

**Veel kord vanast
heast Rootsi ajast**



2 / märts 2013
Hind 3.50

www.horisont.ee

horisont



■ I N I M E N E

■ L O O D U S

■ U N I V E R S U M

Kuidas tehakse ajuta ajuteadust

**Urmas Sutrop:
keel kannab
endaga kaasas
minevikku**

**Meie igapäevane toit
meeleelundite
meelevallas**



autorioigus MTÜ Loodusajakiri

Aasta looma fotovõistlus

Valeri Ščerbatškin



„SUSI JA TEMA TEGEMISED”

Ajakiri Loodusesõber ja Looduskalender.ee kuulutavad välja fotovõistluse, kuhu on oodatud kõik hundipildid. Nii pildid, kus hunt ise peal, kui jäädvustused tema tegevusjälgedest. Eriti oodatud on just viimased.

Looduskalender.ee veebilehele üles laetud pildid saavad algusest peale olema avalikud. Ilmekamad saavad koha Looduskalendri hundiaasta uudistevoos. Pilte avaldatakse nii kaasa saadetud lühilooga, aga ka ekspertide kommentaaridega. Lisaks kasutatakse fotosid hundiaasta uudiseid illustreeriva materjalina ning avaldatakse ka ajakirjas Loodusesõber.

Võistluse pidulik lõpetamine toimub jõulukuu alguses ja selle täpsemast toimumisajast teavitavad loodusesober.ee ja looduskalender.ee

Nõuded pildile

Pildid peavad olema tehtud Eestis. Ootame võistlusele seni avaldamata ülevõtteid hundist ja tema jälgedest. Oluline on lisada iga pildi juurde lühike, kuni 500 tähemärki pikk lugu. Lugu võib olla kas pildi ülevõtmise kirjeldus või siis pildile tabatud olustiku kirjeldamine.

Kategooriad

Võistlevad tänavu tehtud pildid ja üldarvestuses kõik võistlusele saadetud ülevõtted. Eraldi võistlevad

hundiga pildid, hundi tegevusjälgedega pildid ja hundi nimega seotud temaatikaga fotod.

Auhinnad

Võitjatele on preemiaks vabalt valitud varjepäevad seiklusfirma „360 kraadi” Alutaguse fotovarjes koos Canon Overalli profitehnika kasutamisega. Valikus on Canoni valgusjõulised teleobjektivid ja profikered. Varjesse minnakse koos loodusfotograafi või hundiekspertidega. Lisaks mitmed eriauhinnad.

Lisateave:

toimetus@loodusesober.ee
loodusesober.ee
looduskalender.ee



looduse
omnibuss
LOODUSLIK OLMINE, LÕBUTSED, LÕBUTSED



LOODUSKAITSE AMMUNISTEERIJAL

LOODUSKALENDER.EE

OVERALL.EE

loodusesõber

autoriõigus MTÜ Loodusajakiri

SELLES NUMBRIS

Toomas Kirt, Jaan Aru

Ajuta ajuteadus 16

Millised neurobioloogilised mehhanismid täpselt meie vaimseid võimeid kannavad, on hetkel veel üsna ebaselge, kuid seda uuritakse aktiivselt ja interdistsiplinaarselt. Suured laborid Ameerika Ühendriikides ja Euroopas panustavad ajuprotsesside uurimisse ning mõõtmisse rohkelt raha ja ressursse. Väiksema ressursiga maadele ja teadlastele jääb lohutav võimalus – luua mudeleid.

Kuno Janson, Ants Kallaste, Viktor Bolgov

Energeetika – otsapidi üksnes taastuenergia küljes 30

Üleminek keerukamale ja kallimale taastuenergiapõhisele elektritootmisele on lähitulevikus paratamatu. Igal riigil ja igal maanurgal on vaja üles ehitada kohalikele loodustingimustele vastav elektrivarustus.

Kalle Kroon

Eestlaste vabadusest ja väest Rootsi aja lõpul 38

Rootsi võimu perioodile Eesti ajaloos on püütud anda hinnangut ühest või teisest kriteeriumist lähtuvalt. Seda aega on niihästi ülistatud kui ka laidetud. Uute andmete alusel on õigustatud üldistus – vana hea Rootsi aja fenomeni taga seisis Rootsi kuninga Karl XI soov lõimida eesti ja läti talupojad Eesti- ja Liivimaa üldisesse sotsiaalmajanduslikku ühiskonnamuistrisse.

Erge Tedersoo

Toidu sensoorsel analüüsil on kaalukaasil maitse, lõhn ja välimus 48

Tarbija jaoks on oluline, et toit maitseks hea, näeks välja isuäratav, oleks toitev ja tervislik ning sobiva hinnaga. Üks oluline hindamisviis on seejuures sensoorne analüüs, mida teevad hindamiseksperdid, keda eristavad tavatarbijast kogemus ja koolitatud madal tundlikkuslävi.



HORISONT KÜSIB

Üksainus küsimus tähtede sünnist 4

Vastab Leideni Ülikooli järel doktor, 2013. aasta jaanuaris Amsterdami Ülikoolis doktoritöö kaitsnud Mihkel Kama.

Intervjuu Kõik algas rohelisest 24

Urmas Sutrop on eesti keele- teadlane, kes on hariduselt bioloog, kaitsnud oma doktoritöö Konstanzi ning töötab nüüd uuesti Tallinnas ja Tartus, uurides ning õpetades eesti keelt. Mida, miks ja kuidas, uuris Toomas Tiivel.

Mina & teadus 37

Kuidas on teadus mõjutanud tema elu, selle üle mõtiskleb ühiskonnategelane Lagle Parek.



SIIT- JA SEALPOOLT HORISONTI

Liina Kamm, Dan Bogdanov, Sven Laur, Jaak Vilo. Kuidas kaitsta geneetilisi andmeid 3

Ulvar Käärt. Töö kiidab tegijat ehk riik tunnustas parimaid teadlasi 6

Ulvar Käärt. Üllatav avastus: väike mereelukas jääb pärast vahetunde peenisest ilma 7

Ülle Jäe. Mõnda lihavõtetest 8

Tiit Kändler. Einstein püsib kõigutamatu 10

Akadeemia ajad ja rajad 1946–1960 12

Jaan Einasto. Mees, kes kasvatas maailma mõõtmeid 14

OLÜMPIAAD

Mihkel Pajusalu
**Loodusteadused
Leedust Iraanini 56**

Jaan Toots
**Aastavahetus
füüsika saatel 58**

PRAKTILIST

Raamat

Andres Veske. Eesti autori geneetikaõpik 59

Ain Heinaru. Raamat, milleta ma oma eriala ette ei kujuta 60

Toomas Tiivel. Lugemispõppeid 60

Urmas Sutrop. Lugemiselamus ja e-maailm 61

Enigma

Tõnu Tõnso.
Ainult kahe numbriga võrdused 62

Ristsõna 63

Mälusäru 64

Nuputamist pakuvad mälumängijad Jevgeni Nurmla ja Indrek Salis.

17. sajandi ajalugu, 21. sajandi teadus

Ajalugu on viimasel ajal köitnud paljude mõtteid, ajendiks teadagi Eesti keskaeg. Horisont pole kunagi olnud läbinisti ajalookeskne, ometi pole ajalugu siit ka täiesti puudunud, seda enam siis praeguse ajaloohuvi tõusu taustal. Kõnealusele keskaja-raamatule leiab värskest numbrist siiski üksnes riivamisi viiteid intervjuust keeleteadlase Urmas Sutropiga ning

ühiskonnategelase Lagle Pareki mõttemõlgutusest teaduse rolli üle. Pikemalt on jutuks hoopis veidi uuem – vana hea Rootsi aeg, mille põhjaliku lahkamise on ette võtnud ajaloolane Kalle Kroon. Temagi arutleb selle üle, millest tuleks toonasele ajale hinnanguid andes lähtuda ja mida on omaaegsed ametimehed võinud mõelda, kasutades sõna *rahvus*.

Eestlaste vabadus ja vägi põimus 17. sajandi lõpul ja 18. sajandi algul kahe kroonitud pea – Karl XI ja Karl XII – ettevõtmistega. Karl XI Eestisse ei jõudnudki, seevastu Karl XII küll. Kas just seetõttu, ent Narva lahingust ja Laiusel peetud kuninglikust lumesõjast on enamasti kuulnud ka vähese ajaloohuvi inimesed. Sõjakus paistab silma ja pakub põnevust? Ent edukas oli Rootsi riigile ometigi just Karl XI aeg. Mind ennast on Karl XI hindama õpetanud mitte ajalooramatud, vaid Eesti demograafid. Sest meie demograafia juured ulatuvad kuninga 1686. aasta kirikuseadusesse, mille järgi tuli edaspidi registreerida kõik ristimised (sünnid), laulatused ja matused (surmad). Eriline oli selle otsuse juures just nimelt see, et registreerida tuli kõik need sündmused, sõltumata mis tahes asjaoludest – kirikuõpetaja kohus oli kirja panna ühtviisi mehed ja naised, nii abieluvälised lapsed kui ka need, kes

maeti kirikuaia taha.

Se Kunningass olli wagga

nink aije (nõuss sijn) öigust tagga

on kirjutanud keegi anonüümne eesti autor kuningas Karl XI pühendatud matuselauludes, mida Kalle Kroon on kommenteerinud möödunud aasta viiendas Akadeemia numbris.

Kuninga rolli rahvahariduse edendajana on sama anonüümne autor iseloomustanud nii:

Es olle enne teddä mitt

Me Rahwal Tarkust üttekitt.

Ent Tenno Jummalalle ...

et nüüd woib egga Tallomeess

hääd oppust Rummallalle

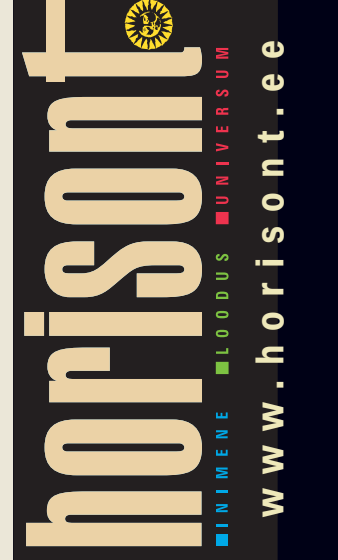
Anda ...

Kui diskussioon keskaja teemadel tõi ajaloomuuseumi rahvast täis, siis esimene Eesti oma satelliit kogus ühel talvisel esmaspäeval rohkelt huvilisi Tallinna teletorni, kus kaamerate ja mikrofoni vahel oli kohati raske liikumagi pääseda. Satelliidist endast lubame Horisondis kirjutada järgmisel korral, kui ESTCube loodetavasti juba oma missiooni täidab, seekordses numbris kirjutavad taevastest asjadest akadeemik Ernst Öpiku teadlaseteed tutvustav akadeemik Jaan Einasto, meie värskem astronoomiadoktor Mihkel Kama ning teaduskirjanik Tiit Kändler. Veel on juttu Eesti teadlaste panusest geneetiliste andmete ja inimeste privaatsuse kaitsesse, sellest, milline võiks realselt välja näha taastuenergia põhinev energiatootmine ja kuidas asjatundlikult toitu hinnata.

Mil moel inimaju neid ja muid Horisondi teemasid vastu võtab, pole veel kaugeltki selge. Jaan Aru ja Toomas Kirt kirjutavad, kuidas võiksid mudelid aidata arusaamisest aru saada. ●

Kärt Jaan - Kapp

ESIKAANEL: NEURONID. CORBIS / SCANPIX



Ilmub aastast 1967. 6 numbrit aastas.

- Toimetus: Endla 3, Tallinn 10122 / tel 610 4107 / faks 610 4109 / e-post: horisont@horisont.ee
- Peatoimetaja: Kärt Jänes-Kapp, kart@horisont.ee
- Toimetajad: Ulvar Käärt, ulvar@horisont.ee ja Toomas Tiivel, toomas@horisont.ee
- Keeletoimetaja: Signe Siim, signe@loodusajakiri.ee
- Kujundus: Kersti Tormis
- Infograafika: Kaarel Tamre ja Toomas Pääsuke

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

Vastutav väljaandja: Indrek Rohtmets, indrek@horisont.ee

Reklaamijuht: Elo Algma, 610 4106, reklaam@loodusajakiri.ee



Autoriõigus: MTÜ Loodusajakiri, Horisont, 2013
Trükitud trükikojas Kroonpress



Ajakiri ilmub
Keskkonnainvesteeringute Keskuse
toetusel



Kuidas kaitsta geneetilisi andmeid?

Viimasel ajal on jõutud juhtudeni, kus inimesi on geenandmete põhjal tuvastatud ka täielikku anonüümsust eeldavatel puhkudel. Ühe võimaluse, kuidas koguda ja töödelda andmeid inimeste privaatsust ohtu seadmata, on välja pakkunud Eesti teadlased.

Inimese, nagu ka loomade, lindude, taimede ja mikroobide pärilikkuse infot kannab DNA. Igal inimesel on unikaalne DNA järjestus, mis põhineb juhuslikul kombinatsioonil tema isa ja ema DNA-st, millele lisanduvad juhuslikult tekkinud täiesti uued mutatsioonid. Inimese DNA-s on ligikaudu 3200 miljonit nukleotiidi kahes kromosoomis ehk kaks korda 3,2 miljardit aluspaari. Laste ja vanemate ning õdede-vendade DNA on seega väga pikkades lõikudes ühesugune.

Põhilised erinevuste kohad on inimkonna DNA-s juba kinnistunud ja teada, nagu näiteks sagedamini esinevad ühe nukleotiidi variatsioonid (SNP, *single-nucleotide polymorphism*) või mõne piirkonna koopiaarvu muutused. Just nende positsioonide kaudu otsitakse geeni-variantide seoseid haigusi tekitavate mutatsioonidega. Samas annavad need kombinatsioonid väga täpselt infot iga inimese pärinemise kohta.

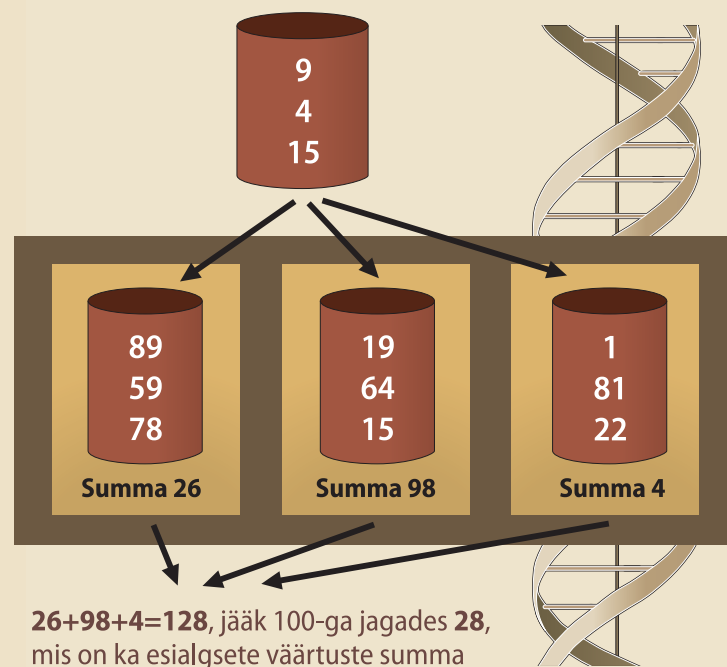
Siit tulenebki geneetika andmete suurim probleem. Esiteks on selge, et ilma arvutiteta ei saa analüüsida väga paljude inimeste omavahelisi miljoneid erinevusi, et otsida haigusi soodustavaid geenivariante. Samas on iga inimese DNA küll unikaalne, kuid siiski sarnane oma vanemate ja lähisugulaste DNA-ga. Piisavalt paljude DNA-s varieeruvate positsioonide kohta info teadmine võimaldab tuvastada isiku identiteeti. Seda kasutatakse ühelt poolt kriminalistikas. Kuid teisalt on jõutud olukorrani, kus inimesi on tuvastatud ka täielikku anonüümsust eeldavatel puhkudel. Näiteks muutub võimalikuks anonüümse sperma-doonorist isa päritolu tuvastamine. Hiljuti avaldati teadusajakirjas Science artikkel, kus avalike sugupuu (näiteks *geni.com*) ja avalike, inimeste endi jagatud geneetilise info andmebaaside teavet kombi-

neerides tuvastati anonüümsetest, teadusuuringuteks mõeldud DNA andmetest paljude isikute nimed. Lihtsustatult öeldes – meie DNA sisaldab infot meie nime kohta.

Selline olukord on äärmiselt keeruline. Ühelt poolt on hädavajalik analüüsida paljude inimeste DNA-d ja nende seoseid terviseandmetega (haigusi, ravimite kõrvalmõjusid, töökeskkonna ja tervise seoseid jne). Sest ainult nii saab leida seoseid inimese DNA ja tema tuleviku tervise ning ravi vajavatele isikutele personaalselt sobivate ravimeetodite vahel. Teiselt poolt seatakse geneetilise info kogumise ja avalikustamisega aga ohtu isikute privaatsus. Isikuid on võimalik tuvastada isegi siis, kui tema enda DNA ei ole avalikus andmebaasis, kuid näiteks mõne tema lähisugulase oma on. Ka kriminalistikas piisaks, kui kuriteopaiga DNA-le leitakse piisavalt sarnane vaste inimese enda jagatud avalikest andmetest.

Teadusuuringuteks jääb justkui üle kaks varianti – lubada geneetilisi ja terviseandmete uuringuid läbi viia üksnes väga väikesel hoolikalt valitud usaldusväärsel teadlaskonnal, piirates oluliselt ligipääsu andmetele. Või pakkuda pikas perspektiivis välja viise, kuidas koguda ja analüüsida andmeid nii, et isegi mitte teadlased „ei näe“ andmeid, küll aga saavad läbi viia vajalikke analüüse. See viimane tundub hetkel veidi vastuolulise nõudena. Kuid ometi on just Eesti noored teadlased jõudnud uue teetähiseni ja näidanud, kuidas see oleks võimalik.

Meie töörühm koosseisus Liina Kamm, Dan Bogdanov, Sven Laur ja Jaak Vilo pakkus välja, kuidas saaks kasutada turvaliste ühisarvutuste platvormi, et just selliseid analüüse läbi viia. Tarkvara Tehnoloogia Arenduskeskuse (STACC.ee), Cybernetica AS-i ja Tartu Ülikooli



Sharemind'i põhiidee (jääk 100). Näide väärtuste (9, 4, 15) jaotamisest kolmele sõltumatule andmebaasile ja summeerimisest. Kõik andmebaasid sisaldavad juhuslikke väärtusi, nii et kolme arvu summa on esialgne väärtus (kasutades 100-ga jagamise jääki). Näiteks $89+19+1=109$, jääk 100-ga jagades 9. Summeerimiseks ei pea algseid väärtusi kusagil kasutama ja ükski kolmest osapoolast nende kohta midagi „ei lekita“.

koostöös valmis uurimistöö, kuidas viia läbi geneetilisi assotsiatsiooniuuringuid, kasutades Sharemind-platvormi. Sellisel juhul töötavad omavahel koos kolm osapoolt, näiteks riiklik andmeturbe agentuur, patsientide usalduskogu ja tervishoiuasutus. Igaüks saab andmete kohta täiesti juhuslikuna näiva versiooni. Isegi juhul, kui kaks osapoolt „kaotavad“ oma andmed või need varastatakse, siis nende põhjal ei saa taastada esialgseid päris väärtusi. Seega andmeturbe on tagatud niikaua, kui vähemalt üks osapool on oma andmeid suutnud piisavalt kaitsta. Andmete analüüsiks kasutatakse aga krüptograafilisi protokolle, nii et arvutusi teostatakse iga osapoole juhuslikena näivate väärtuste peal, kuid õige lõpptulemus saadakse kolme osapoole vahetulemuste kombinereimisel.

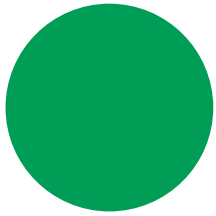
Joonisel on toodud selle printsiibi väga väike näide. Samamoodi saab esitada kõikide geenivariantide väärtusi. Ühe nukleotiidi variatsioonide puhul alleelide väärtust, kas vastav

nukleotiid on 2, 1 või 0 koopias, ehk kahel, ühel või mitte kummalgi kromosoomil. Selleks, et lugeda kokku, kui mitmel isikul, kellel on mingi diagnoos, esineb vastav geenivariant, saab kirjutada Sharemind'i jaoks vastava programmi, mis isikute algseid andmeid kusagil, isegi mitte programmi sees, välja ei arvuta. Praktiliste eksperimentidega näitasidki Liina Kamm ja Dan Bogdanov, et olulisemad geeni-variantide tuvastamise algoritmid on võimalik realiseerida nii, et need töötavad vaid mõned korrad aeglasemalt kui senised, avatud andmete peal töötavad programmid. Igal juhul on tegu ka praktikas kasutatava lahendusega.

• Liina Kamm, Dan Bogdanov, Sven Laur, Jaak Vilo

LOE VEEL

- Alison Motluk. Anonymous sperm donor traced on Internet. – New Scientist, November 03, 2005.
- Melissa Gymrek *et al.* Identifying Personal Genomes by Surname Inference. – Science, January 18, 2013.
- Liina Kamm, Dan Bogdanov, Sven Laur, Jaak Vilo. A new way to protect privacy in large-scale genome-wide association studies. – Bioinformatics. First published online: February 14, 2013.



tähtede sünnist

Lõpetasite hiljuti Amsterdami Ülikoolis doktorantuuri ja olete seega üks värskemaid meie astronoomiadoktoreid. Mis oli Teie doktoritöö põhijäreldus?

Öösel taevasse vaadates näeme seal isegi palja silmaga tuhandeid tähti, päeval aga valitseb meie taevast täielikult üks täht – Päike. Päike on Maa elussüsteemide peamine energiaallikas ning meie planeedi sündki on Päikese tekke kõrvaltoode. Tähed üldisemalt on universumis oleva aine üks olulisemaid makroskoopilisi seisundeid nii arvuliselt kui ka energiaallikana. Oma doktoritöös uurisin peamiselt tähtede sündi, kasutades selleks Herscheli kosmoseteleskoobiga võetud spektreid.

Tähtedevaheline ruum, kosmos, on küll suurepärase vaakum, kuid siiski mitte päris tühi, sisaldades keskmiselt paar osakest kuupsentimeetri kohta. Nii madala tiheduse lähedale küündib üksnes maailma parim laboratoorne vaakum. Piirkonda, kus tähtedevahelise gaasi keskmine tihedus võimaldab tõhusat täheteket, nimetatakse molekulaarpilveks ning ühes sellises võib sündida sadu tuhandeid tähti. Tuntuim näide on Orioni tähtkujus asuv hiiglaslik molekulaarpilv, mille osa on ka Orioni udukogu.

Juhuslike liikumiste tulemusel tekivad molekulaarpilvedes tihedamad tombud, millest mõne tihedus on piisav, et gravitatsioon suudab gaasi laialitõukava rõhu ületada ning tomp tõmbub kokku. Kui rõhk keskmiselt saab piisavaks vesinikutuumade ühinemiseks, algavad termotuumareaktsioonid ning täht ongi sündinud. Esialgu ümbritseb vastsin- dinut veel suur osa algsest tombust, mis varjab tähe meie teleskoopide eest. Tähe pöörlemistelge pidi väljub tombust aga võimas jugavool, mis on seotud aine akretsiooniga tähele.

Tähte moodustava tombu massist 99 protsenti on gaas, sellest enamik vesiniku molekulid. Järgnevad heelium, hapnik, süsinik jt. Ülejäänud 1 protsent on tolm ehk mikroskoopilised kivikesed (nendest kasvavad hiljem planeedid, kuid see on juba omaette lugu). Peale vesiniku esineb palju teisi molekule, millest levinum on süsinikmonoksiid (CO). Lihtsate molekulide, nagu süsiniksulfiid (CS), vesiniktsüaniid (HCN) jt, kõrval on ka keerukamaid, nagu metanool, metüülformaad jt.

Juhuslike ebatasasuste, kokkutõmbumise, jugavoolude, prototähe kiirguse ja muude nähtuste tõttu on aine tombus ebaühtlase tiheduse ja temperatuuriga. Erinevad tingimused viivad aga piirkonniti erineva keemilise koostiseni – näiteks vee molekulid moodustuvad kosmilises gaasis tõhusalt alles toatemperatuurist kõrgemal temperatuuril. Variatsiooni lisab ka tõsiasi, et paljud reaktsioonid ei ole hõredas gaasis väga tõhusad, kuid leiavad aset tolmuterade pinnale sattunud reaktantide vahel. Tolmuterade pinnakeemia on kosmoses peamine keerukate molekulide, nagu metanool, moodustumise viis ja ühtlasi teine peamine vee molekuli tekkeviis. Ka Maa ookeanides loksuv vesi pärineb Päikese sünnitanud gaasipilves toimunud reaktsioonidest. Kosmilises gaasis on niisiis väga erinevaid molekule ning keemiline koostis ühe tähte sünnitava gaasitombu sees varieerub sõltuvalt temperatuurist, tihedusest ja iga piirkonna minevikust.

Lisaks osutub, et igal molekulil on ainulaadne komplekt elektromagnetkiirguse sagedusi, millel see kiirgab – justkui sõrmejalg. Veelgi enam, iga üksiku spektrijoone tugevus sõltub molekuli keskkonnatingimustest. Kui nüüd ette

kujutada, et näeme kaugel tähetekke tompu ainult täpina, mille vaadeldava spektri moodustab selle eri osade kõigi erinevate molekulide spektrite ühend, saame üpris hea pildi sellest, kui palju infot säärastesse vaatlustesse on kodeeritud.

Seda potentsiaali saab kasutada tähetekke paremaks mõistmiseks. Laia sagedusribaga spektrite analüüs võimaldab üksikasjalikult taastada eeltäheleste tompude ehituse ja annab infot nende arenguprotsesside kohta. Suure rahvusvahelise uurimisprogrammi CHES (juhtivuurija Cecilia Ceccarelli, IPAG, Prantsusmaa) eesmärgiks ongi selliste spektrite detailne analüüs ja võrdlemine üle parameetrite, nagu tombu vanus, mass jms. Suur osa meid huvitavast spektrist, eriti just need spektrijooned, mis on tugevad kõrge temperatuuri ja tihedusega gaasis, ei ole paraku maapinnalt väga hästi vaadeldavad. Atmosfääris olev veeaur neelab neil sagedustel liiga tugevalt,



„Eesti astronoomidel on võimekat järelkasvu. Statistika näitab, et viimase kümne aasta jooksul on Eestis kaitstud või eestlased kaitstud keskmiselt ühe astronoomiadoktoritöö aastas. Füüsikatudengite ja ka üldsuse hulgas on astronoomia erakordselt populaarne. Eesti astronoomia tuleviku jaoks on oluline liituda Euroopa Lõuna-observatooriumiga (ESO). See samm tagaks astronoomidele hea ligipääsu tipptasemel teleskoopidele, koostööle ja suunamääramisele ning võimaldaks Eesti ettevõtetel osaleda ainulaadsetes kõrgtehnoloogilistes projektides. Lühidalt, meie teadlaste ja ettevõtete töökeskkond paraneks,“ arvab Mihkel Kama Eesti astronoomiast üldisemalt.

FOTO: HEINO PÄRN / TEDxYouth@Tallinn

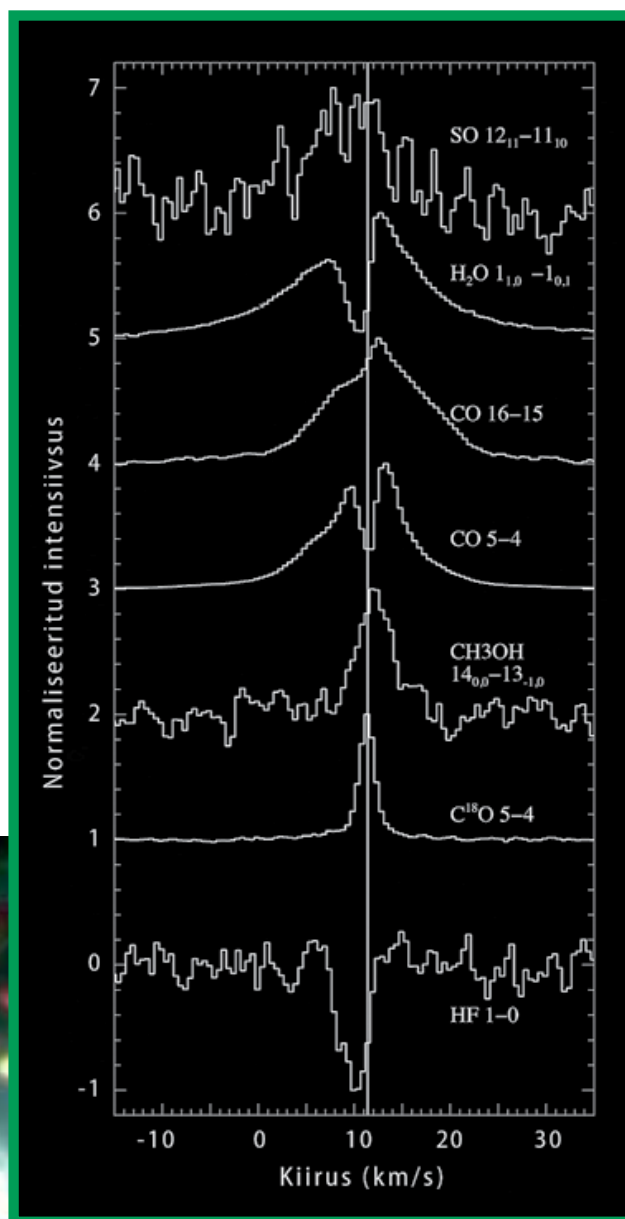
Leideni Ülikooli järeldoktor,
2013. aasta jaanuaris Amsterdami Ülikoolis
doktoritöö kaitsnud

MIHKEL KAMA

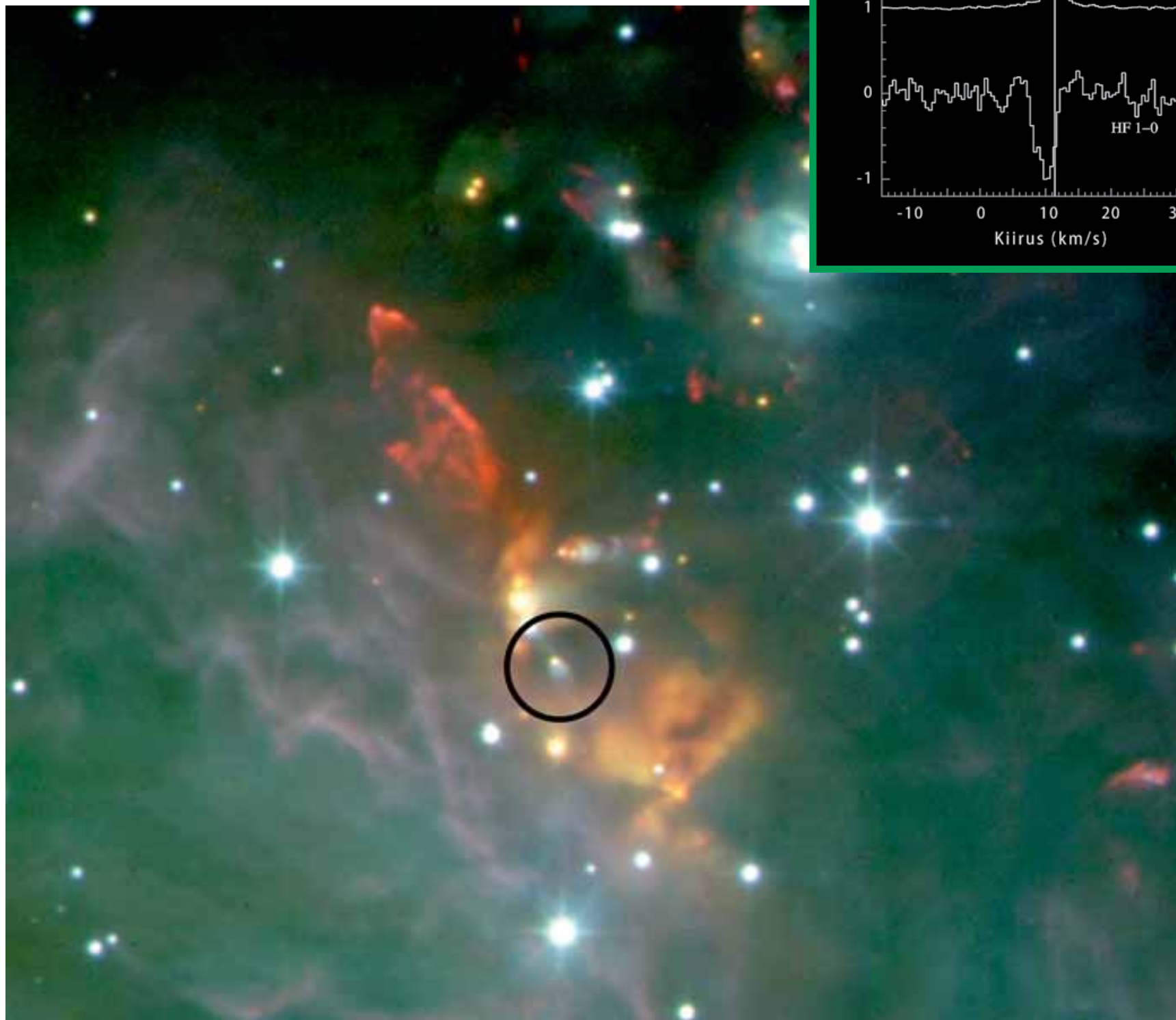
seetõttu kasutasimegi oma vaatlusteks Euroopa Kosmoseagentuuri ainulaadset kosmoseteleskoopi Herschel, mille tööiga lõppes käesoleva aasta märtsis.

Minu töö puudutas peamiselt ühe Orioni molekulaarpilves asuva tähetekketombu spektri töötlust ja analüüsi. Avastasime spektrist rohkem kui seitsesada joont, mis kuuluvad neljakümnele keemilisele ühendile. Leidsime, et tombul, mida varem peeti väga lihtsa struktuuriga nädisobjektiks, on tegelikult väga olulisi ruumilisi allosi, millest enamiku loomus ei ole veel päris selge. Üks uus komponent on varem avastamata jugavool, mis on ootamatult väike ja seetõttu siiani kahe silma vahele jäänud. Edasine töö peab näitama, mida see antud noore tähe kohta ütleb. Samuti leidsime tombu keskelt kuumat ala, mis viitab sellele, et noor täht juba kütab enda ümber olevat ainet. Kõige ootamatult oli aga täiesti uue kosmilise gaasipilve leidmine meie uurimisobjekti eest. Suhteliselt hästi läbiuuritud Orioni piirkonnas on selline leid väga huvitav. Nüüd on käimas järgmised analüüsid, mis lähiaastatel võimaldavad võrrelda eri tompe. Sealt on kindlasti oodata palju uusi huvitavaid teadmisi tähetekke kohta üldisemalt. ●

Valitud näiteid Herscheli kosmoseteleskoobiga ühes Orioni tähetekke tombus nähtud väga erinevatest spektrijoontest. Nähtav mitmekesisus on esimene märk kiirgust tekitava aine keerukast jaotusest ja liikumistest. Andmed on võrdluseks normaliseeritud ning esitatud kiirusskaalal, mis Doppleri nihke tõttu ekvivalentne sagedusega. Iga joone juures on antud molekul, millelt see pärineb.



ALLIKAS: MIHKEL KAMA



ALLIKAS: UNITED KINGDOM INFRA-RED TELESCOPE / JOINT ASTRONOMY CENTRE

Väike osa Orioni tähetekke piirkonnast nähtuna lühilainelises infrapunakiirguses. Pildil on tosinaid eri vanuses ja erinevate omadustega vastsündinud tähti ja gaasitome. Käesolevas kirjatöös kirjeldatud tähetekke tombuke on tähistatud musta ringiga.

Üllatav avastus: väike mereelukas jääb pärast vahekorda peenisest ilma

Konkurentide sperma edasikandumise vältimiseks võib limus oma suguorgani kõrvale heita kui määrduvad süstlanõela, et järgmisel päeval selle asemele kohe uus kasvatada.

Ajakiri Nature kirjutas hiljuti, et selle nii merebioloogide hulgas kui ka laiemalt elevust tekitanud avastuseni jõudsid Jaapani teadlased, uurides paljaslõpuseliste (*Nudibranchia*) hulka kuuluva kojata teoliigi *Chromodoris reticulata* suguorganeid.

Olgu siinkohal märgitud, et paljaslõpuselised on hermafrodiidid, mis tähendab, et neil on nii emas- kui isassuguorganid. Paaritumise ajal suudavad nad samaaegselt täita nii spermat loovutava isase kui spermat vastu võtva emase rolli: selle protsessiga on neil seotud koguni kaks peenist ning ühtlasi kaks vagiinale sarnanevat organit. Ise nad ennast siiski viljastada ei saa.

Õsaka ülikooli teaduri Ayami Sekizawa ja Tōkyō Nihoni ülikoolist pärit Yasuhiro Nakashima juhitud töörühm korjas uurimise alla võetud pisikesed paljaslõpuselised Okinawa rannikuvetest. Seejärel jagasid nad kätte saadud isendid paaridesse: osasse akvaariumidesse pandi kokku isendid, kes olid mõlemad olnud 24 tundi teistest eraldatud, ning ülejäänutes sai hiljuti paaritunud isend endale kaaslasest teistest isoleeritud olnud liigikaaslase.

Ühtekokku 108 limusepaari jälgides märgati, et äsja paaritunud ehk siis spermat loovutanud isendid olid võimetud sama kordama vähemalt 24 tunni jooksul. Kui teadlased asja lähemalt uudistasid, nägid nad, et vahekorra järel jäi neil partnerist välja tõmmatud peenis kõrvale lohisema. Mõnekümne minuti pärast heitsid limused aga oma peenise sõna otseses mõttes eemale.

Nii said teadlased aru, et limused polnud võimelised järgmise 24 tunni jooksul jälle paarituma, kuna neil puudus lihtsalt selleks vajalik kehaosa.

Chromodoris reticulata peenise ja sellega seotud suguorganite lähivaatlusel selgus, et



STEPHEN CHILDS

Süstemaatika seni segane

Merebioloog Kristjan Herkül sõnul on paljaslõpuseliste (*Nudibranchia*) süstemaatika viimasel ajal palju muutunud ning selles on senini omajagu segadust. Nende limuste üldine süstemaatiline kuulumus eestikeelses nomenklatuuris võiks olla selline (Järvekülg 1982. Loomade elu. 2. köide: Selgrootud II järgi):

Hõimkond: limused (*Mollusca*)

Klass: teod (*Gastropoda*)

Alamklass: tagalõpusesed (*Opisthobranchia*)

Selts: puudulõpusõonelised (*Acoela*)

Alamselts: paljaslõpuselised (*Nudibranchia*)

paaritumata loomade sees oli tihedalt kokku rullitud spiraalne struktuur. Neil, kes olid äsja oma peenise minema heitnud, seda polnud. „Me arvame, et see spiraal ootab peenise sisenemist ning rullub pärast peenise kasutamist kiiresti lahti, et uude peenisesse kasvada,” selgitas Sekizawa, kelle töörühma uurimistulemused avaldas hiljuti ka teadusajakiri Biology Letters.

