

EESTI
RAHVASTELIIDUS

SÜSINIKUVABA
ENERGIA PROOVIKIVI

VAKTSINEERIMISE
EELKÄIJA

horisont



RIIKLIKULT TUNNUSTATUD

TEADUSE
POPULARISEERIJA 2017

3 / 2021 ■ MAI-JUUNI ■ HIND 5.90 ■ 55. AASTAKÄIK

KASULIKUD MULLABAKTERID TAIMELT INIMESELE



LAVASTAJA IVAR PÖLLU ENDAST JA TEADUSEST
NÄRVIIMPULSI MATEMAATIKA



KUULDEAPARAADID.EE

Sest iga sõna on oluline.



Pakume Teile tasuta konsultatsiooni, paigaldust, kuulmisuuringuid ning soovi korral ka **12 kuud järelmaksu 0% intressiga**. Esindame üht maailma suurimat kuuldeaparaatide brändi GN Resound Taanist.

Broneeri aeg personaalsele ja turvalisele nõustamisele!

Leidke endale lähim kuulmiskeskus ja broneeri aeg tasuta konsultatsioonile kodulehel **kuuldeaparaadid.ee** või lihtsalt helistage meile lühinumbril **17800**.



Selle reklaami ettenäitamisel iga uue kuuldeaparaadi ostjale **tasuta 2 aastane varu patareisid** (120 patareid).

 **17800**

KIIRELT
vastuvõtule!

TASUTA
kuulmisuuring!

PARIMAD
aparaadid!

TALLINN Tulika 19 C, 2. korrus
Telefon: 53 011 529
Tallinn@kuuldeaparaadid.ee

TARTU Medita Kliinik
Teguri 37B, 2. korrus, kab 4
Telefon: 53 807 287
Tartu@kuuldeaparaadid.ee

NARVA Kereses keskus
Kereses 3, 3. korrus, kab 311
Telefon: 53 011 529
Narva@kuuldeaparaadid.ee

PÄRNU Ülejõe Tervisekeskus
Jannseni 7a
Telefon: 53 011 529
Parnu@kuuldeaparaadid.ee

Lasnamäe Medicum, Punane 61,
kab 344, 3. korrus,
Telefon: 53 011 529
Tallinn@kuuldeaparaadid.ee

RAKVERE
Tuleviku 1, kab 32
Telefon: 324 3253
Rakvere@kuuldeaparaadid.ee

VILJANDI Tervisekeskus, I korrus,
B korpus, sissepääs Turu tänavalt
Telefon: 433 3783
Viljandi@kuuldeaparaadid.ee

PAIDE AS Järvamaa Haigla
Tiigi 8, kab. 412
Telefon: 53 011 529
Paide@kuuldeaparaadid.ee

SELLES NUMBRIS

Ülar Allas **Variolatsioon, vaktsineerimise eelkäija** 10

Enne vaktsiini kasutuselevõttu oli variolatsioon levinud viis, mille abil inimesi rõugete eest kaitsta.

Mart Kuldkepp 26 **Eesti Vabariik astub maailmapoliitikasse: 100 aastat Eesti liitumisest Rahvasteliiduga**

Rahvasteliitu astumine oli omariikluse algusaastatel teiste riikide tunnustust otsinud Eestile igati loogiline samm: Rahvasteliitu saamine tähendas automaatselt diplomaatilist tunnustust riikidelt, kes olid hääletanud uue liikmesriigi liikmesuse poolt.

Krõõt Arbo 44 **Taimne toit kui vahelüli inimese ja mulla mikroobide vahel**

Toorest porgandit või ükskõik missugust taime või selle osa süües jõuavad meie kõhtu peale toitainete ja vitamiinide ka bakterid ning teised mikroorganismid: need on kasulikud taimedele ja võivad toetada meiegi tervist.

Jüri Engelbrecht, Kert Tamm ja Tanel Peets 48 **Närviimpulss ja matemaatika**

Närviimpulss on elektriline signaal, mille levi on väga oluline füsioloogiline protsess. Kuidas saab seda matemaatiliselt kirjeldada?



10

HORISONT KÜSIB

Intervjuu 18 **Rohepööre, energeetika proovikivi**

Tallinna tehnikaülikooli energia- tehnoloogia instituudi professori Alar Konistiga rääkis Horisondi peatoimetaja Ulvar Käärt.

Mina ja teadus 41 Lavastaja Ivar Põllu

SIIT- JA SEALPOOLT HORISONTI

Piret Pappel. Uus meetod 3
lubab kontrollida geenilüliteid

Piret Pappel. Kuju muutvad 6
makaronid aitavad energiat säästa

Sõnalugu 8
Jaamast ja vaksalist,
jõmpsikast pealekauba

Teine maailm 16
Loimurid

Sündmuste horisondil 32
Müüoni magnetmomendi
mõistatus ... kakskümmend aastat
hiljem

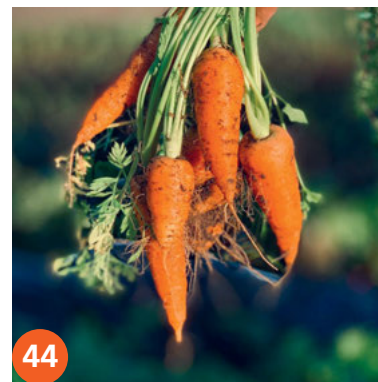
Ain Kallis. Ilm ja selle 34
parandajad

Harakale haigus 36
Saja aasta eest Kanadas

Dokument kõneleb 38
Tallinna naiskutsekooli õpilase
konspekt aastast 1922–1924

Bioloogiafilosoofia 42
Liigiprobleem

Kosmosekroonika 54
Luu-uurija leid 56
Kulunud liigesed



44



18

OLÜMPIAAD

Kaur Aare Saar, Mihkel Kree, 60
Oleg Košik
Kuidas noored kassisilmade
hõõgumist uurisid

PRAKTILIST

Raamat 58
Juhan Aru
Terviklikkuse toetuseks

Enigma 62
Leia kujundite pindalade suhe

Ristsõna 63

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



Helen Rohtmets-Aasa

Helen Rohtmets-Aasa, toimetaja
helen@horisont.ee

Käes on järjekordne koroonakevad, kuid sel korral võib tunneli lõpust juba valgust näha: erinevalt möödunud aastast on meil olemas COVID-19 vaktsiinid. Loodetavasti jõuab neid lähinädalatel Eestisse üha suuremal hulgal ja immuniseeritud inimeste osakaal kasvab peatselt tasemeni, mis lubab meil tavapärase elu juurde naasta.

Tänu vaktsiinidele oleme praegu võrreldamatult paremas olukorras kui meie esivanemad veel mõnesaja aasta eest. Toona ei jäänud ohtlike nakkushaiguste pidevates puhangutes üle palju muud kui heale õnnele loota. Vaktsiinide kasutuselevõtt on kahtlemata üks meditsiiniajaloo silmapaistvaimaid saavutusi, mis on aidanud säästa miljoneid elusid ja ühe ohtliku nakkushaiguse, nimelt inimkonda aastatuhandeid kimbutanud rõuged, koguni välja juurida. Võimalikuks sai selline edulugu paljuski tänu inglise arstile Edward Jennerile, kes lõi 1796. aastal rõugevaktsiini, seda põhjalikult katsetas ja tulemusi kaks aastat hiljem välja antud raamatus ka laiemale avalikkusele tutvustas.

Jenneri töö ei tekkinud siiski tühjale kohale. Vaktsineerimisel oli eelkäija – variolatsioon, millest teeb Horisondi kevadnumbris lähemalt juttu molekulaarbioloog Ülar Allas. Nagu selgub, poogiti variolatsiooni käigus patsientidele rõugehaige villidest saadud materjali, et nad tõbe kergel kujul läbi põdedes selle vastu immuunseks muutuks. 18. sajandi keskpaiku hakati seda idamaadest pärit meetodit kasutama ka Eesti- ja Liivimaal. Ehkki selline rõugepanek päästis arvukalt elusid, haigestus osa nakatatutest siiski raskelt ja suri. Pole siis ime, et Jenneri juurutatud märksa ohutum meetod – kasutada rõugete vastu immuniseerimisel hoopiski veiserõugete lima – variolatsiooni lühikese ajaga kõrvalde tõrjus. Eestis hakati rõugete vastu vaktsineerima 19. sajandi hakul. Täielikult suudeti rõugeepideemiatega siinmail piir panna aga juba iseseisvas Eesti Vabariigis 1920. aastate lõpul.

Eesti riigi iseseisvaks kuulutamine ja sellele vahetult järgnenud sündmused on saanud Eesti Vabariigi hiljutise juubeli tõttu omajagu tähelepanu. Küll on sel aastal põhjust tähistada veel üht märgilist sündmust Eesti ajaloos: 22. septembril möödub sada aastat päevast, mil Eestist sai tähtsaima omaaegse rahvusvahelise organisatsiooni, Rahvasteliidu liige.

Eesti välispoliitikale langes algusest peale osaks tänamatu ülesanne: kindlustada ambitsioonika Venemaa kõrval asuva väikeriigi julgeolek ja tagada talle kindel koht rahvusvahelisel areenil. Rahvasteliidu liikmesus näis pakkuvat selleks suurepärase võimalust: liidu põhikiri sisaldas sätet, mis lubas käsitleda kallaletungi ühe Rahvasteliidu liikme vastu rünnakuna kõigi liikmesriikide vastu. Ehkki Eesti lootused Rahvasteliidu kaudu oma julgeolekut kindlustada olid määratud läbi kukkuma, ei saa liikmesuse tähtsust Eestile siiski alahinnata. Sellest, kuidas Eesti saja aasta eest maailmapoliitikasse astus ja selles osales, saab lähemalt lugeda ajaloolase Mart Kuldkepi artiklist.

Värskes Horisondis on vaatluse all veel palju muud huvitavat ja silmapiiri avardavat. Nii nagu looduses on kevad tärkamise aeg, saab ka Horisondi kevadnumbris alguse kaks uut lühiartiklite sarja, millest esimene käsitleb Eesti toidukultuuri ajalugu ning teine juhatab meid bioloogiafilosoofiasse, arutades rubriigi avaloos bioloogiliste liikide määramise probleeme. Ajakirja kaaneloos saab aga kinnitust arusaam, et varases lapsepõlves tasub oma immuunsüsteemi arengu huvides mullas tuhnida, mis kõigi laste meele kindlasti rõõmsaks teeb. Kuniks lapsed mullas tuhnivad, tasub vane matel aga uut Horisonti lugeda.

Head lugemist ja püsigem terved! •

ESIKAANE foto: VIDA PRESS / ALAMY



EESTI
TEADUSTE AKADEEMIA

horisont



Ulvar Käär, peatoimetaja
ulvar@horisont.ee

Helen Rohtmets-Aasa, toimetaja
helen@horisont.ee
Monika Salo, keeletimetaja
monika.salo@loodusajakiri.ee
Kersti Tormis, kujundaja
kersti@horisont.ee
Mariliis Kesküla, turundusjuht
mariliis@loodusajakiri.ee

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

Tellimine: 617 7717,
www.tellimine.ee

Ilmub aastast 1967, 6 numbrit aastas.
Toimetus: Endla 3, 10122 Tallinn
tel 610 4105
e-post: horisont@horisont.ee
Vaata ka Horisondi seina Facebookis!

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

ISSN 2228-3471 (e-luger)
Autoriõigus: MTÜ Loodusajakiri, 2021
Trükinud Printall AS



HARIDUS- JA
TEADUSMINISTEERIUM

Ajakiri ilmub
haridus- ja teadusministeeriumi
toetusel

Uus meetod lubab kontrollida geenilüliteid

Uus geenilülite kontrollimeetod töötab muuta epigeneetika uurijate elu ja arendada uusi raviviise.

Viimastel aastatel palju kõneainet andnud CRISPR/Cas9 tehnoloogia loojad Emmanuelle Charpentier ja Jennifer A. Doudna hinnati mullu Nobeli keemiaauhinna vääriliseks. Bakteritelt pärit süsteem lubab DNA-d lõigata väga täpselt ja muuta DNA-järjestust inimesele sobival moel. See põhineb DNA kordusjärjestustel ja pärilikkusainet lõikaval ensüümil.

DNA on samas ülioluline molekul ja selle parandamiseks on rakus arvukalt keerulisi mehhanisme. Seetõttu võib geenikäärde kasutamisel mõnikord olla ootamatuid tagajärgi. Geenidega manipuleerimiseks tasub otsida selliseid viise, kus DNA-d ei lõigata, vaid tehakse vajalik geen (või geenid) hoopis nii-öelda loetamatuks ja neilt ei saa enam infot kätte.

Ajakirjas Cell ilmunud uurimuses kirjeldavadki USA teadlased uut CRISPR-i põhjal loodud meetodit CRISPROff, mis jätab DNA-järjestuse muutmata ja hoopis vaigistab geenid. CRISPR-i puhul pruugitav endonukleas ehk DNA-d lõikav ensüüm Cas-9 on nüüd asendatud DNA-metülaasiga. See valk lisab DNA-le metüülrühma (–CH₃). Metüülrühma lisamine on üks peamine viis geene vaigistada. Metüülrühmi saab ka eemaldada, see paneb geenid taas tööle.

Autorid on näidanud, et nende geenilülitusmeetod toimib eri rakuliinidel. Näiteks suutsid nad vaigistada tau-valgu tootmise. Selle enamasti neuronites leiduva fosfoproteiini suurenenud hulk viitab Alzheimeri tõve tekkele. Eri haiguste raviks tuleb loomulikult välja töötada geenilülite koespetsiifiline muster ja see võtab aega.

Tüvirakkudesse programmeeritud vaigistusmuster säilib katsete põhjal ka siis, kui rakud on eristunud ja hakanud oma kindlat rolli etendama. See annab lootust, et CRISPROffi alusel saab arendada geeniteraapiaid pärilike haiguste raviks. Samuti on võimalik geenid hiljem jälle sisse lülitada.

Tüvirakkudesse programmeeritud vaigistusmuster säilib katsete põhjal ka siis, kui rakud on eristunud ja hakanud oma kindlat rolli etendama. See annab lootust, et CRISPROffi alusel saab arendada geeniteraapiaid pärilike haiguste raviks.



Korraga saab vaigistada palju eri geene ja ootamatul kombel ka selliseid, milles pole CpG-saari. Need on DNA-piirkonnad, kus on palju tsütosiini-guaaniini-järjestusi. Siiani on bioloogias valitsenud teadmine, et just sellised alad on vajalikud, et geene saaks vaid metüülrühma lisades loetamatuks muuta.

Elusolendi pärilikud tunnused määrab tema DNA-järjestus, kuid on üha selgem, et ka genoomivälistel ehk epigeneetilistel muutustel on tähtis roll. Epigeneetiliste muutuste korral jääb DNA-ahela järjestus samaks, kuid muutub geenide sisse ja välja lülitamise muster.

See omakorda võib põhjustada nii

kasvajaid kui ka teisi haigusi. Ka epigeneetilisi muutusi peaks uue meetodi abil olema hõlpsam uurida. Nii saab jälgida, milline on genoomiväliste muutuste mõju ja kas need päranduvad edasi.

Tartu ülikooli rakubioloogia professor Toivo Maimets tõdes hiljutist uuringut kommenteerides, et selles kirjeldatud CRISPR/Cas-tehnoloogia edasiarendus on tähelepanuväärne. „See võimaldab küsida seni vastuseta küsimusi geenide rolli kohta tunnuste kujundamises ja tunnuste põlvkondadevahelises edasikandumises. Samuti on juba sellest tööst näha mitmeid uudiseid – näiteks CpG-motiivide seni arvatust väiksem roll metülatatsioonil ja geenide vaigistamisel –, mis muudavad meie seniseid ettekujutusi geenide regulatsioonist,“ sõnas Maimets.

 Piret Pappel

HORISONT KIRJUTAS

50 AASTAT
TAGASI



HORISONT 5/1971, LK 41

Füüsika-matemaatikakandidaat Aare Koppel arutleb matemaatilise mõtte jõu üle:

„Teadusharude süvenev matematiseerumine on arengu loomulik tulemus, otsene järelalus inimliku tunnetuse üha sügavamale ja kaugemale ulatuvast haardest, tunnetuse jõudmisest järjest kõrgemale

abstraktsioonitasemele. Kui mingis teadusharus on kogunenud juba küllalt palju täpseid fakte ja on välja kujunenud matemaatilist käsitlust võimaldavate selgepiiriliste mõistete süsteem, siis saab antud teadusharu meetodite hulka võtta ka matemaatilise aparadi. „Seosed ja seaduspärasused leiavad oma väljenduse valemite ja võrrandite sümbolika tingkeeles ning tulemuste ebakindel etteaimamine asendub täpse matemaatilise arvutusega.“ (V. Palm)“.



HORISONT 5/1981, LK 8

Akadeemik Ilmar Öpik meenutab Eesti põlevkivi-elektrijaamade hiilgeaegu:

„Kümnendal viisaastakul töötasid nii Balti kui Eesti elektrijaam baaskoormuse režiimil väga edukalt (kütust põletati kakskümmend viis miljonit tonni aastas, elektrienergiat 19,5 miljardit kWh). See

tähendab, nagu oleks kumbki jaam töötanud aasta 8760 tunnist täisvõimsusega rohkem kui kuus tuhat tundi. Küllalt hea näitaja praegusaja soojuselektrijaamade puhul!

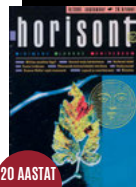
Suurem osa Eesti põlevkivist läheb kütuseks. Näiteks aastail 1978–1980 kulutati 30–32 miljonit tonni põlevkivi aastas, sellest 25–27 miljonit tonni põletati elektrijaamades. Toodetud elektrienergia üks kilovatt-tund maksab Eesti soojuselektrijaamas 0,686 kopikat, Balti omas 0,824 kopikat“.



HORISONT 5/1991, LK 8-9

Zooloog Uudo Timm tutvustab lendoravat kui hämaras tegutsevat haruldust:

„Lendorav (*Pteromys volans*) on orava sarnane, kuid temast väiksem närliline. Suured mustad silmad, ees- ja tagajalgade vahel leiduv nahavolt, mis lahti sirutatult võimaldab loomal liuelda puult puule, ning pikk ja lapik saba, mis aitab ronimisel tasakaalu hoida ja hüpetel lennusuunda tüürida, on tema iseloomulikud tunnused. Lendorava kasukas on hästi pehme, aastaringselt hall, pruunika või musta kirmega, mistõttu ta sulab hästi kokku puude, eriti haava koore värvusega“.



HORISONT 4/2001, LK 8

Tehnikateadlane Jüri Krustok kirjeldab maailmalõpu stsenaariumide hulgas ka võimalike tulnukatega seotud ohte:

„Seni pole küll ühtegi tõendit, et mingi tsivilisatsioon peale meie veel universumis eksisteerib. Kuid tõenäoliselt siiski mõni selline on. Pole küll mingit alust arvata, et see võõras tsivilisatsioon peaks meie suhtes vaenulikul meelestatud olema, kuid neile võivad hakata meeldima näiteks Maa loodusvarad. Ja kui me püüame neid mingil moel takistada, siis võidakse meid eemale peletada nagu segavaid herilasi. Äärmisel juhul võidakse meid ka hävitada“.

Kanep kipub üha nooremate tervise kallale



UNSPLASH

Kogu maailmas, sealhulgas Eestis, kasutatakse meelelahutuslikul eesmärgil aina rohkem kanepit. Tartu ülikooli (TÜ) meditsiiniteadlaste uuringu järgi pruugitakse Eestis kanepit esimest korda üha nooremates vanuserühmades.

Uuringus, kus osales 4922 Eesti inimest, hinnati kanepi tarvitamist 16–45-aastaste seas ning analüüsiti, kas ja mil määral erinevad kanepi tarvitajate ja mittetarvitajate psühhopatoloogilised sümptomid. Osalejatest oli elu jooksul kanepit kasutanud 43% ning esimest korda keskmiselt 17–18 aasta vanuselt. Samas viitavad tulemused selgelt suundumusele, et esimest korda proovitakse kanepit üha noorem eas: juba enne 16. eluaastat. „Küsitluses osalenud 16-aastastest kanepitarvitajatest oli 13. eluaastaks uimastit proovinud 14,6% ja enne 16. eluaastat 68%. Need on tähelepanuväärselt suured osakaalud, arvestades kanepis leiduva tetrahydrokannabinoolhappe ebasoodsat mõju küpsemisjärgus oleva aju toimimisele,“ nendib psühhiaatria kaasprofessor Liina Haring.

Füsioloogiaprofessor Eero Vasar tõdeb, et kanepi sage ja rohke kasutamine muudab organismis mitut põhiprotsessi ja vallandab pöördumatu tervisekahju. Aju arengu seisukohalt on äärmiselt kriitiline eluiga kuni noore täiskasvanueani. „Ümber viieaastaselt algab ajukoore kuklasagaras protsess, mis jõuab 20-aastastel välja otsmikusagarasse ja mille tulemusena jääb ajukoor õhemaks. Öhenemise eesmärk on moodustada normaalsed närviringid. Kui astume sel kriitilisel perioodil vahele väliste mõjutajatega, nagu kanep, võivad inimesel kujuneda tõsised häired,“ selgitab Vasar.

Epidemioloogilised uuringud on veenvalt kinnitanud, et kanepi tarvitamine noores eas suurendab vastuvõtlikkust skisofreeniaspektri häiretele ja soodustab esmaste psühhosiilmingute teket. Peale selle võivad pidevalt kanepit pruukivate inimeste ajus tekkida muutused, mis võivad põhjustada emotsionaalseid ja kognitiivseid häireid. TÜ teadlaste uuring on kooskõlas varasemate uuringutega, mille põhjal kogevad kanepitarvitajad sagedamini depressiivsust, unehäireid, motiivatsiooni puudumist ning taju- ja mõttekäiguhäireid.

Uuringute järgi on kanepitooteid tarvitavatel noortel 1,4 korda suurem tõenäosus haigestuda depressiooni, neil tekib 1,5 korda sagedamini suitsiidimõtteid ja suitsiidikatsed on 3,5 korda tõenäolisem kui noortel, kes ei tarvita kanepit. Ühtlasi näitavad teadusuuringud, et ligi üheksast protsendist elu jooksul kanepit proovinutest saavad kanepi igapäevases tarbijad ning 30 protsendil neist, kes on viimase aasta jooksul tarbinud suure tetrahydrokannabinooli sisaldusega tooteid, võib kujuneda kanepisõltuvus. „Selle tõenäosus on neli kuni seitse korda suurem inimestel, kes on neid tooteid hakanud tarvitama enne 18. eluaastat, võrreldes nendega, kes on seda teinud täiskasvanueas,“ lisab psühhiaatria kaasprofessor Liina Haring.

Teadlased tõdesid, et kanepi ulatuslikumat tarvitamist meelelahutuslikul eesmärgil on soodustanud levinud väärarusaam selle ohutusest, sestap tuleb seda juurdunud vääruskumust eeskätt noorte hulgas süvitsi kummutada. •

Tartu ülikool / Horisont

Digitaalse kaksikuga juhitud logistikarobot Boxbot

TTÜ



Tallinna tehnikaülikool (TTÜ) tutvustas mai algul koostöös Kulinaaria OÜ-ga loodud uut logistikarobotit Boxbot, mis on vanemast prototüübist veelgi nutikam. Ladudes ja tehastes iseseisvalt kaupu liigutav robot on varasemast suurema kandevõimega ning digitaalse kaksiku abil saab seda juhtida eemalt. „Sel ajal kui mobiilne logistikarobot Boxbot toimetab Lasnamäel Kulinaaria OÜ tehases, saab teadlane tehnikaülikoolis virtuaalreaalsuse prillid pähe panna ning sõidukilt nutirakenduse abil juhtimise üle võtta,“ kirjeldab Tallinna tehnikaülikooli tööstustehnika professor Kristo Karjust. „Sisuliselt on see nagu raadio teel juhitud mudelauto, kuid ühendus toimub mobiilsidevõrgu kaudu.“

Boxbot oskab siseruumides iseseisvalt navigeerida, ta ei vaja töötamiseks kindlat ja suletud keskkonda. Masin suudab orienteeruda ka muutuvais ruumis, kus liiguvad inimesed, masinad ja vahetub kaupade asukoht. Õigupoolest on logistikarobot nagu väike laotõstuk, mis jaksab korraga vedada kuni 100 kg kaupa. Ettenähtud punktist A sõidab Boxbot valmis pandud raami alla, tõstab selle koos vajaliku toormaterjali või toodetega üles ning viib iseseisvalt punkti B.

75 cm pikkune ja 34 cm laiune Boxbot võib liikuda kiirusega kuni 2 m/s, masin saab ühe akulaadimisega töötada vähemalt kuus tundi.

„Keerukaks teeb roboti asjaolu, et selle töö käib siseruumides, kus pole GPS-seadmete positsioneerimise kasutamise võimalust, vaid masinal tuleb tunda ruumi ja Lidari abil tuvastada takistused, et neist õigesti mööda põigata,“ selgitab Karjust.

Tulevikus tahavad TTÜ insenerid luua Boxboti prototüübi alusel täielikult töövalmis logistikaroboti. Pildil valmistub Boxbot Kulinaaria OÜ tehases vedama kastikoormat. •

Tallinna tehnikaülikool / Horisont

S
SUPER
SOCO

ELEKTRIROLLER SUPER SOCO CPx ON KOHAL!



<https://supersoco.ee>

Kuju muutvad makaronid aitavad energiat säästa



PIXABAY

Itaalia köök on kuulus üle 300 makaronisordi poolest. Olgu see lipsukesi või liblikaid meenutav farfalle, pikad ja peenikesed spagetid või teokarbimakaronid, igaüks peaks leidma midagi oma roa jaoks sobivat. Pisemad makaronid sobivad supi sisse, suuremate juurde valitakse sobiva konsistentsiga kaste. Paraku võtavad kogukamad pastatooted rohkem ruumi ja nende jaoks on vaja suuremat pakendit.

USA Carnegie Melloni ülikooli arvutiteadlased töötavad välja lamedaid makarone, mis võtaks tuttava kuju alles keetmise ajal. Selleks pressitakse nisujahust ja veest tehtud tainalehtedele arvukalt tillukesi vagusid ja sooni. Muster on hoolikalt paika pandud, arvestades, et makaroni vagudega külg paisub vähem kui täiesti sile külg. Keetmise ajal imab tainas vett, pundub ja makaronid võtavad juba tuttava kuju.

Tavapärastelt segatakse makaroniteoks

Uut tüüpi makarontooted säästavad ka pakendimaterjali.

jahu ja vesi, tainas sõtkutakse ja rullitakse õhukesteks lehtedeks. Need omakorda lõigatakse ribadeks või pruugitakse vormi andmiseks erilise kujuga pressi. Uurimistöö tarbeks kasutatakse samuti traditsioonilist nisujahust ja veest koosnevat tainaretsepti, kuid lisaks on loodud põhjalikud arvutimudelid, mis ennustavad, kuidas käituvad tainas olevad tärgliseterakesed ja valgud kuumuse ning vee mõjul.

Uudne roog näeb igati tavapärane välja, samuti maitsevad sellised makaronid täpselt nii nagu tavalised. Vähemalt väidavad seda uurimisrühma liikmed ja nende tuttavad, kes on laborimakarone kodus proovinud ja neid matkalegi kaasa võtnud.

Ometi on uudistootel traditsiooniliste makaronide ees mitu eelist. Uut tüüpi makarontooted säästavad pakendimaterjali. See on teretunud uuendus, kuna kogunevad pakendijäätmed ja nende töötlemine on aina suurem probleem. Lamedaid makaronilehti on kergem transportida, sest neid mahub rohkem kaubaalustele, lattu ja poeriulile. Idee selliseid makarone toota ongi pärit

mööblitööstusest, kus riiuleid, kappe ja muid suuri esemeid müüakse lahti võetult ja ostja paneb need alles kodus kokku.

Samuti on makarone võimalik kujundada sellisel moel, et need keeksid kiiremini ja aitaksid energiat säästa. Väidetavalt vabaneb ligi üks protsent kõikidest Itaalias vabanevatest kasvuhoonegaasidest just makaronide keetmisel.

Uudse makaronitehnoloogia põhimõtted on avaldatud ajakirja Science Advances mainumbris. Samalaadsel moel saab muuta iga pundumisvõimelise materjali kuju. Uurimisrühm on juba näidanud, et samaviisi saab kujundada ränipolümeeri polüdimetüülsiloksaan lehti. Nii võib kõigist alguse saanud uurimistööst olla palju kasu ka pehmete robotite ja meditsiini-seadmete ehitamisel.

Ja ka makaroniuuringud pole veel lõppenud. Siiani pole suudetud luua sugugi mitte kõiki keetmisel tekkivaid mustreid, mida soovitakse. Uurijad avastasid, et ruumiline kuju tekib ja säilib kõige paremini siis, kui makarone keedetakse lühemat aega. Seega saavad novaatorlikke makarontooteid vähemalt esialgu nautida need, kes eelistavad neid süüa *al dente* ehk poolkövalt. •

Piret Pappel

reolink



Päikesepaneel
komplektis

Reolink GO PT 4G akuga valvekaamera

- 100% juhtmevaba
- 1080p Full HD
- 4G Mobiilne andmeside
- Laetav aku
- Pöörav ja kallutav
- Päikesepaneel

Jaamast ja vaksalist, jõmpsikast pealekauba

Sõna jaam on tänapäeval üldtuntud ja seda tarvitatakse mitmes seoses. Räägitakse raudteejaamast, bussijaamast ja lennujaamast, aga ka ilmajaamast, orbitaaljaamast, raadiojaamast, saatejaamast, sordiaretusjaamast jne.

Esimeses tähenduses on *jaam* rongi, ent ka muu liiklusvahendi siht-, väljumis- ja peatuskoht, teises tähenduses mingi spetsiaalne asutus või tehniliste seadmete kompleks. Sellised liitsõnad on sageli tõlkelaenu, kus jaama on kasutatud vene *станция* vastena.

Sõna tähendus on aja jooksul laienenud. Esialgu tähendas *jaam* hobupostijaama. Teatava tõenäosusega võib oletada, et see sõna tuli eesti keelde 18. sajandi algul. Niisuguseks oletuseks annab alust asjaolu, et ta leidub niihästi S. H. Vestringi käsikirjalises eesti-saksa sõnaraamatus, mis koostati ajavahemikus 1710–1730, kui ka lõunaeeesti keeletarvitust kajastavas J. Ch. Clare käsikirjalises eesti-saksa sõnaraamatus, mis on dateeritud 1730. aastaga. 17. sajandi eesti keele käsiraamatutest see sõna puudub.

Eesti *jaam* on laenatud vene sõnast *ям*, mis tähendab postijaama. Erinevalt eesti sõnast pole see uusi tähendusi omandanud ning on praegusajal käibelt kõrvale jäänud. Vene *ям* on omakorda laenatud turgi keeltest (vrd nt türgi, uiguuri, tšagatai *jam* 'postijaam, postihobused') ja sinna tõenäoliselt mongolilt (vrd mongoli *зам* 'postijaam; maantee'). Hiina keeleteadlase Jingyi Gao

väitel on mongoli sõna laenatud hiina keelest, kus ta leidub juba 1008. aastaga dateeritavas sõnaraamatus.

Sõnaga *ям* on vene keeles seotud sõna *ямщик* 'postipoiss'. Huno Rätsep on esitanud vaimuka etümoloogia, mille järgi võiks sellest sõnast lähtuda eesti üldtuntud *jõmpsikas*. Sellele mõttele on viinud ilmselt võrdlus aunusekarjala sõnaga *jamššiekku* 'küüdimees; vallatu poiss' ~ *jemššiekku* 'vallatu poiss'. See seletus pole siiski üldist tunnustust leidnud, murdematerjal näib pigem osutavat seosele sõnadega *jupp* ~ *jump* ~ *jõmp*.

19. sajandil hakkas postihobuseid asendama rong ning postijaama raudteejaam ehk *vaksal*. Eesti ajakirjandusse näib see sõna olevat jõudnud 1870. aastail ja seegi on vene keelest laenatud. Vene *вокзал* tähendab eelkõige raudteejaama, ülekantult ka muid liikluse sõlmpunkte (*речной вокзал* 'jõe- ja jõevaksal', *автовокзал* 'bussijaam' jne), aga vene sõna algne tähendus pole 'raudteejaam', vaid 'peo- ja kontserdiaed, lõbustuskoht'. Raudteejaamale kandus see üle seetõttu, et Peterburi–Pavlovski raudtee sihtpunkt oli ühtlasi armastatud lõbustuskoht, kus korraldati peenemale seltskonnale kontserte ja pakuti muudki meelelahutust. Ungari lingvist ja etno-

graaf Pál Hunfalvy on oma reisikirjas „Reis Läänemere provintides“ (1869) kirjutanud: „Pavlovsk on muuseas ka Peterburi elanike lõbustuspaigaks. Siin asub *vauxhall* koos restorani ja aiaga. Suvel toimuvad seal kontserdid mitu korda nädalas öhtul kella seitsmest üheleiskümneni. [...] Peterburi publikut toob ja viib Tsarskoje Selo raudtee“.

Vene sõna alus on inglise kohanimi Vauxhall. Praegu jääb Vauxhall juba Londoni piiridesse, varem oli see mõisapargis asuva lustaiaga populaarne koht Londoni lähedal, kus linlased käisid meelt lahutamas: kontserte kuulamas, tantsimas, kaarte mängimas jne. Siit lähtubki algne lõbustuskoha nimetus vene keeles.

Kust aega pärineb kohanimi Vauxhall, selle kohta lähevad seletused lahku. Vene etümoloogiasõnaraamatute väitel lähtuvat see mõisa kunagise omaniku, rikka leskproua Jane Vauxi nimest: proua hakanud 17. sajandil mõisaparki ehitatud hoones peenemale seltskonnale kontserte korraldama. See seletus ei pea ilmselt paika, kuna kohanime on kirja pandud märksa varem. Inglise allikate järgi on see kujunenud juba 13. sajandil kuninga John Maata palgasõdurite pealiku Falkes de Bréauté (ka Fawkes de Bréauté, Fulk de Brent) nimest: tal oli neil maadel maja, mida nimetati Faulke's Hall. Hiljem on sellest saanud Foxhall ja veel hiljem Vauxhall. •

✍ **Udo Uiibo**, keelemees



Tartu vaksal 1938. aastal

DIGAR

Spordikell annab märku vaimsest või füüsilisest väsimusest



Tallinna tehnikaülikooli IT-teaduskonna doktorant Ardo Allik töötab tervise- tehnoloogiate instituudis välja meetodit, millega saaks füsioloogiliste signaalide põhjal hinnata inimese füüsilist väsimust. Uudset lahendust on võimalik hakata kasutama eri valdkondades, rakendades seda näiteks aktiivsusmonitorides ja spordikellades.

Alliku sõnul on selline väsimuse hindamise moodus väga oodatud, kuna väsimus vähendab nii füüsilist kui ka vaimset suutlikkust, suurendades tööõnnetuste ja spordivigastuste riski. Kuna väsimuse mõju ei avaldu kõigil ühtemoodi, on keeruline leida eri näitajate komplekti, mis tuvastaks väsimuse kõigil kasutajatel samasuguse kindlusega. „Praeguseks on välja töötatud ning läbi viidud põhjalik katseseeria, mille tulemuste põhjal on paika pandud peamised sobilikud väsimuse märgid. Nende tulemuste põhjal on võimalik hinnata füüsilist väsimust reaajas, ühtlasi määrata füüsilist väsimust seadmetega, mille kandmine ei valmista kasutajale ebamugavust ja millelt kasutaja saab pidevalt tagasisidet enda seisundi kohta,“ sõnab Allik. See tähendab, et kasutajad saavad tulevikus oma seisundi kohta rohkem teavet ning seeläbi oskavad nad väsimuse korral teha enda huvides teadlikumaid otsuseid. •

Tallinna tehnikaülikool / Horisont

Probiotikumidega nahahaiguste vastu



Praegusajal on toiduaine- tööstuses muutunud iga- päevaseks probiootikumi- de tarvitust, ent nende rakendamine nahahool- dustoodetes on tule- vikusuund. Tartu üli- kooli (TÜ) teadlased töötavad välja probiooti- list nahatoodet, mis aitaks haige naha mikrobioota parandamise kaudu leeven- dada atoopilise dermatiidi ja akne sümptomeid.

Teadaolevalt toimuvad atoopilise dermatiidi ja akne korral naha mikrobiootas muutused. Probiootilised tooted aitaksid tagada naha normaalse mikroobikoosluse. Nii võiksid probiootilist nahatoodet kasutades väheneda nende kahe nahahaiguse tüsistused ning haigusnähud nõrgeneda või sootuks kaduda.

„Probiootiliste bakterite ainevahetusproduktid, näiteks piimhape, muudavad naha happelisemaks ja patogeensetele põletikku tekitavatele mikroobidele ebasoodsamaks,“ selgitab TÜ meditsiinilise mikrobioloogia teadur Imbi Smidt probiootikumide toimet.

