kümmet eestikeelset sõna demonstreerivad, võib igaüks kaugele näha, et nad on selle oskuse üle siiralt ja sügavalt uhked. Iseküsimus on muidugi, kuivõrd pikk perspektiiv taolisel eestlusel on ning kuivõrd oluliseks peavad oma eesti juuri omakorda nende järeltulijad? Et huvi oma esivanemate keele omandamise vastu on venekeelsete eesti noorte seas siiski olemas, on tunnistanud mitmed minu nooremad vestluskaaslased.

Nooremate inimeste seas võrdub eestlaseks olemine tihtipeale ka eurooplaseks olemise ning läänelike ja liberaalsete väärtustega samastumisega. Nii kuulsin ühe Krasnojarskis elava abituriendi suust, et praegu Venemaal valitsev poliitiline režiim on talle seda-

**Seto tüdruk Uljana Haida külast, Krasnojarski lähistelt. Saab seto keelest aru küll, eriti kui temast räägitakse**

võrd vastumeelne, et tema identiteet püsib eesti juurtel, mille ta oma ammusurnud vanaisalt päranduseks sai. Samuti kannab uhkusega eestlasest esivanema – Viinapuu – nime üks Krasnojarski linna edukamaid arhitektuuribüroosid.

### Suhted Vene riigiga

Siber on selle asustamisest alates olnud paljurahvuseline territoorium, kuhu asunud eestlaste positsioon on kujunenud sealsete soome-ugri põlisrahvastega võrreldes märgatavalt soodsamaks. Ühest küljest on eestlastel oma uuel asukohamaal tugevad juured, teisalt on neil „tagataskus" riik, kuhu soovi või vajaduse korral tagasi pöörduda.

Võiks arvata, et eestlaseks olemise üle uhkust tundvad Siberi eestlased on ka poliitilises plaanis patrioodid, kes unistavad oma kunagisele kodumaale naasmisest. Tõepoolest, paljud on seda teinud, kuid lähtunud siiski pigem (nagu kunagi ida poole rännates) majanduslikest kui patriootlikest kaalutlustest.

Kahtlemata on raske lahkuda paigast, kuhu on maetud sinu vanemad ja vanavanemad ning kus elavad sinu lapsed ja lapselapsed. Oma uue kodupaigaga ei seo Siberi eestlasi aga üksnes inimestevahelised sidemed. Aja jooksul on neile hinge pugenud ka Siberi hingematvalt kaunid maastikud ja mõnus kontinentaalne kliima. Nii oli Siberi maalilise looduse ja avatud maastike igatsus üks olulisemaid argumente, mis sundis üht Ülem-Suetukis kasvanud, ent vahepeal kümmekond aastat Eestis elamist proovinud noort naist 2014. aastal Uuralite-tagusesse koduküla naasma. Samuti on Eesti „rõsket ja tervisele kahjulikku, sinna kolijale koguni surmavalt mõjuvat" kliimat laitnud Aivar Jürgensoni vestluskaaslased Karatusi linnast ja selle lähistel asuvast Motorski külast.

Loomulikult mõjutavad Venemaa eestlasi ka kohalikud poliitilised olud. 9. mail käivad nad suure isamaasõja võidule pühendatud paraadil iseenesestmõistetavalt ringi Georgi lintidega ehitult ning tähistavad sama loomulikult Eestis peetavaid pühasid, olgu selleks siis vabariigi aastapäev, jõulud või jaanipäev. Ka kohalikesse poliitikutesse ja valitseva presidendi isikusse suhtutakse Siberis pigem positiivselt, seda enam, et nii mõnedki eestlased on kohalikul äri- ja poliitikamaastikul märkimisväärset karjääri teinud. Oma taskutelefoni salvestatud president Putini „isiklikku numbrit" või valimiste eel Ühtse Venemaa välja antud trükist, kus neidki on eksponeeritud töökangelastena, näitavad kohalikud eestlased külalistele samasuguse rõõmu ja

**Kohalikesse poliitikutesse ja valitseva presidendi isikusse suhtutakse Siberis pigem positiivselt, seda enam, et nii mõnedki eestlased on kohalikul äri- ja poliitikamaastikul märkimisväärset karjääri teinud.**

**Eesti poisid Karatusis. Keskmine mees lipuga on linnapea Aleksander Saar (nagu nad 2015. aastal ise naljaga pooleks ütlesid, siis Tallinnas on Savisaar, aga Karatusis lihtsalt Saar). Vasakpoolne samanimeline ärimees on rohkem tuntud Saare Aleksina, kellele kuulub muuhulgas ka Karatusi kõige moodsam kaubanduskeskus „Tallinn"**

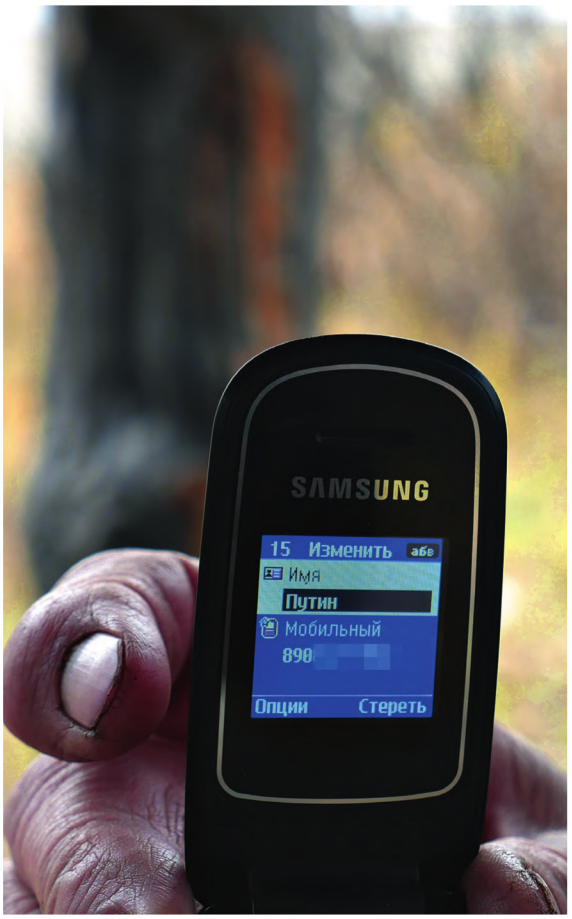
uhkusega nagu sinimustvalget trikoloori, mis on nii mõneski peres nähtavale kohale seatud ning mille Karatusi linnapea pidupäevadel oma koduhoovis uhkusega masti tõmbab.

### Siberi eestlased – mitmetahulise identiteedi kandjad

Külaskäigud Siberi eestlaste juurde pakuvad niisiis küllalt materjali, mis näitab, et inimese rahvuslik identiteet ei ole üksüheselt seotud tema kodanikuidentiteediga. Nii võib Siberi kodudes rahumeelselt kõrvuti seista mõlemas riigis kasutusel olev sümboolika – sinimustvalged ja oranži-mustatriibulised lindid, Eesti ja Vene lipud jms. Intriig seisneb selles, et intriigi ei ole, olen Venemaal kogetut teinekord naljaga pooleks sõpradele kirjeldanud. Tähelepanuväärne on seejuures Siberi eestlaste noorema põlvkonna soov tähtsustada oma eesti juuri ka juhul, kui nad ei räägi enam eesti keelt – paljud neist tunnevad, et eesti juured rikastavad neid. „Venemaal on ju pea igaüks venelane, aga olla eestlane, see on ikka midagi erilist!" selgitas mulle 2015. aastal vene keeles üks Minussinski linnas elav eesti juurtega noormees.

Haida külas on laual hea ja parem. Eestist toodud leib ja pudelis kohapeal valmistatud samagon

Karatusi kõige moodsam kaubanduskeskus „Tallinn", mille ees seisab uhke omanik Saare Aleks




Presidendi number Siberi eestlase telefonis

Külaskäigud Siberi eestlaste juurde tekitavad seega kahetisi emotsioone. Ühest küljest pakub praegune olukord põnevat uurimismaterjali sellest, kuidas ümbritsev keskkond ja muutuv aeg sealseid kogukondi mõjutab. Teisalt on ka uurija positsioonis raske mitte ühineda paljude Siberi eestlaste otse südamest tuleva sooviga, et nende omanäoline kogukond, kultuur ja keel ajaproovile vastu peaks. Minu senistele Siberis käikudele ja kohtumistele tuginedes pole põhjust lootust selleks veel maha matta. •

Südamlikud tänusõnad Krasnojarski krai eestlastele (Saare suguvõsale, Miili Altsmannile, perekond Viinapuule, Mikk Abeltinile, Lina Andrejevale, Mariia Metusalule, Maali ja Diima Trošinile jpt), ekspeditsioonikaaslastele (Andreas Kalkunile, Anu Korbile, Piret Puppartile) ning kunstiakadeemia ekspeditsioonijuhile Marika Alverile

Loe veel:
Aivar Jürgenson, „Siberiga seotud. Eestlased teisel pool Uuraleid", kirjastus Argo, 2006.
Anu Korb, „Siberi eestlaste elud ja lood", EKM Teaduskirjastus, 2010.

**Eva Sepping** (1978) on kunstnik ja Eesti kunstiakadeemia doktorant, kes uurib Venemaa eestlaste ja Eesti venelaste näitel ümberasunute rahvustunnet. Hetkel arendab ta eelnimetatud rahvusrühmadele tuginedes täispikka dokumentaalfilmi rändamisest ja kohanemisest uuel kodumaal.

* Viimase (2010) rahvaloenduse andmetel on Venemaal kokku 17 875 eestlast ning 214 inimest, kes on lasknud end üles märkida setodena. Kõige suurem osa neist (üle 2300) elab Krasnojarski krais, millele järgneb Omsk (2082) ning seejärel juba Vene suurlinnad Peterburi (1534) ja Moskva (1072).

# Dekabrist Kahhovski pohmell

**Ajavahemikul 1810–1825 asutasid Vene impeeriumi noored aadlikud salaühinguid, kuhu kuulunud armee- ja kaardiväeohvitseride eesmärk oli hävitada isevalitsus ja kehtestada riigis esindusdemokraatia. Vürst Trubetskoi, polkovnik Fjodor Glinka, major Mihhail Lunin, kindral Wittgensteini adjutant Pavel Pestel ning kaardiväeohvitseridest vennad Aleksander ja Nikolai Muravjovid olid romantismist ning Voltaire'i, Rousseau ja Montesquieu ideedest vaimustunud utopistid, kes uskusid, et Venemaa võib sooritada hüppe isevalitsuslikust korrast rahvademokraatiasse. Nõukogude perioodil heroiseeriti neid seetõttu kui revolutsioonikangelasi.**

WIKIPEDIA

**Pjotr Grigorjevitš Kahhovski**

Keiser Aleksander I testamendi kohaselt ei pidanud võim minema tema surma järel mitte vanuselt järgmisele Romanovile, Konstantin Pavlovitšile, vaid tolle nooremale vennale Nikolaile. Aleksander I eluajal testamenti ei avalikustatud ning laiema üldsuseni ei jõudnud seegi teade, et Konstantin loobus troonist isiklikel põhjustel. Põhja salaühingu vandenõulased kasutasid sellise asjaolu kohe ära. Nad selgitasid pealinnas asuvatele sõjaväeüksustele, et Nikolai on seadusetult võimu haaranud, ning kutsusid sõdureid üles jääma Konstantinile truuks. See oli aga vaid ettekääne riigipöördeks – isevalitsuse kukutamiseks, et kuulutada Venemaal välja vabariik.

Sõjaväeline mässukatse viidi toonases pealinnas Peterburis läbi 14. (26.) detsembril 1825. aastal ja selle kesksekssündmuseks kujunes pealinna kindralkuberneri Miloradovitši surnuks tulistamine, millega sai hakkama Põhja salaühingu liige Pjotr Kahhovski.

Jalaväekindral Mihhail Andrejevitš Miloradovitšil (1771–1825) oli selja taga hiilgav sõjaväeline karjäär. Enne kui ta 1818. aasta augustis Peterburi kuberneriks kinnitati, oli ta osa võtnud nii Vene-Rootsi sõjast (1788–1790), Suvorovi Itaalia ja Šveitsi sõjakäikudest (1799), Vene-Türgi sõjast (1806–1812) kui ka Napoleoni vastastest koalitsioonisõdadest. Sõjaväljal ülesnäidatud vapruse ning andekuse eest ülendas keiser Aleksander I ta 1812. aastal krahviseisusesse ning tegi temast jalaväekindrali. Miloradovitš oli siis kõigest 38-aastane.

Kes oli aga krahvi tapnud Kahhovski? Sündinud Smolenski kubermangus vaesunud aadliperekonda, asus Pjotr Grigorjevitš Kahhovski (1797–1826) 1816. aastal lipnikuna teenima ihukaitsekaardiväe jäägripolgus. Laiskuse, võlgade ja halva käitumise tõttu alandati ta aasta pärast reameheks ning saadeti Kaukaasia rindele mägilastega võitlema. Seal näitas ta aga üles sellist vaprust, et ta uuesti lipnikuks ülendati. 1821. aastal läks Kahhovski tervislikel põhjustel erru, naasis oma mõisa ja elas seal äärmises vaesuses ja üksinduses. Mõni aasta hiljem saabus ta Peterburi, et sealt Kreeka vabadusvõitlusesse tõtata. Sellest plaanist ei tulnud aga midagi välja, sest pealinnas lasi ta end meelitada Põhja salaühingusse, mille siht oli isevalitsus kukutada. Ekstremistlike vaadetega Kahhovski, kes soovis kogu keisriperekonna füüsilist hävitamist, sobis selle eesmärgi täitmiseks igati hästi. Lisaks rääkis tema kasuks asjaolu, et tal ei olnud lähedasi, kes mõrvakatse läbikukkumise korral kannatama peaks. Nii antigi Kahhovskile ülesanne keiser Nikolai I mõrvata, kui too 14. detsembril kõigi eelduste kohaselt Senati väljakule ülestõusnuid rahustama tõttab.

Kahhovski teadis, mis töö teda ees ootab, ning hakkas ühe versiooni kohaselt ööl vastu 14. detsembrit oma kaasosalise, vürst Obolenskiga väiksemas seltskonnas napsi võtma. Ilmselgelt pingutasid mehed selle tegevusega üle, sest varahommikul, kui oli aeg ülestõusnutega koos Senati väljakule minna, oli Kahhovski veel purjus.

Ülestõus kulges ootamatult loiult, ning kui keiser oma kaaskonnaga lõpuks väljakule ilmus, oli Kahhovskit tabanud tugev pohmell. Koos keisriga ilmus väljakule ja asus kõnet pidama sõjakangelane Miloradovitš, keda nähes sõdurite mässumeel silmnähtavalt vaibus. Nähes, et olukord võtab soovimatu pöörde, tulistas Kahhovski, kelle niigi närvilise iseloomu pohmell päris raevukaks muutis, Miloradovitši ja tabas kindralit kopsu. Hetk hiljem ründas surmavalt haavatud kindralit püssitäägiga vürst Obolenski, ehkki ta hiljem ülekuulamistel väitis, et oli tahtnud sellega üksnes kindrali hobust eemale ajada. Lisaks Miloradovitšile tappis Kahhovski ihukaitsekaardiväe grenaderipolgu ülema polkovnik Ludwig Niklaus Stürmeri ning haavas üht keisri adjutantidest. Ülestõusnute peamine eesmärk – keiser Nikolai I kõrvaldamine – jäi aga täitmata ning võib vaid oletada, kas pohmelli tõttu uisapäisa tegutsenud Kahhovskil tuli selleks puudu julgusest või jõust.

Ülestõusnutele vastukaaluks tõi Nikolai I Senati väljakule komandör Aleksei Orlovi juhitud ratsaväepolgu, mis püüdis mässulisi väeosasid kahel korral tulutult laiali ajada. Aegamööda hakkas väljakule kogunema pealinlasi ning rahvast voolas järjest juurde. Õhtu hakul lasi Nikolai I kohale tuua kahuriväe, mis avas kokkutulnute pihta kartetšitule. See mõjus silmapilkselt – ülestõusnud sõdurid ning pealinlased jooksid laiali. Mäss oli maha surutud.

Järgnenud vahistamislaines saadi Kahhovski ning Obolenski üsna kiiresti kätte. Ülekuulamistel käitus Kahhovski üleolevalt, sõimates nii kadunud keiser Aleksandrit kui ka uut valitsejat Nikolaid. 13. (25.) juulil 1826. aastal poodi Kahhovski koos nelja teise vandenõujuhiga Petropavlovski kindluses üles. Enam kui 120 ülestõusus osalenud dekabristi ootas aga sunnitöö või pagendus Siberisse. •

**Jüri Kotšinev,** ajaloouurija

**Loe veel:** Николай Первый и его время. Документы, письма, дневники, мемуары, свидетельства современников и труды историков. Москва „Ольма–Пресс" 2000 (2 köidet).