Sekizawa oletas, et *Chromodoris reticulata* on arendanud endale ühekordseks kasutamiseks mõeldud peenised, kuna nende kõrvaleheitmine võib olla seotud partneri vagiinast mõne rivaali sperma eemaldamisega. Nimelt on paljaslõpuseliste peenised kaetud väikeste ogadega

ning peenise otsas olid need pärast paarilise kehast eemaldamist sageli spermaga kaetud.

Sekizawa arvamust toetas samas ka Saksamaa Tübingeni ülikooli evolutsiooniökoloog Nils Anthes, kes polnud kõnealusesse uuringusse kaasatud. „Kui geneetiline uuring kinnitab, et ogad on peenisel pärast väljatõmbamist tõesti rivaali spermaga kaetud, ongi loomadel parem enda peenis kui räpane süstal minema visata. Vastasel korral riskivad nad sellega, et võivad järgmise paaritumise ajal edasi anda ka rivaali spermat,” tähendas Anthes ajakirjas Nature ilmunud artiklis.

TÜ Eesti Mereinstituudis vanemteadurina töötav mere-

bioloog Kristjan Herkül luges sellest omapärasest avastusest hämmastusega. „Tegemist on väga põneva leiuga, ei ole taolistest käitumisest veel kunagi kuulnud,” märkis ta. „Mereselgrootute paljunemise füsioloogiast ja käitumisest on üldiselt vähe teadmisi, sest tegevus toimub vee all ja on raskesti jälgitav.”

Herkül viitas ühtlasi, et Eesti veteski on Jaapanis uuritud paljaslõpuseliste suguvennad esindatud ning üsna tavalised. Seni on meie vetest leitud kolm liiki kojata tiguid: ainsana eestikeelset nime omav laipealansett-tigu (*Limapontia capitata*) ning *Alderia modesta* ja paljaslõpuseliste alamseltsi kuuluv *Tenellia adpersa*.

Kuid midagi nii veidrat, millele Nature's ilmunud artikkel üksikasjalikumalt tähelepanu pööras, pole Herküli sõnul nende kolme liigi ega teiste meie veeloomade sigimise kohta siiski teada. „Aga kes teab – kui keegi uuriks Läänemere kojata tigude või teiste selgrootute paaritumist, ehk leiaks ka minigeid kummalisi käitumisi,” arvas Herkül.

• Ulvar Käärt

Mõnda lihavõtetest

Lihavõtted on liikuvad pühad, mida peetakse esimesel täiskuupühapäeval pärast kevadist pööripäeva. Nimede paljusus – *lihavõtted, ülestõusmispühad, kevadpühad, kiigepühad, munapühad* – viitab tähtpäeva kirevale algupärale.



FOTOD: ERM

Traditsioonilised Ukraina batik-tehnikas värvitud munad aastatest 1962–1989, mitmed neist on kinkinud ERM-ile sünnipäevaks sealsed muuseumid.

Kui *ülestõusmispühad* viitavad otseselt Kristusele, siis *kevadpühadesse* on kätketud rõõm looduse taasärkamisest. Pühade saksakeelne nimi *Ostern* (inglise *Easter*) lähtub otseselt germaanlaste kevade- ja maajumala nimest.

Pühad algavad palmipuudepühaga, mis on oma nime saanud sellest, et Jeesuse Kristuse saabumise ajal Jeruusalemma kandis rahvas palmioksi. Eestis tuntakse seda urbepäevana, sest kombeks oli äratada magajaid sel hommikul pajuokstega urbides.

Järgnev nädal on Eestis olnud traditsiooniliselt vaikne aeg, mil ei sobinud ette võtta kärarikkeid töid. Paiguti neljapäev, aga üldiselt reede, oli nii suur püha, et väidetavalt ei kasva sel päeval isegi rohi. Lubatud oli teha ja parandada kalapüüni-seid, sest need pidid siis hästi kala püüdma. Neljapäev oli ka koristamise päev, mil lisaks tavapärasele kraamimisele püüti vabaneda kõigest vanast ja halvast, sealhulgas üleloomulikest kurjadest jõududest. Üldse sobis suurel neljapäeval ja reedel nõiduda ning tulevikku ennustada. Üle Eesti oli levinud komme suurel neljapäeval puulaaste ehk linnupuid tuppa tuua. Arvati, et see aitab suvel rohkem linnupesi leida ja lisamunad olid talus alati teretulnud. Laupäeval tehti ettevalmistusi pühapäevasteks pidustusteks.



Tavaliselt värvivad eestlased mune sibulakoortega. Selle muna kaunistas 5-aastane Ats Paadik 2011. aastal.

Leedu traditsioonilised lihavõttekaunistused – verbad. Kuivatatud taimedest, õitest ja okstest valmistatud punutised viiakse viimasel pühapäeval enne lihavõtteid kirikusse ja pühitsetakse. Usutakse, et see kaitseb haiguste, kurja silma ja muude õnnetuste eest.

ERM ARVUDES

Eesti Rahva Muuseumi kogus säilitatav vanim pühademuna pärineb aastast 1930, see on värvitud vesipildiga. Kokku on muuseumis 5 Eestist pärit muna (A-kogu), 1 Vepsa muna (B-kogu) ja 21 võõrrahvaste muna (C-kogu). Tubli täienduse sai ERM-i munakogu 2011. aastal, kui muuseumitöötajail paluti tuua muuseumile enda pühademune. Saadud 15 muna säilitatakse kasutuskogus.

Kuna lehmad poegivad ja tulevad uuesti lüpsma tavaliselt kevadel, siis olid lihavõtte põhiline toit vasikapraad ja piimasaadused. Õigeusu mõjuna hakati valmistama pashat, mis praeguseks on juba üsna laialt levinud.

Munade värvimise komme jõudis Eestisse 19. sajandi lõpus. Seda tehti laupäeval või pühapäeva hommikul. Ukrainas on mune värvitud alates 11. sajandist, Saksamaal juba 4. sajandist. Meenutagem, et Kristuse surma ja ülestõusmist hakati pühana tähistama alles 8. sajandil.

Pühapäev on traditsiooniliselt olnud rõõmupäev, mil tuli vara ärgata, et näha, kuidas tõusev päike tantsib. Poisid käisid mööda küla mune korjamas; on teada juhuseid, kui saadi kamba peale kokku suisa mitusada muna. Algas ka kiikumise hooaeg – kõik noored ja vanad pidid sel päeval kiikuma, sest nii sai endale kindlustada hea ja tugeva tervise kogu järgnevaks suveks.

• Ülle Jäe
Eesti Rahva Muuseumi koguhoidja

HORISONT KIRJUTAS

40
aastat
tagasi

HORISONT 3/1973, LK 30–31

Meditiinikandidaat Harri Jänes tuletab artiklis „Meie igapäevane leib” meelde, et see peatoidus ei sobi siiski mitte kõigile.

„Süüivesikute kogust toidus, seega ka leiva, eriti saia hulka toidus on otstarbekas vähendada kesk- ja vanemas eas ning liigselt tüsenemisel. Rukkileiba ei maksa süüa kroonilise kõrgenenud või normaalse happesusega maokatarri puhul (lubatud on tahke sai ja saiakuubikud). /.../

Ebasoovitav on rukkileib (eriti värske) neile, kes põevad mao ja kaksteistsõrmiksoole haavandtõbe, kroonilist peen- ja jämesoolepõletikku (tahke sai on lubatud). Jämedast jahust leib toob kasu kroonilise kõhukinnisuse all kannatajatele. Ka suhkurtõve puhul tuleb rukkileiba eelistada saiale. Värske leib tekitab soolestikus gaase, seepärast ei soovitata seda südamehaigetele. Soolasisalduse tõttu on leiva söömist vaja piirata hüpertooniatõvehaigetel.”

30
aastat
tagasi

HORISONT 3/1983, LK 24–25

Psühholoogiakandidaat Anti Kidroni kirjutis „Vaielda polegi nii lihtne” tuletab meelde suhtlemise põhitõdesid.

„Vastuväitmist algatades seisame sageli tüli lävel. Seepärast kaalugem: kas tasuks väljendada oma mittenoustumist vaikimisega; püüda leida mingi huveühendav ettekääne; varuda jõudu pikaks vaidluseks või ootamatu küsimuse ehk leidliku vastuväitega partner ümber veenda? Vaidlusel või veenmisel saab rakendada nn džuudotehnikat. Džuudo tähendab jaapani keeles „võit järeleandmise läbi”. Suhtlemisel eeldab see oskust kaaslast milleski tunnustades, temaga osaliselt nõustudes või talle teatud määral alludes tõsta teise poole valmisolekut meid kuulata.

Kui me ka seesmiselt raevutsedes suudame ilme ja sõnade abil siiski kaaslasel näidata: midagi me tema jutus või seisukohtades ikkagi tunnustame, ja et teise isik on meile vastuvõetav või isegi sümpaatne, kaob partneri vastutegutsemishoog. Ta kuulab meid, kompromiss pole välistatud. „Džuudotehnika” kasutamisel välditakse vastastikuste suhete kahjustamist.”

20
aastat
tagasi

HORISONT 3/1983, LK 24–25

Toomas Tiivel vahendab Canon Inc peadirektori Ryuzaburo Kaku intervjuu, mis rõhutab *kyosei* filosoofiat – ühise hüvangu nimel koos töötamist ja elamist, järgimist väärivat põhimõtet, millest lähtub suurkorporatsioon ka nüüdsel ajal.

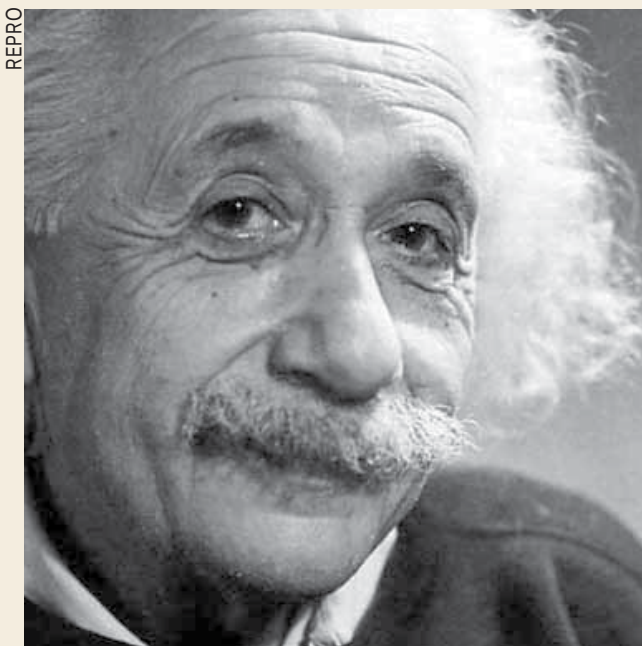
„*Esmajärjekorras tuleb loomulikult lõpetada uuringud massihävitusrelvade loomise ja tootmise alal. Piiramist vajab tõenäoliselt ka mitmete rahuotstarbeliste teadusuuringute maht.

*Loobuda tuleks teadus- ja tehnoloogilistest uuringutest, mille ainsaks sihiks on kasumi kasvatamine.

*Keskenduda tuleb tehnoloogia loomisele (näiteks uued biotehnilised moodused toidu tootmiseks, reostusvabade mootorite kavandamine jms), mis on eelduseks, et inimkond ja teised meie planeedi asukad ka tulevikus säiluvad.

Ma arvan, et teadusajakirjanike esmane kohus on juhtida üldsuse tähelepanu sellele, et vana mõtteviisi jätkates ei ole meil kellelgi tulevikku, ükskõik kus maailma punktis siis ta ka elaks.”

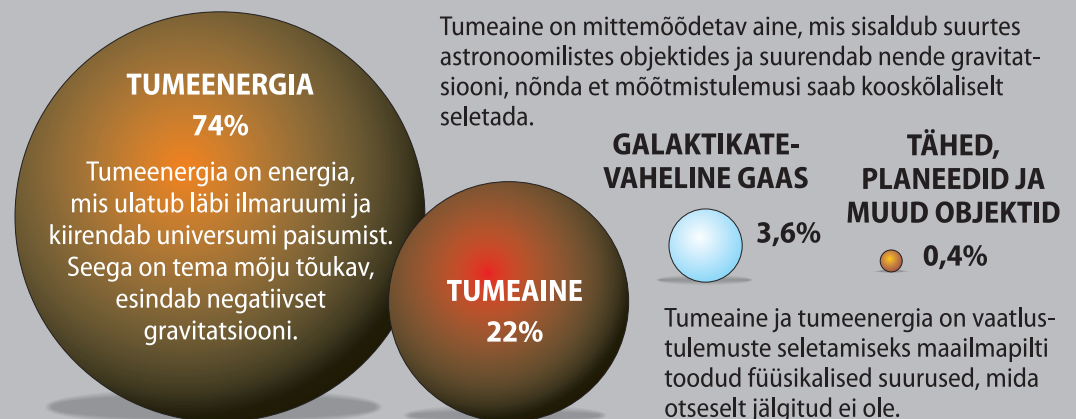
Einstein püsib kõigutamatu



REPRO

Ilmaruumi kooskõlaline koostis

Teadlaste hinnangul koosneb universum põhiliselt tumeenergiast ja tumeainest, mis kokku moodustavad 96% universumi massist.



1

Prootoni ja elektroni massi suhe pole muutunud

Universumi paisumise seletamiseks on astronoomid toonud mängu tumedad jõud – täpsemalt tumeenergia, hüpoteetilise energia, mis täidab kogu ilmaruumi. Keegi ei ole sellist tumeenergiat siiani otseselt ei mõõta ega jälgida suutnud. Seepärast on skeptilised astronoomid tolles tumedas substantsis kahelnud. Nüüd on Arizona ülikooli astronoomiaprofessor Rodger Thompson leidnud, et Einsteini teooria alternatiiviks pakutud tumeenergia ei sobitu kuidagi uute andmetega, mis on saadud ühe looduse fundamentaalse konstandi, prootoni ja elektroni massi suhte püsivuse kohta.

Ameerika astronoomiaühingu kogunemisel selle aasta jaanuari alul kandis Thompson oma arvutuste tulemused ette. Ta rehkendas prootoni ja elektroni massi suhte muutuse, mis tekiks tumeenergia olemasolul, ja leidis, et see ei sobi uute andmetega.

Universum paisub kiirenevalt, ja seda kiirendust saab kirjeldada, kui Einsteini üldrelatiivsusteooriasse kosmoloogiline konstant taas sisse toodi. Algselt oli Einstein kosmoloogilise konstandi nimelise muutumatu suuruse lisanud, et universum püsiks tasakaalus, nagu teadlane loomulikuks pidas. Kosmoloogiline konstant on teisisõnu konstantne energiatihedus, mis ruumi

ühtlaselt täidab. Praegu peetakse seda ekvivalentseks vaakumi energiaga.

Kui avastati, et kaugete galaktikate spektrites ilmneb punanihe ehk et need meist eemalduvad ning järelikult universum siiski paisub, nimetas Einstein kosmoloogilise konstandi oma suurimaks eksimuseks.

Kui selgus universumi kiirenev paisumine, siis tuli selle seletamiseks konstant taas lisada, ent püüdes seda välja rehkendada, said füüsikud 60 suurusjärku suurema tulemuse, kui selle tegelik, mõõtmistest saadud suurus on.

Seepärast pöörduti tumeenergia alternatiivsete teooriate poole. Need teooriad, näiteks nn rulluvate skalaarväljade teooria, väidavad, et mis ka tumeenergiat ei põhjustaks, muutub see põhjustaja universumi evolutsioonis. Täheendab, muutuma peavad ka fundamentaalkonstandid, nagu näiteks prootoni ja elektroni massi suhe.

Prooton ja elektron on kaks fundamentaalosakest, millest koosnevad aatomid tähtedes, galaktikates ja inimestes. Nende masside suhe on fundamentaalne, loodust iseloomustav konstant. See on dimensioonitu suurus, lihtsalt üks ühikuta arv. Kuid väga tähtis arv, mis määrab näiteks selle, kas ja kuidas aatomid koos püsivad. Kui see arv muutub, muutuvad ka füüsikaseadused. Kui see arv muutub tublisti, muutub universum tundmatuseni.

Niisiis, üks uus tumeaine teooria ennus-

tab, et universumi arenedes muutuvad fundamentaalsed konstandid veidikene. Thompson leidis mõne aasta eest astronoomilise meetodi, kuidas mõõta prootoni ja elektroni massi suhet varajases universumis. Kuid alles hiljaaegu arenesid astronoomiainstrumendid sedavõrd täpseks, et võimaldavad seda efekti mõõta.

Möödunud aasta lõpul mõõtis rühm Euroopa astronoomide Saksamaal Effelsbergis asuva suure sajameetrise raadioteleskoobi abil seniajani täpseima fundamentaalkonstandi. Mõõdeti kauges galaktikas sisalduvaid alkoholi molekule ja leiti, et nendes olevad prootonid ja elektronid kaaluvad umbes täpselt sama palju kui meie poeletil viinapudelil olevates alkoholi molekulides.

Täheendab, et sellest ajast, mil universum oli poole noorem ehk seitsme miljardi aasta vanune, pole prootoni ja elektroni massi suhe muutunud – vähemalt täpsusega üks osa 10 miljonist.

Kui Thompson selle katsetulemuse oma arvutustesse sisse pani, välistas arvutustulemus enamiku tumeenergia mudelitest. Piltlikult öeldes jäi jalgpalliplatsi suuruselt alast, kust mudeleid otsida, alles viis korda viie sentimeetri suurune tükike ühes väljaku nurgas. „Tumeenergia teooriad mängivad valel väljakul,” ütleb Thompson selle peale. Alles jäänud ruuduke sisaldab ka piirkonda, kus fundamentaalkonstandid ei muutu, ja see on täpselt paik, kus Einsteini teooria asetseb. •

**Teine Einsteini arvatud universumi omadus, selle siledus, leidis hiljuti samuti tõestamist. Aegruum võib sarnaneda mitte vahusele kvantõllekannule, nagu on pakkunud uue-
mad teooriad, vaid pigem siledalt voolavale viskile, nagu Einsteini üldrelatiivsusteooria arvab. Michigani tehnoloogiaülikooli füüsik Robert Nemiroff ja tema kolleegid uurisid eri lainepikkusega footonite liikumisjärgi NASA Fermi gammakiirte taevateleskoobi abil. Need footonid olid tekkinud 7 miljardi valgusaasta kaugusel toimunud gamma-
purskes ja jõudsid orbiidil olevasse teleskoopi millisekundiliste vahedega.**

Oma üldrelatiivsusteoorias kirjeldas Einstein universumit sileda ruumina, mida deformeerib ainult aine ja energia raskus. Kuid mõned kvantgravitatsiooniteooriad, mis püüavad kirjeldada ainet ja energiat vähimas skaalas, pisimatel kaugustel, viivad aegruumini, mis kihab osakestest ja mustadest aukudest, mis imetillukese Plancki kauguse skaalas olematusest olemisse ja tagasi kihavad. Selle vahu mullid on nõnda piskised, et üksnes gammapursetes tekkinud footonid suudaksid nende järgi tajuda.

Selliste gammafootonite lainepikkused on lühimad teadaolevatest ja need footonid võiksid nõnda kvantvahu mullikestega vastastikmõjustuda.

Kui nii, siis peaksid footonid kvantmullikestelt hajuma oma teelt meieni. Ning see hajumine sõltuks footoni lainepikkusest. Miski muu universumis gammafootonile korda ei lähe ja nõnda reisivad need kas või seitse miljardit aastat, et meieni jõuda. Nüüd püüti kolm eri lainepikkusega gammafootonit kinni ühes ja samas paigas, mis tähendab, et need pole kvantmullikestelt erineval moel hajunud.

Kui universum ongi mulliline, siis peavad mullid olema palju pisemad Plancki pikkusest, mis tähendab, et senised teooriad neid ei kirjelda. •



**Üha enam tundub, et kosmoloogiliste probleemide lahenduse allikas võib olla tühi ruum ehk vaakum. „Ma arvan, et on äärmiselt oluline, et universum mittemil-
lestki, mis tekib loomulikult ja isegi vältimatult, on üha enam kooskõlas kõigega, mida oleme maailma kohta teada saanud,” kirjutab USA Arizona osariigi ülikooli füüsikaprofessor Lawrence M. Krauss oma
möödunud aastal ilmunud raamatus „A Universe from Nothing”. Tõepoolest – miks on olemas pigem miski kui eimiski? Meie universum on lame, nii täpselt kui
suudame mõõta. Seepärast kehtib selles Newtoni lähendus: ainult lamedas universumis on iga paisumises osaleva objekti
gravitatsiooniline energia täpselt null.**

Tühja ruumi energia ei ole null, sellel on oma energia. Tühi ruum on keeruline – see avastus on muutnud kosmoloogide mõtteviisi otsustavalt. Tühi ruum keeb virtuaalsetest osakestest, mis vupsavad olematusest olemisse nõnda lühikese ajaga, et me neid otseselt ei näe. Kui keegi ei vaata, siis võib toimuda mis tahes asju. Kvantfluktuatsioonid tagavad, et eimiski loob alati midagi – kas või hetkeks. Me ei saa mõõta osakesi otse, kuid me saame mõõta nende elektrivälja, virtuaalsete footonite elektrivälja, mis levib universumis kadumata, ja paljude osakeste väljade superpositsiooni saab mõõta.

Nõnda et miski mitte ainult ei saa tekkida eimiskist, vaid peab seda tegema. Sest eimiski ei ole stabiilne. Virtuaalsed universumid

hüppavad olematusest välja imelühikeseks ajaks. Kuid universum, mille koguenergia on null, võib välja hüpata ja jääda kestma kui kauaks tahes. See ongi universum, milles me elame. Newtoni gravitatsioonienergia on meie lamedas universumis null. See tähendab, et meie universum on üks suurest, võimalik et lõpmatust isoleeritud ja erinevast universumitest koosnevast hulgast.

Newton uskus, et maailmal on kindel minevik. Kvantfüüsika ütleb, et olgu meil olevik teada kuitahes hästi, on minevik ja tulevik määramatud. Ainus, mis on kindel, on olevik. Minevik ja tulevik esinevad üksnes kui võimaluste spektrid. Universumil ei ole ühest minevikku ega tulevikku. Vähe sellest, minevikku mõjutab süsteemi vaatlemine olevikus.

Kui minna piisavalt kaugele tagasi, siis oleks universum väike nagu Plancki mõõde, milles peab arvesse võtma kvantteooriat. Nii väike nagu miljardik-triljondik triljondikku sentimeetrit, kui see midagi ütleb. Meie tavalised kujutlused ei ole varasele universumile rakendatavad.

Ka maailmakuulsas füüsiku Stephen Hawkingi arvamuse kohaselt ilmus universum spontaanselt, alustades igal võimalikul viisil. Suurem osa neist võimalustest vastab teistele universumitele. Mõned on meie omaga sarnased, rõhuv osa väga erinevad.



UUED TUULED

UUED TUULED on rubriik, kus teaduskirjanik TIIT KÄNDLER vaatab üle viimase paari kuu jooksul ilmunud markantsemad teadusuudised ja valib sellest hulgast ühisosaga alamhulga. Need uudised on loodetavasti kestvad ja põnevad ning kannavad teaduse vaimu: huvitu, aga kahtle.

Idee, et universum on loodud inimkonna mahutamiseks, on tekkinud tuhandete aastate eest ja püsib siiaamaani. Kuid on rida piiranguid keskkonnale, et elu saaks tekkida ja püsida. Hiina muinasjutu kohaselt ei saanud elu olla üldsegi nii mugav, kui taevas oli ühe asemel kümme päikest.

Meie olemasolu seab piirid meie Päikese-süsteemile. Kuid võib ka arvata veel äärmuslikumalt, et see seab ka piirangud looduseaduste vormile ja sisule. Täpsemalt – meie olemasolu seab piirid, kust ja millal on võimalik vaadelda universumit.

„Pole olemas mudelist sõltumatut reaalsuse testi. Hästi koostatud mudel loob oma enese reaalsuse,” rõhutab Stephen Hawking oma hiljuti ka eesti keelde tõlgitud raamatus „Universumi suurejooneline ehitus”, mille ta koos füüsik Leonard Mlodinowiga on kirjutanud.

Kuid kindlasti ei ole see mõtteviis omane Einsteini maailmale, milles peaks kehtima üks ja ainumas füüsika, mis on lõppkokkuvõttes kirjeldatav ühe ja ainuma teooriaga. Einsteini maailma jaoks ei ole seda ühte ja ainumast teooriat veel leitud, ent veel vähem on leitud tõendeid lugematu arvu alternatiivsete maailmade olemasolule.

Nõnda siis jätkub Einsteini eksimatuse või ekslikkuse testimine, niikaua kui jätkub universumi olemuse üle mõtlemaid füüsikuid. •



Akadeemia 1946–1960

AKADEEMIA AJAD JA RAJAD on rubriik, mis toob 2013. aasta jooksul lugejani fakte, pilte ja dokumente Eesti Teaduste Akadeemia 75 tegutsemisaastast.

Akadeemia struktuur 1947. aastal

Presidium
Keskasutus
Keskraamatukogu
14 akadeemilist ja
9 korrespondentilist

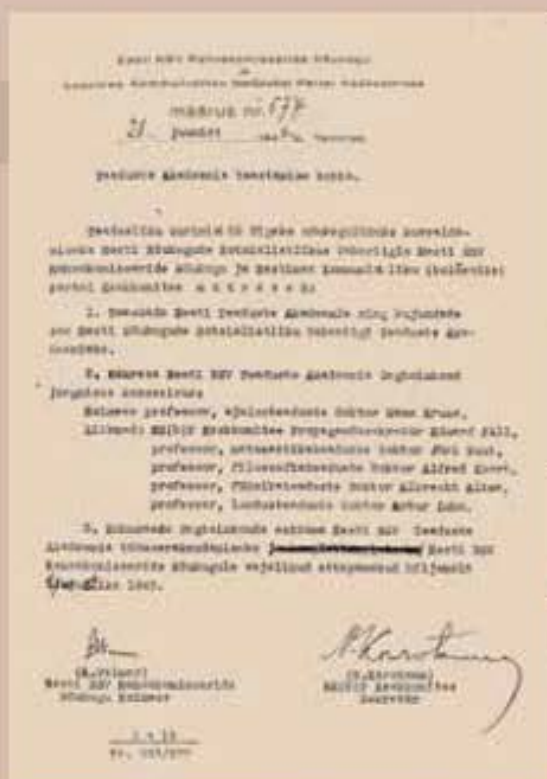
Füüsikalise-Matemaatiliste ja
Tehniliste Teaduste Osakond
Tööstusprobleemide Instituut
Geoloogia Instituut
Keemia Instituut
Matemaatika, Füüsika ja
Mehaanika Instituut
Ehituse ja Arhitektuuri Instituut

Bioloogilise ja Põllumajandus-
teaduste Osakond
Põllumajanduse Instituut
Bioloogia Instituut
Loomakasvatuse ja
Veterinaaria Instituut
Loodusuurijate Selts

Ühiskonnateaduste Osakond
Ajaloo Instituut
Keele ja Kirjanduse Instituut
Majanduse ja Õiguse Instituut
Eesti Rahva Muuseum
Riiklik Kirjandusmuuseum
Ajaloomuuseum
Õpetatud Eesti Selts
Akadeemiline Emakeele Selts

Meditsiiniteaduste Osakond
Ekspérimentaalse ja Kliinilise Meditsiini Instituut

Kokku 801 töötajat, neist 300 teadurit
 (sh 139 teaduskraadiga)



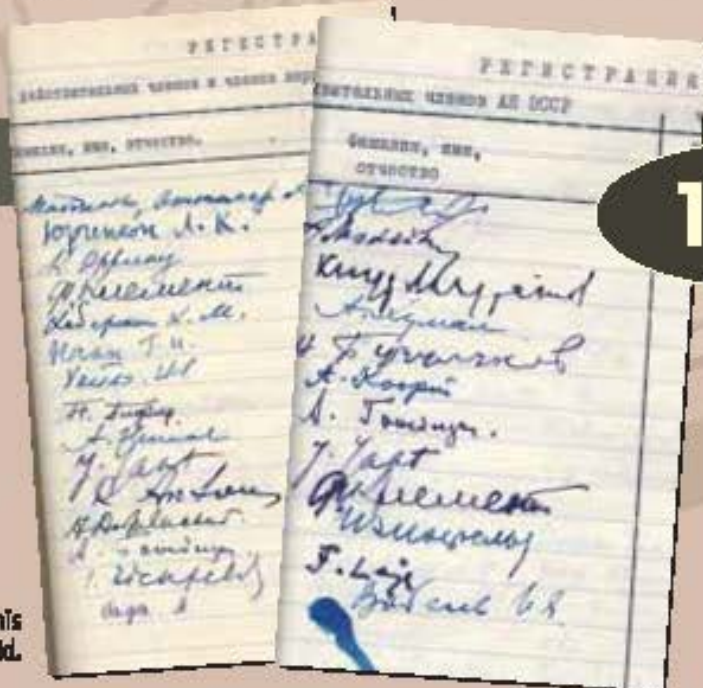
1946

- 23. jaanuar – Eesti NSV Rahvalikkomisjoni Nõukogu määrus Akadeemia taastamise kohta.
- 5. aprill – Eesti NSV Ministrite Nõukogu kinnitas Eesti NSV Teaduste Akadeemia põhikirja, tegev- ja korrespondentliikmed ning struktuuri (keskraamatukogu ning neli teadusosakonda koldu 15 uurimisinstituuti, 2 uurimisajakirja, 5 muuseumi ja 3 teadussektori).
- 6. aprill – Eesti NSV Teaduste Akadeemia Üldkogu esimene istung; presidendiks valiti Hans Kruus.
- 31. mai – Akadeemia koosseisu anti Loodusuurijate Selts, Akadeemiline Emakeele Selts ja Õpetatud Eesti Selts.
- 1. juuni – Akadeemia koosseisu anti Eesti Rahva Muuseum, Eesti Riiklik Kirjandusmuuseum ja Eesti Riiklik Ajaloomuuseum.

1946



Akadeemia avaldust 1946. aastal Tartus. Seisavad vasakult: professor Jüri Nuut ja professor Hans Kruus.



1955

1953

24. detsember – Fr. R. Kreutzwaldi 150. sünniaastapäeva tähistamiseks anti kirjandusmuuseumile tema nimi.

1954

30. juuni – Akadeemia tegevliikmeteks valiti Paul Ariste, Harald Haberman, Johannes Heil, Karl Orviku ja August Vaga, korrespondentliikmeteks Nikolai Alumiä, Richard Mahi ja Aarne Pung.

1954. aasta juunis toimunud Üldkogu osavõttajad.

1955

- 18. mai – loodi Eesti Geograafia Selts.
- 23. november – loodi looduskaitse komisjon.

1956

- 1. märts – Ministrite Nõukogu korraldusega seati nimetus Teaduste Akadeemia tegevliige asemel sõna nimetus akadeemik.
- 12. september – Akadeemia presidium fikseeris Hans Kruusi akadeemiliku ühikuga taastamise Ministrite Nõukogu poolt.

1947

- 29. jaanuar – loodi Eksperimentaalse ja Kliinilise Meditsiini Instituut.
- 1. veebruar – tööd alustas Teaduste Akadeemia Keskraamatukogu.
- 3. september – vastutavate toimetajate määramisega pandi alus ajakirja Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised väljaandmisele (esimene number ilmus 1952).



Akadeemia Instituutide maja Tallinnas Sakala tänaval 1947. aastal.

Akadeemia
Instituutide maja
Tartus Riia tänaval
1949. aastal.

1950

- 28. juuni – lõpetati Õpetatud Eesti Seltsi tegevus.
- 18. juuli – Akadeemia Oidkogu kinnitas presiidiumi otsuse Hans Kruusi vabastamise kohta presiidiumi ametist (kinnitamine tegevliikmeks loeti kehtetuks 1951).
- 13. september – Akadeemia presidendiks valiti Johan Eichfeld.

1951

- 17. juuni – esimesed sõjajärgsed uute liikmete valimised Oidkogu. Tegevliikmeteks valiti Nikolai Buzukukov, Arnold Humal, Aleksandr Klur-Muratov, Feodor Klement, Gustav Naan, Joosep Saart ja Andrei Tsembošov; korrespondentliikmeteks Richard Antons, Aleksandr Dobrjanski, Johannes Heil ja Hilda Moosberg. Liikvideeriti Meditsiiniliste Teaduste Osakond.

1952

- 12. september – muudeti Akadeemia teadusasutuste ja -seitside nimetus, nt Eesti Rahva Muuseumist sai Etnograafia Muuseum.



1950

Eesti NSV Teaduste Akadeemia presiidium 1956. aastal Tallinnas. Vasakult: akadeemilised Johannes Heil, Arnold Humal, Johan Eichfeld ja Gustav Naan ning korrespondentliige Richard Mahl.



Akadeemia struktuur 1960. aastal

Presiidium
Keskasutus
Keskraamatukogu
Varustuskontor
Eesti Geograafia Selts
Looduskaitse Komisjon
21 akadeemikut ja 24 korrespondentliiget

Füüsika-matemaatiliste ja
Tehniliste Teaduste Osakond
Füüsika ja Astronoomia Instituut
Geoloogia Instituut
Keemia Instituut
Energeetika Instituut
Ehituse ja Ehitusmaterjalide Instituut
Küberneetika Instituut

Riikloogia- ja Meditsiiniteaduste Osakond
Zooloogia ja Botaanika Instituut
Eksperimentaalse ja Kliinilise Meditsiini Instituut
Eksperimentaalbioloogia Instituut
Loodusuurijate Selts

Ühiskonnateaduste Osakond
Ajaloa Instituut
Keele ja Kirjanduse Instituut
Majanduse Instituut
Fr. R. Kreutzwaldi nim. Kirjandusmuuseum
Etnograafiamuuseum
Ajaloomuuseum
Emakeele Selts

Kokku 1404 töötajat, neist 499 teadurit
(sh 16 doktorit ja 204 teaduskandidaati)

1960

1957

- 1. aprill – loodi Eksperimentaalbioloogia Instituut.
- 26. september – Akadeemikuteks valiti Harri Moora, korrespondentliikmeteks Ilo Sibul ja Arnold Vaimar.
- 25. oktoober – Ministrite Nõukogu otsustas hakata Kultuuriministeeriumi, Akadeemia ja Kirjanike Liidu ühise egildi all välja andma ajakirja Keel ja Kirjandus (esimene number ilmus 1958).
- 26. november – Ministrite Nõukogu otsustas hakata Akadeemia egildi all taas välja andma ajakirja Eesti Loodus (esimene number ilmus 1958).

1959

- 8. jaanuar – loodi Tallinna Botaanikaäed.
- 28. mai – Oidkogu võttis vastu Akadeemia uue põhikirja.

1960

- 1. september – loodi Küberneetika Instituut.
- 20. oktoober – Ministrite Nõukogu määris kinnitas akadeemiliste arvaks 22 ja korrespondentliikmete arvaks 28.



Mees, kes kasvatas maailma mõõtmeid

Üks 20. sajandi maailma astronoomia suurkuju, kes panustas märkimisväärselt pea kõigisse astronoomia valdkondadesse, oli eestlane Ernst Öpik.

Ernst Öpik (1893–1985) sündis 22. oktoobril 1893 Kundas, mõni aasta hiljem kolis pere Tallinna. Ta uuris juba koolipoisina ise matemaatika, füüsika ja astronoomia aluseid. Moskva ülikooli minnes oli tal neis asjades hea ettevalmistus, mis võimaldas kohe uurimistööd alustada. Pärast lõpetamist jäeti Ernst ülikooli, valmistuma professori kutseks. Revolutsioonikeerises evakueeriti Moskva ülikool Taškenti, kus Öpik töötas observatooriumis.

1921. aastal pöördus Öpik tagasi kodumaale, kus temast sai Tartu ülikooli observatooriumi astronoom-vaatleja. See ametikoht, mis oli loodud juba Struve ajal, võimaldas pühenduda teadustööle, jättes vabaduse ka õppetööks. Tartus töötas Öpik kuni 1944. aastani, mil lahkus koos perega Eestist. Tartu ajal kutsuti teda korduvalt teadustööle teistesse observatooriumidesse, eriti pikka aega viibis ta Harvardis, kus korraldas meteoritide vaatlusi ja pidas loenguid.

Sõja järel töötas Öpik Hamburgi observatooriumis, olles ühtlasi Balti ülikooli Eesti rektor. Viimane loodi pärast sõda, et anda õppimisvõimalus läände jäänud noortele. 1948. aastal pakuti talle tööd Armagh' observatooriumis Põhja-Iirimaa, kus ta tegutses, kuni 90-aastaselt pensionile jäi. Saanud professori koha Marylandi ülikoolis, jagas Öpik end 1960.–1970. aastail Armagh' ja Marylandi vahel. Ernst Öpik suri oma kodus Põhja-Iirimaa 10. septembril 1985.

Kohtusin Ernst Öpikuga esimest korda juba Eestis 1943. aastal, kui noore astronoomiahuvilisena kuulasin Tartu ülikoolis professor Taavet Rootsmäe loenguid üldisest astronoomiast. Järgmine kohtumine sai teoks 1970. aastal Rahvusvahelise Astronoomia Liidu kongressil Brightonis, kus käisime koos professor Aksel Kipperiga, ning viimane kümme aastat hiljem, kui viibisin professor Martin Reesi kutsel Cambridge'i ülikooli astronoomia instituudis, kust tegin visiite ka teistesse Briti observatooriumidesse, nende hulgas Armagh'sse. Nendest sõitudest on säilinud ka mõned fotomeenutused.

Ernst Julius Öpik

astronoom, akadeemik 13. aprillist 1938



- sündis 1893. aastal Kundas
- õppis 1912–1916 Moskva ülikoolis
- töötas Tartu ülikoolis, Harvardi ülikoolis ja alates aastast 1948 Armagh' observatooriumis Iirimaa
- valiti Belfasti ja Sheffieldi ülikooli audoktoriks
- mitme akadeemia välisliige
- tegeles heliloominguga ja oli meisterlik klaverimängija

Mitmekülgsus uurimistöös

Ernst Öpikul on pioneerilikke uurimistöid pea kõigist astronoomia valdkondadest. Tal oli eriline oskus teha õigeid järeldusi ebakindlate andmete alusel, kui vaatlustest ja teoreetilistest arutlustest polnud selge, milline on probleemi õige vastus. Selles aitas teda väga hea astronoomiliste faktide, füüsika põhialuste ja matemaatika tundmine.

Milline oli Ernst Öpiku panus kosmoloogiasse ja tähtede ehituse teooriasse?

Linnutee ja teised tähesüsteemid

20. sajandi alguses teati, et tähed on kauged päikesed ning moodustavad Linnutee. Tähtede energia allikas, Linnutee ehitus ja teiste samasuguste süsteemide olemasolu polnud selge. Näiteks ilmus 1914. aastal inglase Sir Arthur Eddingtoni monograafia „Stellar Movements and the Structure of the Universe”, kus oli juttu tähtede liikumisest Linnutees, mida peeti kogu Universumiks. Oli juba teada udukogude olemasolu, aga polnud selge, kas need asuvad Linnutee sees või moodustavad iseseisvaid tähesüsteeme.

See probleem huvitas ka Ernst Öpikut. Äsja oli tehtud esimene katse mõõta Andromeeda udukogu keskosa pöörlemist. Öpik leidis



Neli venda 1923. aastal. Vasakult: Ernst, Paul, Armin ja Oskar Öpik.