Probiootilise nahatoote tarbeks kasutavad teadlased kolme probiootiliste omadustega laktobatsilli tüve, millel on vastu- mõju akne ja atoopilise dermatiidi tekitajatele, ning probiooti- kumide kandjatena kolme juba varem välja töötatud naha- hooldustoodet. •

Tartu ülikool / Horisont

www.KL24.ee

www.helmic.ee

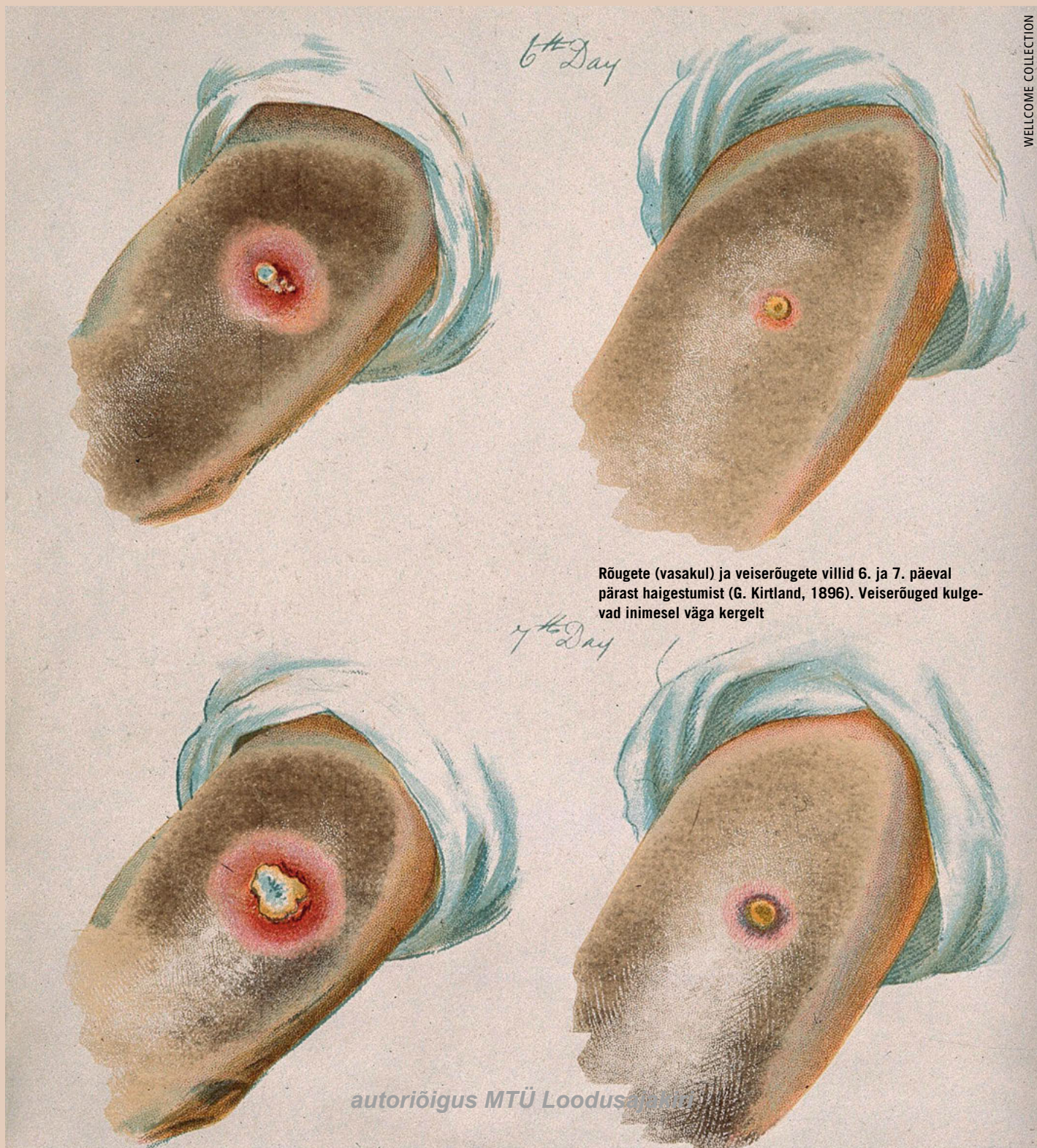
USKUMATUD TÕSIASJAD, VÕRRATUD PISIASJAD

Kangad, lõngad, pärlid, tööriistad, niidid,
lukud, pandlad, paelad, pitsid, nõöbid ... –
kokku üle 120 000 toote

Otse maaletootajalt Karnaluks OÜ laos,
Hermanni 1, C-trepikoda, Tallinn
KÄSITÖÖSÖBRA KAUBAMAJA 24H SINU ARVUTIS

ÜLAR ALLAS

VARIOLATSIOON, VAKTSINEERIMISE EELKÄIJA



Juba sajandeid tagasi teati, et rõugeid põdenud inimesed nakatuvad uuesti samasse haigusse üksnes haruharva. Kui siiski nakatuti, kulges tõbi kergelt, raskete tagajärgedeta. Sellest tähelepanekust sündis idee, et inimesi on võimalik muuta rõugete vastu immuunseks, kui neid rõugetesse nakatada! Niisugust kaitsetehnikat nimetati 18. sajandil Euroopas inokulatsiooniks ja seejärel variolatsiooniks (tuleneb sõnast *variola*, mis tähendab ladina keeles rõugeid).

Eenne vaktsiini kasutuselevõttu oli variolatsioon levinuim viis, mille abil inimesi rõugete eest kaitsta. Variolatsioon käigus nakatati immuniseeritavat isikut rõugehaige villidest kogutud materjaliga. Sellega kutsuti patsiendil esile rõugeinfektsioon, mis enamasti kulges suhteliselt leebelt. Variolatsiooniga ajendati immuunsüsteemi viiruse vastu antikehi tootma. Lõpuks sai organism nakkusest jagu ning muutus edaspidi rõugete vastu immuunseks.

1796. aastal hakkas Edward Jenner kasutama rõugete vastu immuniseerimisel inimese rõugeviiruse asemel veiserõugete lima. Selline meetod ristiti vaktsineerimiseks (tuleneb sõnast *vacca*, mis tähendab ladina keeles lehma). Kuna vaktsineerimise korral puudus võimalus, et vaktsiini saanud inimene rõugetesse haigestub või haigust levitab, oli see märksa ohutum kui variolatsioon.

Varioleerimine pärineb idamaadest

Osmanite kroonikute väitel leiutati variolatsioon araabia maades. Samuti on võimalik, et see meetod sündis Hiinas ning levis sealt Indiasse ja Pärsiasse. Hiinas tunti variolatsiooni kindlasti juba keiser Longqingi valitsusajal (1567–1572).

Hiinas varioleeriti ninasõõrmete kaudu. Rõugehaigete nahalt kraabiti kärnasid ja lasti neil kuivada. Selleks et ohtlikkust vähendada, kärnu aurutati. Seejärel jahvatati need pulbriks ja sisestati puhkpüssi abil ninasõõrmesse. Teadaolevalt prooviti nina kaudu varioleerida korra ka Inglismaal, kuid eksperimenti ei korratud, sest patsient sai selle tagajärjel tugeva peavalu.

1731. aastal kirjutas arst Robert Coult, et India braahmanitel on vario-

latsiooni tarbeks oma meetod: terav raudnõel pisteti rõugevilli ja seejärel torgiti sellega mitu korda patsiendi õlavart. Coult märkis, et selline menetlus olevat ligemale 150 aastat vana.

Mary Montagu toob varioleerimise Inglismaale

Variolatsiooni levimise Euroopas andis suure panuse kirjanik, poeet ja üks oma aja värvikamaid naisi Inglismaal leedi Mary Montagu. 1713. aastal oli surnud rõugetesse leedi Mary vend. Kaks aastat hiljem haigestus rõugetesse noor naine ise. Ta paranes, kuid tõbi jättis tema näole inetud armid ja ripsmed langesid välja.

1717. aastal saatis leedi Mary oma diplomaadist abikaasat Konstantinopolis ja nägi seal esimest korda varioleerimist, mis oli Osmanite riigis oluline kaitseviis. Kohalikud variolaatorid olid eakad naisterahvad. Nad tegid laste õlavartesse nõelaga täkkeid ja sisestasid sinna väikese koguse rõugevillidest pärit mäd. Nähtust vaimustatuna kirjutas leedi Mary sõbrannale, et kavatseb seda meetodit proovida oma viieaastase poja Edwardi peal. Protse-duur tehti Konstantinopolis 18. märtsil 1718. aastal. Briti saatkonna kirurg Charles Maitland tegi poisi õlavarde skalpelliga lõike ja sisestas sinna rõugemäda. Teise õlavarde tegi nõelaga torke kohalik variolaator.

Kui leedi Mary Londonisse naasis, asus ta seda meetodit entusiastlikult propageerima, kuid kohtas tugevat vastuseisu. Briti arstid olid Türgi asjaomasest traditsioonist kuulnud juba sultani arsti Emanuel Timoniuse kirjutiste kaudu, kuid pidasid variolatsiooni *a la Turca* pelgalt rahvaraviks. Niisugust menetlust rakendades oleksid nad riskinud kaotada oma hea nime.



Leedi Mary Montagu (1689–1762) poja Edwardiga



Pildil on kunstnik kujutanud inglise arsti Edward Jennerit (1749–1823), kes vaksineerib oma poega. Õuest jälgib toimuvat lehm, kellelt Jenner kogus vaksineerimiseks vajalikku materjali

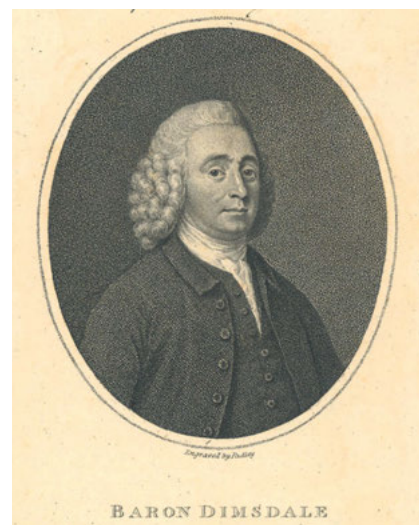
Kui 1721. aasta aprillis tabas Londonit järjekordne rüügepuhang, pöördus leedi Mary taas Charles Maitlandi poole, et varioleerida ka oma nelja-aastane tütar. Sellest sai esimene Inglismaal tehtud variolatsioon. Operatsiooni jälginud doktor James Keith oli sellest sedavõrd vaimustunud, et laskis sama teha ka enda pojale, ainsale oma viiest lapsest, kes polnud veel rüügete ohvriks langenud.

Variolatsioon äratas huvi Walesi printsessis Caroline'is, kes soovis samuti oma lapsi rüügete eest kaitsta, kuid tahtis enne veenduda, et operatsioon on ohutu. 1721. aasta suvel pakuti kuuele surmamõistetud kurjategijale amnestiat, kui nad on nõus laskma end varioleerida. Kõik vangid jäid protseduuri järel ellu. Eksperimenti korraldati viie orvu peal ja selgi korral läks kõik hästi. 1722. aasta aprillis läbisid operatsiooni edukalt kaks print-

sess Caroline'i tütar ja printsessi eeskuju järgisid teisedki kuninglikud perekonnad. Inglise arstidelt lootis rüügete vastu kaitset saada ka Vene keisrinna Katariina Suur: 1768. aastal kutsuti Inglismaalt Peterburi doktor Thomas Dimsdale, kes varioleeris nii keisrinna, tulevase keisri Pauli kui üle 140 õukonnaliikme.

Ent peagi ilmnasid esimesed tagasilöögid. Kui protseduuri järel suri ootamatult krahv Sunderlandi kaheaasta-

1722. aasta veebruariks oli Bostonis varioleeritud 242 inimest, kellest suri 2,5%. Kuna rüügehaigete suremus oli samal ajal 15%, oli variolatsioonil selge kaitseefekt.



Thomas Dimsdale (1712–1800) sai tuntuks Vene keisrinna ja tema poja varioleerijana. Oma töö eest pälvis Dimsdale paruniteitli ja tasu, mis praeguses vääringus ulatub üle kahe miljoni naela



19. sajandist pärinevad rõugekärnad, mis avastati 2011. aastal Virginia ajaloomuuseumi arhiivist. Nendes kärnades sisaldunud viirus osutus siiski mitteaktiivseks

ne poeg, pälvis see palju tähelepanu ja pahameelt. Kirikute gelased nimetasid variolatsiooni moraaliveastaseks ja kuratlikuks, kuningliku ühingu liige dr William Wagstaffe oli „rumalate Türgi naiste“ meetodi üle aga lausa raevunud. Tormakuse pärast sattus kriitikatule alla ka leedi Mary Montagu.

Kõhklev Ameerika

1721. aasta suvel puhkes rõugeepideemia Bostonis, detsembriks oli haigestunud üle poole linnaelanikest. Bostoni pastor Cotton Mather oli õppinud arstiteadust ja oli tuttav Emanuel Timoniuse artikliga, milles kirjeldati varioleerimise praktikat Türgis. Ühtlasi oli ta sellest meetodist kuulnud Aafrikast pärit orjadelt. Mather soovitas variolatsiooni kasutada ka Bostonis, ent arstid polnud sellega päri, kartes, et haigus hakkab seeläbi kiiremini levima. Pealegi leidis enamik kirikutegelasi, et rõuged on karistus pattude eest ja variolatsioon saatana.

Matherit toetas siiski kirurg Zabdiel Boylston, kelle eestvedamisel

hakati Bostonis varioleerima vabatahtlikke. Pinged selle protseduuri toetajate ja vastaste vahel arenesid aga sedavõrd plahvatusohtlikuks, et Cotton Mather oli sunnitud end kaks nädalat kodus varjama. Ühel öhtul visati tema aknast sisse käsigranaat ja tõenäoliselt oleks hukkunud terve pere, kui süüteenõr poleks lõhkekeha küljest õnnelombel lahti tulnud.

1722. aasta veebruariks oli Bostonis varioleeritud 242 inimest, kellest suri 2,5%. Kuna rõugehaigete suremus oli samal ajal 15%, oli variolatsioonil sel-

ge kaitseefekt. Ometi kulus veel aastakümneid, enne kui see praktika Põhja-Ameerikas laialdaselt heaks kiideti. Ameerika iseseisvussõja puhkedes 1775. aastal nõudis George Washington, et talle allunud armee oleksid kõik varioleeritud.

Ebalev Prantsusmaa

Variolatsiooni praktiseerisid 18. sajandil ka prantsuse arstid, ehkki suur osa prantslasi pidas seda protseduuri hulumeelsuseks. 1763. aastal märkasid Pariisi elanikud seda suurema ehma-

VARIOLATSIOON EESTIS

Eestis rakendas variolatsiooni esimesena Tartu arst August Wilhelm Schulinus. Nagu kinnitab baltisaksa ajaloolane Friedrich Konrad Gadebusch, olevat Raadi mõisnik 1756. aastal lubanud Schulinusel seda meetodit katsetada kahe pärisorjast talupoja laste peal. Kui eksperiment õnnestus, lasknud mõisahärra ka enda lastele rõugeid panna. Schulinuse käe all immuniseeriti Liivimaal 1023 aadlisooast last.

Torma pastor Johann Georg Eisen oli veendunud, et peale aadlike laste tuleks varioleerida ka talupoegade lapsi. Sestap kutsus ta talunaisi enda juurde ja õpetas, kuidas lapsi alates esimesest elukuust nakkuskindlaks teha. Eisen soovitas kasta nõela rõugelima sisse ning teha sellega kolm õrna torget lapse põidla ja nimetissõrme vahele. Õpetuse eest küsis pastor tasuks pätsi saia, mille ta jagas lastele, kellelt koguti varioleerimiseks rõugelima. •

1720. aastatel küündis variolieritute suremus Inglismaal koguni 10 protsendini!

MÕNED KURIOOSUMID

Nigeerias elavate jorubade seas oli levinud usk Saponasse, rōugete jumalasse. Rōugeid peeti Sapona vihaks, millega jumal aeg-ajalt inimesi nuhtleb. Samas kuu-lutasid Sapona preestrid, et nad suudavad inimesi varioleerimisega jumaliku viha eest kaitsta.

19. sajandi lõpul hakkas Sapona kultuse vastu huvi tundma jorubast doktor Oguntola Sapara. Ta liitus salamahti Sapona sektiga, kuna kahtlustas, et preestrid levitavad rōugeid tahtlikult. Kahtlused osutusid tõeks: preestrite motiiv oli raha, sest varioleerimise eest maksti hästi. Ehkki Sapona kultus keelati Nigeerias 1907. aastal, kumardati jumalat seni, kuni rōuged olid kõrvaldatud.

*

Troopikas ei olnud sageli võimalik rōugevaktsiini külmas säilitada, mistõttu juhtus pahatihti, et vaktsiin muutus inaktiivseks. See tugevdas aafriklaste usku, et vaktsineerimisest pole tulu ja varioleerimine jätkus veel 20. sajandi keskpaigaski. Tansaanias koguti rōugevillidest vedelikku ja segati seda taimedest valmistatud pulbriga. Etioopias lahjendati villivedelikku meega, et seda jätkuks kõigile soovijatele. Sellist „ravimit“ määrati öla piirkonda tehtud sisselõikele. Protseduuri hind oli üks lehm; ravitsejate vahel valitses klientide võitmise nimel tugev konkurents. Kui vaktsiini transpordiks ja hoiuks tekkis vajalik taristu, said elanikele ilmseks vaktsineerimise eelised.

*

2014. aastal leiti ühe USA labori külmikust juhuslikult kuus rōugeviirust sisaldavat viaali, mis pärinesid aastast 1954. Neist kahes sisalduv viirus oli endiselt võimeline nakatama. Järelikult võib rōugeviiruse nakatamisvõime säilida heades tingimustes aastakümneid. Variolaatoritel oli nii häid säilitustingimusi raske leida. Et rōuge-kärnade vägi säiliks, nakatasid mõned ravitsejad aeg-ajalt oma pereliikmeid ja kogusid nende nahalt värsked kärnasid. Sellise tegevusega põhjustasid kogene-matud variolaatorid mitu epideemiat. Rōugete kaotamise programmi käigus kärnakollektsioonid konfiskeeriti ja variolaatorid koolitati ümber vaktsineerija-teks, mis aitas rōugeviirusest vabaneda.

*

Variolatsiooni vorme harrastatakse praegugi. Siin-seal korraldatakse tuulerōuge-pidusid, kus haigeid lapsi viiakse kokku tervetega, et neid tahtlikult nakatada ja püüda seeläbi immuniseerida. Mõned lapsevanemad saavad soovijatele posti teel pulgakomme, mida on limpsinud tuulerōugeid põdev laps. Mõistagi on sel-line tegevus väga ohtlik ja sageli ka seadusega karistatav. •

tusega, et varioleeritud patsiendid ei püsinud karantiinis, vaid jalutasid lin-nas ringi. Tekkis kahtlus, et pool aas-tat varem Pariisi raputanud rōuge-epideemia võisid põhjustada vario-leeritud. Seetõttu otsustas parlament, et edaspidi tohib variolatsioone teha ainult linnast väljas, eemal teistest hoonetest, ning protseduuri läbi tei-nud patsiendid peavad jääma kuueks nädalaks karantiini.

Oma 1734. aastal ilmunud raama-tus „Filosoofilised kirjad“ on prantsu-se kirjanik ja filosoof Voltaire märki-nud: „Kristlikus Euroopas sosistatakse, et inglased on hullud ja sõgedad: hul-lud, sest annavad oma lastele rōuged, et nad nendesse hiljem ei nakkuks; sõgedad, sest poogivad neile lastele heast südamest kindla ja jubeda hai-guse, et ennetada halba, mille saabu-mine pole põrmugi kindel. Inglased omalt poolt ütlevad: „Ülejäänud eu-

rooplased on arad ja ebainimlikud: nad on arad, sest kardavad oma lastele veidi haiget teha, ning ebainimlikud, sest lasevad neil ühel päeval rōugetes-se surra.“ Peale Voltaire'i pooldas variolatsiooni prantsuse geograaf ja matemaatik Charles-Marie de La Con-damine.

Kõrghetk ja hääbumine

Mary Montagu püüdis tulutult veenda kirurge kasutama tehnikat, mis oleks algse Türgi meetodiga võimalikult sar-nane. Briti arstid tegid enamasti pikki sügavaid skalpellilõikeid, sisestasid neisse suure koguse mäda ja kulutasid palju aega sellele, et patsiendi keha protseduuriks ette valmistada. Vere „puhastamiseks“ tavatseti lasta aadrit, mille tagajärjel oleks vaktsineerimise pioneer Edward Jenner, kes tegi vario-latsiooni läbi kaheksa-aastasena, pea-aegu elu kaotanud.

Variolatsiooni traditsioon hakkas hääbuma 19. sajandi hakul, kui rōugevaktsiini eelised olid saanud ilmseks ja vaktsiin muutus laialt kättesaadavaks.

Koos taastumisega vältas protse-duur kokku kaks kuud, mis tuli haig-las veeta – nii pikka jõudeelu võisid endale lubada üksnes rikkad. Vaesed pidid võimalikult ruttu tööle naasma, mis suurendas riski, et nakkus kandub üle nende pereliikmetele ja töökaas-lastele. Mõned patsiendid lahkusid haiglast juba esimesel ööl, sest möödu-jad loopisid akendesse kive.

1720. aastatel küündis varioleeritu-te suremus Inglismaal koguni 10 prot-sendini! 1760. aastatel muutis Suffolki kirurg Robert Sutton meetodi märksa ohutumaks, kuid jagas oma tehnika peensusi üksnes oma poegade-ga. Sut-tonit ajendas asjaolu, et tema vanem poeg oli jäänud varioleerimise tagajär-jel väga haigeks. Variolatsiooni eest küsisid Suttonid 10 naela (praeguses vääringus umbes 2000 eurot), jõuka-matelt nõuti 25 naela. Noorem poeg Daniel Sutton varioleeris ise ligi 22 000 inimest, kellest suri vaid kolm. Seetõttu hakati 18. sajandi teisel poo-lel variolatsiooni pidama meditsiini-ajaloo suurimaks edulooks. 1796. aas-tal avaldas Daniel Sutton oma autobio-graafia, kus paljastas perekonna kii-valt hoitud saladuse: ilmnas, et Sutto-nid ei olnud meetodit täiustanud, vaid pöördunud tagasi algse tehnika juur-de, mida kasutati Türgis.

Variolatsiooni traditsioon hakkas hääbuma 19. sajandi hakul, kui rōuge-vaktsiini eelised olid saanud ilmseks ja vaktsiin muutus laialt kättesaadavaks. Paljud riigid keelustasid variolat-siooni sootuks, esimesena tegi seda 1805. aastal Venemaa. •

 **Ülar Allas** (1977) on molekulaarbioloog, töötab Tartu ülikooli teadusarvutuste keskuse konsultandina. Tartu ülikoolis kaitstud doktoritöös uuris ta antibiootikumide toime-mehhanisme ja antibiootikumiresistentsust. On teinud koostööd 2017. aasta Nobeli keemiaauhinna laureaadi Joachim Frankiga. Hiljuti avaldanud raamatu „Viirused ja vaktsiinid“.

LOODUSSÕBRALIKUD BIOPUHAŠTID

ONE2CLEAN

- Iseankurduv mahuti (soodsam paigaldus)
- Töökindel lahendus
- Maapinnaga tasa kaevuluuk
- Sertifitseeritud – CE
- Enim müüdud biopuhastid Eestis
- 90% puhtam heitvesi



One2clean on Otto-Graf GmbH poolt välja arendatud väga lihtne ja soodne biopuhasti, mis on sobilik eramutest väiksemate hoonekompleksideni. Väikseim puhasti on projekteeritud kuni 3-le elanikule ning suurim on mõeldud kuni 18-le elanikule.

One2clean on edasiarendus ennast tõestanud annuspuhasti tehnoloogiast (SBR) olles madalate käituskuludega ning kõrge puhastustulemusega. One2clean biopuhasti on toodetud Saksamaal ja testitud PIA labori poolt.

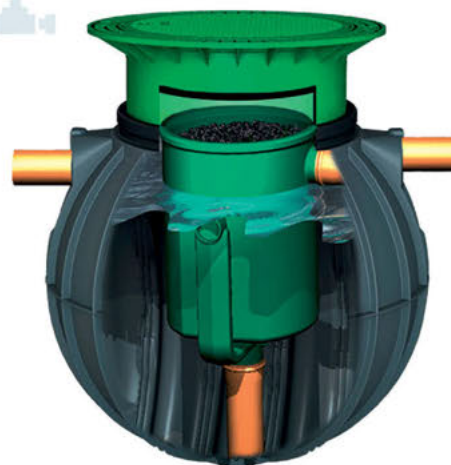
Puhasti toodetakse iseankurduva mahuti Carat RS baasil, millesse paigaldatakse õhuliftide süsteem ja aeraator. Seadme tööd juhib lihtne automaatika, mis käitab tsükliliselt õhupuhurit.

HOOLDAME OMA BIOPUHAŠTEID ÜLE EESTI

PS! Korrapärane järelvalve ja hooldus tagavad puhasti nõuetekohase toimimise ning aitavad ära hoida ebameeldivaid üllatusi.

BIOSEPTIK SAPHIR

- Taastöödeldud materjalidest
- Iseankurduv mahuti
- 50% puhtam heitvesi
- Soodne paigaldada



Sobib ideaalselt 1-2 inimesele või maakodusse mida ei külastata tihti. Bioloogilise filtersüsteemiga septik on uudne ja võimekas lahendus olmereovee käitlemiseks. Septiku mahuti moodustab suure sette kambri ning mahutis paiknev filtersüsteem sisaldab kandumaterjali biokile tekkimiseks. Septikut läbiv vesi settib mahutis ning enne pinnasefiltrisse suundumist läbib anaeroobse filtersüsteemi.

Küsi meilt pumplaid ja teisi tooteid välisvõrkudele
Lisainfo: www.puhastid.ee

autoriõigus MTÜ Loodusajakiri

 **PUHAŠTID.EE**

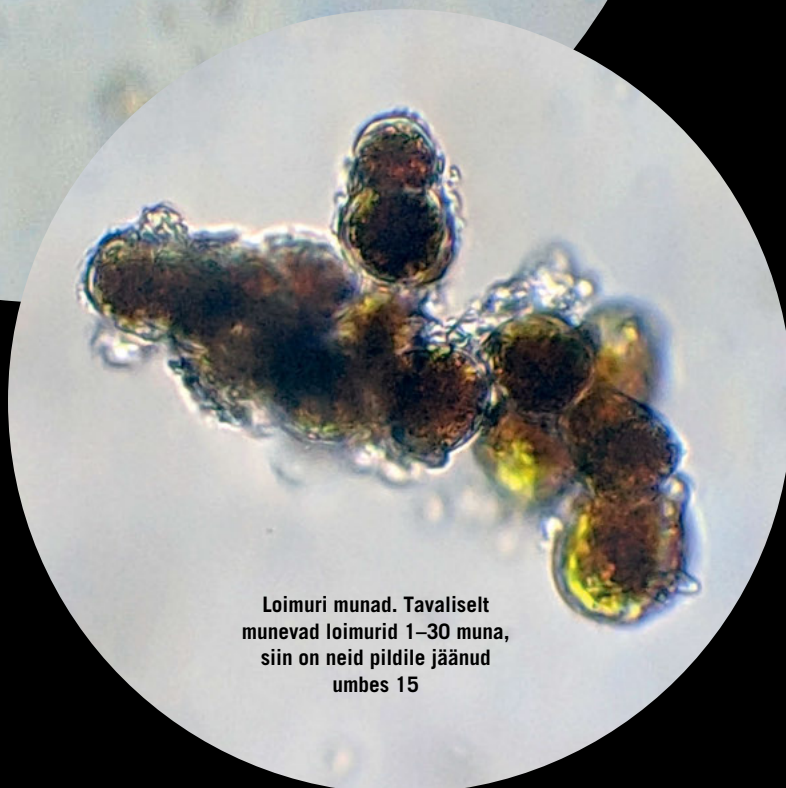
Hoiame loodust koos!



Anabioosis ehk sügavas unelaadses seisundis loimur. Niisuguses olekus on loimuri ainevahetus soikunud ning seetõttu suudabki loomake vastu pidada isegi äärmulikes tingimustes



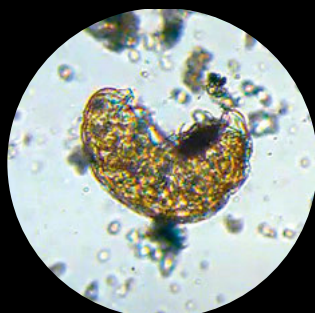
Loimur kõhu alt pildistatuna, hästi on näha tema tagumised jalad koos küünistega. Tagumiste jalgade peamine ülesanne on pinnale kinnituda



Loimuri munad. Tavaliselt munevad loimurid 1–30 muna, siin on neid pildile jäänud umbes 15

Ott Rünkla

Loimurid



Liikumisel püüab loimur esimeste jalgadega vehkides millestki kinni haarata. Kui jalad haakuvad pinnaga, saab ta edasi liikuda

Leidsin loimurid sambliku pinnalt. Selleks polnud vaja kõrgtehnoloogilisi vidinaid, piisas valgusmikroskoobist ja pipetist. Esmalt kraapisin esimeselt ettejuhtuvalt puult maha peotäie samblikku. Loksutasin samblikku plastkarbis koos leige veega ja jätsin karbi ööseks seisma. Järgmisel päeval võtsin karbist pipetiga tilga vett koos põhja kogunenud puruga. Loimurite otsimiseks kasutasin 40-kordset suurendust, nende vaatlemisel oli suurendus 200-kordne. Sel viisil oli võimalik näha üllatavalt palju loimureid – seda võib pidada nende laia leviku märgiks.

Loimurid on pisikesed, keskmiselt alla 0,5 mm suurused loomariiki kuuluvad olevused. Nad elutsevad peaaegu kõikjal, kus leidub vett. Välimuselt meenutavad nad midagi pruunkaru ja tolmukoti vahepealset, seetõttu ristitigi nad avastamise järel vesikarudeks. Peale karismaatilise välimuse on neil aga hulk muid iseloomulikke tunnuseid. Nad on kõige vastupidavamad loomad, ilmutades hämmastavat temperatuuri-, kiirgus- ja kuivustaluvust. Loimurid on suutelised 150 °C kuumust taluma ainult mõne minuti, aga kui unustada nad kolmekümneks aastaks sügavkülma temperatuuril –20 °C, siis on täiesti võimalik, et külmast pääsedes hakkavad nad uuesti elama. Isegi üheksa aastat ilma veeta, vaakum, 1200-kordne atmosfäärirõhk, radiatsioon ja avakosmos ei suuda neile otsa peale teha. Hiljutised uuringud näitavad, et loimurite Achilleuse kand on kõrge temperatuur.

Loimuritel on kaheksa jalg. Esimesed kolm paari on suunatud alla, neljas paar aga tahapoole. Kõikidel jalgadel on küünised, mille abil vesikarud kinnituvad pindadele. Üldine liikumise skeem on selline: loimur hoiab tagumiste jalgadega pinnast kinni ja vehib meeleheitlikult esimese kuue jalaga, üritades millestki kinni haarata. Kui esimesed jalad haakuvad pinnaga, liigub loom rahumeeli edasi, valmis kõike kordama. Nõnda, näiliselt sihitult, tatsavad loimurid edasi. Ja see toimib, sest liigina on nad vastu pidanud juba 500 miljonit aastat. Loimurite edu saladus võib olla asjaolu, et lõviosa neist on taim- või bakteritoidulised. Osa loimureid on aga karnivoorid, süües väiksemaid loimureid.

Loimurite märkimisväärne vastupidavus kõiksugustele keskkonnatingimustele tuleneb nende võimest viia oma keha sügavasse unelaadsetesse seisundisse, mida nimetatakse anabioosiks. Anabioos on seisund, kus keha ainevahetus väheneb drastiliselt. Loimur tõmbab ennast kerra ja põhimõtteliselt lülitub välja – nagu lauarvuti. Kui arvuti on väljas, siis see peaaegu ei vajagi elektrit. Ja kui arvuti sisse lülitada, siis mäletab ta kella ja on võimeline jätkama sealt, kus kasutaja eelmise kord pooleli jäi. Täpselt samamoodi on loimuritega. Kui keskkond muutub ebasoodsaks, saab loimur pageda anabioosi seisundisse. Ja kui keskkond tundub jälle elamisväärne, võtab loimur ennast kokku ja jätkab täpselt sealt, kus ta elutegevus enne oli pooleli jäänud.

Ehkki leidub ka neitsissigimisega liike, on enamik loimureid lahusugulised. Nad paljunevad munemise teel, munad viljastatakse üldiselt väljaspool keha. Munad kooruvad kahe nädala jooksul. Koorunud isendil on kehas niisama palju rakke kui täiskasvanud loimuril, lihtsalt rakud on väiksemad. Looma kasv tuleneb kõigi rakkude kasvust. Üldiselt elavad loimurid mõned kuud, kuid on liike, kes elavad kuni kaks aastat. •

Ott Rünkla (2000) on Tartu ülikooli bioloogia ja elustiku kaitse eriala tudeng.



ROHEPÖÖRE, ENERGEETIKA PROOVIKIVI

Euroopa Liidu riigid on seadnud ambitsioonika sihi vähendada aastaks 2030 kasvuhoonegaaside heidet 55% võrreldes 1990. aasta tasemega. Pikemaajaline eesmärk on saavutada Euroopas 2050. aastaks kliimaneutraalne ehk vähese süsinikuheitega majandus. Kuidas mõjutab niisugune kliimapolitiitika Eesti energeetikavaldkonda? Kas meil on selliste sihtide saavutamiseks head lahendused olemas? Sellest rääkis Tallinna tehnikaülikooli energiatehnoloogia instituudi professori ALAR KONISTIGA Horisondi peatoimetaja ULVAR KÄÄRT.

Ehkki elekter on lahutamatu osa meie igapäevaelust, ei mõtle enamik inimesi vist kuigi palju sellele, kust see tuleb või kuidas seda toodetakse?

Kahjuks nii see on. See on üks asju, mis paneb mind energeetikainsenerina muretsema.

Seepärast püüangi probleemidele tähelepanu juhtida. Ütlen ka tudengitele, et kui praegu toimib meil energeetika kõik hästi, siis on insener nagu hall hiir, keda ei märgata ja keda justkui polegi vaja. Aga kui kõik on hästi, siis järelikult on insenerid oma tööd hästi teinud!

Hoopis teine lugu on siis, kui meil tuled toas ei hakkagi põlema. Miks meil praegu see probleem nii terav pole? Sellepärast, et omal ajal ehk aastakümneid tagasi oli energiatootmises hoopis teine suhtumine kui praegu. Energeetikat peeti siis äärmiselt oluliseks ühiskonna ja tööstuse alustalaks, mis tähendas, et tootmisvõimsusi rajati varuga.

Praegu on meie häda selles, et alates 2013. aastast, kui elektriturg avanes, oleme uutesse reguleeritavatesse tootmisvõimsustesse investeerimisega justkui ootele jäänud.

Avatud elektrituru mõte oli selles, et kõik energiatootjad saavad tulla meie turule oma toodangut pakkuma. Sõltumata sellest, kas see energia on toodetud Eestis või mujal. Ometi tekitab niisugune süsteem ebakindlust. Kuna energiahinnad on heitlikud, siis uusi tulijaid energiaturul eriti ei ole. Need, kes tulevad, tuginevad riiklikele toetustele. Tuuleparke on juurde tulnud väga vähe, kuigi viimasel ajal on selles vallas käinud üpris suured arendused. Enamasti on lisandunud päikeseelektritootjaid, aga niisuguse elektritootmise potentsiaal on meil võrreldes lõunapoolsete riikidega üsna väike. Rääkimata sellest, et tuulest ja päikesest saame kõige rohkem elektrit aasta keskel, kui me energiat kõige vähem vajame, ja talveperioodil, mil energiavajadus

Kliimaeesmärgid ei tule meile kergelt kätte, vaid see on suur kulu ja pingutus. Peame oma tegevused ümber mõtestama ja arvestama, et kui tahame tarbida keskkonnasõbralikku energiat, siis see on kõige kallim.

on kõige suurem, tuleb neist allikatest elektrit napilt. Aga millestki peame ju olema võimelised lõpuks vajamineva energia tootma.

Toon siin näiteks eelmise aasta arvud. Eesti 2020. aasta 8,4-teravatt-tunnisest elektritarbimisest kattis taastuenergia toodang ainult 25 protsenti ehk 2,23 teravatt-tundi. Biomassist, biogaasist ja jäätmetest toodeti ligikaudu 1,3 teravatt-tundi elektrit, mis oli 56 protsenti taastuenergiaallikate tootmismahust. Tuuleenergia andis mullu 37 protsenti taastuenergia kogutoodangust, kokku toodeti ligi 0,8 teravatt-tundi. Päikeseenergiat toodeti võrku ligemale 0,12 teravatt-tundi. Põlevkivist toodeti mullu enamjaolt keevkihtplokkides 2,48 teravatt-tundi ja Eesti importis 43 protsenti tarbitud elektrienergiast. Sisuliselt tähendab see seda, et nüüdisaegseid tootmisvõimsusi, mis oleksid elektriturul konkurentsivõimelised, pole enam sellises mahus ja lähijal jääb tootmisvõimsusi veelgi vähemaks. Pärast turu avanemist pole reguleeritavatesse tootmisvõimsustesse tehtud mitte ühtegi suuremahulist investeeringut.