# TIIT REISID OÜ

**TALLINN** Tatari 6, tel 662 3762, tallinn@tiitreisid.ee
**KÄRDLA** Sadama 13, tel 463 2077, hiiumaa@tiitreisid.ee
*Soodustused: püsiklientidele, haridustöötajate AÜ liikmetele*

## BUSSIREISID EESTIMAAL

**HIIUMAA**
27.–28.05 Tuulekala festival
15.–16.07 käsitöölaat
05.–06.08 kohvikutepäev
*Hind al 115 €*
23.–24.07 Margus Tabori „Mamma lood" *Hind al 140 €*

**SAAREMAA** 17.–18.06; 12.–13.08
*Hind al 120 €*

**PEIPSI RANNIK JA VANAUSULISED** 23.07;
26.08 Kallaste mee- ja sibulalaat
16.09 Varnja sibula- ja jõhvikalaat
*Hind al 45 €*

**KIHNU** 17.06; 29.07. *Hind al 85 €*

**KIRDE-EESTI** 02.07; 19.08
23.09 silmufestival
*Hind al 55 €*

**MULGIMAA** 30.07

*Hind al 55 €*

**PÄIKESETÕUSU KONTSERT HÜPASSAARE RABAS**
22–23.06. *Hind al 40 €*

**JÕGEVAMAA JA JÄÄAJAKESKUS**
13.08 *Hind al 55 €*

**VORMSI** 10.06; 01.07; 12.08
*Hind al 45 €*

**RUHNU** 02.–04.08
*Hind al 190 €*

**VÕRO- JA SETOMAA** 08.–09.07
05.–06.08 Seto kuningriigi päev
*Hind al 120 €*

**NOAROOTSI JA HAAPSALU**
18.06; 22.07; 20.08
*Hind al 38 €*

**LÄÄNE-EESTI KIRIKUD JA ORELID**
05.08 Giidid: Jüri Kuuskemaa ja Andres Uibo. *Hind al 45 €*

**KESK-EESTI KIRIKUD JA ORELID**
10.08. Giidid: Jüri Kuuskemaa ja Andres Uibo. *Hind al 45 €*

**SUUR PAUNVERE VÄLJANÄITUS JA LAAT** 16.09. *Hind al 45 €*

## LENNUREISID

**REFORMATSIOONI 500. AASTAPÄEV SAKSAMAAL –**
M. Lutheri ja J. S. Bachi radadel
29.06–06.07 reisisaatjad dr Arne Hiob ja prof Andres Uibo
*Hind al 1050 €*

**RUMEENIA** 09.–16.09
*Hind al 690 €*

**PÜHA MAA IISRAEL** 06.–14.11
reisisaatja dr Arne Hiob
*Hind al 1300 €*

**MOSKVA** 27.–30.07 Hind al 560 €

**PATMOS** 09.–16.09
reisisaatja dr Arne Hiob
*Hind al 990 €*

**PARIIS** 18.–21.08 *Hind al 690 €*

## BUSSIREISID KODUST KAUGEMALE

**KEVADINE HOLLAND, KEUKENHOF JA LISSE LILLEPARAAD** 18.–25.04
*Hind al 450 €*

**PETERBURI** 27.–30.04; 18.–21.05;
22.–25.06; 20.–23.07; 17.–20.08;
21.09–24.09 *Hind al 245 €*

**SIGULDA TAIME- JA LILLELAAT**
06.05 *Hind al 40 €*

**LÕUNA-POOLA JA SLOVAKKIA**
04.–10.07 *Hind al 410 €*

**KESK-NORRA** 11.07–18.07
*Hind al 540 €*

**KALININGRAD JA JANTARNY**
09.–12.08 *Hind al 285 €*

**LÄTI-KURAMAA** 23.07–25.07
*Hind al 210 €*

**LEEDU** 13.–16.07; 10.08–13.08
*Hind al 260 €*

**LÕUNA-SOOME**
20.–22.07; 23–25.08
*Hind al 220 €*

**AHVENAMAA**
15.–18.06; 06.–09.07; 03.–06.08
*Hind al 275 €*

**VIIBURI–PETERBURI (SOOME KAUDU)**
03.–06.08
*Hind al 260 €*

**PETSERI–PIHKVA–NOVGOROD**
13.–16.07 *Hind al 280 €*

**VALGEVENE RINGREIS**
28.06–02.07; 27.–31.07; 23.–27.08
*Hind al 340 €*

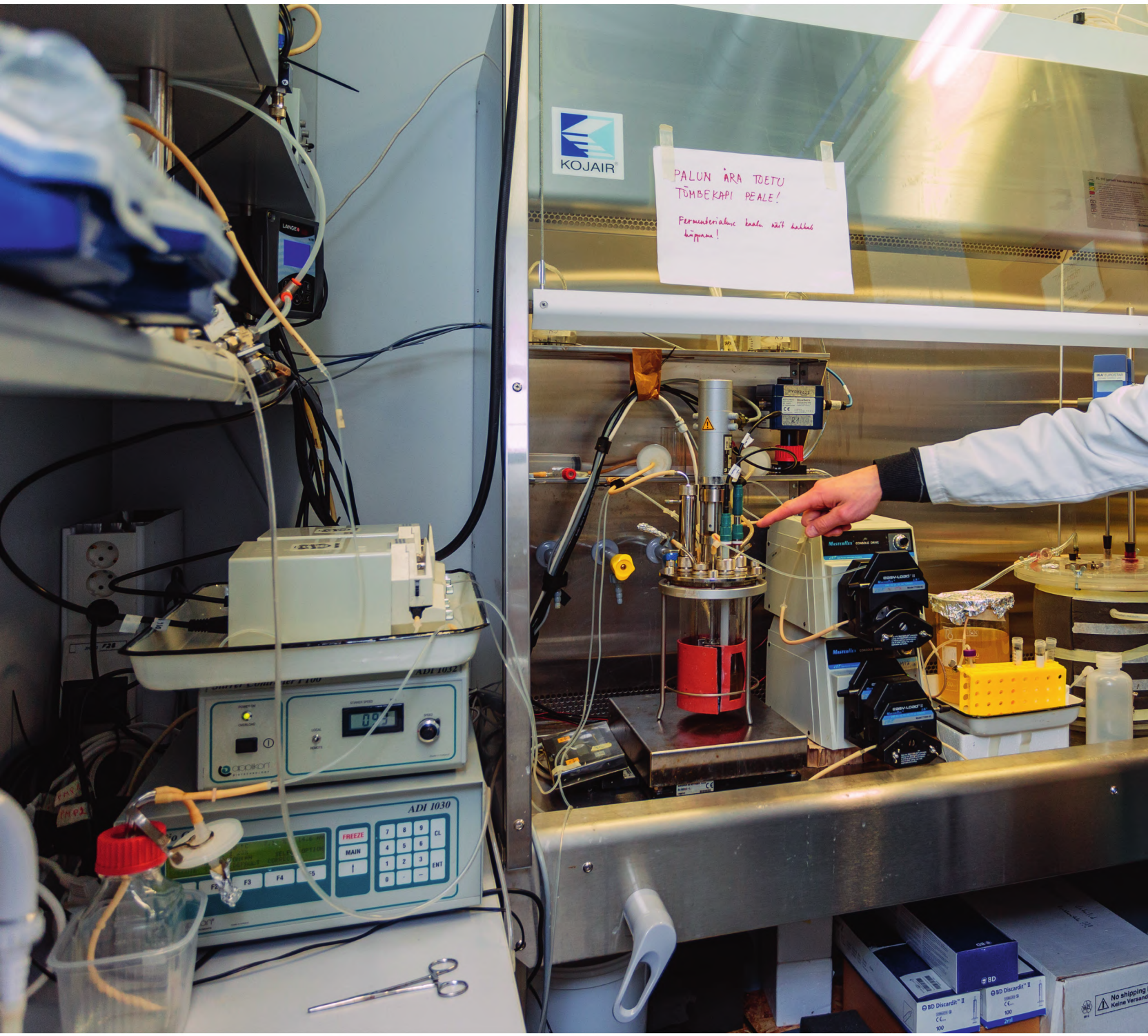
**KARJALA–KIZI–KIVATSI–SORTAVALA–VALAMO–KINERMA**
15.–19.08
*Hind al 340 €*

Meie kaudu saab lennupileteid Kärdlasse ja Kuressaarde …

**Täpsem info kodulehelt www.tiitreisid.ee või telefonil 662 3762**

ULVAR KÄÄRT

# MIKS ON VAJA TOITA MIKROORGANISME MEIE KÕHUS?



**Tallinna Tehnikaülikooli keemia ja biotehnoloogia instituudi laboris uuritakse, kuidas on omavahel seotud kiudaineterikas toit, jämesoolebakterid ja inimese tervis. Ütlemine, et see, kes sa oled, sõltub paljuski sellest, mida sööd, peab täiesti paika!***

FOTOD: ARNO MIKKOR

Toidutehnoloogia osakonna vanemteadurid Kaarel ja Signe Adamberg märgivad, et inimese kui omamoodi superorganismi teise genoomi moodustab mikrobiota – kõikvõimalike meie kehas ja nahal elavate triljonite mikroorganismide (valdavalt bakterite) kooslus. Mikroorganismide genoomid annavad meie omale lisaks kuni sada korda rohkem geene ja kuni kümme korda rohkem valke.

Kui meie enda genoomi on raske muuta, siis soolemikrobioomi on võimalik elustiili, sealhulgas toitumisega, igapäevaselt mõjutada. Seejuures on määrava tähtsusega, millised toitained jõuavad jämesoolde, kus elab üle 95% kogu organismi mikroorganismide populatsioonist. Jämesoolde jõudvate toitainete lagundamisega inimese enda ensüümid hakkama ei saa, mistõttu ei imendu need ka peensooles. Ainsad, kelle „hammas" neile peale hakkab, ongi soolestikumikroobid. Põhilise osa mikrobiootale hädavajalikest toitainetest moodustavad aga erinevad kiudained.

## Asendamatud kiudained

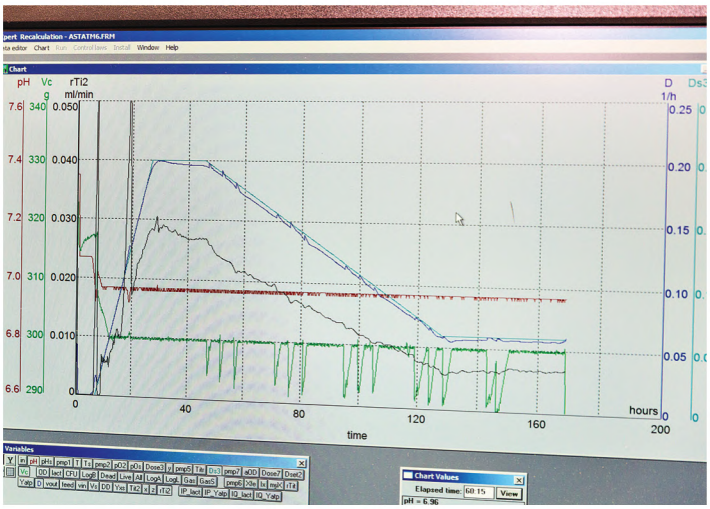
„Jämesoolebakterite koosluse ja toidu vaheliste seoste leidmiseks on vaja palju detailsemat toidu koostise analüüsi kui praegustest toitumisandmebaasidest leida on. Koostöös toidu- ja fermentatsioonitehnoloogia arenduskeskuse (TFTAK) ja tervise arengu instituudiga koostame praegu sellist andmebaasi, mis sisaldab teavet jämesoolemikroobidele vajalikest toitainetest," kirjeldab Kaarel Adamberg, kes on ka TFTAK-i mikrobioomiprojekti juht. „Põhimõtteliselt kaardistame seda, millised bakterid mingeid kiudained lagundavad ning milliseid ühendeid nad selle tulemusena toodavad. Näiteks õunast saame pektiini, rukkist arabinoksülaani ja kaerast beetaglükaani, ning analüüsime, milliste bakterite kasvu need kiudained soodustavad."

„Kui me sööme, siis toidame ka oma soolestikus elavaid miljardeid baktereid. Teades toidu koostist ja hulka ning soolemikrobioota koostist, saame ennustada, kuidas mõjutab seedetrakti mikroobide kooslust, aktiivsust ja energeetikat meie toit," räägib Adamberg. „Kui bakterid lagundavad kiudaineid ja toodavad neist erinevaid happeid, siis selle protsessi tulemusel saab inimene vastu energiat – näiteks soolestiku pindu katvad epiteelrakud saavad kuni 70% vajalikust energiast bakterite toodetud hapetest. Aktiivsed soolerakud toodavad omakorda mikrobiootale kasulikke toitaineid, millest sõltub, kui palju me energiat saame või bakterite poolt toodetud vitamiine omastame.

Pikaajalise suhkru- ning rasvarikastest, rafineeritud, paljutöödeldud

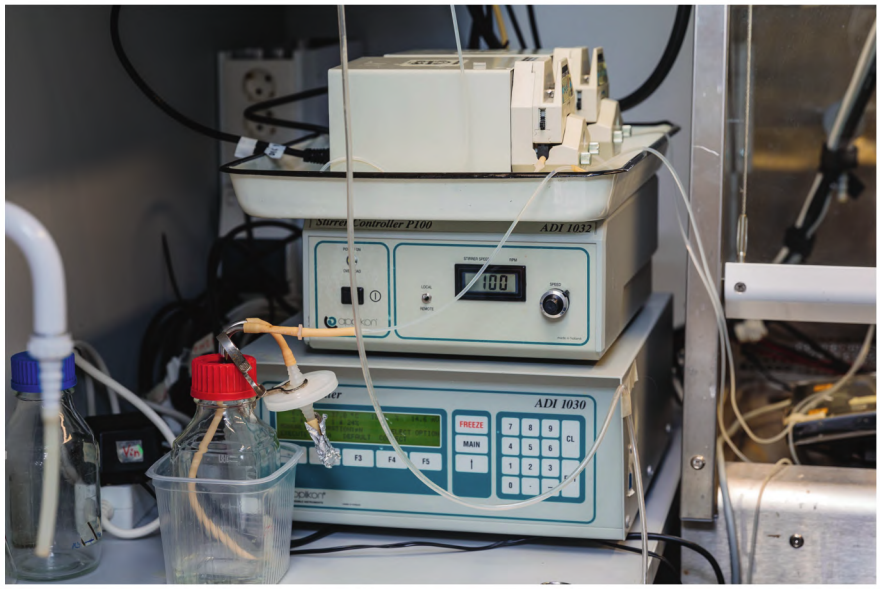
**Kiudainevaesest toidust imendub suurem osa toitaineid juba peensooles. Jämesoolebakterid jäävad seetõttu „nälga" ja hakkavad sööma inimest ennast ehk siis soolestiku sisepinda katvat kaitsvat limakihti.**

**Kaarel Adamberg näitab inimese jämesoolt imiteerivat süsteemi ehk fermenterit, milles simuleeritakse kontrollitud tingimustel ja hapnikuvabas keskkonnas soolebakterite kasvu kiudaineid sisaldavas söötmes. „Fermenteris saame näiteks uurida kasvukiiruse mõju bakterite ainevahetusele. Katse maht hoitakse konstantsena, peale pumbatakse puhast söödet, mis sisaldab vajalikke toitaineid – näiteks mineraalsoolasid ja mikroelemente – ning uuritavat kiudainet, näiteks pektiini. Bakterite kasvamise kiirus on määratud söötme ehk kasvu piirava toitaine pealevoolu kiirusega. Meie analüüsime täpsemalt, millised bakterid koosluses kasvavad ja milliseid ühendeid nad erinevatest kiudainetest toodavad," selgitab Adamberg**




Arvutijuhtprogrammiga BioXpert määratakse katseparameetrid ja nende muutused

Signe Adamberg „süstib“ gaasianalüsaatorisse kiudainet lagundanud bakterite toodetud gaasisegu. „Peamisteks gaasideks sooles on süsihappegaas ja vesinik, vahel ka väiksemas hulgas vesiniksulfiidi või metaani. Kiudained, millest tekib väga palju gaase, võivad põhjustada inimestele suuri probleeme. Meie katsed aitavad seda ette näha ja paremaid lahendusi leida,“ osutab Signe Adamberg




Analoog-digitaalplokk kontrollib katse jooksul fermenteris olulisi parameetreid: temperatuuri, pH-d, pumpade kiirusi, segamiskiirust jne

ja kauasäilivatest toiduainetest koosneva kiudainevaese dieediga kaasnevat mikrobioota „näljutamist“ võib vähese liikumise, muutunud elukeskkonna ja massilise ravimite kasutamise kõrval pidada üheks põhjuseks, miks moodsas ühiskonnas kasvab elustiilihaiguste nagu allergiad, diabeet ja astma esinemissagedus. „Kiudainevaesest toidust imendub suurem osa toitaineid juba peensooles. Jämesoolebakterid jäävad seetõttu „nälga“ ja hakkavad sööma inimest ennast ehk siis soolestiku sisepinda katvat kaitsvat limakihti. Halvimal juhul võivad selle tulemusel soolestikus tekkida haavandid või raskekujulised põletikud,“ nendib Adamberg. „Kui menüü sisaldab ka kiudainerikkaid toiduaineid – täisteraviljatoite, seemneid, kaun-, köögi- ja puuvilju – jõuab märkimisväärne hulk toidust ka jämesoolde.“

## Elutähtis mitmekesisus

Mida mitmekesisem on inimese soolebakterite kooslus, seda suurem on tõenäosus olla tervem ja tugevam. Uuringud on näidanud, et kiudainevaest toitu süües bakterite mitmekesisus väheneb ja see ei taastu, kui kiudainerikast toitu süüa tagantjärele.