FOTOD: AKADEEMIA

viisi, kuidas kasutada pöörlemiskiirust kauguse määramiseks (meetod põhineb Newtoni seadusel, mis seob mingi objekti pöörlemiskiiruse teise objekti ümber viimase massiga ja objektidevahelise kaugusega). Lisaks leidis Öpik Andromeeda udukogu keskosa heleduse. Edasi oletas ta, et Andromeeda udukogus ja Linnutees on massi ning heleduse vaheline seos sama. See andis võimaluse siduda massi ja heledust. Kuna kauguse kasvades heledus kahaneb võrdeliselt kauguse ruuduga, mass antud raadiusega orbiidi sees aga kaugusega, saamegi võimaluse kauguse määramiseks. Massi ja heleduse vahelise seose leidis Öpik Linnutee andmete põhjal – see oli oluline samm kauguse määramisel. Tulemuseks sai ta umbes 700 kiloparsekit (üks kiloparsek on ligikaudu võrdne kolme tuhande valgusaastaga). Ta kandis selle esmakordselt ette Moskva amatöörastronoomide ühingu koosolekul 1918. aastal. Eestisse naasnuna kordas ta arvutusi, kasutades uuemaid andmeid Linnutee kohta, ning sai Andromeeda udukogu kauguseks 440 kiloparsekit. Tulemused ilmusid ajakirjas *Astrophysical Journal* 1922. aastal.

Selle tööga näitas Öpik, et Andromeeda udukogu taolised objektid asuvad väljaspool Linnuteed, teiste sõnadega – kogu Universum on täis Linnutee-sarnaseid objekte, mida nüüd galaktikateks kutsutakse. Inimestele tuntud maailma mõõtmed kasvasid tuhandeid, tegelikult isegi miljardeid kordi.

Öpiku meetod oli nii originaalne, et esialgu ei saadud sellest aru. Öpiku tulemust kinnitas paar aastat hiljem Edwin Hubble, kel õnnestus leida meile lähematel Andromeeda-sarnastel objektidel heledaid tähti. Universumi suured mõõtmed olid leidnud kinnitust.

Punanihe ja maailma paisumine

Mõned aastad hiljem leidsid astronoomid juba mõnekümne galaktika spektrid. Selgus, et pea kõigi galaktikate spektrites asuvad jooned on nihkunud spektri punase osa suunas. See nihe, mida kutsutakse punanihkeks, on seda suurem, mida väiksem on galaktika näiv heledus ning seetõttu, mida kaugemal galaktika asub. Peagi järeldati, et see tähendab tegelikult kogu maailma paisumist. Järelikult oli maailm varem väiksem ja pidi kunagi tekkima. Üks esimesi, kes sellele järeldusel tuli, oli Öpik. Uuemad andmed näitavad, et maailm on Öpiku arvatust vanem, umbes 13,5 miljardit aastat, tema meetod vanuse leidmiseks on aga õige.

Tähtede energiaallikas ja tähtede evolutsioon

See oli kolmas probleem, mida Öpik uuris. Tol ajal oli populaarne Russelli hüpotees: tähed tekivad punaste hiidtähtedena, mis kokku tõmbudes kuumenevad ja muutuvad sinisteks hiidtähtedeks, jahtuvad ning liiguvad oma arenguteel esmalt kollasteks, seejärel punasteks kääbustähtedeks.

Lähtudes teadmisest, et kuumade siniste tähtede mass on vahemikus 10–30 Päikese massi, kollaste kääbustähtede mass Päikese omaga võrreldav, punaste kääbustähtede mass aga Päikese massist palju väiksem, tegi Öpik järelduse, et kui Russelli hüpotees on õige, peaksid tähed oma arengu jooksul kaotama massi. Kui täht kuulub kaksiktähe koosseisu, siis massi kahanedes peab kasvama kaksiktähe komponentide vaheline kaugus vastavalt impulssmomendi jäävuse seadusele. Öpiku hinnangu kohaselt peaksid kaksiktähtede orbiitide keskmised raadiused selle efekti mõjul kasvama umbes 20 korda. Kontrollimaks selle efekti olemasolu, võrdles Öpik erineva heledusega kaksiktähtede orbiitide keskmisi suurusi. Selgus, et punaste kääbuste orbiitide raadiused on siniste omast hoopis ligi kaks korda väiksemad.

Öpik leidis veel teisegi argumendi, mis näitab Russelli hüpoteesi vastuolu vaatlusandmetega. Päike on tavaline kollane täht, seega Russelli hüpoteesi järgi pidi Päike olema varem kuum sinine täht, mille kiirgusvõime on Päikese omast umbes tuhat korda suurem. Selline kiirgusvõime peab kajastuma ka Maa keskmises temperatuuris, ent geoloogilistel andmetel on see kogu oma ajaloo jooksul olnud ligikaudu konstantne.

Öpiku kaalutlused näitavad, et tähtede paigutus temperatuuri ja



Ernst Öpik (vasakul) 1970. aastal koos abikaasa Alide ning Jaan Einastoga.

heleduse järgi ehk Hertzsprungi-Russelli diagrammil pole mitte evolutsiooniline jada, nagu oletas Russell, vaid erinevate algtingimuste (mass ja keemiline koostis) jada. Tähtede energiatoodang massiühiku kohta on väga suur kuumadel ülihiidudel ja väike punastel kääbustel. Peamine füüsikaline tegur, mis sellist sõltuvust saab tekitada, on temperatuur. Öpik näitas, et energiatoodang massiühiku kohta on võrdeline temperatuuri 9 astmega. Tähtede sise-muses on temperatuur kõrgem kui pinnal, seega peab energiaallikas asuma tähe keskmel lähedal, kus temperatuur on kõrgeim. Varem peeti tähtede energiaallikaks kas gravitatsioonilist kokkutõmbumist või keemiliste elementide radioaktiivset lagunemist. Need allikad ei sõltu temperatuurist, pealegi näitavad arvutused, et nendest ei piisa – vähem kui miljardi aastaga oleks nende võimalused ammendatud, Maa ja meteoriitide vanus on aga miljardid aastad ning on selge, et Päike ja teised tähed ei saa olla nooremad. Kõigest sellest järeldas Öpik juba 1922. aastal, et tähtede energiaallikas on mingi subatomaarne protsess.

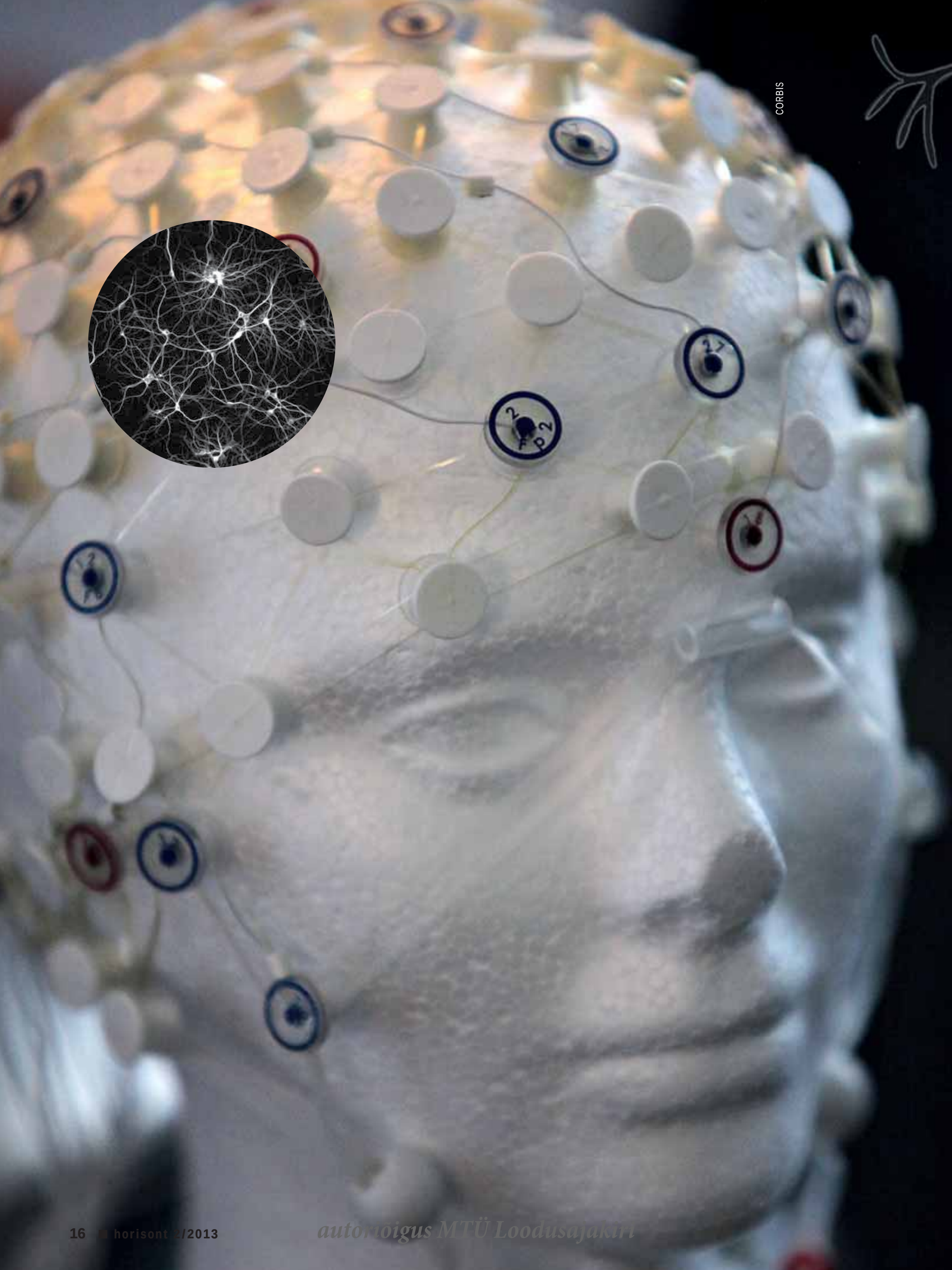
Tollal teati aatomite ehitusest veel vähe. Ent füüsika arenes kiiresti. See võimaldas Öpikul juba 1938. aastal välja töötada tähtede evolutsiooniteooria. Põhiline energiaallikas on vesiniku muundumine heeliumiks väga kõrgetel temperatuuridel. See tuumasüntees on väga temperatuurisõltuv, mistõttu massiivsed tähed, mille tsentraalne temperatuur on kõrgem, põletavad oma vesinikutagavara juba mõne miljardi aastaga. Kuna need tähed on olemas, pidid need tekkima alles hiljuti. Öpiku järeldus: tähtede teke jätkub Linnutees ka praegu. ●



Jaan Einasto

astronoom, akadeemik 3. aprillist 1981

- sündinud 1929. aastal Tartus
- õppinud 1947–1952 Tartu ülikoolis
- töötanud Tartu ülikoolis, Tartu observatooriumis, Cambridge'i, California ja Harvardi ülikoolis
- aastast 1955 füüsika-matemaatika-kandidaat, 1972 füüsika-matemaatika-doktor
- valiti Tartu ülikooli professoriks 1992
- harrastab jalgrattaga matkamist, suusatamist, kuulab süvamuusikat



TOOMAS KIRT, JAAN ARU

Ajuta ajuteadus

Nii mikroskaalal ehk üksikneuronite aktiivsust mõõtes kui ka makroskaalal ehk kolbale kleebitud elektrodidelt elektroentsefalograafiat ehk EEG-d mõõtes oleme suutnud ajuprotsesse jälgida juba 20. sajandi esimesest poolest saati. Tundub aga, et kõige põnevamad arvutusprotsessid toimuvad ajus just vahepealsel tasemel – miljonite neuronite koostoides. Keskkonnast tulev sisendinfo liigub neuronite aktiivsustrina läbi erinevate neuronipopulatsioonide, kus seda mõjutavad ajuseisund ning tähelepanu, mälusisud ja palju muud. See, kuidas taolise taseme protsessid ajas ja ruumis kulgevad, on arvatavasti meie vaimse olemuse alus. Just seda taset tahaksime mõista. Kuid EEG-ga mõõdaksime liiga palju, sest meid ei huvita mitte miljonite neuronite keskmine aktiivsus, vaid miljonite neuronite spetsiifiline aktiivsus, ning üksikneuronitele lähenedes mõõdame mõistagi liiga vähe.

Kuidas uurida vahepealse taseme protsesse?

Üks võimalus oleks panustada raha, ideid ja ressursse, et arendada tehnoloogiaid, mille abil sel vahepealsel tasemel mõõtmisi teha. Just seda teed ongi minemas mitmed USA ja Euroopa suured laborid, kus üritatakse samaaegselt teha mõõtmisi tuhandetelt närvirakkudelt. Väiksema ressursiga maadele ja teadlastele jääb lohutav võimalus – luua mudeleid.

Mudel tähendab, et meil on pärisobjektist, antud juhul ajust, lihtsustatud kirjeldus. Mudelisse saab põhimõtteliselt kaasata kogu teadmise, mis meil aju anatoomia ja struktuuri kohta on.



Teatud ajuprotsesside abil suudate käesolevat teksti lugeda ja sellest aru saada. Millised neurobioloogilised mehhanismid täpselt meie vaimseid võimeid kannavad, on hetkel veel üsna ebaselge, kuid seda uuritakse aktiivselt ja seejuures interdistsiplinaarselt. Aju uurimises osalevate inimeste taust võib olla samahästi nii bioloogia, füüsika, informaatika, psühholoogia kui ka majandusteadus. Üheskoos on ette võetud tõsine rünnak aju mõistatuste lahendamiseks. Järgnevalt üritame pakkuda lihtsat sissejuhatust ajuprotsesside mudeldamisele ja anname ülevaate sellest, kuidas arvutuslik mudeldamine saab kaasa aidata aju tööprintsipiide mõistmisele.

Kuid mudeli eesmärk on muidugi kõiki neid protsesse ka lihtsustada, valides välja ainult teatud komponendid.

Mudeli suur eelis on asjaolu, et selle abil on lihtne teha eksperimente. Kui meid näiteks huvitab, mis on kõrgemalt ajustruktuurilt madalamatele ajustruktuuridele tagasisidestatud ühenduste funktsioon, siis pärisajus on vajaliku täpsusega eksperimenti peaaegu võimatu läbi viia, aga mudelis saab vastuse paari klõpsuga. Tegelikult on mudeldamine ja mudeldamisest mõistlike vastuste kättesaamine siiski keerulisem kui hiireklahvi klõpsimine, nii et alustame algusest.

Mudelite erinevad tasemed

Ajuprotsesse saab mudeldada mitmel tasemel. Võime üritada mudeldada aju kui terviku tööd või teatud infot töötlevate alade taset; võime mudeldada üksikuid neuroneid või üksnes ühte kindlat

rakusisest biokeemilist protsessi. Mudeldatava taseme valik sõltub uurimisküsimustest ja ka saadaolevast arvutusvõimsusest.

Võib julgelt öelda, et aju töö detailne mudeldamine on hetkel Euroopa teaduse fookuses, sest Euroopa Komisjon kiitis just heaks otsuse anda miljard eurot projektile, mille eesmärk pole

Tundub, et kõige põnevamad arvutusprotsessid toimuvad ajus just vahepealsel tasemel – miljonite neuronite koostoides. Kuid EEG-ga mõõdaksime liiga palju ning üksikneuronitele lähenedes mõõdame mõistagi liiga vähe.

sugugi tagasihoidlik: mudeldada inimaju. Miks kulub kogu inimaju mudeldamisele miljard eurot? Ja miks peaks Euroopa Komisjon sellise projekti jaoks miljard eurot andma?

Inimaju mudeldamine on üsna suur väljakutse. Hinnanguliselt koosneb see süsteem umbes sajast miljardist neuronist, kusjuures iga neuron ise on keeruline bioloogiline masinavärk, mis on ühenduses umbes 10 000 teise neuroniga. Isegi suurtes arvutuskeskustes saab sellisest võrgustikust mudeldada üksnes tükikesi. Seega on kogu taolise süsteemi detailseks mudeldamiseks tarvis uudseid superarvuteid ja uusi arvutusprintsippe. Nende väljaarendamine ja ühendamine kõigi meie teadmistega aju töö kohta on tõepoolest suurejooneline ja kulukas ettevõtmine, mille kestuseks arvestatakse vähemalt kümme aastat. Me ei tea veel, kui edukas see projekt olema saab, kuid see on ilmselt tõepoolest väärt suuremahulist finantseerimist, sest on välja arvestatud, et

Aju töö detailne mudeldamine on hetkel Euroopa teaduse fookuses.

aastal 2010 küündisid kesknärvisüsteemi haigustega seotud kulud Euroopas 800 miljardi euroni. Selle gigantse summa vähendamiseks ja muidugi eelkõige kõigi patsientide elukvaliteedi parandamiseks on tarvis mõista, kuidas aju töötab, sest siis on võimalik välja töötada paremaid ravimeetodeid ja medikamente.

Kogu aju töö põhjalikuks mudeldamiseks on tarvis tunda protsesse, mis toimivad üksikneuronis ja neuronipopulatsioonide tasemel. Antud loos keskendumegi just sellele pisut tagasihoidlikumale tasemele ja uurime, kuidas üksikneuronite toimimist lihtsalt ja

arvutile arusaadavalt esitada. Vaatame ka seda, kuidas luua nendest üksikneuronitest võrgustikke, mis aitaksid mõista aju tööd. Sellise taseme protsesse, mis hõlmavad umbes kuni kümme tuhat neuronit, on võimalik mudeldada igas täiesti tavalises nüüdisaegse töövõimsusega arvutis. Seega ei ole teadlasel põneva mudeldustöö jaoks ilmtingimata tarvis miljardit eurot, vaid pigem piisavalt taibukust, et esitada olulisi küsimusi. Enne oluliste küsimuste juurde minekut on aga muidugi tarvis tundma õppida seda, kuidas neuronid töötavad ja kuidas neid tööprintsippe mudeli keelde tõlkida.

Neuronite töö biofüüsikalised alused

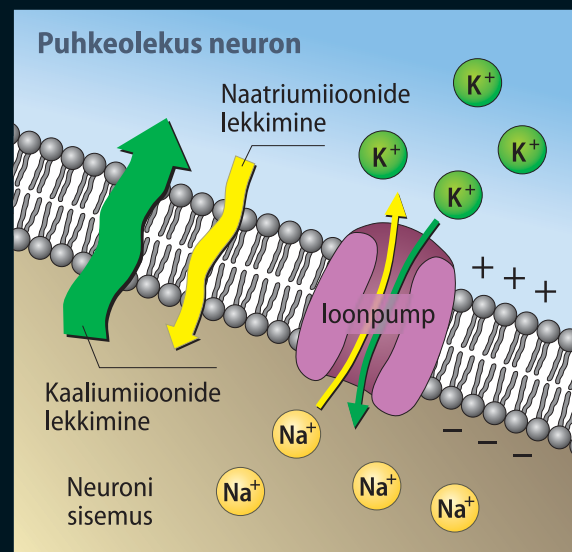
Neuronid töötavad elektrokeemiliselt, st neuronis edastatakse signaal elektriliselt, kuid neuronite vahel keemiliselt läbi sünapside (osa neuronite vahel on siiski ka otseseid elektrilisi ühendusi).

Neuroni membraanipotentsiaali järsk muutus ehk aktsioonipotentsiaal

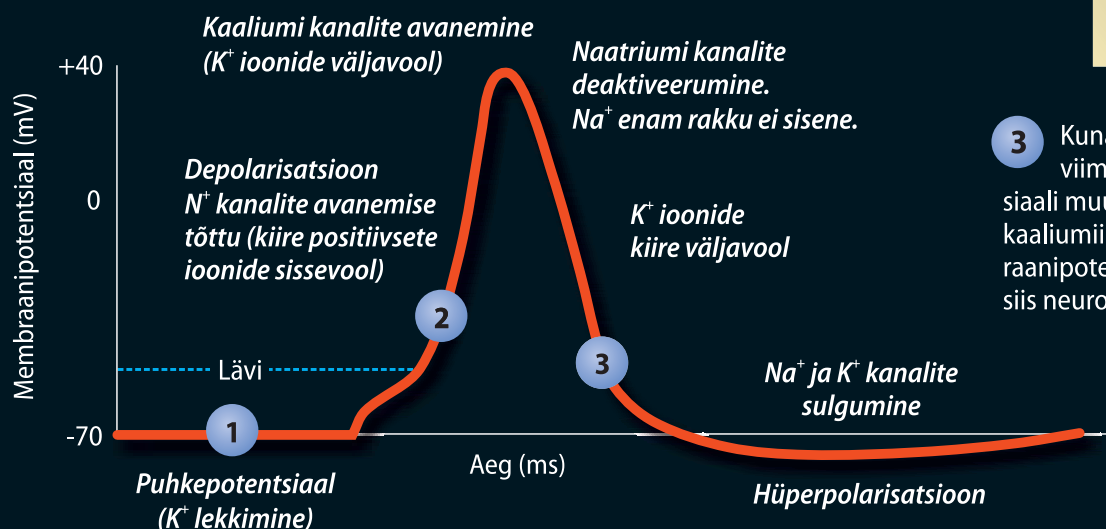
Neuroni sise- ja väliskeskkonna vahel on elektriline pinge, mis neuroni töösükli jooksul oluliselt muutub. Neid muutusi põhjustab teistelt neuronitelt saabuv info.

1 Tüüpilise aktsioonipotentsiaali genereerimisel osalevad naatriumi (Na) ja kaaliumi (K) positiivsed ioonid. Naatriumioonide kontsentratsioon on suurem neuronist väljas, kaaliumioonide oma seevastu neuronis ning mõlemad lekivad läbi membraani kas siis sisse või välja. Kuna positiivsete ionide kontsentratsioon neuronis ja väljas on erinev, tekib elektriline pinge, mis väljendub membraanipotentsiaalina. Neuroni membraanil toimib pump, mis liigutab naatriumioone välja ning kaaliumioone sisse, ja koos lekkimisega hoiab antud mehhanism membraanipotentsiaali puhkepotentsiaali tasemel.

2 Kui läbi sünapside saabuvad neurotransmitterid avavad ionikanalid ja seetõttu suur hulk naatriumioone saab rakku voolata, siis muutub membraanipotentsiaal positiivsemaks ehk depolariseerub, mis omakorda teatud läve ületamisel avab pingest sõltuvad naatriumi kanalid. Seetõttu kiireneb potentsiaali muutumine positiivsemaks ning vallandub aktsioonipotentsiaal ehk siis neuron tuliskleb (inglise keeles *firing* või *spiking*).



3 Kuna naatriumioonide ionipumba abil välja viimine on suhteliselt aeglane protsess, siis potentsiaali muutmiseks avanevad kaaliumi kanalid, mis lasevad kaaliumioonidel välja voolata. Selle käigus muutub membraanipotentsiaal negatiivsemaks kui puhkepotentsiaal ehk siis neuron hüperpolariseerub.



Aktsioonipotentsiaali genereerimine toimub mõne millisekundi jooksul.

© PNS Infograafika / Kaarel Damian Tamre

Neuroni membraanis on väga spetsiifilised valgud, läbi mille pääsevad liikuma elektriliselt laetud osakesed ehk ioonid. Seetõttu kutsutaksegi neid valke ionikanaliteks. Neid kanaleid on mitut tüüpi. Ühte tüüpi kanalitest toimub pidev ionide väljavool, teised kanalid avanevad üksnes siis, kui teatud keemiline aine nendega ühendub, kolmandatel ei piisa ainult sellest keemilisest ainest, vaid on tarvis ka elektrilist potentsiaalimuutust neuronis endas.

Neuronit iseloomustab elektriline pinge sise- ja väliskeskkonna vahel, mis neuroni töötüki jooksul muutub oluliselt. Selle pingemuutuse allikaks on sisend, mis tuleb teistelt neuronitelt. Hinnanguliselt võib ühel neuronil olla paarkümmend tuhat sisendit.

Kui neuronile eelnev neuron on aktiivne, siis vallanduvad sünapsis neurotransmitterid, mis on vajalikud ionikanalite avamiseks. Ioonikanalite avamisel liiguvadki läbi neuroni membraani mitmesugused ioonid. Olenevalt ionikanalist laseb see läbi kas positiivse (näiteks Na^+) või negatiivse (näiteks Cl^-) laenguga ioone, mis seejärel muudavad neuroni puhkepotentsiaali kas positiivsemaks või negatiivsemaks. Kui muutus positiivses suunas on piisavalt suur ja ületab teatud läveväärtuse, avanevad korraga mitmed naatriumkanalid ning membraanipotentsiaal toimub järsk muutus, mida nimetatakse aktsioonipotentsiaaliks. Aktsioonipotentsiaali vallandumist võivad takistada näiteks pidurdavatelt neuronitelt saabunud signaali tõttu neuronisse pääsevad negatiivsed klooriioonid, mis muudavad membraanipotentsiaali negatiivsemaks, mistõttu pingest sõltuvad naatriumkanalid ei avane ja aktsioonipotentsiaal ei vallandu. Nii-sugused on neuronite töö biofüüsikalised alused. Kuid neuronite mudeldamiseks on tarvis ka põhimõttelist teoreetilist arusaama sellest, kuidas üksikneuron töötab.

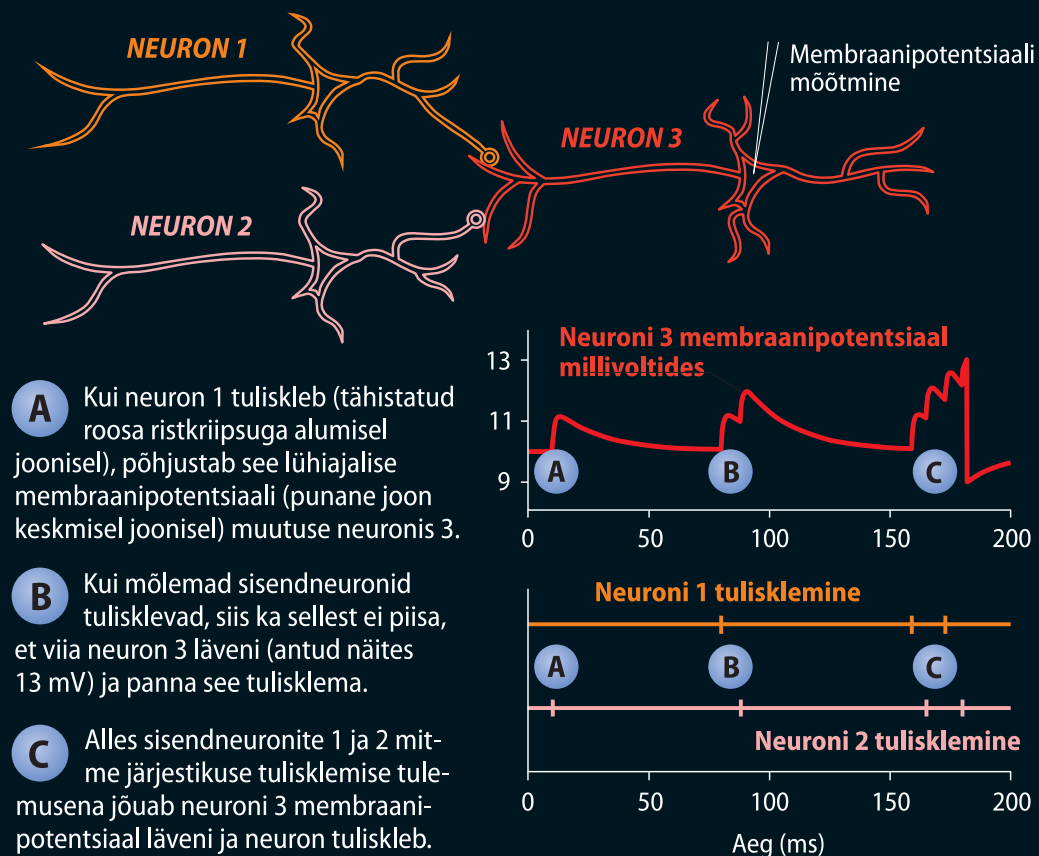
Kogu aju töö põhjalikuks mudeldamiseks on tarvis tunda protsesse, mis toimivad üksikneuroni ja neuronipopulatsioonide tasemel.

Neuronite tulisklemise mehhanism

Neuroni aktiveerimiseks on tavaliselt vaja mitme sisendneuroni suhteliselt samaaegset tulisklemist.

Kui tehishärvivõrk on ajuprotsessidest inspireeritud praktilise väärtusega algoritm, mis lahendab spetsiifilist õppimisülesannet (näiteks kujundite klassifitseerimine), siis tulisklev võrk üritab täpsemalt jäljendada aju üksikneuronite tööd ja saada aru, kuidas ajuprotsessid (sh õppimine) toimivad. Peamine erinevus tehishärvivõrgu ja tulisklevate neuronite võrgu vahel on aeg, millel esimesel juhul praktiliselt tähtsust ei ole, sest aktsioonipotentsiaali levikut arvesse ei võeta. Tulisklevate neuronite korral on väga oluline ajastus, mil neuronile eelnev neuron on aktiivne, sest neuroni aktiveerimiseks on vaja mitme sisendneuroni suhteliselt samaaegset tulisklemist.

Oletame, et neuronid 1 ja 2 on ühendatud neuroniga 3, nagu näeme joonisel.



Antud joonisel on näha ka mudeldamisega seotud vabadused, mida saame lubada, kui eesmärgiks on teatud funktsionaalsuse saavutamine ning mitte täpne vastavus reaalsusele. Näiteks kui realsel neuronil on puhkepotentsiaali väärtus orienteeruvalt -70 mV ja lävi -50 mV, siis antud mudelis oleme need defineerinud vastavalt 10 mV ja 13 mV. Kui võrdleme membraanipotentsiaali muutuse jooniseid reaalse neuroni ja mudeldatu vahel, siis näeme ka olulisi erinevusi. Antud mudel ei kajasta täpselt läve ületamisele järgnevat membraanipotentsiaali muutust, vaid läve ületamisel defineeritakse neuron tulisklenuks ja membraanipotentsiaali väärtuseks antakse lätevärtus.

© PNS Infograafika / Kaarel Damian Tamre

Kuidas üksikneuron töötab?

Selles osas võiks välja tuua kaks teadustulemust.

Üheks on neuroni integreeri-ja-tuliskle (*integrate-and-fire*) tööpõhimõte, mille fikseeris eelmise sajandi alguses (1907) Louis Lapicque. Kuigi tal puudus teadmine aktsioonipotentsiaali tegelikest biofüüsikalistest mehhanismidest, suutis ta kirjeldada neuroni tööpõhimõtet kui kondensaatorit ja takistit sisaldavat elektrihaelat, mis teatud läve

ületamisel suudab genereerida aktsioonipotentsiaali.

Teiseks on Alan Hodgkini ja Andrew Huxley tehtud kalmaari hiidaksoni potentsiaalimuutuste mõõtmised ning nende põhjal kokku pandud matemaatiline mudel, mis avaldati 1952. aastal.

Kui Louis Lapicque andis neuroni peamise töötüki põhimõtte, siis Hodgkini-Huxley mudel kirjeldab seda protsessi väga täpselt ning jäljendab pingest sõltuvate ionikanalite avanemise



dünaamikat. Nende kahe mudeli vahel on oluline vahe ka arvutuslikus mõttes. Kui esimest mudelit saab kirjeldada ühe diferentsiaalvõrrandi abil, siis teise kirjeldamiseks on vaja vähemalt nelja ning nende arvutusliku ajakulu vahe ulatub kordadesse.

Kuna neuroneid on ajus mitut tüüpi, võimaldab Hodgkini-Huxley mudel kirjeldada väga täpselt paljude neuronite töörežiime. Neuron membraanipotentsiaali muutust ning laetud ionide voogu läbi kanalite on võimalik kirjeldada diferentsiaalvõrrandite abil ning mitme neuroni võrrandite paralleelsel lahendamisel diskreetsetes ajavahemikes saamegi mudeldada neuronipopulatsioonide tööd.

Neuronivõrgustiku seisukohast on oluline, et võrgustiku moodustavad kahte tüüpi neuronid – ergastavad ja pidurdavad. Esimeselt tüübilt saabuv

sisend suurendab positiivsete ja teiselt saabuv sisend negatiivse laenguga ionide sissevoolu. Ergastamisel ja pidurdamisel on oluline tähtsus info edastamisel neuronilt neuronile. Kui oleksid üksnes ergastavad neuronid, siis pidevalt ergastavat signaali saades kõik neuronid üksnes tuliskleksid ning täpsed arvutused ajas ja ruumis oleksid võimatud. Seetõttu on vaja ka pidurdavat jõudu, mis tasakaalustab ja võimaldab teha teatud valikuid, et olulist infot ikkagi edasi anda.

Võrgustiku simuleerimine

Nagu mainitud, on mudeldamiseks tarvis teatud programmi, mis lahendab diferentsiaalvõrrandeid, ning sel on liides neuronite omaduste kirjeldamiseks. Kuna arvutuslik neuroteadus on viimasel ajal väga aktiivne teadusharu, on välja töötatud mitmeid tarkvara-

pakette, mis seda ülesannet täidavad ning olenevalt ülesande ja ressursside spetsiifikast saame valida endale sobiva. Võiks mainida Neuronit ja Nesti, aga et käesoleva artikli üks autor mudeldab suhteliselt väikesi võrgustikke ja tarkvara peaks olema kergesti käsitsetav, siis on kasutusel pakett Brian (brian-simulator.org). Eelisena on Brian täielikult kirjutatud Pythoni programmeerimiskeeles ning seetõttu kergesti muudetav ja teiste töövahenditega liidetav. Brian kasutab paljuski Pythoni vektorarvutuse võimalusi ning saavutab seeläbi arvestatava töökiiruse.

Mudeli kirjeldamine sellega on väga lihtne, nagu näitab juuresolev joonis. Tegemist on mudeldamiskeskondade võrdlemiseks rakendatava lihtsa jõudlustestiga (CUBA), mis kasutab integreeri-ja-tuliskle (*integrate-and-fire*) neuronimudeleid ja eksponentsiaalselt

kahanevat sünaptilist juhtivust ning kus neuronid on ühendatud juhuslikult teatud tõenäosusega. Võrgustiku simuleerimiseks on vaja:

- defineerida olulised parameetrite väärtused,
- kirja panna diferentsiaalvõrrand, mis kirjeldab neuroni tööpõhimõtte (ioonide lekkimine ning sisendite integratsioon),
- seejärel moodustada neuronite grupid,
- jagada need ergastavateks ja pidurdavateks neuroniteks,
- luua neuronite vahel teatud tõenäosuse ja tugevusega ühendused,
- rakendada teatud jälgimist (näiteks koguda info, millal neuronid tulisklesid),
- käivitada võrgustik teatud ajahetke simuleerimiseks ning
- väljastada tulemus.

Nii lihtne ongi.



CORBIS / SCANPIX

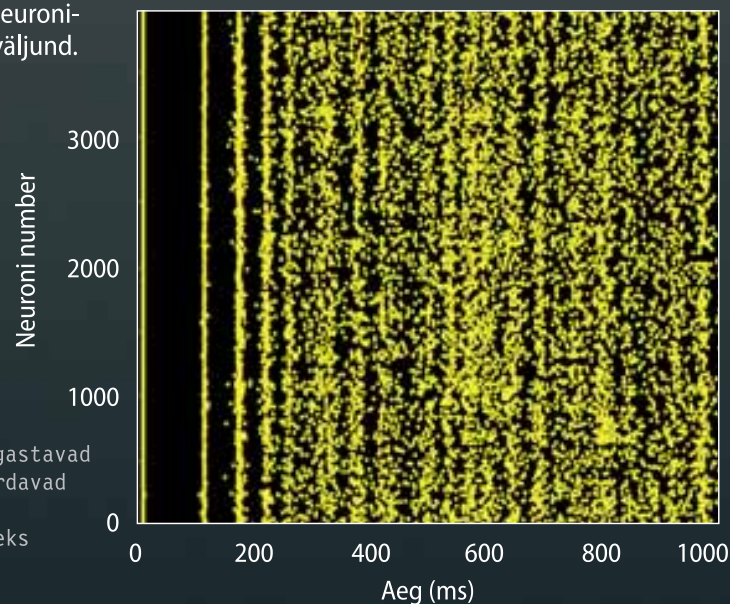
Brian-simulaatori kasutamise näide

Neuronivõrke mudeldatakse tarkvarapakettidega, mis on kättesaadavad vabavarana ja mida on üsna lihtne kasutada. Simulatsioonikeskkondade võrdlemiseks koostatud ülesanne annab ülevaate peamistest neuronivõrgustike simuleerimiseks vajalikest komponentidest ning keskkonna töökiirusest.

Vasakul on Briani keskkonnas kirja pandud käsud, millega moodustatakse neuroni-võrgustik ja käivitatakse simulatsioon, ning parempoolsel pildil on saadud väljund.

```
from brian import *
# Defineeri diferentsiaalvõrrand
eqs = '''
dv/dt = (ge+gi-(v+49*mV))/(20*ms) : volt
dge/dt = -ge/(5*ms) : volt
dgi/dt = -gi/(10*ms) : volt
'''

# Moodusta 4000 neuronist koosnev grupp
G = NeuronGroup(4000, eqs, threshold=-50*mV, reset=-60*mV)
G.v = -51*mV # Algväärtusta membraanipotentsiaal
Ge = G.subgroup(3200) # Jaga neuronite grupp ergastavateks
Gi = G.subgroup(800) # ja pidurdavateks neuroniteks
# Loo ühendus neuronite vahel 6% tõenäosusega
Ce = Connection(Ge, G, 'ge', weight=1.62*mV, sparseness=0.06) # ergastavad
Ci = Connection(Gi, G, 'gi', weight=-9*mV, sparseness=0.06) # pidurdavad
M = SpikeMonitor(G) # Jälgi neuronite tulisklemist
run(1*second) # Käivita mudel 1 sekundi neuronite töö simuleerimiseks
raster_plot(M) # Joonista väljund
show()
```



Parempoolsel pildil on iga neuroni tulisklemine tähistatud kollase täpiga ajateljel. Kuna võrgu käivitamisel on neuronite membraanipotentsiaal lävelähedane, siis neuronid simulatsiooni alguses kohe tulisklevad. Simulatsiooni hilisemas käigus ühenduste juhuslikkuse tõttu aktiivsus hajub ning neuronid tulisklevad ühtlasemalt. Pilt illustreerib neuronite võrgustiku simuleerimist üldiselt ning tulemus ei ole seotud otseselt mingi konkreetse neuronaalse protsessiga. Antud näites on suurendatud ühenduste tõenäosust, mistõttu on neuronite aktiivsus enam korreleeritud ning on tekkinud rütmilised aktiivsuspuhangud. Kui huvilisel õnnestub iseseisvalt antud ülesanne keskkonnas kirjeldada ning pärast simulatsiooni käivitamist saada tulemus, siis on alusteadmine võrgustike aktiivsustrite mudeldamiseks omandatud.

Lihhtne, aga samas ka mitte

Tegelikult asi muidugi päris nii lihtne ei ole. Esiteks tuleb mudeldamise juures valida, milliseid neurobioloogilisi detaile modelisse kaasata ja milliseid mitte. Kas tähtis on mudeldada eri neuronitüüpe, eri neurotransmittereid, eri ioonikanaleid jne?