Sellesse ei julgeta panustada, sest avatud turu kõikuvad energiahinnad ei anna kindlust, et investeeringud end ära tasuvad. Ehk siis praegu on kõik äraootaval seisukohal, elektritootmise seadmed vananevad ning nendest üritatakse veel välja pigistada nii palju kui võimalik, lootes, et küll keegi kunagi hakkab uusi reguleeritavaid tootmisvõimsusi rajama. Kuna kohapealne tootmis- ja konkurentsivõimekus on järjest vähenenud, on selle asemel suurenenud elektri import kolmandatest riikidest. Siinkohal tuleks mainida, et keskkonnanõuded on seal märkimisväärselt leebemad, mistõttu on keskkonnamõju toodetud energiaühiku kohta oluliselt suurem. Kas see on see, mida me tegelikult soovisime?

Peale selle on oluline ka süsteemi töökindlus. Tänavuse aasta alguses oli Euroopas hoiatav vahejuhtum, kui seal ühendus üksteisest lahti kaks suurt elektrivõrku. Kuna võrgus hakkasid elektrivoolu sagedused tugevalt kõikumale, hakkas süsteem ennast kaitsma, et suudaks edasi toimida, ning eraldas stabiliseerimiseks võrgud. Võrgu töö jäi püsima, aga kuna voolusagedus kõikus niivõrd tugevalt, siis osa tootmis- ja tööstuses olevaid seadmeid lülitus välja. Hullemal juhul võinuks aga elektrivõrk tervenisti töötamast lakata.

Miks see siis juhtus?

Selle tingis asjaolu, et Euroopas on elektrivõrku lisandunud juba niivõrd palju reguleerimata elektritootmise võimsusi – näiteks ebasabiilse toodanguga tuule- ja päikeseaparke –, mistõttu ongi võrgus vähenenud elektrivoolu kvaliteet. Samal ajal on näiteks Saksamaal reguleeritavaid elektritootmisvõimsusi üha vähemaks jäänud, sest riik on hakanud loobuma tuuma- ja vananevatest kivisõelektrijajaamadest. Sakslased on panustanud taastuenergeetikasse, lootes, et sellise elektritoodangu stabiliseerimiseks teevad investeeringuid teised riigid, aga seda pole juhtunud. Meil on kahjuks praegu täpselt samasugune suhtumine: loodame ja ootame, et meie elektrivõrku aitab keegi teine stabiliseerida.

Samas tahame ju Eestit Venemaa elektrivõrgust lahti haakida?

Kui me peaks end aastal 2025 Venemaa elektrivõrgust eraldama, siis minu jaoks on see eriti mõtlemapanev, sest meie praegune energiaturg sellega kaasneda võivatele riskidele lahendust ei paku.

Rahvusvaheline energiaagentuur on välja pakkunud või-

malused, kuidas võiks hakata võrgutasusid elektritarbijatele eristama. Kui me praegu räägime, et taastuenergia on odav, siis selle üks põhjus on riiklikud toetused. Ühtlasi langeb tuule- ja päikeseelektril hind teatud perioodidel, kui saame seda soodsate ilmaoludega suurtes kogustes toota. Samas see ei tähenda, et teist liiki energiat, mida me kasutame muul ajal, kui taastuenergiat parajasti võtta pole, läheb odavamaks.

Võime seda vaadata ka teistpidi: teatud olukordades lähivad energiaturul hinnakäärid niivõrd suureks, et vahepeal võib elektri megavatt-tund maksta null eurot ja mingil ajal hoopis 3000 eurot või enamgi. See pole ju see, mida me tahame. Eristava võrgutasu rakendamisel tekiks olukord, kus päikese- või tuuleenergiat tarbides oleks selle võrgutasu suurem – isegi kui selle hind on null või miinusmärgiga. Taastuenergia tõttu on elektrivõrgu stabiliseerimiseks vaja ju näiteks võrgu sünkroonkompensaatoreid ja salvestusvõimalusi, olgu need siis akupangad või hüdropumpjaamad. Nende käitamise kulu kajastukski taastuenergia võrgutasus.

Teistpidi tekitaks see olukorra, kus peaksime jõudma arusaamisele, et energia kogused, mida tarbime, on niivõrd suured, et isegi kui me rajame akupangad või hüdropumpjaama, siis nendesse salvestatavat energiat jätkuvalt lühikeseks ajaks. Näiteks Paldiskisse kavandatakse 500-megavattise võimsusega hüdropumpelektrijaama, aga see saaks elektrit toota korraga ainult kaheksa tundi ehk sisuliselt aitaks see jaam katta vaid nii-öelda tipuvõimsusi.

Seepärast peavad meil olema veel mingid reguleeritavad tootmisvõimsused, mida on võimalik igal ajal kasutada. Eristatud võrgutasud aitakski luua niisugustele tootmisvõimsustele konkurentsitingimused ning ma ei välistaks seejuures ühtki elektritootmisliiki. See ongi praegu mõtlemise ja otsustamise koht.

Kliimaeesmärgid ei tule meile kergelt kätte, vaid see on suur kulu ja pingutus. Peame oma tegevused ümber mõtestama ja arvestama, et kui tahame tarbida keskkonnasõbralikku energiat, siis see on kõige kallim. Ent praegu määrab meil energitarbimist hind, milles alati ei kajastu energia tootmise keskkonnajalajäl.

Aastaks 2030 tuleb süsinikuheidet vähendada 55 protsenti ja 2050 tahame juba süsinikuvaba majandust. Arvestades, et meil pärineb ligi 90 protsenti süsinikuheidetest energeetikasektorist, peab just selles vallas midagi väga põhimõtteliselt muutuma. Kas see tähendab, et meie põlevkivienergeetikaajastu saab otsa?

Kas see nii läheb, on otsustamise koht, aga mina põlevkivienergeetikast ei loobuks.

Miks?

Esiteks on võimalik rakendada süsinikupüüdmise ja -ladustamise tehnoloogiaid, mis võimaldavad elektritootmise süsinikdioksiidi emissioone kordades vähendada. Selle abil saab elektrit toota palju väiksema süsinikujalajäljega kui

Praeguse rohepöördega seotud rapsimise taustal ei näe ma mingit võimalust, et energeetika keskkonnamõju saaks kokkuvõttes kuidagi väheneda – tegelikult see hoopis kasvab.

näiteks tavapäraselt maagaasist tootes. Seejuures osaliselt ka biomassi kasutades on võimalik saavutada isegi negatiivne CO₂-emissioon.

Teisalt me räägime ju põlevkivienergeetikast kui ühest suurest tööstussektorist, mille taga on tuhanded inimesed. Mind teeb kurvaks asjaolu, et riigil puudub selles küsimuses tervikpilt. Praegu pöörab riik kogu aeg tähelepanu vaid elektri hinnale. Samas võiks vaadata sedagi, mida me saame sellest, et põlevkivist elektrit toodame. Ma ei vaidle vastu, et praegu on põlevkivielektril arvestatav keskkonnamõju, aga niisuguste mõjude leevendamiseks tuleks edasi panustada. Oleme energeetikutena selleks juba palju teinud ning vävli- ja lämmastikuheide on juba oluliselt vähenenud. Aga siin on võimalik veel edasi minna, kui me ainult seda tahaks. Näiteks kasvõi tekkiva tuha kasutusele võtmine tsemenditootmises aitaks vähendada tsemenditootmise keskkonnamõju.

Tõsi, vanade tolmpõletustehnoloogial töötavate põlevkivielektrijaamade ressurss on nüüdseks ammendunud ning seda liiki energia tootmise keskkonnamõju ja püsikulu on väga suur. Kui investeerida uue tehnoloogiaga põlevkivielektri tootmisvõimsustesse, siis saaksime elektrit toota senisest palju väiksema keskkonnamõjuga. Seda teed takistab minna poliitiliste soovide ja otsuste puudumine. Viimase kümne aasta jooksul pole ma näinud ühtegi poliitikut, kes oleks julgenud teha sel alal põhimõttelisi valikuid.

Me sõltume tulevikus elektrist üha rohkem. Me ei tohi jääda ootama ja lootma, et keegi tuleb ja teeb meie eest selle investeeringu. Ei tee! Me peame seda ise tegema. Kui paremaid variante pole, siis miks mitte teha panus põlevkivile. Meil on selleks päris oma põlevkivi ning ka vajalike oskuste ja teadmistega töäjõud.

Riik saab põlevkivi kaevandamisest ressursitasu, aga ka saastetasu. Kui me selle tööstuse kinni paneme, siis me seda raha enam ei näe ja järelikult saame edaspidi vähem ka teistesse keskkonnaprojektidesse investeerida. Rääkimata tööhõivest ja sellega seotud maksutuludest ning sotsiaalsest kindlustatusest. Kõike seda arvesse võttes ei saa ma aru, miks me praegu põlevkivienergeetika juurest ära ruttame. Kõik asjaolud ei ole ju seni läbi analüüsitud ning selle asemele pole meil tegelikult häid uusi lahendusi võtta.

Ühe võimaliku lahendusena on pakutud, et me võiks hakata energeetikas rohkem maagaasi kasutama. Tõsi, Saksamaa on öelnud, et gaas on nendele tuuma- ja kivisööelektrist loobumisel üleminekukütus, niikaua kui paremat alternatiivi pole. Aga meie ei tohiks kohe kindlasti seda teed minna. Kui tahame ennast võimalikult palju väliste mõjude eest kaitsta, siis me ei tohiks muutuda teistest sõltuvaks – gaasi puhul siis näiteks Venemaast, kust tuleb praegu põhi-osa Euroopas tarbitavast gaasist.

USA-gi ütleb, et ostku me neilt veeldatud gaasi ja nad saadaks seda kohe laevadega üle Atlandi.

Gaasi võib vaadelda siin kui majanduslikku hooba, sest USA tahab ju oma energiat eksportida ja sellega tulu teenida. Aga kui meie eesmärk on toota energiat võimalikult keskkonnasõbralikult, siis tuleks vaadata kogu ahelat. Jah, võrreldes põlevkiviga on gaasist elektri tootmisel süsinikdioksiidi heide poole väiksem. Samas tuleks arvestada gaasi tootmisega kaasnevaid metaanilekkeid. Näiteks USA on tunnistanud, et metaanilekete maht on neil arvatust kaks korda



Alar Konisti sõrmede vahelt pudeneb kütuse ja õhuemissioonide analüüsi teadus- ja katselaboris süsinikupüüdmise ja -ladustamise tehnoloogia uurimiseks ettevalmistatud põlevkivi. Taustal on unikaalne 60-kilovatise võimsusega keevkihtkatla katseseade

suurem. Gaasisüsteemi on lihtsalt keeruline pidevalt lekkekindlana hoida. Kui gaas tuleb keeruliste kliimaoludega Venemaalt, siis miks me peaks arvama, et seal on metaanilekkeid vähem?

Mõeldes gaasi toomisele Ameerikast, tuleks arvestada, kui palju energiat kulub selle veeldamiseks, et seda saaks üle ookeani Euroopasse transportida. Rääkimata sellest, et transpordilaevadki ei sõidaks siia niisama, vaid needki vajavad ju mingit kütust. Seega, me ei saa sellist teguviisi kuidagi keskkonnasõbralikumaks pidada.

Tulles tagasi põlevkivi juurde, siis erinevalt gaasist on see ju kodumaine kütus, mille hind ei sõltu kõikumast naftahinnast. Mind väga häirib, kui räägitakse, et põlevkivist õli tootmine on parem väärindamine kui sellest elektri tootmine. Vaatan asjale pigem teistpidi: just tänu olemasolevatele põlevkivielektri tootmise võimsustele pole saanud elektri hind meil lakke hüpata – see on taganud hinna stabiilsuse. Ehk siis tegelikult on põlevkivist elektri tootmine aidanud seda kaudselt samuti hästi väärindada, sest elektri hind pole saanud kõrgele kerkida, mistõttu on meie rahakottidesse selle võrra rohkem raha alles jäänud.



Kui otsustame põlevkivist loobuda, siis peame arvestama, et jääme teistest riikidest sõltuvaks, mis pole minu meelest sugugi mõistlik. Põlevkiviga energeetilise sõltumatuse tagamisel tulekski mängu süsinikupüüdmise ja -ladustamise tehnoloogia, mis aitab kliimaeesmärke saavutada. Tõsi, mõnigi arvab, et see pole tõsiselt võetav lahendus. Aga energeetikuna küsiks: milline siis on alternatiivne lahendus, kui meil pole praegu ühtki head valikuvõimalust?

Samas käivad meil Eestis ringi ju tuumamehed, kes ütlevad, et siia oleks mõistlik tuumajaam rajada?

Võimaliku tuumajaamaga seostub kohe üks pragmaatiline probleem. Juhul kui meie tuumajaama arendajad jäävad nende väikeste moodulreaktorite juurde, millega nad esialgu oma plaani tutvustades välja tulid, siis nende tehnoloogia on praegu alles kuuendal valmisolekutasemel. Rakendamisvalmis oleks tehnoloogia seitsmendal tasemel ning päris kindlad võiksime selle töökindluses olla alles üheksandal tasemel. Ehk siis see pole üldsegi realistlik, et me saame aastal 2030 või alates mõnest järgmisest aastast niisugust tehnoloogiat kohe rakendada. Pealegi on puudu

ALAR KONIST

- Alar Konist on sündinud 6. mail 1985. aastal Vinnis. Põhi- ja keskkooli sai Rakvere gümnaasiumis.
- Aastal 2004 asus õppima Tallinna tehnikaülikoolis (TTÜ) soojustehnikat. Bakalareusetöö kaitses 2007. aastal ja magistratöö 2008. aastal. Doktoritöö põlevkivienergeetika keskkonnatehnilistest aspektidest kaitses TTÜ soojustehnika instituudis 2013. aastal. 2014–2015 täiendas end külalisteadlasena USA-s Browni ülikoolis.
- 2006. aastal asus insenerina tööle TTÜ soojustehnika instituudis, millest sai 2017. aastal energiatehnoloogia instituut. 2016. aastast oli selle instituudi kütuste ja õhuanalüüside ning soojustehniliste katsete uurimisrühma juht. 2018. aastast professor; praegu juhib energiatehnoloogia instituudi jätkusuutliku energeetika ja kütuste uurimisrühma ning kütuse ja õhuemissioonide analüüsi teadus- ja katselaborit.
- Tema osalusel on ilmunud üle 50 teaduspublikatsiooni, millest enam kui 40 on kõrgeima taseme ehk nn 1.1-klassi teadusartiklid.
- Tema juhendusel ja kaasjuhendusel on kaitsnud kaks doktoritööd ja 12 magistratööd ning valmimas kolm doktoritööd.
- 2006. aastast Eesti soojustehnikainseneride seltsi liige ning alates 2015. aastast seltsi juhatuse ja nõukogu liige.
- Aastast 2017 TTÜ energiatehnoloogia instituudi nõukogu liige, 2019. aastast peale TTÜ senati liige.
- 2020. aastast Eesti keskkonnauuringute keskuse nõukogu liige. Samast aastast alates esindanud Eestit rahvusvahelise energiaagentuuri keevkiht-tehnoloogiate koostööprogrammis.
- Kuulub mitmete rahvusvaheliste erialajakirjade retsensendite hulka.
- 2021. aastal pälvis presidendi noore teadlase preemia.
- 1998 alustas noorkotkana ja täisealisena sai kaitseliitlaseks; kuulub ka abipolitseinike ridadesse.
- Peres kasvab kolm last. Vabal ajal meeldib lastega olla, suusatada, ja kui lund pole, siis joosta ning võimaluse korral käia isal abis vilja lõikamas.

Kui otsustame põlevkivist loobuda, siis peame arvestama, et jääme teistest riikidest sõltuvaks, mis pole minu meelest sugugi mõistlik.

ka seadusandlik pool koos rahvusvaheliste kokkulepetega.

Juhul kui meile on oluline energiajulgeolek, tuleb arvestada, et ka tuumaenergiaga hakkame kellestki sõltuma: meil on vaja kellegagi kokkuleppeid, et tuumkütust saada, ja samas peame jääma kellelegi lootma ka tuumajäätmete käitlemisel. Me ei suuda ju ise selliseid jäätmeid utiliseerida ning peame need pärast viima sinna, kus neid hoiustatakse keskkonnasäästlikul moel.

Lõpuks taandub kõik sellele, milline keskkonnamõju on meie käsitluses ohtlik, milline vähem ohtlik ja milline mitte. Isegi tuumaenergeetikas tuleb meil arvestada kaudse süsinikuheitega, sest sellise elektriijaama ehitamiseks tuleb kulutada väga palju betooni, metalli ja muid materjale. Kas kiirgusohu on arvestatav keskkonnamõju või mitte? Kas see ikka on see, mida tahame?

Arvestades, et me pole praegu suutnud isegi uusi tuuleparke rajada märkimisväärsel hulgal, siis kahtlen, et saame niivõrd lühikeses ajaraamis ehk 2030. aastate alguseks tuumajaama töövalmis, millele peaks veel eelnema ühiskonna heaks kiit.

Me näeme, et energeetika masinapark muudkui vananeb, seadmeid pannakse seisma ja uusi juurde ei tule. See pärast peab meil olema lahendus, mida saame vajaduse korral kasutada. Iseasi, kas me seda kasutame või mitte. Samas on see meil „kuuris“ olemas, et vajaduse korral kasutada.

Niisuguse varuvõimaluse tagamine on kulu, aga kuigi riik tahab meil kõigelt kokku hoida, ei tohiks me seda energeetikas teha. See on täpselt nagu kaitsekulutuste põhimõte: kui tahad rahu, siis valmistu sõjaks. Sama põhimõte peaks meil kehtima ka energeetikas ehk kui tahame igal ajal – isegi kui välisühendused peaks katkema – elektrit kasutada, tuleb valmistada tulede kustumiseks. Me ju nägime, kuidas riigipiirid läksid Euroopa Liidus koroonapandeemia puhkedes hoobilt kinni. Energiakriisi korral juhtub sama, sest kui kellelgi peaks tekkima energiadefitsiit, siis iga riik katab oma energiavajaduse ning alles seejärel saaks mõelda teiste peale.

Kui räägime, et aastaks 2030 jätame reguleeritavaid elektritootmisvõimsusi alles 1000 megavati jagu, siis see on probleem, kuna meie elektritootmisesse on seeläbi planeeritud defitsiit. Meie häda on seegi, et energeetikavallas on kaks suurt ettevõtet jagatud kahe riigiasutuse vahel: võrguettevõtte Elering allub majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumile ning energiaettevõtte Eesti Energia rahandusministeeriumile. Omaniku ehk riigi huvi on teenida nende ettevõtetega kasumit. Eleringi tulusus oleneb energia transiidist: kui palju volte selle juhtmetest läbi käib, nii palju kasu ka teenitakse. Aga kas energia, mis juhtmetes liigub, on toodetud meil kohapeal või kuskil mujal, see neid ei huvita.

Eesti Energia puhul on jälle häda, et kuna põlevkivienergeetikat töös hoida on kulukas ja see nõuaks uusi investeeringuid uutesse tootmisvõimsustesse, on tal kasumlikum arendada taastuvenergiaprojekte kui panustada varustuskindlusesse ja energiajulgeolekusse. Tegelikult Eesti Energia

ei vastuta varustuskindluse tagamise eest. See on Eleringi ülesanne. Võib-olla tuleks see vastutus anda Eesti Energiale või luua sõltumatu riigiasutus, mis vastutaks just varustuskindluse ja energiajulgeoleku eest. Esmase ja kiireima meetmena leevendaks kujunenud olukorda võrgutasude eristamine, mis motiveeriks tootjaid ka kohapealsetesse reguleeritavatesse võimsustesse investeerima.

Meie energeetika on põlevkivile tuginenud juba üle saja aasta. Kas süsinikupüüdmise abil oleks meil võimalik sellega veel pikalt edasi ratsutada?

Põhimõtteliselt küll. Süsiniku püüdmiseks on mitu varianti. Üks võimalus on eraldada põlevkivist süsinik juba enne põletamist. Järgmised variandid on süsinikdioksiidi eraldamine põlemisprotsessi käigus või siis selle järel, enne kui heitmed korstnast väljuvad. Eraldamise järel tuleb CO₂ töödeldada, et seda oleks võimalik viia võimalikku kasutus- või siis ladustuskohta. Tõsi, ka CO₂ ladustamisel jääksime sõltuvaks mõnest teisest riigist, sest meil pole selleks sobivaid tingimusi. Kuna Norra Põhjamere alla CO₂ ladustamiseks juba investeeringud teinud ning neil on selline võimalus olemas, oleks see meilegi kõige sobivam potentsiaalne CO₂ ladustuskoht.

Olen nõus, et CO₂ maa alla matmine tekitab inimestes küsimusi, kas see ikka on mõistlik. Samas on CO₂ juba sajandeid maa alla pumbatud, et nafta ammutamisel selle saagikust suurendada, niisiis poleks selles midagi uut. Uus oleks nüüd selle juures ainult spetsiaalselt CO₂ hoiustamiseks rajatud hoidlate kasutamine. Sisuliselt ei võta me nüüd maakoorest süsivesinikke naftana välja, vaid pumpame sinna süsinikdioksiidi. Meeles pidades seda, et mida vähem tarbime, seda vähem tekib süsinikdioksiidi.

Nii jõuame tõdemusele, et kõige parem energia on kokkuhoitud energia. Meil tuleb mõelda, kuidas vähendada energiatarbimist ning seeläbi ka energeetika keskkonnamõju.

Me peaks praegu tõsiselt tegelema ka energiatootmis-seadmete efektiivsemaks muutmisega. Näiteks parandades olemasolevate kivisöö- ja gaasielektriijaamade tööd, väheneks üleilmne süsinikuheide vähemalt kümnendiku võrra. Miks me siis ei tee seda, kui meil on süsinikuheite vähendamiseks juba väga kiire? Kümne aastaga oleks ühe aasta emissioon tekkimata jäänud.

Praegu hindame erinevaid energiatootmise võimalusi millegipärast vaid ühe teguri, see on süsinikuheite järgi. See on ju sama hea, kui ütleksin tudengitele, et panen neile hinded pikkuse järgi! Samas oleme põlevkivienergeetikas ju teinud suure arenguhüppe: põletustehnoloogia muutmise tõttu on väävliheide muutunud praktiliselt nulliks, lämmastikoksiidide tase on langenud allapoole lubatud Euroopa Liidu norme ning vähenenud on ka summaarne CO₂-heide ja põlevkivi kulu. Sisuliselt on elektriijaamades põlevkivi põletamisel süsinikuemissioonid kivisööjaamade omast väiksemad. Miks me siis ütleme, et põlevkivist energiat toota on väga paha, kui see on tegelikult keskkonnamõju poolest parem kui näiteks Saksamaa või Hiina söejaamades?

Kui me ei taha enam hädavajalikku reguleeritavat baasvõimsust hoida, nagu kipub kogu Euroopas olema, siis tahes-tahtmata liigub niisugune võimekus kolmandatesse riikidesse ehk siis praegu näiteks Venemaale. Sel moel saabki Euroopa Liit 2030. või 2050. aastal näidata, et on CO₂-heidet vähendades kliimale niivõrd palju head teinud, jät-

tes aga seejuures arvestamata, et mingil ajahetkel toodab meile keegi teine energiat ja seda palju suurema keskkonnajätkuvusega. Kokkuvõttes ei saagi me nõnda tegelikult globaalselt heitmehulka vähendada. See poleks rohepöörde, vaid skeemitamine, millega maailma paremaks ei muuda.

Mind teeb valvsaks asjaolu, et meil pole praegu head alternatiivset tehnoloogiat, millega saaks energiat kuidagi teisiti toota. Veel praegugi tuleb kogu maailma primaarenergiatoodangust 79 protsenti fossiilsetest ja vaid 21 protsenti mittefossiilsetest allikatest. Viimasest omakorda natukene üle poole tuleb taastuvatest allikatest ehk veest, tuulest, päikesest ja biokütustest ning ülejäänud pool tuumajaamadest. Kas tundub realistlik hüpata nüüdse 11-protsendilise taastuvenergia osakaalu pealt 90-le? Seejuures on vaja ju arvestada, kui palju uusi ressursse me niisuguseks pöördeks vajame: nende kaevandamisel ja tootmisel on samuti keskkonnamõju. Praeguse rohepöördega seotud rapsimise taustal ei näe ma mingit võimalust, et energeetika keskkonnamõju saaks kokkuvõttes kuidagi väheneda – tegelikult see hoopis kasvab.

Kui võtame kõne alla heitliku toodanguga taastuvenergeetikale salvestamisvõimalusi pakkuvad akud, siis tuleks ka vaadata, kust me saaks akude tootmiseks vajalikku materjali ning kas me ikka tahame seda igast riigist osta. Rääkimata üldse akude toormaterjalide tootmise keskkonnamõjust ja akude lühikesest elueast.

Kui tahame kliimaeesmärke saavutada, siis me ei tohiks rääkida üksnes rahast, vaid peame vaatama tervikut. Iga energiatootmise liigi kõrvõimalikud keskkonnamõjud tuleks nii-öelda hällist hauani üksipulgi lahti võtta. Niisuguseid arve ja analüüse pole ma siiani veel näinud. Nii kaua kui me sääraselt oma eesmärke ei taotle, ei saa me ka ootuspäraseid tulemusi.

Aga vesinikuenergia – sellest räägitakse ju kui puhtast tulevikuenergiast?

Vesinikuenergia puhul ei räägi keegi sellest, kuivõrd energiamahukas on vesinikutootmine, ega sellestki, millest seda toodetakse. Praegu toodetavast vesinikust tuleb põhiline osa fossiilsetest kütustest. Meil on veel väga pikk tee minna, et vesinikku teistest allikatest saada.

Kui ma näen, et energia tootmise võimekuses on meid ootamas defitsiit, siis vesiniku tootmine ainult süvendaks seda. Kõige ideaalsematel tingimustel tuleb meil ühe teravatt-tunni vesinikuenergia tootmiseks kulutada 1,4 teravatt-tundi elektrienergiat. Sellise süsteemi toimimiseks peaks meil olema energia ületootmine.

Näiteks Lõuna-Korea seadis esimesena sihi muuta oma energiatootmine vesinikupõhiseks. Ent piirkonnas, kus seda katsetati, toimus ridamisi plahvatusi, ning lisaks sellele oli veel muidki põhjuseid, miks vesinikuenergia muutus kohalikele vastumeelseks. Iga energiatootmise liigi puhul peame alati rääkima ausalt kõikidest võimalikest riskidest, ükskõik kui puhtaks me seda ka ei pea.

Aga ma siiski ei ütle, et vesinikuenergeetika arendamisega ei tuleks tegeleda – tuleb küll, ja kõigi teistegi võimaluste kallal on vaja edasi töötada, rääkides ausalt nende plussidest ja miinustest.

Rahvusvaheline energiaagentuur on prognoosinud, et aastal 2050 võib vesinikust tulla 10 kuni 15 protsenti kogu primaarenergia toodangust. Ehk siis võime arvata, et tulevikus moodustab vesinikuenergia meie energiaportfelli vaid

Paraku tühjad loosungid ja plakatitega meeleavaldused ei paku meile olukorra parandamiseks lahendusi. Seevastu, kui oleks suurepäraseks uued keskkonnahoidlikud ja taskukohased tehnoloogiad, siis võetaks need kohe kasutusele.

ühe väiksema osa.

Praegu pole meil olemasolevale häid alternatiive ja me ei saa energeetikas loota naabrite peale. Kuigi näiteks Soome on energiainporti Venemaalt vähendanud, ostavad nad poole oma puudujäävast energiast ikkagi Rootsilt ja ülejäänud poole endiselt Venemaalt. Olkuluuto tuumaelektrijaama uue kolmanda reaktori ehitus on ju veninud ning see pole siiani tööd alustanud. Samas on Rootsiski, mis on aidanud ka Taani energiapuudujääki katta, tootmisvõimekus vähenemas vananevate tuumajaamade sulgemise tõttu. Meiegi oleme tegelikult elektritootmisega sügavas defitsiidis ning puudujääv osa tuleb kolmandatest riikidest ehk siis suures osas Venemaalt. Oma energiaportfelli kavandades tuleb ka selliste riskidega arvestada. Ma ei näe, et kuskil tekiks tootmisest välja langevate võimsuste asemele uusi, see on probleem.

Kui see oleks teie teha, siis milline võiks meie energeetikavaldkond välja näha aastal 2050?

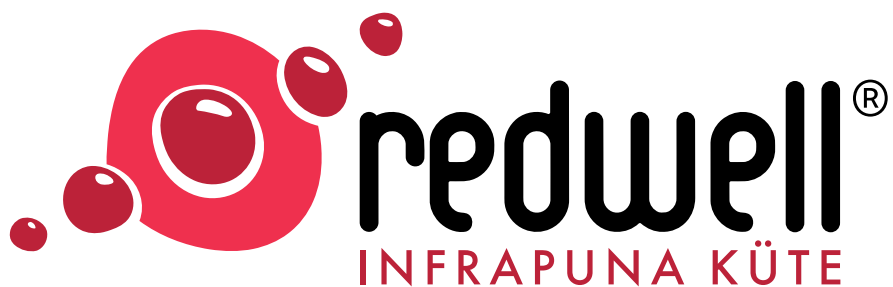
Kui praegu jääb meil energiatarbimise tipuvõimsus 1500 megavatt-tunni kanti, siis 30 aasta pärast küünib see tagasihoidliku prognoosi kohaselt ehk juba 2000-ni. Selles mahus peaks meil siis olema ka reguleeritavaid tootmisvõimsusi – selles ei tohi kindlasti järele anda. Tahaks, et meie energia tootmine ei toimiks siis enam turu-, vaid keskkonnamõjude põhiselt. Tarbijal peaks olema võimalik valida, millise keskkonnamõjuga elektrit ta kasutab, ning vastavalt ta ka maksaks selle eest. Ehk siis suurema keskkonnamõjuga energialiikide hind on kallim.

Kuna pean varustuskindlust hästi oluliseks, ei välistaks ma meie energiaportfellis ühtki tootmisvõimalust ning kõigi teiste kõrval on oma koht ka põlevkivienergeetikal. Energiajulgeolekut silmas pidades ei saa me kuidagi põlevkivist mööda vaadata. Põlevkivi ja ka kivisöe kasutamisel on üks tulevikulahendus süsiniku püüdmine, millega maailma suured riigid arvestavad oma plaanides. Isegi kivisöe elektrist sõltuv Hiina arvestab süsinikupüüdmise tehnoloogiaga, et saavutada 2060. aastaks süsinikuneutraalne majandus. Sellela poleks nad endale niisugust eesmärki püstitanud.

Miks tasub energeetikat õppida?

Olen ärgitanud noori energeetikat õppima just seepärast, et mina eksperdina ei oska praegu pakkuda head lahendust, kuidas oleks üleöö võimalik väikese keskkonnamõjuga energiat toota ja nii, et seda jagub kõigile. Ehk oskavad nemad meie seniste teadmiste alusel välja arendada tehnoloogiad, mis aitavad päriselt nüüdseid probleeme lahendada. Paraku tühjad loosungid ja plakatitega meeleavaldused ei paku meile olukorra parandamiseks lahendusi. Üritame teadlikult ju kõik oma keskkonnamõju vähendada. Seevastu, kui oleks suurepäraseks uued keskkonnahoidlikud ja taskukohased tehnoloogiad, siis võetaks need kohe kasutusele.

•



Redwelli infrapuna- ehk IP-küte on inimesele, kes hindab aega, tervislikku õhku ja energiasäästlikku lahendust.

Redwell Manufaktuur GmbH on Austria ettevõte, mis on spetsialiseerunud infrapunaküttepaneelide arendamisele ja tootmisele juba aastast 1998. Rangelt kontrollitud tootmisprotsess ja käsitööna kokkupandud küttepaneelid tagavad töökindla tulemuse ja tootja annab suure rõõmuga oma toodetele 10-aastase garantii. Redwelli infrapuna-kütteseadmed on saanud mitmesuguseid kvaliteedimärgiseid (TÜV Nord, CE märgis) ja mitu rahvusvahelist disainiauhinda, viimati auhinna German Design Award 2020. aastal.



Redwelli toodetest ja uuringutest saab ülevaate veebilehelt www.redwell.ee.

INFRAPUNAKÜTTEL ON PALJU EELISEID TEISTE KÜTTEVIISIDE EES:

- Tänu infrapunasoojuse omadusele salvestuda tahketes pindades hoitakse võrreldes teiste elektriliste kütteseadmetega kokku vähemalt 30% energiat.
- IP-küte ei mõjuta ruumi õhuniiskust ega muuda õhku kuivaks.
- IP-küte on hääletu, stabiilne ega vaja hooldust, temperatuur pörandal ja lae all on samasugune.
- IP-küte sobib nii põhi- kui ka lisakütteks.
- IP-küte hoiab seinad ja pörandad kuivad ja ennetab hallituse teket. Sedalaadi küte on parim valik ka suvekodusse, et hoida niiskus ja rõskus majast ja sisustusest eemal.
- IP-küte ei põhjusta pidevat õhuringlust ruumis, õhus on vähem tolmuosakesi ja allergeene.
- IP-küttepaneeli juhitakse termostaadiga, see tagab optimaalse energiakasutuse ja sobiva temperatuuri.
- Redwelli IP-küttepaneele võib turvaliselt paigaldada ka niisketesse ruumidesse.
- IP-küttepaneele on lihtne paigaldada nii seinale kui ka lakke. Redwelli valikus leidub klassikalisi lahendusi, aga ka julgemaid ja värvikirevamaid küttekihi.



Redwelli ametlik esindaja Eestis ja Soomes on OÜ Pörandast Laeni. Redwelli näidiste salong asub Pärnus Suur-Jõe 60. Võtame rõõmuga vastu külalisi, et leida parim lahendus igale kliendile. Kirjuta oma soovist e-posti aadressil info@redwell.ee või lepi kohtumine kokku telefoni teel 5326 8795, Külli Kodasmaa.



MART KULDKEPP

EESTI VABARIIK ASTUB MAAILMAPOLIITIKASSE:

100 AASTAT EESTI
LIITUMISEST RAHVASTELIIDUGA

VIDA PRESS / ALAMY



A LA MEMOIRE DE
WOODROW WILSON
PRÉSIDENT DES ETATS-UNIS

Veel enne, kui ootamatult pikaks ja veriseks kujunenud Esimene maailmasõda oli jõudnud lõppeda, algasid arutelud, kuidas samaaegset konflikti tulevikus vältida. Näis, et rivaalitsevate kaitseliitude tasakaalule rajatud rahvusvahelises süsteemis oli peitunud põhimõtteline viga: maailmakorraldus, mis pida- nuks tagama rahu, oli hoo- pis kaasa toonud enne- nägematu sõja.



Hotell Wilson, Rahvasteliidu peakorter Genfis aastatel 1919–1936

Globaalne konflikt süvenemi- ne tundus seda kummalisem, et seda ajendanud asjaolud olid segased ja sõjasihttegi oli riikidel tulnud seada pigem käigu pealt, kui sõda juba käis. Hiljem on tolleaegsete Euroopa riigimeeste võimetust sõja laienemist ära hoida võrreldud unes kõndimisega.

Hoidudes üht või teist sõdivat poolt sõjas süüdistamast, võis toimunu põhjal järeldada, et tegelik probleemide allikas peitus riikide absoluutses õigus- ses sõlmida liitlassuhteid, alustada sõda ja teha rahu. Seda suveräänsus- põhimõttest tulenevat õigust ei piira- nud õieti midagi peale riikide endi jõupoliitiliste kaalutluste. Ent vähe- malt teoreetiliselt oli võimalik ette kujutada ka teistsugust maailmakor- raldust, milles ei domineeri üks teisega võistlevad rahvuslikud huvid – korral- dust, mis rajaneks riikide omavaheli- sel kokkuleppel jälgida ja kontrollida tekkivat sõjaohtu ning vajaduse korral seda koos maandada. Esimene ma- ilmasõda oli näidanud, et moodne sõda ei puuduta mitte ainult üksikuid riike, vaid rahvusvahelist kogukonda tervikuna, mistõttu tuli ka sõjaohuga tegeleda ühiselt: luua selle ohjeldami- seks sobivad institutsioonid, kaasates võimalikult palju maailma riike.