Kaarel Adamberg osutab, et soolebakterite mitmekesisuse poolest on esirinnas näiteks troopikas uuritud metsikute loodusrahvaste esindajad. Samal ajal on n-ö tsiviliseeritud läänemaailma viimased põlvkonnad selles suhtes aina vähikäiku teinud..

Probleemi taga on nii tööstuslikult toodetud toidu, moodsate „kõikidele tuntud bakteritele“ surma kuulutavate hügieenistandardite ja antibiootikumide võidukäik. Viimased mõjuvad soolebakteritele eriti laastavalt. „Iga antibiootikumikuuriga bakterite mitmekesisus väheneb. Ameerikas on iga inimene 20. eluaastaks läbinud keskmiselt 17 antibiootikumikuuri. Võite ette kujutada, mis on nende soolebakterikooslusest alles jäänud,“ osutab Adamberg kõige teravamale valupunktile.

Kui asi on nii hull, et bakterid on jämesoolest kadumas, tuleb neid n-ö taastoota. Eestis olukord veel nii kaugel ei ole, aga maailmas kogutakse juba spetsiaalsetesse „soolepankadesse“ erinevaid baktereid, keda oleks võimalik bakterinappuse all kannatajate organismi asustada.

Eestlasi on hullemast päästnud osalt asjaolu, et toidulaual on jätkuvalt au sees köögiviljad ja traditsioonilised kiudainerikkad toidud (täisterapudrud, kama, rukkileib) ja hapendatud toiduained. „Kui sööme konserveerimata ehk elusaid baktereid sisaldavaid toite nagu näiteks juust, keefir, hapupiim, -kapsas ja -kurk, siis need soodustavad soolestikus ka teiste kasulike bakterite kasvu,“ konstateerib Kaarel Adamberg. •

# Pähklite, seemnete ja kuivatatud puuviljadega eestimaalaste varustaja aastast 1995.

Germund Hulgi OÜ • info@germund.ee • 609 8525

# www.germund.ee

Pähklid, seemned ja kuivatatud puuviljad telli soodsalt ning mugavalt internetist otse endale sobivasse Omniva pakiautomaati või postkontorisse!

EESTI ETTEVÕTE
Germund
EST. 1995

**Aprilli lõpuni kupongikoodiga PAHKEL17 kõik tooted 5% soodsamalt.**

AIN KALLIS

# ILM JA SÕDA

**„Venemaal on kaks väejuhti, kellele alati võib kindel olla – kindral Jaanuar ja kindral Veebruar.“**
**Nikolai I**

Vene väejuht Mihhail Kutuzov lasi Prantsuse väed 1812. aastal Moskvasse ja võitis sõja. Hilisem Nõukogude Liidu diktaator Jossif Stalin lubas sakslased 1941. aasta talvel Moskva alla ja võitis sõja. Egiptuse riigijuht Gamal Abdel Nasser lasi 1967. aastal kuuepäevase sõja ajal Iisraeli armee Siinai poolsaarele ja jäi ootama pakast...

Jah, teooria on üks, praktika sageli hoopis teine asi. „Ära kunagi sega oma vaenlast, kui ta parajasti viga teeb,“ kõlab üks Napoleon Bonaparte'i sõjatarkusi. Samas ei käitunud ta Venemaa-sõjakäigul sugugi selle põhimõtte kohaselt – ei võtnud õppust Karl XII käekäigust põhjasõja ajal ning kaotas enamiku oma Suurest Armeest külma (detsembris –35 ºC), nälja ja haiguste tõttu.

Napoleoni viimase, Waterloo lahingu kohta kirjutab Victor Hugo „Hüljatutes“: „Kui 1815. aasta 17. juuni ööl poleks sadanud vihma, siis oleks Euroopa tulevik kujunenud hoopis teistsuguseks. [–] Saatus vajas ainult veidi vihmasadu ning terve maailmasüsteem varises kokku.“

Prantslaste rünnak viibis pehme pinnase tõttu pool päeva, mudas polnud efektiivsed ei raskeratsavägi ega suurtükid. Briti vägesid juhtinud Wellingtoni hertsog Arthur Wellesley kasutas ilmaolukorda ära palju targemalt – seisis paigal. Pealegi jõudis talle õhtul kohale abivägi.

## Ei kuuldud siili õpetust

Külm on pidurdanud kümneid vallutusretki. Näiteks talvesõjas aitas tugev pakane kaitsta Soomet punaarmee pealetungi aegu. Pole ime, et sakslastele jäi siis mulje nõrgast ja sõjaks halvasti valmistunud armeest. Hitleri 1941. aasta sõjakäigul algasid lumesajud Venemaal juba oktoobris, kohe pärast tavapärast sügisest vihmaperioodiga kaasnevat „rasputitsat“ ehk teede lagunemise aega. Aasta lõpul oli lume paksus Moskva all juba üle meetri.

Eestlasest „füürer“, geofüüsik ja jurist Hjalmar Mäe kirjutab oma mälestustes, et tema ilmaandmete analüüs näitas varajase ja erakordselt külma talve tulekut. Saksa väejuht Kunath, keda ta septembris hoiatas, oli Mäele selle peale väga ebaviisakalt otsa vaadanud ja öelnud: „Ärge segage end Saksa riigi asjadesse, kõik vajalik on tehtud ilma eestlaste õpetusteta.“

Ei kuuldud siili õpetust! Saksa peasünoptiku Franz Bauri pikaajaline ennustus – oodata on normikohast kuni pehmet talve – kukkus Mäe omast hulga kehvem välja. Baur ei uskunud, et kahele väga külmale talvele võib järgneda veel üks selline. Moskva all kaotasid sakslased 45-kraadises pakases ligi 100 000 meest.

ALAMY

Waterloo lahing

## Jumalikud tuuled päästsid Jaapani ja Inglismaa

Peale külma ja vihma on ajaloo kulgu muutnud ka tormid.

Jaapan pääses kahel korral – 1274. ja 1281. aastal – mongolite käest tänu taifuunidele. Sealt ongi pärit legend Kamikazest ehk jumalikust tuulest. Tormi varjus õnnestus omakorda jaapanlaste üllatusrünnak Pearl Harborile 1941. aasta detsembris. Kolm aastat hiljem uputas taifuun Filipiinide all suure osa USA 3. laevastikust.

Hispaanlaste Võitmatut Armaadat, kes valmistus aastal 1588 Briti saari vallutama, rappisid tormid halastamatult: vähemalt 50 laeva hukkus ilma tõttu ja vaid üksikud lahingus! Hispaania kuningas Felipe II oli ebaõnnestunud rünnaku järel väidetavalt kibedalt tõdenud: „Ma saatsin oma laevad inimeste, mitte tuule ja lainete vastu.“ Võitjad aga kirjutasid medalile „Flavit Deus et Dissipati Sunt“ (ladina keeles 'Jumal puhus ja nad hajusid').

Kolm ja pool sajandit hiljem otsustas maailmasõja saatuse samuti torm La Manche'i väinas, õigemini väike paus selles. Normandia dessandiks ehk operatsiooniks koodnimega „Overlord" sobiva täpse aja määramine sõltus täielikult liitlaste sünoptikutest. Üks operatsiooni juhtidest Frederick E. Morgan hoiatas šotlasest peasünoptikut: „Edu, Stagg. Aga pidage meeles, et me tõmbame teid kõiki laternaposti otsa, kui te halbu endeid valesti tõlgendate!"

Ajaloo kõige riskantsem prognoos õnnestus täielikult. Enne ja pärast 6. juunit 1944 möllas merel selline torm, mis oleks igasuguse laevade ja lennukite tegutsemise võimatuks muutnud. Briti väejuhi Bernard Montgomery kommentaar olnud: „Olin õnnelik, et minul ei tulnud otsustada!"

### Kui seda udu ees ei oleks!

„Ilma puudumiseks" nimetatakse sõjas aega, kui paks pilvisus või udu teeb pealetungiva armee juhid närviliseks ja annab vastasele hingetõmbeaega. 1940. aasta mais aitas tihe udu Dunkerque'i all Saksa lennukite rünnakute eest päästa kümneid tuhandeid lõksu sattunud liitlaste sõdureid.

1944. aasta detsembris oli olukord vastupidine – Belgias Ardennide mäestikus saavutas Saksa väekoondise ootamatu pealetung alguses olulist edu suuresti tänu pilvisele ja udusele ilmale, mis takistas liitlaste õhulööke. Vaat seal olid Wehrmachti sünoptikud oma prognoosiga igati tasemel. Isegi selle operatsiooni koodnimeks oli pandud „Sügisene udu".

Nimetatud lahingus pöördus USA kindral George Patton viimases hädas kaplan James H. O. Neilli poole ning käskis tal koostada spetsiaalse palve kõrgemale poole hea ilma saamiseks. Seda trükiti 250 000 eksemplari. Palve pöördel oli ka kindrali kiri 3. armee ohvitseridele ja sõduritele.

Mõne päeva pärast, just jõululaupäeval, taevas selgines, udu hajus ning lahingu käik võttis järsult teise pöörde. Liitlaste lennuvägi sai „päästetöödele" asuda.

Ja veel. 1943. aastal võttis USA Alaskal häguse ilmaga ette Kiska saare tagasivallutamise. Saart ründas sada laeva ja lennukit, 34 000 merejalaväelast. Jaapanlaste asemel leiti paksust udust vaid neli hullunud koera. „Sõbralik tuli" tappis aga 22 meest, haavatuid loeti kokku üle kahesaja.

Ilm võib tegutseda ka kui „ühiskondlik lepitaja". Nii on ajaloos teada juhtum, kui torm hoidis ära sõja puhkemise. 1889. aasta märtsis seisid Samoa saarestikus ankrus USA ja Saksamaa laevastikud. Valmistuti lahinguks. Seda aga ei tulnudki – enne ründas vaenupooli orkaan, mis uputas pea kõik laevad. Samoa saarestik jagati seejärel rahumeelselt pooleks. Osa on praegugi ameeriklaste oma, teine pool sai 1962. aastal esimeseks sõltumatuks riigiks Polüneesias.

Lõpuks üks näide, kuidas ilm muutis maailmakorda ka päris siin, Eestimaal. Nimelt lahingus Lindanise, see on praeguse Tallinna all 1219. aasta juunis, kui meie esivanemad võitlesid taanlastega, kukkus viimastele taevast kaela lipp, mille all nad saavutasid võidu. Oleks aga tuul puhunud teisest suunast, oleksime hoopis meie punase ristilipuga skandinaavlased... •

**Ain Kallis** (1942) on meteoroloog, klimatoloog ja publitsist. Tema peamine uurimisvaldkond on Eesti kiirguskliima. Töötab peaspetsialistina Eesti keskkonnaagentuuris ja dotsendina Tallinna tehnikaülikooli meresüsteemide instituudis.

Eesti Sõjamuuseum
KINDRAL LAIDONERI MUUSEUM
1919

TULE VAATAMA
EESTI SÕJAMUUSEUMI
RELVANÄITUST!

Eksponeeritud on üle 130 tuli- ja külmrelva
16. sajandist kuni külma sõjani

K-P 11-18 Sissepääs tasuta

*Näitus põhineb Eesti Ajaloomuuseumi ja Eesti sõjamuuseumi relvakogudel*

Mõisa tee 1, Viimsi
Tel 621 7410, 621 7418
www.esm.ee

PEETER TENJES

# LÄHEMAD JA KAUGEMAD KOHTUMISED PÄIKESESÜSTEEMIS

Kunstniku nägemus 2004. aasta juulis Saturni orbiidile jõudnud ja tänaseni töötavast tehiskaaslasest Cassini. Selle uurimissond Huygens maandus Titani pinnal 2005. aasta jaanuaris ning edastas Maale andmeid nii Titani atmosfääri kui pinnase kohta ning tegi ka kuu maastikust pilte

NASA

**Kosmoselendude ajastul võib vist nentida, et Päikesesüsteemi objektide väga kaugelt vaatamise aeg on mööda saanud. Kõige parem on uurijatel jälgida iga objekti tema jaoks sobivast kaugusest, ent mõõduka hinna eest.**

**Materiaalsed ressursid on alati seadnud piiranguid astrofüüsikute tegevusele. Vähemalt sama olulised või isegi kaalukamad on aga teadmistest ja oskustest tulenevad piirangud. Teadus ja tehnoloogia on paratamatult oma teatud ajahetkes realiseeruval arenguastmel ning see mõjutab vältimatult teadlaste tegevust. Euroopa kosmoseagentuuri (ESA) suurimad kosmoseprojektid eelarvega 900–1000 miljonit eurot peavad sisaldama ka täiesti uue tehnoloogia arendamist ja kasutamist. Nende projektide heakskiitmisest kuni satelliidi üleslennutamiseni kulub üldreeglina 10–14 aastat. Kuid nagu on märkinud ESA teadusosakonna direktor professor Alvaro Giménez, isegi „lõpmatute" rahaliste ressursside puhul oleks võimalik seda tähtaega ettepoole tuua kõige rohkem kahe aasta võrra – teadmiste kogumine ja tehnoloogia väljaarendamine on lihtsalt aeganõudev protsess.**

Kõikide maailma juhtivate kosmoseagentuuride pikaajalistes plaanides on Päikesesüsteemi planeetide ja nende kaaslaste uurimine väljapaistval kohal. Kuna Eesti on ESA liikmesriik, siis on sobilik välja tuua, et agentuuri arengukava („Cosmic vision 2015–2025", vt http://sci.esa.int/cosmic-vision) kuuest suuremast teemast kaks ehk üks kolmandik on pühendatud Päikesesüsteemile. Nende projektide raames püütakse otsida vastuseid järgmistele küsimustele:

- Kas alati tekib tähe juurde planeedisüsteem ning kuivõrd võivad varieeruda planeedisüsteemide omadused? Sellele küsimusele püüab leida vastust tulevane satelliit Plato (ehkki ka satelliit Kepleri tulemusi ei tohi alahinnata).
- Kui tõenäoline on Maa-suuruse planeedi moodustumine elu tekkeks sobival kaugusel tähest? Ka selle küsimuse väljaselgitamine on Plato tulevase tegevuse üks eesmärke.
- Kas sellisel Maa-suurusel planeedil kujuneb välja atmosfäär ja vesi? Kas komeedid mõjutavad olulisel hulgal vee kujunemist? Kui kaua selline etapp keskmiselt kestab? Need küsimused on üsna keerukad ning lähimal 10–15 aastal me vaevalt saame neile selgeid vastuseid. Oma panuse püüavad siinkohal anda projektid JUICE ja Plato, seda on juba teinud Rosetta, kaudsemalt veel Cassini-Huygens jt.
- Kas Päikesesüsteemis on peale Maa veel kusagil kasvõi mikroobset elu? Sellele põnevale küsimusele püüavad vastata kosmoseprojektid ExoMars, JUICE ja Cassini-Huygens.
- Millised on planeetide magnetväljad ja kui oluline on magnetvälja kaitse suure energiaga osakeste eest? Selle probleemiga tegelevad projektid BepiColombo ja Cluster.
- Kas asteroididest on mingit praktilist kasu? Viimane teemapüstitus on alles esialgsete ideede staadiumis.

On selge, et nii komplekssetele küsimustele vastamine nõuab hulgaliselt aega, teadmisi ning materiaalseid ressursse. Püüan anda ülevaadet eespool mainitud kosmoseprojektidest, jättes praegu kõrvale Plato, millest peagi ilmub Horisondis eraldi kirjutis, ning BepiColombo ja Clusteri, mis päikesele lähedast piirkonda, Merkuuri ja Maad uurivate projektidena moodustavad samuti iseseisva teema.