Teadlasel on muidugi mingisugune intuitsioon selle kohta, millised muutujad on olulised aju töö või vastava mudeldatava ülesande (näiteks töömälu protsessid) jaoks, aga aju on nii keerukas süsteem, et selle puhul ei pruugi intuitsioon alati olla piisav ja õige. Seega võib juhtuda, et mudelist jäävad välja mingid olulised muutujad.

Näiteks on anatoomiliste uuringute põhjal suuraju koor jaotatud kuueks kihiks, milles on mitut tüüpi neuroneid, kuid mudelites seda kihilisust ja mitmekesisust tihti lihtsustatakse, asendades kuus kihti neuroneid ainult ühe kihi ergastavate ja pidurdavate neuronitega. Juba selline lihtne mudel suudab kirjeldada mitmeid eksperimentaalselt mõõdetud fenomene, kuid samas leidub teadlasi, kes peavad ajukoore kihilisust ja kihtide vahel toimuvat töötlust (mida ühekihiline mudel muidugi ei peegelda) õppimis-, mälu- ja tajuprotsessides väga oluliseks. Seega on võimalik, et tegime oma ühekihilise mudeli puhul mõistliku lihtsustuse, aga samuti on võimalik, et lihtsustasime liigselt ja selline mudel ei võimaldagi meid huvitavaid nähtusi uurida.

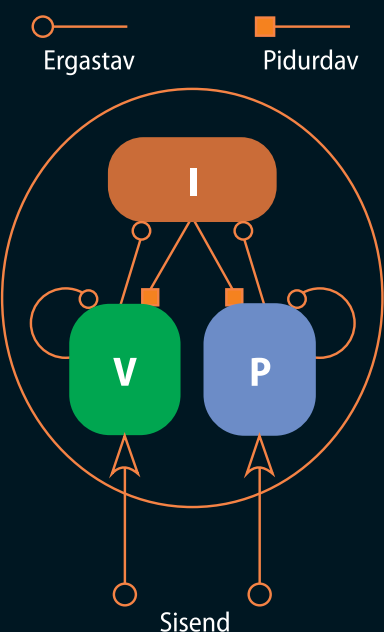
Samuti võiks välja tuua, et neuronid paiknevad ajus ruumiliselt ning nende konkreetne asukoht määrab ära ka ühenduste olemasolu lähemate neuronitega. Valdavas osas mudeleist aga ruumis paiknemist arvesse ei võeta, vaid defineeritakse abstraktsed neuronite grupid.

Teine probleem mudeldamisega on see, et mudelist on põhimõtteliselt alati võimalik kätte saada need tulemused, mida teadlane ihaldab. Sellisest lähemisest ei teki muidugi uut teadmist. Kuna võimalikke mutreid, mida mudeli juures kruttida (näiteks neuronite erutus- ja pidurdusprotsesse kirjeldavad

Neuronid paiknevad ajus ruumiliselt ning nende konkreetne asukoht määrab ära ka ühenduste olemasolu lähemate neuronitega.

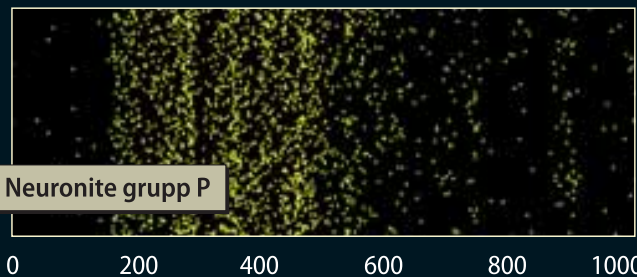
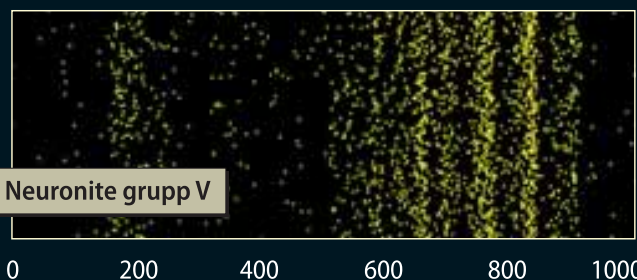
Otsuste tegemise protsessi lihtsustatud mudel

Otsustamise protsessi seletatakse tänapäeval fenomeniga, mida nimetatakse lateraalseks pidurduseks.



Mudel simuleerib neuronite tööd 1000 millisekundi jooksul ning sisend saabub võrku vahemikus 150 ms kuni 750 ms.

Mudelisse vasakul on lisatud kaks ergastavate neuronite gruppi (V – pöörata vasakule ja P – pöörata paremale) ning üks nendega ühendatud pidurdavate neuronite grupp (I). Allpool on näidatud kahe grupi ergastavate neuronite tulisklemine, kus iga kollane täpp tähistab hetke, mil üks neuronitest on aktiivne.



Jooniselt on võimalik jälgida, kuidas esialgselt muutuvad mõlemad grupid natuke aktiivsemaks, seejärel hakkab üks domineerima, kuid teatud aja järel kandub aktiivsus teise gruppi – neuronite võrgustik otsustab meelt muuta. Joonisel näeme ka kerget ostsillatsiooni, kus aktiivsem tulisklemine vaheldub vähemaktiivsemaga.

© PNS Infograafika / Kaarel Damian Tamre

muutujad), on palju, siis suudame alati leida mõne mudeli, mis käitub just nii, nagu me õigeks peame, ja sellisel mudelil pole seega iseenesest suurt teaduslikku väärtust.

Korrektsem lähenemine, mida ka tihti viljeletakse, on ehitada mudel ühe fenomeni (näiteks mingi keeruka visuaalse illusiooni neurobioloogiliste mehhanismide) uurimiseks, kuid kõik mudeli parameetrid paika seada mingi teise fenomeni (näiteks mudeli vastus lihtsale visuaalsele ärritajale) järgi. Nii-sugune lähenemine kindlustab, et uurijat huvitava fenomeni mudeldamise tulemused on rohkemal määral sõltumatud tema enda teoreetilistest vaadetest (mis võivad ju olla ekslikud).

Kolmandaks on mudeli loomisest põnevam selle otstarbekas kasutamine. Nagu öeldud, ei ole ühe sobiva mudeli leidmine eriti huvitav, sest selliseid sobivaid mudeleid on alati lõpmatult palju. Põnevam ja mõttekam on, kui mudeli põhjal õnnestub teha uudseid

Mudeli ja katse vastastikmõjus ilmneb mudelite tegelik tugevus.

ennustusi, mida siis katseliselt kontrollida.

Näiteks kui visuaalse illusiooni selgitamiseks loodud mudelist järeldub, et teatud ajalistes tingimustes peaks illusioon kaduma, siis saab seda kontrollida, lahkudes arvuti tagant ja minnes laborisse, kus saab panna katseisikud silmitsi selle visuaalse illusiooni ja mudeli ennustatud ajaliste parameetritega. Kui käitumuslikus katses selgub, et mudeli ennustus oli õige, toetab see mudeli adekvaatsust. Kui aga käitumusliku katse tulemused erinevad mudeli ennustusest, tuleb mudelit edasi kruttida, et selle abil ka uusi katsetulemusi selgitada. Sellises mudeli ja katse vastastikmõjus ilmneb mudelite tegelik tugevus.

Lihtsad mudelid: rütm ja sünkroonsus

Mudeleid on kasutatud teatud lihtsate ajuprotsesside mõistmiseks. Näiteks sai juba mainitud, et ajus on ergastavaid ja pidurdavaid neuroneid. Nende koostoi- mel tekib aga rütm ehk ostsillatsioon. Ostsilleerima paneb võrgustiku selline lihtne vastastikmõju ahel, kus ergas- tavad neuronid saavad sisendi ning hakkavad selle tulemusena ka ise tulisklema, seejuures ergastades nii teisi ergastavaid kui ka pidurdavaid neuroneid. Aga kui pidurdavad neu- ronid muutuvad aktiivseks, siis need omakorda pidurdavad nende samade ergastavate neuronite aktiivsust. Kui aga pidurdatud ergastavatelt neuro- nitelt enam sisendit ei tule, siis muutu- vad ka pidurdavad neuronid ise vähe- aktiivseks. Kui väline sisend jätkub, siis käivitubki uus tsükkel ning selline neu- ronite süsteem jääbki ostsilleerima.

Niisuguseid lihtsaid protsesse mudel- dades saame kinnitust, et ajus toimu- vad rütmilised protsessid – pidurdavaid ja ergastavaid neuroneid omavahel kokku pannes tekivad rütmid justkui iseenesest. Iseküsimus on, kas, kus ja millal neid rütme ajus aktiivselt kasu- tatakse või maha suruda üritatakse.

Pidurdavate ja ergastavate neuronite vastastikmõju sünkroniseerib grupi- sise aktiivsuse, nii et ühe neuronipopu- latsiooni siseselt toimuvad aktsiooni- potentsiaalid enam-vähem sarnases aja- vahemikus. Mitmed ajuteadlased on välja pakkunud idee, et mõistlikuks infotöötluseks on tarvis omavahel sünk- roniseerida eri ülesandeid täitvaid neu-

ronigruppe. Arvatakse, et sünkroonsus võimaldab neuronipopulatsioonidel omavahel suhelda ja et säärane kom- munikatsioon ongi meie vaimsete või- mete alus. Seega on huvitav küsida, kuidas sünkroniseerida mitme neu- ronite grupi tööd, mis asuvad üksteisest kaugel. Ühe mehhanismina on välja pakutud, et kahe neuronigrupi töö sünkroniseerimiseks on tarvis nendega vastastikku liita ka kolmas. Ja just mudeldamine on näidanud, et tõe- poolest – kui kolmas populatsioon on vastastikku ühendatud kahe omavahel ühendamata grupiga, siis sisendi ole- masolul sünkroniseerib see kahe muidu eraldiseisva grupi aktiivsuse.

Lihtsad mudelid: otsustamine

Keskkonnas mõistlikuks toimimiseks on tarvis, et käitumist kontrolliks üks või teine tegevusplaan, aga mitte mitu plaani korraga. Kuidas üks tegevus- plaan välja valitakse? Väga lihtsustatud selgitust pakub fenomen, mida tun- takse lateraalse pidurduse nime all (vt joonis).

Iseenesest on mudel lihtne: kui kaks ergastavat neuronite gruppi on seotud ühe pidurdava neuronite grupiga, siis see grupp, mis on aktiivsem, kontrollib pidurdavate neuronite aktiivsust ja pidurdab läbi nende teise ergastavate neuronite grupi aktiivsuse maha. Kui mõlema grupi ergastus on suhteliselt lähelähedane, siis võib vahepeal akti- veeruda ka teine grupp. See mudel võib anda lihtsustatud selgituse olukorrale, kus me ei suuda otsustada, mida teha.

Lisaks viidatutele on terve hulk liht-

samaid ja keerukamaid vaimseid prot- sesse, mida saab mudeldada – näiteks mäluprotsessid, tähelepanu, unesei- sund, motoorne kontroll.

Lõpetuseks

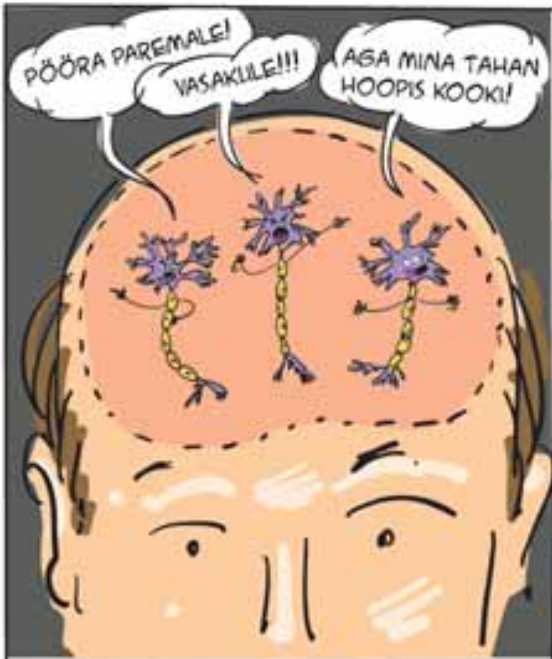
Me oleme veel kaugel sellest, et aru saada, miks oleme sellised, nagu oleme, ja kuidas ajurakkude särinast tekib sub- jektiivne tunne olla keegi. Mudelid ei paku nendele küsimustele vahetuid vastuseid, kuid aitavad meil oma mõt- lemist kohendada, hüpoteese tehiskesk- konnas kontrollida ja heal juhul ka uusi ideid genereerida. Seni, kuni tead- lasel pole vahetut ligipääsu tuhandete neuronite aktiivsusele, avab mudelda- mine ainulaadse akna neuronipopulat- sioonide dünaamika uurimiseks. ●

AUTORIST

TOOMAS KIRT (1971) on Tartu Ülikoolis järel doktor. 2007. aastal Tallinna Tehnikaülikoolis kaitstud doktoritöö teema oli „Mõistete moodustamine uurivas andmeanalüüsis: keele- ja pangandusandmete juhtumianalüüsid”. Täiendanud end Helsingi Tehnikaülikoolis. Praeguse teadustöö põhisuunad on seotud neurovõrkude iseorganiseerumise ja simuleerimisega. Kirjutanud tehisintellekti teemadel Horisondis ka varasematel aastatel.

JAAN ARU (1984) on lõpetanud Hugo Treffneri Gümnaasiumi ja õppinud psühholoogiat Berliini Humboldti ülikoolis. Juba esimesel õppesemestril hakkas teda huvitama teadvuse temaatika ning peagi algas ka koostöö Eesti eksperdi Talis Bachmanniga, kelle töö teadvuseuuringute vallas on kõrgelt hinnatud. Doktoritöös, mis valmib Saksamaal Max Plancki aju-uuringute instituudis, üritab ta lahti harutada teadvusega seotud ajuprotsesside sasi- pundart. Kirjutanud Horisondis ajust ja teadvusest ka varem.

horisont ☺



TOOMAS PÄÄSKE

● Kõik algas



FOTOD: VALLO KRUUSER / EESTI AJALEHED

ROHELISEST

INTERVJU

Keelel on eestlaste jaoks eriline tähtsus. Eestlane olla tähendab enamiku jaoks seda, et kõneldakse eesti keelt. Selles mõttes on olemas üks Eesti Keel, mille olemasolu ja säilimine tähendab ka meie endi püsimist. Selgelt tuli eesti keele eriline roll välja Nõukogude ajal. Kujundlikult väljendas seda Lennart Meri, kelle sõnul oli venestamis-aegadel meie viimane kants eesti kodu ja viimane relv eesti keel. Kas praegu on olukord muutunud, oleme ju avatud Euroopas?

Keele seisukohalt on olnud viimase saja aasta keskne küsimus oma ja võõra vahekord. Eesti keel pidi iseseisvuma sellega külgnevate suuremate keelte kõrval. Põhimõttelise tähtsuse keele arengus 20. sajandil omandas eesti keele saamine riigikeeleks. See tähendas ka muutumist kõrghariduse keeleks, siis kui 1919. aastal avati eesti-keelne ülikool. Küllaltki levinud on arvamus, et keele püsimiseks on ülimalt oluline võimalus anda ja saada omakeelset kõrgharidust. Samas arenevad teadused ja tekib juurde uusi mõisteid, mida on vaja tõlkida. Selleks, et teha keelepoliitika õigeid otsuseid, tuleb keelt ja selle arengut uurida.

Keeleteadus ehk lingvistika on humanitaarteadus, mis tegeleb inimkeele teadusliku uurimise ja analüüsiga. URMAS SUTROP on eesti keeleteadlane, kes on hariduselt bioloog, on kaitsnud oma doktoritöö Konstanzi ja töötab nüüd uuesti Tallinnas ja Tartus, uurides ning õpetades eesti keelt. Mida, miks ja kuidas, uuris TOOMAS TIIVEL.

Olete hariduselt bioloog ja isegi töötanud loodusteadlasena. Kuidas toimus üleminek keeleteadusele? On ju ka üks teoreetilise bioloogia korüfeesid maailmas Conrad Hal Waddington kunagi väitnud, et bioloogia tulevik on keeleteaduses. Milline on Teie puhul olnud bioloogiahariduse mõju?

Eks ma bioloogina olin ka humanitaarsete huvidega. Tundsin huvi bioloogia teoreetiliste küsimuste ja ajaloo vastu. Eriti bioloogilise mõtte ajaloo vastu Eestis. Bioloogina olid minu tööriistadeks nii valguskui ka elektronmikroskoop. Vaatlesin taimekudesid, milles olid bakterite kogumikud. Preparaate tuli sisestada vaikudesse ning seejärel lõigata imepisi-kesteks laastudeks, mida siis mikroskoobi alla panna.

Ka keeleteaduses meeldib mulle sõnu prepareerida, tükeldada ja mikroskoobiga vaadelda. Keeleteadlaseks sain mõneti juhuslikult. Minu abikaasa Margit Sutrop sai stipendiumi Konstanzi ülikooli kirjandusteaduse ja filosoofia õppimiseks. Mina olin kaasas kui lapsehoidja. Saksamaa viisas oli kirjas *für die Begleitung der Frau*.

Sattusin ülikoolis õpetama eesti keele kursust. Minu õpilaste hulgas oli tollane Konstanzi ülikooli filosoofiateaduskonna dekaan professor Frans Plank. Üks tänapäeva tuntumaid keeletüpolooge. Ta ajas minu kursuse natuke untsu, sest hakkas eesti keele kohta esitama küsimusi, mis teistele õppuritele üle pea käisid. Kõige tulisem diskussioon tekkis selle üle, kas sõna *roheline* saab eesti keeles olla põhivärvinimi. Sõna *rohe-li-ne* (juba prepareerin sõnu) on morfoloogiliselt liiga keeruline, *puna-ne* palju lihtsam. See vaieldus lõppes sellega, et asusin tema juures keeleteadust õppima.

Selleks pidin natuke maadlema bürokraatiaga. Kuna Tartu Riikliku Ülikooli bioloogiadiplomi tunnustamine Baden-Württembergi haridusministeeriumis oleks võtnud mitu aastat, siis pidin kiiresti esitama keeleteadusliku uurimuse ja tegema magistritasemele vastava lõpueksami keeleteaduses. Eksamil vastasin keeletüpoloogiast ning võrdlesin Adam Smithi ja Johann Gottfried Herderi keeleteaduslikke käsitusi. Seejärel võeti mind doktoriõppesse. Eks professor Plank tegi minuga eksperimenti, kas pärismaalasest keelejuhti on võimalik koolitada keeleteadlaseks. Ilmselt katse õnnestus.

Olete uurinud värvide nimetusi eri keeltes. Elusolendid näevad värve erinevalt – peamiselt tulenevalt silma ehituse erinevustest. Eri rahvastel on eri värvide kohta vägagi erinevad nimetused, kuigi silma ehitus on sama. Mõnedel tohutult valge kohta, samas sinist on ainult üks-kaks. Millest see? Kas on teada, kas mingit keelt kõnelevad rahvad, kui nad elavad suhteliselt kaugetes kohtades, kasutavad ka erinevaid värvinimetusi.

SELLES NUMBRIS: URMAS SUTROP



URMAS SUTROP

- Sündinud 7. juunil 1956. aastal Tallinnas.
- Lõpetanud 1984. aastal Tartu Riikliku Ülikooli bioloogia osakonna.
- Töötanud aastail 1984–1994 teadurina Eksperimentaalbioloogia Instituudis, Eesti Biokeskuses ja analüütikuna aktsiaseltsis Estar-Strip.
- Aastail 1994–1998 Konstanzi ülikooli doktorant ja teaduslik abitöötaja, kaitses 1998 samas filosoofiadoktori kraadi (*Dr. phil.*) *magna cum laude* üldise ja ajaloolise keeleteaduse, uralistika ning evolutsioonilise psühholoogia erialal. Töö teema oli „Tajusõnavara eesti keeles: tüpoloogia, ajalugu ja kognitsioon“, juhendaja professor Frans Plank.
- Aastail 1999–2000 Fritz-Thyssen Stiftungi teadur (järel-doktor) Konstanzi ülikoolis.
- Alates aastast 2000 Eesti Keele Instituudi direktor.
- Aastast 2006 Tartu Ülikooli filosoofiateaduskonnas antropoloogilise ja etnolingvistika professor.
- Uurib sõnavara (värvinimed, lumi ja jää, teonüümid), sõnavara struktuuri, eesti keele ajalugu, keelepuude teooriat ja ajalugu, eesti keele maailmapilti, meie kohanime kajastusi varastes kroonikates ja kaartidel jm.
- Lähtub teoreetilisest keeleteadusest, tüpoloogiast, semiootikast, arendanud loetelukatse meetodit ning töötanud välja loetelukatse kognitiivse esiletuleku indeksi.
- Eesti teadusinfosüsteemi andmetel on avaldanud 115 teaduspublikatsiooni.
- Tema juhendamisel on kaitsnud viis doktoritööd ja arvukalt magistritööd.
- On Eesti Koostöö Kogu nõukogu, Eesti Keelenõukogu ning arvukate muude komisjonide ja nõukogude liige, Eesti Keele Instituudi teadusnõukogu ja Eesti Keele Sihtasutuse nõukogu esimees, ajakirja Trames ning Eesti ja soome-ugri keeleteaduse ajakirja ESUKA – JEFUL peatoimetaja.
- Tal on kuus last ja seitse lapselast.

Rohelisest kõik algas, ka minu magistrieksamiks esitatud empiiriline kaheksakümne keelejuhi küsitlustel põhinev uurimus oli värvinimedest. Doktoritöö eesti keele tajusõnavarast oli laiem. See koosnes neljast osast: värvid, lõhnad, maitset ja temperatuurid. Värvid on neist vahest kõige tähtsamad. Selles valdkonnas on mul hulk õpilasi ja Mari Uuskülal on juba oma õpilased.

Oleme uurinud eesti, soome, ungari, tšehhi, itaalia, udmurdi, komi, türgi, hiina jt keelte ja murrete ning eesti viipekeele põhivärvinimesid. Põhivärvinimed on lihtsad, enamasti omamaised lingvistiliselt ja/või psühholoogiliselt esilduvad värvinimed, mis peavad vastama teatud tunnustele. Igas keeles on vähemalt kaks põhivärvinime *külm-tume-must* ja *soe-hele-valge*. Kui neid on rohkem, siis jääb must tähistama musta ja valge valget. Universaalsete mustrite alusel lisanduvad punane, kollane, roheline, sinine, pruun, roosa, lilla, oranž ja hall. Kokku üksteist. Mõnes keeles on lisandunud ka kaheteistkümnes põhivärvinimi.

Nende väljaselgitamine põhineb empiirilistel testidel – loetelu- ja värvitahvlitele nimeandmise katse. Tulemused selguvad valemite ja arvutamise abil. Ise olen loetelukatse meetodit täiendanud sõna kognitiivse esiletuleku indeksiga. See on osutunud väga populaarseks ja leidnud kasutamist väga eripalgeliste semantiliste väljade uurimisel nii Aasias, Euroopas kui ka Ameerikas. Keelejuhte tuleb küsitleda nende emakeeles. Minu grupi liikmed on alati keelejuhte küsitlenud tõlgi abita.

Põhivärvinimede uurimine on teaduslikult ja intellektuaalselt väga põnev. Põhiküsimuseks on siin 20. sajandi humanitaar- ja sotsiaalteaduste keskseid küsimusi: kas inimõtlemine on universaalne või relativistlik. Ise olen lähtunud väga nõrga relativismi sugemetega universalismist. Põhivärvinimede uurimise nõrk koht on see, et need kirjeldavad väga väikest osa värvinimedest, eesti keele puhul moodustavad põhiniimed umbes 0,5 protsenti. Eri keeltes moodustavad mittepõhiniimed 95–99,5 protsenti värvinimede koguhulgast. Seetõttu olen viimasel ajal hakanud huvituma värvinimede semiootikast. Plaanis on uurimus värvinimede semiootikast vendade Grimmide muinasjuttudes, eelkõige „Lumivalgukeses“, nii saksakeelses originaalis ja selle teisedes kui ka tõlgetes.

Kõigis keeltes on lisaks põhivärvidele võimalik kasutada nii lihtsaid kui keerukaid mittepõhinimesid kui ka kirjeldavaid või võrdlevaid fraase, nt hiir (hobune), kollakas-roheline, rebasekarva, vanaema põlle triibu värvi. Põhivärvinimesid saab võrrelda sama värvinimede leksika staadiumi keeltes. Ei ole mõtet võrrelda keelt, kus kõik värvinimed jagunevad musta ja valge vahel, täielikult välja arenenud põhivärvinimesüsteemiga keelega, kus on üksteist põhiniime. Lisaks esinevad keelte arengu varastel staadiumitel lihtsad värvikategooriad, mida tähistatakse ühe põhivärvinimega, näiteks samojeedi keeltes oli põhiniimena kasutusel tüvi **piša* 'sapp', mis tähistas korraga nii kollast, rohelist kui ka sinist spektriala. Läänemeresoomes oli aga liitkategoria **wiša*, mis tähistas korraga kollast ja rohelist.

Antropoloogiline ja etnolingvistika – mis need on? Millised on Teie huvid seal?

Antropoloogiline lingvistika on teadus inimesest ja tema keelest. Alates Franz Boase töödest on käibel antropoloogia jagamine neljaks valdkonnaks: kultuuriantropoloogia, arheoloogia, füüsiline (tänapäeval juba molekulaarne) antropoloogia ja keeleantropoloogia. Ideaaljuhul peaks mingi probleemi komplekseks uurimiseks kõigi nelja valdkonna spetsialistid koos töötama. Lingvistilist antropoloogiat saab teha kahel viisil. Esiteks kas pikaajalise osaluseksperimentidega, mil uurija elab aastaid koos uuritava vatega, või teiseks konkreetsete katsetega. Minu grupi tööd kuuluvad teise rühma.

Ka etnolingvistikat võib mõista kahte moodi. Üks arusaam etnolingvistikast on käsitleda ja mõõta etnoste ja rahvaste elujõudu, vitaalsust. Mina esindan teist suunda, mille puhul on eesmärk selgitada välja keele ja maailmapildi seosed. Selline arusaam keele ja maailmapildi vahekorraldusest, et keel kannab endaga kaasas oma minevikku, ilma et me seda teadvustaksime. Toon mõne lihtsa näite: kui paneme tule põlema või kustutame tule ära, siis vajutame hoopis lambilülitit, või paneme kannu tulele, aga meil on elektripliit. Vahel teeme koguni elektri- või gaasipliidi alla tule.

Milllega praegu konkreetsemalt tegeled?

Igapäevaselt tuleb juhtida Eesti Keele Instituuti Tallinnas, pidada loenguid Tartu Ülikoolis, juhendada bakalaureuse üliõpilasi, magistrante ja arvukaid doktorante. Doktoritööd, mida olen juhendanud või juhendan, on näiteks eesti viipekeele, ungari, soome, mari, tšehhi ja hiina keele värvinimedest, lingvistilisest kategoriseerimisest, võõrsõnadest, andatiivkonstruktsioonidest, emotsioonidest ja mari keele linnunimedest. Samuti tuleb osaleda lõpututes nõukogudes, nõukodades ja komisjonides.

Minu teadustöö on jagatud mitme teema vahel. Värvinimedest uurimisel olen hetkel huvitatud värvinimedest semiootikast ja värvinimedest muinasjutudes. Koos doktorandi Gao JingYi'ga olen süvenenud hiina keele värvimaailma, eriti hiina keele põhivärvinimedest ajaloolisesse arengusse. Käsil on kaks monograafiat. Üks neist on keelepuuteooriast ja selle ajaloost. Teine teonüümidest, st jumalanimedest, eriti Taarapita nime tähendusest. Mõlemad raamatud tulevad rikkalike illustratsioonidega.

Peatoimetajana olen tegev kahe ajakirja väljaandmises. Teaduste Akadeemia ja Tartu Ülikooli humanitaar- ja sotsiaalteaduste ajakiri *Trames* on erakordselt põnev väljaanne. Kaastöid saadetakse mulle üle maailma – Aasiast, Aafrikast, Euroopast ja Ameerikastki. Viimases numbris (1/2013) on neli artiklit. Laine Randjärv avab kollaboratsionismi mõistet ja käsitleb seda Eesti muusikute saatuse näitel, serblased kirjutavad mustlastega asustatud Belgradi slummidest, Saudi-Araabia autor käsitleb orientaalset teist (võõrast) Türgi sultani Suleiman Suure näitel. Mehhikost on aga artikkel, mille teemaks on paaride omavahelised tülid. Tuleb välja, et pole vahet, kas tülitsevad geid, lesbid või traditsioonilised mehest-naisest koosnevad paarid. Tramese eripalge-

Keel kannab endaga kaasas oma minevikku, ilma et me seda teadvustaksime. Toon mõne lihtsa näite: kui paneme tule põlema või kustutame tule ära, siis vajutame hoopis lambilülitit. Vahel teeme koguni elektri- või gaasipliidi alla tule.

liste autoritega suhtlemine on mulle kui antropoloogile erialaselt erakordselt põnev.

Teine ajakiri, mille väljaandmise eest hea seisan, on Eesti ja soome-ugri keeleteaduse ajakiri ESUKA – JEFUL. Lisaks olen koostanud ja toimetanud arvukaid raamatuid ja olen sarja „Töid antropoloogilise ja etnolingvistika vallast” peatoimetaja. Käsil on Eduard Vääri läänemeresoome sugulussõnavara ja Aino Jõgi inglise laenud eesti keeles väljaandmine.

Kõige põnevamad teemad, mis pooleli, on siiski enda uurimused. Kirjutan artiklit, mis käsitleb esimese aastatuhande lõpu ja teise alguse maailmapilti ja võimalikke eesti kohanime kajastusi vanades kroonikates, Aleksandriomaani variantides ja vanadel kaartidel. Äsja alustasin Boase traditsioonis uurimusega lume ja jää sõnavarast eesti keeles. Paradoksaalsel kombel on eesti keel lumesõnavara osas olnud palju rikkam kui antropoloogide ja lingvistide seas palju diskuteeritud inui (eskimo) keeled.

Eesti keeleteadus – mis on muutunud kahekümne aastaga?

Minu jaoks on põhiline muutus avatus maailmale ja uutele teooriatele, empiiriliste meetodite ja korpusuuringute võidukäik, väga tugevad üliõpilased kõigil tasemetel. Ega ma muidugi kahtekümnet aastat hinnata oska. Minu kogemus eesti keeleteaduses ulatub aastasse 2000, mil asusin juhtima Eesti Keele Instituuti. Enne seda õppisin doktorantuuris ja töötasin järel doktorantuuris kaheksa aastat Saksamaal ja veel enne olin bioloog. Üks suur muutus on siiski keelevaldkonna planeerimine nii arengukavade tasemel kui ka haridus- ja teadusministeeriumis. Aastal 2000 elati peost suhu. Tänu planeerimisele on nüüd olemas stabiilsus.

Viipekeel – millest see huvi? Millised on selles valdkonnas huvitavamad probleemid?

Viipekeele vastu tekkis mul huvi, kui nägin kunagi Tartu bussijaamas viiplejaid. Hakkasin otsima eesti viipekeele kohta materjali ja leidsin, et see puudus Ethnologue keelte andmebaasis. Registreerisin eesti viipekeele iseseisva keelena. Hiljem olen seisnud kurtide õiguste eest. Tegutsesin selle nimel, et ka meie keeleseadus tunnustaks eesti viipekeelt. Olen juhendanud filmimehena tuntud Vahur Laiapea viipekeele alast magistratööd ja Liivi Hollmani doktoriööd värvinimedest eesti viipekeeles.



KOLLEEGI KOMMENTAAR

Tartu Ülikooli filosoofia ja semiootika instituudi professor KALEVI KULL:

Jah, 80ndate alul üürisin perega katusealust Tartus Veeriku aedlinnas, ja kui pererahvas ka alumist korrust välja üürida otsustas, sai see Urmasele soovitatud.

Oma teadustöös tegeles Urmas taimelehtedes elavate sümbiontsete bakteritega. Aga ta huvidering oli lai – kui see on lai tudengina, ju siis jääbki. Nii sattusid temaga koos meie kööki juttu puhuma näiteks Rein Kruus ja Toomas Haug.

Veel noist koos tehtud asjadest oli õige oluline augustisessioon Raikkülas 1982. aastal, loodusest Eesti kultuuris – vist üks esimesi rohelise elamisviisi arupidamisi Eestis. Siis veel uurisime Evald Oldekopi elu ja kirjutasime esimese ülevaate teoreetilise bioloogia ajaloost Eestis. Urmas oli Eesti analüütilise filosoofia seltsi üks asutajaid, käis ses seoses Prantsusmaal Russelli paradoksist rääkimas. Siis uuris Norras Wittgensteini käsikirju. Sealt keelemeheks on kiviga visata. ●

Viimastel aastatel olen olnud tegev ka pimedate keeleküsimustega. Aitasin kaasa sellele, et valmiks Eesti punkt kirja käsiraamat. Plaanis on jätkata koostööd Tartu Emajõe kooliga eelkõige arvutitele mõeldud kaheksa punktiga punkt kirja arendamiseks. See huvi on nii lingvistiline kui ka sotsiaalne, tingitud

Üldkeeleteaduse esindajana pean tõdema, et emakeelne kõneleja ei eksi keele vastu mitte kunagi, ta eksib inimese kehtestatud normi vastu. Samas on tänased keelevead tulevase normi idud.



minu sisemisest vajadusest aidata keelelisi vähemusi. Kui olin doktoriõppes, siis õpetati mulle, et värvipimedad ei näe värve mitte valesti, vaid teisiti.

Milline on Teie meelest eestikeelse terminoloogia hetke seis? Mis meil on ja mida meil ei ole? Kui palju oleks vaja kohanimesid tõlkida?

Terminoloogiaga on nii, et seda on keelele väga vaja. Terminoloogia arendamiseks on loodud riiklik programm, Eesti Keele Instituudis on terminoloogia osakond, tegutseb arvukaid terminoloogia komisjone ja töörühmi.

Samas ei saa teadlastele ühtset terminoloogiat ette kirjutada, sest ei ole olemas ühtset füüsika või bioloogia terminoloogiat. Terminoloogia on kinni nii koolkondades kui ka autorites. Näiteks professor Ain Heinaru ütles äsja oma geneetikaõpiku esitlusel, et ta kirjutas raamatu üksinda, kuna kolmekesi poleks autorid suutnud terminoloogias ühele meelele jõuda.

Küsimus kohanimedest on kahetine. Eesti kohanimed peavad olema üheselt mõistetavad. Lisaks kirjakeelsetele kohanimedele on paljudel kohtadel ka murdekeelsed nimed, eriti Lõuna-Eestis. Teine lugu on maailma kohanimedega. Kõiki neid peab saama eesti keeles kirjutada. Küsimus ei ole selles, kas Argentiina või Argentina, Helsingi või Helsinki, vaid me peame saama kirjutada ka neid kohanimesid, mida originaalis ei kirjutata ladina tähtedega. Venemaa, Hiina, Jaapan, Bulgaaria, Iisrael, Iraan, Araabia maad jne. Neid maid on ikka väga palju. Nimede kirjutamise koorma on oma õlgadele võtnud Eesti Keele Instituudi peakeelekorraldaja Peeter Päll.

Noorte eesti keele oskus. Kas see on probleem? Kui tõsine?

Minu jaoks see probleem pole. Eesti noored on tublid ja oskavad eesti keelt piisavalt. Üldkeeleteaduse esindajana pean tõdema, et emakeelne kõneleja ei eksi keele vastu mitte kunagi, ta eksib inimese kehtetatud normi vastu. Samas on tänased keelevead tulevase normi idud.

Kirjutasin hiljuti Postimehe võrguväljaandes (16.02.2013) just sellest, et meie noorte keel on samapalju hukas kui hellenismiaja noorte kreeklaste keel. Hellenismi periood avas maailma Kreekale ja Kreeka maailmale. See muutis kiiresti kreeklaste igapäevast ja ühist ametikeelt. Paljudele Homerose ja teiste vanade poetide keele najal üles kasvanud

õpetlastele oli selline keele muutumine väljakanatamatu. Nii kurdetigi juba muistses Kreekas, et noorte keel on hukas.

Keelepuud on Teie huviala olnud pikka aega. Bioloogias on puumudelid ammu ja laialt levinud, kuidas on keeleteadusega ja palju neist kasu on?

Puumudelid on laialt levinud nii bioloogias kui ka keeleteaduses, kusjuures keeleteaduses on need vanemadki. Keelepuuteooria aitas 19. sajandil välja selgitada keelte omavahelise suguluse, lähtudes keelte põlvnemisest.

Tänapäeval on paljud keelepuud ja arusaamad keelte sugulusest kõikuma löönud. Traditsioonilisi keelepuid kasutatakse didaktilistel eesmärkidel. Keelepuude kõige suurem puudus seisneb selles, et need ei arvesta keelte kontakte, rahvaste rändeid ja segunemisi.

Mulle teeb vahel nalja jälgida, kuidas selgitatakse keelte sugulust Morris Swadeshi 100 või 200 sõna abil. Sellist pisikest andmebaasi on imelihtne koostada ning veelgi lihtsam arvuti abil puumudeliks genereerida. Kas neist puukestest ka kasu, see on iseküsimus.

Huvitav on tõsiasi, et nii keele- kui ka elupuu teoorias on väga tugev Eesti jälg. Tartu õpetlane Georg Stiernhielm oli esimene, kes juba 1671. aastal joonistas ja avaldas keelepuu, Karl Eduard Eichwald avaldas loomade elupuu aastal 1829 ning Karl Ernst von Baer mõjutas nii otseselt kui ka kaudselt Charles Darwini elupuude mudeleid ja diagramme.

Mida arvate diskussioonist Eesti ajaloo II köite üle. Kas need olid eestlased 13. sajandil? Mida arvata kroonikates mainitud eesti rahvast? Mis keelt need inimesed rääkisid?

Igasugune teaduslik diskussioon on teretulnud. Praegu on aga liigagi tihti arvamusi stiilis meeldib-ei meeldi. Pealegi ei muuda üks ajalooraamatu köide kuidagi meie ajalugu, ainult seda, kuidas me sellest räägime. Varsti kirjutatakse jälle mõni uus ajalooraamat ja räägitakse jälle teistmoodi. See on normaalne.

Olen kunagi kirjutanud, et 13. sajandi eesti keel erines tänapäevasest väga oluliselt. Sama lugu on nii sakslaste, venelaste, prantslaste kui ka inglasega. Keel on selle aja jooksul tohutult muutunud. Kogu Euroopas oli suurte keelemuutuste periood. Vanainglise keelest sai inglise keel, vana-prantsuse keelest prantsuse keel jne.

Kui meist keegi satuks ajamasinaga tagasi 13. sajandisse, siis esialgu tunduks iga tollane eesti hõimukeel hiina keelena. Kui aga mõnda aega tollaste eestlastega koos elada, maha istuda ja koos mõdu rüübata, siis ehk tuleb vastastikune mõistmine ja arusaamine ka. Kindlasti aitaks suhtlemisel ladina keele oskus. ●

Traditsioonilisi keelepuid kasutatakse didaktilistel eesmärkidel. Keelepuude kõige suurem puudus seisneb selles, et need ei arvesta keelte kontakte, rahvaste rändeid ja segunemisi.

KUNO JANSON, ANTS KALLASTE, VIKTOR BOLGOV

Energeetika–

Elame ajal, mil ühiskonna teadvuseni on jõudnud arusaam, et fossiilkütused, nagu nafta ja gaas, saavad lähitulevikus otsa. Juba minnakse üle taastuenergiALE.