Rahvasteliidu loomine

Kuigi ideed luua kollektiivse julgeole- ku põhimõttel rajanev rahvusvaheline organisatsioon olid levinud juba va- rem, sai kaalukeeleks USA sekkumine sõtta 1917. aasta kevadel ning USA sõjasihid, mille oli sõnastanud Ameerika Ühendriikide president Woodrow Wilson. Erinevalt Euroopa liitlastest, kes olid maailmasõjas juba kandnud ränki kaotusi, võis USA lubada endale sõdida maailmaparanduslikel, mitte egoistlikel eesmärkidel. 1918. aasta 8. jaanuaril pidas president Wilson USA kongressile nn 14 punkti kõne, milles oli USA pakutud rahutingimuste seas kesksel kohal rahvaste ma- ilmaorganisatsiooni loomine. Kui Sak- samaa valitsus palus sama aasta oktoobris teha viivitamata relvarahu ja alustada rahukõnelusi, võeti läbi- rääkimiste aluseks just Wilsoni 14 punkti.

Rahvasteliit asutati ametlikult 10. jaanuaril 1920. aastal. Liidu ees- märgid ja toimemehhanismid olid läbi arutatud juba varem, 1919. aastal peetud Pariisi rahukonverentsil. Rah-

vasteliidu liikmeks said esijoones kõik Esimeses maailmasõjas Saksamaa vastu sõdinud riigid, välja arvatud Wilsoni kodumaa USA, mis sisepoliiti- listel põhjustel liikmesusest loobus. Samuti võeti ilma pikemata vastu sõjas neutraalseks jäänud Rootsi, Taani, Norra, Holland ja Šveits. Ülejää- nud riikide liikmesuse üle hakkas otsustama Rahvasteliidu täiskogu, kus liitumistaotlused pidid saama kahe kolmandiku liikmesriikide toetuse.

Oma ajast ees

Ehkki Wilson sai panuse eest Rahvaste- liidu loomisse Nobeli rahuauhinna, nõrgestasid uut organisatsiooni algu- sest peale põhimõttelised probleemid, mis ajapikku aina süvenesid. Esiteks ei võetud liidu liikmeks võidetud Saksa- maad (Saksamaa liitus küll hiljem, 1926. aastal), seega oli üsna ühemõtte- liselt tegemist võitjariikide organisat- siooniga. Teiseks hääletati maha Prantsusmaa ettepanek rajada Rahvas- teliidu relvajõud, mis lubanuks kollek- tiivse julgeoleku taotlust tõsisemalt võtta. Kolmandaks andis Suurbritan- nia domineerimine organisatsioonile angloameerika alatoon ja seda hävita- vamt mõjus Rahvasteliidu rahvus- vahelisele kaalukusele USA otsus loo- buda selle liiduga ühinemast.

Tagantjärele võib väita, et Rahvaste- liidu idee oli oma ajast ees. Maailma- sõjas osalenud suurriigid ei käsitle- nud seda kui vaevaga võidetud rahu garanti, vaid kui järjekordset vahendit oma huvide elluviimiseks. Suurbritan- nia nägi Rahvasteliidus vahendit laiendada koloniaalvallutusi ja abinõu USA majandusliku konkurentsi vastu, Prantsusmaa soovis Rahvasteliidu abil takistada Saksamaa taasrelvastumist. Kollektiivkaitse põhimõttesse kaldus iga riik uskuma ja panustama täpselt niivõrd kui parajasti kasulikuks pidas. Kokkuvõttes osutus Rahvasteliit kait- se- ja desarmeerimisküsimustes ham- butuks ega suutnud Teist maailma- sõda ära hoida.

Tagantjärele võib väita, et Rahvasteliidu idee oli oma ajast ees. Maailmasõjas osale- nud suurriigid ei käsitle- nud seda kui vaevaga võidetud rahu garanti, vaid kui järje- kordset vahendit oma huvide elluviimiseks.

Eesti Rahvasteliidu väravas

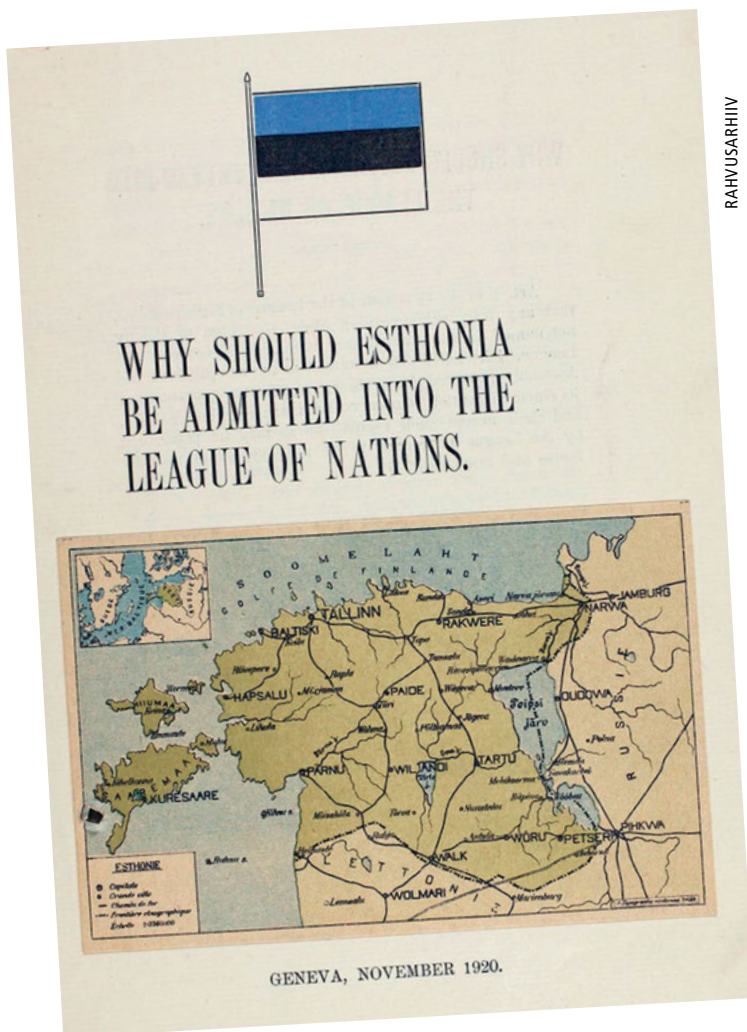
Esimese maailmasõja lõpujärgus ja järellainetustes tekkinud uutele Euroopa riikidele, sh Eesti Vabariigile, oli Rahvasteliidu olemasolu äärmiselt tähtis välispoliitiline tegur. Sõjaliselt nõrkade ja majanduslikult vähearene- nud riikidena olid nad otseselt huvita- tud, et rahvusvaheline suhtlus oleks võimalikult väärtuspõhine ja mitme- poolne, tagaks neile võimalikult tuge- va kaitse suurriiklike ambitsioonide (eriti Saksamaa ja Nõukogude Vene- maa) vastu ja lubaks neil endalgi maa- ilmapoliitikas mingit rolli mängida. Ent veelgi enam: kuna Rahvasteliit oli toona ainus omalaadne rahvusvahe- line organisatsioon, suurendas selle liikmesus vähemalt teoreetiliselt Eesti- suguste uute riikide tõsiseltvõetavust rahvusvahelise kogukonna liikmena.

Seega oli Rahvasteliitu astumine omariikluse algusaastatel Eesti Vaba- riigile igati loogiline samm, seda enam, et samal ajal taotleti pingsalt teiste riikide tunnustust *de jure*: levi- nud riigiõigusliku arvamuse järgi tähendas Rahvasteliitu saamine auto- maatselt diplomaatilist tunnustust riik- kidele, kes olid hääletanud uue liik- mesriigi liikmesuse poolt.

Rahvasteliidu asutamise plaane jäl- giti Eestis seetõttu algusest peale tähe- lepanelikult. Jaan Poska juhatusel Pariisi rahukonverentsil osalenud Ees- ti välisdelegatsioon taotles Eesti Vaba- riigi tunnustamist sõdivaks riigiks, sest see lubanuks Eestil kuuluda Rahvaste- liidu asutajate ringi. Kuna need püü- dused ebaõnnestusid, tuli liikmesust taotleda pärast organisatsiooni loo- mist. Selleks hakati ka kohe etteval- mistusi tegema.

30. juunil 1919. aastal asutati Lon- donis saadik Ants Piibu eestvedamisel Suurbritannia Rahvasteliidu Ühingu juurde Eesti osakond, mille eesmärk oli tutvustada eestlastele Rahvasteliidu aateid ning aidata kaasa Eesti liik- mesusele. Novembrikuus asutati sama-

Kuna Rahvasteliit oli toona ainus omalaadne rahvusvahe- line organisatsioon, suuren- das selle liikmesus vähemalt teoreetiliselt Eesti-suguste uute riikide tõsiseltvõetavust rahvusvahelise kogukonna liikmena.



1920. aastal välja antud brošüür, milles põhjendatakse Eesti liikmesus- püüdusi



1920. aasta lõpul Genfis Rahvasteliidu esimesel täiskogul osalenud Eesti Vabariigi delegatsioon. Vasakult Karl Robert Pusta, kindral Johan Laidoner (delegatsiooni juht) ja Jaan Kopvillem. Kindral Laidoner juhtis enamikku 1920. aastatel Rahvasteliidu täiskogudele saadetud Eesti delegatsioonidest; ta jäi kõrvale vaid 1921. aasta sügisel toimunud täiskogult, kus Eesti võeti Rahvasteliidu liikmeks

laadne ühing ka Eestis. Liitumisküsimus pidi siiski ootama, kuni organisatsioon ise oli ametlikult loodud.

„Pool paluja, pool kerjaja”

Eesti Asutav kogu tegi otsuse taotleda Rahvasteliidu liikmesust 15. aprillil 1920. Neli päeva hiljem esitas Eesti saatkond Londonis Rahvasteliidule liikmeks saamise avalduse ning augusti lõpul ka avaldust toetanud dokumendid (iseseisvusdeklaratsioon, senised tunnustused *de jure* jne).

Liikmeks saada ei olnud siiski lihtne. Välismaal oli laialt levinud skepsis Eesti ja teiste uute nn vahe-Euroopa riikide iseseisvusväljavaadete suhtes: Euroopa ja Ameerika võimukoridorides hellitati alles lootust, et varasem demokraatlik või monarhistlik Venemaa õnnestub uuesti jalule aidata. Seetõttu ei kiputud selle järglasriike (välja arvatud Soome ja Poola) tunnustama.

Rahvasteliidu liikmeks ei tahetud rahvusvaheliselt tunnustamata riike aga võtta. See andis ettekäände jätta Balti riigid esialgu omamoodi suluseisu, kuigi poolametlikult avaldati Eesti liikmesusele toetust mitmelt poolt. Vastuseisust teadlikuna koostasid Eesti välisesindajad välisriikide valitsustele järjekindlalt memorandumid ja pöördumisi, milles selgitati Eesti taotlusi ja põhjendati Eesti riikluse elujõulisust.

Ehkki Rahvasteliidu peasekretär Eric Drummond aimas ette, et Eesti ja teiste Balti riikide liikmekssaamise avaldusi esimesel korral heaks ei kiideta, pani ta need 1920. aasta 15. novembril alanud Rahvasteliidu esimesel täiskogul hääletusele. Täiskogul osales ka kindral Johan Laidoneri juhitud kolmeliikmeline Eesti delegatsioon,

Välismaal oli laialt levinud skepsis Eesti ja teiste uute nn vahe-Euroopa riikide iseseisvusväljavaadete suhtes: Euroopa ja Ameerika võimukoridorides hellitati alles lootust, et varasem demokraatlik või monarhistlik Venemaa õnnestub uuesti jalule aidata. Seetõttu ei kiputud selle järglasriike (välja arvatud Soome ja Poola) tunnustama.

VIDA PRESS / ALAMY



Rahvasteliidu täiskogu istung 1924. aastal Genfis. Sel täiskogul otsustati luua Türgi ja Iraagi piiritüli lahendamiseks Mosuli piirkonnas erikomisjon. 1925. aastal juhtis komisjoni kindral Laidoner, kes viibis sama aasta sügisel Iraagis (Mosulis). Komisjoni töö tulemusena tunnustati Mosul Iraagi valduseks



MEREMUSEUM

Rahvasteliidu peasekretär Eric Drummond 1925. aastal Eesti Vabariigi aastapäeval Tallinnas korraldatud sõjaväeparaadil

kuid istungisaali see siiski ei pääsenud – arutelusid tuli jälgida ajakirjanikele mõeldud rõdult. Kuluaarides kõneldi, et teiste riikide suhtumine Eesti väljavaadetes oli ülekaalukalt skeptiline või isegi otseselt vaenulik. 27. novembril tunnistas Laidoner välisminister Otto Strandmanile läkitatud kirjas, et

„... seisukord on meil siin väga vastik. Oled nii pool paluja, pool kerjaja. Minul isiklikult käib see väga närvide peale ja tunnen end kõvasti väsinud olevat kõigest sellest“.

16. detsembril toimunud hääletusel lükatigi Balti riikide taotlused ülekaalukalt tagasi, kusjuures selgelt ja mit-



Eesti delegatsiooni liikmed Rahvasteliidu teisel täiskogul. Vasakult Ado Anderkopp, Ants Piip (delegatsiooni juht), Karl Robert Pusta, Jaan Lattik ja August Schmidt

mel korral väljendatud põhjendus oli teiste riikide tahtmatus neid sõja korral kaitsta. Ettepaneku vastu ei olnud üksnes suuriigid Prantsusmaa ja Suurbritannia, vaid paljud teisedki Euroopa riigid, sh Skandinaavia ja Beneluxi maad. Suurem osa poolthääli saadi Lõuna-Ameerikast, peale selle Itaalialt ja Pärsialt. Küll anti Balti riikidele luba osaleda Rahvasteliidu tehniliste komisjonide ja organisatsioonide töös, nii et neile jäi vähemalt mulje, et liikmesus oli pigem edasi, mitte tagasi lükatud.

Kaua oodatud liikmesus

Juba mõni nädal hiljem, 1921. aasta jaanuari lõpus, saavutati poliitiline läbimurre. Kuna kindral Pjotr Wrangeli väed olid selleks ajaks Venemaal lõplikult lüüa saanud ja tagajärjeks oli jäänud ka Vene-Poola sõda, oli lääne-riikide lootus taastada endisaegne Venemaa hääbunud. See tähendas ühtlasi otsustavat pööret Prantsusmaa senises idapoliitikas: enam ei üritatud enamlust hävitada, vaid seati siht luua nn sanitaarkordon Ida- ja Kesk-Euroopa riikidest kaitseks Nõukogude Venemaa vastu.

Prantsusmaa eestvedamisel andsid Euroopa liitlased 26. jaanuaril 1921. aastal Eestile ja Lätile kui mittebolševistli-

kele riikidele viimaks tunnustuse *de jure*. Järgmistel päevadel ühines tunnustusega veel mitu riiki, mis olid Entente'i avapauku oodanud: esmalt Skandinaavia maad, veidi hiljem Ungari ja Rumeenia. See tähendas, et Eestile olid lõpuks avanenud paremad väljavaated Rahvasteliitu pääseda.

Eesti ja teiste Balti riikide liitumisküsimus võeti uuesti päevakorda Rahvasteliidu teisel täiskogul. Genfi suundus uus Eesti delegatsioon, mille koosseisu kuulusid välisminister Ants Piip, diplomaat Karl Robert Pusta ning riigikogu liikmed Ado Anderkopp, Jaan Lattik ja Julius Tennman (lahkus enne täiskogu lõppu). Hiljem saadeti Eesti Berliini esindusest delegatsioonile abiks Karl Tofer ja August Schmidt (Torma).

Ometi tundus selgi korral, et liikmeks saamisega võib probleeme tekkida. Poola ja Leedu territoriaalsete vastuolude tõttu boikoteeris Poola hääle-

Rahvasteliidu liikmesus tagas Eestile sõdadevahelisel ajal rahvusvahelise tõsiseltvõetavuse, mille vilju lõigati veel hiljemgi, õieti kuni nüüdisajani.

tust ja mõned varem vastu hääletanud liikmesriigid (Tšehhoslovakkia ja Jugoslaavia) ei pooldanud nüüdki Balti riikide liitumist. Lõuna-Ameerika riigid loobusid aga üldse täiskogul osalemast. Tooniandev osa riike oli siiski Balti riikide liikmesuse poolt ning 22. septembril 1921. aastal sai Eesti Vabariigist hääletuse järel Rahvasteliidu liige. Päev hiljem kinnitas täiskogu ka kolme riigi delegatsioonide volitused. Eesti delegatsioon võttis esialgu kohad sisse täiskogu boikoteerinud Hondurase delegatsioonist tühjaks jäänud pinkidel.

Eesti maailmapoliitikas

Rahvasteliidu liikmesusest sai Eesti poliitikas omaette tegur, mis ei pruukinud riigi enda seisukohast aga sugugi kõige mugavam olla. Organisatsioon, kus domineerisid suured Euroopa riigid, esitas uutele liikmesriikidele mitmesuguseid nõudmisi, mida vanemad ja väarikamad liikmed ise ei mõelnudki täita. Nende seas oli esikohal rahvusvähemuste liberaalse kohtlemise ja nende õiguste austamise nõue, mis valmistas Eestile muret eelkõige 1919. aasta maareformi tõttu. Suurmaaomandi konfiskeerimist ilma selle eest tasu maksmata peeti sageli kättemaksuaktsiooniks baltisaksa rah-

vusrühma vastu ning laiemaski mõttes märkiks eestlaste poliitilisest ebaküpsusest, mille juurde kuulus neid enamlastele lähendav vähenenud austus eraomandi vastu. Baltisaksa ringkonnad koos riigisakslastest liitlastega valasid seejuures suurima heameelega õli tulle: esialgu Balti riikide liikmeks-pääsemisele vastu töötades ning hiljem Rahvasteliidule mitmesuguseid proteste ja märgukirju esitades.

Samuti pälvis negatiivset tähelepanu Venemaalt tulnud sõjapõgenike ja Eestisse taandunud Loodearmee sõjameeste halb kohtlemine ning Eesti valitsuse soovimatus siduda end rahvusvaheliste konventsioonidega põgenike kohta. Kriitika põhjustega küll jõudumööda tegeldi – 1923. aastal esitas Eesti Rahvasteliidule vähemusrahvuste kaitse deklaratsiooni ja 1925. aastal võeti vastu vähemusrahvuste kultuuriautonomia seadus –, kuid Eesti suhtumine Rahvasteliitu oli selgelt pragmaatiline ja seadis eriarvamusi tekitanud küsimustes esikohale enda riiklikud huvid.

Mõistagi talitasid samamoodi ka teised liikmesriigid, nii et ehtsast koostöövalmidusest jäi Rahvasteliidu

institutsioonides pidevalt vajaka. Pärast seda, kui Eesti, Läti ja Leedu olid 1934. aastal sõlminud nn Balti Liidu, asusid kolm Balti riiki oma tegevust Rahvasteliidu juures küll senisest enam koordineerima, kuid mingit laiemat nn Uue Euroopa riikide ühiserinnet seal ei loodud. Veel 1940. aastatel meenutasid eestlased tigidusega, kuidas Tšehhoslovakkia välisminister Beneš „Rahvasteliidus suurt kombinööri etendas, ainult suurriikide esindajatega läbi käis ja väikseid vaevalt nägi ja teretas“.

Nagu näitasid 1939.–1940. aasta sündmused Eestis ning juba mõni aeg varem alanud Rahvasteliidu lagunemine, olid Eesti lootused saada Rahvasteliidu kaudu julgeolekutagatise täielikult läbi kukkunud. See valmistas suurt pettumust, kuid oli vaevalt eestlaste endi tegematajätmistest tagajärg: pole põhjust arvata, et mõni muu julgeolekupoliitiline suund oleks andnud sõdadevahelisel ajal paremaid tulemusi.

Muus mõttes mõjus liikmesus Eestile aga pigem positiivselt. 1925. aastal külastas Eestit Rahvasteliidu peasekretär Eric Drummond ja osales ka vaba-

riigi aastapäeva pidustustel. Tänu Rahvasteliidu vahendusele õnnestus Eestil saada 1927. aastal Suurbritannialt 1,3 miljonit naela välislaenu, millega viidi ellu hädavajalikud majandus- ja rahandusreformid. Mõnel määral teostus ka ambitsioon maailmapoliitikas sõna sekka öelda: 1925. aastal juhtis Johan Laidoner Rahvasteliidu volinikuna rahumissiooni Põhja-Iraagi Mosuli konfliktikoldele.

Kuid mis kõige tähtsam: Rahvasteliidu liikmesus tagas Eestile sõdadevahelisel ajal rahvusvahelise tõsiseltvõetavuse, mille vilju lõigati veel hiljemgi, öieti kuni nüüdisajani. Kuigi liikmesuse praktiline otstarve jäi Eestile omas ajas pigem tagasihoidlikuks, asetub see sümbolina tähtsale kohale iseisvusdeklaratsiooniga alanud välispoliitilises ja riigiõiguslikus sündmus-teahelas, mis on Eesti riigi lähtealus tänapäevani välja. •

Mart Kuldkepp (1983) on ajaloolane ja skandinavist, töötab Skandinaavia ajaloo ja poliitika kaasprofessorina Londoni ülikooli kolledžis (University College London); tema peamine uurimisvaldkond on Balti-Skandinaavia suhete ajalugu 20. sajandil.



**Eesti suurimad jahid
ja katamaraanid.**

Hinnaga alates 70 €/tund

Turvalised meresõidud juba aastast 2001.
Klientide usaldus ja tagasiside on meile
alati tähtsad ning püüame oma teenuseid
igati nauditavaks teha!

Tulge
tuulutama

SAILINGEE

Meeldejäävaid elamusi merel!

info@sailing.ee
www.sailing.ee
5333 1117

MÜÜONI MAGNETMOMENDI MÕISTATUS ... kakskümmend aastat hiljem

Selle aasta jürikuu alguses tegid Ühendriikide Fermilabi osakestefüüsikud teatavaks põrutava uudise: nende poolt ülitäpselt ära mõõdetud müüoni-nimelise osakese magnetmoment on ennustatust murdosa võrra suurem! Hoolimata väiksusest kõigutab see avastatud erinevus osakestefüüsika standardmodeli vundamenti.

Seda mikromaaailma alusteoriat pole viimase 40 aasta jooksul miski suutnud kõvasti raputada. Siiski, kui päris täpne olla, siis märgati erinevust ka eelmises samalaadses eksperimendis kaks aastakümnet tagasi. Aga nagu teaduses tavaks, tuleb kõik asjad üle kontrollida, veendumaks, et ilus tulemus ei ole juhuslik statistiline kõikumine.

Meenutame lugejale natuke põhjalikumalt, mis on müüon ja magnetmoment. Mõnikord öeldakse müüoni kohta, et see on elektroni ülekaaluline vend (kolmas veli tauon on muidugi veelgi raskem). Tõepoolest, tegu on fermioni-tüüpi osakesega, mille elektrilaeng on -1 ja spinn $1/2$ – täpselt nagu elektronil –, aga tema mass on umbes 200 korda kopsakam elektroni omast. Jämedalt võib spinni ette kujutada osakese pöörlemisena oma telje ümber. Aga kui elektrilaenguga objekt pöörlema panna, tekitab laengute liikumise ringvool tema ümber magnetvälja. Seega on iga müüon nagu üliväike magnet. Müüoni magnetmoment g aga näitab, kui tugeva magnetvälja müüoni pöörlemine tekitab.

Võta näpust, selgub, et kvantmaailmas on nõrk magnetväli kaasas isegi ilma laenguta osakestel, kuna piltlikult ette kujutades hõljub iga osakese ümber kõikvõimalike virtuaalsete osakeste pilve. Müüoni ja teiste laetud osakeste magnetmomendile annavad virtuaalsed osakesed väga nõrga, kuid siiski mõõdetava lisa, mida kutsutakse anomaalseks magnetmomendiks. Füüsika ajaloos on sellel väga oluline roll. Just elektroni – müüoni väikevenna – anomaalse magnetmomendi mõõtmine ja selle kooskõla kvantväljateooria ennustatuga viis selle teooria (täpsemalt siis kvantelektrodünaamika) suurele füüsikapüünele

Erinevalt elektronist on müüoni magnetmomendi mõõtmine peaaegu kaelamurdev ülesanne. Müüonid on nimelt ebastabiilsed osakesed, mille keskmine eluiga on kõigest paar miljondikku sekundit.

1940. aastate teisel poolel. Kuna Diraci võrrand ennustab müüoni (mitteamalaalseks) magnetmomendiks $g = 2$, kutsutakse anomaalset magnetmomenti ka $g-2$, mis on arvust 2 umbes 0,1%. (See on märksa suurem kui elektroni anomaalne magnetmoment, sest selgub, et müüoni magnetväli on uute osakeste suhtes ligi 40 000 korda tundlikum!)

Näib, et uuel aastatuhandel ongi aeg oma magnetmomendiga ilma teha müüonil. Siiski, erinevalt elektronist on müüoni magnetmomendi mõõtmine peaaegu kaelamurdev ülesanne. Müüonid on nimelt ebastabiilsed osakesed, mille keskmine eluiga on kõigest paar miljondikku sekundit. Neid on keeruline tekitada. Pealegi ei saa sellise ebastabiilse osakese magnetmomenti mõõta otse: seda tuleb mõõta kaudselt selle järgi, kuidas lendavad laiali osakesed, mis on tekkinud tugevasse magnetvälja asetatud müüonite lagunemisel. (Huviline lugeja leiab selle kohta täpsema kirjelduse 2020. a Horisondi 1. numbris ilmunud artiklist „Müüoni anomaalne magnetmoment – uue füüsika sõnumitooja?“.)

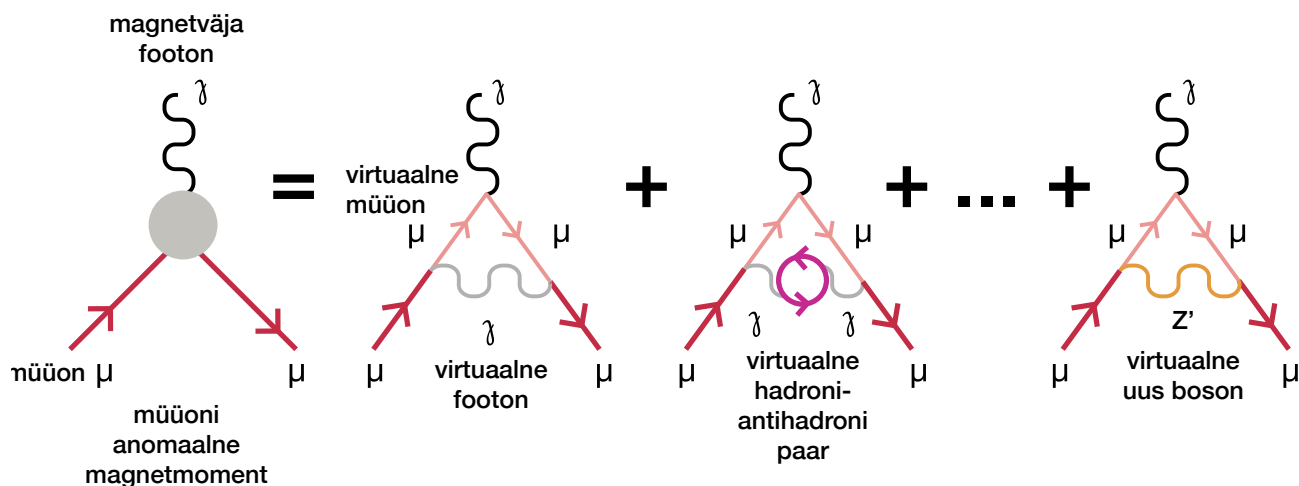
Niisiis, vaakumis ringi lendav müüon kiirgab ja neelab pidevalt virtuaalseid osakesi. Kuna müüonil on elektrilaeng, võib ta tekitada virtuaalseid footoneid.

Samuti tunneb müüon nõrka vastastikmõju ja võib kiirata ja neelata seda vahendavaid virtuaalseid Z - ja W -bosoneid. Nende mõju tema magnetmomendile on küll märksa väiksem, sest footon on massitu, Z ja W aga massiivsed ja neid on raskem tekitada. Veel võivad müüoni magnetmomenti mõjutada hoopis senitundmatud rasked osakesed, mis annaksid endast esialgu märku ainult sel moel.

Et eristada viimaste mõju müüonile standardmodeli osakeste mõjust, tuleb kõigepealt välja arvutada standardmodeli panus müüoni magnetmomenti. Näiteks saab väga täpselt välja arvutada nii footonite kui ka Z - ja W -bosonite panuse. Kuid kõige raskem on arvutada hadronite panust. Need on kvarkidest koosnevad liitosakesed, mida hoiab koos tugev vastastikmõju. Peale prootoni ja neutroni on olemas terve hadronite loomaaed. Tugeva vastastikmõju – nagu nimetuski ütleb – tugevuse tõttu kasvavad arvutused teoreetikul kiiresti üle pea.

Üks kaval võimalus sellest üle saada on lasta arvutada loodusel endal. Selleks mõõdetakse kiirendis ära hadronite omadused, mida arvutada ei osata, ja kasutatakse neid teistes arvutustes ära. Aastakümneid harjutanud teoreetikud on muutunud selles omajagu osavaks. Ühes hiljutises teadustöös aga kasutasid teoreetikud (BMW teadusrühm) teist võimalust hadronite mõju ennustada: superarvuteid kasutades matkiti kvark- ja gluonväljade mõju müüonile otse. Arvutamiseks jagatakse imiteeritav väike aegruumiosa võreks, otsekuu vedrumadratsiks, mille sõlmpunktides kvantväljad võnguvad. Ent säärast „otse“ tehtud arvutiimitatsiooni saab taas tegelikkusega kokku viia siiski eel-

Müüoni anomaalse magnetmomendi arvutamine



Müüoni anomaalset magnetmomenti arvutatakse Feynmani diagrammide abil. Diagrammid kirjeldavad, kuidas osakesed, millel on müüoniga vastastikmõjud, teda mõjutavad. Virtuaalsed osakesed, mida müüon kiirgab ja neelab, on joonisel esitatud heledama värvusega. Kõige lihtsam võimalus on, et müüon kiirgab ja neelab virtuaalse footoni (esimene diagramm teisel pool võrdusmärki). Standardmudelist on kõige halvemini teada hadronite (kvarkidest koosnevad osakesed) panus (teine diagramm teisel pool võrdusmärki). Kui peaks olemas olema mõni senitundmatu osake, näiteks mingit uut jõudu vahendav Z' -boson, võib ta endast märku anda müüoni anomaalse magnetmomendi kaudu (viimane diagramm)

dusel, et rakendatakse parasjagu tehnilist meisterlikkust ja kavalaid trikke.

Esimese meetodi tulemused kokku võtnud rahvusvaheline teadlaste koostöökogu leidis, et standardmudeliga ei ole võimalik uusi mõõtmistulemusi ära seletada. Kuid 7. aprillil, samal päeval, kui Fermilabi uus tulemus avalikustati, ilmus tuntud ajakirjas Nature ka BMW teadusrühma artikkel, kus väidetakse, et tulemuse seletamiseks ei ole uusi osakesi vajagi. Artikli autorite meelest võib piisata hadronite panusest. Teist meetodit rakendanud teadlased väidavad, et standardmudelist ikkagi piisab.

Varem kaheldi, kas eelmise eksperimenti paarikümne aasta vanune tulemus on õige. Praegu näib, et eksperiment peab vett, kuid vastuolu on kahe teoreetilise ennustuse vahel. Nende mõlema puhul on tegu keeruliste arvutuste tulemusega. Kuid kindlasti kannustab uus tulemus teoreetikuid peagi välja selgitama, kellel on õigus ja kellel midagi kahe silma vahele jäänud. Siis saab ka selgeks, kas eksperimentaalse tulemuse äraseletamiseks on vaja uut füüsikat või aitab vanast heast standardmudelist.

Muidugi me loodame, et standardmodeli ennustus jääb katsetulemusest väiksemaks. Sel puhul on füüsikud pakunud rohkesti võimalusi, kuidas müüoni anomaalset magnetmomenti seletada.

Üks tuntud võimalus on pikka aega populaarne olnud supersümmeetria. Loodeti, et see võimaldab korraga lahendada mõistatuse, miks Higgsi boson on nii kerge, samuti tumeaine olemuse ja muidugi ka müüoni $g-2$. Supersümmeetria ennustab, et igal osakesel on samasuguse laenguga, aga teistsuguse spinniga partner. Euroopa tuumauuringute keskuse osakesteikiirendis (LHC) on neid partnereid algusest peale hoolega otsitud, kuid leitud ei ole. Ent võimalus, et supersümmeetrilised osakesed on otse nägemiseks liiga rasked ja et nad mõjutavad ainult müüonit, on veel olemas.

Kui juba on olemas Higgsi boson, kas ei või olla veel teisigi samalaadseid osakesi? Kui oleks olemas teine Higgsi boson, võib ta samuti olla LHC-s tekki-

miseks liiga suure massiga, aga suudaks müüoni magnetmomenti mõjutada.

Eesti osakestefüüsikud keemilise ja bioloogilise füüsika instituudis on uue tulemuse valguses uurinud kahte uumat võimalust seletada müüoni anomaalset magnetmomenti. Meenutame, et seda mõjutavad virtuaalselt kõik müüoniga vastastikusesse mõjuseosesse astuvad osakesed. Teoreetikud on pakunud nn võltsoosakesi, mis saaksidki leida ainult virtuaalsena. Kuna katses ei ole võimalik neid tekitada, võiksid nad olla märksa kergemad kui samalaadsed tavalised osakesed. See aitab uut tulemust lihtsamini ära seletada, ilma et mindaks vastuollu kiirendimõõtmistega seal, kust on juba tavalisi selliseid osakesi otsitud. Teiseks uuriti, kas müüoni $g-2$ saab selgitada suurema spinniga osakestega. Paraku need seda suurust eriti ei mõjuta, kuid võivad olla näiteks eksootilise tumeaine kandidaadid. •

Rahvusvaheline teadlaste koostöökogu leidis, et standardmudeliga ei ole võimalik uusi mõõtmistulemusi ära seletada.

Teist meetodit rakendanud teadlased väidavad, et standardmudelist ikkagi piisab.

Andi Hektor (1975) on keemilise ja bioloogilise füüsika instituudi vanemteadur. Tema teadustöö põhisuunad on osakestefüüsika, astroosakestefüüsika, kosmoloogia, kosmilised kiired ja andmeteadus.

Kristjan Kannike (1978) on keemilise ja bioloogilise füüsika instituudi vanemteadur. Tema teadustöö põhisuunad on osakestefüüsika, kosmoloogia ja varajase universumi füüsika.

ILM JA SELLE PARANDAJAD

Kõigega maamuna peal võib midagi peale hakata, kõike on võimalik parandada ja reformeerida, kuid ilma vastu pole midagi võimalik ette võtta.

Karel Čapek

Riik peab kontrollima kõike ja kõiki, igat protsessi, mis maa peal toimub – olgu see ilm või massimeedia.

Vladimir Žirinovski

Ilmaga on tulnud kohaneda, seda on püütud ka parandada, moodsamalt öeldes – modifitseerida. Teatmikes räägitakse nii ilmade kui ka kliima (lihtsamalt: ilmade režiimi) modifitseerimisest.

Seda tegevust nimetatakse ka geoinženerinduseks: tehnoloogiline sekkumine Maa kliimaprotsessidesse, mille abil on võimalik leevendada kliimamuutuste mõju. Neid muutusi oleme täheldanud ka ise: kui aastatel 1961–1990 arvutati Eesti keskmiseks õhutemperatuuriks 5,2 °C, siis viimaste kliimanormide järgi (1991–2020) oli see juba 6,4 kraadi! Ja mulluse talve pikkuseks võis tinglikult arvestada ainult neli päeva.

Kes (mis) on süüdi? Mida teha?