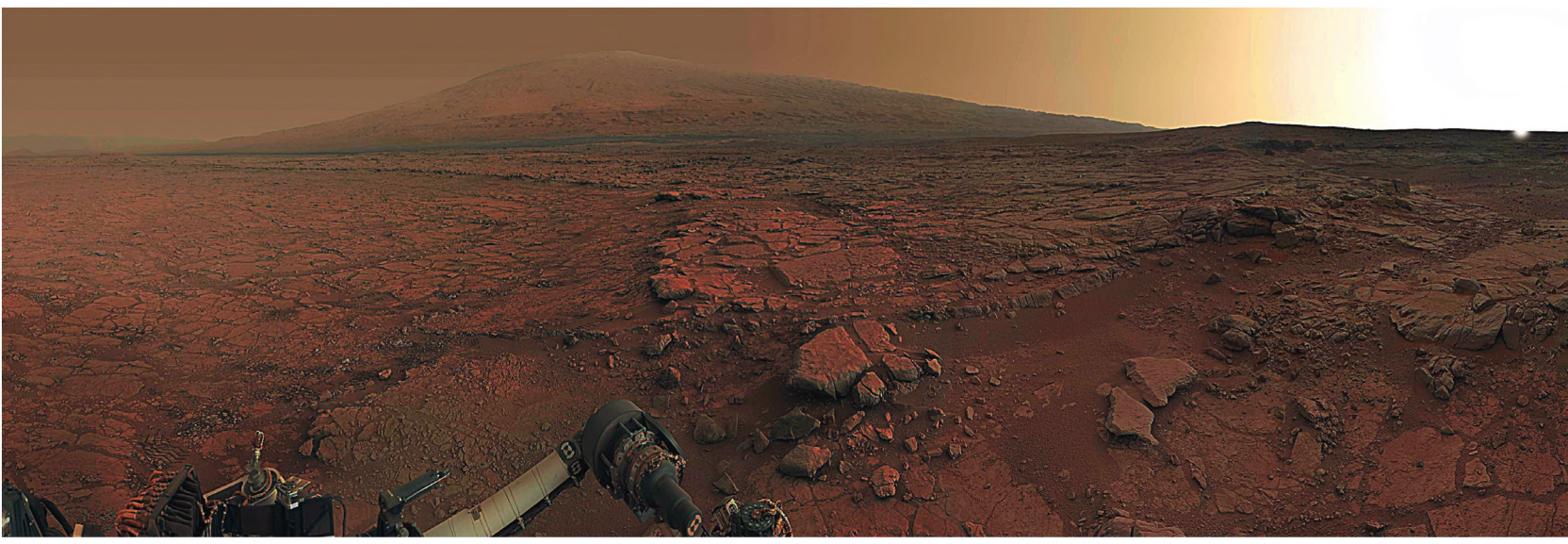
## Mikroobne elu Marsil?

Marss on olnud juba väga pikka aega mitmete kosmoseagentuuride tähelepanu all. Uuematest NASA projektidest võib ära märkida satelliidid Mars Odyssey (2001), Mars Reconnaissance Orbiter (2005), Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN (MAVEN, 2013), ESA projektidest Mars Express (2003) ning uusimana ExoMars (2016, 2020).

Praeguseks teame Marsist juba üsna palju. Marsi pinnast on hulgaliselt suurepärase nurklahutusega pilte, Marsi mineraalide sisaldust on kaardistatud 100 meetri täpsusega, on teada pilvede jaotus kõrgusega pinnast, teame, et jää kogused pinna all on suured, ja palju muud. Huvipakkuvaim on küsimus Marsil kunagi voolanud vee olemasolust ja kas sellel etapil võis ja jõudis Marsil välja areneda ka mikroobne elu. Lisaks kunagi voolanud suure koguse vee olemasolule vihjavatele pinnavormidele on Marsilt leitud ka spetsiifilisi mineraale, mis moodustuvad vaid voolavas vees, mistõttu arvatakse, et küllalt ohtra veega arenguetapp Marsil tõepoolest eksisteeris. Küsimus võimalikust mikroobsest elust on aga veel lahendmata.

Suures osas just võimaliku mikroobse elu olemasolu uurimisele on suunatud ESA ja Roskosmose ühisprojekt ExoMars, mille nimetus viitab Maa-välise bioloogia (eksobioloogia) uuringutele. Projekt on kavandatud kaheetapilisena, millest esimene (vastavat satelliiti kandev rakett startis 2016. aastal) on pühendatud Marsi atmosfääri koostise uurimisele ja teine (satelliidi start on kavandatud 2020. aastale) sisaldab täht-

**Huvipakkuvaim on küsimus Marsil kunagi voolanud vee olemasolust ja kas sellel etapil võis ja jõudis Marsil välja areneda ka mikroobne elu.**



Marsikulgur Curiosity tõetruudes värvides tabatud päikeseloojang

saima aparatuurina Marsi pinnal liikuvat kulgurit.

Esimese etapi satelliidi Trace Gas Orbiter (TGO) tähtsaim eesmärk on Marsi atmosfääri detailse keemilise koostise uurimine. 2016. aasta märtsis startides jõudis see aasta lõpus Marsi orbiidile. Umbes selle artikli ilmumise ajal alustab TGO aga pidurdamist ja edasist lähenemist Marsi pinnale, jõudes 2017. aasta detsembris umbes 400 km kõrgusele ja 2021. aastal veel madalamale. Satelliidil paikneva aparatuuri abil tahetakse uurida keeruliste gaasiosakeste ruumilist ja ajalist muutlikkust, sh metaani ($CH_4$) päritolu.

Metaani olemasolu Marsi atmosfääris on ammu teada, kuid ei ole teada, kas see pärineb geoloogilistest protsessidest või mikroobsest elust. Sellele küsimusele vastamiseks on vaja teada, millised ühendid esinevad atmosfääris koos metaaniga, st kas leidub ka propaani ($C_3H_{8)}$ ja etaani ($C_2H_{6)}$ või esineb metaan koos $SO_2$-ga. Viimasel juhul pärineb metaan geoloogilistest protsessidest.

TGO detektorid on väga tundlikud mitmetele huvipakkuvatele gaasidele. Satelliit on varustatud ka stereokaameraga heade värviliste piltide tegemiseks. Satelliidil paiknev neutronite detektor annab infot vee olemasolust kuni ühe meetri sügavuses pinnast.

ExoMarsi teise etapi satelliit koos kulguriga stardib 2020. aastal ja jõuab kohale 2023. aastal. Võib küsida, kas kulgureid Marsil ei ole juba piisavalt? Vastus on loomulikult, et ei ole, kuna nad kõik on erinevate võimaluste ja piirangutega. Kulgurite saatmine Marsile on oluline ka kõikvõimalike maandumismeetodide testimiseks – tulevaste, juba inimesi kandvate kosmoselaevade maandumine peab olema turvaline. ExoMarsi kulgur võimaldab võtta Marsil pinnaseproove kuni kahe meetri sügavuselt, mistõttu on selle ülesandeks uurida Marsi pinna all oleva vee kogust väljaspool polaarpiirkondi ning võimalikke mikroobse elu jälgi pinna all (kosmilised kiired ja päikesetuule osakesed hävitaksid kergelt võimaliku mikroobse elu Marsi pinnal).

## Uued teadmised kosmilistest „lumepallidest"

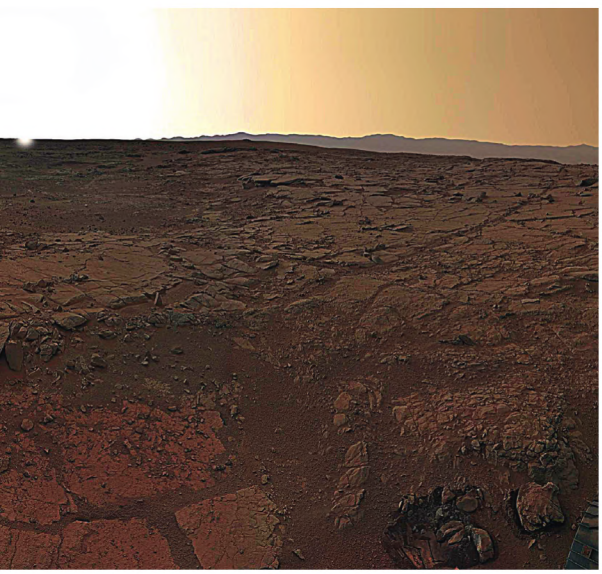
Komeeti 67P/Tšurjumov-Gerassimenko uurinud satelliiti Rosetta koos maanduriga Philae peetakse ESA väga õnnestunud projektiks. Tegemist on tehnoloogiliselt ülimalt keerulise ettevõtmisega, mis nõudis plaani kõikide etappide väga täpset häälestamist – komeedi näol on ju tegemist üsna kaugel asuva mõõtmetelt ja massilt väga väikese uurimisobjektiga. Satelliit Rosetta startis 2004. aastal, jõudis komeedini 2015. aastal ja lõpetas oma töö 2016. aasta lõpus.

Komeet 67P oli algselt Neptuuni orbiidist kaugemal asuva Kuiperi vöö objekt, kuid mingi juhusliku häirituse tõttu praegu Päikesele oluliselt lähemale liikunud umbes 4 km suurune objekt (komeedi praegune orbitaalperiood on 6,45 aastat). Teame nüüd, et komeet on tugevalt kaetud tolmuga, aktiivne ja keerulise struktuuriga. Selgus, et komeet on väga poorne. Siit järeldus, et komeedi kujunemine on olnud üsna õrn protsess ning kujutatav pigem kuhjumise kui väiksemate algsete koostisosade kokkusulamisena põrgetel. Kas ja kuivõrd võime seda järeldust üldistada ka teistele komeetidele, ei ole veel selge.

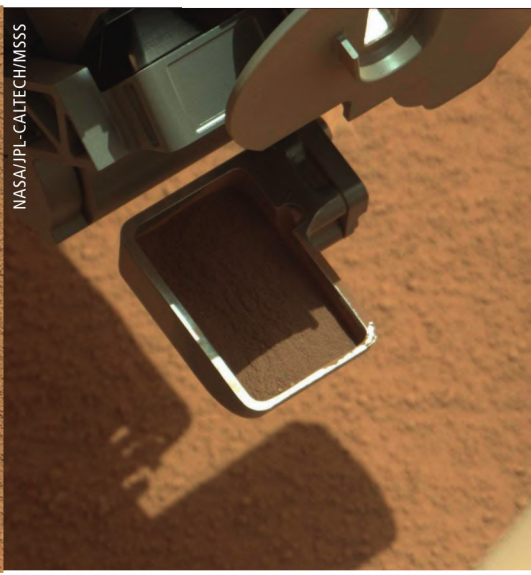
**Komeedid ei ole lihtsalt räpased lumepallid, vaid äärmiselt huvitavad ja geoloogiliselt väga aktiivsed objektid.**

Projekti Rosetta üks põhieesmärke oli komeedi jää isotoopkoostise uurimine. Erinevate elementide koguste uurimine võimaldas järeldada, et see komeet on ürgne objekt, pärit Päikesesüsteemi moodustanud algsest külmast gaasipilvest. Selgus ka, et komeedi jää koostises oleva tavalise vesiniku raskema isotoobi, deuteeriumi suhteline kogus on umbes kolm korda suurem kui maises vees. Siit on võimalik järeldada, et Jupiteri piirkonna komeedid on andnud vaid väikese osa (kui üldse) maisest veest. Veel ei ole siiski võimalik täpselt määratleda, kui suure.

Projekt Rosetta on praeguseks lõppenud. Tänu sellele ettevõtmisele teame nüüd, et komeedid ei ole lihtsalt



NASA/JPL/MSSS



NASA/JPL-CALTECH/MSSS

**Curiosity robotkäpa esimene tööproov Gale'i kraatrist pärit liiva uurimisel 2012. aasta oktoobris**

**Jupiteri ja Saturni jäiste kaaslaste uurimine võimaldab vastata küsimustele, kui äärmuslikes tingimustes võib (kasvõi algeline) elu kujuneda.**

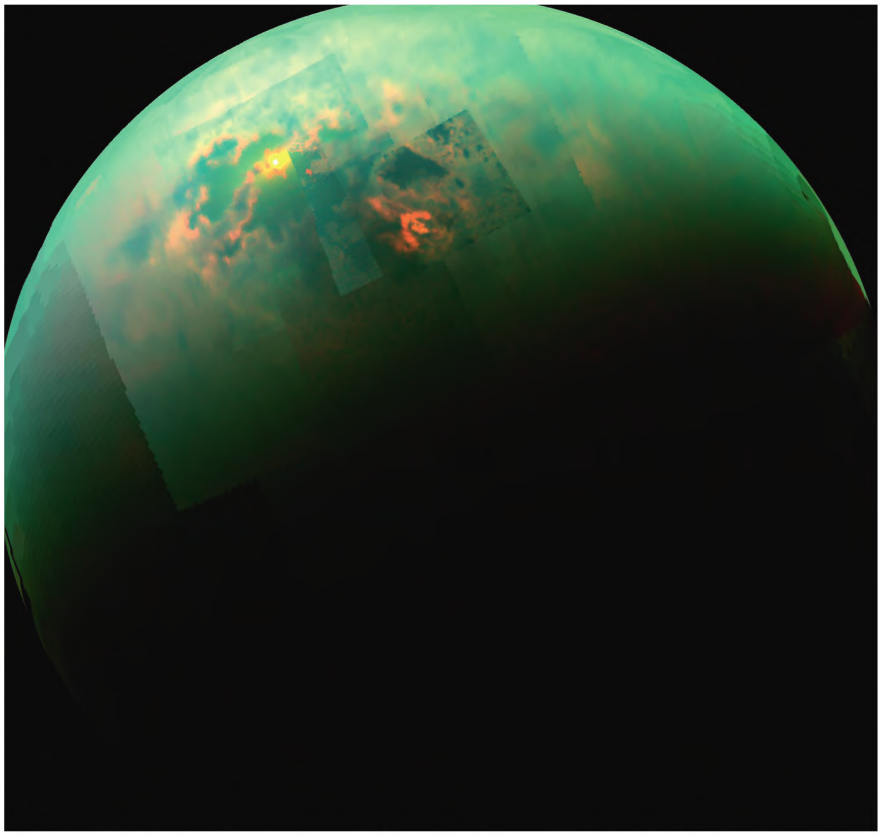
räpased lumepallid, vaid äärmiselt huvitavad ja geoloogiliselt väga aktiivsed objektid.

### Sihikul on Jupiteri ja Saturni jäised maailmad

Jupiteri ja Saturni jäiste kaaslaste uurimine võimaldab vastata küsimustele, kui äärmuslikes tingimustes võib (kasvõi algeline) elu kujuneda. Kahte suurt projekti, Cassini-Huygens ja tulevane JUICE (JUpiter Icy Moons Explorer), võib selles mõttes vaadeldagi ühtse tervikuna. Hiidplaneetide kaaslastest pakub teadlastele erilist huvi Saturni kaaslane Titan. Maa ja Titan on ainsad Päikesesüsteemi kehad, mille atmosfääris on palju lämmastikku. Samuti on varasematest uuringutest teada, et Titani atmosfääris võivad toimuda üsna keerulised keemilised reaktsioonid. Jupiteri suuremad kaaslased aga võivad sisaldada oma jääkatte all väga pakse vedela vee kihte.

NASA ja ESA ühisprojekti Cassini-Huygens (1997–2017) eesmärk on uurida Saturni, tema kaaslaste ja rõngaste süsteemi. Ehkki Saturni ja tema kaaslaseid on varemgi uuritud, olid need seni olnud vaid möödalennud, kuid Cassini-Huygens on esimene projekt, kus põhisatelliit Cassini jäi Saturni ümber tiirlema. See võimaldas pikema aja jooksul uurida Saturni atmosfääri ja magnetvälja, vaadata rõngaste süsteemi mitme nurga alt ja uurida erinevaid kaaslaseid.