Entusiastide arvates ei ole üleminek piisavalt kiire. Kahjuks on arusaam sellest, milline võiks reaalselt välja näha sajaprotsendiliselt taastuenergiAal põhinev energiatootmine, jätkuvalt üsna ähmane. Tavaliselt ei suudeta hinnata tuule- ja päikeseenergia ebaühtlusest tulenevaid probleeme.

SCANPIX

otsapidi üksnes taastuenergia küljes

Visandame ligikaudse pildi sellest, milline võiks olla täielikult taastuenergiast põhinev Eesti elektrivarustus.

Lokaalne energiavarustus või tsentraalne võrk?

Eesti elektrisüsteem on praegu üles ehitatud selliselt, et suured elektrijaamad Narvas on elektritootjad ja elektrivõrk veab energia laiali tarbijatele üle Eesti. Üks pool elektrit müügist saadud rahast läheb elektrijaamale ja teine, veidi suurem pool, elektrivõrgule. See on valdavalt ühesuunalise energiavooga tsentraalne elektrivarustus.

Kui soovime üle minna taastuenergiast, siis millised on suurima potentsiaaliga taastuenergia allikad Eestis? Need on tuul, päike ja küttepuid. Üldjuhul on need igal pool kohapeal kättesaadavad. Kas taastuenergia puhul on enam mõtet kasutada tsentraalset elektrivarustust? Kui igal majal, vabrikul ja talul on oma kohalik elektrivarustussüsteem, siis pole elektrivõrku ju vajagi.

Võrgu kaotamisel on siiski ka negatiivsed küljed. Võrgu puudumisel ei saa kasutada suuri tuulikuid, mis mere äärde rajatuna annavad vähemalt kaks korda odavamalt elektrit kui väiketuulikud sisemaal. Suure arvu võrku ühendatud tarbijate ajaline koormusgraafik on palju ühtlasem kui üksiktarbijal. Ühtlane või aeglaselt muutuv koormus on elektritootmisel ja ülekandmisel soodsam kui üksiktarbija ebaühtlane ja hüppeline koormus. Ilma võrguta ei saa tarbijate koormusi liita. Mitme generaatoriga võrgul on ka varustuskindlus suurem kui ilma võrguta ühest allikast toitel.

Seetõttu ei ole võrgu täielik kaotamine mõistlik. Küll aga võimaldab energia hajutatud tootmine vähendada võrgu kaudu antava energia kogust ja

ülekandekaugust. Seda võimalust on mõistlik kulutuste vähendamiseks kasutada.

Ülemaailmne trend on kujundada olemasolev elektrivõrk ümber nn tarkvõrguks (ingl *smart grid*), mis võimaldab hajutatud tootmisel ka kahesuunalist elektrenergia liikumist ja on ülekandeliini avarii korral võimeline väiksemates piirkondades töötama ka kohaliku võrguna (elektrivõrgu talitus energiasaarena). Praegune tsentraalne võrk seda hästi ei võimalda. Töö kohaliku võrguna on eriti oluline sõjaolukorras, kui kõrgepinge õhuliinide juhtmed võidakse lühistada lennukitelt alla visatavate metall-lintidega. Elektritoite katkemise korral kaob õige ruttu internet, lõpeb veevarustus ja muidugi mõista ei tööta tanklad.

Praegu tarkvõrku veel ei ole, aga Eesti elektrivarustuse üleviimine taastuenergiast on juba igapäevane arutelu-teema. Sellepärast vaatleme praeguse tsentraalse elektrivarustuse üleviimist taastuenergiast.

Tsentraalse võrgu üleviimisest taastuenergiast

Tallinna Tehnikaülikoolis on Eesti energiatehnoloogia programmi raames uuritud taastuenergiast põhinevat elektrivarustust kohtade jaoks, kus seni elektrivõrk puudub. Neis paikades kas juba elatakse või soovitakse sinna elama asuda. Valida on, kas lasta ehitada uus elektriliin ja selle eest maksta või paigaldada kohalik tuulel või päikesel põhinev elektrivarustus. Uuriti, millisel juhul tuleb kilovatt-tunni hind odavam.

Selgus, et vastus sõltub oluliselt kahest asjaolust. Esiteks sellest, kui kaugel on uus tarbimiskoht olemasolevast 10-kilovoldisest liinist, ja teiseks sellest, kui suur tuleb tarbimine uue rajatava liini kaudu. Võrgust tarbitav elekter

tuleb kohalikust elektrist odavam üksnes siis, kui uus liin ei ole eriti pikk ja tarbimine selle uue liini kaudu on suhteliselt suur (alla 3 km liinist tuleb tarbida vähemalt 6000 kWh aastas).

Ülejäänud juhtudel on kohalik elektrivarustus odavam. Kõrge elektrihind uuest liinist tarbimisel tuleneb peamiselt sellest, et uus liin peab olema maasse kaevatud 10 kV kaabelliin, mille lõpus on alajaam, ning liini ja alajaama ehituskulud (suurusjärgus 50 000 kuni 100 000 eurot) peab tasuma liituja.

Uurimusest selgub samuti, et:

- elektriliinid ja alajaamad on väga kulukad rajatised, mis tasuvad end ära ainult pika aja pärast (kakskümmend kuni kolmkümmend aastat) ja sedagi ainult juhul, kui tarbimine on piisavalt suur. Üks kilomeeter uut liini suvila jaoks ei tasu ennast ära ka saja aastaga;
- juhul kui päikesepaneelid on soetatud intressivaba laenuga ja nende elekter läheb ilma muundurita otse vee soojendamiseks, tuleb päikesepaneelidest saadava elektrenergia omahind Eesti oludes praegu umbes 0,09 €/kWh. Selline elekter on aga kõikuva pingega ja enamikule kodutarbijaist ei sobi. Kui paigaldada süsteem, kus on muundurid, pliikud ja sisepõlemismootoriga generaator (kasutusel ainult siis, kui on pikk pime aeg), on saadav elekter võrgu elektrist seitse kuni kümme korda kallim. Siit järeldus, et kui roheline elekter viia kasutuskõlblikku konditsiooni, kallineb see väikeste suletud süsteemide puhul umbes kümme korda.

Salvestatud taastuenergia kaks kasutuskuju

Looduslik taastuenergia on kasutatav kahel kujul.

Kui põletame elektrijaama katlas hakkpuitu, siis tegelikult kasutame looduslikult salvestatud taastuenergiat.

Kui meil on hakkpuidu varu, võime oma soojusjaama käivitada igal ajal. See teeb salvestatud energia kasutamise suhteliselt mugavaks.

Tuulegeneraator ja päikesepaneel annavad meile otseenergiat, aga otseenergiat ei ole võimalik saada igal soovitud ajahetkel. Tuulevaikuses tuulegeneraatorist energiat ei saa. Öösel päikesepaneelidest energiat ei tule. Ent öösel on vaja elektrivalgustust kasutada. Otseenergia kasutamise teeb keerukaks asjaolu, et otseenergial on augud sees. Neid auke on kolme liiki – valgusaugud, tuuleaugud ja täisauud (vt joonis lk 32).

Energiaaukude täitmine

Energiaaukude täitmiseks (vt joonis lk 33) võime kasutada soojuselektrijaama, kus põletatakse puitu ja teisi biokütuseid, mis kujutavad endast looduslikult salvestatud taastuvener-

giat. Me võime kasutada ka hüdroakumulatsioonijaama, mis energia ülejäägi ajal pumpab vett alumisest basseinist ülemisse basseini. Energiaaugu ajal aga paneb ülemisest basseinist alla voolav vesi tööle turbiini ja generaatori ning saame kasutada eelnevalt salvestatud energiat. Hüdroakumulatsioonijaam on üks energia tehissalvestitest. Ka akupatarei on energia tehissalvesti.

Energiaaukude olemasolu teeb elektrivarustussüsteemi kokkupaneku keerukaks. Vaja on arvestada nii elektritarbimise ebaühtlusega kui ka tuule ja päikese ebaühtlusega.

Elektrivarustussüsteem ja sellega seotud valikud

Elektrivarustussüsteemi kokkupanekul tuleb teha hulk valikuid. Esiteks tuleb valida, millest me kompenseerime energiaauke – kas soojuselektrijaamast, energiasalvestist või mõlemast.

Soojuselektrijaama puuduseks on asjaolu, et seda ei ole võimalik kiiresti käivitada, samas võib täisauk tekkida vahel ootamatult kiiresti.

Kiirelt käivitatav on energiasalvesti. Energiasalvestit iseloomustatakse nn autonoomse ajaga, mille jooksul toimub ainult tarbimine, energiat ei toodeta ega salvestata. Mida pikem on salvesti autonoomne aeg, seda kallim see on.

Autonoomse aja määramiseks peame teadma, kui kaua võib energiatootmine olla peatunud ehk kui pikk võib energiaauk olla. On teada, et lokaalse tuule- ja päikeseenergiaga elektrivarustuse korral (näiteks merepoid) võetakse akusalvesti autonoomseks ajaks kümme ööpäeva. Kogu Eesti energiasüsteemi jaoks oleks kümneööpäevane salvesti väga kallis.

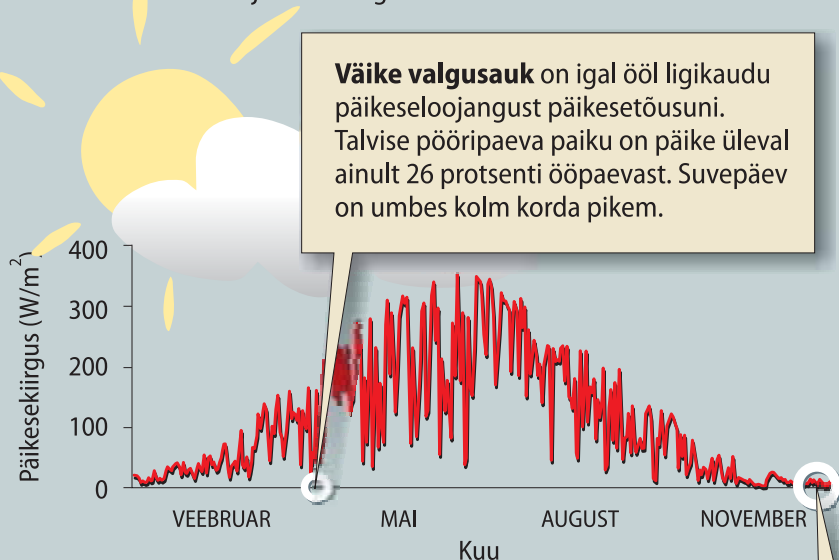
Otsustades ainult soojuselektrijaama kasuks, peaks sellele jaamale olema

Otseenergia augud ja nende täitmine

Tuule- ja päikeseenergia ehk otseenergia kasutamisel peame arvestama kolme liiki energiaaukudega: tuule-, valgus- ja täisaukudega. Energiaauk tekib siis, kui tuult on vähe või valgust napib.

1 VALGUSAUGUD

Valgusauk on siis, kui päikesepaneelidest saadav võimsus on väga väike (augu piiriks võtame viis protsenti nimivõimsusest). Eesti oludes esineb väikesid ja suuri valgusauke.



Tõravere ööpäeva keskmised päikesekiirgused 2010. aastal

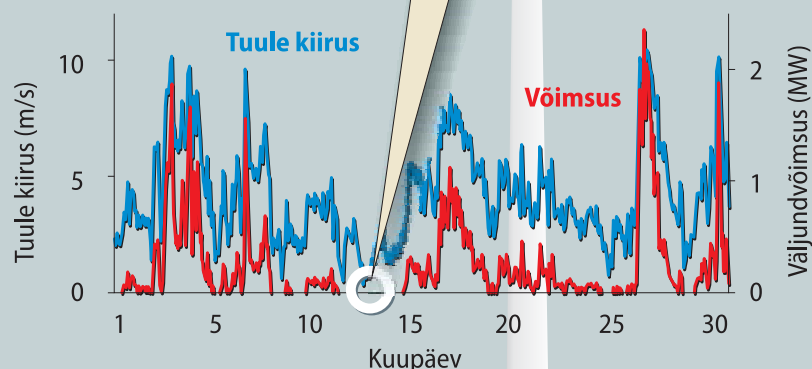
Pilves ilm ja lühike päev tekitavad talvise pööripäeva paiku **suure valgusaugu**, mille kestus on ligi kaks kuud. Sel ajal on päikesepaneelid peaaegu kasutud (väga väike päevane toodang siiski on).

Oluliselt vähendab päikesekiirgust pilvisus. Kui suvel on pilves ja sajab, siis väheneb päikesekiirgus umbes kümme korda. Pilves sügistalvisel päeval võib kiirgus väheneda isegi viiskümmend korda.

2 TUULEAUGUD

Tuuleauk on siis, kui tuulegeneraator ei tööta või sealt saadav võimsus on väga väike. Üldiselt on see siis, kui tuule kiirus on alla 3 m/s.

Tuuleaugud ei ole ette ennustatavad. Küll on aga ennustatav tuuleaukude tõenäoline esinemissagedus ja kestus. Tuuleaukude summaarne ajaline kestmine sõltub tuulegeneraatori asukohast. Rannikul ja merel on tuult rohkem ja tuuleauke vähem.



Tuule kiirus ja eeldatava 3MW tuuliku väljundvõimsus 2010. aasta jaanuaris Vilsandil

3 TÄISAUGUD

Täisauk on siis, kui kasutame tuult ja päikest koos ning valgusauk ja tuuleauk kokku langevad. Siis ei tööta ei päikesepaneelid ega tuulegeneraatorid.

ka piisavalt puitu ja muud biokütust. Energiaaukude täitmiseks kulub 30–40 protsenti süsteemi koguenergiast. Eestis on biokütust hinnanguliselt koguses, millest saab toota 15–20 protsenti vajalikust elektrienergiast. Seega ainult soojusjaama variandile ei jätku puitu ja biokütust.

Salvesti ja soojusjaama kombinatsioon võimaldab lühendada salvesti autonoomset aega ja muuta salvesti odavamaks. Kui vähemalt pool energiaaukude täitmiseks vajalikust energiast tuleb salvestist, siis jätkub ka soojusjaamale kütust.

Teine võimalus salvesti vähendamiseks on kasutada suuremat hulka tuulikuid ja päikesepaneele, et ka halval ajal saada võimalikult palju otseenergiat. Tuulikute ja paneelide arvu suurendamine tõstab aga süsteemi hinda.

Optimaalne lahendus on ilmselt kuskil keskel. Autonoomses taastuv-

energial põhinevas elektrivarustuses on valik umbes nii, et 40 protsenti tuuliku ja päikesepaneelide potentsiaalsest energiatoodangust jääb kasutamata ja salvesti autonoomne aeg on kolm ööpäeva. Energia jääb kasutamata ajal, mil aku on täis, tarbimist on vähe ja tuulikute ja/või paneelidest tulevat energiat pole kuhugi panna. Suveajal on see sageli nii.

Mille vahel on valida Eestil?

Kui vaatleme taastuvenergial põhineva elektrivarustussüsteemi kokkupanekut Eesti jaoks, tuleb arvesse neli komponenti. Need on tuul, päike, soojusjaam viiendiku energiatarbe ulatuses ja energiasalvesti. Ükski neist eraldi võetuna ei võimalda luua süsteemi. Kahe komponendi paaridest sobib ainult üks – tuul ja salvesti. Nelja komponendiga süsteem on teostatav. Kui neljast komponendist ühe ära jätame, saame neli

Taastuvenergial põhineva elektrivarustussüsteemi kokkupaneku teeb keerukaks asjaolu, et otseenergial on augud sees.

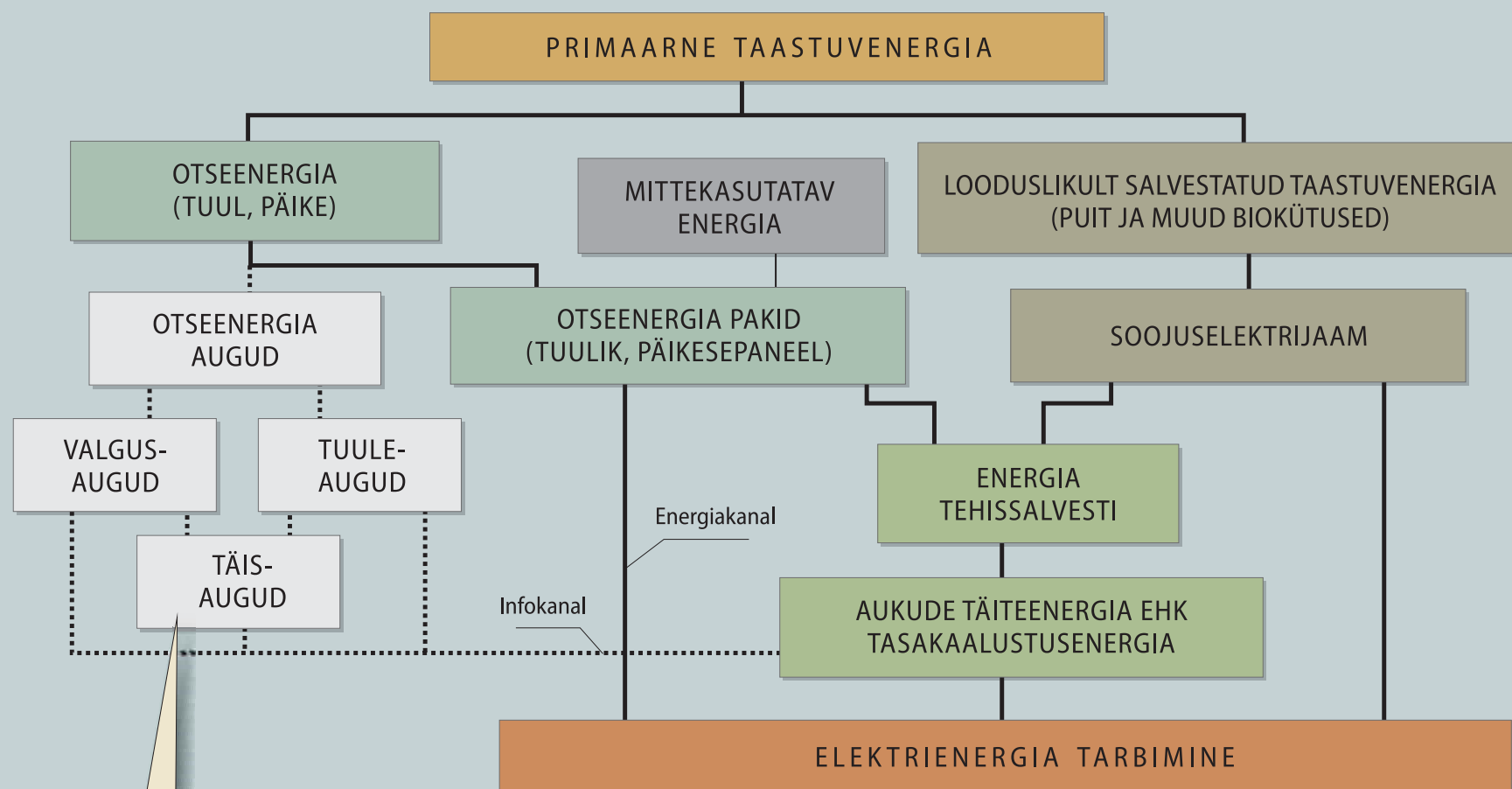
kolmekomponendilist süsteemi, mis kõik on põhimõtteliselt teostatavad ja mida võib käsitleda neljakomponendilise süsteemi erijuhuna.

Tegelikult on valikuid ainult kaks:

- tuul koos salvestiga,
- neljakomponendilise süsteemi variatsioonid.

Üldlevinud arvamus väga suurest arvust valikutest ei vasta tõele. Uurida tuleks ainult seda, kuidas neljakomponendilist süsteemi optimeerida ja kas see optimeeritud süsteem on tuulikute ja salvestiga variandist parem või halvem.

Energiaaukude olemasolu teeb elektrivarustussüsteemi kokkupaneku keerukaks. Vaja on arvestada nii elektritarbimise ebaühtlusega kui ka tuule ja päikese ebaühtlusega. Energiaaukude täitmiseks võib kasutada soojuselektrijaama, energia tehissalvestit või mõlemat, nagu järgneval joonisel.



Täisaugu ajal peab kogu tarbimise katma salvestatud energia. Täisauke on vähem kui tuule- või päikeseauke. Üldiselt on pilves ja sajune ilm tuuline, päikesepaisteline ilm on aga sageli tuulevauke. Tuult ja päikest koos kasutades saame rohkem otseenergiat ja seetõttu võib energiasalvestit vähendada.

Energiaaukude täitmiseks kulub 30–40 protsenti süsteemi koguenergiast.

© PNS Infograafika / Kaarel Damian Tamre

Eesti sobilik neljakomponendiline elektrivarustusüsteem

Eesti jaoks oleks kõige optimaalsem elektrituulikutest, päikesepaneelidest, soojusjaamast ja hüdroakumulaatsiooni-energiasalvestist kokku pandud neljakomponendiline elektrivarustusüsteem, mille tipvõimsus on 1600 MW ja aastataoline 7800 GWh. Joonisel kujutatud energiaravustusüsteemi on kaasatud võrdse koguses tuule- ja päikeseenergiat (mõlemat 3740 GWh) arvestusega, et pimedal aastajal saadaks 1200 GWh lisaenergiat soojuselektrijaamast.



TUULIKUTE potentsiaalne aastaenergia kogus on arvestatud Aulepa tuulepargi põhjal, kus on kolmemegavattised tuulikud. Kuna erinevat päikesepaneelidest põhineb tuulikute konstruktsioon elektrotehnikal ja mehaanikal, mis on juba kõrge tasemeni välja arendatud teadusharud, siis suurt tuuleelektri oadavemist tulevikus loota ei ole.



PÄIKESEPANEELIDEL on Eesti oludes oluline puudus – aastavahetusel on pikk valgusauk, mille täitmise nõuab lisaenergiat. Päikesepaneelidest saadav elekter on praegu ka kallim kui suurtest tuulikutest saadav elekter. Päikesepaneelide eelsena areneb nende tehnoloogia tänapäeval kiiresti. Iga kolme-aastase tsükli järel on päikesepaneelide hind laskunud umbes viiendiku. Praegu on päikesevalguse elektriks muutmise efektiivsus alla 20 protsendi. Loodetakse, et lähijal on turule tulemas nanotehnoloogial põhinevad päikesepaneelid, mille kasutegur on kuni 60 protsenti. Päikesepaneelide ja tuulikute potentsiaalse aastaenergia ärakasutuseks ongi joonisel võetud 60 protsenti, mis vastab Eestis paigaldatud välkeste autonoomsete süsteemide töö analoogil saadud tulemustele.

1. ELEKTRITUULIKUD

Koguvõimsus: 2450 MW

Potentsiaalne aastatoodang: 6230 GWh

Ära kasutatav aastatoodang: 3740 GWh

3 MW tuulikute arv: 817

Vajalik tuuleparkide pindala: 231 km²

2. PÄIKESEPANEELID

Koguvõimsus: 6050 MW

Potentsiaalne aastatoodang: 6230 GWh

Ära kasutatav aastatoodang: 3740 GWh

130 W paneelide arv: 46 540 000

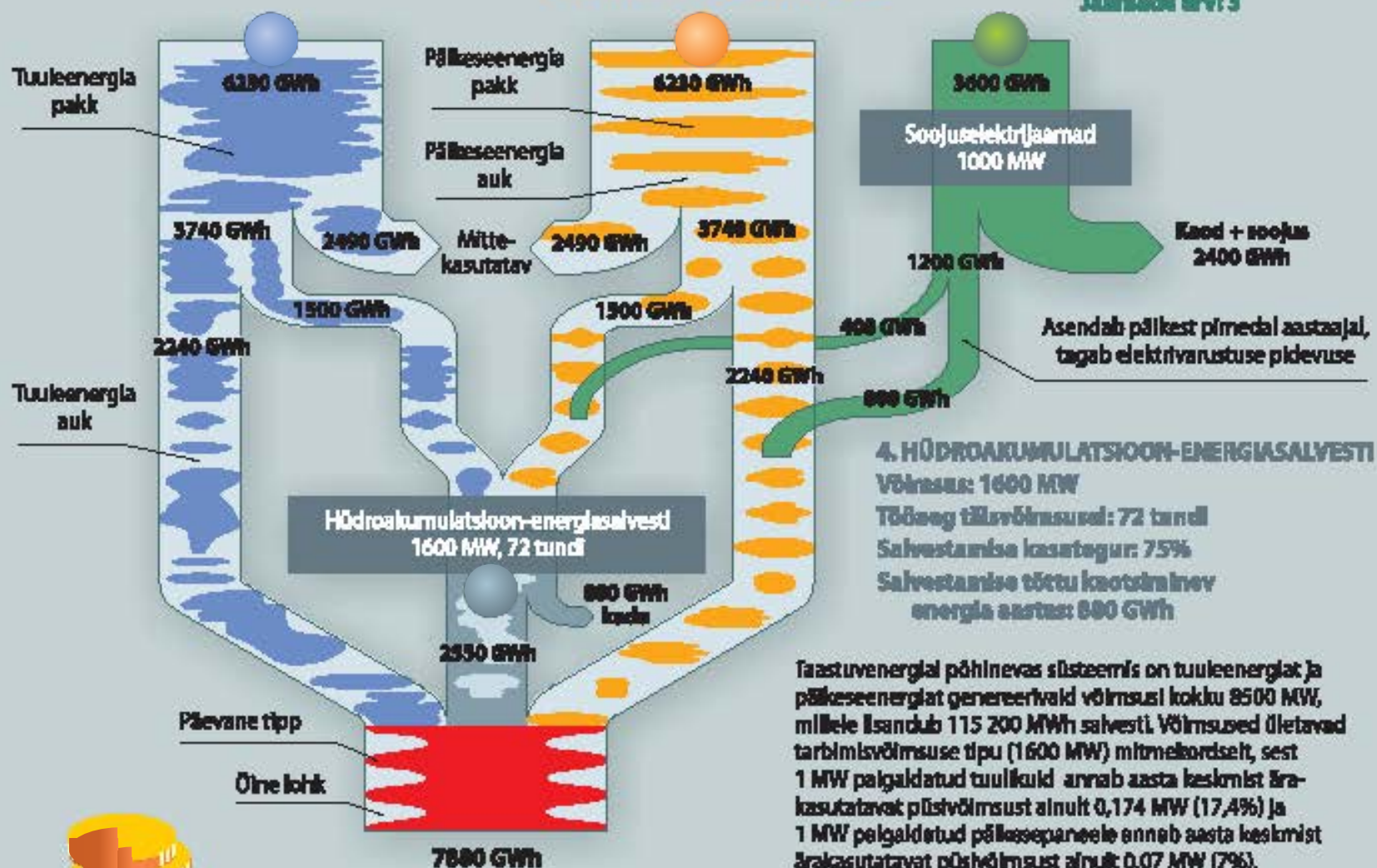
Paneelide kogupind: 47,7 km²

3. SOOJUSJAAAMAD

Võimsus kokku: 1000 MW

Aastatoodang: 1200 GWh

Jaanade arv: 3



Silutoodud süsteemi jaoks saab leida hinnamihimumi sel teel, et muudetakse tuuleenergia, päikeseenergia ja salvesti omavahelisi proportsioone ning võrreldakse saadud variantide hinda. Soaljuures on vaja valida ka hinna ja kvaliteedi suhe. Odaval süsteemil kipub energeetiliselt halval aastajal (sügistalvel või talvel) tekkima energia defitsiit. Selle defitsiidi suurus sõltub ka ilmast, mis aastate lõikes on erinev. Mõnel aastal võib tulla energialikaldus nagu põllumajanduses saaglikaldus. Suure veruga ehk ülepaalutatud süsteemis ei anna ikaldus ennast tunda, ent niisugune süsteem on kallim. Odavam süsteemiga võime lihtsasti ajada siis, kui ikalduse ajal energiatarbimist piirame.

© PMS Infotehnika / Kaarel Daniel Tamm

Optimeerimise lähtekohaks sobivad hästi niisuguse väikesevõimsuselise süsteemi parameetrid, milles on tuulik, päikesepaneelid, akusalvesti ja diisलगeneraator. Selle lähtekoha puhul me tuule, päikese ja salvesti proportsioone väga varesti ei vali ja optimaalsest süsteemist eriti kaugele ei satu. Üks selline valik on esitatud leheküljel 34. Taolisi süsteeme, kuid väikesel võimsusel on Eestis paigaldanud OÜ Taastuvenergia. Nende süsteemide töö on mobiilside ja interneti kaudu kaugelt jälgitav ja süsteemi parameetrite muutused ajas on salvestatavad.

Energiasalvestita ei saa

Eeltoodust on selge, et ilma energiasalvestita ei õnnestu taastuvenergiat põhinevat elektrivarustussüsteemi luua. Süsteem peab suutma töötada autonoomsena ka energeetiliselt halbadel aegadel, kui elektriturg sisuliselt ei toimi (müüjad on turult kadunud). Halbadel aegadel on elektrienergia defitsiit üleüldine. Elektrienergia ei ole nii hästi varutav kui muu kaup. Energiavaru on peamiselt ainult hüdrojaamadel, neid on aga suhteliselt vähe. Pealegi piirab sealt energia kätte saamist generaatorite ja liinide võimsus.

Suure võimsusega süsteemi jaoks võivad põhimõtteliselt arvesse tulla akumulaatorid, kütuseelemendid, induktiivne ülijuhtsalvesti ja hüdroakumulaatsioonijaam.

Väikestes taastuvenergia süsteemides kasutatakse energiasalvestina spetsiaalse konstruktsiooniga hermeetilisi seatina-happeakusid. Moodsad liitiumioonakud on kallimad ja neid kasutatakse elektriautodel, kus on oluline väiksem kaal. Viimasel ajal on arendatud ka mitmeid uusi akutüüpe, mis aga seni ei ole laialt levinud.

Akudega on juba aastakümneid konkureerinud kütuseelemendid. Tööpõhimõttelt sarnaneb kütuseelement üldtuntud tsink-süsinik taskulambipatareile. Taskulambipatarei muutub kasutuskõlbmatuks, kui metalliline tsink on elektrokeemilises reaktsioonis ära kulunud. Kütuseelemendis asendab tsinki vesinik (või metaan), mida saab

Ilma energiasalvestita ei õnnestu taastuvenergiat põhinevat elektrivarustussüsteemi luua.



balloonist juurde anda. Vesinik põleb veeauruks, andes seejuures elektrit ja soojust. Ka kütuseelemente on arendatud hulgaliselt, kuid seni kasutatakse neid siiski akudest vähem. Kütuseelementidest saadava energia hind ei erine suurel määral akust saadava energia hinnast.

Elektrivarustuses kasutatavate sea-tinaakude 1 kWh mahtuvuse hind on umbes 400 eurot 15-aastase kasutuseajuures. Tallinna lähedale planeeritava

6000 MWh hüdroakumulatsioonijaama 1 kWh investeeringuks planeeritakse ainult 51 eurot. Akud ja kütuseelementid ei suuda suurtes elektrivarustussüsteemides konkureerida hüdroakumulatsioonijaamaga.

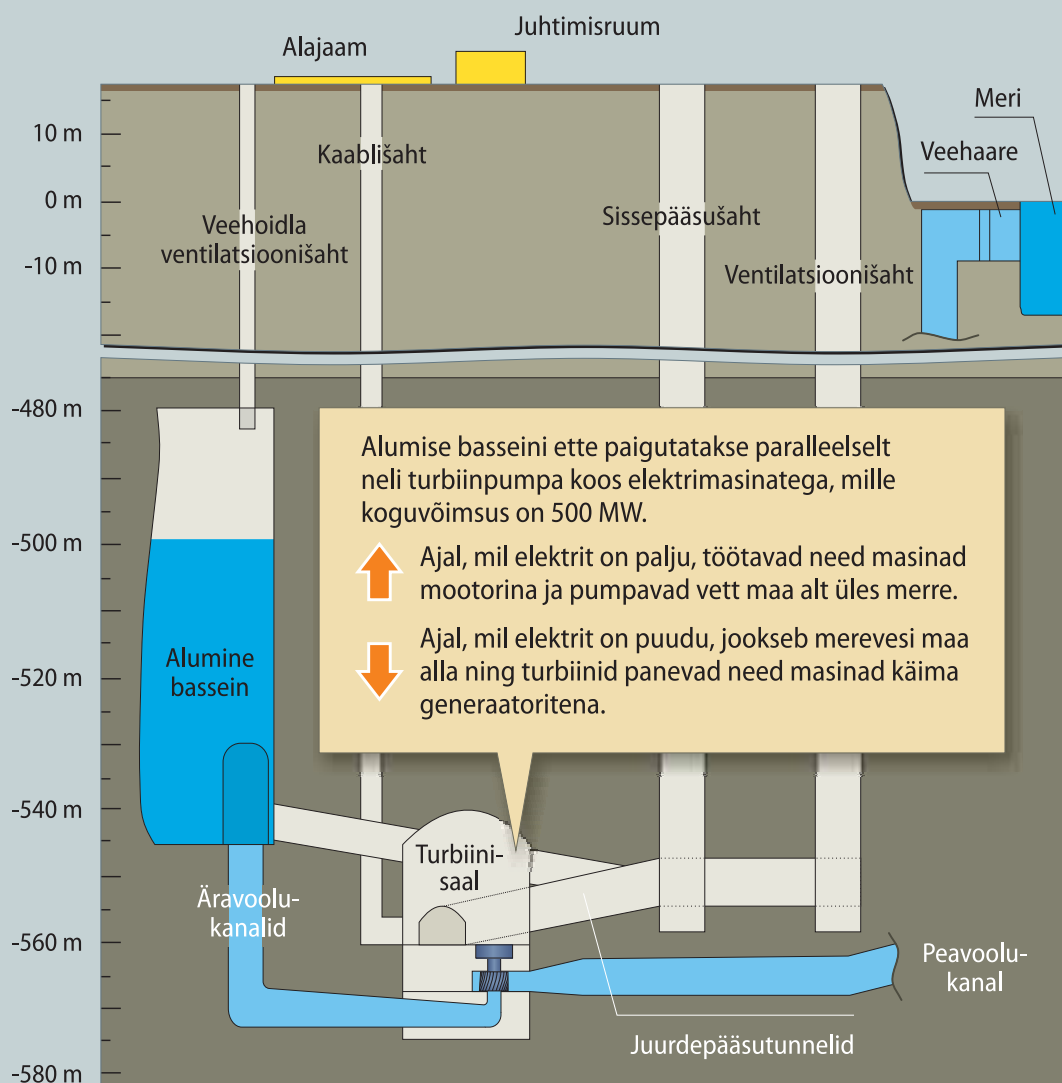
Suurte süsteemide jaoks sobib põhimõtteliselt ka induktiivne ülijuhtsalvesti, mis kujutab endast umbes 300-meetrise läbimõõduga sügavale maapinda paigaldatud toroidset induktiivpooli. Selle pooli mähisetraat on

viidud vedela vesinikuga jahutamise teel ülijuhtivasse seisundisse. Ülijuhtivuse tõttu ei tekita elektrivool soojuskadusid ja pooli magnetvälja saab salvestada suuri energiakoguseid (5000 MWh). Probleem on ainult väga kallis jahutussüsteem. Jahutussüsteemi saaks piisavalt odavaks muuta, kui oleks juhtmematerjal, mis läheks ülijuhtivasse seisundisse juba vedela lämmastiku keemistemperatuuril ($-195,8\text{ }^{\circ}\text{C}$). Nii-suguste materjalide otsingud käivad juba pikka aega, kuid igati rahuldavaid tulemusi seni kahjuks teada ei ole.

Tallinna lähedale kavandatav hüdroakumulatsioonijaam

Muuga sadama piirkonda planeeritud 6000 MWh mahtuvusega hüdroakumulatsioonijaam on mõeldud nii energiasüsteemi koormusgraafiku ühtlustamiseks kui ka tuuleenergia tasakaalustamiseks. Muuga jaama energiamahuvus moodustab täielikult taastuvenergia põhineva süsteemi jaoks vajaliku energiasalvesti mahtuvusest umbes viis protsenti.

Hüdroakumulatsioonijaama maa-aluses veereservuaaris liigutatakse merevett üles ja alla – kui elektrit on palju, siis pumbatakse vesi ülemisse basseini ning kui elektrit on vähe, siis lastakse ülemisest basseinist alla. Muuga jaama alumiseks basseiniks on kavandatud 500 meetri sügavusel maa all graniidi sees asuv 4,6 miljoni kuupmeetri mahuga kaeveõõs, ülemiseks basseiniks Soome laht.



Muuga hüdroakumulatsioonijaama kasuteguriks energia tootmisel on planeeritud 75 protsenti, ühekordseks tööajaks täisvõimsusel ehk salvesti autonoomseks ajaks 12 tundi.

© PNS Infograafika / Kaarel Damian Tamre

Teadaolevalt parim – hüdroakumulatsioonijaam

Hüdroakumulatsioonisalvesti on seni teadaolevatest lahendustest parim. Eestis arendab hüdroakumulatsioonisalvestit OÜ Energiasalv. Ühe hüdroakumulatsioonijaama asukohaks on planeeritud Muuga sadama piirkond Tallinna lähedal (vt joonis lk 36).

Üleminek keerukamale ja kallimale taastuvenergia põhisele elektritootmisele on lähitulevikus paratamatu. Kallim tootmine nõuab ka kokkuhoidlikumat tarbimist. Igal riigil ja igal maanurgal on vaja üles ehitada kohalikele loodustingimustele vastav elektrivarustus. ●

AUTORITEST

KUNO JANSON (1942) on lõpetanud Tallinna Kalanduse Tehnikumi 1960 ja sõitnud seejärel aastaid merd. 1978 asus õppima Tallinna Tehnikaülikooli elektriamite ja tööstusseadmete erialale, mille lõpetamise järel astus aspirantuuri, töötades samal ajal Tallinna Masinatehases. 1989 kaitses tehnikakandidaadi väitekirja. 1990–2000 oli TTÜ elektrotehnika aluste ja elektrimasinate instituudi vanemteadur, saades ka dotsendi kutse. Pärast doktoriväitekirja kaitsmist 2005 määrati sama instituudi direktoriks, praegu on korraline professor. On rohkem kui 50 teadusliku publikatsiooni ja kümne leiutise autor. Üks tema elektrimuundureid on patenteeritud 18 riigis.

ANTS KALLASTE (1980) on lõpetanud 1999 Pärnu Koidula Gümnaasiumi. 2005 lõpetas TTÜ energeetika teaduskonna elektriamite ja jõuelektronika erialal. 2006 kaitses samas magistriväitekirja. Pärast seda õppis seal doktorantuuris energia- ja geotehnika erialal Kuno Jansoni juhendusel. Ta on töötanud TTÜ elektrotehnika aluste ja elektrimasinate instituudis teadurina. Uurinud püsimaagnet-generaatoreid, mida sobiks rakendada otsetoimelistes elektrituulikutes. Praegu töötab firmas Goliath Wind OÜ juhtiva elektriinsenerina, tegeledes 3-megavattise otsetoimelise tuuliku arendustööga.

VIKTOR BOLGOV (1967) on TTÜ elektroonika aluste ja elektrimasinate instituudi teadur.



SCANPIX

Nauding teiste teadmiste avastamisest

Lapsepõlvest alates oli minu unistus saada teadlaseks. Ema sõbrad kutsusid mind maadeuurijaks, sest kõige enam veetlesid mind reisijutud ja geograafilised teadmised. Juba esimesse klassi minnes teadsin kõikide Euroopa riikide pealinnu, seda Siberis esimeses klassis, kus enamik lapsi ei tundnud veel tähtigi. Nende vanemate hulgas polnud kirjaoskamatus haruldus, nii et tundsin end targana!