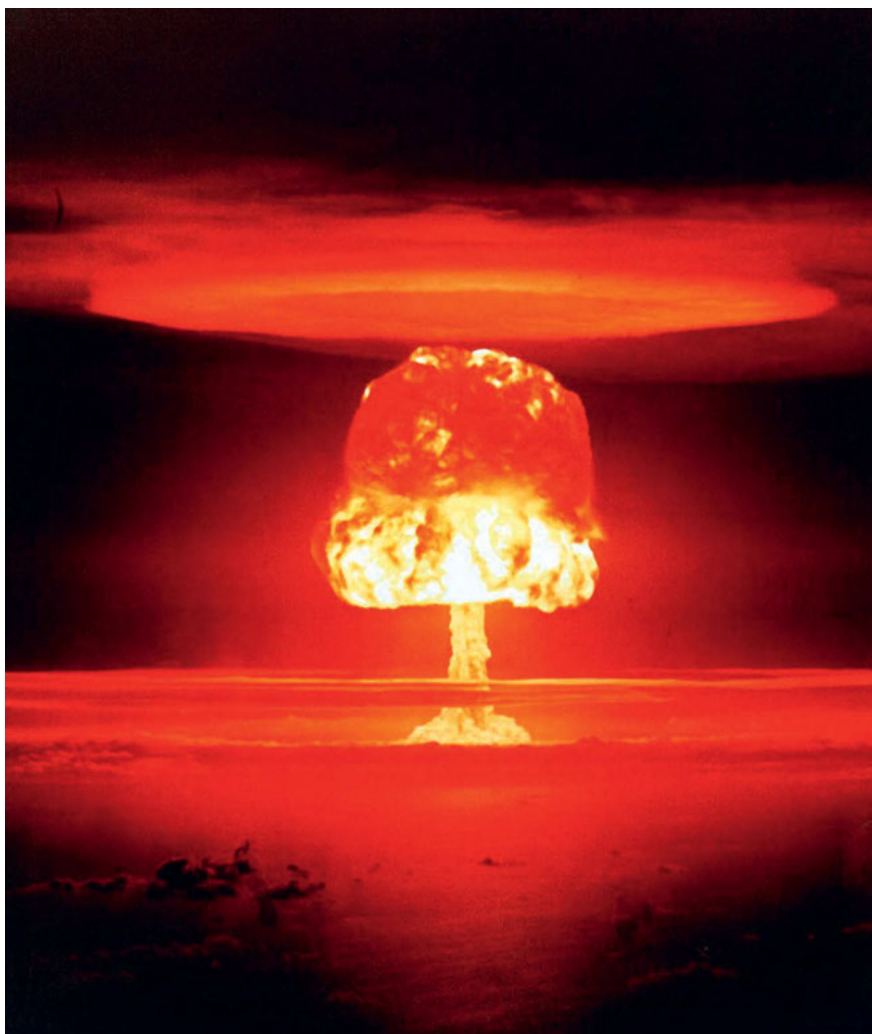
Kliima modifitseerimise meetodeid on pakutud õige palju. Hiljaaegu kirjeldati üht moodust, mismoodi takistada globaalset soojenemist: saata stratosfääri õhupalliga tohutu ports aineosakesi, täpsemalt kaltsiumkarbonaati, mis peegeldaks päikesevalgust ega laseks liigset soojust Maale.

Meenutuseks: möödunud sajandi kuuekümnendail aastail paistis hoopis, et meie planeedi kliima kaldub kiiresti jahrenema. Ilmus artikleid, kus arutati, kuidas vähendada suurte jääväljade peegeldusvõimet, puistates tahma jms Gröönimaale ja Antarktikasse. Ning arutleti, kes või mis on kõiges süüdi: kas loodus ise või inimene.

Antropogeenset kliimamuutust on püütud takistada juba sajandeid tagasi. Kas inimene on muutunud tõesti nii võimsaks, et on võimeline kliimat muutma, loodust ümber kujundama? Ja mis ajast peale? Sellest võib veel aru saada, et tuumapommidega või mõnel muul viisil saab nii maad kui ka ilma

pahupidi keerata – ega's muidu poleks ÜRO peaassamblee 1974. aastal soovitanud keelata sõjalistel eesmärkidel ilma muutvad projektid. Aga sedalaadi sigaduse mooduseid on väga palju.

Kuidas siis teistele külma teha? Inimkonna ajaloos oli üks karm ajajärk, mida nimetatakse väikeseks jääajaks. Loomulikult huvitasid toona-seid inimesi säärase külmaperioodi tekked ajendid. Tollased kompetentsed organid selgitasid põhjaliku uurimistöö tulemusena ka hädade põhjused: need olid inimeste tekitatud. Ilmnes, et peaaegu kõikides riikides tegutses harukordselt palju nõidasid. Teiseks põhjuseks peeti kogukondade patust eluviisi. Üksikasjalik andmete eritlus näitas, et nädalaid kestvad vihmad, rahhood ning põuad ei saa kuidagi olla looduslikud.



WIKIPEDIA

Aatomipommiplahvatused tornaadosid ei tekita ja samuti ei tasu nendega orkaanide vastu võidelda. Pildil on näha 1954. aasta märtsis Bikini atolil aatomipommi katsetusel tekkinud tuumaseen



WIKIPEDIA

Lennukite heitgaasid mõjutavad atmosfääri koostist ja omadusi

Olukord olevat paranenud, kui 1580. ja 1595. aastate vahel põletati Lõuna-Prantsusmaal 800 nõiada (üldse olevat nõidumise pärast Euroopas elu jätnud õige mitu tuhat ilma või kliima ümberkujundajat). Uurimiselused tunnistasid muu hulgas, et neil oli kuratlik plaan hävitada viinamarjavälju, viljapõlde ja viia elanikud nälja abil meeleheitel, ajendades lausa kannibalismi!

19. sajandil muutus nii kliima kui ka selle muutumise põhjused. 1869. aastal arutati ajakirjas Scientific American, kas hulga uute raudteede tõttu on suvised vihmad muutunud preerias üha tugevamaks. Üks preester leidis omakorda, et seitsaadi, kui koloniseeriti Antillide saarestik, on orkaanid seal kandis tunduvalt sagenenud.

Järgmisel sajandil tuli teadlastel selgitada elanikele, et järjest tugevamate vihmahoogude põhjus ei saa olla raadioaparaatide levik.

5. juunil 1953 oli USA-s Nevada katsepolügooni kohal atmosfääris aatomipommi plahvatus. Kolm päeva hiljem pühkisid tornaadod mitmes osariigis minema külasid. Loomulikult seostati nähtust tuumakatsetusega. Meteoroloogidel oli tükki tegemist, et hajutada tekkinud kahtlusi. Selgituseks: ühel korralikul äikesesüsteemil on mitu korda rohkem energiat kui tuumapommil.

Nüüdsel ajal on märksa tõepärasemad kliima kujundajad lennukid, mille heitgaasid mõjutavad atmosfää-

ri koostist ja omadusi. Kui suur on tegelikult lennukite osatähtsus, selgus suhteliselt hiljuti tehtud ainulaadse katse käigus. Nimelt kohe pärast terroriakte 2001. aasta septembris keelati mitmeks päevaks kommertslennum USA ja Kanada kohal. Ja mis selgus – Põhja-Ameerika atmosfäär muutus haruldaselt klaariks. Kui New York välja arvata, siis olevat väga kerge olnud hingata, sest saasteainete hulk õhus vähenes tohutult!

Ja veel üks näide ilmselge agressiooni kohta: 1995. aastal süüdistas Vladimir Žirinovski lääneriike (ka meid?) selles, et need olevat saatnud põuase ilma Venemaa kohale.

Kui keeraks naabri ilma nassu?

Õigupoolest ei ole idees kasutada ilmastikunähtusi sõjanduses või lihtsalt maailma muutmiseks, midagi uut. Meenutagem piibliaegset ülisuurt uputust. Või mõnda toliaegset lahingut, näiteks seda, kuidas Joosua võitis viie kuninga väe, pommitades seda hiigelrahega: „Jehoova heitis nende peale suuri kive nõnda, et need surid, neid, kes surid rahekividest, oli rohkem kui neid, kelle Iisraeli lapsed tapsid mõõgaga” (Joosua rmt, 10:11).

Tänapäeval ei ole eriline kunst ära hoida rahet või vihma, samuti kutsuda kemikaalidega esile paduvihma – meenutagem kasvõi Vietnami sõda, kui ameeriklased uputasid vietkongide džungliradu.

Ilma muutmise kõrgtase oleks aga suutlikkus luua või taltsutada orkaa-

ne. Ent orkaanide loomine ja nende tahtlik suunamine on hoopis iseasi. Ameerika Ühendriikides on õige mitu tegelast, kes kuulutavad, et praegune väidetav ilmasõda on täiesti võrreldav nn tähesõdadega. (Muide, ilmasõjaks kutsuti kaheksakümmend aastat tagasi, maailmasõja ajal, võitlust meteoroloogilise teabe eest, eriti vaenlase tagalas.)

Sellise uue sõjapidamisviisi prohvetite hulgas on isegi sõjaväelasi, nagu kolonel Tom Bearden, aga ka meteoroloog ja niisama ilmahuvilisi.

Pärast orkaan Katrina hävitustööd 2005. aastal avaldati meedias märksa rohkem kirjutisi ilmasõjast kui varem. Sageli tsiteeriti Idaho osariigi ühe telejaama ilmameest Scott Stevensit. Too väitis, et tol aastal USA-d rünnanud orkaanides on süüdi Jaapani Yakuza maffia, kellele KGB olevat müünud salajase ilmarelva juba aastaid tagasi. Ja põhjus olevat kättemaks 60 aasta eest Hiroshimale sooritatud aatomirünnaku eest!

Paar aastat varem, 1997. aastal, kuulutas USA kaitseminister William Cohen terrorismivastasel nõupidamisel, et vaenlased võivad edaspidi kasutada „öko-tüüpi“ relva, et muuta kliimat ning elektromagnetlainete abil kutsuda esile maavärinaid ja vulkaanipurskeid.

Viimati olevat seesuguseid laineid kasutatud just orkaanide Ivan ja Katrina korral. Telemees Stevens märkis, et isegi väljavalitud supertormide nimed olevad venepäraseid!

(Muide, veel 2019. aastal soovitas president Donald Trump aatomipommidega purustada USA-d ähvardavad orkaanid juba eos, Aafrika lähedal.)

Kõik suurriigid püüavad ilma teha, ka Venemaa. Ajalehes Nezavisimaja Gazeta (23.08.2001) kurtis Obninskis asuva teaduslik-tehnilise ühenduse Taifun peadirektor Aleksei Orljanski, et nende asutuse head ajad on kahjuks möödas. Niisugust laborit, kus saab sellises ulatuses luua nii tormi, udu kui ka äikest, polevat ühelgi teisel riigil. Nõukogude eksperimentaalse meteoroloogia õitseag oli külma sõja ajal, nüüd vaeveldakse rahapuuduses, hulk teadlasi olevat lahkunud välismaale.

Eskadrillid soolakottidega, millega külvistada pilvi suurte riigipühade eel, olevat aga endiselt lennuvalmis. •

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

Saja aasta eest Kanadas

Saja aasta eest alustati Kanadas Torontos katseseeriat, mille tulemusena töötati välja insuliinravi. Aastakümnetepikkuste pingutuste järel saadi aru diabeedi biokeemilisest olemusest ning suudeti patsiente aidata. Tee patsientide täieliku tervendamiseni suhkurtõvest ei ole siiski veel lõpuni käidud.

Diabeet tähendab niisuguseid haiguslikke seisundeid, millele on omane tugev janu ja rohke kuseeritus. Suhkurtõbi, *diabetes mellitus* (kr *diabainein* 'läbi kulgema'; ld *mellitus* 'mesimagus') on üks sellistest. Tegemist on ainevahetushaigusega, mille sümptomid on vere ja uriini suurenenud glükoosisisaldus ning rasvade ainevahetuse häired.

Tõvel eristatakse mitut vormi, tunnuimad on I ja II tüüpi diabeet. Neist esimene on autoimmuunhaigus, millesse haigestuvad enamasti lapsed ja noored. I tüüpi diabeet on insuliinisõltuv, see tähendab, et kõhunäärme (pankrease) nn beetarakud ei suuda toota insuliini – hormooni, mis muu hulgas reguleerib vere glükoosisisaldust. Insuliini puudumisel ei saa rakud glükoosist elutegevuseks vajalikku energiat ning inimese raviks tuleb seda hormooni manustada süstides. I tüüpi diabeedi teket soodustab pärilik eelsoodumus; haiguse võib vallandada mõni väline tegur, näiteks põetud viirushaigus.

II tüüpi diabeet algab enamasti täiskasvanueas. Seda tüüpi suhkurtõbi on insuliinisõltumatu ja kulgeb aeglaselt. Puue on sel juhul kergem ning haigus allub tabletravile ja dieedile. II tüüpi diabeeti põhjustab pankrease puudulik töö või keharakkude vähenenud tundlikkus insuliini suhtes; sellesse haigestumist soodustab aga ülekaal, vähene liikumine, pärilikkus ja vanus.

Tänapäeval on maailmas üle 460 miljoni diabeetiku, see on ligi 9% täiskasvanud elanikkonnast. 90% haigetest põeb II tüüpi, mõnes populatsioonis üle poole täiskasvanuid. Diabeet põhjustab aastas ligi viis miljonit surma. Eestis põeb I tüüpi diabeeti üle 7000 inimese, II tüüpi on diagnoositud 65 000 inimesel, kuid enese teadmata võib seda haigust põdeda veel niisama palju inimesi. See teeb muret, sest diabeedi progresseerudes kaasnevad arvukad tervisemured.



WIKIPEDIA

1921. aastal alustas noor Kanada arst Frederick Banting katseseeriat, mis võimaldas järgmisel aastal töötada välja insuliinravi

Minevikus oli suhkurtõbi haruldane

Juba muistses Indias jagati suhkurtõbi kaheks: laste ja ülekaaluliste haiguseks. Euroopa teadus hakkas I ja II tüüpi diabeeti eristama 19. sajandi lõpus. Mineviku arstidel oli teada, et

Eestis põeb I tüüpi diabeeti üle 7000 inimese, II tüüpi on diagnoositud 65 000 inimesel, kuid enese teadmata võib seda haigust põdeda veel niisama palju inimesi.

haigete uriinis on suhkrut. Pole kindel, kas arstid uriini ka maitsesid. Pigem pandi tähele haige uriini juurde kogunevaid sipelgaid, kärbeid jt. Uriini eripära oli põhjus, miks diabeeti peeti pikka aega neeruhaiguseks. Nagu toona kombeks, raviti seda muu hulgas aadrilaskmise, oopiumi jms. I tüüpi diabeeti põdejad ei elanud tolal kaua, veel 20. sajandi alguses kuni aasta pärast haiguse diagnoosimist.

Et kompenseerida uriiniga kaotatat suhkrut, soovitasid arstid patsientidel palju süüa (üks töve sümptomeid oli suurenenud söögiisu). Paarisaja aasta eest tekkis aga vastupidine meetod, n-ö näljaravi. See lähtus tähelepanekust, et paastuajal või sõdadega kaasnenud näljapuhangute järel patsientide seisund paranes. 20. sajandi alguses oli populaarne dr Frederick Alleni näljadiet, mille lähtealus oli süsivesikute võimalikult vähene (ja selle võrra rohkem rasvade) tarbimine. See meetod oli väga spartalik, kuid aitas haigeid kauem elus hoida, näiteks oli esimene insuliinisüsti saanud patsient niimoodi elanud viis aastat.

Langerhansi saarekesed

1869. aastal avastas Saksa patoloog Paul Langerhans pankreasest rakukogumid, mis nimetati hiljem tema järgi langerhansi saarekesteks (ld *insula*). Praegusajal teame, et neis asuvad pankrease beetarakud, mis sünteesivad insuliini. Kuivõrd toona arvati, et iga organil on üks funktsioon (pankreasel seedimine), ei osatud „saarekestes“ tähtsust veel hinnata.

Kui 1889. aastal eemaldasid Saksa arstiteadlased Oskar Minkowski ja Joseph von Mering seedimisele kesken- dunud uuringute käigus koeralt pankre- aduse, siis olevat nad legendi järgi märke- ganud kärbeste kogunemist katselooma puuri juurde. Ilmnes, et koera uriini- nis leidis suhkrut. 1901. aastal seostas Ameerika arst Eugene Opie suhkur- töbe langerhansi saarekestes patoloogi- a.

Eelmiseks sajandivahetuseks jõuti arusaamisele, et organid võivad vere- ringe kaudu osaleda ka keerukamates protsessides. 1903. aastal sõnastasid briti füsioloogid William Bayliss ja Ernest Starling hormooniteooria, mille kohaselt eritavad sisenärenäärmed bioloogiliselt aktiivseid aineid, mille abil reguleeritakse organismi eri funktsioone. Algas organoteraapia ehk elundiekstrakti ravi kuldaeg: erisuguste hormonaalsete haiguste raviks püüti



Pankreasest eraldatud ravipreparaat sai 1922. aastal ametlikult nimeks insuliin

kasutada asjaomastest organitest tehtud ekstrakte. Juba 1890. aastatel raviti kilpnäärme alatalitlust edukalt kilpnäärme valmistatud preparaatidega. Samamoodi püüti diabeeti ravida pankreasest tehtud ekstraktidega. Teadaolevalt katsetas sellist meetodit Esimesele maailmasõjale eelnenud ajal vähemalt 400 arsti.

Mängu tulevad kanadalased

20. sajandi alguseks oli teadus jõud- nud arengujärku, kus samal ajal töötas ühe teema kallal mitu teadlasrüh- ma. Edusammud ei olenenud enam üksikute geenuste vaimsest tähelen- nusest, vaid oskusest korraldada mees- konnatööd ning leida eri valikutest see õige. Insuliinravi loomiseks kujunesid soodsad tingimused Esimese maailmasõja järel Kanadas.

1920. aasta lõpul valmistas toona 29-aastane noor arst Frederick Banting ette loengut pankreasest. Teda hakkas huvitama, miks senised organoteraapia katsed ravida diabeeti kõhunäärme ekstrakti abil olid ebaõnnestunud. Ta uskus, et pankrease seedefunktsioon – enamik pankreasekoest tekitab seedimises tähtsast pankrease- nööri – lõhustab insuliini. Organoteraapia loogikast lähtuv põhiküsimus seisnes niisiis selles, kuidas saada seesugune pankreas, milles seedefunktsiooni täitvat kude oleks vähe ja langerhansi saarekesi ülemäära. Bantingu arvates seisnes lahendus Moses Barroni tehtud tähelepanekus, et pankreasejuha- de sulgumisel enamik organist kär- bub, aga langerhansi saarekestes mitte. 1921. aasta algul tutvustas Banting oma mõtteid Toronto ülikooli füsioloogiaprofessorile John Mcleodile. Viimane langetas meditsiini ajalugu muutva otsuse, andes noorele teadla- sele võimaluse alustada uuringuid, osaledes neis ka ise. Abiliseks anti Ban- tingu meditsiiniõppur Charles Best.

1869. aastal avastas Saksa patoloog Paul Langerhans pankreasest rakukogumid, mis nimetati hiljem tema järgi langerhansi saarekesteks (ld *insula*). Praegusajal teame, et neis asuvad pankrease beetarakud, mis sünteesivad insuliini.

Läbimurre

Bantingu plaan oli tekitada selline kõhunäärme, kus oleks ülekaalus insuliini tootev kude. Selleks seoti doonor- koertel pankreasejuhad kinni ning oodati paar nädalat, kuni pankreas kärbus. Seejärel katsetati eemaldatud pankreasega katseloomadel pankre- sest tehtud ekstrakti. Koeri oli keeru- kas ja aeganõudev opereerida ja nad ei pruukinud ellu jääda, kuid tasapisi lii- guti oodatud tulemuste poole. Lahen- duse pakkus järjekordne tähelepanek, mille järgi ei ole sündimata loodete kõhunäärmetes veel välja arenenud kude, mis osaleb seedimises. Edaspidi kasutati uurimistöös tapamajadest saadud vasikate looteid.

Banting ja Best süstisid teineteisele enda loodud preparaati, mida peatselt hakati nimetama insuliiniks, ja tüsis- tusi ei ilmnenud. Seejärel oli mees- kond 1922. aasta jaanuaris valmis katsetama oma toodet patsiendi peal. Siin oli esialgu tagasilööke – preparaat ei olnud ilmselt piisavalt puhas ja tek- kis põletik –, kuid peagi hakkas esi- mese insuliinravi patsiendi, Leonard Thompsoni seisund paranema. Astu- tud oli suur samm, mida kroonis 1923. aastal Bantingule ja Mcleodile antud Nobeli auhind (nad jagasid auhinnaaraha Besti ja meeskonnatöös osalenud biokeemiku James Collipiga).

Tegelik töö miljonite patsientide aitamise nimel aga alles algas. Vaja oli välja töötada insuliini tööstusliku tootmise protsess (see ei läinud üldse libedalt) ja vaielda selgeks leiutise omandiküsimused (patent müüdi süm-boolse hinna eest Toronto ülikoolile). Edasised aastakümned õpetasid, kui- das insuliini patsientidele õigesti ma- nustada. Samuti selgus selle hormooni keemiline valem; alates 1980. aastast on insuliini toodetud tööstuslikult biotehnoloogiliste meetoditega. Uuri- mistöö jätkub ja uurijate senine visa- dus sisendab lootust, et tulevikus on võimalik suhkruhaiged täielikult tervendada. •

Ken Kalling, meditsiiniajaloolane

ANU KANNIKE, ESTER BARDONE

TALLINNA NAISKUTSEKOOI ÕPILASE KONSPEKT AASTAIST 1922–1924

Toidukultuuri ajalugu uurides äratavad huvi käsikirjalised retseptivihikud ja kodumajanduskoolide või -kursuste konspektid. Need annavad aimu kunagisest kokakunstist ja kajastavad sedagi, mida kodumajanduse õpetajad on pidanud oluliseks rõhutada ja milliseid uuendusi õpilastele edastada. Kodumajandusharidus seostub ühtlasi naisajaloo, kodusfääri ja ajastu ühiskondliku mõtte lõimumisega. Siinses kirjutises võtame lähema vaatluse alla Tallinna naiskutsekooli õpilase konspekti aastatest 1922–1924.



RAHVUSARHIIV

Tallinna naiskutsekooli majapidamisosakonna õpilased 1926. aastal

Teaduslikkusel ja ratsionaalsusel põhinev kodumajandusharidus hakkas Ameerika Ühendriikides ja Lääne-Euroopas arenema 19. sajandi viimasel veerandil. Pärast Esimest maailmasõda eeldati, et hea perenaine ei ole mitte ainult püüdlük ja usin, vaid ka asjatundlik.

20. sajandi algusaastatel hakkasid Soome majapidamiskoolides õppinud neiud korraldama keedukursusi ka Eestis. 1910. aastatel asutati esimesed majapidamiskoolid, milles oli juhtroll naistel ja naisorganisatsioonidel. 1920. aastatel kujunes Eestis välja lai kodumajanduskoolide võrgustik. Iseisvusaja lõpuks tegutses siinmail 44 kodumajandusõppeasutust, sõdade vahelises Eesti Vabariigis sai kodumajandushariduse umbes 6000 naist.

Kutseline kodumajandus

Üks esimesi ja mõjukamaid kutse- lise kodumajanduse kasvulavasid oli 1922. aastal tegevust alustanud Tallinna linna naiskutsekool. Selle rajaja, Soome Ateneumi kunstikooli lõpetanud Anni Varma (1891–1957) seadis eesmärgi anda väljaõpet kutselistele kodumajandusasjatundjatele, käsitöö- õpetajatele ja lasteaednikele. Toitlustust õpetati kooli majapidamisosakonnas, algul kaheaastase, 1936. aastast aga kolmeaastase õppeajaga. Ette oli nähtud kaks kuud suvist praktikat perekonnas või asutuses, edasijõudnud õpilased valmistasid koolivälistele tellijatele külm- ja kohvilaudu. Kooli missioon ei olnud õpetada mitte üksnes kutseoskusi, vaid luua kasvatus- asutus, kus „õpilane on pandud tööta- ma, mõtlema, arutlema, analüüsima ja kritiseerima“.

Anni Varma kõrval õpetas naiskutse- koolis Rootsis hariduse saanud Hilda Ottenson (1896–1990), kellest sai hiljem üks tuntumaid kodumajandus- autoriteete. Kuigi Teise maailmasõja ja riigikorra muutuse tõttu ei suudetud kooli oma maja valmis ehitada ning Anni Varma küüditati Siberisse, kest- sid ja levisid kodumajandusteadmised ja -oskused naiskutsekoolis hariduse saanud naiste kaudu veel aastaküm- neid, ka nõukogude ajal.

Köök olgu praktiline ja „pisilasteta“

1922. aastal asus hiljuti avatud nais- kutsekooli majapidamisosakonda õppi- ma 17-aastane Marie Vestenberg (Kop- pel) (1904–1991), kes oli pärit Tallinna postiametniku perest. Hiljem oman-



Tallinna naiskutsekooli juhataja Anni Varma

das ta ka meditsiiniõe kutse ning töö- tas mitmes lastekodus ja haiglas. Tema säilinud konspektides on märkmeid majapidamisteooria loengute kohta ning rohkesti retsepte ja hoidiste val- mistamise õpetusi. Need vihikud anna- vad hea ettekujutuse kooli õppe- kavast, toonastest kultuurinormidest ja väärtushinnangutest ning tolle aja kohta moodsast ja edumeelsest toidu- kultuurist.

Konspektidest selgub, et majapida- misteooria tundides saadi põhjalik ülevaade, milline on nõuetekohane praktiline köögisisustus, kuidas pida- da toidutegemisel kinni hügieenist ning vältida ja hävitada „pisilasi“. Üksikasjalikult on kirja pandud nõu- ded köögile: see pidi olema valguskül- lane, praktiliselt sisustatud ja kergesti puhastatav. Kapid ja riiulid tuli ehitada perenaisele käepäraseks, nõude- pesuks oli vaja sisse seada eraldi tsink- plekiga üle löödud laud. Köök pidi ka kena välja nägema, seetõttu soovitati

„inetumad nõud“ paigutada kinnises- se kappi. Eriti tähtis oli silmas pidada, et asjadel oleks oma koht ja köögitöid tehtaks kindlas järjekorras.

Rohkem euroopalikke ja taimseid toite!

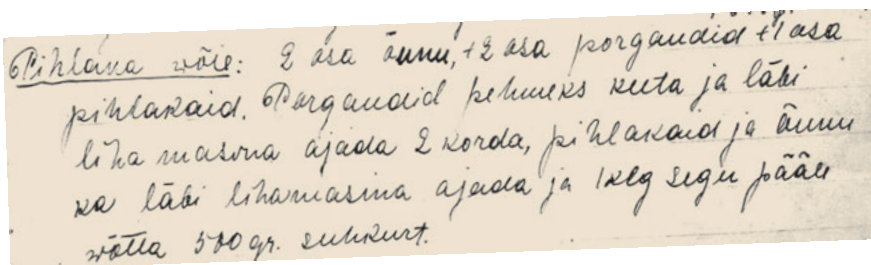
Märkmetest nähtub, et toiduvalmista- mise kõrval õpetati naiskutsekooli kasvandikele menüüde koostamist, toitute serveerimist ja lauakombeid. Tollal peeti oluliseks tutvustada eesti neidudele teiste maade rahvuskööke (eeskätt Skandinaavia, Vene-Poola, Prantsuse, Inglise), mis osutab püüd- lustele olla ka toidukultuuri mõttes osa Euroopast ja pigem hoiduda balti- saksa mõjudest. Nii on vihikutes kirjas näiteks venepärase borši, Hispaania pu- dingi või Inglise tomatisuupi retseptid.

Samuti leiab Vestenbergi konspekti- dest väga mitmekesise taimetoitude retseptivaliku. Seega propageeriti tol- lal uudseid taimseid roogasid juur-, aed- ja puuviljadest. Neid soovitasid toitumisspetsialistid ka ajakirjandu- ses, leides, et perenaised ei hinda tai- metoite piisavalt ega oska neid kuigi hästi valmistada.

Peale tavapäraste köögiviljade on Marie Vestenberg üles tähendanud, mismoodi kasutada toitutes maapiri- ni, mustjuurt, suhkru- ja kaerajuurt, maniokki, bataati ja mangoldit ehk lehtpeeti. Mustjuure ja lehtpeedi koh- ta on õpetaja rõhutanud, et need on kasulikud toidutaimed, mida kasva- tatakse Eestis veel liiga vähe.

Uus linlik toidukultuur

Naiskutsekoolis õpiti valmistama ka liha- ja kalakonserve ning õhukindlaid hoidiseid. Tähelepanu äratavad sega- hoidised, näiteks konserveeritud „supijuured“ (seller, porru, pastinaak ja petersellijuured) ning pihlaka-õuna- porgandivõie ja rabarberi-sidrunivõie. Siinkohal tasub märkida, et hoidiste valmistamine ei olnud tollal eesti ko- dudes veel levinud. Küll pidasid kodu- majandus- ja toitlustusspetsialistid juba siis oluliseks hoidiste tervislik-



"Hyvät ässät"
 500g Taineväriä
 100g suhkrua
 1 1/2 muna, 1/2 ts soodaa
 200g riisijauhoja
 1 ts vaniili
 1/8 ts sulamist

"Herkullinen puuro"
 500g vettä, 100g jähmeää
 3/4 ts suuri
 2 ts sulamist
 vaniili, 1 vt. kaeratangua



ANU KANNIKES ERAKOGU

Tallinna naiskütsekooli majapidamisosakonna õpilane Marie Vestenberg (all paremal) koos sõpradega 1922. aastal

kust (vähest suhkru- ja soolasisaldust), mida võimaldas tollal uudne tehnoloogia – Weck-purkide tarvitus.

Konspektist leiab palju soomepärase roogade retsepte. Mitmete toitude nimetused ongi kirja pandud soome keeles, näiteks kaeratangust, õuntest ja jõhvikatest hõrk puder oli herkulinen puuro, kõverikud kaneeliküpsised aga hyvät ässät. Põhjus, miks neid soomemõjulisi näiteid Marie Vestenbergi vihikuis rohkelt leidub, seisneb selles, et Anni Varma kõrval olid koolis põhiõpetajad soomlannad Helena Oikkonen ja Eine Saari. Soome õpetajaid oli teistegi majapidamiskoolides ning Soome toidukultuuri toodi 1920.–1930. aastatel eeskujuks ka ajakirjanduses ja kokaraamatuis.

Kokkuvõtteks võib tõdeda, et nendes sajandivanustes vihikutes kajastub ilmekalt üks noore Eesti riigi argielu moodsamaks muutumise tahke – uus linlik toidukultuur, mis väärtustas efektiivset majapidamist ning mitmekesist ja tervislikku toitumist. •

LOE LISAKS:

Anni Varma (toim). Tallinna Linna Naiskütsekool: viisteist aastat. 1922–1937.
 Anu Kannike, Ester Bardone. Veri või viil! Võitlus tervisliku toitumise eest 20. sajandi algupoole Eestis. – Tuna nr 2, 2018, lk 42–59.

Anu Kannike (1967) on etnoloog, ERMi vanemteadur, kes uurib 20.–21. sajandi argikultuuri, eeskätt kodu- ja toidukultuuri teemasid.

Ester Bardone (1975) on Tartu ülikooli etnoloogia lektor, kes keskendub oma teadustöös toidukultuurile ja kultuuripärandiga seotud protsessidele tänapäeval.

Inglise moodi tomatisupp.
 1/2 kg. tomatid, 1/2 kg. suvi
 2 suurt sibulat, 1 seller
 ehk 5–6 selleri varr.
 2 naerist / kaerast /
 2 porgandit, 70g. riisi
 1–2 tunda / 1/2 tunda päree /
 Riis aineel kaur, 1/2 tunda, lisat 2 1/2 l
 Liha keetud liis 7–8 tunda, ja köit. keedet, tasasel
 Lülil. Supp aetase lühil.
 sile, maist, popar, soola, valatase kuumalt, keedet riisi pääl

Hispaania puding
 5 muna, 1/2 ts suhkr, 1/2 ts kakaot
 2 spl. riisi, 2 spl. jahu
 2 spl. mandleid
 vaniisse 300 sulamist.
 Muna kollane, sulamist, piim, kakaotase
 kastetud kuni paksuseks läheb, kastetud riis, lülil
 ja kakaot. kuni jahtunud. Siis kakaot, jahu, mandel.
 ja valule munavalge koorika, sulamist seelast
 pannil ja valat. koke kuiva oomi, mida siis
 koke kürest. riigi kaerast, riisi et vormi sulm, kaas au.
 Segu valat. vormi ja keedet vee, mikes – 1–2 tunda
 Siitase väikegi kastega.

Retsepte Marie Vestenbergi konspektist: pihlakavõie, hyvät ässät, herkulinen puuro, Inglise moodi tomatisupp ja Hispaania puding

RETSEPTID: ANU KANNIKES ERAKOGU



FOTO: ERAKOGU

IVAR PÕLLU

NÄITEKIRJANIK JA LAVASTAJA

Kuigi olen sattunud tegutsema nii-öelda ilukirjanduslikku sfääri (teater ja muusika), olen üles kasvanud pigem (populaar)teaduse najal. Tehnikaleksikon ja antiigileksikon olid mulle alati põnevamad kui ilukirjandus või teater. Ja ajakirjadest Horisont kui kõik loodusteadusest ja Pikker kui kõik ühiskonnateadusest. Eriti meeldisid mulle need vanad Horisondid, kus fotosid eriti polnud, aga see-eest olid Edgar Valteri julged illustratsioonid. Seda enam, et teadusartiklite kõrval ilmusid seal ka ulmejutud (milline julge kombinatsioon!). Teadus oli optimistlik ja ülbe, eriti nõukogudemaal. Mulle selline käsitus väga sobis, teadus oli uljas ja piiritu, et

tiivustada mõtlema millest tahes. Kohe pidi kõik selgeks saama, viimased otsad kokku viidama, kõik takistused seljatatama.

Ka hiljem ülikoolis filoloogiks õppides avastasin, et tihti-peale on kirjandusteadus palju huvitavam kui kirjandus ise. See tähendab, et teooriad ja vahendid, millega kirjandust uurida, on palju huvitavamad ja loomingulisemad kui kirjandus ise. Ja sama kehtis teatri kohta: teatriteadus oli palju sügavam ja avastuslikum kui teater ise. Teatriteaduse töövahendid tundusid palju täpsemad maailma mõtestamise vahendid kui need, mida kasutati teatris.

Hiljem olen aru saanud, et tegin teatrile ja kirjandusele liiga, sügavuse ja põhjendatuse püüdlused pole võõrad ka seal. Ainult et „teha nii nagu õige“ või „teada seda, mis on juba öeldud“-jõud on kunstis suurem ja õigustatum. Sest kirjandusel ja teatril on keel, millega ta suhtleb publikuga, ning see peab olema vastuvõtjaga ühine, eriti teatril. Juba seda teadmist lähemalt uurida on huvitavam kui veenduda selles teatrisaalis või raamatut lugedes (et jälle alahinnatakse publikut!).

Teadus on selles suhtes ülbem, teadus leiutab pidevalt edasi. Kui teaduse ja teatri uuenduslikkus kõrvuti panna, siis on teater kusagil seal nivool, kus teadussaavutusest on saanud toidupoos müügile tulev seade. Nii avastasin ka pärast pikaleveninud ülikooli, et palju huvitavam on lugeda Akadeemiat kui ilukirjanduslikku Loomingut ning enamasti on palju põnevam lugeda arvustusi kui nautida seda, millest arvustus kirjutab. Ning et endiselt on palju huvitavam vaadata teaduslikumaid dokumentaalfilme või antropoloogilisi filme kui tihendatud ja estetiseeritud fiktsiooni. Või lugeda pehmemat teaduskirjandust, mitte lugusid kannatavate egomaniakaalsete inimeste elust (mis ilukirjandus enamasti on). Leidsin sellele isegi nimetuse „dramaturgiline talumatus“: pigem soov midagi teada saada, mitte elada kaasa kannatavatele inimestele. Sest heas mõttes dramaturgiat on ka teaduskirjanduses. Esimeses pooles ehitatakse sisestatud uute andmetega üles vastuvõtja eelteadmised ning siis hakkavad tekkima lahendused: mõistmine ja arusaamad oma peas. Seega, heas mõttes taipamuslik kirjandus, kui veab. •

EDIT TALPSEPP

LIIGIPROBLEEM

Kogu meid ümbritsev elurikkus on jaotunud liikidesse – need on eluslooduse klassifitseerimise peamised ühikud, mille konkreetseid esindajaid ehk liigi *taksoneid* tähistatakse teaduslikult kaheosaliste (binomiaalsete) ladinakeelsete nimetustega, nagu *Felis catus* (kodukass) ja *Vulpes vulpes* (punarebane). Levinud arusaama järgi tuleb liigid keskkonnast lihtsalt avastada, identifitseerida ja neile sobivad nimed leida. Tegelikult on liigitamisega seotud küsimused aga märksa keerulisemad, vastavat probleemide kompleksi nimetatakse bioloogiafilosoofias liigiprobleemiks.

Liigiprobleemiga seotud arutelud hõlmavad ühelt poolt küsimusi, kuidas liigi tasandile kuuluvaid klassifitseerimise ühikuid üldiselt määratleda (n-ö liigi *kategooria* probleem): mis iseloomustab liike vastandatuna näiteks bioloogilistele alamliikidele või perekondadele? Teisalt käivad liigiprobleemi alla konkreetsete liikide tuvastamise ja piiritlemisega seotud diskussioonid (n-ö liigi *taksonite* probleem): milliste tunnuste alusel klassifitseerida organisme näiteks kõrvenõgese või põldoa liiki kuuluvaks? Liigiks olemise ja liigikuuluvuse kriteeriumid tulevad teatud teoreetilisi põhimõtteid koondavatest *liigimõistetest*, millest peamised on *bioloogiline*, *ökoloogiline*, *fülogeneetiline* ja *feneetiline* liigimõiste. Igaühel neist on oma puudused, mida alljärgnevalt tutvustan.