Väike maandur Huygens maandus Titanil 2005. aastal, töötades atmosfääris 2,5 tundi ja Titani pinnal ühe tunni. Laskumise jooksul registreeris Huygens temperatuuri ja rõhu üsna täpse jaotuse Titani atmosfääris, sealhulgas ka atmosfääri madalate kihtide täpse koostise. Osutus, et Titani pinnal on vedelate hüdrokarbonaatide (nt metaani) järved ja jõed. Sarnaselt Maal toimuva vee ringkäiguga toimub Titanil metaani looduslik ringkäik – aurumine, tõus üles, jahtumine ja vihmana alla sadamine. Ehkki metaani kogused Titanil on suured, on see metaan kah-

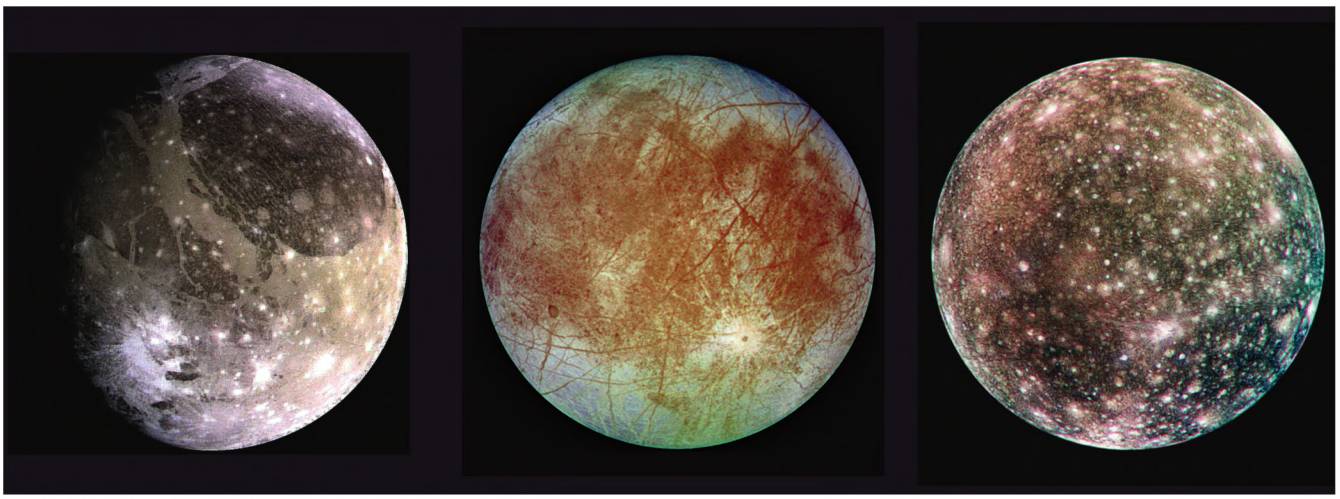


NASA

Cassini tabamus 2014. aastast: Päike peegeldub Titani vedela metaani meredelt

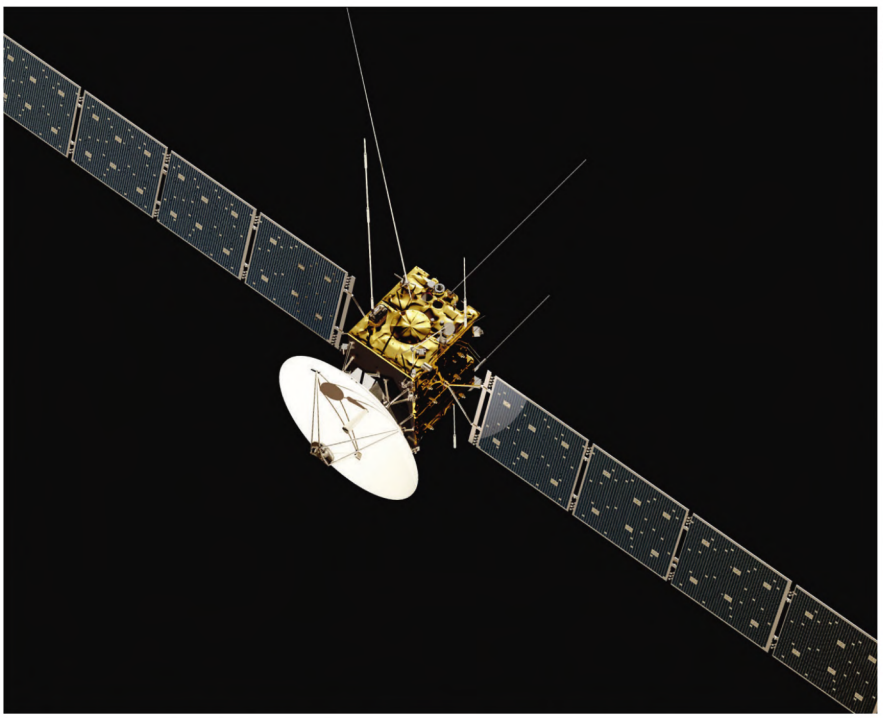
NASA/JPL-CALTECH/SPACE SCIENCE INSTITUTE

Cassini tehtud pilt Saturni läheduses umbes 1,4 miljardi km kaugusel Maast (Maa asukoht on näidatud noolega)



NASA

**Jupiteri jäised maailmad – Ganymedes, Europa ja Callisto**



ESA/ATG

**Kunstniku nägemus Jupiteri kaaslaste uurimiseks mõeldud sondist JUICE**

juks algne – seda järeldati süsiniku isotoopanalüüsist.

Cassini ja Huygens kogusid hulgaliselt andmeid Titani atmosfääris toimuvate keemiliste protsesside edasiseks uurimiseks. Tulevase JUICE-projekti (satelliit stardib 2022 ja jõuab Jupiterini pärast 2030. aastat) eesmärk on Jupiteri kolme suure kaaslase Ganymedese, Europa ja Callisto uurimine. Kuna Ganymedest on varasemate satelliitide abil kõige vähem uuritud, on seekord rõhuasetus just sellel Jupiteri kaaslasel.

Projekti eesmärgid võib jagada nelja suurde rühma. Esimese rühma eesmärk uurida kõigi kolme Jupiteri kaaslase pinnaaluste ookeanide koostist, pinna koostist ja vanust ning erinevat liiki jää omadusi. Teise rühma raames uuritakse Jupiteri kolme kaaslase massijaotust, et koostada nende siseehituse mudelid, mis annaksid muuhulgas ka veekihtide paksused koos rõhkude ja temperatuuride jaotustega. Kolmas eesmärk on pühendatud Jupiteri kaaslaste atmosfääridele – atmosfääride koostise kindlakstegemisele, seal toimuvate keemiliste protsesside uurimisele (sealhulgas orgaaniliste molekulide otsingule Europal) ning atmosfääri dünaamika modelleerimisele. Neljas eesmärkide rühm keskendub Jupiteri kaaslaste magnetväljade uurimisele ning päikesetuule ja Jupiteri magnetvälja interaktsioonile kaaslaste magnetväljadega.

JUICE-projekt on praegu alles väljatöötamise staadiumis. Hetkel on üks suuremaid projektiga seostuvaid muresid, et satelliit tarbib liiga palju energiat ja selle raskus kipub minema kanderaketi jaoks liiga suureks. Seega tuleb kavandatus midagi muuta. Loodetavasti on see võimalik projekti eesmärke kahjustamata.

Eeltoodu kokkuvõtteks võib vaid imetleda kõige kirjeldatu tehnoloogilist täiuslikkust ja ka heas mõttes ambitsioonikust. Kosmoseprojektidega tegelemine on haarav ja seetõttu ka tehnoloogilist mõtlemist stimuleeriv. Ehkki artikli alguses mainitud suurimate projektide hinnad võivad hirmutada, on kosmosega seotud teaduslike projektidega tegelemine tegelikult odav – ESA teadusprojektide aastaeelarve on umbes 500 miljonit eurot, mis annab ESA liikmesriikide ühe elaniku kohta tulevaks kuluks vaid veidi üle ühe euro aastas. Me kõik raiskame tühja-tähja peale aastas oluliselt rohkem! •

**PEETER TENJES** (1955) on astrofüüsik, Tartu observatooriumi vanemteadur, Euroopa kosmoseagentuuri teadusliku programmikomitee liige. Tema teadustöö põhiteemad on galaktikate fotomeetria, tähesüsteemide fotomeetrilised ja kinemaatilised mudelid, galaktikate allsüsteemide struktuur, kaugete galaktikate struktuur ja formeerumine, galaktikate struktuur erinevas keskkonnas ja tähesüsteemide dünaamika.

# LEIDKEM (UUS) ÜHEKSAS PLANEET!

VIDA PRESS

**Veel kümmekond aastat tagasi oli Päikesesüsteemis teada üheksa planeeti, pärast Pluuto kääbusplaneediks ümberliigitamist 2006. aastal jäi järele kaheksa. Igameheteadlaste abiga otsitakse Pluuto-tagusest kosmoseavarusest praegu uut üheksandat planeeti.**

Pluuto avastas 1930. aastal Lowelli observatooriumis praktikandina töötanud Clyde Tombaugh. Tombaugh veetis ligikaudu aasta, jäädvustades klaasist fotoplaatidele suure osa tähistaevast ning kõrvutades seejärel samast taevapiirkonnast paaripäevase ajavahemiku tagant tehtud ülesvõtteid. Lisaks sadadele tuhandetele liikumatuna paistvatele tähekujutistele leidis ta 1930. aasta 18. veebruaril mõne nädala eest tehtud fotoplaatidelt tuhmi liikuva täpi, mis lisavaatluste tulemusena osutus Pluutoks.

Tänapäeval on suure kindlusega teada veel mitu Pluuto-sarnast, Neptuunist kaugemal tiirlevat kääbusplaneeti – sealjuures kahtlustatakse, et kokku võib neid Päikesesüsteemis olla sadu.

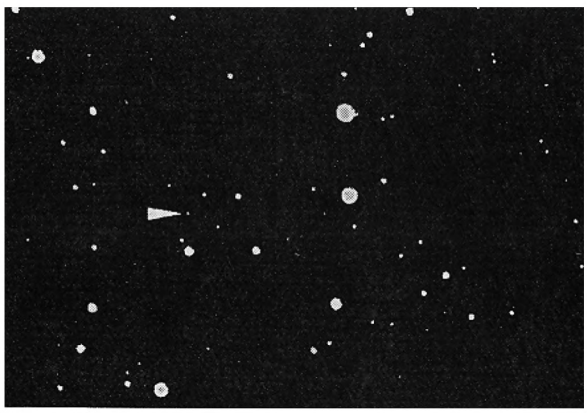
Neptuunist kaugemal, Kuiperi vöös paiknevate (Pluuto-suuruste ja väiksemate) taevakehade orbiidid vihjavad sellele, et Päikesesüsteemi äärealadel tiirleb veel üks, vähemalt kümne Maa massi suurune planeet. Teoreetiline ennustus on piisavalt veenev selleks, et pühendada otsingutele mitme tänapäeva tippteleskoobi vaatlusaega.

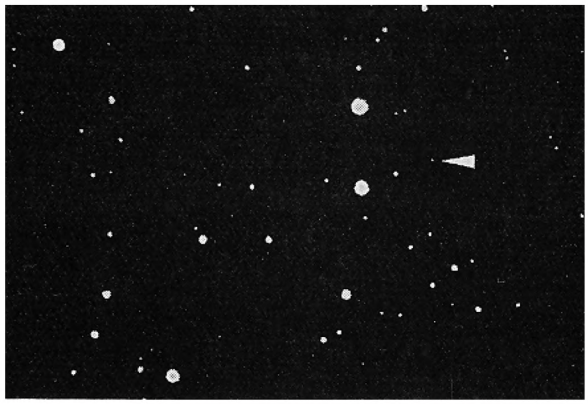
Lisaks uutele vaatlustele otsitakse üheksandat planeeti ka olemasolevatest andmestikest. 2009. aasta detsembris startinud NASA WISE-i (*Wide-field Infrared Survey Explorer*) infrapuna kosmoseteleskoop on nüüdseks mitmekordselt kaardistanud terve tähistaeva. Sealjuures ei saa välistada et üheksas planeet on WISE'i infrapuna-andmetes paremini tuvastatav kui nähtavas spektriosas. Automaatse analüüsi kõrval uurivad kosmoseteleskoobi ülesvõtteid ka veebilehe „Backyard Worlds: Planet 9" külastajad. Huvilisele näidatakse nelja samast taevapiirkonnast varieeruva ajavahemiku järel tehtud kaadrit WISE-i andmestikust. Eesmärk on sealjuures sama, mis peaaegu sajand tagasi Pluutot otsides – vaadata läbi üle miljoni andmeseeria ning leida nendelt horisontaalsuunas liikuv täpp. •

**Jürgen Jänes** on arvutusbioloogia doktorant Cambridge'i ülikoolis.

**https://backyardworlds.org**

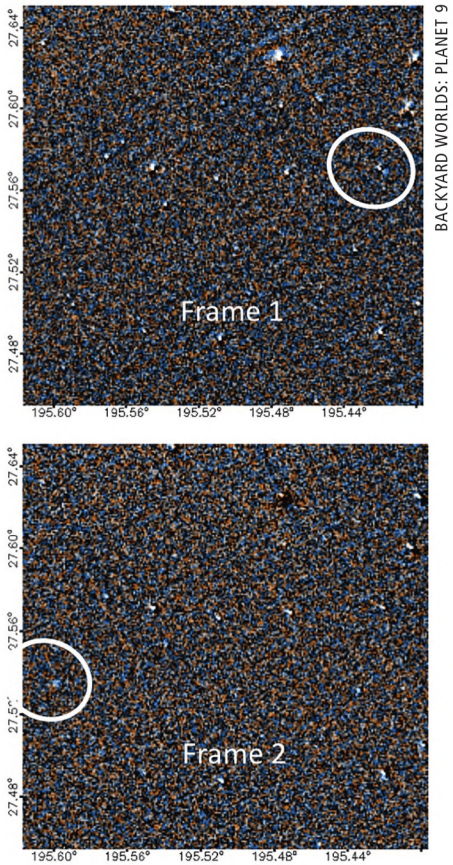
LOWELLI OBSERVATOORIUM





**Pluuto avastamiseni viinud 23. ja 29. jaanuaril 1930 Lowelli observatooriumis tehtud ülesvõtted tähistaevast. Nüüdse kääbusplaneedi kujutisele viitab mõlemal ülesvõttel kolmnurk**

BACKYARD WORLDS: PLANET 9




**Kaks kaadrit üheksanda planeedi simuleeritud vaatlusest WISE-i infrapuna-kosmoseteleskoobi andmestikus**

# TELESKOOP.EE

BRESSER

**TAURUS 90/900**
**NUTITELEFONI ADAPTERIGA**
ø90 mm, F=900 mm
Rikkaliku kaasavaraga
läätsteleskoop alustavale
astronoomiahuvilisele
**275€**

**Bresser Messier**
**NT-130 EXOS-1**
ø130 mm, F=1000 mm
Eesti populaarseim
esimene teleskoop
**461€**

**Bresser Messier**
**AR-90 EXOS-1**
ø90 mm, F=900 mm
Hea läätsteleskoop
stabiilsel alusel
**373€**

**Päikeseteleskoop LUNT**
ø alates 50 mm
Põnev astronoomia
keset päeva!
alates **1170€**

**Bresser Messier**
**AR-102 EXOS-2 GOTO**
ø102 mm, F=1000 mm
Soodne automaatika
**899€**

**LCD puuteekraaniga**
**mikroskoop 40x-1400x**
Pealt- ja altvalgustus, AV-väljund.
Sobilik koolile ja uudishimulikule
**249€**

**Mikroskoop Biolux NV**
Suurendus 20x-1280x.
Kohver ja vajalikud tööriistad,
PC okulaar (640x480 px),
pealt- ja altvalgustus,
peennihikuga slaidihoidik
Sobilik lapsele ja koolile!
**119€**

**Stereomikroskoop**
**Researcher ICD LED**
Suurendus 20x-80x
Reguleeritav pealt- ja
altvalgustus
Toimib ka õues (akutoide)
**219€**

E-pood: **teleskoop.ee**
Helista: **528 9895**
Kirjuta: **taevatoru@teleskoop.ee**
**facebook.com/teleskoop.ee**

Taustafoto: NASA/JPL-Caltech/Univ. of Toledo

INFORMAATIKA

AHTO TRUU

# INFORMAATIKAVÕISTLUSED

**Nagu juba tavaks saanud, peeti veebruari keskel Tartus nii informaatikaolümpiaadi kui ka Kopra-viktoriini finaalvõistlused.**

## Informaatikaolümpiaadi parimad võistlevad edasi

18. veebruaril toimus informaatikaolümpiaadi lõppvoor. Sellel võistlusel pidid osalejad viie tunni jooksul kirjutama programmid kolme andmetöötlusülesande lahendamiseks. Ülesanded olid praktikast inspireeritud, aga võistluse jaoks muidugi veidi lihtsustatud. Näiteks oli sel aastal ühes ülesandes vaja kirjutada programm astmelises tulumaksusüsteemis erinevatele sissetulekutele vastavate maksusummade arvutamiseks.

Arvestust peeti tavakohaselt kolmes vanuserühmas: kõige lihtsamate ülesannetega põhikoolirühmas võivad osaleda vaid põhikooliõpilased; keskmise tasemega gümnaasiumirühm on avatud nii gümnaasiumi- kui ka tugevamatele põhikooliõpilastele; edasijõudnute rühm on mõeldud neile, kellele teiste rühmade ülesanded ei ole enam piisavalt huvitavad.

Heade toetajate Nortali, ZeroTurnaroundi, CGI Eesti ja Tartu ülikooli arvutiteaduse instituudi toel anti lisaks põhiauhindadele välja ka mitmeid eriauhindu.

Kogu hooaja jooksul jagati nii võistlustel kui õppetöös üles näidatud aktiivsuse ja tulemuste eest häkkeripunkte, mida kogus kõige rohkem Taavet Kalda. Sügisel nädalase koduse lahendamisena peetud lahtise võistluse võitsid Martin Širokov ja Toomas Tennisberg. Autonoomsete tankide vahelise turniiri võitis samuti Toomas Tennisberg.

Ühe pikema traditsiooniga tunnustuse, CGI Eesti „laisa programmeerija" eriauhinna lühima korrektse lahenduse eest võitsid Karl-Joan Alesma (Viljandi kesklinna kool), Rao Zvorovski (Tallinna reaalkooli 12. klass) ja Kristofer Kirss (Tallinna Lilleküla gümnaasium).

Nüüd ootavad olümpiaadi lõppvooru ja lahtise võistluse kokkuvõttes valitud 20 koondise kandidaati ees õppesessioonid ja täiendavad valikvõistlused. Viimastega selgitatakse välja need kuus noort programmeerijat, kes lähevad aprilli lõpus Eestit esindama Balti olümpiaadile Norra ja kelle hulgast omakorda tuleb valida neljaliikmeline koondis juuli lõpus Iraanis toimuvale ülemaailmsele võistlusele. Lisaks oleme septembris kutsutud esimesele Euroopa noorte informaatikaolümpiaadile Bulgaarias. Nii olümpiaadi korraldamist kui koondise sõite rahvusvahelistele võistlustele rahastab haridus- ja teadusministeerium.