Muidugi tahtsin ma õppima minna geograafiat või geoloogiat. Elu aga läks teisiti.

Maailma olen näinud tänaseks väga mitme tahu pealt ning kiusatus seda näha ja mõista pole ka vanas eas kuhugi kadunud, ainult hinnangud on muutunud realistlikumaks.

Minust pole saanud teadlast, kuid nauding teiste teadmiste avastamisest pole samuti kuhugi kadunud. See on kui suur kiusatus, mis saadab sind kõikjal.

Tänaasel päeval naudin ajalooteaduse arenguid ja neid vaidlusi, mis täidavad praegu meie ajakirjandust. Mõjub kuidagi nii nüüdisaegselt, kui lugeda ja kuulata Euroopa Liidus toimuvaid vaidlusi, sest minule tundub, et ajalugu kumab sealt kaugelt sajandite tagant. See kontinent, mis kannab Euroopa nime, on olnud ja on ikkagi väga tihedalt seotud, me kõik mõjutame meie kõikide arenguid, kas tahame või mitte. Oleme siin Eestis küll kenasti mere ja järve vahel, aga see pole meid kunagi teistest täielikult eraldanud. Oleme ikka olnud salalepingute ohvrid. Ja imetlen eestlastest ajaloo-huvilisi – raamatupoes on enim müüdud teos „Eesti ajalugu II”.

Olen suure naudinguga lugenud järjestikku ilmuvaid artikleid meie uue keskajakäsitluse kohta ja mis mind kõige enam võlub, on uute haritud inimeste tulek meie teadusmaailma ja, sõltuvalt nende õppimisest maailma erinevates hariduskeskustes, ka laiem nägemus ajaloo kulgemisest.

Loe ja naudi – Eva Piirimäe: „Ajaloo uurimine ajaloo enda pärast – siirast soovist mõista minevikuinimeste mõtlemist ja tegutsemist – ei hävita rahvuslikku identiteeti, vaid avardeb seda, näidates tänapäeva Eesti ajaloolist kujunemist kogu selle keerukuses.”

Aga muidugi on veidi kurb ka Anti Selarti väljendus „Pole mõtet unistada endale tegelikust ilusamat ajalugu”. Tahaks ikka küll! ●

LAGLE PAREK
ühiskonnategelane,
Caritas Eesti asutaja

KALLE KROON

Eestlaste vabadusest ja väest Rootsi aja lõpul

Koondpilk uutele andmetele Eesti ajaloos 17. sajandi lõpul ja 18. sajandi algul

Rootsi võimu perioodile Eesti ajaloos on püütud anda hinnangut ühest või teisest kriteeriumist lähtuvalt. Seda aega on niihästi ülistatud kui ka laidetud. Seda aega on hinnatud nii naiiv-idealistlikust ja isegi rahvuspropagandistlikust seisukohast kui ka hüperkriitiliselt. Viimasel puhul on sageli – kartusest saada vana hea Rootsi aja naiivseks apologeediks – eiratud isegi neid ajalooallikaid, mille kasutuskõlblikkus on väljaspool kahtlust. Eriti kehtib see Nõukogude aja ja selle järgse Eesti ajalookirjutuse kohta. On selge, et võtmedokumente eirates ei saa uurija tulemus olla täielik ega vettpidav.

Kaks rohket poleemikat tekitanud teemaringi on olnud pärisorjuse kaotamine Eestis Rootsi kuningas Karl XI eestvõttel ja talupoegade sundväkkevõtt tema järglase, kuningas Karl XII ajal.

Järgnevalt kokkuvõtlikult neist uutest nüanssidest ja nähtustest, mis on ilmnunud pikaajalise arhiivitöö käigus ja muudavad mitmeti meie arusaama Rootsi võimu viimasest kümnekonnast aastast Eesti alal.

Pärisorjuse kaotamine eelindustriaalsel ajastul

Ajalooeaduse rangete kriteeriumide järgi on pärisorjuse puudumise või lakkamise peamine mõõdupuu talupoegade võimalus vabalt ametit valida ning ise oma elu ja tööjõudu käsutada. Senises, sealhulgas nii Nõukogude kui ka Nõukogude-järgses Eesti ajalookirjutuses on väidetud, et eesti talupoegadel ei olnud ka pärast nende riigitalupoegadeks ja Rootsi kuninga alamateks kuulutamist mingit liikumisvabadust. Üldse jäänud kõik tegelikult vanaviisi ning mingeid muutusi ei toimunud.

Päris nii see siiski ei olnud. Töö Rootsi

arhiivides on võimaldanud kaasata küsimuse lahendamisse uusi allikaid. Neist kõige olulisemad on kaks kuningas Karl XI kirja, mille Rootsi Riigiarhiivist on leidnud emeriitprofessor Aleksander Loit. Jutt on Eesti- ja Liivimaa võimukandjatele ning mõisate riigistamisega tegelejatele saadetud kirjadest, mis puudutavad eesti talupoegade seisundit, kohustusi ja õigusi riigimõisates. Neid dokumente, mis on dateeritud 11. septembriga 1681 ja 31. juuliga 1687, tuleb käsitleda terviklikult ja ajastule vastavalt. Noorematest Eesti ajaloolastest on kõnealuseid kirju refereerinud Marten Seppel, kuid nagu noaga lõigatult on ta mõlema dokumendi teksti käsitlenud valikuliselt, mistõttu pole ka saadud pilt terviklik ega järeldused päris adekvaatsed. Vaadeldes allpool neid kahe dokumendi eiratud löike, selgub, et just neis ongi peidus Rootsi-aegse talurahvavabastuse tegelik mõte.

Oma korraldustes on Rootsi kuningas märkinud, et ta pole loobunud mõttest orjus kaotada ja vabadus sisse juhatada ja et kuigi taluperemehed peavad jääma paigale, võivad nende

pojad vabalt valida endale kas nn raamatulike kunstidega tegelemise tee või astuda armeesse ning neid ei tohi keegi takistada seni, kuni nad oma teenistust truult ja kohusetundlikult täidavad. Sellega anti omal algelisel viisil eesti ja läti talupoegade poegadele Rootsi aja lõpul võimalus ilmutada oma elu korraldamisel vaba tahet, õigus otsustada ise oma elu ja tööjõu üle ning teha ühiskonnas karjääri, mis on pärisorjuse kaotamise põhitunnus. Nagu ajaloolisest materjalist on ilmnunud, pidi see protsess puudutama ka säilinud eramõisate talupoegi.

Otsides kinnitust, kas need kuninglikud korraldused ka reaalselt ellu viidi, leiame selle tegelikult juba aastakümnetetagusest Eesti ajalookirjutusest. Hästi on tuntud ja viitamist ei vaja rajatud talurahvakoolide võrk. Seda teemat on uurinud juba mitu põlvkonda, sõjajärgsel ajal nii Lembit Andresen, Liivi Aarma kui ka Aivar Põldvee. Teatakse endale ameti valinud talupoisse, kellest olid saanud köster-kooliõpetajad, nagu Hans Kes, Ignatsi Jaak jt. See oli ühe uue rahvakillu haritlaskonna algus, ühtlasi oli alanud nende sotsiaalne lõimumine

ava (nõu) rüütel / adhv...



Tallinna Linnamuseumi Kiek in die Köki torni juures asuva Ingeri bastioni galerii väljapanekul on näha seal teeninud Harju maarügemendi kompaniilipp ja Tallinna alalise garnisonipataljoni eestlasest musketär, nagu need aastail 1707–1710 välja nägid. Rekonstruktsioon põhineb rangelt ajaloolistel allikatel. Lipp on valmistatud siidist, maalitud kulla ja hõbedaga, selle originaal asub trofeena Peterburis. Just niisugust mundrit kandsid ka Harju rügemendi grenaderid. Nii lipud kui univormid saadeti 1707. aastal Stockholmist.

TOOMAS ABILINE

ühiskonda, mis sai riikliku kinnituse Karl XI kirja näol. Näiteks köstrit ja kooliõpetajat Ignatsi Jaaku vaadeldi ka pärast Põhjasõda Vene võimu ajal vaba inimesena – muidu poleks ju Palupera mõisnik von Rennenkampfil olnud 1727. aastal mõtet teda pärisorjaks tagasi nõuda. Nagu teada, see ei õnnestunud.

Samuti on teada, et Rootsi aja lõpul ning Põhjasõja ajal asus hulgaliselt eestlasi vabatahtlikuna Rootsi armeesse, ning nende seast on võrsunud ka ohvitser, nagu Thomas Jõrist jt. Kui talupojad poleks saanud liikuda ega ametit valida, poleks see võimalik olnud. Nende küsimustega on juba Eesti Vabariigi esimesel iseseisvusperioodil tegelenud Otu Liiv ja Henrik Sepp, viimastel kümnenditel aga on uusi andmeid välja toonud Margus Laidre. Neist Laidre on 1993. aastal esimest korda esitanud ka hüpoteesi eestlaste arvukast vabatahtlikust väkkeasumisest 17. sajandi lõpul, seades kahtluse alla pärisorjastatuse seni arvatud astme. Käesoleva artikli autori uurimistulemused on tema hüpoteesi kinnitanud. Nagu teatab Liivimaa kindralkuberner Erik Dahlberg, võeti läti talupoegi Rootsi armeesse vastu suurel hulgal, kuid vallandati peagi. Põhjuseks toodi talupojakelmus, nüüdisaegses keeles rehepaplus. See tõttu keelas Karl XI 1685. aastal talupoegade värbamise Liivimaal, mis ei takistanud teda aga 1687. aastal pakkumast sama võimalust Eestimaa talupoegadele. Talupoegade ulatuslik vabatahtlik armeesse astumine oli aga võimalik, lähtudes kuningas Karl XI antud vabadusest, ja see oli riiklikult sanktsioneeritud, nagu ka ameti valimine hariduse baasil.

Kui seni on nende uute ilmingute puhul jäänud saladuseks ühine nimetaja, mida on otsitud küll rahvakoolide tegelase Bengt Gottfried Forseliuse erainitsiatiivist, küll kiriklike filantroopide tahtest, siis nüüd on selge, et ühist nimetajat tuleb otsida eeskätt just kuningas Karl XI korraldustest vabaduse juurutamiseks eesti talurahvaühiskonnas, mis pealegi andsid neile nähtustele seaduse jõu. Samas ei tohi seda näha üksnes kuninga eraalgatusena, vaid koostööna provintsi ja metropoli vahel ning varajaste valgustusideede taustal.

Et kuninga tahtel vabaduse sissejuhatamine just sel kombel ja sellises sõnastuses toimus, tuleneb kogu protsessi varasusest. Muidugi pidi Rootsi kuningas omaenda, nõo pärisrootsi vabade

1/9

Carl Wijkman

Är ämnat af nämnda Samfund med Gud, allmählig
Exo Mann General Major og Souverneer. Därför för
belönt för underlägsna skrifvelser, som utgaf sig af
af 12 Augusti, af hvar ett smält bifogade bilagor för
minut, som vid landdagarna är föreläp. Och som där
här förklarings, som adalen af Rikets Råd i 1777
här fram givna propositionen ingifvit hafva, hafva
si adalen af inga skäl uti vår som ifrån hie för
ifrå som man beaktat är, med det, som ifrån Deputerade
utgåf, Rikets Råd i 1777, som ifrån våra, under, hie
att för inkommande sig Reductionen; och det hie för
utgå som man förut, som utgå ifrån Deputerade gaf,
här underlagning af hvar, Rikets Råd i 1777, som ifrån Re-
monstrationen, med skilkan, i utgå för att vården in-
lära för uti underligt raisonnement, hafva utgå vår
vattigat, hie Reductionen adalen funderat af utgå deduce-
rat. Och för utgå in innan några dagar utgå om
här utgå ifrån Rikets Råd i 1777, som ifrån våra
vår adalen, vården något för hafva att under,
än ifrån utgå utgå utgå ifrån förklarings utgå
hafva; och om ifrån förklarings utgå med några projecter
hie utgå redimera ifrån Reductionen, som ifrån för
fär ifrån ifrån utgå ifrån ifrån ifrån ifrån ifrån
att offerera ofrån ifrån ofrån ofrån ofrån ofrån
inlära ifrån ofrån ofrån ofrån ofrån ofrån ofrån

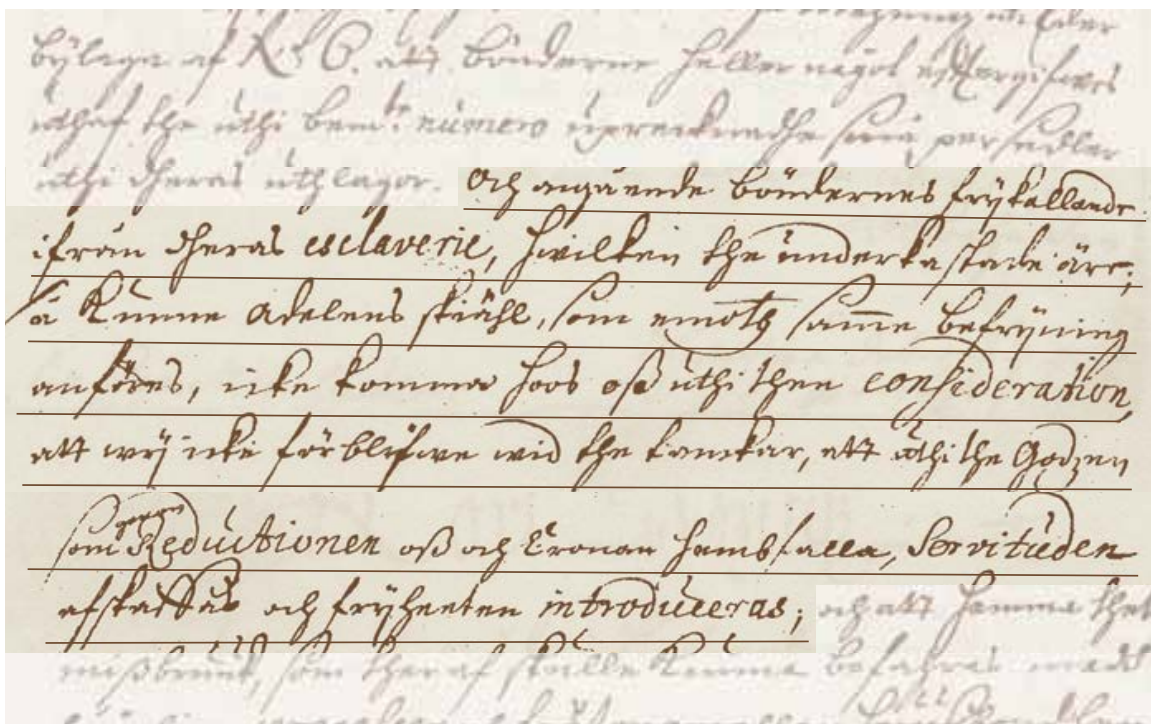
strahli maal,



**Karl XI.
David Klöcker Ehrenstrahli maal,
1685.**

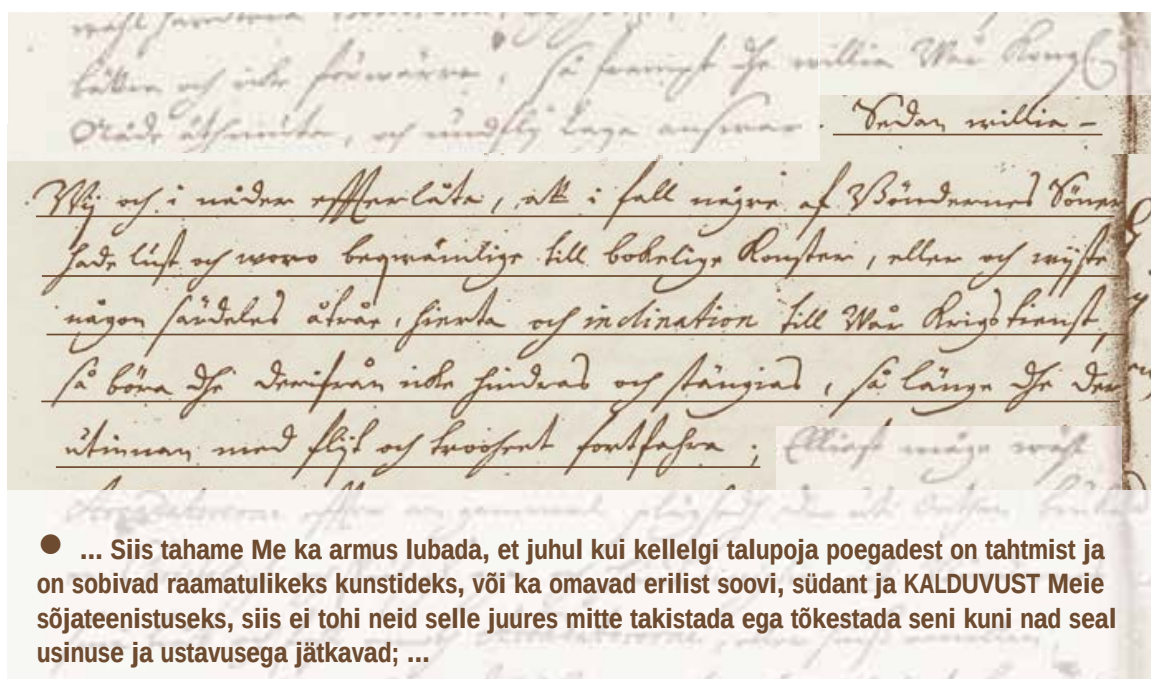
Esimene lehekülg kuningas Karl XI kirjast, mis puudutab redutseeritud mõisate talupoegade seisundit. 11. september 1681.

Four Liv. #675-



● ... Ja talupoegade vabaskuulutamise suhtes nende ORJUSEST, millisesse nad allaheidetud on, ei või Aadli põhjendus, mis sellesama vabastamise vastu on esitatud, viia arvamusele, nagu Me ei jääks mõtte juurde nendes Mõisates, mis REDUKTSIOONIGA meile ja Kroonile tagasi tulevad, ORJUST kaotada ja vabadust SISSE JUHATADA; ...

Katke kuninga Karl XI kirjast redutseeritud mõisate talupoegade seisundist. 11. september 1681.



● ... Siis tahame Me ka armus lubada, et juhul kui kellelgi talupoja poegadest on tahtmist ja on sobivad raamatulikeks kunstideks, või ka omavad erilist soovi, südant ja KALDUVUST Meie sõjateenistuseks, siis ei tohi neid selle juures mitte takistada ega tõkestada seni kuni nad seal usinuse ja ustavusega jätkavad; ...

Katke kuningas Karl XI kirjast reduktsioonikomisjonile. 31. juuli 1687.

talupoja vahel, sest kust oluiks riigil võtta talupoegi, kui peremeeste pojad olid taludest mujale tööle asunud ning oma senisest sotsiaalsest staatusest loobunud. Omalaadne oli ka näiteks pärisorjuse kaotamine Taani saartel, kus 1702. aastal kuulutati vabaks need, kes olid sündinud alates 1699. aastast ehk valitseva Taani kuninga Frederik IV valitsusaja algul, ja kes olid seega üksnes 2–3-aastased. Neist vanemad ja varem sündinud jäid pärisorjaks edasi.

Vabad põlvkonnad pidid niisiis orjusest n-ö välja kasvama. Sellist pärisorjuse kaotamist on nimetatud ka päri-

luslikuks pärisorjuse kaotamiseks ja seda ei ole õige hinnata, lähtudes 18. sajandi lõpu ja 19. sajandi alguse pärisorjuse kaotamise protsessist, kuna aeg ning inim- ja kodanikuõiguste tähendus ning eeldused ja võimalused olid erinevatel ajastutel erinevad. Karl XI talupojavabastust Eestis ja Lätis tuleb hinnata kui varajast feodaal-patriarhaalset pärisorjusest vabastamist, lahus 1816. ja 1819. aasta pärisorjuse kaotamisest Eesti- ja Liivimaal. Õige on hinnata kogu protsessi, lähtudes ajastu enda kriteeriumidest, mitte aga kunagi edaspidi esile kerkinud eeldustest, millest 17. sajandi lõpul polnud keegi veel undki näinud. Eelindustriaalse ühiskonna feodaalmajanduslike, jäikade seisuslike suhete raames ei olnud radikaalne ja ühene talurahvavabastus võimalik. Absolutistlikel valitsejail tuli mõelda eeskätt selle peale, et kahjustada ei saaks riigi majandus. See tingiski pärilusliku vabastuse idee, mis toimis nii, et hundid oleksid söönud ja lambad terved. Sellegipoolest oli tegu revolutsioonilise reformiga, millega kõrgaadel kaotas kogu riigis oma senised positsioonid ning kus tasandati teed väikeaadelile, tärkavale kodanlusele ja talupoegadele. Rootsi ajaloolased on Karl XI reforme nimetanud ka varakodanlikeks.

Olgu siinkohal öeldud, et nii nagu Eesti alal, ei püsinud ka Taanis vabastatud talupoegade liikumisvabadus kuigi kaua. Juba 1733. aastal tuli tagasilööki sunnismatuse kehtestamise näol. Selle põhjusi on nähtud mitmetes asjades – nii majanduskriisis kui ka vajaduses hoida talupoegi paigal nekrutivõttude tarbeks. Peapõhjuseks tuleks siiski pidada eeskätt feodaalseid tootmissuhteid, isegi kui neis ilmnes üha rohkem varakapitalistlikke jooni.

Kuninga korraldustega anti eesti ja läti talupoegade poegadele Rootsi aja lõpul võimalus ilmutada oma elu korraldamisel vaba tahet, õigus otsustada ise oma elu ja tööjõu üle ning teha ühiskonnas karjääri, mis on pärisorjuse kaotamise põhitunnus.

Uus laine talurahvavabastuses algas Taanis alles 1788. aastal, mil sunnismatus taas kaotati, kusjuures ette nähti aastani 1800 kestev 12-aastane üleminekuaeg. Nii on Taani ajalookirjanduses esitatud koguni kaks pärisorjusest, *resp.* sunnismatussest vabastamise daatumit – niihästi 1702 kui ka 1800.

Sel kombel esitatuna astub pärisorjuse kaotamise probleemistik meie ette senisest märksa ajastutruuma ja dünaamilisemana.

Väkkevõtt ja sõttaminek

Kuninglike korralduste kõrval on olemas veel üks huvitav dokument, mille sisule ei ole seni piisavat tähelepanu osutatud. Selleks on 1683. aastal uuendatud Rootsi nekrutivõtukorraldus, mis tõlgiti saksa keelde ja trükiti kohe ära ka Tallinnas Brendekeni trükikojas ning on leitav Liivimaa maakorralduste seadusteseerias. Selles nähti ette elanikkonna sõjaväekohustus, mille alla kuulusid kõik 15–60-aastased mehed, neist omakorda valiti välja nekrutid. Seda laadi väkkevõtu alla kuulusid aga reeglina talupojad. Samal ajal tõlgiti eesti ning läti keelde Rootsi armee vandeandmistekstid ja sõjaartiklid. Kõigest sellest ilmneb, et eesti ja läti talupojad olid saanud sõjaväekohuslaseks nagu nende seisusekaaslased Rootsis ja Soomes. Relvateenistus oli riigialamate puhul mitte ainult vabadus, vaid ka kohustus.

Põhjasõja puhkemisel 1700. aastal oli ette näha, et sõda kujuneb pikaks ning vastaseid on sedapuhku palju. Seetõttu andis kuningas Karl XII 10. jaanuaril 1701 korralduse nekrutivõtuks ka eesti ja läti talupoegade hulgast. Sama aasta kevadel saabusid ka kuninga konkreetsed juhised, mille järgi tuli varasemate nimekirjade põhjal tea-

tud arv noori talumehi tegevteenistusse üles kirjutada. See tähendab, et kuningas ei jäänud peatuma meeskondade rakendamisel ajutise miilitsaväena, vaid viis läbi nekrutivõtu kuningliku armee tegevteenistusse. Nektuteid võisid aga kuningas ja riik erinevalt maakaitseväest kasutada nii kaua ja selisel kujul, nagu soovisid. Siinjuures on oluline märkida, et nekrutivõtt hõlmas ka veel allesolevaid eramõisaid, mis tõendab, et ka nende talupojad kuulusid nüüdsest otseselt riigi sõjaõigusliku jurisdiktsiooni alla.

Sel viisil loodi Eestimaa alal neli jalaväerügementi – Harju, Viru, Läänemaa ja Järva rügement, nimetatud ka maarügemendiks –, Liivimaal aga kaks teist maapataljoni. Et väkkevõtt toimus just Rootsi eeskujul, sellest kirjutab ka kroonik Christian Kelch oma „Liivimaa kroonika” jätkus.

Maamiilits või maavägi?

Rahvas või rahvus? Mõistesisu muutumisest ajaloos

Senises ajalookirjutuses on Põhjasõja ajal Eesti alal loodud talupoegadest väeosade kohta kasutatud mõistet *miilits* või *maamiilits*, sest allikates esinevad

prantsuse terminid *Milice* ja *Land-Milice* on tõlgitud eesti keelde otse, ilma kriitikata. Sel viisil on neile antud nüüdisaja sõjaajaloolistest arusaamadest lähtuv sisu, mille kohaselt peaks tegu olema ajutise, irregulaarse rahvaväega.

Tegelikult aga ei mõistatud neid termineid Põhjasõja-aegses Eestis sugugi üksnes nii, vaid nende tähendus oli märksa laiem, abstraktsem – nimelt *vägi* või *maalt komplekteeritud sõjavägi*, tollases eesti kirjakeeles ka lihtsalt *maavägi* nii regulaarses kui irregulaarses tähenduses, mis ongi nende mõistete kõige õigem tõlgendus 18. sajandi kontekstis. Seevastu 19. sajandil oli maaväe näol tegu üksnes ajutise maakaitseväge ehk maamiilitsaga, mis loodi Eesti- ja Liivimaal näiteks 1806.–1808. aastail ja 1812. aastal.

Samasuguse selgituse annab rootsikeelsele mõistevastele ka näiteks soliidseim rootsi keele seletav sõnaraamat „Svenska Akademiens Ordbok”, nagu ka mitmed varased seletavad sõnaraamatud. Kui tõlkida näiteks 13. sajandi algul loodud sõjalise ühenduse ladinakeelne nimi *Fraternitas Militiae Christi* otse nüüdisaja eesti keelde, siis saaksime tulemuseks *Kristuse miilitsa*

Vabad põlvkonnad pidid niisiis orjusest n-ö välja kasvama. Sellist pärisorjuse kaotamist on nimetatud ka päriluslikuks pärisorjuse kaotamiseks ja seda ei ole õige hinnata, lähtudes 18. sajandi lõpu ja 19. sajandi alguse pärisorjuse kaotamise protsessist.



Viru jalaväerügemendi ihukaitsekompanii lipp. Loorberipärja all on kiri Wierland ja juures aastaarv 1701. Lipp oli valgest siidist, kulla ja muude värvidega maalitud. Asub trofeena ilmselt Peterburis.

ERAKOGU



Katked Narva komandant Henning Rudolf Horni kirjast kaitsekomisjonile Stockholmis 29. oktoobrist 1703 räägivad Eesti maarügementide kui rahvusrügementide olukorrast Narvas.

vennaskond, mis oleks naljakas ja mõistagi väga kaugel ajaloolisest tõest. Tegelikult on tegu ikka Mõõgavendade orduga ehk Kristuse sõjateenistuse vendadega. Samuti oleks päris huvitav näiteks Tartu 1704. aasta ja Tallinna 1710. aasta kapitulatsioonitektide otsetõlge, mille järgi tulvanuks väravaist sisse hulgana Vene miilitsaid ja teistest väravatest välja Rootsi miilitsaid ja igal tänavanurgal patrullinuks veel omakorda mõni miilits. Loomulikult oli tegemist ikka linna hõivanud Vene vägede ja linnast lahkuvate Rootsi vägedega.

Sedasama tuleb niisiis silmas pidada ka 1701. aastal talupoegadest komplekteeritud väeosade puhul, mille senist nimetamist maamiilitsaks ei saa pidada sõjaajalooliselt õigeks. Nagu lähem tutvumine väeosade munsterrollide, kuninglike korralduste ja väeosaülemate kirjavahetusega on näidanud, oli tegu reeglikohase Rootsi-pärase nekrutiks-võtmisega talupoegade hulgast ja vastavad väeosad ehitati üles regulaarmee normide kohaselt. Seega on mõiste *maamiilits* nende vägede puhul eksitav, selle asemel tuleb kasutada vanemaski eesti keeles kasutatud terminit *maavägi*. Niisamuti ei olnud selles väes tegu mitte maamiilitsameestega nagu 1806. või 1812. aastal, vaid nekrutitega, Rootsi armee tegevteenistuses olevate maasõduritega, kes vastavalt väeliigile jagunesid musketärideks, grenaderideks ja tragunisteks – nii nagu korralistes Rootsi vägedes. Kui 1806. aastal Eestimaa maamiilitsameestele selgitati, et „teid ei pea mitte

nekrutiks võetama”, siis 1701. aasta Eestimaa väkkevõtul oli tegu just nimelt nekrutivõtu ja sõduriks saamisega.

Ühe ja sama mõiste erinev sisu ja tähendus eri aegadel moodustab ajaloolase jaoks tegelikult omaette probleemistiku. Eelindustriaalsel ajastul, kuhu jääb ka Rootsi võimu aeg Eestis, ei olnud veel ajalugu kui teadust ja isegi sõnade tähendust selgitavad ja määratlevad leksikonid olid alles tekkimas. Ühe või teise mõiste sisu ajastutruu väljaselgitamine on aga ajastu lahtimõtestamiseks esmatähtis. Kahjuks on sageli just 16.–18. sajandi uurimisel mõõdetud üht või teist mõistet hoopis hilisema ajastu tähendusest lähtuvalt. See pole mõistagi õige ja tulemuseks saadud ajalooport meenutab kõverpeeglit. Teisisõnu – pole kahtlust, et ajastu mõisteid tuleks mõõta ikka just antud ajalooetapi tunnuste põhjal. Siin on olemas ka teatud reegel – nimelt on abstraktsetel mõistetel kalduvus sajandite jooksul üha enam konkretiseeruda, täpsustuda; üks või teine mõiste omandab ajas aina kitsamad raamid. See käib ka mõistete *miilits*, *maamiilits* ja *rahvus* kohta.

Viimasel ajal on Eesti ajalooeaduses palju elevust tekitanud Eesti keskaega uurivate ajaloolaste uus tees, mis taandab eestlaste rahvusliku vabadusvõitluse peaaegu olematuks, väites, et ei saa rääkida rahvuslikust liikumisest ajal, mil rahvust kui sellist ei olnud veel olemas. See kontseptsioon on avaldatud koguteose „Eesti ajalugu” teises köites (ilmunud 2012).

Siinkirjutaja arvates on see käsitlus liialt üheülbaline. Tõepoolest – ristisõdade ajastul ja veel mitu sajandit hiljemgi nüüdisaegseid rahvusriike olemas ei olnud ja mõiste *rahvus* võis tähendada peale etnilise kuuluvuse veel ka regionaal-geograafilist kuuluvust, näiteks võis rahvuseks olla ka *tartlane*, *riialane*, *narvalane* või ka lihtsalt *liivimaalane* või *eestimaalane*. Rääkis ta mis keelt tahes, tähtis oli päritolu. Käesoleva artikli teema – Rootsi võimu viimased kümnendid Eesti alal 17. sajandi lõpul ja 18. sajandi algul – langeb ajaliselt perioodi, mida on õige nimetada varauusaja lõpuks ja uusaja alguseks. Täheldatav on eespool kirjeldatud mõiste abstraktsuse muutumise fenomen, kus mõiste võtab ajas järjest konkreetsemaid vorme, muutudes üha kitsapiirilisemaks. Näiteks vaatles Liivimaa kindralkuberner Erik Dahlberg oma kirjas kuningale 1701. aastal läti sõduritest kirjutades neid kui rahvust (*nation*). Väide, et Põhjasõja-aegseid eestlastest sõduritest koosnevaid jalaväeosi ei ole õige nimetada rahvusväeosadeks, sest eesti rahvust kui sellist ei olnud 18. sajandil veel välja kujunenud, oleks üksnes pool tõde. Rahvusväeosadeks on neid väeosi tolleaegses kirjavahetuses siiski nimetatud. Nii toimus näiteks Narva komandant Henning Rudolf Horn 1703. aastal oma kirjas Stockholmis ametiasutusele, rääkides Viru ja Läänemaa rügemendist kui rahvusrügementidest (*nationalregementen*), ja siin on lähtepunktiks olnud asjaolu, et eesti maasõdureid ei jagatud mitte kohalike väeosade vahel laiali, vaid koondati kokku ja nad moodustasid alati üherahvuselise sõdurkonna. Sellest siis ka nimetamine rahvusväeosaks, isegi kui ohvitserid olid rahvuselt kas sakslased või rootslased. Samasugune olukord oli ka Rootsi armee soome rügementides.

Seega on 18. sajandi alguse kontekstis täiesti jälgitav ka mõiste *rahvus* sisu nüüdisaegsest, etnilisest kuuluvusest lähtuvalt, isegi kui eestlased ise end veel maarahvaks nimetasid.

Unustatud välivägi. Eesti rügementid Eestimaa kubermangu piiride kaitseks 1701–1703

Kui Liivimaal jaotati suurem osa eesti pataljoniidest laiali mööda linnade garnisone või paigutati kindlustatud postidele, siis Eestimaal koondati Viru, Järva ja Läänemaa rügement idapiirile vastu Narva jõge. Abiks anti ka paar lähetatud soome väeosa. Senises ajaloo-

Väide, et Põhjasõja-aegseid eestlastest sõduritest koosnevaid jalaväeosi ei ole õige nimetada rahvusväeosaks, sest eesti rahvust kui sellist ei olnud 18. sajandil veel välja kujunenud, oleks üksnes pool tõde.

teaduses on selle grupeeringu olemasolust kas teadlikult või tahtmatult vaikitud ja selle tegevusest on mainitud üksnes paari episoodi.

Sisuliselt oli tegu Eestimaa kindralkubermangu väliväega, mida kohapeal juhtis Viru rügemendi ülem ooberst Wilhelm Henrik Hastfer ja mis ametlikult allus Narva komandant Henning Rudolf Hornile. Grupeeringu ülesandeks oli Eestimaa idapiiri kaitse ning vajaduse korral viidi operatsioone läbi koos Tartus paiknenud Emajõe-Peipsi laevastikuga. Varustusbaasi ja moonamagasinina kasutati Virumaal asunud Mäetaguse mõisa, mis ümbritseti kindlustusvööndiga. Järva rügemendi laager asus Remnikul ja valvepostid Vasknarva kindluse jalamil, kuhu rajati kaks suurtükipatareid, kummaski kolm suurtükki. Teiseks positsiooniks valiti Kattase küla. Viru ja Läänemaa rügement paiknesid sügavamal sisemaal. Kokku oli kolmes rügemendis 1701.–1702. aastal umbes 2000 eesti jalaväelast ja abiks oli saadetud 200 soomlast.

Kui 1701. aasta kulges piiril suhteliselt rahulikult, siis 1702. aasta 9. juulil (vana Rootsi kalendri järgi) viidi 1300 mehega ja laevastiku toel läbi dessantoperatsioon Vasknarvast ja Kattaselt üle Narva jõe Vene positsioonide vastu, mis pärast lahinguvõitu lagedal väljal ka hõivati. Tegutses diversiooniga, et tõmmata Vene väejuhatuse tähelepanu eemale operatsioonidest Liivimaal, mis toimusid samal ajal ja lõppesid kindralmajor Wolmar Anton von Schlippenbachi juhitud Rootsi vägedele õnnetu lüüasaamisega Hummuli all. Pärast Vene positsioonide hõivamist liiguti edasi Vene pinnale ja põletati maha tsaari tollimaja Vasknarva Peetri kirikukirikust vastas, Vene moonamagasin ja üheksateist Vene küla kuni Omutini. Seejärel pöörduti baaslaagrisse tagasi.

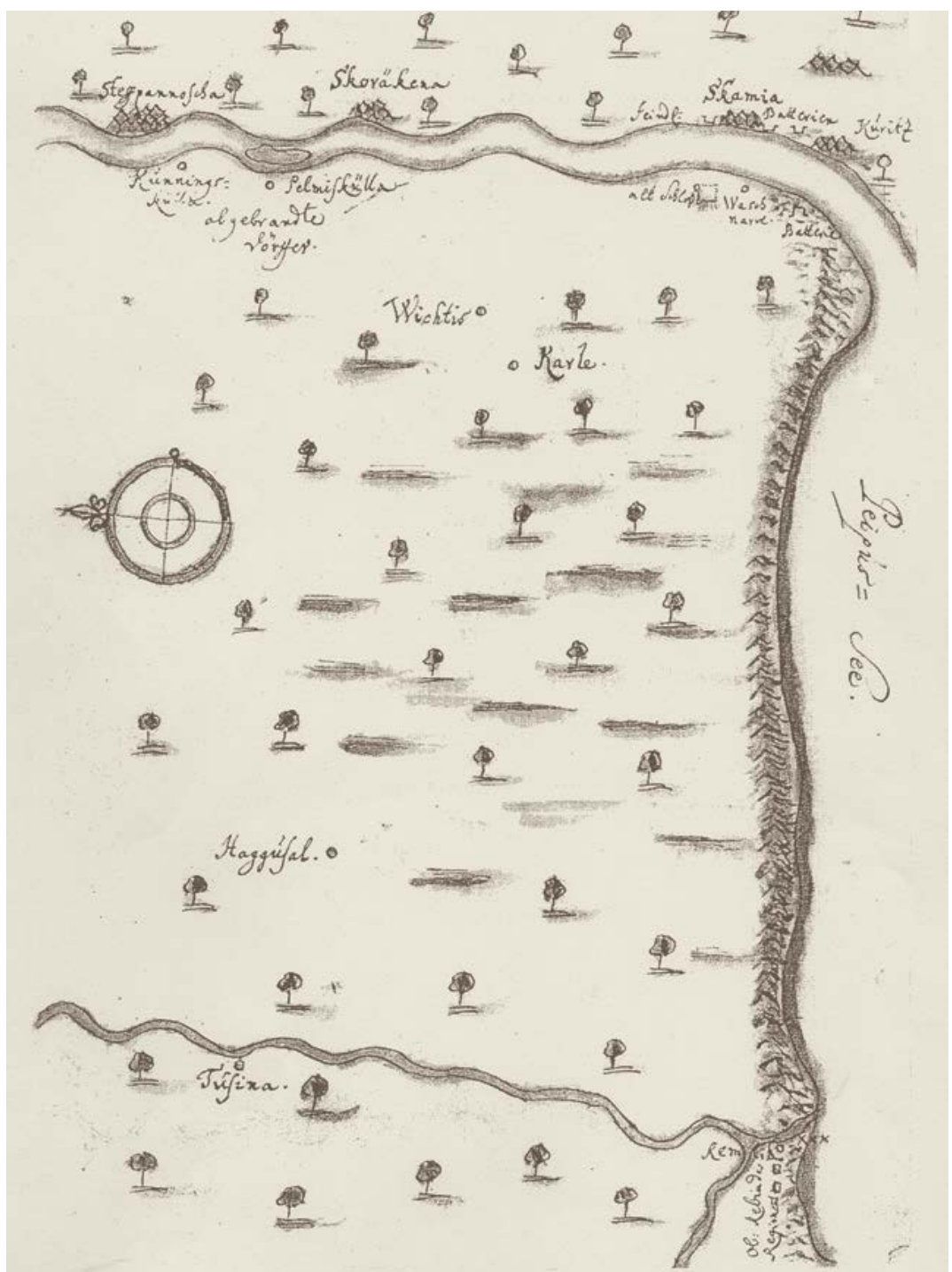
Siinkohal on huvitav, kuidas reageerisid manöövrile Vene luurajad – nimelt

edastasid nad tugevasti liialdatud andmeid, nagu oleks üle Narva jõe tulnud tohtu hulk Rootsi vägesid, mitte alla 5000 mehe. Tegevuse mõju oli niisiis tuntav.