Loetletuist on tuntuim Ernst Mayri 1942. aastal defineeritud *bioloogiline liigimõiste*, mille järgi koosneb liik omavahel tegelikult või potentsiaalselt ristuvate isendite populatsioonidest, mis on reproduktiivselt isoleeritud teistest samalaadsetest populatsioonidest. Teisisõnu, sama liigi eri populatsioonide liikmed on võimelised omavahel *sigimisvõimelisi* järglasi saama, eri liikide liikmed aga selliseid järglasi ei saa (nt hobused ja eeslid kuuluvad eri liikidesse, kuna nende ristandid, muulad ja hobueeslid, on üldjuhul viljatud).



VIDA PRESS / ALAMY

Bioloogilise liigimõiste kohaselt koosneb liik omavahel tegelikult või potentsiaalselt ristuvate isendite populatsioonidest. Üks selle liigimõiste põhiprobleem on juhud, kus sama liigi esindajad ei sibi omavahel füsioloogiliste, anatoomiliste vms takistuste tõttu. Arusaadavatel põhjustel on keeruline ette kujutada näiteks emase *chihuahua* ja isase dogi paarumist

Reproduktiivselt isoleeritud populatsioonidest saavad alguse uued liigid, kui nende populatsioonide vahele on evolutsiooni käigus geograafilise vms eraldumise tagajärjel tekkinud ristumisbarjäär. Bioloogilise liigimõiste kasutamise peamine piirang on see, et ta rakendub ainult sugulisel teel sigivate liikidele, kuid enamik organismirühmi paljuneb asekuaalsel teel, mis ei hõlma kaht vanemorganismi. Arvestades veel seda, et seks on eluslooduse ajaloos suhteliselt hiljutine nähtus ning üksteisest eraldunult oma evolutsioonilist arengut läbivad organismirühmad eksisteerisid juba enne sugulise paljunemise teket, oleks ainult bioloogilisele liigimõistele toetumine ebaotstarbekas kitsendus.

Bioloogilise liigimõiste teine põhiprobleem väljendub erandolukordades, mille tõttu on seda raskem rakendada ka mõnede seksuaalselt sigivate populatsioonide puhul. Näiteks võib tuua sellise eri liigist organismide

hübriidiseerumise, mille tagajärjeks on sigimisvõimelised järglased. Seda tuleb ette näiteks paljudel muraka (*Rubus* L.) perekonda kuuluvat liiki. Mõnel juhul võib hübriidiseerumine olla isegi uute, vanemliikidest reproduktiivselt isoleeritud liikide tekke algus.

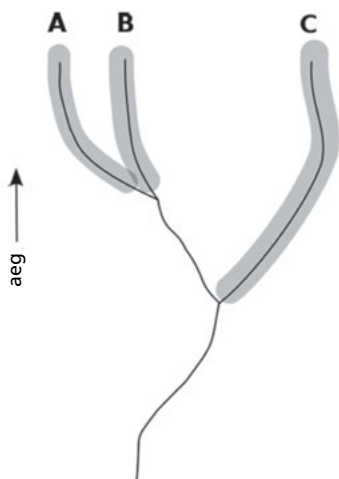
Problemaatilised on ka juhud, kus sama liigi liikmed ei sibi omavahel füsioloogiliste, anatoomiliste vms piirangute tõttu – arusaadavatel põhjustel on keeruline ette kujutada näiteks emase *chihuahua* ja isase dogi omavahelist paarumist. Kolmanda näitena võib sedalaadi erandolukordadest esile tõsta ringliigid. Need koosnevad mõnevõrra varieeruvatest populatsioonidest, mille geograafiline levikuala moodustab ringi või õigemini kaare. Lähedaste populatsioonide liikmed ristuvad omavahel edukamalt kui kaugemate populatsioonide omad ning kaare otstes asuvate populatsioonide vahel on enamasti ristumisbar-

jäär. Seesugused ringliigid tekivad olukorras, kus naaberpopulatsioonid pole evolutsiooni käigus üksteisest reproduktiivselt täielikult isoleerunud, ent kaugemad populatsioonid on kujunenud juba liiga erinevaks, et omavahel ristuda.

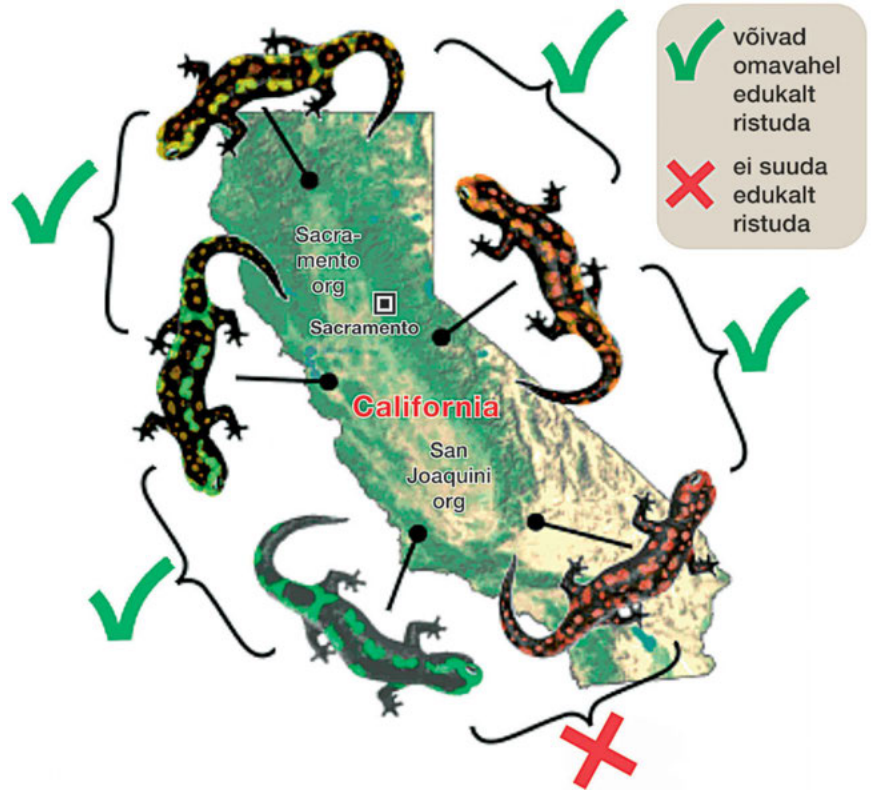
Bioloogilise liigikontseptsiooni ühe variandina on pakutud nn *liigi tuvastuskontseptsiooni*, mille kohaselt moodustuvad liigid üksteist potentsiaalsete sigimispartneritena ära tundvatest organismidest. Ent sellel liigimõistel on hulk samu probleeme ja kitsendusi kui bioloogilisel liigimõistel.

Ökoloogilise liigimõiste järgi moodustuvad liigid sama ökoloogilise nišiga kohastunud, st samu ökoloogilisi ressursse (elupaik, toit jms) tarvivatest populatsioonidest. Selle liigimõiste rakendamise kitsaskoht on aga keerukus määratleda liigi ökoloogilist nišsi: küsitavaks võib jääda, milliste ressursside tarbimine iseloomustab just nimelt liigi tasandi rühma võrreldes näiteks alamliigi või perekonnaga. Näiteks, kui palju võivad populatsioonide elupaigad erineda, et neid populatsioone saaks veel samasse liiki kuuluvaks pidada jne.

Fülogeneetilise liigimõiste järgi on liik oma tekkimise ja väljasuremise sündmustega piiritletud segment organismirühmade põlvnevussuhteid iseloomustaval fülogeneetilisel puul ehk elupuul.



Fülogeneetilisel puul ehk elupuul peetakse uute liikide tekke ja ühtlasi vanemliigi väljasuremise sündmusteks seda, kui mingi liigi populatsioon on oma vanemliigist reproduktiivselt või ökoloogiliselt eraldunud ning ühe vanemliigi asemele on tekkinud uued harunevad tütarliigid. A, B ja C tähistavad eri liike



Kõik joonisel näidatud ja väliselt veidi erinevad California salamandid on klassifitseeritud kui ühe liigi esindajad. Sacramento ja San Joaquin oru ümbritseb katkematu ring üksteisele lähedastest salamandripopulatsioonidest ning naaberpopulatsioonide esindajad võivad edukalt ristuda. Samas San Joaquin oru lõunaosas ehk n-ö ringi otsas on naaberpopulatsioonid kujunenud ristumiseks liiga erinevaks. Juhul kui põhjapoolsed populatsioonid suksid välja, tuleks oru lõunaosas elavad ristumisbarjääriga populatsioonid eristada eraldi liikidena

Uute liikide tekke ja ühtlasi vanemliigi väljasuremise sündmusteks peetakse seda, kui mingi liigi populatsioon on oma vanemliigist reproduktiivselt või ökoloogiliselt eraldunud ja ühe vanemliigi asemele on tekkinud uued harunevad tütarliigid. Kuna seda eraldumist määratletakse bioloogilise ja ökoloogilise liigimõiste kaudu, oleb fülogeneetiline liigimõiste teistest liigimõistetest ning katkeb endas ühtlasi nendega kaasnevaid endeme.

Nüüdseks ajaloo hõlma vajunud feneetiline liigimõiste üritas organisme rühmitada võimalikult teooriavabalt, lähtudes puhtalt nende sarnasusest. Ent tihti erinevad sama liigi eri isendid (nt isas- ja emasloomad) omavahel väliselt rohkem kui mõnede eri liikide isendid, ning lähtudes teooriavabadest otsustest sarnasuse kohta, võib saada liigitamise seisukohast jaburaid tulemusi.

Elusloodust on üksüheselt keeruline liigitada ka seetõttu, et eri liigimõistetest lähtudes võidakse luua omavahel vastuolus olevaid klassifikatsioone. Näiteks ökoloogilise liigimõiste järgi võiks kodukoera ja hundi

pidada eri liikideks, bioloogiline liigimõiste aga asetab kodukoera (*Canis lupus familiaris*) hundi liigi (*Canis lupus*) alamliigiks, kuna kodukoer on võimeline teiste hundi alamliikidega ristuma. Vastuolude puhul lähtutakse tihti sellest, milline liigitus on antud olukorras kõige pragmaatilisem ja teaberiikkam, kajastab võimalikult adekvaatselt liigi evolutsioonilist ajalugu, põlvnevussuhteid jne.

Tänapäeva bioloogia toetub klassifitseerimisel paljuski geneetikale, ent geneetilised tegurid mitte ei *defineeri* liike, vaid on teoreetiliste printsiipide alusel loodavatesse liikidesse kuulamise *indikaatorid*. Kuigi liigitamise konsensuslik ja pragmaatiline aspekt on paljusid pannud kahtlema selles, kas liigid on miski, mis eksisteerib looduses realselt ja inimesest sõltumata, on mõiste *liik* vähemalt teoreetilise kontseptsioonina bioloogias endiselt ülitähtsal kohal ning seda ilmselt veel mõnda aega. •

Edit Talpsepp (1981) on Tartu ülikooli teadusfilosoofia teadur.



KRÕÕT ARBO

TAIMNE TOIT KUI VAHELÜLI INIMESE JA MULLA MIKROOBIDE VAHEL

Toorest porgandit või ükskõik missugust taime või selle osa süües jõuavad meie kõhtu peale toitainete ja vitamiinide ka bakterid ning teised mikroorganismid. See ei anna siiski põhjust muretseda, vastupidi: need mikroobid on taimedele kasulikud ja võivad üksiti toetada meie endi tervist.

Nüüdisaegsed geneetilised uurimisvõimalused on teinud nähtavaks suure osa mikroorganismide mitmekesisusest, mis varem oli olnud peidus. Kunagi oli mikrobioloogi põhitöövahend mikroskoop ja hoolikalt väljatöötatud söötmed, millel sai mikroorganisme kasvatada, ent praegu on mikroorganismide mitmekesisuse uuringutes võtmeroll geenianalüüsimetel põhinevatel meetoditel. Need võimaldavad näha organisme, keda ei osata veel laboris kasvatada. Uurimuste järgi on enamik mikroorganisme just sellised, neid leidub kõikjal meie ümber ja ka kohtades, kus ükski teine organism elada ei suuda.

Taimedes elutsevaid mikroobe nimetatakse endofüütideks. See mõiste tuleb kreeka keelest ja tähendab otsetõlkes 'taime sees' (*endon* 'sees'; *phyton* 'taim'). Endofüüdid kuuluvad koos taime peal elavate mikroorganismidega taime mikrobioomi.

Esimest korda kirjeldati endofüüte 19. sajandi alguses, siis käis see termin taimedes elavate parasiitsete seente kohta. 19. sajandi lõpus ja 20. sajandi esimesel poolel arvati, et kõik normaalselt kasvavad ja pealtnäha terved taimed on steriilsed ja mikroorganismidest vabad. Ometi oli Hollandi mikrobioloog Martinus Willem Beijerinck 1888. aastal avastanud liblikõieliste mügarbakterid, kes aitavad taimedel siduda õhus olevat lämmastikku, mis soodustab taimekasvu. Šveitsi mikrobioloog Orlando Petrini defineeris alles 1991. aastal endofüüdid kui „kõik organismid, kes mingil eluetapil asustavad taimeorganeid ja suudavad koloniseerida taime sisemisi kudesid ilma silmanähtavat kahju tekitamata“.

MIS ON MIKROBIOOM?

Mikrobioomiks nimetatakse mikroorganismide kooslust, mis asustab ühte peremeest. Kõigil elusolenditel, näiteks inimestel, loomadel, putukatel ja kaladel, on neile omane mikrobioom. Samuti võib eristada mingi keskkonna mikrobioomi, nagu mulla või järve oma. Seega on igal inimesel ja koduloomal, aga ka toailil ja isegi selle taime potimullal iseloomulik mikrobioom. Peale selle eristatakse ainult ühe organi, näiteks juure või lehe mikrobioomi, loomade puhul näiteks soolestiku ja naha mikrobioomi.

Uurimustes vaadeldakse tihti ainult bakteriaalset mikrobioomi või mükrobioomi, s.o mikrosete kooslust. Inimese mikrobioomi mõjutab nii elukeskkond kui ka peremehe geneetika. Inimese soolte mikrobioomi peetakse koguni omaette organiks, sest on avastatud, et kõhus olevad bakterid on ääretult tähtsad nii füüsilise kui ka vaimse tervise seisukohast. •



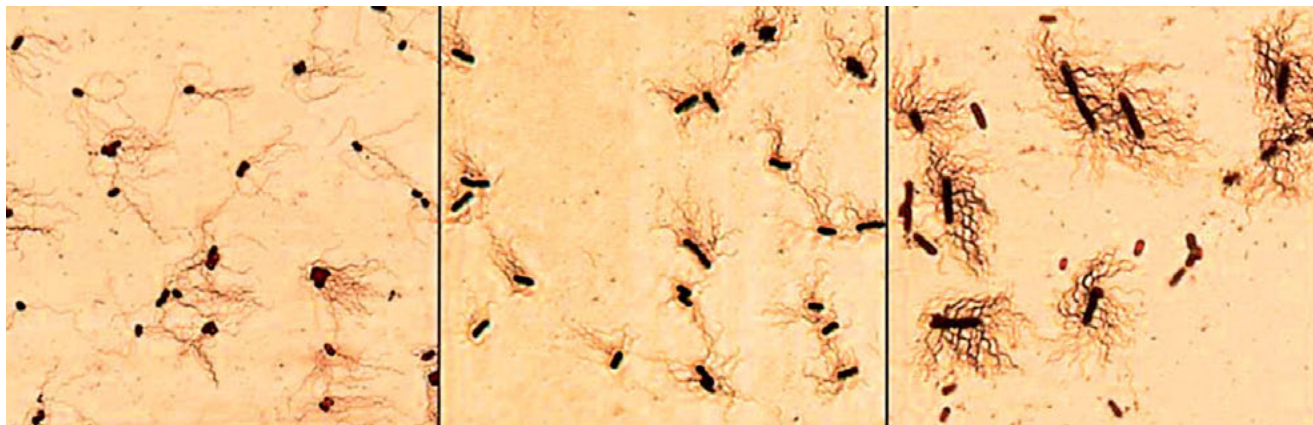
Patogeensus ehk tõvestamisvõime on suhteline mõiste, sest üks mikroorganism võib olla ühele taimale kahjulik, ent teisele kasulik. Seetõttu on praegusel ajal välja kujunenud määratlus, mille järgi on endofüüdid mikroorganismid, kes suudavad mingil eluetapil taimedes elada. Seega on endofüüdi mõiste ajaloo vältel muutunud sedamööda, kuidas teadmised ja uurimismeetodid on täienenud.

Taimede mikrobioomi kujunemine

Taimede mikrobioomi kujunemisel on kõige olulisem tegur muld ja seal lei-

duvad bakterid. Taim võib saada alguse nii seemnest kui ka mõnest taimeorganist; mõlemal juhul võib seal juba elada mõni endofüüt. Enamik elanikke saabub taime siiski mullast, kus taim kasvab ja areneb. Uurimuste põhjal mõjutab taimede mikrobioomi kooslust kõige rohkem mulla tüüp ja seal elutsevad eri laadi mikroorganismid. Mikrobioomi kooslust mõjutab ka taimede geneetiline materjal, seetõttu võivad näiteks samas mullas kasvavatel eri sorti kartulitel olla selgesti eristuvad mikrobiomid.

Bakterid sisenevad taimedesse pea-



Kartulimugulates elavad bakterid *Pectobacterium wasabiae*. Kahel vasakpoolsel pildil olevad bakterid on kasvanud eri söötmetel, parempoolsed on pärit kartulimugulast. Need mullabakterid on võimelised tungima taime ja tekitama viljades (mugulates) märgmädanikku ning pealsetes varrepõletikku. See bakter on mitmete põllu- ja aiataimede haigustekitaja, aga taimedes elavad veel sajad erisugused bakterid, kes taimele kahju ei tee

miselt vigastuste kaudu, mis tekivad loomulikult taime kasvamise käigus, aga ka juure tekkimise kohtadest ja juureotstest. Arenedes meelitavad juurte eritised kohale hulganisti mikroobe, kellest osa suudab ületada taime kaitsebarjääri ja hakata elama mõnes taimeosas.

Taimejuurte ümber olev muld on mikroobidele väga ahvatlev, sest seal leidub rohkesti toitaineid. Kuna bakterid liiguvad väliskeskkonnast taime sisse, väheneb bakterite mitmekesisus juure sisemuse poole järk-järgult ja samal ajal suureneb bakterite spetsialiseeritus. Seda kinnitas ka Tartu ülikooli tehnoloogiainstituudi uurimus juurviljade mikrobioomist: mikrobioomi mitmekesisus oli koostes suurem kui juurviljade sees.

USA teadlaste katsed riisitaimega on näidanud, et mikroorganismide koostis kujuneb taimes kiiresti: mikrobiom saavutas püsiseisundi 13 päeva alates taime istutamisest steriilses söötmes mulda. Ühtlasi selgus, et ka eri tüüpi mullas kasvades leidub ühel taimesordil mikrobioomis alati kindlaid liike, kes moodustavad taimele omase mikrobioomi tuumiku.

Peale tuumikorganismide võivad taime koloniseerida ka teised liigid. Endofüütsete bakterite populatsiooni tihedus võib varieeruda nii taime kui ka taimeosade vahel. Tihedamaid populatsioone võib leida juurtest ja teistest maa-alustest osadest, aga taime maapealsetes osades on nende kooslused harvemad.

Paljud endofüüdid toetavad taime kasvu ja kaitsevad neid haiguste eest. On leitud mikroobe, kes aitavad taimele ellu jääda äärmuslikes oludes, nagu põud või liigne mulla soolsus. Peale selle aitavad endofüüdid taimele omastada toitaineid. Üks kõige paremini uuritud taime ja bakteri suhe on liblikõieliste taime ja mügarbakterite vahetamine, kus bakterid aitavad taimedel kasutada õhulämmastikku.

Mõju inimese mikrobioomile

Taimed on inimese menüüs olulisel kohal, neid süüakse nii toorelt kui ka töödeldult. Inimese soolestiku mikrobioomile on meie söödud toit peamine energiaallikas. Mitu uuringut on kinnitanud selget seost toitumisharjumuste ja soolestiku mikrobioomi olemuse vahel. Kuidas mõjutavad taimega meie soolestikku jõudvad mikroobid inimese mikrobioomi?

PEXELS



Taimejuurte ümber olev muld on mikroobidele väga ahvatlev, sest seal leidub rohkesti toitaineid.

Inimese ja taime mikrobiome võrreldes on leitud palju liike, mis on iseloomulikud mõlemale organismile.

Toitumise eripärade mõju soolestiku mikrobiomile on palju uuritud. Eri bakterite rühmad on keskendunud erisuguste toitude lagundamisele ning need koostisosad, mida inimesed ei suuda seedida, on toiduks soole mikrobiomile. Seega saavad mikroobid meie toidust mitmesuguseid kasvu soodustavaid ja pärssivaid aineid, mille tõttu tekib inimese soolestikus ainulaadne bakterikoostis. Mõnel dieedil on soole mikrobiomile lühiajaline mõju, teise mõju võib olla pikemaajaline.

Töötlemise käigus võivad taimes olevad bakterid täielikult hävida või siis tekib uus, toidule omane mikrobiom, kus mikroobiliikide vahetamine on muutunud. Hapendamisel tekib täiesti teistsuguse kooslusega mikrobiom, kus domineerivad piimhappebakterid.

Toortoiduga seotud bakterite mõju inimese soole mikrobiomile ei ole kuigi palju uuritud. Ent inimese ja taime mikrobiome võrreldes on leitud palju liike, mis on iseloomulikud mõlemale organismile. Kõige arvukamad hõimkonnad nii inimese kui ka taime mikrobiomis on *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria* ja *Proteobacteria*.

Mõnesid mikroorganisme, näiteks bifidobaktereid, peetakse inimesele kasulikuks. Samas leidub soolestikus ka kahjulikke mikroorganisme, näiteks *Clostridium difficile*, kes võib endale soodsal võimalusel tekitada ohtliku soolepõletiku. Tasakaal kasu ja kahju vahel peremehele oleneb mikrobiomi üldisest seisundist: selle jaotusest, mitmekesisusest, liigilisest koosseisust ja ainevahetuse saadustest.

Mitmekesisest soolestikumikrobiomi seostatakse hea tervisega, aga mitmekesisuse vähenemine võib viidata terviseprobleemile. Mitme uurimuse põhjal on näiteks tehtud kindlaks, et ülekaalulistel inimestel on soolestiku mikrobiomis *Firmicutes*'e hõimkonda kuuluvaid baktereid rohkem kui *Bacteroidetes*'e hõimkonda kuuluvaid, ent kõhnadel inimestel on nende vahetust vastupidine.



Mikrobioloog Renè J. Dubos arvas juba 1960. aastatel, et vähene kokkupuude keskkonnas olevate mikroobidega võib seada ohtu normaalse immuunsüsteemi arengu. Tema uuri-

mus selgitas välja, kuidas hilisema ea tervis on seotud lapsepõlves koetuga: toitumise, mikroobide, stressi ja teiste keskkonnateguritega. Tol ajal ei leidnud Dubos' teooria laia kõlapinda. Alles 16 aastat hiljem avaldati nn hügieenihüpotees, millega seostati allergiate esinemise kasvu sellega, et varases lapsepõlves oli mikroobidega liiga vähe kokku puutunud: kas ülemäära sanitaarsete elutingimuste, antibiootikumide tarvituse või väiksemate perekondade tõttu.

Paljusid inimese mikrobioomile kasulikke baktereid leidub ka väljaspool inimorganismi: looduslikes keskkondades, sealhulgas taimedes. Näiteks bifidobaktereid leidub juurestikus ja seda ümbritsevas mullas ning piimhappebaktereid on palju taimede lehtedes. Samuti on tehtud kindlaks, et maapiirkondade õhuproovides sisaldub hulk inimese naha ja soole mikrobioomiga seotud organisme. Austraalia Adelaide'i ülikooli teadlaste uuringute põhjal on selgunud, et inimese mikrobioomi mitmekesisus on seotud nende elukeskkonna mulla mitmekesisusega.

Seega võib järeldada, et keskkonnas olevad mikroobid aitavad kaasa meie

Hilisema ea tervis on seotud lapsepõlves koetuga: toitumise, mikroobide, stressi ja teiste keskkonnateguritega.

immuunsüsteemi arengule, sealhulgas pakuvad kaitset allergiate eest. Taimset toitu võib vaadelda vahelülina inimese ja mulla mikroobide vahel. Taimedest toitu valmistades ja tooreid taimeosi süües puutume kokku suure hulga mikroobidega, mis võivad meie tervisele kasulikud olla. Taimede mikrobioomi uuringutes on tehtud alles esimesed sammud – avastamisruumi on veel palju. Näiteks Tartu ülikooli tehnoloogiainstituudis uuritakse, kuidas eri põlluharimisviisid avaldavad mõju taimede mikrobioomile ning kas antibiootikumide tarvitust loomakasvatuses mõjutab ka taimekasvatust ja meie toidulauda. •

 **Krõõt Arbo** (1990) on Tartu ülikooli tehnoloogiainstituudis kaitsnud magistritöös uurinud Eestis kasvatatavate juurviljade bakterite kooslusi.



Ülekaalulistel inimestel on soolestiku mikrobioomis *Firmicutes*'e hõimkonda kuuluvaid baktereid rohkem kui *Bacteroidetes*'e hõimkonda kuuluvaid. Köhnaval inimestel on nende bakterite vahetegurid vastupidine

UNSPLASH



JÜRI ENGELBRECHT, KERT TAMM, TANEL PEETS

NÄRVIIMPULSS JA MATEMAATIKA

Füsioloogia uurib organismi elutalitlusi ja selles on tähtsal kohal närvisüsteem, mis töötleb ja edastab informatsiooni. Jättes kõrvale närvisüsteemi ehituse ja väliskeskkonna mõju närvisüsteemi protsessidele, on selle keskmes närviimpulss, mis levib närvikiududes ehk närviraku jätketes. Närviimpulss on tegelikult elektriline signaal ehk elektriimpulss. Selle levi on ülimalt oluline füsioloogiline protsess, millele tuginevad nii teadvus ja mälu kui ka südameerutusjuhtesüsteem ning lihaste kokkutõmbumine.

Niisugused protsessid on juba kaua aega pälvinud teadlaste tähelepanu. 18. sajandil tegi Luigi Galvani (1737–1798) koos oma naise Luciaga katseid konnadega ja tuvastas nn loomse elektri. Seda peetakse elektrofüsioloogia sünniks. Veel tuleb nimetada Emil Du Bois-Reymond'i (1818–1896) ja Julius Bernsteini (1838–1917). Du Bois-Reymond kirjeldas närvikius aset leidvat signaali muutust, mis on tänapäevase terminoloogia järgi aktsioonipotentsiaal. Bernstein tegi omakorda kindlaks ioonide kontsentratsiooni muutuse närvirakkudes võrreldes kontsentratsiooniga väljaspool rakke, mis lõi aluse nüüdisaegsele arusaamale rakumembraani, s.o kattekihi otstarbest. Hermann von Helmholtz (1821–1894) mõõtis aga närviimpulsi levi kiiruse konna jala närvikiudude põimikus: 27,4 m/s.

20. sajandil on elektrofüsioloogias tehtud silmapaistvaid uuringuid, mida on pärjatud Nobeli auhindadega. Seejuures ei ole olulised mitte ainult nobelistide, nagu Alan Lloyd Hodgkini, Andrew Huxley, Bernard Katzi, Erwin Neheri jt tulemused, vaid meie maailmapilt on mõjutanud ka paljude teiste õpetlaste teoreetilised ja eksperimentaalsed uuringud. Olgu siin nimetatud mõned paljudest: Baltha-

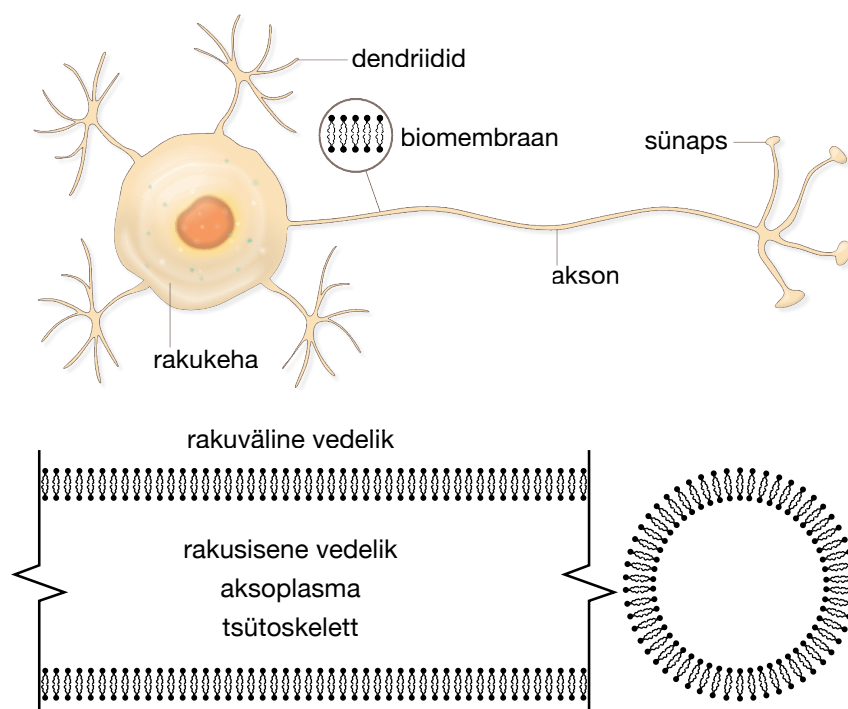
sar van der Pol, Richard FitzHugh, Jin-Ichi Nagumo, Ichiji Tasaki ja Kuni Iwasa.

Probleemi olemus

Tüüpilise närviraku ehk neuronis ühendab närvikiud ehk akson rakukeha närvilõpmetega.

Põhimõtteliselt võib aksonit kujutada toruna, mille sein on õhuke biomembraan. Rakkudevahelise keskkonnaga ümbritsetud toru sees on akso-plasma. Biomembraani saab käsitleda lipiidse kaksikkihina, mis koosneb fosfolipiididest, millel on hüdrofiilne ehk veelembene pea ja kaks hüdrofoobset ehk vett tõrjuvat saba. See kaksikkiht on ainult mõne nanomeetri paksune ning närvikiu enda läbimõõt varieerub alates mõnest mikromeetrist kuni ühe millimeetrini hiidkalmaari aksonil.

Kaksikkihis asetsevad ionikanalid, mille kaudu toimub ionide vahetus akso-plasma ja lähikeskkonna vahel. Paljudel juhtudel on kaksikkiht kaetud veel nn müeliinkihiga, mis takistab ionvoole, kuid müeliinkihi katkestustes, nn Ranvier' sõlmedes, saab ionivahetus ikkagi toimuda. Hodgkin ja Huxley selgitasid 1952. aastal oma kuulsates hiidkalmaari müeliniseerimata aksoniga tehtud katsetes, kuidas



Ülemisel joonisel on kujutatud tüüpilise neuroni ehitus ning selle all on suurendatult aksoni piki- ja ristlõige

mõjutab kaaliumi- ja naatriumiiooni liikumine läbi biomembraani aktsioonipotentsiaali teket ja levi. Nende registreeritud närviimpulsi kujust on saanud klassikalise erutuslaine sümbol, mis iseloomustab hästi elektrilisi protsesse aksonis.

Närviimpulss tekib, kui välisärritus ületab elektrilise signaali kujul teatud läveväärtuse. Siis algab depolarisatsioon, millega aktsioonipotentsiaal kasvab maksimaalseks, ja seejärel algab repolarisatsioon, mis tingib membraani polaarsuse muutumise (nn ületöö ehk *overshoot*); pärast seda erutuvus teatud aja, nn puhkeperioodi jooksul taastub. Seejuures on maksimum vastavuses tasakaalulise, nn Nernsti potentsiaaliga, mis vastab võimalikule ionide potentsiaalile väljas- ja seespool biomembraani.

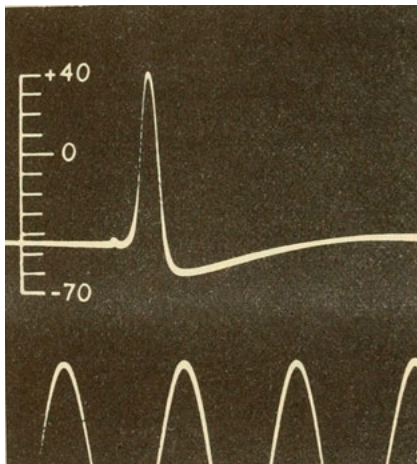
Hodgkini-Huxley mudel oli elektrofüsioloogias suur samm edasi. See põhineb ioonmehhanismil ning kaaliumi- ja naatriumiioonide voolu kirjeldamiseks tuletatud empiirilised seosed on osutunud väga töökindlaks. Nii kirjeldab Hodgkini-Huxley mudel olulisi nähtusi aktsioonipotentsiaali tekkes ja levis: nn kõik-või-mitte-midagi-efekti, s.t vaid teatud läve ületav välisärritus suudab esile kutsuda leviva signaali; leviva signaali kuju on statsionaarne ja on olemas närvikiu omadustest, mitte aga välisärritusest; signaali profiil sisaldab ületööki, mis pikamööda ligineb tasakaaluolekule (puhkeperioodile); puhkeperioodi jooksul ei saa närvikius uut signaali tekitada. Kuna Hodgkini-Huxley mudel vajab päris palju parameetreid, on tuletatud ka lihtsamaid mudeleid, näiteks FitzHugh-Nagumo mudel, mis hõlmab vaid ühte üldistatud ioonvoolu, kuid suudab siiski kirjeldada ülalnimetatud põhiefekte.

Aga nagu teaduses ikka, määravad teoreetiliste arutluste õigsuse katsed. Aktsioonipotentsiaali mõõtmised viitavad tõesti Hodgkini-Huxley mudeli paikapidavusele ja ioonmehhanismi tähtsusele. Samal ajal on katsed näida-

Vaid teatud läve ületav välisärritus suudab esile kutsuda leviva signaali; selle signaali kuju on statsionaarne ja on olemas närvikiu omadustest, mitte aga välisärritusest.



Andrew Fielding Huxley 1917. aasta novembris oma laboris



Hodgkini ja Huxley mõõdetud närviimpulsi profiil ja ajaskaalat määrav siinuslaine sagedusega 500 Hz. Selle kujust on saanud klassikalise erutuslaine sümbol, mis iseloomustab hästi elektrilisi protsesse aksonis

nud, et elektrilise signaaliga kaasnevad mehaanikalised mõjud nii biomembraanis kui ka aksoplasmas, samuti temperatuuri muutus elektrisignaali levikul. On päris selge, et ka neid kaasnevaid mõjusid peaks saama tuletada üldmudeli järgi. Selle kohta, kuidas kaasnevaid efekte arvesse võtta, on esitatud hulk ettepanekuid.

Radikaalse ettepaneku tegid 2005. aastal Thomas Heimburg ja Andrew Jackson, kelle hüpoteesi kohaselt

tekitatakse biomembraanis esmalt tiheduse muutus ehk pikilaine, mis siis omakorda genereerib elektrilise signaali. Tiheduse muutus on aga nende teooria järgi seotud faasiüleminekuga biomembraanis. See efekt on korduvate signaalide puhul – nii nagu see neurodünaamikas esineb – küsitav, kuid samas ei saa üldises rakudünaamikas faasimuutusi kaksikkihiväljastada. Kuna Heimburgi ja Jacksoni tuletatud mehaanilise signaali levi põhivõrrand lubab solitoni-tüüpi (soli-

TULEMUSED EI TEKI TÜHJALE KOHALE

Närviimpulsi levi on mittelineaarne protsess. Mittelineaarse dünaamika uuringud on olnud küberneetika instituudis (1960–1997 Eesti teaduste akadeemia ja edaspidi Tallinna tehnikaülikooli koosseisus) fookuses juba pikemat aega. Aastatel 1999–2015 tegutses instituudi juures mittelineaarsete protsesside analüüsi keskus (Centre for Nonlinear Studies, CENS), mis oli kahel korral kaasatud ka Eesti teaduse tippkeskuste programmi. (CENS-i tegevusest saab lähema ülevaate Horisondi 2014. aasta teises numbris ilmunud artiklist „Komplekssüsteemid meis ja meie ümber“).

Üks uurimissuund on olnud biofüüsika nii teoreetiliselt kui ka eksperimentaalselt. Selle ala teadussaavutuste eest on kaks korda määratud Eesti Vabariigi teaduspreemia (1992 ja 2008). Tegelikult tuletas Jüri Engelbrecht juba 1980. aastatel närviimpulsi analüüsiks evolutsioonivõrrandi. Biofüüsika valdkonna doktoritööd hoogustasid uuringuid. Aastal 2007 asutas Marko Vendelin süsteemibioloogia labori, kus asuti Wellcome Trusti fondi rahastuse toel katsete varal uurima südamerakkude energiavahetusprotsesse. Hulk uuringuid on käsitletud ka solitoni- (mittelineaarsete üksiklainete) teket ja vastastikust mõju nii vee pinnal kui ka tahkestes. Viimased viis aastat on üks uurimisrühm olnud keskendunud närviimpulsside dünaamikale ja matemaatilistele mudelitele kui kompleksüsteemidele. See uurimisvaldkond ei piirdu ühe teadusharuga, vaid võimaldab töötada füüsika, matemaatika ja füsioloogia piirimaadel ning ühendada mitme valdkonna teadmisi. •

ton on statsionaarse profiiliga sümmeetriline üksiklaineline) lahendit, siis on seda teooriat nimetatud ka närviimpulsi solitoniteooriaks. Samas on ka teisi mudeleid, mis püüavad kaasnevaid efekte arvesse võtta, tehes seda enamasti paariviisi: elektriline signaal ja mehaaniline efekt või siis elektriline signaal ja temperatuuri genereerimine.