## Kopra-viktoriinist

19. veebruaril peeti informaatikaviktoriini Kobras finaalvoor. Sellel võistlusel vastavad osalejad 45 minuti jooksul 15 küsimusele arvutite ja tarkvara, turvalisuse ja eetika, aga ka formaalse loogika ja arvutiteadusega seotud matemaatika kohta.

Detsembri alguses Miksikese e-õppekeskkonna vahendusel peetud eelvoorus osales üle 4000 õpilase, kelle hulgast kutsuti Nortali ja CGI Eesti toel peetud finaalvõistlusele 60 parimat. Neist omakorda parimad sõidavad firma Guardtime kulul mais Joensuus peetavasse teaduslaagrisse SciFest.

Lisaks võistlemisele said finaalvoorus osalejad külastada IT-ettevõtteid Nortal ja Reach-U, osaleda programmeerimise töötubades ning kuulata silmaringi laiendavaid loenguid

ERAKOGU

Tagareas (vasakult) olümpiaadi žürii esimees Targo Tennisberg, Tähvend Uustalu, Rasmus Maide, Andres Sõmer, Jaagup Tamme, Toomas Tennisberg ja viktoriini žürii esimees Ahto Truu. Ees (vasakult) Richard Luhtaru, Taavet Kalda ja Oliver Tennisberg. Olümpiaadi võitjatest on pildilt puudu Gregor Eesmaa ja viktoriini võitjatest Sullo Saan

robootikast ja informaatika õppimisest-õpetamisest ülikoolis.

Geograafiast ja soolisest lõhest Just enne finaalvõistlusi avaldas teaduskooli blogi Priit Pärnapuu artikli „Kaks ja pool kooli ning sooline lõhe informaatikaolümpiaadil". Autor uuris informaatikaolümpiaadil osalemise statistikat selle sajandi algusest alates ja tõi natuke laiemale ringile välja olümpiaadi korraldajatele juba ammu teada tõsiasjad: informaatikaolümpiaad on valdavalt poiste võistlus ja stabiilselt suudavad edukaid osalejaid välja saata vaid kaks kooli. Selles valguses on huvitav vaadata tänavuse lõppvooru statistikat.

Soolist lõhet iseloomustab lihtne fakt, et 40 finaalikutsest vaid viis läksid tüdrukutele. Selle tõlgendamine on natuke keerulisem. Ühelt poolt on tänavune seis nelja lõppvoorul osalenud neiuga natuke parem mullusest, kui kahest kutsutud tütarlapsest kumbki võistlusele kohale ei jõudnud. Teiselt poolt on valim ilmselt liiga väike, et ühe aasta põhjal mingist muutusest rääkida.

Geograafilise haarde osas on korraldustoimkond juba aastaid täheldanud n-ö „võrdselt pooleks"-reeglit: ligikaudu pooled finalistid on Tallinna reaalkoolist ja ülejäänutest omakorda pooled Hugo Treffneri gümnaasiumist. Enam-vähem kehtis see seaduspärasus ka tänavu, kui 40 kutsest läksid 18 Tallinna reaalkooli ja 8 Hugo Treffneri gümnaasiumi.

Samas on informaatikaülümpiaadi üldine geograafiline haare viimasel paaril aastal natuke paranema hakanud. Nõo reaalgümnaasium ja Viljandi gümnaasium said kumbki kaks finaalipääset, ühe kutsega olid esindatud Kärdla põhikool, Miina Härma gümnaasium, Narva keeltelütseum, Saku gümnaasium, Sauga põhikool, Tallinna humanitaargümnaasium, Tallinna Lilleküla gümnaasium, Tallinna tehnikagümnaasium, Tartu Jaan Poska gümnaasium ja Viljandi kesklinna kool. •

**Ahto Truu**, Eesti informaatikaolümpiaadi žürii liige, Guardtime AS-i tarkvaraarhitekt

A
ASTRONOOMIA

CAREL KUUSK

# ESIMENE KULD ASTRONOOMIAS

**Möödunud aastal võtsid Eesti astronoomiahuvilised mõõtu kõigepealt omavahel aprillis, seejärel Tšehhi eakaaslastega augustis ning detsembris osaleti rahvusvahelisel astronoomia ja astrofüüsika olümpiaadil Indias.**

2016. aasta Eesti astronoomiavõistluste hooaeg algas lahtise võistlusega 10. aprillil. Võistlus on jaotatud kahte vanuserühma – nooremad, kus võivad osaleda vaid põhikooliõpilased, ja vanemad, kus ülesanded on mõeldud lahendamiseks gümnasistidele, kuid soovi korral võivad osa võtta ka põhikooliõpilased.

Nooremas vanuserühmas võidutses Tartus Miina Härma gümnaasiumis 9. klassis õppinud Richard Luhtaru, edestades suurelt talle järgnenud Tallinna reaalkooli 8. klassi õpilast Kaarel Kivisalu. Vanemas vanuserühmas oli konkurents tihedam, võitjaks osutus Carel Kuusk, kes sai automaatselt koha rahvusvahelise astronoomia ja astrofüüsika olümpiaadi Eesti võistkonnas.

## Eestlased pistsid rinda tšehhidega

Lisaks võitjate väljakuulutamisele valiti lahtise võistluse tulemuse põhjal võistkond augusti lõpus esmakordselt toimunud Eesti-Tšehhi maavõistlusele. Sinna kutsuti viis nooremas rühmas osalenut ja seitse vanema rühma võistlejat. Eesti-Tšehhi maavõistluse juurde kuulus ka ühine 8-päevane treeninglaager, kus noori õpetasid nii Eesti kui Tšehhi võistkonnajuhid. Kõigi plaanide kohaselt jätkub Eesti ja Tšehhi ühine astronoomiaõppealane koostöö edaspidigi ning tänavu peaksid eestlased külastama tšehhe.

Eesti-Tšehhi maavõistluse üldvõitjaks tuli tšehhide noorim võistleja Jindirch Jelinek, kelle järel kvalifitseerus eestlaste parimana teisele kohale Taavet Kalda. Maavõistluse formaat sarnanes rahvusvahelise olümpiaadi omaga. Esmalt tuli lahendada viie tunni jooksul eri raskusastmega teooriaülesandeid, mille lahendused andsid pooled punktidest. Seejärel toimus pilvise taeva tõttu Tartu AHHAA

TIIT SEPP

**Eesti võistkond enne lõpetamist: vasakult juhendajad Tõnis Eenmäe ja Tiit Sepp ning võistlejad Paul Kerner, Richard Luhtaru, Jonatan Kalmus, Taavet Kalda ja Carel Kuusk**

keskuse planetaariumis toimunud vaatlusvoor ning viimasena andmeanalüüsivoor, kus kolme tunni jooksul tuli lahendada kolm astronoomiliste andmetega seostuvat ülesannet. Nii andmete analüüsimine kui taeva tundmine andsid 25% punktidest.

Võistluse tulemusena selgus rahvusvahelise astronoomia ja astrofüüsika olümpiaadi (IOAA) Eesti võistkonna lõplik koosseis: Carel Kuusk (Tallinna reaalkool), Richard Luhtaru (Miina Härma gümnaasium), Taavet Kalda (Tallinna reaalkool), Jonatan Kalmus (Hugo Treffneri gümnaasium) ja Paul Kerner (Tallinna Tõnismäe reaalkool).

**Olümpiaadivahetus**

Suuremaid rahvusvahelisi astronoomiaolümpiaade on kaks – rahvusvaheline astronoomiaolümpiaad ning rahvusvaheline astronoomia ja astrofüüsika olümpiaad. Rahvusvaheline astronoomiaolümpiaad on vanem ning seal osalevad peamiselt endise Nõukogude Liidu ja idabloki maade võistkonnad (kuid lisaks ka näiteks Hiina ja India). Seevastu astronoomia ja astrofüüsika olümpiaad loodi kümme aastat tagasi ning on kasvanud eelkäijast suuremaks ürituseks. Kui 2016. aastal osales rahvusvahelisel astronoomiaolümpiaadil 16 riiki, siis IOAA-l koguni 41.

Esimest korda osales Eesti võistkond rahvusvahelisel astronoomiaolümpiaadil 2005. aastal. Kümne aastaga tõid eestlased sealt koju 6 hõbe- ja 18 pronksmedalit. 2015. aastal otsustati rahvusvaheline olümpiaad vahetada IOAA vastu. Esimesel korral tuli Eesti võistkond tagasi nelja aukirjaga. Kolm toonast äramärgitut – Taavet Kalda, Richard Luhtaru ja Paul Kerner – osalesid ka mullusel mõõduvõtmisel. Neljandana võitis tookord Airon Johannes Oravas (Tallinna reaalkool). Samas esines 2015. aastal tublilt ka Hartvig Tooming (Tallinna prantsuse lütseum).

**Kuld, hõbe, pronks ja aukirjad!**

Mullune IOAA toimus India idaosas Bhubaneswaris. Olümpiaadi võistkonda juhendasid Tõravere observatooriumi teadurid Tiit Sepp ja Tõnis Eenmäe.

Ülesanded jagunesid kolme vooru vahel: teoreetiline, vaatlus- ja andmeanalüüsivoor. Eestlastest esines kõige paremini Taavet Kalda, kes tõi Eestile rahvusvaheliste astronoomiaolümpiaadide esimese kulla. Kuldmedal tuli suuresti tänu Taaveti väga heale teooriatundmisele ning õnnestunud esinemisele vaatlus- ja andmeanalüüsivoorudes. Samuti läks suurepäraselt alles 9. klassi lõpetanud Richard Luhtarul, kes saavutas eestlastest teisena hõbemedali. Hugo Treffneri gümnaasiumi lõpetanud Jonatan Kalmus võitis pronksmedali ning Paul Kerner ja Carel Kuusk märgiti ära aukirjaga.

Niivõrd head tulemused on märkimisväärsed, kuna väiksema jagatavate medalite ja aukirjade arvu tõttu on IOAA-l võrreldes teiste rahvusvaheliste olümpiaadidega keerulisem medaleid võita. Medalite jagamisel kasutatakse paarkümmend aastat tagasi rahvusvahelisel füüsikaolümpiaadil kasutusel olnud süsteemi, kus absoluutarvestuses parima kolme võistleja punktisummadest võetakse keskmine ning ülejäänud võistlejate punktid normaliseeritakse saadud keskmise järgi. Kuld-, hõbe- ja pronksmedali saamiseks on vaja koguda vastavalt 90%, 78% või 65% esikolmiku keskmisest punktisummast ning 50%, et saada aukiri.

**Teooria, andmeanalüüs ja vaatlused**

Teooriavooru ülesannete temaatika kattis ära enam-vähem kogu astronoomia – alates elementaarsetest ajateisenduste ja Kepleri valemite tundmise peale koostatud ülesannetest kuni gravitatsioonilainete põhialustest arusaamise ja eksoplaneetide omaduste uurimisega tegelevate ülesanneteni. Üldiselt kehtib teadusolümpiaadidel mitteametlik reegel, et mida rohkem Aasias ida poole minna, seda enam nõuavad ülesanded nobedat arvutamist ja vähem kontseptuaalset arusaamist. Nii oli India ülesanneteski oluline pigem vihjete ja standardlahenduste kiire rakendamine kui astronoomiaalaste kontseptsioonide mõistmine.

Andmeanalüüsis tuli leida näiteks Maa ja Päikese ning Maa ja Kuu vaheline kaugus Maa pealt lihtsasti mõõdetavate Kuud kirjeldavate parameetrite nagu faasi, nurkläbimõõdu ja taevakoordinaatide järgi. Samuti tuli analüüsida kaksikpulsarilt pärinevate andmete põhjal pulsarite süsteemi ning hinnata ja täpsustada kaksikpulsari tiirlemisperioodi. Kolmandas ülesandes tuli leida kolmelt supernoovalt saadud andmete põhjal universumi paisumiskiirust kirjeldava Hubble'i konstandi väärtus.

Vaatlusvoorus tuli osata kasutada teleskoopi ning tunda taevast nii tähekaardil kui planetaariumis.

**Üldvõit Indiale**

Olümpiaadi üldvõitjaks tuli hindude esindaja. Kuna kurioossel kombel ei saanud Hiina võistkonna kodustel valikvõistlustel parimana esinenu luba Indiasse sõita, andis see alust kõiksugustele vandenõuteoorіatele. Tšehhide noorim võistleja Jindirch Jelinek suutis ka IOAA-l endiselt Eesti parimast Taavet Kaldast paari punktiga ette jääda. Kuigi Euroopa riike osales suhteliselt vähe, esines neist lisaks Eestile ja Tšehhile veel hästi Ühendkuningriigi, Rumeenia ja Slovakkia võistkond.

Lisaks tavavõistlusele toimus IOAA-l ka mitteametlik võistkondadevaheline võistlus, mis sarnanes andmeanalüüsivoorule – tuli leida eri aegadel mõõdetud satelliidi asukoha ja kiiruse abil Jupiteri orbiiti kirjeldavad parameetrid. Lahendamiseks oli aega mitu päeva ning sellest kujunes võistluste- ja ekskursioonidevahelisel ajal tore ajaviide. Hoolimata pingutustest sattusid meie lahendustesse näpuvead, mistõttu lõpetasime tiimivõistluse kümnendana.

**Päikesetempel kui kellavärk**

Voorudevahelisel ajal oli võimalik suhelda kaasvõistlejatega teistest riikidest või käia vastavalt ajakavale ekskursioonil, et piirkonna kultuuri lähemalt tundma õppida. Toimus ka ekskursioon kohalikku loomaaeda ning mitmel päeval korraldati ööbimiskohas soovijatele kohalike juhendajatega joogasessioon. Ööbimine ja ka ülesannete lahendamised toimusid Bhubaneswarist paarikümne kilomeetri kaugusel asuva ülikooli, NISER-i (National Institute of Science Education and Research) territooriumil.

Bhubaneswaris külastasime kohaliku tähtsusega templeid ning linna peal saime lähemalt näha kohalikku elu. Ekskursioon viis meid ka piirkonna tähtsaima vaatamisväärsuse, ajaloolise Konarki päikesetempli juurde. Enne 19. sajandit toimunud varingut lausa 70 meetri kõrgusele küündinud templit on korduvalt loetud India seitsme ime hulka. Päikesetempel näeb välja nagu hobukaarik ning selle abil on võimalik aega mõõta kuni minutise täpsusega.

Järgmisel aastal toimub rahvusvaheline astronoomia ja astrofüüsika olümpiaad Tai lõunaosas Phuketis. •

**Carel Kuusk**, Tallinna reaalkooli abiturient, rahvusvahelise astronoomia ja astrofüüsika olümpiaadi võistkonna liige.

**TEHISINTELLEKT. LOOMADEST JA MASINATEST**
**Andres Laan**
**176 lk**
**Koolibri, 2017**

Andres Laane raamatu „Tehisintellekt. Loomadest ja masinatest" pealkiri on tegelikult eksitav. Kuigi raamatu tuum on tehisintellekt, on selle küljes viljalihana palju näiteid ja lugusid neuroteaduse ja bioloogia vallast (Laane peamised uurimisalad), aga ka majandusest, masinõppest, psühholoogiast ja süsteemiinseneeriast. Samas ei juhi kõik need kõrvalepõiked tähelepanu põhiteemalt kõrvale, vaid aitavad seda edasi viia – intellekti küsimus läbibki erinevaid distsipliine.

Läbi kogu raamatu ehitab Laan oma argumendid üles kihtide kaupa: aluseks on maakeeli seletatud teadusteooriad ja -eksperimendid ülalnimetatud valdkondadest. Sellele toetudes seletab autor rohkete põnevate näidete varal, kuidas intellekt töötab. Kirsikihina tordil on veidi analüüsi (ja spekulatsiooni) inimühiskonna kollektiivsest intellektist ning põhjustest, miks mõnikord on kõik ühel nõul, et olukord on halb, aga sellegipoolest ei suudeta seda parandada.

Raamat alustab intelligentsi tutvustamist väga lihtsatest tagasisidega süsteemidest, mida enamik meist esmapilgul intelligentseks ei peaks. Esimene peatükk räägib lihtsa tagasisidega olukordadest, mis teevad tööd, et jõuda soovitud olukorrani: termostaat tahab hoida tuba ühtlaselt soojana sõltumata välistemperatuurist ning vetsupoti paagis peab veetase pärast vee pealetõmbamist uuesti täituma. Need olukorrad pole piiratud vaid tehislike süsteemidega. Näiteks inimkeha peab säilitama ühtlast kehatemperatuuri ja hapnikuvarustuse taset ja putukad peavad kompenseerima lennates oma suunda vastavalt külgtuulele.

Teises peatükis räägib Laan stiimulõppest – olukordadest, kus tagasiside põhjal tehakse veidi keerulisemaid tegevusi kui vetsupoti täitmist. Need ulatuvad Pavlovi kuulsatest kellahelinailatoidueksperimentidest koertel kuni Google'i all tegutseva ettevõtte DeepMind teadlaste loodud võidukalt go-d mängiva tehisintellektini ja aitavad mõista tagasiside olulisust õppimisprotsessis.