Oktoobriks 1702 asusid rügemendid positsioonidele Vaivaras, jälgides patrullide abil endiselt olukorda Vasknarvas ja saades andmeid Vene vägede koondumisest algavaks operatsiooniks Ingerimaal. Sama kuu lõpul asus Järva rügement Tormas. Kuna Vene väed olid 1703. aasta kevadeks Ingerimaal vallutanud nii Nöteborgi kui Nyenskansi kindluse, suurenes oht Narvale ning Viru ja Läänemaa rügemendil tuli asuda Narva. Järva rügement siirdus sama aasta kevadel esmalt Rakverre ja sealt

edasi Tallinna, kuhu jõuti hiljemalt aprilliks 1703. Kaitseta jäetud idapiir oli mõistagi ahvatlev ning 1703. aasta augustis algas Narva jõe koolmetelt Vene feldmarssal Boriss Šeremetevi rüüsteretk läbi poole Eesti- ja Liivimaa.

Olukord maal oli kujunenud Rootsi võimudele väga murettekitavaks. Liivimaa välivägi oli purustatud, Eestimaa välivägi aga jaotatud laiali Narva ja Tallinna vahel. Kuigivõrd aitasid olukorda kontrolli all hoida 1703. aasta suvel Rakverre suundunud Schlippenbachi ratsa- ja traguniväeosad, ent mingit olulist efekti see samm ei andnud ja väed tõmmati Tallinna alla. Aastaks 1704 oli Tallinna suunatud ka seni Tartus asunud Harju jalaväerügement.

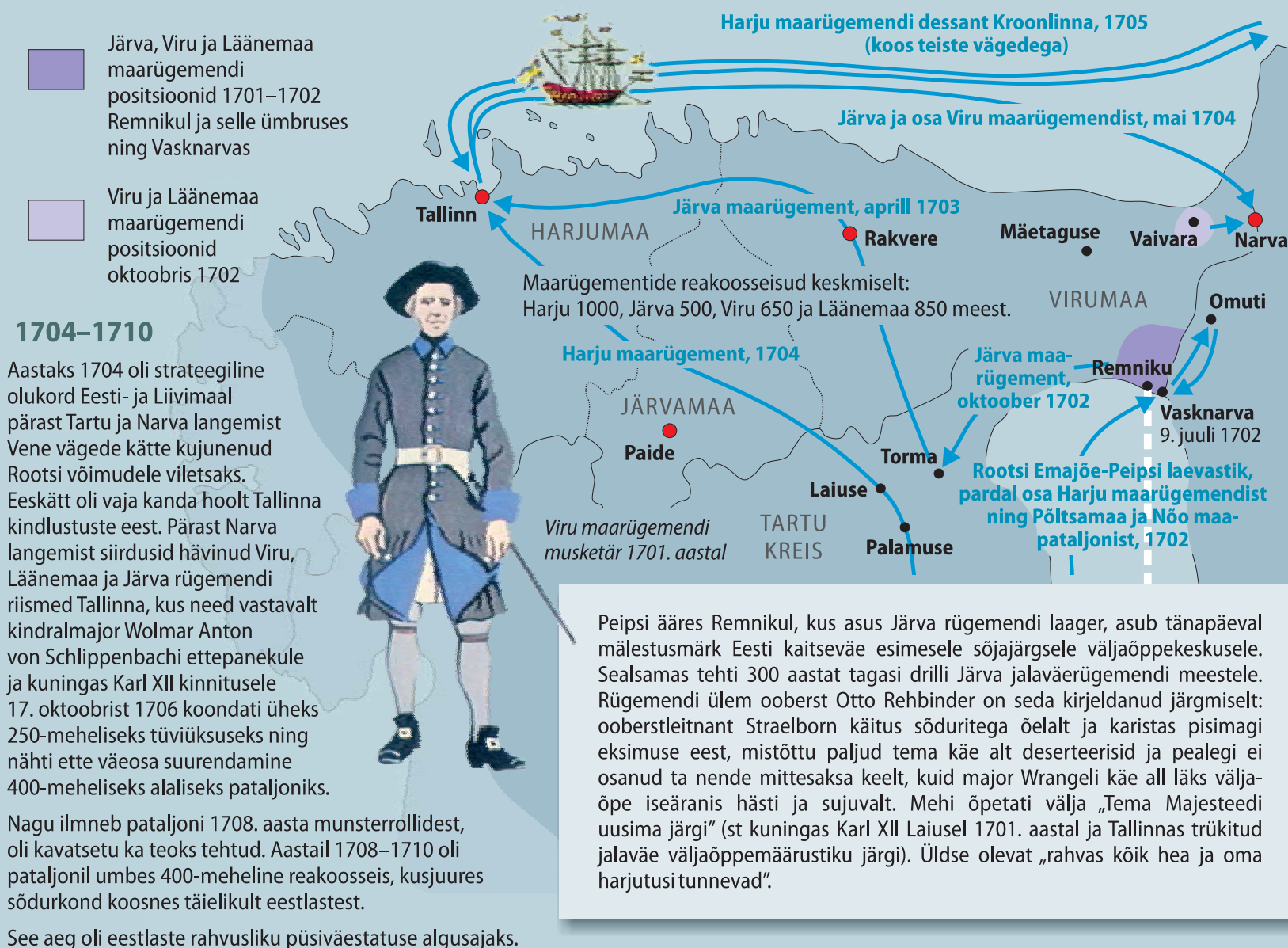


Järva maarügemendi staabis koostatud kaart olukorrast Remnikul ja Vasknarvas 1701. aasta sügisel. All on tähistatud Järva rügement kahe pataljonina Remnikul, samuti muldkindlustus. Üleval Narva jõe lähe, venelaste poolt varem maha põletatud Kuningaküla ja Permisküla, Vasknarva kindlus ning Rootsi suurtükipatarei. Selle vastas üle jõe on näha Skamjas kolm Vene suurtükipatareid, mille Eesti väeosad 9. juulil 1702. aastal pärast edukat lahingut hävitasid.

ERAKOJU

Eesti maarügementide võitlustee aastail 1701–1710

Põhjasõja alguses loodi Eestimaa alal neli maarügementi – Harju, Viru, Läänemaa ja Järva rügement, mis koosnesid eesti talurahva hulgast võetud nekrutitest ja moodustasid Eestimaa kindralkubermangu väliväe.



© PNS Infograafika / Kaarel Damian Tamre

Eesti sõduritest koosnev pataljon kui esimene Tallinna alaline garnisoniväeosa

Tallinn ei olnud Rootsi jaoks mõõgaga vallutatud linn, vaid liitunud *per pacta*, lepingu alusel. Riigipoolse garnisoni suurus Tallinnas reguleeris Gustav II Adolphi resolutsioon aastast 1629. Viimase kohaselt oli linn vabastatud kõikidest sõjakohustustest, välja arvatud linnamüüride korrashoid ja kaitse. Rootsi riigil oli õigus pidada linnas ainult ühte kompaniid jalaväge, mis oli määratud Toompea kui riigivõimu esindaja residentsi kaitseks. Linna enda kodanike kaitseks oli raad ette näinud kodanikeväe, mille liikmed olid kantud ka spetsiaalsetesse munsterrollidesse ja saanud teatud väljaõppe.

Pikaleveninud sõja tingimustes selline kaitsekorraldus end mõistagi ei õigustanud. Aastaks 1704 oli strateegi-

line olukord Eesti- ja Liivimaal pärast Tartu ja Narva langemist Vene vägede kätte kujunenud Rootsi võimudele viletsaks. Eeskätt oli vaja kanda hoolt Tallinna kindlustuste eest. Pärast Narva langemist siirdusid hävinud Viru, Läänemaa ja Järva rügemendi riismed Tallinna, kus need vastavalt kindralmajor Wolmar Anton von Schlippenbachi ettepanekule ja kuningas Karl XII kinnitusele 17. oktoobrist 1706 koondati üheks 250-meheliseks tüviüksuseks ning nähti ette väeosa suurendamine 400-meheliseks pataljoniks fortifikatsioonitööde jätkamiseks Tallinnas. Selleks tuli välja nõuda ka desertöörid ning seni Läänemaal taludes viibivad maasõdurid. Täisarvu sõdurite saamiseks tuli rakendada ka värbamist vabatahtlikkuse alusel. Kuna iga-aastaselt oli vaevarikalt kaasatud Tallinna kindlustustöödele sõdureid Soomest, tuli

tööde paremaks jätkamiseks loodava pataljoni sõdureid „informeerida kõik-sugustest fortifikatsioonitöödes vaja minevatest käsitööoskustest ning õpetada neid, kuidas korralist garnisoni-teenistust pidada“. Seejuures kinnitas kuningas, et mainitud pataljon „niihästi sõja- kui rahuaegadel alaliseks [Tallinna] meeskonnaks jääb ja iseäranis tuleb kasutada fortifikatsiooni, suurtükiasjanduse ja [Toompea] lossiehituse juures“. Pataljon tuli relvastada heade ränilukuga musketitega ja bajonettidega ning varustada heade uniformide ja lippudega. Pataljoni ülemaks sai Tallinna linnamajor (nimetatud ka staabimajoriks) Carl Johan von Hüene.

Niisiis pidi tegu olema omalaadse inseneriväeosaga otseselt Tallinna kui kindluslinna tarbeks. Nende eesti sõdurite teenistuspaik oli Toompea loss ja

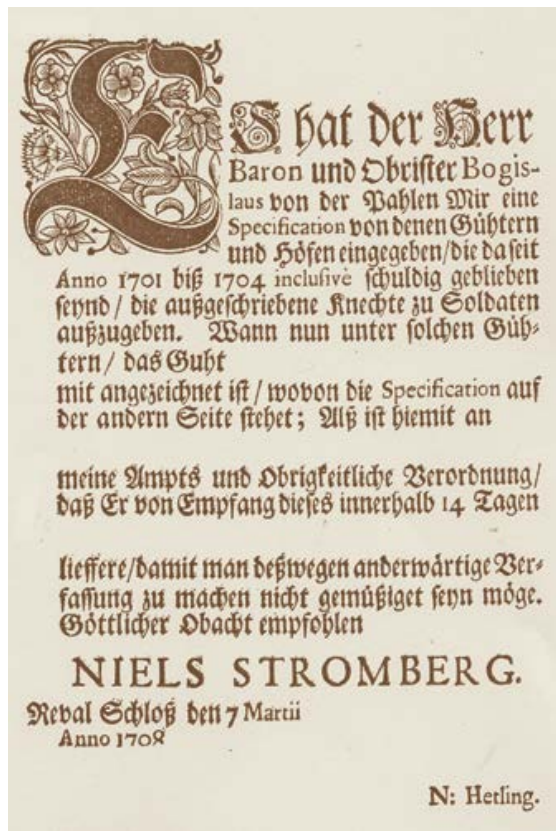
tänaseni säilinud bastionid – Harju mägi ehk Ingeri bastion ja teised. Nagu ilmneb pataljoni 1708. aasta munsterrollidest, oli kavatsetu ka teoks tehtud. Aastail 1708–1710 oli pataljonil umbes 400-meheline reakoosseis, kusjuures sõdurikond koosnes pea täiesti eestlastest. Vastavalt major Hüene kirjale Tallinna komandant Patkulile oli pataljonis müüritöö ja teiste vajalike tööde oskajaid kokku 221 meest.

Omalaadne on seegi, et kuigi tegu oli värvatud väeosaga (mis oli tavaliselt mitmerahvuseline), koosnes sõdurikond siiski ühest rahvusest meestest. Siinviidatud kuninglik konfirmatsioon annab kindla selguse, milline oleks olnud Tallinna linnapilt näiteks juhul, kui Põhjasõda oleks lõppenud Rootsi võidukalt ja Tallinn jäänud Rootsi võimu alla – eestlastest garnisoniväelased oleksid olnud linna ja Toompea lossi kindel koostisosa. See oli aga midagi täiesti uut ja tõendab, et eestlaste sotsiaalne staatus ja osakaal ühiskonnas oli Rootsi aja lõpuks teinud läbi olulise arengu. Tallinna alaline kaitse ja kindlustuste hooldamine ning ehitamine, sealhulgas ka Toompeal, oli usaldatud eesti soost sõdurite kätte. Ühtlasi oli tegu üldse esimese alalise Rootsi-aegse Tallinna garnisoniväeosaga. Sama võiks väetähiste ja muude tunnuste põhjal küll oletada ka ooberst Adam Carl De la Gardie rügemendi ja Harju jalaväerügemendi suhtes, kuid arhiivimaterjalid ei ole seda oletust kinnitanud. Tallinna pataljon ei jäänud siiski ainsaks – ka Saaremaal Kuressaares asuv Saaremaa pataljon võeti 1702. aastal korralisele riigieelarvele, nii et võib arvata, et ka saarlastest koosnev pataljon oli mõeldud linna alaliseks kaitseks.

Perekond oli sõjas kaasas

Tallinna Linnaarhiivis leidub huvitavaid andmeid linna asunud väeosade teenistusolude kohta. Sedalaadi materjalid on leitavad nn korterrollidest ja on seni olnud kasutamata.

Linnavallidel ja muudel kindlustustel ning lossis vahiteenistust pidavad sõdurid olid majutatud kas linnakodanike juurde seespool linnamüüri või siis tuli neil jääda kehvmatesse oludesse eeslinnas või sõjaväebarakkides. Korter tähendas tavaliselt sõduri jaoks kambrit koos voodi ja voodipesuga. Lisandusid köögi ja majapidamistarvete kasutusõigus, sealhulgas ka vürtsid, sool, äädikas, pipar ja muud konserveerimisvahendid, mida kokku nimetati *soolane, magus ja hapu*. Peremehel



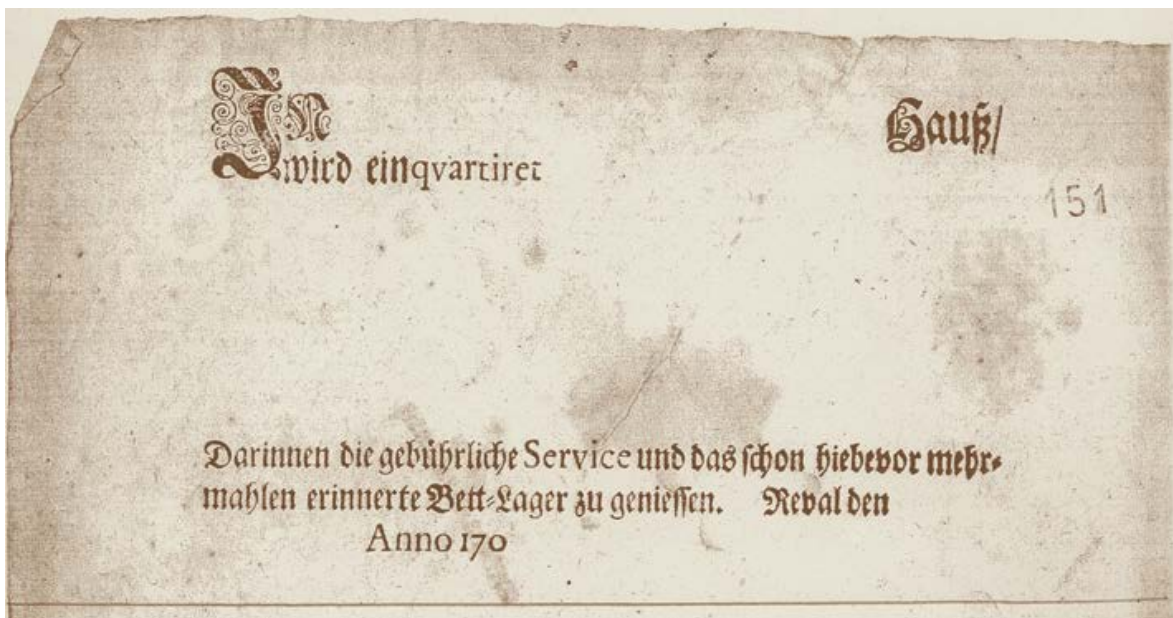
Harju maarügemendi nekrutikutse blankett 1708. aastast. Tühikusse kirjutati mõisa nimi ja võetava nekruti nimi, kes siis 14 päeva jooksul tegevteenistusse pidi ilmuma.

tuli juurde anda ka küünlaid. Lisaks tuli arvestada, et vähemalt pooltel sõduritel olid kaasas ka naine ja lapsed.

Välja anti spetsiaalsed trükitud ja täidetavate lahtritega kviitungid, mis kinnitasid, et need ja need isikud on korterisse asunud selles ja selles majas ning peavad saama nautida vajalikku teenindust (*Service*) ja ülalpidamist. Majutatavate kohta koostati väeosa staabis nn majutusnimekirjad, kuhu kanti sisse sõdurid ja ohvitserid ning millisesse majja ja kelle juurde nad on majutatud. Nimekirjade põhjal arves-

tati riigi poolt tasa ülalpidamiseks kuluvad nn korterirahad. Tavaliselt toimiti nii, et pooled väeosa mehed majutati sissepoole linnamüüri, pooled eeslinnadesse ja barakkidesse ning vajadusel kortereid vahetati. Eeskätt püüti majutada jõukamate kodanike juurde või sinna, kus oli rohkem ruumi, näiteks leskede juurde.

Paar näidet: Järva rügemendist elasid 1703. aasta jaanuari seisuga musketär Jürgen Kespersion (tegu on sõdurinimedega, rahvuselt olid Järva rügemendi sõdurid eestlased) koos oma ülema, kapten Johan Friedrich Ulrichiga tänaseni kuulsa nimega tallinlase Herman Vegesacki juures, musketärid Jürgen Johanson, Marten Jürgenson, Lorenz Johanson ja kapral Hinrich Johanson aga elasid tuntud kaupmehe Johan Lantingu juures. Jaanuaris 1704 elasid sama väeosa musketärid Hans Jacobsso, Hans Jürgensson ja Marten Hansson advokaat Pfeifferi juures. Harju rügemendist elas 1707. aastal rügemendi ülem Bogislaus von der Pahlen ise Corbmacheri majas, ooberstleitnant Bistram enda isiklikus majas, novembris 1709 elasid Harju rügemendi musketärid Wesky Jack ja Korty Thomas linnasekretär Witte juures Harju tänaval, grenaderid Nonny Tönno (viibis alates 16. oktoobrist 1709 koos veltveebel Salomon Weidmaniga Stockholmis komanderingus) ja Andres Jürgenson elasid Andres Haxi lese juures Laial tänaval Oleviste kiriku vastas, plats 17. Sama väeosa musketärid Kortzo Tönno ja Jürri Jacko Matz asusid aga korteris Halderi majas Niguliste kiriku vastas, plats 11.



Põhjasõja-aegne (1700–1710) Tallinna garnisoni kortermajutuse blankett. Tühikutesse kirjutati maja number, aastaarv ja majutatud, kellele korterimanik pidi tagama teeninduse ning vajalikud voodi- ja muud majutustarbed (*Service, Bett-Lager*).

1. P. Corporale / Regent	Numero	Grenaderare	Major
Corporall	1	Schefe Hans?	L
	2	Pawato Adam	L
	3	Friedrich Nick	L
	4	Wanna Faltj Hans?	L
	5	Perrakülla Mart	L
Grenaderare	6	Kassij Fahnij Fahn	L
	7	Uhlstallo Hans?	L
	8	Laimich Nick	L
	9	Ohste Thomas?	L
	10	Nicko Thoma Fahn	L
	11	Fromhold Kasper	L
Musketäre	12	Londa Pönno	L

Harju maarügemendi munsterroll 1710. aastast. Loetelus on nii grenaderid kui ka musketärid.

Tuleb silmas pidada, et varauusajal ei valitsenud veel nii kindel eraldusmüür militaar- ja tsiviilelu vahel nagu tänapäeval, ja nii juhtuski, et veel Põhjasõja ajal võtsid ka eesti sõdurid oma perekonnad sõtta, täpsemalt Tallinna garnisoniteenistusse kaasa. See tõi majutuses kaasa muidugi lisakoormuse. Abiellumus oli Tallinna Põhjasõja-aegses garnisonis nii eesti kui teistest rahvustest sõdurite hulgas üsna kõrge. Majutusnimestike põhjal selgub, et näiteks 75 protsenti Järva jalaväerügemendi sõduritest olid jaanuaris 1703 abielus. Major Hüene pataljoni majutusnimestikku on 1709. aasta seisuga märgitud 416 reameest ja allohvitseri koos 224 naise ja 280 lapsega, Harju maarügemendis 949 reameest koos 448 naise ja 49 lapsega. Kahe viimase väeosa sõduritest olid abielus niisiis umbes pooled. See tsiviilkontingent on akadeemilises ajalookirjutuses sageli või

õigemini peaaegu alati kas ära unustatud või on sellest mööda vaadatud. Samas aitab see sotsiaalne kategooria tunduvalt paremini mõista eelindustriaalse ajastu olemust. Naised ja lapsed võisid olla sõdurist perekonnapeale nii õnnistuseks kui ka õnnetuseks – nad võisid iseseisvalt teenides tuua sõduripajukile lisa, kuid olla ka koormaks. Nende suur hulk näitab, et pigem aitasid nad karmi sõdurieleu harmoneerida ja pere sõdurileivale ning palgale lisa teenida.

Tallinna piiramise ajaks 1710. aasta septembris koosnes linna kaitsev garnison umbes 40 protsendi ulatuses eesti sõduritest.

Sõlmime otsad kokku

Mis sai Rootsi armees teeninud eestlastest pärast sõda? Ametlikult sunniti neid Vene ja balti-saksa võimude koostöös minema tagasi oma päritolukohta

maale. Samas oli nende edasine staatus siiski mitte päris samasugune kui hari-likel pärisorjast adratalunikel, rääkimata neist vähestest, kes olid tõusnud ohvitseriks ja oma sotsiaalse staatuse säilitasid. Sõjajärgsetes revisjonides on nende staatus markeeritud kui *on vana sõdur* või *on tragun olnud* jne. Esimestest Vene võimu aegsetest revisjonidest ilmneb, et Rootsi väeosades teeninud talupoegi on püütud isegi väeosade kaupavastada, arvatavasti ka poliitilise meelsuse väljaselgitamiseks. Pealegi oli maal ju alles hiljuti käinud talurahva partisanisõda Vene vägede vastu, külladesse oli aga massiliselt paigutatud Vene sõjaväelasi.

Käesoleva artikli eesmärk oli näidata Eesti alal 17. sajandi lõpul ja 18. sajandi algul aset leidnud sotsiaalmajanduslikke protsesse, lähtudes ajastu enda iseloomust. Sel juhul saavad vastuse mitmed seni kokku sõlmimata küsimused, nagu talupoegade vabastamine, talurahvaharidus ning armeeteenistus. Nende andmete baasil on õigustatud üldistus – vana hea Rootsi aja fenomeni taga seisis Rootsi kuninga Karl XI soov lõimida eesti ja läti talupojad Eesti- ja Liivimaa üldisesse sotsiaalmajanduslikku ühiskonnamuistrisse. Ühtlasi oli see aeg, kus eestlaste ja lätlaste kohta on kasutatud mõistet *rahvus* tänapäevase, etnilises kontekstis. ●

KASUTATUD ALLIKAD JA KIRJANDUST

- Rootsi Riigiarhiiv: Livonica II, 259, Estlands generalguvernörens inkomna brev; Estländska Reduktionskommissionens arkiv E:1; Militära samlingen, administrativa handlingar, rörande armén M 758, 759; Kommitéarkiv. Kommendanten i Narva.
- Rootsi Sõjaarhiiv: Rullor 1703–1710.
- Tallinna Linnaarhiiv: F. 230, n.1, s-ü Be 36, Be 36 II.
- Christian Kelch. Liivimaa ajaloo järg. Tõlkinud Ivar Leimus. Tartu, 2009.
- Eesti ajalugu II. Tartu, 2012.
- Kalle Kroon. Kolme lövi ja greifi all. Tallinn, 2007.
- Aleksander Loit. Pärisorjuse kaotamine Eestis Rootsi ajal. Kleio nr 1, 1996.
- Margus Laidre. Üks hä tru ja õige Sullane: Eestlastest Rootsi armees XVII sajandi lõpul. Akadeemia nr. 3, 1993.
- Margus Laidre. Üks hä tru ja õige sullane. Elust Rootsi sõjaväes Eesti- ja Liivimaal 1654–1700. Eesti Ajalooarhiiv, Tartu, 1999.
- Marten Seppel. Kroonutalupoegade seisund Liivimaal 17. sajandi lõpus. Tuna nr 2, 2005.
- Svenska Akademiens Ordbok över Svenska språket.

AUTORIST

KALLE KROON (1966) on ajaloolane, *magister artium*, tegutseb uurijana Rootsi õigusteaduste instituudis. Pühendunud eeskätt varajase uusaja ja uusaja teemadele.

Toidu sensoorset analüüsil on kaalukausil maitse, lõhn ja välimus

Tarbija jaoks on oluline, et toit maitseks hea, näeks välja isuäratav, oleks toitev ja tervislik ning sobiva hinnaga. Et see nii oleks, tuleb toidu kvaliteeti hinnata. Üks oluline hindamisviis on ka sensoorne analüüs, mida teevad assessorid ehk hindamiskeskkonnad.

CORBIS / SCANPIX



Sensoorne analüüs on toote organoleptiliste omaduste hindamine meeleelundite abil. Selle protsessi käigus reageerivad retseptorid kui meeleelundi spetsiifilised osad toote kui ärritaja suhtes. Sensoorset analüüsi kasutatakse nii toidu säilivuse ja kõlbulikkuse hindamisel, teadusuuringutes, toidutööstuses kui ka turu-uuringutes. Sensoorne analüüs võimaldab tootjal teada saada, kuidas tarbija tootesse suhtub, võrrelda oma toodet konkurendi omaga, parandada toote kvaliteeti, otsustada, kas muuta toote omadusi ning tootmisprotsessi, kas investeerida. Teisalt võimaldab see anda tarbijale kindlustunde, et toote kvaliteet on stabiilne.

Sensoorset analüüsi rakendatakse edukalt ka näiteks sordiaretuses, kus hinnatakse ja võrreldakse uute sortide organoleptilisi omadusi olemasolevate sortide omadustega. Samuti uuritakse sel viisil näiteks vilja kvaliteedi muutust säilitamisel mitmesugustes tingimustes, muidugi eesmärgiga piken-dada säilivusaega. Sensoorse analüüsi põhjal saab kindlaks määrata marjade õige koristusküpsuse ning uurida mitmete tegurite, nagu kasvukeskkonna, väetiste, pinnase ja kliima mõju marjade-puuviljade kvaliteedile.

Kujundades terviklikku subjektiivset hinnangut

Toidu omadused mõjutavad toidu kvaliteeti. Viimast võib käsitleda kui toote omaduste kogumit, mis rahuldab tarbija eeldatavaid ja kindlaksmääratud

Toidule antav hinnang sõltub nii toote omadustest, hindajatest kui ka hindamistingimustest.

vajadusi. Tarbija erinevate vajaduste ja arusaamade tõttu erinevad ka nende soovid ja ootused. Üldjuhul oleneb hinnang suurel määral inimese sotsiaalkultuurilisest taustast.

Toidu sensoorse kvaliteedi määravad omakorda toidu organoleptilised omadused, nagu välimus, lõhn (aroom), tekstuur ja maitse, mida hinnatakse meeleelundite aistingute abil. Toidule antav hinnang sõltub nii toote omadustest, hindajatest kui ka hindamistingimustest.

Toiduaine sensoorse analüüsi puhul on oluline aistingute teadlik meeldejätmine. Assessor ehk hindamiskspert erinebki tavatarbijast selle poolest, et ta on kogemustega ja koolitatud madala tundlikkusläävega hindaja.

Assessori ülesanne on avastada, määrata, ära tunda või eristada toidu-proovi organoleptilised omadused, mis võiksid muuta toidu ebameeldivaks või ebatervislikuks ning hinnata toote vastavust kvaliteedinõuetele. Toidu omaduste äratundmisega seotud ülesanded eeldavad kogemust, aga ka vastava sõnavara tundmist, mis kajastub näiteks vastuvõetud otsustes nagu *meenu-tab naha lõhna, maitse lagritsa maitse*

sarnane, fleiv täidlasem, märja koera maitse jne.

Sensoorsel analüüsil hinnatakse toote meeldivust, omaduse intensiivsust ja ka kõrvalekallet standardist või etalonist. Niiviisi kujuneb toiduproovi organoleptiliste omaduste kohta terviklik subjektiivne hinnang.



Silmaga mõõtes

Suure osa infost toidu välimuse kohta saab toidu hindaja nägemisaistingu abil. Meeldiva välimusega tooted mõjuvad ahvatlevalt, kaunilt garneeritud roog äratav söögiisu. Öeldakse ju, et inimene sööb silmadega. Hinnangut toidu välimusele mõjutab ka pakend, samuti nõud, milles roog serveeritakse, ja keskkond, kus toitu pakutakse.

Toidu välimus moodustub mitmest omadusest. Tahke toidu, nagu näiteks marjade, puuviljade, kala, juustu ja leiva puhul on oluline kuju, suurus ja pind. Vedela toidu (sealhulgas joogi) väljanägemise määravad suurel määral läbipaistvus, selgus ja läige.

Toote välimusele hinnangut andes pöörataksegi tähelepanu värvile, väli-sele kujule ja suurusele, tekstuurile ning tuhmusele või läikele.



Toidu välimuse oluline osa on ka värv. Toit võib olla talle omast naturaalselt värvi, aga sellele võib olla lisatud välimuse parandamise eesmärgil täiendavalt loodusliku päritoluga või sünteetilisi toiduvärve (E-aineid). Värv võib moodustuda ka toidus kulgevate keemiliste reaktsioonide tulemusena kuumtöötlusel, nagu liha pruunistumine või saiale tekkinud kuldne koorik. Värv põhjal võib määrata näiteks marjade ja puuviljade küpsusastet, köögiviljade värskust, roa küpsusastet (näiteks liha või kala värvi muutusi), toiduvalmistamise õnnestumist (näiteks köögiviljade värvi säilimine), kohvi röstimise astet, veini kvaliteeti jne.

Ka värvi kirjeldamiseks peab hindaja tundma vastavat sõnavara. Üksnes paar-kümmend selles kontekstis kasutatavat väljendit väljendavad värvi põhiolemust kindla sõna abil, nagu *sinine*, *beež*, jne. Mitusada värvinimetust kujutavad endast värvitoonidest, küllastusest ja eredusest moodustatud kombinatsioon, nagu *heleroheline*, *eresinine* jne. Värvide määratlemiseks kasutatakse ka vastava tooniga seonduvate objektide nimetusi: *korallpunane*, *smaragdroheline*, *oliivroheline* või erinevate kollaste toonide eristamisel näiteks *mesikollane*, *kuldkollane*, *õlgkollane* jne.

Värv mõjutab lõhna ja maitse hindamist. Näiteks punase toonid võivad mõju avaldada pohla, maasika või vaarika aroomi äratundmisele joogis. Samas on punaseks värvitud joogis raskestatud apelsini või sidruni aroomi tuvastamine.

Paljude toiduainete kvaliteeti mõjutavad otseselt nende kuju, suurus ja visuaalne (pinna-) tekstuur, mis on samuti silmaga tajutavad. Nii sõltub leivapätsi kvaliteet sellest, kui korrapärase ja proportsionaalse kujuga see on, kui sile on koorik, kas puiste on jao-

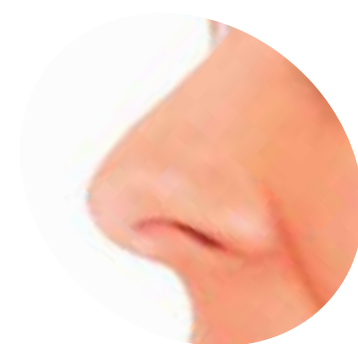
tunud ühtlaselt, kui hästi on leib kerkinud ja milline on sisu poorsus. Pinna siledus on oluline kvaliteedinäitaja ka

näiteks šokolaadi puhul. Šokolaadikompleksi konarlik, krobeline pind ja hallikas toon on kvaliteediviga.

Visuaalsel vaatlusel aistitakse veel järgmisi tekstuuriomadusi:

- siledust, helbelisust, klimbilisust, näiteks kastmel, pudingil, pudrul;
- kõvadust, poorsust, näiteks juustul, leival;
- tasasust, näiteks pitsapõhjal, piparkoogil;
- augulisust, näiteks juustul;
- kristallilisust, näiteks suhkrul, likööril Kännu Kukk;
- lehelisust lehttaignast küpsetisel;
- voolavust, mullilisust, vahutavust vedelate toitide ja jookide puhul jpm.

Saia välimus, vorm ja sisu poorsus on otseselt seotud valmistamise tehnoloogiaga, nisujahu küpsetusomadustega ja taigna kerkimisega. Saiakooriku kuldpruun värvus on tingitud Maillard'i reaktsioonist ning suhkrute karamellistumisest toote küpsetamisel. Kotleti välispinna pruun värv oleneb samuti Maillard'i reaktsioonil tekkinud ühenditest, mis mõjutavad maitse- ja lõhnaomadusi. Kohvi pruuni värvuse intensiivsus ja maitse sõltuvad kohviubade röstimisastmest. Juustu kuju ja **suurus** olenevad juustutüübist ning augustuse eripära (harvad suured augud või tihe ühtlane augustus ehk pitsiline muster) menetlusviisist. Porgandi koonusjas kuju oleneb porgandi sortist.



Ninaga hinnates

Lõhn on toidu organoleptiline omadus, mida inimene tajub oma lõhnaanalüsaatori ehk nina abil. Isegi sarnase keemilise struktuuriga ained erinevad lõhnatoonide poolest – väidetavalt on olemas üle 400 000 lõhnaühendi.

Lõhnaaistingu tekitab enamasti gaaside segu, mille nuusutamisel satuvad kergestilenduvate ühendite molekulid koos sissehingatava õhuga ninasõõrmetesse, kust kanduvad nina ülemise piirkonna limaskestast haistmisepiteelil asetsevate retseptoriteni, mis reageerivad lenduvate

ainete suhtes ning tulemuseks ongi lõhna tajumine. Ajju edastatud signaali tulemusena tekib inimesel vastav käitumismuutus – söögiisu, hirm, meeldiv emotsioon või vastikustunne.

Toidus leiduvaid lõhnaaineid tajutakse nii söögi nuusutamisel kui ka mälumisel ja allaneelamisel. Paljud aroomid on tajutavad üksnes siis, kui toimub ensümaatiline reaktsioon toiduaine pinnal, nagu näiteks sibula vahetul lõikamisel. Harjumine lõhnaga on eri lõhnade puhul erinev, näiteks küüslaugu lõhnaga harjumine võtab aega koguni 45 minutit.

Lõhna meeldivust või ebameeldivust tunnetatakse kultuuriti erinevalt. Üldiselt peetakse meeldivaks marjade ja puuviljade lõhna. Erandiks on Kagu-Aasias kasvav durian, mida maitseomaduste poolest peetakse kuninglikuks viljaks, kuid mille lõhn on väga ebameeldiv. Mõni lõhn võib olla ühel juhul meeldiv ja teises olukorras mõjuda ebameeldivalt. Näiteks isopalderjanhape on juustus meeldiv, kuid higis eemalepeletav. Väike kogus väävliühendit piimas on hea aroomitäiendus, kuid suuremas koguses osutab lõhnaveale. Mõni ühend võib olla ühes toidus soovitatav lõhnakomponent, teisel juhul aga lõhnaviga – näiteks diatsetüül annab võile omase tüüpilise aroomi, aga on õlles aroomiviga. Üsna sage veini aroomi- ja ka maitseviga on nn maakeldrilõhn (tuntud ka kui korgiviga), mida põhjustab 2,4,6-triklooranisool. See keemiline ühend tekib mikroobide elutegevuse tulemusena juhul, kui korgimaterjalisse jääb puhastusjärgselt klooriühendeid.

Väga ebameeldiva lõhnaga on roiskunud kala ja liha, sest valkude lagunemisel bakterite toimel tekivad mitmesugused amiinid.

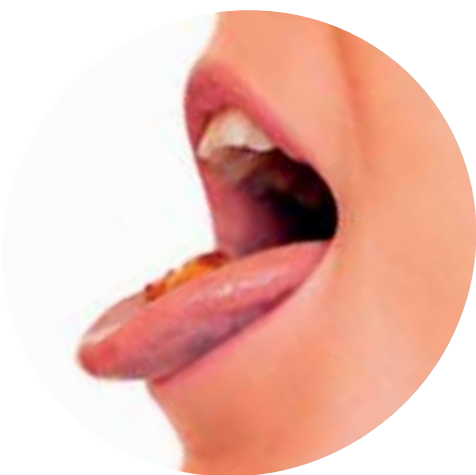
Enamiku toodete, samuti puu- ja köögiviljade ning marjade lõhn on kombineeritud ja kujuneb tehnoloogilisel töötlemisel (näiteks leiva küpsetamisel) või viljade-marjade valmimisel.

Mõni lõhn võib olla ühel juhul meeldiv ja teises olukorras mõjuda ebameeldivalt. Näiteks isopalderjanhape on juustus meeldiv, kuid higis eemalepeletav.

Inimese lõhnatundlikkust mõjutavad meeleolu, nälja- ja täiskõhutunne. Valgus, temperatuur ja näljatunne suurendavad lõhnatundlikkust. Juba ühe päeva vanused imikud reageerivad halvale lõhnale. Inimene on tundlik hoitavate lõhnade – gaasilekke, kõrbelõhna ja suitsu suhtes. Raseduse puhul võib lõhnaeelistus muutuda, kuid enamasti lõhnatundlikkus suureneb. Haigestumisel, eriti nohu korral on lõhnatundlikkus oluliselt vähenenud ja tugeva nohuga ei pruugi lõhna üldse tunda. Assessor nohusena töötada ei saa.

Nuusutamisel võib mõneks ajaks pärast õhu väljahingamist lõhnajälg jääda püsima, seetõttu on lõhnaproovide sensoorsel analüüsil oluline ninale puhkust anda.

Lõhnade tajumisel esineb mitmesuguseid anomaaliaid. Lõhnatundlikkuse häired on sageli seotud psüühiliste ja psühhosomaatiliste haigustega. Anosmia puhul inimesel lõhnatundlikkus puudub, hüposmia osutab lõhnatundlikkuse vähenemisele, hüperosmia korral on tegemist haistmismeele ülitundlikkusega. Hüperosmikud on eriti hinnatud assessorid, sest nende lõhnatundlikkuslävi on väga madal ning nad tajuvad ja eristavad lõhnu oluliselt paremini kui teised.