Juba Hodgkin viitas möödunud sajandi 50. aastatel, et oleks vaja leida nähtused, mida tema ioonmehhanismidel põhinev mudel ei ole arvestanud, ja niisuguste katsete tulemused tuleks siduda ühtsesse mudelisse. Ühest niisugusest mudelist tulebki juttu.

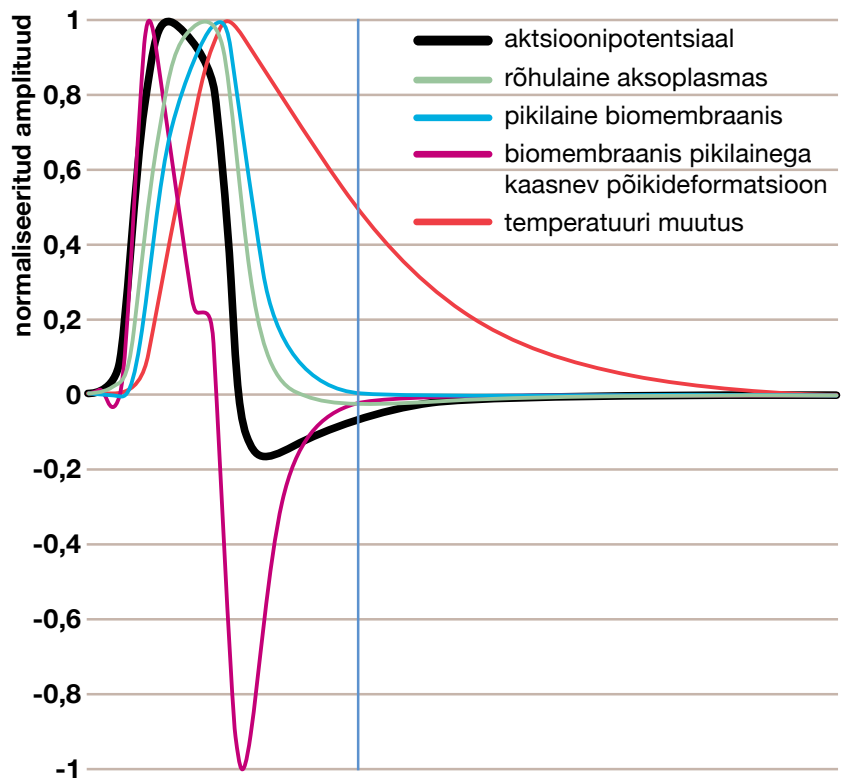
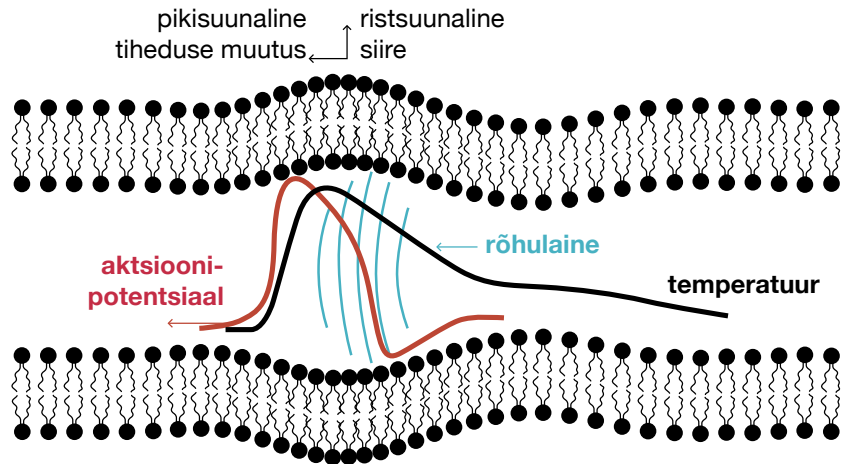
Seostatud nähtused närviimpulsi leviku kirjeldamisel

Loetleme kõik aktsioonipotentsiaali leviga seotud mõõdetavad nähtused: aktsioonipotentsiaal (AP) ise ja kaasnev ioonvool (I) või mitu ioonvoolu (I_i); pikilaine (LW) biomembraanis ja sellega kaasnev põikideformatsioon (TW); rõhulaine (PW) aksoplasmas ja temperatuuri (Θ) muutus.

Seejuures on oluline küsimus: kas kõiki neid efekte on võimalik kirjeldada füüsikalise põhjuslikkusega ja esitada see kirjeldus matemaatilises vormis? Siin tasub meelde tuletada paari ütlust. Galileo Galilei olevat öelnud, et looduse raamat on kirjutatud matemaatika keeles. Ka Albert Einsteinil oli samasugune idee: matemaatilised konstruktsioonid lubavad kirjeldada looduseadusi ja vastavaid käsitlusi, mis annavad meile võtme loodusnähtuste mõistmiseks.

Esimene küsimus oli seotud efektide põhjuslikkusega. Tuleb tunnistada, et hoolimata edusammudest füsioloogias ja teravmeelsetest katsetest ei ole teadlased ühel meelel, mismoodi on kõik loetletud nähtused seotud. See tõttu on sobiv pöörduda tagasi füüsika põhitõdede juurde. Kvantmehaanikat kõrvalt jättes kehtivad tahkistes ja vedelikes toimuvate protsesside kirjeldamisel jäävusseadused, millest tuntuim on liikumishulga jäävus ehk Newtoni teine seadus. Ent kui on tegemist soojusega, siis ei saa me üle ega ümber Fourier' seadusest.

On selge, et kui esitada need seadused kindlaks kujunenud vormis, jõuame välja nii klassikalise lainevõrrandi kui ka soojusjuhtivuse võrrandini. Samuti on mõisteta, et vähegi keeru-



Ülemisel joonisel on kujutatud aktsioonipotentsiaali ja mehaanilisi efekte närvikius. Selle all on esitatud artikli autorite koostatud mudel, mis näitab närviimpulsi laineansamblit mõõduta kujul

lisemate probleemide korral on need võrrandid liiga lihtsad – kirjeldamaks reaalsuse nähtusi, tuleb neid natuke muuta. Nii on ka eespool kirjeldatud Hodgkini-Huxley mudel tuletatud lainevõrrandist – täpsemalt ülekandeliinis leviva elektrisignaali kirjeldamiseks kasutatavast nn telegraafivõrran-

dist –, hüljates teatud liikmed kui mitteolulised ja lisades uusi liikmeid.

Meie uurimisrühm on järginud lähtekohta: kõik dünaamilised, s.t lõpliku kiirusega protsesside mudelid peavad olema tuletatud lainevõrrandist ning vastavad eeldused ja muudatused selgelt põhjendatud. See lubab

laineansamblis eristada esmatähtsaid osi, millel on lõplik kiirus. Teisestel osadel lõplik kiirus puudub ja eelkõige on see seotud temperatuuriga, mida käsitleb soojusjuhtivuse võrand. Laineansambli teiste osade hulka kuulub ka biomembraani põiki-deformatsioon, mis on seotud biomembraanis leviva pikilaine gradiendiga, s.t matemaatilise tuletisega.

Kui mudeli põhiosad on sellisel paigas, siis järgmine oluline küsimus puudutab nende efektide seostatust. Jällegi saab lähtuda füüsika klassikalistest võrranditest: dünaamiliste protsesside juures on mängus ka välisjõud. Teiste sõnadega, seosjõud tuleb määratleda füüsikalistest käsitlustest lähtudes, ja samas on vaja need esitada sobivas matemaatilises vormis.

Siin on püstitatud oluline hüpotees, mille järgi kõik elektrilised ja mehaanikalised väljad mõjutavad üksteist vastastikku oma muutuste kaudu. Matemaatilisel selgitades: seosjõud sisaldavad muutujate tuletisi kas ruumi või aja järgi. Rõhutada tuleb kahte aspekti. Esiteks on niisugune hüpotees kaudselt seotud Du Bois-Reymond'i tulemustega: ta oletas, et just elektrivälja muutused mõjutavad lihasel käitumist. Teiseks näitab see hüpotees, kui tihedalt on seotud füüsika ja matemaatika. Kuna kõik laineansambli osad on valdavalt unipolaarsed (s.t ühe maksimumiga), siis seesuguste muutuste tuletis on matemaatilisel bipolaarne, sisaldades nii positiivset kui ka negatiivset osa. See aga tähendab, et sellise funktsionaalse sõltuvusega jõud modelleerib energeetiliselt tasakaalustatud efekti, mis on äärmiselt oluline algolukorra taastumiseks ja puhkeperioodi eksistentsiks.

Realiseerides hüpoteesi, tuleb mudelit koostades alustada katseandmete analüüsist, millest tuletatakse vastavad seosjõud, kirjeldamaks üht või teist füüsikalist mehhanismi. Niisugune moodus on igati loogiline ja laialt kasutatav, ent selle iseärasus on eelkõige mitmest osast koosnev ansambel. Ometi ei õnnestu niimoodi kõiki efekte seostada, sest paljudest katsest hoolimata ei ole kõik mehhanismid selged. See puudutab just temperatuuri modelleerimist, kus tavalise elektrivälja ja soojusvoolu seotatus nn Joule'i efekti kujul pole piisav.

Nimelt näitavad katsed, et aktsioonipotentsiaali levil on soojusvoog mõõdetav veel pikema aja jooksul ja jõuab

seega puhkeperioodi aeglasemalt kui laineansambli olulisemad osad. Nii mõnigi uurija on sedalaadi mehhanismi puhul oletanud eksotermiliste (soojuse eraldumise) ja endotermiliste (soojuse neeldumise) protsesside mõju, mida on seostatud keemiliste reaktsioonidega. Aga kuidas niisuguseid keemilisi reaktsioone modelleerida, sellele küsimusele on vastus senini puudunud.

Ometi on siin võimalik hakkama saada pideva keskkonna mehaanikas hästi tuntud nn sisemuutujate abil. Definitsiooni järgi kirjeldab sisemuutuja fenomenoloogiliselt teatud oleku muutumise dünaamikat ühelt väärtuselt teisele, ilma et selle protsessi füüsikaline sisu oleks avatud. Seesuguste sisemuutujate kaudu saab kirjeldada tahkiste purunemist, faasiüleminekuid ja relaksatsiooni (süsteemi tasakaalu iseeneslik taastumine pärast välisühingut), modelleerida vedelate kristallide käitumist jne.

Sisemuutujate käsitlusviisi väljatöötamisel on suur panus Gérard A. Mauginil (1944–2016), kes oli ka Eesti teaduste akadeemia välisliige. Sisemuutujaid saab kirjeldada energeetiliste kontseptsioonide põhjal ja tulemiks on lihtne kineetiline võrand, mis kirjeldab muutumist ja selle kiirust. Tegelikult saab ka Hodgkini-Huxley mudeli nn fenomenoloogilisi näitajaid käsitada kui sisemuutujaid. Ent selleks, et kirjeldada temperatuuri muutusi aksonis, tuleb soojusjuhtivuse võrrandisse lisada sisemuutujal põhinev seosjõud vastava kineetilise võrrandiga, mis kirjeldab just katsetes mõõdetavat relaksatsiooniaega (aeg, mis kulub pärast välismõjude lakkamist süsteemi tagasijõudmiseks normaalseisundisse). See võimaldab arvestada keemiliste reaktsioonide mõju kui katsetes esitatud nähtust, täpsustamata nende sisu, kuid võttes arvesse mõõdetud alg- ja lõppolekut.

Selline ongi närviimpulsi kui laineansambli matemaatilise mudeli koostamise füüsikaline tagapõhi.

Tuletatud matemaatiline mudel on selle artikli autoritele teadaolevalt esimene niisugune põhiefekte haarav mudel, mis kirjeldab laineansambli närvikius kui terviklikku kogumit.

Tulemused

Me ei esita siin keerulisi võrrandeid, vaid viitame paarile tulemusele. Tegemist on osatulemistega mittelineaarsete diferentsiaalvõrrandite süsteemiga, mis lahendatakse numbriliselt, kasutades nn pseudospektraalmeetodit. Süsteemi sisend on lühiajaline elektriline signaal. See tekitab FitzHugh-Nagumo mudeli järgi aktsioonipotentiaali, mis omakorda genereerib koos vastavaioonvooluga ka ülejäänud efektid ühes võimaliku tagasisidega. Mõõduta kujul näidatud laineansambli lainete profiilid sobivad kvalitatiivselt hästi katsetega, mida on saadud laborites üle kogu maailma.

Tuleb tunnistada, et tuletatud matemaatiline mudel on selle artikli autoritele teadaolevalt esimene niisugune põhiefekte haarav mudel, mis kirjeldab laineansambli närvikius kui terviklikku kogumit. Mudel ühendab füsioloogilisi teadmisi füüsika ja matemaatikaga, tähtsustades jäävusseadusi ja Fourier' seadust ning võttes arvesse sisemuutujaid, mida on senini rakendatud põhiliselt üksnes mehaanikas.

Samuti on matemaatilistest vaatepunktist õigustatud seosjõudude modelleerimine tuletiste abil, mis üht-aegu väljendavad energeetilist tasakaalu ja on vastavuses katsetes tuvastatud võimalike füsioloogiliste mehhanismide kirjeldusega. Võib öelda, et selline mudel on teadusharudevahelise käsitlusviisi tulem, mis võimaldab oma üksikuid elemente muuta, et paremini haarata närvikiu struktuurseid omadusi või eksperimentidest tulenevaid füsioloogilisi nähtusi. •

LOE LISAKS PEAGI ILMUVAST TEADUSMONOGRAAFIAST: Jüri Engelbrecht, Kert Tamm, Tanel Peets. Modelling of Complex Signals in Nerves, Springer, 2021

 **Jüri Engelbrecht** (1939) on mehaanika-teadlane ja akadeemik. Alates 1969. aastast töötanud küberneetika instituudis, kus 1982. aastal valmis tema doktoritöö lainelevi teooriast. 1999. aastal loodi tema algatusel mittelineaarsete protsesside analüüsi keskus CENS. Tunnustatud riikliku teaduspreemiaga 1998. ja 2008. aastal. 2015. aastal pälvis teadustegevuse elutööpreemia, mullu teaduse populariseerimise elutööpreemia.

Kert Tamm (1979) on Tallinna tehnikaülikooli küberneetika instituudi tahkisemehaanika labori teadur. 2011. aastal kaitsstud doktoritöös on uurinud lainelevi mikrostruktuursetes tahkistes.

Tanel Peets (1977) on Tallinna tehnikaülikooli küberneetika instituudi tahkisemehaanika labori teadur. 2011. aastal kaitsstud doktoritöö teema on lainete dispersioon mikrostruktuuriga materjalides.

TELESKOOP.EE

AINULT HEAD TELESKOOBID

Bresser Quasar 80/900 EQ

Rikkaliku lisavarustusega
läästteleskoop alustavale
astronoomiahuvilisele!
Ø=80 mm
F=900 mm
Ekvaatoriline monteering,
must süsinikdisain, punatäpp otsija,
kaks okulaari, suurim mõistlik
suurendus 160x
Kaasas päikesefilter päikseplekkide
ja päiksevarjutuse (10. juuni)
turvaliseks vaatlemiseks.

295 €

Kohe kätte!

**Võta julgelt
ühendust!**

Ostueelne ja -järgne
nõustamine
eesti keeles.

Star Adventurer 2i Pro Pack

Taevast jälgiv monteeringu pea
pikasäriliste taevafotode tegemiseks,
ka *time-lapse*, juhitud mobiiliäpi kaudu
komplektis monteering, polaarvisiir,
L-adapter, ekvatoriaalkiil, vastukaal,
kinnitub 3/8" ja 1/4" statiivile
(pole komplektis)
kandevõime kuni 5 kg

429 €



Evostar 102 EQ3-2

Klassikaline läästteleskoop
ekvaatorilisel monteeringul
Ø=102 mm
F=1000 mm
25 mm okulaar (40x)
10 mm okulaar (100x)
2" diagonaal
6x30 otsija
ühendus peegelkaamerale
EQ3-2 Deluxe
ekvaatoriline monteering
alumiiniumist kolmjalal

539 €

Startravel 102 AZ-GTe WiFi

Kompaktne komplekt
läästteleskoobist ja
mobiiliga juhitud monteeringust
Ø=102 mm
F=500 mm
25 mm okulaar (20x)
10 mm okulaar (50x)
1,25" diagonaal
punatäpp otsija
Asimuudiline AZ-GTe monteering,
mida juhitakse mobiiltelefoni
või tahvelarvutiga
kolmjalal on komplektis

499 €

EQ-6R Pro Synscan

Paljude arvates parim monteering
selles hinna- ja kaalukategoorias
kandevõime kuni 20 kg
kaks 5 kg vastukaalu
automaatjuhtimine
üle 42 000 objekti andmebaas
rihmülekanne lõtkude
minimeerimiseks
polaarvisiir

1779 €



Mikroskoop Biolux NV

Suurendus 20–1280x.
Kohver ja vajalikud tööriistad,
PC okulaar (1280x720 px),
pealt- ja altvalgustus,
peennihikuga slaidihoidik
Sobilik lapsele ja koolile!

149 €



Biolux LCD Touch HDMI

uus puutetundliku
ekraaniga mikroskoop,
mille pildi saad otse
ekraanile kuvada
(mikro-HDMI)!
Suurendus 30x–1125x
5 Mpix CMOS sensor

319 €



Stereomikroskoop

Analyth STR 10x-40x

Suurendus 10x, 20x, 40x
Toide AA patareidelt,
USB kaabliga või vooluvõrgust.
Putukad, kahjurid, mineraalid,
margid, mündid, trükkplaadid jne

239 €

Seoses Covid-19 olukorraga
on Sky-Watcheri tooted füüsiliselt
saadaval alates maist 2021.

E-pood: teleskoop.ee

Helista: 528 9895

Kirjuta: taevatoru@teleskoop.ee

facebook.com/teleskoop.ee

Galaktika NGC 4651, ESA/Hubble & NASA, D. Leonard

MÄRTS-APRILL: HELIKOPTERILEND MARSIL JA ÜHA UUSI SATELLIITE

• Starlink:

4. märtsil startis NASA Kennedy kosmosekeskuse stardiplatvormilt nr 39A SpaceX-i kanderakett Falcon 9 ja viis orbiidile 60 järjekordset Starlinki sidesatelliiti. Kanderaketi esimene aste maandus ka seekord edukalt pargasele Atlandi ookeanis.

• Tööd ISS-il:

5. märtsil väljusid rahvusvahelisest kosmosejaamast ISS astronautid Kate Rubins ja Soichi Noguchi ning lõpetasid päikesepatareide kinnitustarindite paigaldamise. Eelmine kord, kui Jaapani astronaut väljus avakosmosesse, oli 15 aastat tagasi.

• Starlink:

11. märtsil startis Canaverali neemelt kosmosejõudude stardiplatvormilt nr 40 SpaceX-i kanderakett Falcon 9, mis viis orbiidile 60 järjekordset Starlinki sidesatelliiti.

• Hiina satelliit:

11. märtsil startis Hiina lõunaosas Hainani saarel asuvast stardikompleksist Wenchang kanderakett Long March 7A ja viis orbiidile satelliidi Shiyang 9. Hiina ametiisikute andmetel on lennu eesmärk „katsetada uusi tehnoloogiasid ja seirata kosmosekeskkonda“.

• Tööd ISS-il:

13. märtsil väljusid kosmosejaamast ISS avakosmosesse astronautid Mike Hopkins ja Victor Glover. Nad ühendasid lisatoitekaableid ja ventileerisid jaama jahutussüsteemi.

• Hiina satelliidid:

13. märtsil startis Jiuquani kosmosekeskusest Hiina loodeosast kanderakett Long March 4C, et viia orbiidile kolm järjekordset Yaogan 31 militaarsatelliiti.

• Starlink:

14. märtsil startis NASA Kennedy kosmosekeskuse stardiplatvormilt nr 39A SpaceX-i kanderakett Falcon 9, mis viis orbiidile 60 järjekordset Starlinki sidesatelliiti. Kanderaketi esimesele astmele oli see rekordiline üheksas start ning SpaceX-ile 10 ööpäeva jooksul kolmas start.

• Vene raketi start:

22. märtsil startis Kasahstanist Bajkongõri kosmodroomilt Vene kanderakett Sojuz-2.1b Fregatt, et viia orbiidile 37 ühikut kasulikkude lasti. Muu hulgas oli Jaapani firma AstroScale tehiskaaslaste paar ELSA, millega hakatakse katsetama, kuidas eemaldada orbiidilt kasutusea ületanud satelliite.

• Electroni start:

22. märtsil startis Uus-Meremaa põhjasaarel asuvalt Rocket Labi baasi stardikompleksist 1A kanderakett Electron, mis viis orbiidile seitse tehiskaaslast, sh USA ja Austraalia militaarsatelliidid ning tulevase NASA Kuumissiooni proovitehiskaaslase.

• Starlink:

24. märtsil startis Canaverali neemelt kosmosejõudude stardiplatvormilt nr 40 SpaceX-i kanderakett Falcon 9 ja viis orbiidile 60 järjekordset Starlinki sidesatelliiti. Tegemist oli Starlinki-seeria 25. stardiga.

• OneWeb:

24. märtsil startis Vostotšnoi kosmodroomilt Venemaa kanderakett Sojuz-2.1b, et viia ettenähtud orbiitidele Londonis baseeruva firma OneWeb 36 järjekordset lairibainternetiühendust pakkuvat satelliiti. Sellega on planeeritud 650 satelliidist orbiidile jõudnud 146.

• Hiina satelliidid:

30. märtsil startis Jiuquani kosmosekeskusest Hiina loodeosast kanderakett Long March 4C, mis viis orbiidile Gaofeni-seeria teise tehiskaaslase. Kokku on neid plaanis orbiidile saata 12

ja need tegelevad Maa optiliste ja radarvaatlustega.

• Starlink:

7. aprillil startis Canaverali neemelt kosmosejõudude stardiplatvormilt nr 40 SpaceX-i kanderakett Falcon 9 ja viis orbiidile 60 järjekordset Starlinki sidesatelliiti. Tegemist oli SpaceX-i sajanda stardiga Florida stardikompleksidest.

• Hiina satelliit:

8. aprillil startis Põhja-Hiinas Taiyuani kosmosekeskusest kanderakett Long March 4B, et viia orbiidile eksperimentaaltehiskaaslane Shiyang 6. Hiina ametiisikute andmetel on lennu eesmärk „katsetada uusi tehnoloogiasid ja seirata kosmosekeskkonda“.

• Mehed ISS-i:

9. aprillil startis Kasahstanist Bajkongõri kosmodroomilt Vene kanderakett Sojuz-2.1a ja viis orbiidile kosmoselaeva Sojuz MS-18/64S, pardal kosmonaudid Oleg Novitski ja Pjotr Dubrov ning astronaut Mark Vande Hei. ISS-iga põkkuti 10. aprillil.

• Esimene kosmoselend:

12. aprillil möödus 60 aastat ajaloolisest esimesest mehitatud kosmoselennust: Juri Gagarin tegi kosmoselaevaga Vostok-1 tiiru ümber Maa. Esimene kosmoselend kestis 108 minutit.



Mike Hopkins ISS-i „välitöödel“



Esimese mehitatud kosmoselennu 60. aastapäeva logo

• **Blue Origini katse:**

14. aprillil tegi järjekordse katse-lennu firma Blue Origin kanderakett koos meeskonnakapsliga. Seekord katsetati reisijate sisenemist pardale ja lahkumist sealt pärast lendu. Lend ise toimus mehitamata; kapsel eraldus kanderaketist ja saavutas paraboolsel trajektoorial kõrguse 100 km. Kanderakett maandus stardipaigas ja kapsel 10 minutit hiljem langevarjudega.

• **ISS-ilt tagasi:**

17. aprillil eraldus kosmoselaev Sojuz MS-17/63S, pardal kosmonaudid Sergei Rõžikov, Sergei Kud-Svertškov ja NASA astronaut Kate Rubins. Kosmoselaev maandus edukalt Kasahstani stepis.

• **Helikopter Marsil:**

19. aprillil toimus esimene helikopterilend planeedil Marss: koos NASA kulguriga Perseverance sinna viidud kopter Ingenuity hõljus 30 sekundi jooksul planeedi pinna kohal ja maandus seejärel edukalt.

• **Astronauudid ISS-i:**

23. aprillil startis NASA Kennedy kosmoskeskuse stardiplatvormilt nr 39A SpaceX-i kanderakett Falcon 9 ja viis orbiidile kosmoselaeva Crew Dragon Endeavour, pardal astronauudid Shane Kimbrough, Megan



BLUE ORIGIN

Blue Origini katselennu start 14. aprillil

McArthur, Akihiko Hoshide ja Thomas Pesquet. Kosmoselaevaga põkkuti 24. aprillil. Nii kanderakett kui ka kosmoselaev olid korduskasutuses.

• **OneWeb:**

25. aprillil startis Vostotšnõi kosmodroomilt Venemaa kanderakett Sojuz-2.1b, mis viis ette nähtud orbiitidele Londonis

baseeruva firma OneWeb 36 lairibainternetiühendust pakkuvat satelliiti.

• **USA luuresatelliit:**

26. aprillil startis Vandenbergi õhujõudude baasi stardiväljakult SLC-6 United Launch Alliance'i kanderakett Delta 4-Heavy ja viis orbiidile USA riikliku luureameti luuresatelliidi.

• **Hiina satelliidid:**

27. aprillil startis Põhja-Hiinast Taiyuan kosmoskeskusest kanderakett Long March 6, et viia orbiidile üheksa väiksemat tehiskaaslast, nende seas tehnoloogiaeksperiment kosmoseprügi püüdmiseks.

• **ESA raketi start:**

28. aprillil startis Prantsuse Gajaana kosmodroomilt Euroopa kosmosesagentuuri (ESA) kanderakett Vega ja viis polaarorbiidile kaugseiresatelliidi Pléiades Neo 3 ning veel viis väiksemat USA, Prantsuse ja Norra päritolu tehiskaaslast.

• **Hiina kosmoselaev:**

28. aprillil startis Hiina lõunaosast Hainani saarel asuvast stardikompleksist Wenchang kanderakett Long March 5B, mis viis orbiidile Hiina tulevase orbitaaljaama Tianhe tuumikmooduli. Moodul, mille pikkus on 16,6 m ja suurim läbimõõt 4,2 m ning mass 22,5 t, on seni suurim Hiina kosmoselaev.

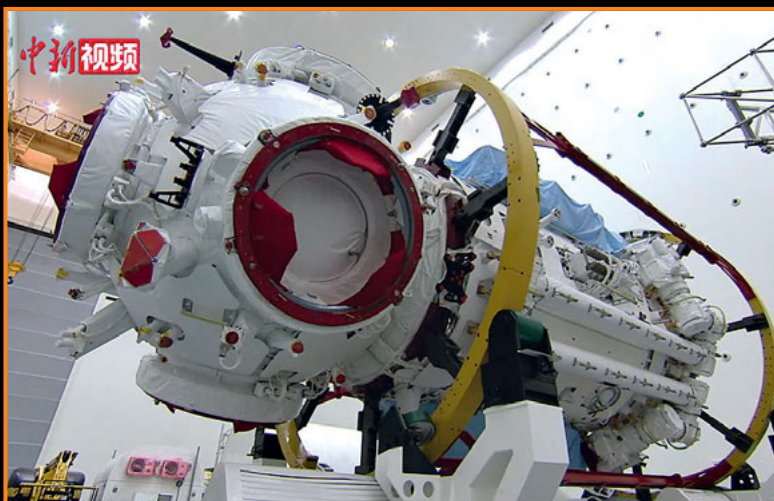
• **Starlink:**

29. aprillil startis Canaverali neemelt kosmoselendude stardiplatvormilt nr 40 SpaceX-i kanderakett Falcon 9 ja viis orbiidile 60 järjekordset Starlinki sidesatelliiti.

NASA



Marsikulguri Perseverance tehtud pilt Ingenuity lennust



Tianhe tuumikmoodul enne orbiidile lennutamist

WIKIPEDIA

Kulunud liigesed

Liigeste kulumine on luudel tuvastatavatest haigustest hambakaariese kõrval teine enim levinud patoloogia, selle käes vaevlevad nii inimesed kui ka loomad. Osteoartriit on luuainese materjalis sage haigus, mida on põetud peaaegu kõikides maailma piirkondades, tõendid selle kohta pärinevad juba kiviajast.

Paleopatoloogikirjutistes kasutatakse kahte sama tähendusega mõistet: osteoartriit ja degeneratiivne liigesehaigus. Osteoartriit on luude sage ja üsna kergesti äratuntav haigus, mis oleb vanusest. Patoloogia tekib degeneratsiooni-, taastus- ja põletikuliste protsesside koosmõjus liigesekõhres, subkondraalses luus (liigesekõhre all olev luu) ning pehmetes kudedes liigese ümber.

Osteoartriitil on mitu tekkepõhjust, näiteks geneetiline eelsoodumus, vanus, sugu, kehakaal, trauma, raske füüsiline töö või alatasa korduvad liigutused. Skeetil tuvastame luulisi muutusi, kui haigus on kestnud juba pikka aega. Skeletisadel on näha nii uus luuteke kui ka luu hävimine.

Osteoloogilises materjalis tunneb osteoartriiti ära osteofüütide ehk luukasviste, poorsuse, liigesepinna vähenemise ja eburneatsiooni ehk luu plinkumise järgi. Liiges vananeb, kulub ja deformeerub, pinnale ning servadele tekivad kompensatoorsed luukasvised. Haiguse arenedes võib liigesepind muutuda poorseks. Patoloogia lõppstaadiumis hakkavad kaks omavahel liigestuvat luud teineteise vastu käima, tekitades kõva läikiva pinna. Sellist etappi nimetatakse luuplinkumiseks.

Eburneatsioon on osteoartriiti eriomane tunnus, mille järgi on kõige kindlam haigust luudel määrata. Enamasti näeme liigeste kulumist üle neljakümneaastastel inimestel. Keskeast alates on patoloogia võrdselt progresseeruv nii meestel kui ka naistel. Arheoloogilises aineses on enamasti kulunud küünar-, puusa-, põlve- ja jalalabaliigesed.

Paleopatoloogiliste uuringute järgi ei ole otseseid seoseid mõne kindla elukutse või spetsiifilise tegevuse ja osteoartriiti vahel, kuid haigus annab üldise iseloomuga olulisi vihjeid inimeste füüsilise tegevuse kohta. Nii näiteks on võimalik eristada ühiskonnarühmi või seda, mis vanuses olid inimesed hakanud rasket, koormavat tööd tegema.

Kõnealune haigus on inimkonda vaevanud väga pikka aega. Osteoartriiti käes on kannatanud isegi inimese eelased. On teada, et australopiteek Lucy



Liigeste kulumisest tingitud luukasvised ja reieluupeade liigesepinna poorsus Tartu Püha Jakobi kirikuaiaist leitud skeetil, mis pärineb kesk- või varauusajast



FOTOD: JANIKA VILJAT

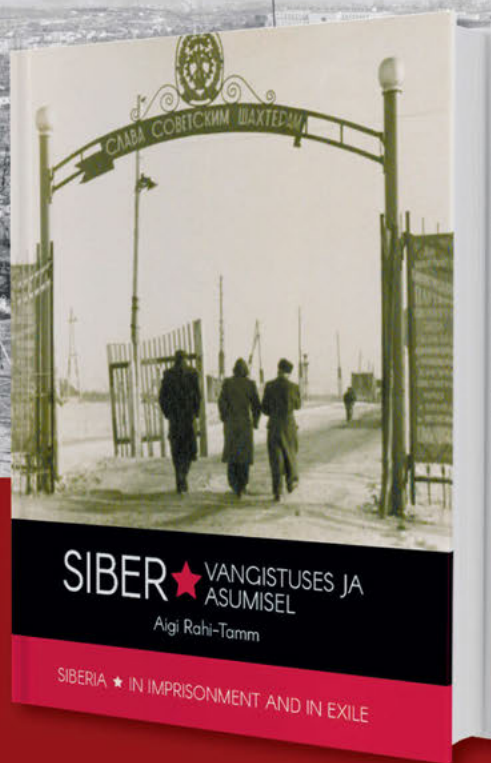
19. sajandil Tartu Raadi Telleri kabelisse maetud täiskasvanud naise tugevasti kulunud parema sääreluu põlveliiges (luuplinkumine)

olid osteoartriiti tunnused selgrool, ning seda haigust põdesid ka neandertallased. Tänapäeval ja ka arheoloogilistes populatsioonides on enim puusa- ja põlveliigete osteoartriiti, kuna need osad kehast peavad kandma kõige suuremat koormust. Luuaineses on puusa- ja põlveliigete kulumist enim kindlaks tehtud naistel.

Paraku pole Eesti näitel veel uuritud,

kui palju on eri aegadel osteoartriiti populatsioonides esinenud. Suurbritannias tehtud uuringud, mis hõlmasid peaaegu 2000 skeetti ajavahemikust 1200–1850, näitasid, et puusaliigesed olid kulunud 3% elanikkonnast – umbes nii sama paljudel kui tänapäeval. •

 **Martin Malve**, Tartu ülikooli arheoloogiaosakonna osteoarheoloog



SIBER

vangistuses ja asumisel

Mahukas pildialbum kirjastuselt Grenader
Eesti ja inglise keeles
Tekstid koostanud professor Aigi Rahi-Tamm
Pühendatud juuniküüditamise 80. aastapäevale

Saadaval alates 14. juunist suuremates
raamatupoodides või aadressil grenader.ee

autoriõigus MTÜ Loodusajakiri



Jüri Engelbrecht,
Robert Kitt
**KOMPLEKS-
SÜSTEEMID EHK
TERVIK ON SUU-
REM KUI OSADE
SUMMA**
188 lk
Kirjastus
Postimees, 2020

TERVIKLIKKUSE TOETUSEKS

Kaaslaseks Marta Sillaotsa ülevaade Anton Hansen Tammsaare loomingust, olen viimastel nädalatel üle lugenud kirjniku varasemaid teoseid. Juba Tammsaare noorpõlve ning ülikooliaja jutustustes peitub põnevaid situatsioone ja teemaarenduid, värvikaid karaktereid, kelle tegemisi autor mitte ainult ei jälgi sooja osavõtuga, vaid kelle eludest ta üritab kõige otsesemas mõttes aru saada. Siiski on nende jutustuste ja novellide süžee pigem lineaarne, eluvõrgustik koosnebki üksnes mõnest eredast tegelasest ja võtmesündmusest ning oleks kõigest ümbritsevast otsekui lahus.

Ent kui avame romaani „Kõrboja peremees“, leiame end hoopis rikkalikumast ilmast: juba esimestest lehekülgedest pole inimesed oma elus üksi, nendega on tihedas seoses põllud ja metsad, vanad koerad ja isegi niisugused linnud, keda tuntakse vaid laulu järgi; siin pole kivid ja mättad lihtne kirjanduslik kaunistus või passiivsed pealtvaatajad, vaid peaaegu kõigel ümbritseval on oma roll tegelaste eluteel. See terviklikkus areneb täiuseni romaanis „Tõde ja õigus“, kus inimeste elujoont ei saa enam eristada toonasest ajast, ühiskonna vooludest ega tavade. Epopöa sündmused avanevad, keerlevad, siis taas koonduvad, ringlevad ja hüperboolitavad, põhjus ja tagajärg vahetavad rolle, kuid kõik kokku annab tervikpildi, autori pildi inimese elust, mis on suurem tema üksikutest osade summast.

„Kompleks-süsteemid ehk Tervik on suurem kui osade summa“ – sellist pealkirja kannab Jüri Engelbrechti ja Robert Kiti raamat, mille Postimehe kirjastus avaldas 2020. aastal. Leheküljel 58 kirjeldavad autorid kuut komplekssete kohanduvate süsteemide põhiprintsiipi ja minu meelest sobivad nad kõik Tammsaare hilisema loominguga! Ehk võiksime selle

raamatu vaimus lausa öelda, et Tammsaare varasemad teosed on pigem elu lihtne lineaarne mudel, kuid tema hilisem looming üritab mõtestada elu kui kompleks-süsteemi?