Kolmas peatükk on rohkete illustratsioonidega sissejuhatus masinõppesse ja neurovõrkudesse. Kogu raamatus, aga eriti selles peatükis suudab Laan matemaatiliselt keerulisi ideid – pertseptronist ehk lihtsaimast neurovõrgust kuni andmete statistilise huvitavuseni – väga hästi edasi anda ainult sõnu ja pilte kasutades.

Viimane peatükk keskendub kollektiivsele intellektile, alustades kalaparvede ja mesilaste keerulisest käitumisest (millele leidub keerulisusest hoolimata lihtne ja elegantne seletus!) ja lõpetades tööülesannete koordineerimisega ühiskonnas ning jalakäijate koordineerimisega massiüritustel. See on (Laane enda sõnul) ilmselt kõige laiemale publikule huvipakkuv osa raamatust.

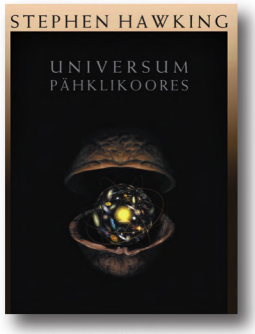
Mulle meeldib, et Laan kasutab igal pool näiteid bioloogilistest süsteemidest. Tehisintellekt võib olla kuiv ja abstraktne teema ning selle lahedust on keeruline emotsionaalselt tajuda, aga küborgpõrnika, tehissüdame või pika mäluga kiskjaämbliku lugu jälgides on väga lihtne tehislike süsteemide vastu huvi tunda.

Peaaegu kõigega, millest Laan raamatus kirjutab, olen ma varasemast üsna intiimselt kursis. See on ka loogiline, arvestades, et veetsin arvutiteaduse bakalaureusekraadi tehes kaks aastat Tartu ülikooli arvutusliku neuroteaduse laboris. Sellest hoolimata (või sellepärast?) olid need paar raamatuga veedetud tundi põnevad. Mulle südamelähedased alad olid kokku sulatatud – justkui keegi oleks võtnud mu lemmiktoidud ja teinud neist ühe suure toidukorra.

Enamik eestikeelseid populaarteaduslikke raamatuid on tõlgitud inglise keelest ja ebakvaliteetses tõlkes läheb palju kaduma. „Tehisintellekt" on aga üks paremaid eestikeelseid raamatuid, mida olen lugenud, ja kui oleksin veel kahevahel, kas intellekti uurimise suunas oma karjääri ja teadmiste arendamine on väärtuslik, oleks see kahtlus pärast raamatu lugemise lõpetamist hajunud. •

**Taivo Pungas**, andmeteadlane, töötanud TransferWise'is ja Skype'is, praegu õpib Šveitsis Zürichi tehnikakõrgkooli arvutiteaduse magistriõppes.

# ORAAKLI ILMUMINE RAHVALE




**Stephen Hawking**
**UNIVERSUM PÄHKLIKOORES**
**Tõlkinud Henn Käämbre**
**260 lk**
**Ajakirjade Kirjastus, 2017**

*„Pole olemas mudelist sõltumatut reaalsuse testi. Hästi koostatud mudel loob omaenese reaalsuse."*

*Stephen Hawking*

Nüüdseks on selge, et inglise füüsik ja kosmoloog Stephen Hawking on muutunud mütoloogiliseks nähtuseks, oraakliks, kelle erakordseks eripäraks on esmapilgul tähtsusetu asjaolu, et ta on ikka veel elus.

„Universum pähklikoores" on oma nime saanud Shakespeare'i värsi järgi, milles Taani prints arutleb, et ta võiks olla aheldatud pähklikoorde, ent ometi pidada end lõputu ilmaruumi kuningaks. See vihjabki autori oraakli staatusele. Nüüdseks on Hawkingit eesti keeles avaldatud enam kui Einsteini ja kõnealusest raamatust ilmus esmatrükk 15 aasta eest, kuigi impressumis see ei kajastu.

Hawkingi avaldamisega tegi algust Akadeemia, mis aastatel 1992–1993 avaldas viies numbris Ene-Reet Sooviku tõlkes maailma väidetavalt „enim müüdutest vähim loetud" Hawkingi raamatu „Aja lühilugu". Kahju, et eesti keelde tõlgitud teksti ei antud välja raamatuna. Nüüdseks on Hawkingi osalusel valminud kosmoloogia, mis tegeleb meist aegruumis kõige kaugemaga, mida me kunagi ei ole näinud ning võib-olla ei näegi, nagu tumeaine, tumeenergia ja paralleeluniversumid.

2002. aastal ilmutas Eesti Entsüklopeediakirjastus füüsiku Henn Käämbre loovas tõlkes Hawkingi raamatu „Universum pähklikoores." See on suurepäraselt illustreeritud füüsika ajalugu, kus pole valemeidki välditud. 2010. aastal ilmutas Eesti Entsüklopeediakirjastus lastele mõeldud ning tütre Lucyga koostöös kirjutatud raamatu „George ja universumi salavõti", 2013. aastal ilmus TEA kirjastamisel Stephen Hawkingi ja ameerika füüsiku Leonard Mlodinowi koostööna valminud „Universumi suurejooneline ehitus" alapealkirjaga „Uued vastused elu põhiküsimustele". Selles kuulutab Hawking alul, et filosoofia on oma aja ära elanud, ja siis kukub filosofeerima. 2013. aastal ilmutas Ajakirjade Kirjastus Hawkingi eluloo „Aheldamata mõtted."

Need teosed on siin loetletud, kuna äsja, kui 15-aastase tsükliga komeet, ilmus poodidesse uuesti „Universum pähklikoores", sedapuhku Ajakirjade Kirjastuselt. Absoluutselt sama välimuse ja sisuga kui Hardo Aasmäe vaid aasta originaalist hiljem avaldatud raamat, hea ja märgilise tõlkija Henn Käämbrega, kes on meie teaduskeelt rikastanud selliste sõnadega nagu valgusvälge (impulsi asemel).

Kuid aeg ei ole seiskunud ja raamat vajanuks veidigi kommentaare – vähemasti viitamist esmatrükile. Ka saatesõna Enn Saarelt, kellest vahepeal on saanud akadeemik, on sama. Ei ole enam kasutuses mõiste varjatud aine, vaid tumeaine – aga olgu. Tore, et raamat avaldati, kuid on raske mõista, miks ei jätkunud jõudu paar lehekülge lisandusi teha ning oma eelkäijatele viidata. Ometi on sees soovitatava kirjanduse nimekiri, mis lõpeb paraku aastaga 1991 eesti ning aastaga 2002 inglise keeles.

„Universum pähklikoores" on illustreeritud ohtralt, vaimukalt ja riskantselt. Omadused, millega võiks iseloomustada Hawkingit ennast.

Ühegi kahtluseta lõi Einstein uue paradigma, uue arusaama maailma toimimisest. Kas ka Hawking? Maitseasi. Igatahes tõestas ta koos inglise füüsiku Roger Penrose'iga, et universumil on algus. Hawkingi suur kirg on mustade aukude teooria, mis seletab lahti, kuidas säherdused singulaarsused toimivad. Teooria tipp oli Hawkingi avastus, et must auk ei ole päris must, vaid kiirgab. Musta augu kiirgus on seotud vaakumi omadustega. Vaakumis käib pidev sigin-sagin, sealt hüppab välja aine-antiaine osakestepaare, mis välkkiirelt annihileeruvad. Kui hüpe toimub musta augu serval, võib positiivse energiaga osake meie sekka vabadusse pääseda, negatiivse energiaga osakese neelatab must auk.

Musta augu kohta teame kolme asja: selle massi, pöörlemist ja laengut. Tähtsaim küsimus, kas ainet neelates läheb mustas augus kaotsi informatsiooni või mitte, on praktiliselt lahendamata. Hawking on oma arvamust nii selle kui paljude teiste universumi mõistmiseks oluliste küsimuste kohta korduvalt muutnud.

Tavainimene oleks motoorsete närvirakkude haiguse kätte, mis tabas Hawkingit 21-aastasena, kümme korda ära surnud. Hawking sai 2017. aasta jaanuaris 75. Hawking on *showman*, kes on kaasa mänginud „Star Trekis", „Simpsonites" ja paljudes populaarsetes telesaadetes ning kihlvedudes. Ta peab meeletul hulgal loenguid (täpsemalt – neid peab tema kõnesüntesaator, autor on laval taustaks rekvisiidina) ja reisib mööda maailma enam kui mõni jalgpallistaar. Alati on temaga neli inimest: doktorant, kes tegeleb ka arvuti ning ratastooliga, kaks põetajat ja medõde.

Tema kirg on füüsikageeniuste sündroom läbi aegade – alates Galileost, Newtonist ja Faradayst –, saada jälile kõiki jõude, sealhulgas gravitatsiooni ühendavale teooriale. Nagu paljud kosmoloogid, püüab Hawking mõista, mis toimus Suure Paugu ajal ehk kui suur oli tol ajal singulaarsus, mis tähendab lõpmatut tihedust ja temperatuuri ning muid ebamugavaid lõpmatusi. Füüsika põhiküsimus on olnud, kuidas suhtlevad omavahel aine ja väli, natuurfilosoofia põhiküsimus, kuidas suhtlevad füüsika ja tegelikkus.

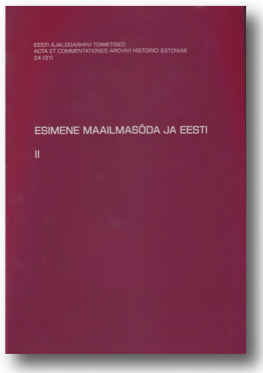
See on „mudelipõhine realism", mida Hawking selgitas oma „Universumi suurejoonelises ehituses" põhjalikumalt. Lühidalt öeldes: selles, kuidas me objekte tajume, sisaldub vastus. Nägemise ja kuulmise, haistmise ja maitsmise ning kompimise teel kujundab aju närvirakkude võrgustik meile pildi maailmast. Küsimus on, kuidas see pilt maailmale vastab.

„Pole olemas pildist või teooriast sõltumatut reaalsuse mõistet. Füüsikaline teooria või maailmapilt on mudel, tavaliselt matemaatiline mudel, ja hulk reegleid, mis ühendavad mudeli elementaarse vaatlusega. On mõttetu küsida, kas mudel on reaalne, võib vaid küsida, kas see on kooskõlas vaatlusega," ütleb Hawking.

Hästi, nüüdseks on registreeritud gravilained, tõestatud, et universum paisub kiirenevalt. „Universumist pähklikoores" on saanud omamoodi viljakas ajalooõpik.

Hawking arvab praegu (umbes) nii, et pole olemas üht matemaatilist mudelit või teooriat, mis suudaks kirjeldada igat universumi külge. Selle asemel on teooriate võrgustik, mida nimetatakse M-teooriaks. Iga teooria kirjeldab nähtust hästi teatud vahemikus. Ainus, mis on kindel, on olevik. Minevik ja tulevik esinevad vaid kui võimaluste spektrid. Universumil ei ole ühest minevikku ega tulevikku. Nagu ta raamatutelgi. •

**Tiit Kändler**, teaduskirjanik




**ESIMENE MAAILMASÕDA JA EESTI. II;**
**koostanud Tõnu Tannberg; toimetanud Kai Tafenau, resümeed toimetanud Chris Springer; resümeed tõlkinud Kaisa Jõgi ja autorid.**
**Tartu: Eesti ajalooarhiiv, 2017**

Esimene maailmasõda ei olnud vaid Eesti vabadussõja ja iseseisvuse saavutamise ettevalmistus ja eellugu, vaid omaette huvitav ja oluline periood Eesti ajaloos – nõnda võiks resümeerida Eesti ajalooarhiivi toimetiste sarjas ilmunud teist ilmasõjateemalist artiklikogumikku „Esimene maailmasõda ja Eesti. II".

Esimese maailmasõja 100. aastapäev, mida kõikjal maailmas hoogsalt tähistati, on jätnud sügava jälje ajalooteadusesse, sealhulgas ka Eesti omasse. Ilmasõjateemalisi konverentse korraldasid Eesti sõjamuuseum, Tallinna ülikool, kaitseväe ühendatud õppeasutused jt ning neist üritusist valmisid artiklikogumikud ja ajakirjade erinumbrid. Kuid vaieldamatult kõige põhjalikumalt on ilmasõja ajalukku kaevunud Eesti rahvusarhiiv, mis on akadeemik Tõnu Tannbergi eestvedamisel avaldanud kolm allikapublikatsiooni (koostajad ja toimetajad Tõnu Tannberg, Ago Pajur, Andres Seene) ning koos käesolevaga kaks artiklikogumikku.

Tuleb märkida, et kogumiku näol ei ole tegu jätkuväljaandega artiklitest, mis esimesse raamatusse ei mahtunud, vaid täiesti soliidsete ja originaalsete uurimuste koguga. See on ka arusaadav, sest vaevalt kõik ajaloolased oma töid kalendri järgi seavad ning just tähtpäevadeks oma uurimustöid ajastavad. Ilmasõja aastapäev oli aga oma suurejoonelisuselt sedavõrd erandlik, et mobiliseeris ka neid ajaloolasi, kes muidu aastapäeva täiesti maha oleksid maganud, ning puudutas neidki, kes varem esimese maailmasõjaga oma teadustöödes kokku ei ole puutunud.

Kogumik annab esinduslikku läbilõike 20. sajandit uurivate ajaloolaste erinevatest uurimisvaldkondadest: historiograafia (Ago Pajur ja Kersti Lust), poliitilis-administratiivne ja sotsiaalne sõjaajalugu (Ago Pajur ja Liisi Esse), kirikuajalugu (Priit Rohtmets), sotsiaal- ja majandusajalugu (Toomas Hiio, Lea Teedemaa ja Maie Pihlamägi) ning rahvusvaheline (või diplomaatia) ajalugu (Mart Kuldkepp). Uue huvitava suunana Eesti ajalooteaduses võiks esile tõsta ideedeajalugu, mis on esindatud kahe noore autoriga (Margo Roasto ja Timo Aava). Seega peaks siin leiduma huvitavat lugemist pea igale maitsele.

Puudu on veel süntees – kõigi kirjutiste kokkuvõte ning mõtestamine Eesti ja samuti Euroopa ajaloo kontekstis – kuid küllap on see ülesanne jäetud meelega lugeja enda teha. Igatahes võib kindel olla, et Eesti ajaloolased on avastanud esimese maailmasõja kui eraldiseisva nähtuse ning ei vaatle seda mitte Michel Foucault' järgi teleoloogilises, vaid pigem genealoogilises võtmes. •

**Kaarel Piirimäe**,
ajaloolane



VALLO KRUUSER

## LUGEMISELAMUS

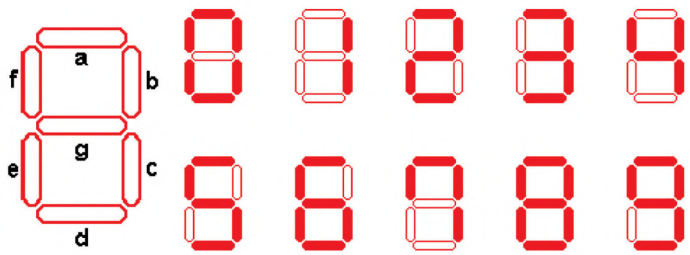
Mõistlikud inimesed kirjutavad raamatuarvustuse raamatust. Või vähemasti autorist. Kui mõelda tagasi minu ja kirjanduse püsisuhtele, nagu ka pikaajalisele suhtele saksa keele ja keeleruumiga (minusugusel on vist töömälu olemas ainult seepärast, et *Nebensatz*), siis kasutan ma võimalust võtta sülem oma lemmikuid kokku ning teha austusavaldus hoopis tõlkijale, Mati Sirklile.

Mati Sirkel tõlgib mu armastatumaid autoreid – Musil, Grass, Kafka, Huizinga, Sebald, aga ülim on siiski Rilke – nii, et lugedes ma kuulen teksti oma peas saksakeelsena kumisemas. Kuidagi teeb ta nii, et saksa keel jääb tõlkesse, eesti keelde ümberpandusse, alles. Ta tõlgib mõtte, aga lisaks ka keele struktuuri või tunnetuse, mis annab teosest topeltefekti. Arvan, et Mati Sirkel kõhistab tõlkides naerda, kui ta põimib eestikeelsetesse konstruktsioonidesse hapraid lingvistilisi nalju – salalauseid, mis tunduvad kohmakad ja veidrad seni, kuni lugeja mõtleb lähtekeele peale – ja lause muutub hoobilt elegantseks; ning lähtekeele rääkijate mõnikord veidra maailmatunnetuse peale (mõelge näiteks Thomas Manni „Doktor Faustusele") – sest saksa keeleruum on kahtlemata täis ligitõmbavat ja seletamatut äraspidisust.

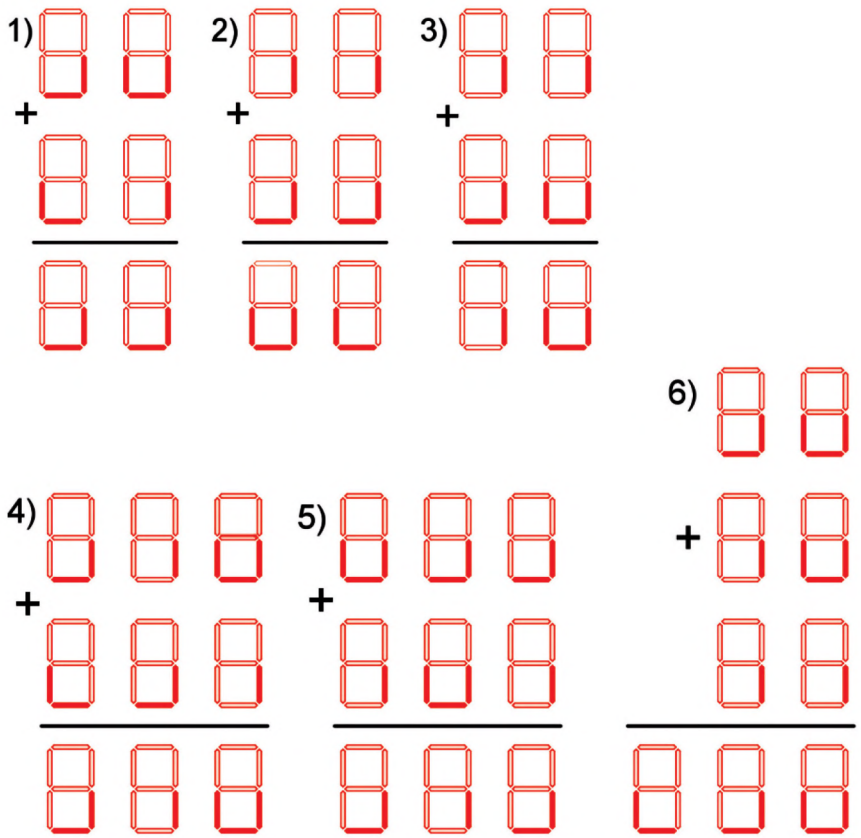
Mati Sirkel on eestindanud Musili „Omadusteta mehe" tükatised visuaalsed pildid nii, et lugeja tardub minutiteks paigale, keeleilu maksahaagist oimetu. Ja Musili huumor tuleb raginal läbi tõlke. Rilke „Duino eleegiad" on nagu neurootiliste säbarlainete sillerdus, kus väga napi, siia-sinna põikleva keele abil kandub edasi ülimalt terviklik sõnum. Ja vahel ei kandu ka. Jah, Sirkel. •

# Katkine tabloo

Tavaliselt esitatakse digitaaltablool numbreid seitsme tähemaatriksis kindlal kohal asetseva segmendi abil. Alljärgneval joonisel näed seekordsetes ülesannetes kasutatavat võimalust numbrite 0–9 esitamiseks:




Katkisel tablool on liidetud arve, aga iga numbri puhul töötavad ainult kolm alumist segmenti (c, d ja e). Sellel tablool on tehtud mõned liitmistehted. Taasta need liitmised. Kõigil ülesannetel on üksainus lahend.




## 1. vooru ülesannete vastused

**Ül 1.** – 2 + 0 × 1 + 7 = 5 ja 2 × 0 – 1 + 7 = 6

**Ül 2.** $(2^0)^1 + 7 = 8$ ja $2^0 + 1 + 7 = 9$.

**Ül 3.** 2 / 0.(1) – 7 = 18 – 7 = 11 ja 20 / .(1) + 7 = 180 + 7 = 187

**Ül 4.** (2 + 0!)! + 17 = 6 + 17 = 23 ja ((2+0!)! + 1)!/7 = 720

**Tõnu Tõnso**, matemaatik, Tallinna ülikooli lektor

## Vastuste ärasaatmise tähtaeg on 10. aprill 2017.

**Lahendused saata aadressil MTÜ Loodusajakiri (ajakiri Horisont), Endla 3, Tallinn 10122 või tonu@mathema.ee.**

## 2017. aasta parimale nuputajale

**auhinnaks 100 euro eest raamatuid Tallinna ülikooli kirjastuselt.**

TALLINNA ÜLIKOOLI KIRJASTUS

## Vooru võitja

**saab kingituseks raamatu sarjast „Looduse raamatukogu". Valikuvõimalustega tutvu veebilehel www.loodusajakiri.ee.**

### Esimese vooru tulemused

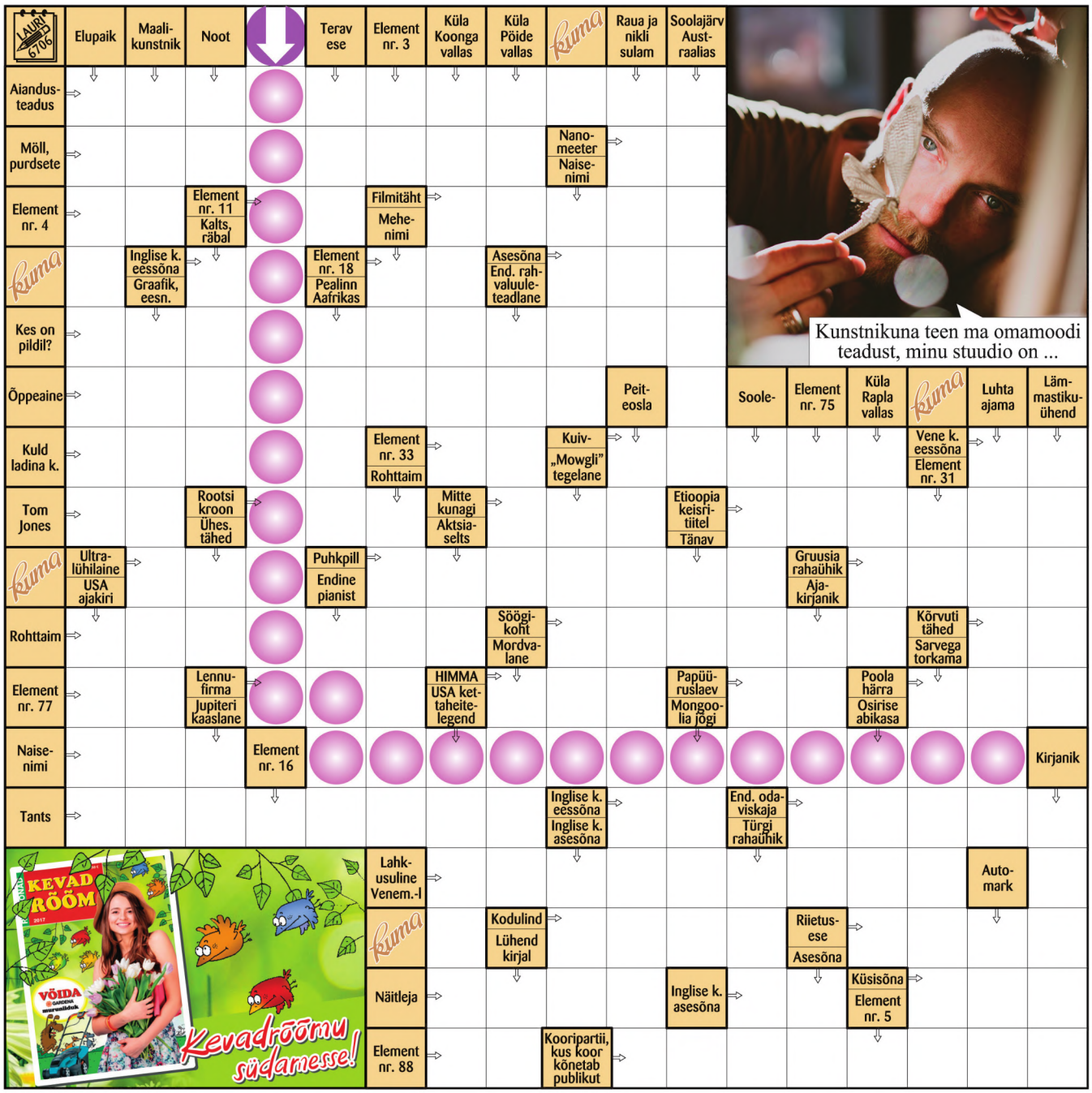
Esimese vooru ülesanded olid lihtsad. Igal ülesandel oli kaks alaülesannet; kumbki neist andis ühe punkti. Maksimaalsed 8 punkti teenisid Arne Hannus, Juhan Idnurm, Vladimir Jaanimägi, Aarne Kurjama, Toomas Lausmaa, Marko Orav, Allar Padari, Silver Rebenits, Meelis Reimets, Margot Sepp, Anti Sõlg, Kuldar Traks, Avo Tuterpal ja Kevin Väljas. Esimese vooru auhind läks loosiga **Marko Oravale**. Palju õnne!

Vooru võitja saab kingituseks raamatu sarjast „Looduse raamatukogu". Sarjas ilmunud raamatutega saab tutvuda www.loodusajakiri.ee ja eelistustest saab teada anda toimetuse telefonil 610 4105 või loodusajakiri@loodusajakiri.ee.

## Vaata veebilehelt

Tulemuste tabel on leitav www.loodusajakiri.ee ja Horisondi Facebooki seinalt.

➔ Vastuseid ootame aadressil horisont@horisont.ee või Endla 3, Tallinn 10122.



Lahendajate vahel läheb loosi „Kuma Kange" aastatellimus.
Eelmise ristsõna õige vastus „Augustis pikutasin korra maal tammede all ja teatasin Facebookis, et EI OSKA HETKEL MILLEGI ÜLE KURTA. Sain 90 laiki ja ja ise laikisin ka" viitab intervjuule Mait Metspaluga eelmise aasta viimases Horisondis.

Loosi tahtel sai „Kuma Kange" aastatellimuse MEERI KASESALU Tallinnast.

**Kõigil lahenduse saatjatel palume ära märkida ka selles numbris KÕIGE ENAM MEELDINUD KIRJUTIS!**

# Arva ära!

**LUGEJATE LEMMIK**
**eelmises numbris:**

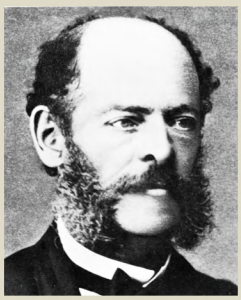
„Ilm ja kunst“, autor Ain Kallis.
Pole lugenud? Osta (e-)ajakiri e-poest
www.loodusajakiri.ee!

**1** Selle UNESCO maailmapärandi nimistusse kuuluva saare pikkus on umbes 120 kilomeetrit. Tegemist on maailma suurima liivasaarega. **Milline saar?**

**2** See linn on oma nime saanud jõe järgi. Mõnede arvestuste kohaselt asub linna lähistel Euroopa geograafiline keskpunkt. Aastail 1503–1522 ehitati linnamüür, milles oli 9 linnaväravat ja 3 torni. 1805 linnamüür lammutati ning järele jäi ainult fotol olev värav. Sellest hoolimata kuulub selle linna vanalinn UNESCO maailmapärandi nimistusse. **Mis linn?**

**3** See maailmapärandi nimistu objekt on tekkinud suurelt jaolt Triiase ajastul Tethyse ookeanis kasvanud korallide ehitatud korallrahudest. Oma nime sai ta ühe **mineraloogi järgi. Milline objekt?**

FOTOD: WIKIPEDIA



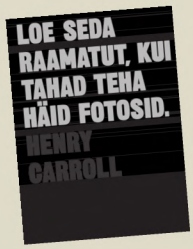
**4** 2016. aastal valmis küsitava objekti leidmisest rääkiv mängufilm. Seda objekti tutvustas laiemale üldsusele fotol olev harrastusteadlane, kelle tütar María Justina avastas 1879. aastal juhuslikult selle väärtuslikkuse. Kuna selle objekti külastamist on tulnud piirata, siis on massituristide jaoks ehitatud imitatsioon, mis asub originaalist mõnesaja meetri kaugusel. Originaali külastamise ooteaeg on umbes neli aastat. **Millisest objektist on jutt?**

**5** UNESCO vaimse kultuuripärandi nimekirja kuulub ka ühe saare nukuteatrite traditsioon, kus kasutatakse marionettnukke. See traditsioon sai alguse 13. sajandi esimesel poolel, kui saarel levis trubaduuride kultuur. **Millise saare nukuteatritest on jutt?**

**MÄLUSÄRU 1/2017 VASTUSED**

**1.** Jacob Jordaens
**2.** Mungo Park
**3.** Alice Imedemaal (AIWS sündroom)
**4.** Kurgkotkas ehk sekretärlind
**5.** Rudolf Wolf (Wolfi arv)

● Mälusäru auhinnaraamatu „Loe seda raamatut, kui tahad teha häid fotosid“ saavad loosi tahtel Silver Rebenits, Kätlin Luht ja Andres Raa.




**Jevgeni Nurmla, Indrek Salis**
mälumängurid

**VASTA JA VÕIDA RAAMAT!**
Vastanute vahel loosime välja kolm raamatut „Tehisintellekt. Loomadest ja masinatest“ kirjastuselt KOOLIBRI.

➔ Koos vastustega andke toimetusele teada ka selle numbri lemmiklugu.

**VASTUSEID**
ootame 15. aprilliks aadressil
Endla 3, Tallinn 10122
või horisont@horisont.ee.
NB! Vastuste juurde kirjutage auhinnaloosis osalemiseks kindlasti oma mobiiltelefoni number ja postiaadress.

**MÄLUSÄRU rubriiki toetab kirjastus Koolibri.**

KOOLIBRI

# 10 AASTAT SEIKLUSREISE!

| | |
|---|---|
| **JAANIPÄEV BAIKALI ÄÄRES** | 14.-25.06.2017 / 1590.- |
| **BAIKALI AVASTUSRETK** | 02.-09.08.2017 / 1390.- |
| **KAMTŠATKA LOODUSREIS** | 02.-13.08.2017 / 2990.- |
| **KAILAS KORA** | 07.-24.09.2017 / 3990.- |
| **GRUUSIA AVASTUSRETK** | 30.09.-07.10.2017 / 1090.- |
| **VIETNAMI MATKAREIS** | 06.-20.10.2017 / 2690.- |
| **PÕHJA-HISPAANIA AVASTUSRETK** | 19.-29.10.2017 / 1290.- |
| **ANNAPURNA MATK** | 14.10.-05.11.2017 / 2990.- |
| **PATAGOONIA SEIKLUSREIS** | 26.11.-08.12.2017 / 3390.- |
| **AASTAVAHETUS ARGENTINAS** | 28.12.-16.01.2018 / 4590.- |
| **AASTAVAHETUS HAWAIIL** | 28.12.-13.01.2018 / 4990.- |
| **MEHHIKO AVASTUSRETK** | 24.01.-11.02.2018 / 3390.- |
| **AAFRIKA SAFARI JA KILIMANJARO** | 13.-27.02.2018 / 4690.- |
| **ARGENTINA PARIMAD PALAD** | 20.02.-07.03.2018 / 3990.- |
| **BAIKAL, TOKYO JA AMEERIKA** | 19.05.-11.06.2018 / 4990.- |
| **RONGIREIS LÄBI SIBERI** | 01.-21.06.2018 / 2690.- |
| **80 PÄEVAGA ÜMBER MAAILMA** | 01.08.-19.10.2018 / 9900.- |

SANDBERG
REISID

tel 608 0869
Weizenbergi 20b, Tallinn
e-post info@sandberg.ee
www.sandberg.ee

RENAULT
Passion for life

# Renault CLIO
## PREMIUM eriseeria

Hind alates
**11890€**

Saadaval ka universaalkerega versioon
MediaNav multimeedia- ja navigatsioonisüsteem
Tehasegarantii 5 aastat või 100 000 km

**Hinna sees:** 7" puutetundliku ekraaniga multimeedia- ja navigatsioonisüsteem MediaNav, automaatne kliimaseade, esiistmete soojendus, Renault käed vabad võtmekaart, LED päevatuled, esiistmete vaheline käetugi, valgus- ja vihmasensor, tagumine parkimisabi, kiirusepiirajaga püsikiirusehoidik, elektrilised aknatõstukid esiustel, 16" valuveljed, „Look" pakett ja palju muud. Hinnad sisaldavad käibemaksu. Pilt on illustratiivne. Pakkumine kehtib, kuni kaupa jätkub. Keskmine kütusekulu 3,3-5,5 l/100 km, $CO_2$ emissioon 85-127 g/km.

Renault soovitab elf

abcmotors.ee

Abc Motors

**TALLINN:** Abc Motors AS - Paldiski mnt. 105, tel: 674 7700;
**PÄRNU:** Pereauto OÜ - Pärlimõisa tee 24, tel: 447 7300;
**VILJANDI:** Rael Autokeskus OÜ - Tallinna mnt. 97, tel: 433 0987;
**HAAPSALU:** Tradilo OÜ - Tallinna mnt. 73, tel: 473 1383;
**RAKVERE:** Wiru Auto OÜ - Kreutzwaldi 7, tel: 329 5560;