Jääb mulje, et üks autorite eesmärged raamatut kirjutades oli justnimelt innustada püstitama seesuguseid küsimusi ning nende üle rõõmsalt mõtisklema, sest autorite endi sõnul on nende siht „heita loodus- ja sotsiaalprotsessidele valgust kompleks-süsteemide prisma läbi, et ühendada eri kultuurides elavaid inimesi“ (lk 14). Eri kultuuride all peetakse siin silmas Charles Percy Snow' kahte kultuuri: nn kõvu teadusi ja pehmeid teadusi, teadlasi ja humanitaare, kelle ainus tihedam kokkupuutepunkt näib vahel olevat Eesti teadusagentuuri grantide lühikeses nimekirjas. Või vahest tutvustab raamatu sihte veel paremini sisesejuhatuse lõppu poetatud lause ja lootus: „Oleks tore, kui meie raamat ärgitaks mõtlema maailmaprobleemide üle“ (lk 19). Jätkakem selles vaimus.

Mind sundis lugedes peatuma näiteks Platoni mõtiskluse meeldetuletus (lk 46): ühiskondlikel väärtustel olevat objektiivne mõõde, nende roll olevat tagada ühiskonnas harmoonia. Olin parasjagu lõpetanud matemaatilise uurimistöökirjaku, milles olen kirjeldanud üht põnevat tõenäosuslikku objekti, Gaussi vaba välja, kus juhtrolli mängivad niinimetatud harmoonilised funktsioonid. Harmooniline funktsioon on väga eriline funktsioon, seda iseloomustab (pisut lihtsustades) järgmine omadus: funktsiooni väärtus igas punktis on võrdne teda ümbritsevate punktide keskväärtusega. Näiteks, kui mõtleme varandusfunktsioonist nimega F , mis igale inimesele i annab tema koguvaranduse $F(i)$, siis harmoonilise varandusfunktsiooni korral oleks iga inimese varandus tema naabrite varanduste keskmine. Kas see poleks üsna harmooniline ka ühiskondlikus mõttes! Naabruse võiksime siin mõelda nii geograafiliselt kui ka inimvõrgustiku kontekstis – naabriteks oleks sellises võrgustikus inimesed, kes on omavahel tuttavad. Harmoonilisi funktsioone näeme igal sammul, näiteks on pingul trummikile harmoonilise funktsiooni kujuga.

Sedalaadi funktsioonidel on tege-likult palju teisiigi ilusa omadusi, näiteks puuduvad lokaalsed maksimumid ja miinimumid funktsiooni sisepiirkonnas. Järelikult, kui varandusfunktsioon oleks harmooniline puhtmatemaatilises mõttes, ei saaks keegi oma rikkusega naabrite ees hõisata ega peaks keegi ka oma vaesust häbenema. Sisepiirkond tähendab siin seda, et lokaalsed maksimumid ja miinimumid võiksid sisuliselt tekkida ainult isoleeritud punktides, ainult nende olemasolul võiks harmooniline varandusfunktsioon olla midagi

muud kui konstantne funktsioon. Aga kas ei näi see samuti tervikliku ja terve ühiskonna tunnuseks, kui tema keskel pole isoleeritud inimesi, kedagi ei jäeta üksi? Jah, selline mõtisklus ei vii ehk kuhugi, aga samas paneb natukene teisi vaatama seda, kui naaber toob õhtul õitsele läinud kirsioksi: võib-olla teab temagi harmoonilistest funktsioonidest, sest tõepoolest kõige lihtsam samm harmooniliste funktsioonide suunas on ühtlustada oma elutoimetusi naabrite või sõpradega.

Raamatu seltsis oli tore taas mõtiskleda ka imekauni mõiste „entroopia“ üle. Entroopiat ja termodünaamika teist seadust, mis ütleb, et suletud süsteemis entroopia aina kasvab, mainivad autorid mitmes kohas, esmalt juba Snow' kahe kultuuri raames. Termodünaamika teist seadust ja entroopiat kirjeldab metafoorselt näiteks minu töötuba või ma usun, et ka nii mõnegi lugeja töö- või elutuba. Entroopiast võib nimelt mõelda kui korrapärasusest, ja termodünaamika teisest seadusest kui lihtsast tõsiasjast, et korrapärasus aina kasvab.

Kahanema saab korrapärasust panna ainult väljastpoolt süsteemi energiat panustades: tuleb natukene rohelist teed või kohvi juua, ennast käsile võtta ja koristada! Seega on koristamine termodünaamika teise seaduse vastu võitlemine, nagu lendamine on gravitatsiooniga rinda pistmine. Aga mõtleme sellest näitest pisut kaugemale. Entroopiat võib vaadelda ka kui informatsioonihulka: näiteks struktureeritud raamatutiitelt on palju lihtsam teoseid leida kui korrapäraselt, sest teadmaks, kus mingi raamat täpselt võiks olla, on ju vaja palju vähem meeles pidada.

Sellest vaatenurgast võib mõelda termodünaamika teisest seadusest kui paratamusest, et informatsiooni hulk suletud süsteemis kasvab. Aga selliseid paratamusi on meie ümber rohkesti. Kas oleks abi, kui mõtleksime mõnest neist entroopia, termodünaamika teise seaduse ning kogu neid hõlmava rikkaliku teooria abil? Kas see võiks meid juhtida paremate otsusteni? Kas võiksime näiteks selles võtmes mõelda linnastumise kohta samalaadsest paratamatusest, mida õnnestuks pidurdada ainult lisaressursside investeerides: kui tahaksime linnastumist pidurdada, tuleks inimestele luua võimalusi kaugemalt lihtsamini linna tulla, olla kiire interneti teel pidevalt ühenduses, teha kaugtööd, pääseda isegi maalt ligi kõikidele kaupadele ja teenustele.

Jällegi, võib-olla ei ütlegi see vaatenurk midagi sügavat, aga samas põhjendab ehk värskest küljest, miks oleks üsna loogiline – füüsika võtmes loogiline! –, kui valitsused toetaksid maapiirkondi. Nimelt ei saa ühtegi termodünaamilist

paratamatust peatada süsteemi seest, vaid ainult aktiivselt väljastpoolt vastu hakates!

Teatud mõttes pidid sellesama termodünaamika teise seadusega kindlasti rinda pistma ka raamatu „Komplekssüsteemid“ autorid, üritades koondada ja kokku panna kompleksüsteemide eri käsitlusi ning rakendusi. Sissejuhatava populaarteadusliku haardega raamatuna on see minu meelest hästi õnnestunud: kompleksüsteemide mõisteid ja sõnavara tutvustatakse esmalt füüsikaliste süsteemide raames, siis sotsiaalsete süsteemide ringis ja viimaks üritatakse nende najal vaadelda konkreetsemaid süsteeme, näiteks majandust ja juhtimist.

Teemasid valides ja selgitades on kindlasti kasuks tulnud ka see, et autorite haridustaust on sarnane, kuid kogemused erinevad: Jüri Engelbrechtil on ette näidata särav teadlasekarjäär, Robert Kitil sama eredad kogemused tippjuhi ja majanduseksperdina. Raamat on ajakohane ja tänuväärt samm ning ärgitab igati mõtlema. Samas on „Komplekssüsteemid“ ikkagi alles esimene samm. Nimelt näib mulle, et see raamat annab küll sõnavara, aga ei õpeta veel iseseisvalt kompleksüsteemide keeles mõtlema: neljandas peatükis autorid küll näitlikustavad üsna elavalt, kuidas võiks kompleksüsteemide keeles mõtiskleda ühiskondlikel teemadel, kuid need igati

huvitavad mõtted näiteks majandusest, juhtimisest ja hariduspoliitikast ei aita ilmselt lugejat iseseisvate arutlusteni. Just lihtsamate mõistete lahtimuukimine näidete varal võinuks minu meelest kasulik olla. Samas, sõnavara on antud igati piisavalt, nende abil saab põhimõtteliselt mõelda nii elektronidest kui ka pilvedest ja Tammsaarest.

Isiklikult oleksin pidanud oluliseks tuua sisse ka tõenäosuslikud mudelid: just nende mudelite abil kirjeldatakse järjest enam keerulisi füüsikalisi, bioloogilisi ja sotsiaalseid süsteeme, tõenäosuslik mõtteviis annab hea arusaama maailma keerukusest, aja- ja ruumiskaaladest, kuid näiteks ka sellest, miks kaootiliste süsteemide olemasolu ei tähenda veel, et tuleviku kohta midagi öelda ei saaks.

Lõpetuseks tuleksin tagasi kahe kultuuri juurde, mille ületamise raskus on näitlikustatud ka raamatu enda ülesehituses. Nimelt tutvustatakse põhimõisteid füüsikaliste süsteemide raames ja alles siis hakatakse nende najal arutlema ühiskondlikel teemadel. See on igati arusaadav ja loogiline järjestus, sest mõisteid on lihtsam defineerida täppisteaduste raames, kus kirjeldused ja kirjapanekud on rangemad. Aga ehk saaks ka teisiti? Ehk võiksime füüsikalisi mõisteid tutvustada kohe sotsiaalsete, majanduslike, eluoluliste süsteemide raames?

Nad oleksid küll algul umbmäärasemad, aga eri kontekstide ja perspektiivide võtmes selguks nende tähendus ehk isegi elavamalt kui mõne lihtsa füüsikalise mudeli näitel? On ju mõistete enda leidmine ning täpsustamine osa teadusest, osa, mida meile näiteks koolihariduses eriti ei tutvustata. Ehk oleks siiski võimalik meie maailma algusest peale vaadelda ja mõtestada ühtse põimunud süsteemina, mis on korraga ilus oma lihtsuses ja hirmutav oma keerulisuses? Ehk vaadelda sillerdust järvel ühtaegu nii William Turneri värvides kui ka valguskiirte geomeetria, näha inimsuhteid nii mänguteoreetiliselt kui ka emotsionaalselt, välja kui karistavat noolt ja sädelahendust, lugeda Tammsaaret kui uurimistööd kompleksüsteemidest ning võtta teadust kui ühte laulu alguskokkukõlast, mis peab ju kuskilt leitama?

See peaks kindlasti võimalik olema! „Komplekssüsteemid“ annavad selleks esimese tõuke, kuid inerts on suur. Siiski, kes teab, raamatuski mainitud liblikaefekti vaimus võib seesama teos kaasa tuua mõne kasuliku muutuse Eesti majandusmõttes või poliitikas, Bolti juhtimises või hariduses, vast mõne uue raamatu, luuletuse või rõõmsa mõtiskluse. •

 **Juhan Aru**, Lausanne'i föderalse tehnoloogiainstituudi (EPFL) juhusliku geomeetria abiprofessor



**IVECO
DAILY**

**PARIM VALIK
ERILAHENDUSEGA
TARBESÕIDUKEID!**

Igale äri!e: kaubik, furgoon,
külmik, kallur ...

- ✓ 3,5 kuni 7,2 t täismass
- ✓ Hi-Matic automaat
- ✓ Täisraam
- ✓ Jõulised diisel ja CNG mootorid
- ✓ 3,5t haagise võimalus

Iv Pluss TALLINN
Pärnu mnt 556, Laagri
677 9060 myyk@ivpluss.ee

Iv Pluss TARTU
Ilmatsalu põik 3
740 90 66 tartu@ivpluss.ee

ivpluss.ee

Iv Pluss AS
IVECO 

autoriõigus MTÜ Loodusajakiri

KAUR AARE SAAR, MIHKEL KREE, OLEG KOŠIK

KUIDAS NOORED FÜÜSIKUD KASSISILMADE HÕOGUMIST UURISID

Ülemaailmse koroonakriisi mõjust ei olnud 2020. aastal pääsu ka füüsikaolümpiaadi osalejatel ega korraldajatel. Katsumustega tuldi edukalt toime: isegi eksperimenti sai teha ilma katsevahenditeta, virtuaalselt.

Lõppvoor ja Põhja-Balti füüsikaolümpiaad

Möödunud 2019/2020. õppeaasta olümpiaade mõjutas tugevalt koroonapandeemia, seetõttu ei õnnestunud ei lõppvoor ega Põhja-Balti olümpiaadi pidada tavapärasel kujul. Lõppvoor lükkus aprillikuust edasi 9. juunile ning ülesandeid lahendati eri piirkondades üle Eesti, mitte kahel päeval Tartus.

Õpilased lahendasid nii teoreetilisi kui ka eksperimentaalseid ülesandeid; žürii oli igale õpilasele valmistanud personaalse katsevahendite komplekti ning toimetanud need üle kogu Eesti piirkondlikesse lahendamiskeskustesse. Ühe teooriaülesandena tuli näiteks leida hõõrdetegur, mille korral saab söögipulka üles tõsta silindrikujulise toidutüki. Ühes eksperimentaaluülesandes tuli leida mustas kastis paiknev elektriskeem, tehes mõõtmisi musta kasti väljundklemmidel.

Gümnaasiumiastme võitjaks tuli Kaarel Kivisalu (Tallinna reaalkool, 12. klass), samuti pälvis 1. järgu diplomi Konstantin Dukats (Narva keeltelütseum, 12. klass). Põhikooliastmes võidutses Aleksei Ganyukov (Narva Pähklimäe gümnaasium, 9. klass), 1. järgu diplomi sai ka Aleksei Jemeljanov (Narva keeltelütseum, 8. klass). Tasub esile tuua, et Miina Härma gümnaasiumi 9. klassi õpilane Kristjan-Erik Kahu otsustas osaleda gümnaasiumi arvestuses ja pälvis seal 2. järgu diplomi, seljatades kõik 10. klassi õpilased.

Pandeemia kiuste ei lükatud Põhja-Balti füüsikaolümpiaadi (NBPhO) edasi: erakorraliselt peeti see 16. mail koduse veebivõistlusena. Ametlike osalejate hulgas olid Eesti, Soome, Läti ja Rootsi; neile on see ühtlasi edasiste rahvusvaheliste võistluste valikvõistlus. Külalisvõistlejatena pakkusid konkurentsi ka õpilased Saudi Araabiast, Brasiiliast, Rumeeniast, Sloveeniast, Saksamaalt, Bosniast ja Hertsegoviinast ning Šveitsist. Üldvõitjaks tuli sloveenlane Tevž Lotrič, Eesti õppuritest oli parim Konstantin Dukats, kes sai üldarvestuses kolmanda koha.

NBPhO tulemuste põhjal loodi Euroopa ja rahvusvahelisel füüsikaolümpiaadil osalevad viieliikmelised võistkonnad, kuid tiheda konkurentsi tõttu korraldati viienda koondisekoha täitmiseks lisavõistlus.

Lõppvoor korraldamist koordineeris Tartu ülikooli (TÜ) teaduskool ja rahastas haridus- ja teadusministeerium. Stipendiumid parimatele Eesti õpilastele olid pannud välja Robert Kitt, TÜ füüsika instituut, Tallinna tehnikaülikool (TTÜ) ning keemilise ja bioloogilise füüsika instituut. Põhja-Balti füüsikaolümpiaadi rahastas ja korraldas TTÜ.

Euroopa füüsikaolümpiaad

Neljas Euroopa füüsikaolümpiaad (EuPhO) peeti 20.-21. juulil. Esialgsete plaanide järgi pidi see võistlus toimuma mai lõpus Rumeenias, kuid pandeemia tõttu pandi võimed proovile igas riigis eraldi; enamikus maades võimaldas olukord sel ajal lahendamist ühes kohas. Eesti õpilased otsisid ülesannetele lahendusi TTÜ-s. Võistluse peakorraldaja oli Eesti füüsikaolümpiaadi pikaajaline eestvedaja professor Jaan Kalda, kes on ühtlasi EuPhO võistlusformaadi looja.

NBPhO ja lisavõistluse tulemuste järgi esindasid Eestit EuPhO-l Kaarel Kivisalu (Tallinna reaalkool, 12. klass), Kristjan-Erik Kahu (Miina Härma gümnaasium, 9. klass), Jarl Patrick Paide (Tallinna reaalkool, 12. klass), Hendrik Vija (Miina Härma gümnaasium, 12. klass) ja German

Lužin (Narva Pähklimäe gümnaasium, 11. klass). Võistkonda kvalifitseerus ka varasem rahvusvahelise füüsikaolümpiaadi (IPhO) kuldmedalist Konstantin Dukats, ent ta loobus osalemast, kuna pidi samal ajal valmistuma keeletestiks Oxfordi ülikooli sisseastumiseks.

EuPhO eel korraldati õpilastele virtuaalne treeninglaager koos Soome ja Saudi Araabia õpilastega. Eesti õppurid said ühtlasi osaleda treeninglaagris Neli-järve puhkekeskuses. Eestil ja Soomel on pikaajaline traditsioon korraldada ühiseid suviseid treeninglaagreid, kuid pandeemiast tingituna piirduti tänava ühise virtuaallaagriga.

Võistlus oli kahepäevane, esimesel päeval lahendati teooriaülesandeid, teisel eksperimentiülesandeid. Erinevalt rahvusvahelisest füüsikaolümpiaadist on Euroopa füüsikaolümpiaadi ülesanded lühema tekstiga ning seetõttu nõuavad õpilastelt rohkem füüsikalist taiplikkust. Ühe teooriaülesandena uuriti näiteks, miks kassi silmad pimedas helendavad. Eksperimentiülesandes tuli seekord leida lahendus ilma füüsiliste katsevahenditeta, selle asemel oli eksperimenti imitatsioon, mille järgi pidid õpilased määrama tundmatute süsteemide sisendparameetrid ning nende põhjal leidma süsteemi kirjeldavad parameetrid. Ühes eksperimentiülesandes tuli näiteks leida musta kasti sees olevate koormiste mass ja vedrude jäikus, öeldes programmele, kuidas me kasti kiirendada tahame, see-



FOTO: OLEG KOŠIK

2020. aasta Euroopa füüsikaolümpiaadiks valmistumise treeninglaager Neli-järve puhkekeskuses



FOTO: CAREL KUUSK

2020. aasta füüsikaolümpiaadi lõppvoor Tallinna tehnikaülikoolis



FOTO: KAUR AARE SAAR

Eesti võistkond 2020. aasta rahvusvahelisel füüsikaolümpiaadil (vasakult): Kristjan-Erik Kahu, Kaarel Kivisalu, Jarl Patrick Paide, Hendrik Vija ja Konstantin Dukatš

peale programm vastas, millist jõudu peab selleks kasutama.

Eesti õpilastest sai hõbemedali Jarl Patrick Paide, pronksmedali pälvisid Kaarel Kivisalu ja Hendrik Vija. Üldarvestuses läks kaksikvõit serblastele.

Osalus EuPhO-I rahastas haridus- ja teadusministeerium, Eesti võistkonna juhendajad olid füüsikaolümpiaadi žürii liige Kaur Aare Saar ja TÜ tehnoloogia-instituudi teadur Oleg Košik. Sel aastal toimub EuPhO juuni lõpus taas virtuaalselt.

Rahvusvaheline füüsikaolümpiaad

Esialgu pidi rahvusvaheline füüsikaolümpiaad (IPhO) toimuma juulis Leedus, kuid lükati edasi, lootes, et koroonapandeemia leeveneb. Praeguste plaanide järgi korraldab Leedu olümpiaadi tänavu juulis hübriidformaadis: riikidel on võimalik osaleda nii Leedus kohapeal kui ka veebi teel oma koduriigis.

Hoolimata ülemaailmsest kriisist peeti 7.–15. detsembril siiski ametliku asendusvõistlusena rahvusvaheline hajutatud füüsikaolümpiaad (International distributed Physics Olympiad, IdPhO). Ainult mõnekuulise etteteatamisajaga võttis olümpiaadi korraldamise enda peale Venemaa (Moskva ülikool ja haridusministeerium) ning mõistagi peeti võistlus teistmoodi: ülesandeid lahendati igas osalevas riigis kohapeal, kuid muu korraldus oli keskselt juhitud ning üsna sarnane tavapärasega. Küll aga puudus sotsiaal- ja kultuuriprogramm, mis üldjuhul on rahvusvahelistel olümpiaadidel üsna tähtis, sest võimaldab õpilastel tutvuda samast valdkonnast huvitatud välisriikide õpilastega.

Kuigi uus õppeaasta oli juba alanud, said osaleda ka need õpilased, kes olid sügisel ülikooli astunud. Eesti võistkonda kuulusid Konstantin Dukatš (Oxfordi ülikool), Kaarel Kivisalu (Manchester

kool), Kristjan-Erik Kahu (Hugo Treffneri gümnaasium, 10. klass), Jarl Patrick Paide (Manchesteri ülikool) ja Hendrik Vija (Tartu ülikool). Uue õppeaasta alguse tõttu ei olnud võimalik korraldada treeninglaagreid, seepärast piirdus ühine olümpiaadieelne ettevalmistus üksnes koduülesannete lahendamise ja nende aruteluga.

Eesti õpilased lahendasid ülesandeid Tartu ülikooli Physicumis. Võistlusvoorud peeti kahel päeval; tavapäraselt lahendati ühel päeval viis tundi teooriaülesandeid ja teisel päeval eksperimendiülesandeid. Korraldajad olid valinud mitmekesise temaatikaga ülesanded ning need hästi ette valmistanud. Teooriaülesanded olid nii klassikalise elektromagnetismi ainetel kui ka lasertehnoloogiate ja mitelinearse optika valdkonnast. Eksperimendivoorus tegeleti kristallograafiaga; häid tulemusi saavutasid need õppurid, kes suutsid suurepärase intuitsiooni toel seostada mikroskoopilise maailma ja valguse difraktsiooni nähtuse.

Eksperimentide vahendid olid kokku pandud Moskvast ning saadetud postiga igasse osavõtvasse riiki. Samuti olid Venemaa korraldajad määranud igas riigis võistlusvoore kohapeal jälgima ametlikud vaatlejad, et kõikjal peetaks ausalt kinni võistlusreeglitest. Õpilaste lahendused saadeti skaneeritud kujul Moskvasse; tööde punktisummad kujunesid rahvusvahelise korralduskomitee ja võistkonna juhendajate koostöös.

Olümpiaadist võttis osa 45 riiki ja 204 õpilast. Kõik Eesti õpilased saavutasid medalikoha: Konstantin Dukatš ja Kaarel Kivisalu võitsid hõbemedali ning Kristjan-Erik Kahu, Jarl Patrick Paide ja Hendrik Vija said pronksmedali. Riikide arvestuses olid parimad Hiina ja Venemaa, kõik nende riikide õpilased võitsid kuldmedalid.

Osalus IdPhO-I rahastas haridus- ja teadusministeerium. Kohapeal korraldas olümpiaadi TÜ teaduskool. Võistkonna juhendaja oli ettevõtte Starship Technologies robotite taju tiimijuht Mihkel Kree. Ülesandeid tõlkisid ja lahendusi hindasid ka Kaur Aare Saar, Oleg Košik ja Massachusettsi tehnoloogia-instituudi üliõpilane Richard Luhtaru. •

NB! Parandus

Eelmises numbris ilmunud olümpiaadilooses „Matemaatikaolümpiaad pandeemia kiuste“ on jäänud väike eksitus. Nimelt ei juhendanud koos Hendrik Vijaga Eesti meeskonda Balti Tee võistlusel mitte Sandra Schuman, vaid Kaur Aare Saar.

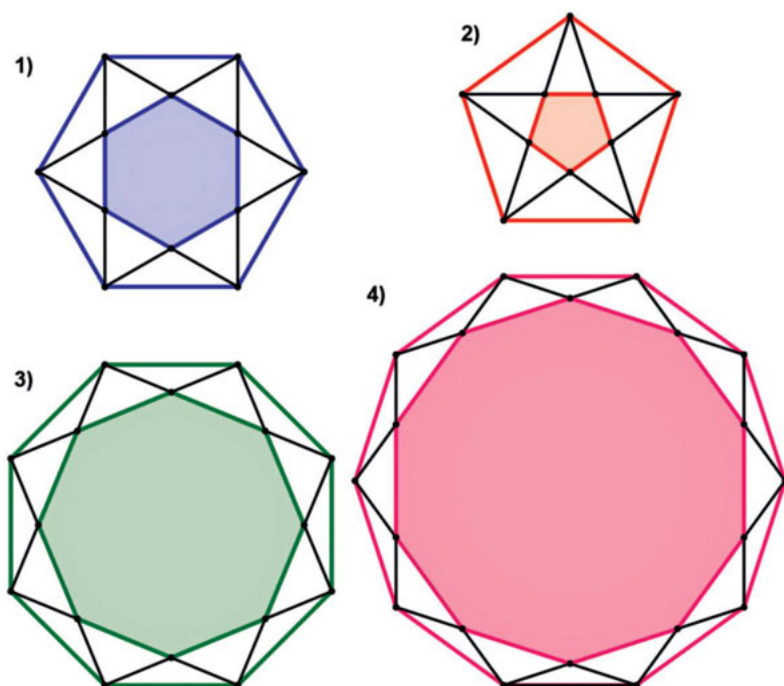
Kaur Aare Saar, Eesti võistkonna juhendaja Euroopa füüsikaolümpiaadil

Mihkel Kree, Eesti võistkonna juhendaja rahvusvahelisel füüsikaolümpiaadil

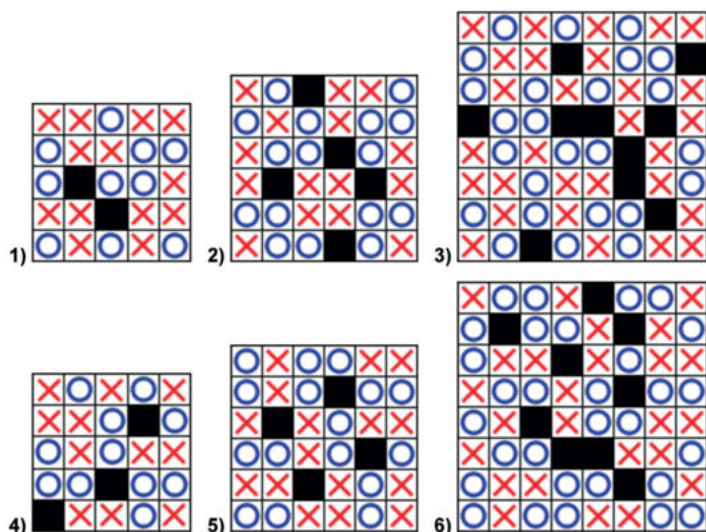
Oleg Košik, Eesti võistkonna juhendaja Euroopa füüsikaolümpiaadil

Leia kujundite pindalade suhe

Kui korrapärase viisnurga, kuusnurga, kaheksanurga ja kümnenurga tipud ühendada üle ühe vastupäeva, siis tekib korrapärase viisnurga, kuusnurga, kaheksanurga ja kümnenurga sisse vastavalt tähtviisnurk, tähtkuusnurk, tähtkaheksanurk ja tähtkümnenurk. Nende tähthulknurkade sisse saab omakorda joonistada korrapärase viisnurga, kuusnurga, kaheksanurga ja kümnenurga. Seekordne ülesanne on leida tähthulknurga sisse ja ümber kujundatud korrapärase kuusnurgakade, korrapärase viisnurgakade, korrapärase kaheksanurgakade ja korrapärase kümnenurgakade pindalade suhe.



Teise vooru ülesannete vastused



Vastuste ärasaatmise tähtaeg on 10. juuni 2021.

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

2021. aasta parimale nuputajale

auhinna 100 euro eest raamatuid Tallinna ülikooli kirjastuselt.



Vooru võitja

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

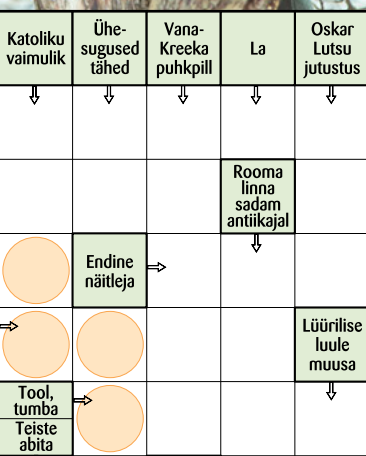
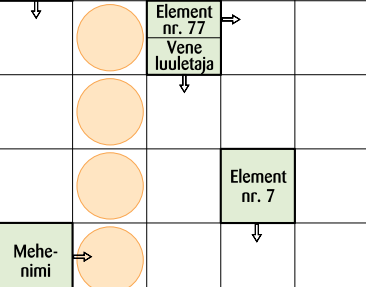
Teise vooru kokkuvõte

Teise vooru ülesanded ei olnud väga rasked. Kõik ülesanded lahendasid õigesti ja kuus punkti teenisid Vladimir Jaanimägi, Kalle Kulbok, Marko Orav, Meelis Reimets, Gert Schultz, Anti Sõlg, Kuldar Traks ja Hannes Valk. Vooru-auhinna võitis seekord Gert Schultz.

Vaata veebilehelt

Tulemuste tabeli leiata aadressilt www.loodusajakiri.ee ja Horisondi Facebooki-seinalt.

Tõnu Tõnso, matemaatik, Tallinna ülikooli lektor

	Kirjätähe ehiskeerd	Ühesugused tähed		RANKIN	Uunikum inglise k.	Ühesugused tähed	EW poliitik	Spordi- aja- kirjanik	Tänav	<i>Kuma</i>	Küla Kadrina vallas	Kääne	 ... on asi, mida kõik psühholoogid teevad.	
Liigham- basus	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Granaadi erim	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
<i>Kuma</i>	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Naise- nimi	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Luku- firma	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Moorus- puuline	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
<i>Kuma</i>	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Elu-	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
<i>Kuma</i>	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Leiutasu	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Järjest. tähed	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Lääge	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Masti tengiga ühendav ristpuu	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
														
Ilmakaar	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Element nr. 47	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Kalevipo- ja koer	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Küla Jõe- lähtme vallas	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
														
Vägi	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Endine näitleja	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
HACK- MAN	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Mehe- nimi	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		

MAAILMA POPULAAR- SEIMAD MÕISTATUSED

SUDOKU- raamat 127

MAAILMA MÕISTATUSED

Lahendajate vahel läheb loosi ristsõnaraamat „Lemmikristsõnad 12“.

Eelmise ristsõna vastus „Ka ühe popploos kirjutamine võib MÕNIKORD PARAS TEADUS OLLA“ viitab tänavuses esimeses Horisondis ilmunud muusik Ewert Sundja mõtisklusele endast ja teadusest. Loosi tahtel võitis ristsõnakogumiku Kuma Kuld KAISA PILK.

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

LEMMIK- RISTSÕNA 12

6.50 €

VALITUD RISTSÕNAD AASTAST 2004–2010

Arva ära!

LUGEJATE LEMMIK

Lugejate lemmiklugu eelmises numbris oli „Kuidas otsida elu: miks fosfaan ja Veenus?“ (autor Mihkel Pajusalu).

Kui ei ole seda lugenud, osta (e-)ajakiri e-poest www.loodusajakiri.ee!

1 Ajaloolaste arvates oli ta paavst Gregorius I surma ja Karl Suure kroonimise vahelise aja kõige olulisem teadlane. Ta oli keskaja teaduse teerajaja, kes selliste teostega nagu „Asjade olemusest“ ja „Ajaarvamisest“ mõjutas mitmeid mõttevaldkondi. Tema kuulsus levis üle kogu Euroopa, muu hulgas andis Dante oma „Jumalikus komöödias“ talle koha paradiisis. **Kellest on jutt?**



2 Kui see pildil olev auto 1955. aasta autonäitusel välja toodi, võeti 15 minuti jooksul vastu 743 tellimust. Harva on uut autot saatnud seesugune pinev huvi. 1999. aastal korraldatud 20. sajandi parimate autode võistlusel saavutas ta kolmanda koha. **Mis automargi ja mudeliga on tegu?**



3 Selles pika ajaloo linnas on ainsana maailma linnadest koguni neli UNESCO maailmapärandi nimistusse kuuluvat objekti või seal peetavat üritust. **Millisest linnast on jutt?**

FOTOD: WIKIPEDIA



MÄLUSÄRU 2/2021 VASTUSED

1. Hermann Jaakson.
2. Öökuninganna („Queen of the Night Relief“, varem „Burney Relief“).
3. Mark Twain.
4. Ahvikotkas (Filipiinide rahvuslind).
5. Fiume Vaba Riik.

● Mälusäru auhinnaraamatu, Walter Dehio „Erhard Dehio. Suurettvõtja ja poliitikuna vanas hansalinnas Tallinnas“ kirjastuselt Argo võitsid MARGO KLAAR, ÖILME SALUMÄE ja KALEV LASBERG.

4 Nende haruldaste ja ohustatud primaatide silmapaistev tunnus on pead ümbritsev hõbevalge lakk. Nende keha pikkus on 50–60 cm ja kaal 2–10 kg. Looduses elab neid 3000–3500 isendit, loomaaedades umbes 350 looma. **Millist loomaliiki on silmas peetud?**



5 Omal ajal peeti tema kunsti poeetilise tundlikkuse tipuks maalikunstis. Pärast surma vajus ta looming pikaks ajaks unustusse, kuid avastati uuesti 19. sajandil ning mõju- tab kunsti, disaini ja popkultuuri tänapäevalgi. Tema joonekasutus inspireeris hilisemaid kunstnikke, nagu Ingres, Degas, Rossetti ja Matisse. Tema kunsti lüürilisus on inspireerinud ka uuema aja kirjanikke ja filmitegijaid, nagu Vladimir Nabokov ja Andrei Tarkovski. **Kellest on jutt?**



✍ Jevgeni Nurmla, Indrek Salis
mälu mängurid



VASTA JA VÕIDA RAAMAT!

Vastanute vahel loosime välja kolm raamatut: Timothy Caulfield, „Võta vabalt! Ärevuse ajastu käsiraamat“ kirjastuselt ARGO.

● Koos vastustega andke toimetusele teada ka selle numbrilemmikkirjutis.

VASTUSEID

ootame 15. juuniks aadressil Endla 3, 10122 Tallinn või horisont@horisont.ee. NB! Vastuste juurde kirjutage auhinna- loosis osalemiseks kindlasti oma mobiil- telefoni number ja postiaadress.

MÄLUSÄRU
RUBRIIKI TOETAB
KIRJASTUS ARGO.





Näitekirjanik **Urmas Lennuk**
Osades **Ülle Kaljuste ja Argo Aadli**

Läänemere
elamusnäitus
Tuur Maria
unenägu

Eesti Loodusmuuseumis

 Eesti Loodusmuuseum

Näitekirjanik **Urmas Lennuk**
Osades **Ülle Kaljuste ja Argo Aadli**

Läänemere
elamusnäitus
Tuur Maria
unenägu

Eesti Loodusmuuseumis

 Eesti
Loodusmuuseum

Näitekirjanik **Urmas Lennuk**
Osades **Ülle Kaljuste ja Argo Aadli**

Läänemere
elamusnäitus
Tuur Maria
unenägu

Eesti Loodusmuuseumis

 Eesti Loodusmuuseum



TAMREX

Maailma parimad!

KÄSITÖÖNA VALMISTATUD KVALITEETSED

kummikud!



nOKIAN
FOOTWEAR

Iga ilmaga!

art 88-441 **FINNWALD**
89 €

- Naelte (libisemistõkke) kinnitamise võimalus
- Klassikalised kummikud, mida jahimehed ja kalurid eelistavad
- Sääre küljel kergesti lukustatava klambri reguleerimisrihm
- Materjal talub -40 °C
- Lai sääreosa
- Lai liist
- Värv: oliiviroheline



art 88-15731209 **KOLI**
119 €

- Naelte (libisemistõkke) kinnitamise võimalus
- Sääre küljel kergesti lukustatava klambri reguleerimisrihm
- Topelt tugevdusega kann-, külje- ja ninaosa
- Põrutust neelav termoisolatsiooniga sisetald
- Stabilisaator sise- ja välistalla vahel
- Mustust ja pori hüljav pinnaviimistlus
- Väljaulatuv naga kannal lihtsustab kummikute jalast äravõtmist
- Lai liist
- Värv: oliiviroheline



art 88-574 **KEVO Outlast HIGH**
169 €

- Naelte (libisemistõkke) kinnitamise võimalus
- Sääre küljel kergesti lukustatava klambri reguleerimisrihm
- Topelt tugevdusega kann-, külje- ja ninaosa
- Põrutust neelav termoisolatsiooniga sisetald
- Stabilisaator sise- ja välistalla vahel
- Mustust ja pori hüljav pinnaviimistlus
- Väljaulatuv naga kannal lihtsustab kummikute jalast äravõtmist
- Materjal talub -40 °C
- Lai liist
- Värv: oliiviroheline



Hinnad sisaldavad käibemaksu 20% ja kehtivad kuni kaupja jätkub!

TAMREX OHUTUSE OÜ

Tel 654 9900 Faks 654 9901 e-post: tamrex@tamrex.ee www.tamrex.ee

TALLINN Laki 5, Pärnu mnt 130, Katusesepi 35 • TARTU Aardla 114, Ringtee 37a • PÄRNU Riia mnt 169a • RAKVERE Pikk 2 • JÕHVI Tartu mnt 30 • VÕRU Piiri 2 • VIILJANDI Tallinna 86
VALGA Vabaduse 39 • NARVA Maslovi 1 • HAAPSALU Ehitajate tee 2a • PAIDE Pikk 2 • JÕGEVA Tallinna mnt 7 • TÜRI Rakvere tee 23 • RAPLA Tallinna mnt 2a • KEILA Keki tee 1 • KURESSAARE Tallinna 80a