Käe ja keelega katsudes

Toidu kvaliteeti näitavad ka tekstuuriomadused, mida saab hinnata nii visuaalselt kui taktiliselt ehk kompimise teel, aga ka kuulates. Taktiliste ehk puuteaistingute kõrval eristatakse veel ka kinesteetilisi, mis tekivad erinevate lihaste liikumisel (närimine, leiva lõikamine). Nimetatud aistinguid tajutakse kas vahetult hammustamisel, närimise ja allaneelamise ajal või pärast seda. Paljude toitude puhul ongi üheks olulisemaks organoleptiliseks omaduseks just tekstuur – toote omadused, mis on tajutavad visuaalselt



ning mehaaniliste ja puuteretseptorite ärritamisel nii suus kui ka käega kompimisel.

Visuaalselt saab eristada vedelaid, määrdelisi ja muid taolisi omadusi ning struktuuri geomeetrilisi omadusi, nagu kristallilisust, ümarust, pulbrilisust.

Suupuuteaistingu abil tajutakse kõvadust, vintskust, muredust, kleepuvust jne. Sõrmede abil hinnatakse kõvadust, elastsust ja struktuuri geomeetrilisi omadusi (helbeline, kare, teraline).

Sageli kasutatakse ka mõistet konsistents, mis kirjeldab vedelike ja pooltahkete toitude omadusi: tihe, paks, vedel, õline, pastataoline jne.

Tekstuuri kirjeldavad omadused ja terminid jagatakse kolme rühma:

- mehaanilised omadused – määratakse surve põhjal, mis tekib toidu hammustamisel ja mälumisel hammaste ning keele ja suulae abil; mehaanilistest omadustest olulisimad on kõvadus, venivus, kleepuvus, elastsus ja tihedus;
- geomeetrilised omadused, mis on seotud suuruse, vormi ja osakeste asetusega ning on tajutavad visuaalselt;
- välispinna omadused – sõltuvad niiskusest ja rasvasisaldusest.

Toidu tekstuuriomadusi kirjeldavad assessorid järgmiste väljenditega: mure, plastiline, sitke, vintske, teraline, limane, kuiv, poorne, rabe, vahutav, vedel, õhuline, kristalliline, kiuline, kleepiv, kummine, vahane, rasvane või siis ka krudisev ja ragisev. Viimased kaks omadust on tajutavad kuulmisaistingute abil.

Toidu tekstuuriomadusi mõjutavad mitmesugused tegurid. Näiteks porgandi mahlakus oleneb sordist ja selle küpsusest on seotud krõmpsuvusega hammustamisel ning naksuvusega murdamisel. Vesine ja pehme või nätske hapukurk saadakse, kui on tehtud vigu hapendamisprotsessis või on valitud hapendamiseks ebasobiv sort.

Kuidas lävesid mõõta?

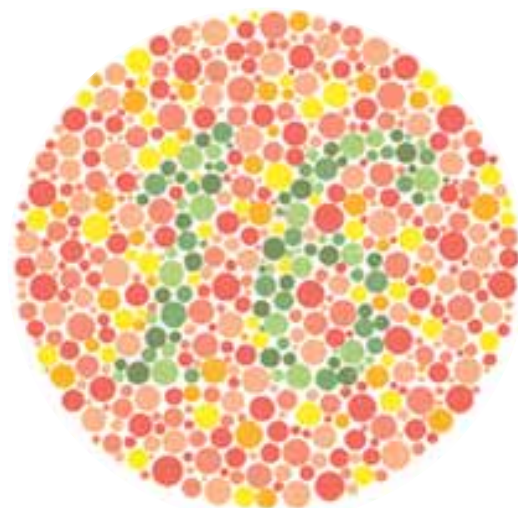
Ekspertide meeleelundite tundlikkuse hindamiseks on välja mõeldud hulk katseid, mis aitavad välja selgitada nii värvinägemisvõimetust kui ka maitse- ja haistmisvõimetust. Samuti leidub hulgaliselt teste, millega määrata erinevaid tundlikkuslävesid, nagu näiteks absoluutne tundlikkus või eristustundlikkus, ja hinnata treenituse taset. Selleks kasutatakse põhimaitselahuste ja lõhnaainete erinevaid, kuid võrdlemisi nõrkade kontsentratsioonidega lahuseid.

Kuna lõhna- ja maitsetundlikkus on inimestel kaasa antud individuaalne omadus ja seda mõjutavad eluviis (alkoholi ja kohvi liigtarbimine, suitsetamine), mitmed haigused ja kõrge vanus, siis on hindajate meeleelundite tundlikkust vaja teatud perioodi möödumisel kindlasti testida.

Lugejale, kes ehk sooviks ka oma lõhnatundmisvõimet proovile panna, võib soovitada üht lihtsat katset – nuusutada 1-protsendilist äädikhappelahust ja 5-protsendilist piirituselahust. Kes nende lahuste lõhna ei tunne, on anosmik. Loomulikult peavad lahused olema korrektselt valmistatud ja hindamiseks sobivates pudelikestes. Tõelise testimise puhul on proovid kodeeritud ning hindaja ei tohi teada, mis lõhnaainet ta aistib.

Maitsetestide lahuste valmistamine on keerukam ja selle võime mõõtmiseks lihtsaid lahendusi pakkuda pole.

Seevastu värvinägemisvõimetuse testimiseks on olemas spetsiaalsed pildid, millel on erinevad kujundid, kas tähed või numbrid või mõlemad, kusjuures punase-, sinise- ja rohelisepimedate avastamiseks on kasutatud selliseid värvitoone ja taustavärve, mis osalise värvipimeduse puhul ei võimalda kujundit taustast eristada. ●





FOTOD: EESTI PÕLLUMAJANDUS-KAUBANDUSKODA

Viisteist aastat maitsete tunnustamist

Eesti Põllumajandus-Kaubanduskoda annab 1998. aastast alates välja toidu-kvaliteedimärke – esimene neist oli ristikumärk, aastal 2000 lisandus sellele pääsukesemärk. Nende omistamisel etendab sensoorne analüüs olulist, isegi määravat osa.

Maitsemärkide omistamisel hinnatakse toodete vastavust kehtivatele kvaliteedinõuetele just meeleeelundite aistingute abil.

Eesti Põllumajandus-Kaubanduskoja avalike suhte juht Malle Lind selgitab, et hindamise esimeses etapis vaatab EPKK läbi kõik esitatud toodete füüsikalise-keemiliste ja mikrobioloogiliste laborianalüüside tulemused ning kontrollib nende vastavust Eestis kehtivatele standarditele või nende puudumisel tehnospetsifikatsioonidele. Kõik tooted, mis vastavad nõuetele, võivad osaleda sensoorsel hindamisel.

Toodete hindamiseks ostavad EPKK töötajad koos ekspertidega hindamise eelneval päeval kõik hindamisele minevad tooted ettevõtete soovitatud jaemüügivõrgust. Anonüümsuse huvides ostab lihatoode näiteks piimaekspert, kalatoode pagaritoodete ekspert jne.

Tooted osalevad sensoorsel hindamisel anonüümselt, st eksperdid ei tea, kes on toote valmistaja. Kõik valmistajale viitavad sildid ja/või pakendid kas eemaldatakse, kaetakse kinni või toode pakitakse lahti vahetult enne hindamist. Hindamise ajal garanteerib EPKK toodete anonüümsuse šifreerimissüsteemi abil.

Toodete sensoorsel hindamisel on põhiohk maitsele, lisaks maitsele hinnatakse veel toote välimust, konsistentsi ja lõhna. Hindamine toimub hindamislehtede alusel; kvaliteedimärgi kandmise õiguse omandamiseks peab toode koguma vähemalt neli punkti viiest.

Kui sensoorne hindamine on lõppenud, dešifreerivad EPKK töötajad toodete koodid ja teevad hindamisest kokkuvõtte. ●



Toodete sensoorne hindamine Tunnustatud Eesti Maitse konkursil.



Toiduainete sensoorse analüüsi puhul on oluline aistingute teadlik meeldjätmine. Assessor erineb tavatarbijast selle poolest, et ta on kogemustega ja koolitatud madala tundlikkuslâvega hindaja.

Maitse sünnib keemiast

Maitse on toidu omadus, mis kutsub esile maitseaistinguid. Toidu maitse on seotud vees lahustuvate keemiliste ainetega. Keemiliste ainete maitset jagunevad viieks põhimaitseks: hapu, magus, soolane, mõru ja umami. Nende puhaste maitsete esindajateks on vastavalt viinhape, sahharoos, keedusool, hiniin või kofeiin ja naatriumglutamaat. Umami on meeldiv maitse, mida tekitab naatriumglutamaat, ja seda kirjeldatakse nn täissuu või lihapuljongi maitseks.

Inimese maitsetundlikkus oleneb sülje pH-st, söögist, tervislikust seisundist ja muudestki mõjuritest. Maitseanalüsaatori adaptatsiooni kiirus on põhimaitsete suhtes erinev – kiiremini harjutakse magusa ja soolase maitsega. Proove peab maitsma nii, et need valguksid üle kogu keele, sest ainult siis on võimalik tuvastada võimalikke põhimaitseid. Näiteks keele otsaga maitstes tajutakse üksnes magusat maitset, mõru maitse kindlakstegemiseks peab proov sattuma keele tagumisele osale ning hapu ja soolase tunnetamiseks keele külgedele.

Põhimaitsete segus ei saa ühte põhimaitset täielikult varjata, kuid on võimalik suurendada või vähendada selle intensiivsust. Iseloomulik on ka selline nähtus nagu maitse kontrast. Kontrasti korral väga nõrgad soolalahused suurendavad tundlikkust magusa maitse suhtes ja magus omakorda suurendab tundlikkust hapu maitse suhtes. Seega tuleb toidus vähese soolakoguse lisamisel paremini esile ka magus maitse. Liiga hapu marinaadi teeb meeldivaks suhkur, mis on hapu maitse tugev tasakaalustaja.

Hindaja maitsmismeelt võib aga petta niisuguse aine abil, mis muudab mõne teise aine maitsetunnetust, näiteks kuiv vein tundub pärast artišoki söömist magus.

Maitseaistingute hulka kuuluvad ka fleiv ning trigeminaalsed suuaistingud. Fleiv ehk maitselõhn on haistmis- ja

maitsmisaistingute kombinatsioon ning seda tajutakse maitsmisel. Fleivi tajumisel võib eristada kolm etappi: lõhna hindamine toiduproovi nuusutamisel enne maitsmist; fleivi hindamine toidu maitsmisel; järelmaitse hindamine – aistingud, mida tajutakse pärast toidu allaneelamist. Trigeminaalsed suuaistingud on seotud kolmiknärvi ärritusega – need on ärritava iseloomuga, tekitavad kõha ja kipitust kurgu tagumises osas. Keemilistest ärritajatest on tundlikkus tavaliselt kõige suurem mädarõika, tsilli, ingveri, sibula ja mentooli suhtes.

Maitsetundlikkust mõjutavad mitmesugused tegurid:

- toidu tekstuur ja värvus; näiteks siniseks värvitud vaarikalimonaadis ei tunda vaarika maitset ära;
- lisandid, näiteks süsihappegaas, suhkur, sool, naatriumglutamaat;
- valgus – näiteks pool tundi pimedas viibimist vähendab maitsetundlikkust põhimaitsete suhtes ligi nelikümmend protsenti;
- temperatuur – palavas ruumis maitsetundlikkus väheneb; jookide puhul on välja kujunenud kindlad serveerimistemperatuurid, mille juures on jookide maitse- ja lõhnaomadused parimad: näiteks vahuveinil 6–8 °C, valgel veinil 6–12 °C ja punasel veinil 18–20 °C;
- nälg – lühiajaline (6–20 tundi) toiduta olek suurendab maitsetundlikkust magusa suhtes;
- haigused – kirjanduse andmetel tajuvad näiteks tuberkuloosiga haiged magusat kas hapu või soolasena; haiguse möödudes maitsetundlikkus taastub; diabeedi puhul halveneb tundlikkus magusa maitse suhtes;
- vanus – eakatel maitsmismeelt tundlikkus väheneb;
- suitsetamine, ravimid ja kofeiin – vähendavad samuti maitsetundlikkust.

Maitsmismeelt tundlikkust saab mõningal määral ajutiselt parandada treeningu abil. Selleks koostatakse testid, kus põhimaitselahuste proovide kontsentratsiooni vähehaaval vähendatakse. Katseid viiakse läbi korduvalt algul ühe põhimaitsega, hiljem vajaduse korral ka teistega.

Täielikku maitsetundlikkuse puudumist nimetatakse maitsepimeduseks. Maitsepimedus võib esineda mis tahes põhimaitse suhtes. On selgunud, et mõru maitse mittetundmine on seotud geneetilise häirega. Sageli esineb ka maitsetundlikkuse märgatavat langust, mida võivad põhjustada mitmed kroonilised haigused nagu reuma, pankreatiit jt.



MIS ON MIS



ORGANOLEPTILINE – meeleorganite abil tajutav või toimuv.

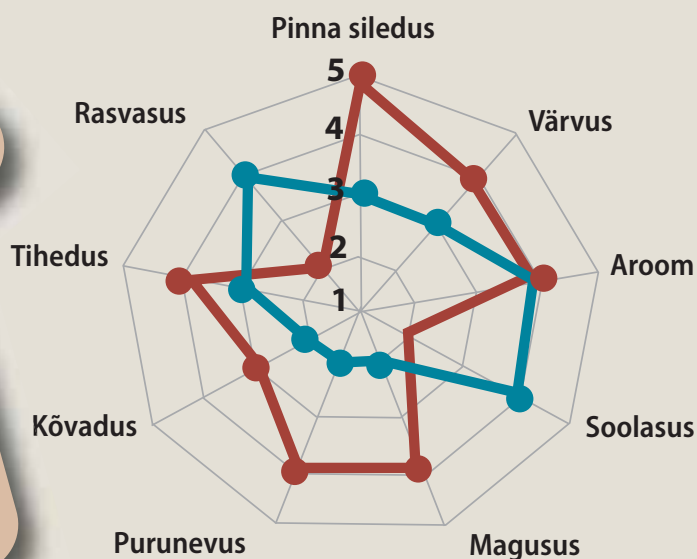
SENSOORNE – meeltesse või tajumisse puutuv, nendega seoses olev.

MEELED – peamisi meeli on viis: nägemis-, kuulmis-, haistmis-, maitsmis- ja kompimis-meel.

MEELEELUNDID – väliskeskkonnast ja organismist tulevaid ärritusi vastu võtavad elundid, milles eristatakse kolme osa: retseptorit, juhte- ja tsentraalset osa. Foto-, kemo-, mehcano- või termosensitiivsed retseptorid võtavad vastu ärrituse ja signaal juhitakse mööda juhtteid peaaegu, kus toimub info töötlemine ja analüüs. Saadud teabe põhjal tekivad aistingud ja tajud.

AISTING – vahetu tunnetusprotsess, mis peegeldab esemete ja nähtuste üksikomadusi. Aistingu adekvaatsus on tingitud retseptori seisundist. Aistingu tekkeks on vaja, et ärritaja oleks küllalt tugev.

LÄVED – lävede kaudu iseloomustatakse ärritusi töötleva närvimehhanismi (analüsaatori) tundlikkust. Tundlikkuse absoluutne lävi ehk absoluutne tundlikkus on nõrgim ärriti, mis kutsub esile minimaalseima aistingu; näiteks vähim tajutav lõhnakontsentratsioon. Eristusläve ehk eristamise tundlikkuse puhul on tegemist kahe samalaadse ärriti väikseima tajutava erinevusega.



Kahe küpsise graafiliselt kujutatud profiilid, mis on saadud hindamisrühma liikmete individuaalsete hindamistulemuste töötlemisel TTÜ toiduainete instituudis tehtud tootearendustöös. Võrreldud on kahe erineva retseptuuri järgi valmistatud küpsiste omadusi. Arendustöö eesmärk oli muuta retseptuuri nii, et uue küpsise omadused oleksid olemasolevatest paremad. Teisisõnu – vastaksid rohkem tootja ettekujutusele ideaalsest tootest. Retseptuuri muutes tuleb alati arvestada, et ühe parameetri muutus toob kaasa muutusi tootes tervikuna. Näiteks võisisalduse (rasvasisalduse) suurendamine retseptis muudab toote maitset, sest rasvasemas tootes väljendub paremini nii magusus kui ka soolasus. Rasvasisalduse suurendamisel muutub toode ka pehmemaks ja muredamaks.

Sensoorse analüüsi meetodid

Sensoorne analüüs põhineb inimese meelelundide töö ja oleneb nende tundlikkusest, seetõttu on hindamistulemused võrdlemisi subjektiivsed. Isiklikust hinnangust hoolimata on vastavate katsete läbiviimiseks ja tulemuste töötlemiseks välja töötatud mitmeid rahvusvahelisi standardmeetodeid.

Standardites on esitatud sensoorse analüüsi läbiviijate ehk toidu hindajate – assessorite – valiku üldised põhimõtted, nende meelelundide tundlikkuse testimise põhimõtted, üldnõuded hindamisruumide sisustusele, katsete läbiviimise korra ja katsetes kasutatavate vahendite kohta ning hindamistulemuste (katseandmete) statistilise töötlemise reeglite osas. Standardmetoodikad tagavad hindamise usaldusväärsuse ja sensoorse analüüsi ühtsed alused.

Sensoorse analüüsi tulemuslikkust mõjutavad valitud katsemetoodika, proovide ettevalmistus, mille puhul on oluline proovide ühetaolisus; hinnatavate proovide arv, mida piirab sensoorne väsimus; sobivate hindajate valik (oluline on katses osalejate võimekus, eelteadmised ja koolitus); katsete läbiviimise kord, aeg ja koht.

Kõige enam kasutatakse võrdluskatseid, millega määratakse erinevusi kahe toote vahel. Erinevuse suuruse hindamiseks sobivad katsed, kus kasutatakse skaalasid ja kategooriaid. Kirjeldavate ja profiilkatsete abil saab hinnata uute toodete väljatöötamisel nende mitmesuguseid omadusi ja omaduste muutusi, mis esitatakse tooteprofiilidena.

Sageli viiakse läbi tarbijakatseid, mis võimaldavad kindlaks teha eelistust kahe või enama toote vahel. Vastata tuleb küsimusele: milline proov (toiduaine/toode) meeldib ja miks meeldib?

Meeldivuse astme kindlakstegemiseks kasutatakse hedoonilist skaalat, millel on eelistus järjestatud.

Näide kõige lihtsamast hedoonilisest skaalast:

- ☐ ei meeldi (ei osta)
- ☐ sobib, kõlbab ka
- ☐ meeldib (ostan)

Laste puhul, kes veel lugeda ei oska, kasutatakse hedoonilist näoilme-skaalat, kus eriilmelised näod iseloomustavad inimese reaktsiooni hinnatava proovi suhtes:

☺ 1 ☹ 2 😊 3

Aastast 2004 on Tallinna Tehnikaülikooli toidutehnika ja tootearenduse eriala õppekavas „Toidu sensoorne analüüs”, mille raames üliõpilased omandavad nii teoreetilisi teadmisi kui ka praktilisi oskusi eri tüüpi toiduainete sensoorseks hindamiseks, kasutades selleks erinevaid katsemeetodeid. Ühtlasi testitakse kõikide osalejate meelelundide tundlikkust. Toiduainete instituudis on alates 2005. aastast koolitatud toidutööstusettevõtete spetsialiste, hõlmates nii teooriat kui ka praktilist tööd, mille käigus tutvustatakse sensoorse analüüsi aluseid ja hindamise meetodeid. Samuti on testitud ka Eesti Põllumajandus-Kaubanduskoja korraldataval konkursil Tunnustatud Eesti Maitse osalevate ekspertide meelelundide tundlikkusläve ja treenitud nii haistmis- kui ka maitsmismeeli, et võimekust parendada. Koolitusel osales

üle 60 eksperdi, kelle oskusi ja võimeid kasutatakse iga-aastaselt toodete kvaliteedi hindamisel tunnustatud maitsemärkide (pääsukese- ja ristikumärk) omistamiseks kvaliteedinõuetele vastavatele toodetele.

Toiduainete kvaliteedi hindamiseks on tänapäeval välja töötatud palju meetodeid, mille alusel saab määrata toidu keemilist koostist ja analüüsida toiduainete valmistamisel toimuvaid protsesse. See kõik ei vähenda toidu sensoorse hindamise vajalikkust, sest toidu maitse, lõhn ja välimus on tarbija jaoks jätkuvalt olulised. ●

LOE VEEL

- Sünteetiline esteetika: www.syntheticaesthetics.org
- Siret Dreyersdorff. Toiduainete sensoorse analüüsi alused. Tartu, 2002.
- David Kilcast. Sensory analysis for food and beverage quality control. A practical guide. Woodhead Publishing Ltd, 2010.
- Erge Tedersoo. Toidu sensoorne analüüs II. TTÜ Kirjastus, 2010.
- Hely Tuorila, Kirsti Parkkinen, Katri Tolonen. Aistit ammattikäyttöön. Helsinki, 2008.
- Galina Vuks. Inimese toitumiskäitumine. EPKK, Tallinn, 2003.

AUTORIST

ERGE TEDERSOO (1954) on lõpetanud Tallinna Polütehnilise Instituudi (praegune Tallinna Tehnikaülikool) toiduainete tehnoloogia erialal 1977. aastal. 1997 kaitses sealsamas magistritöö. Töötab Tallinna Tehnikaülikooli toiduainete instituudis assistendina. Lisaks teeb audiitorina koostööd riikliku aktsiaseltsiga Metrosert ettevõtete toiduohutuse juhtimissüsteemide sertifitseerimisel ja osaleb eksperdina toiduainete kvaliteedi hindamisel nii Eesti Põllumajandus-Kaubanduskoja Tunnustatud Eesti Maitse üritustel kui ka Eesti Toidutööstuse Liidu toidukonkurssidel. Sõpradele püüab pakkuda maitseelamusi mõne hõrgutisega, mille valmistamiseks saab ideid reisidel kogitud rahvuskööride roogadest. Pühapäevahommikuseks traditsiooniks on aga lapsepõlves armsaks saanud väikesed paksud hapupiimapannkoogid maasika toormoosiga.

Eesti Rahva Muuseum kutsub kodumaad pildistama!

1912. aastal korraldas Eesti Rahva Muuseum esimese kodumaa päevapiltide kogumise võistluse, kuhu oodati osalema nii kutselisi kui asjaarmastajatest päevapiltnike.

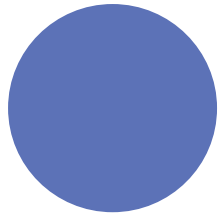
Kultuuripärandi aasta raames kuulutab Eesti Rahva Muuseum taas välja fotode kogumise võistluse, tähistamaks saja aasta möödumist esimesest võistlusest ning jäädvustamaks elu Eestis sada aastat hiljem.

Võistlusele ootame Eestimaal 2013. aastal tehtud fotosid elust meie ümber – kohtadest, inimestest, sündmustest, nii igapäevastest kui pidulistest tegevustest.

Võistlusele
saadetud fotosid
hinnatakse erinevates
kategooriates ning hindajateks
on veebilehe külastajad ja
vileliikmeline žürii.
Peauhind on 1000 eurot.

Kokkuvõtteid võistlusest
tehakse 2014. aasta alguses
ning autasustamine toimub
veebruaris 2014.

<http://kodumaapildid.erm.ee>



Loodusteadused Leedust Iraanini

Loodusteaduste olümpiaadid said alguse soovist lõimida bioloogia, füüsika ja keemia õppimine üheks tervikuks. On ju viimasel ajal tulnud ja tulevikuski oodata palju avastusi teadusalade piirimaalt. See eeldab seostatamat, interdistsiplinaarsemat haridust. Lisaks valitseb üle ilma suundumus, et suur osa rahvusvahelistel erialaolümpiaadidel väljapaistvalt esinenud õpilasi ei hakka tulevikus tegelema mitte edu toonud teadusalaga, vaid õpivad näiteks inseneriks. Sellistele õpilastele ei piisa ainult ühe kitsa eriala heast tundmisest ja seetõttu peaksid nad end väljaspool kooli laiemalt täiendama. Nii sündisid üsnagi iseseisvalt Euroopa Liidu loodusteaduste olümpiaad, rahvusvaheline loodusteaduste olümpiaad ning nende eeskujul ka Eesti oma olümpiaad.

Eesti loodusteaduste olümpiaad (ELO) sai alguse aastal 2005 ja selle sihiks oli ühendada loodusteaduste õpet põhikoolis, populariseerida loodusteadusi ning valida välja Eesti esindajad Euroopa Liidu ja rahvusvahelisele loodusteaduste olümpiaadile. Olümpiaadi ülesanded sisaldavad elemente füüsikast, keemiast ja bioloogiast, mis on mitmetahuliste probleemülesannete kaudu sisuliseks tervikuks lõimitud. Olümpiaad koosneb kahest voorust. Neist esimene, teoreetilistel ülesannetel põhinev piirkonnavor, peetakse talve lõpus enamikus maakonnakeskustes. Selle 50 paremat kutsutakse maikuus Tartus korraldatavasse eksperimentaalsesse vooru. Olümpiaadil väärtustatakse eraldi mõlema võistluse tulemusi, aga üldvõitja selgub kahe vooru punktide summeerimisel. Eesti loodusteaduste olümpiaadi parimad kutsutakse rahvusvahelise olümpiaadi valikvõistlusele, kus lahendatakse ülesandeid juba keerulisemal tasemel.

Euroopa Liidu loodusteaduste olümpiaad (European Union Science Olympiad, EUSO) toimub igal kevadel ja sellel saavad osaleda Euroopa Liidu liikmesriikide parimad loodusteaduste vastu huvi tundvad õpilased, kes on 16-aastased või nooremad olümpiaadi toimumisele eelneva kalendriaasta lõppedes. Võistluse idee algatas Michael Cotter Irimaal juba aastal 1998, kuid esimese EUSO-ni jõuti alles 2003. aastal. Tegemist on võistkondliku võistlusega, kus kolmest õpilasest koosnevad tiimid (kaks tiimi igast riigist) lahendavad kahes voorus eksperimentaalseid ülesandeid füüsikast, keemiast ja bioloogiast, integreerides saadud tulemusi üldistavate küsimuste abil. Seni on olümpiaad toimunud Irimaal, Hollandis, Belgias, Saksamaal, Küprosel, Hispaanias, Rootsis, Tšehhi Vabariigis ja Leedus.

Eesti on Euroopa Liidu loodusteaduste olümpiaadil osalenud alates aastast 2005 ning enne eelmist olümpiaadi ühel korral ka üldvõidu võtnud: aastal 2008 Küprosel Nikosias (võiduvõistkonnas Katrin Kalind, Taavi Pungas ja Stanislav Zavjalov).

Rahvusvaheline loodusteaduste olümpiaad (International Junior Science Olympiad, IJSO) sai alguse aastal 2004 Indoneesias ja on hiljem toimunud Brasiilias, Taivanil, Lõuna-Koreas, Aserbaidžaanis, Nigeerias, Lõuna-Aafrika Vabariigis ja Iraanis. Võistlus koosneb kolmest voorust. Neist kaks esimest sisaldavad teoreetilisi ülesandeid, mida lahendatakse individuaalselt. Kolmas voor on eksperimentaalne ja selles töötavad õpilased kolmeliikmelises võistkonnas. Võistlus on avatud kõikidele riikidele üle maailma ja osaleda võivad õpilased, kes on 15-aastased või nooremad kogu võistluse toimumise aastal.

Eesti on osalenud kõikidel senipeetud olümpiaadidel kahe võistkonnaga, seega igal aastal on olümpiaadil käinud kuus õpilast. Olümpiaadil selgitatakse parimad nii eraldi teoreetiliste ülesannete ja eksperimendi arvestuses kui ka üldkokkuvõttes. Samuti



JAANUS UIBU

Eesti võidukad võistkonnad koos karika, Euroopa Liidu loodusteaduste olümpiaadi presidendi ja saatvate juhendajatega. Vasakult paremale: EUSO algataja ja president Michael Cotter; hõbemedalistid Magnus Kaldjärv, Eva-Maria Tõnson, Maria Krajuškina; EUSO võiduvõistkond koosseisus Uku-Kaspar Uustalu, Mette-Triin Purde (käes prestiižne EUSO rändkarikas), Timothy Henry Charles Tamm; võistkonna juhendajad Jaanus Uibu, Karin Hellat ja käesoleva artikli autor.



2012. aasta rahvusvahelise loodusteaduste olümpiaadi võistkond pärast olümpiaadi Kesk-Iraanis kõrbes. Vasakult paremale: Oliver Nisumaa, Oliver Kahre, Elo-Maria Pauman, Eva-Maria Tõnson, Taavet Kalda ja Oskar-Voldemar Lahesoo. Taamal Karkase mäestik.

peetakse riikidevahelist arvestust kõigi osalenud õpilaste tulemuste alusel. 2013. aastal võõrustab kümnendat rahvusvahelist loodusteaduste olümpiaadi India.

Euroopa jõukatsumisel Vilniuses

Euroopa Liidu loodusteaduste olümpiaad 2012 peeti 22.–29. aprillini Vilniuses ja sellest võttis osa 44 võistkonda 22 Euroopa Liidu liikmesriigist. Eesti erialaolümpiaadide ja loodusteaduste olümpiaadide tulemuste põhjal valiti Eestit esindama kuus õpilast: Timothy Henry Charles Tamm, Mette-Triin Purde, Uku-Kaspar Uustalu, Eva-Maria Tõnson, Maria Krajuškina ja Magnus Kaldjärv.

Esimeses eksperimenditöös tuli õpilastel hinnata merevaigu väärtust mõõkades, odades ja nooltes, kasutades Vana-Foiniikiast pärinevaid andmeid ning kombineerides füüsikalisi ja keemilisi mõõtmisi bioloogiaga. Teiseks eksperimendiks oli kosmoselaevale elu alalhoiu süsteemiks sobiva tehnoloogia valimine.

Eesti õpilased esinesid Vilniuses väga edukalt – esimene võistkond (Tamm, Purde ja Uustalu) tõi kuldmedalid, üldvõidu ja rändkarika, teine saavutas üldarvestuse 22. koha ja hõbemedalid.

Lisaks võistlemisele osalesid õpilased ka ekskursioonidel ja üritustel. Näiteks prooviti Kaunases püstitada maailma suurima kartulipatarei rekordit. Kõik võistkonnad ühendasid kaasa toodud kartulid kokku ja nii saavutati üle 450-voldine pinge. Vilniuses korraldati ka kõiki olümpiaadil osalevaid Euroopa Liidu liikmesriike tutvustav rahvusõhtu, kus meie õpilased pakkusid kõigile Eesti rahvustoite – kama ja kiluvõileibu, millel oli hea minek. Tänavuseks Euroopa Liidu loodusteaduste olümpiaadi toimumispaigaks on valitud Luxembourg.

Talvises Teheranis

Eelmise aasta 1.–10. detsembrini peeti Iraani pealinnas Teheranis 9. rahvusvaheline loodusteaduste olümpiaad. Keerulise poliitilise olukorra tõttu saabusid üksnes 29 riigi võistkonnad. Eesti otsustas siiski osaleda. Võistlus Iraanis sujus õnneks rahuldavalt, kui tähelepanuta jätta mõned korralduslikud viperused. Kohapealsed olud jäid mitmeski mõttes tavalisest nigelamaks, kuid samas soodustas see riikidevahelist vaba suhtlust.

Aasta 2012 möödus olümpiaadirahva jaoks presidendivalimiste meeleolus, sest rahvusvahelise loodusteaduste olümpiaadi algataja ja esimese presidendi Masno Gintingi teine ja seeläbi viimane lubatud ametiaeg sai läbi. Valimiste tulemusena läks IJSO juhtimine üle Lõuna-Koreasse, kuhu luuakse olümpiaadile ka uus koordineerimiskeskus.

Eesti võistkonda Iraanis kuulusid Eva-Maria Tõnson, Elo-Maria Pauman, Oliver Kahre, Oliver Nisumaa, Oskar-Voldemar Lahesoo ja Taavet Kalda, kellest viis esimest tõi koju pronksmedali.

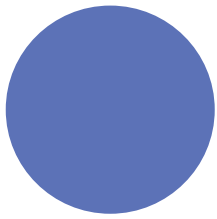
Lisaks võistlustele korraldati olümpiaadi raames ka ekskursioon Teheranis, kus nägime viimaste šahhide paleesid nende imelises hiilguses. Kohalikega oli väga lihtne ja mugav suhelda, sest kõik tahtsid Iraanist võimalikult head muljet jätta. Seega saime lihtsalt organiseeritud ka väikese matka Teherani ja Kaspia mere vahel paiknevatesse mägedesse. Paljudele eestlastele võib tulla üllatuseks, et detsembris on Iraanis ilm talvine ja võib isegi lund sadada. Meie üksnes nägime lund linna ümbritsevate mägede tippe katmas, aga teiste maade mentorid ehtasid kuulu järgi ühe mäe otsa ka lumememme.

Pärast olümpiaadi lõppu oli võimalus teha lühike ringreis Teheranist lõunasse, et näha Iraanist pisut rohkem kui ainult sudusse mattunud pealinna (ühel olümpiaadipäeval läks olukord suduga nii kriitiliseks, et kohalikud riigiasutused seiskasid töö). Kõigepealt sõitsime mööda Põhja-Iraani Lõuna-Iraani naftaväljadega ühendavat kiirteed läbi meediast tuttava Qom'i Isfahani, mis on Iraani Safaviidide dünastia aegne pealinn ja kus leidub palju arhitektuuri-mälestisi 16. sajandist. Linnas on säilinud mitmed suursugused paleed ja mošeed, millest enamikku ka külastasime. Märkimist väärib neist UNESCO maailmapärandi nimistusse kuuluv Jāme'h' mošee, mille kompleks on olnud ehituses juba aastast 771, aga ka Naqsh-e Jahani väljak, mis on samuti UNESCO nimekirjas ja kaunistab riigi 20 000 riaalist rahatähte. Lisaks külastasime kohalikke vaibatootjaid, kes valmistavad maailmakuulsaid Pärsia tehnikas vaipu.

Pärast rikkalikku ilu Isfahanis siirdusime (vihmasesse) soola-körbe. Nägime maastikku, mis moodustab suure osa Iraanist, ning jalutasime kõrbedüünidel, istusime õhtul lõkke ääres, kuulasime kaugeid kõrbehelisid, sõitsime kaameliga ja ööbisime telklaagris. Pärast ööd kõrbes hakkasime liikuma tagasi Teherani poole, peatudes Kashani linnas, mis on kuulus oma Pärsia arhitektuuri ja väga ilusa Fini aia tõttu. Oma lühikese ringreisi lõpetasime, süües sealse kombe kohaselt vaibal toidu ümber istudes. Seejärel suundusime Teherani lennujaama, et alustada kojulendu. ●

AUTORIST

MIHKEL PAJUSALU (1986) on Tartu Ülikooli Füüsika Instituudi doktorant ning Eesti Loodusteaduste Olümpiaadi ja Eesti Füüsikaolümpiaadi žürii liige. Osalenud füüsika mentorina: IJSO 2011, EUSO 2012 ja IJSO 2012.



Aastavahetus füüsika saatel

Möödunud aastavahetuse paiku toimus Indoneesias Jakarta lähistel teist korda maailma füüsikaolümpiaad ehk World Physics Olympiad (WoPhO).

Tegemist on füüsikavõistlusega parimatest parimatele: rahvusvahelise füüsikaolümpiaadi (IPhO) ja Aasia füüsikaolümpiaadi (APhO) kuld- ja hõbemedalistidele ning eraldiseisva kvalifikatsioonivooru võitjatele. Maailma füüsikaolümpiaadi eesmärk pole rahvusvahelise füüsikaolümpiaadiga konkureerida, vaid lihtsalt kõrgetasemeliste füüsikavõistluste nimekirja täiendada. Rahvusvahelisele olümpiaadile omasest suurusest jääb maailma füüsikaolümpiaadil puudu ning pigem iseloomustabki võistlust vabam õhkkond, kus saab ennast siiski tihedas konkurentsis proovile panna. Võistlustulle astus seekord pea kogu Eesti koondis suvise IPhO päevilt – lisaks minule olid kohal hõbemedalistid Tanel Kiis, Kristjan Kongas ja Kaur Aare Saar.

Minul aga oli ette näidata kuldmedal. Lisaks kohapealsetele kuludele maksid korraldajad kuldmedalistidele kinni nende lennupiletid kaugesse Indoneesiasse ning andsid täiendavalt tuhat USA dollarit „taskuraha” – muidugi motiveeris see osalema. Seepärast ei ole põhjust imestada kuldmedalistide suure hulga üle, eriti kui üritust rahvusvahelisel olümpiaadil aktiivselt reklaamiti. Kui esimesel maailma füüsikaolümpiaadil tegi kaasa ainult 12 rahvusvahelise olümpiaadi kuldmedalisti, siis nüüd juba 30, seega kaks kolmandikku kõigist kullavõitjatest.



Maailma füüsikaolümpiaadi ehk WoPhO pronksmedal.

Teekond Jakartasse

Seiklused algasid seekord juba enne olümpiaadi ennast. Nimelt muutsid korraldajad vaevalt kuu enne olümpiaadi toimumisaega selle asukohta, mis loomulikult tähendas sekeldusi lennupiletitega. Turvariskid ei lubanud võistlust plaanitud viisil Manokwaris pidada ning korraldajad otsustasid olümpiaadi üle viia Jakarta lähistele. Kuigi uus toimumispaik oli eelmisest vahest pisut igavam, pidi nüüd reisimisele kuluma umbes päeva jagu vähem. Mõistagi suurenes ka tõenäosus kohale jõuda ilma lennuõnnetuseta ning ehk isegi koos pagasiga. Nii ka läks – veetnud lennukis ja lennujaamades kõigest ühe päeva, saabusin Indoneesiasse ööpäevaringselt püsivat kasvuhuonekliimat nautima.

Võistlus ise

Lisaks toredale reisile tuli muidugi ka ülesandeid lahendada. Teooriaosa hõlmas magnetmonopoolide teoreetilist iseloomustamist, naftareservuaaride füüsikat ja tornaado kirjeldamist lihtsa mudeli abil. Magnetmonopoolide ülesanne oli vast kõige huvitavam, ent läks mul paraku ka kõige halvemini. Ülesanne reservuaari kohta oli peamiselt matemaatiline ja valmistas sellega pettumuse – näiteks nõuti ühes alapunktis lihtsalt avaldise tuletamist etteantud seosest. Tornaado modelleerimine oli veidi füüsikalise, aga natuke liiga lihtne: pea kõik osalejad said maksimumilähedase tulemuse (siit-sealt kaotati mõned punktid muidugi lihtsusest hoolimata). Eksperimentaalse osa esimene ülesanne käsitles grafiidi hõljumist silindermagnetite vahel, teine pooljuhist kütte- ning jahutuselementi. Mõlema füüsika oli suuresti ära seletatud ning tehniliselt ega sisuliselt midagi eriti keerukat ei olnud.

Võrrelduna Eesti IPhO-ga

Loomulikult tekib tahtmine küsimusi võrrelda Eesti IPhO omadega. Uhkusega ütlen, et kodused ülesanded olid õnnestunud. Võib-olla on Eesti võistlejad koduse stiiliga liigselt harjunud, ent loodetavasti pole matemaatilised teisendused ikkagi füüsika olulisim osa. Igatahes polnud ülesanded seekord eestlastele ideaalsed ning seetõttu jäi ainsaks medaliks minu pronks (28. koht). Siiski on põhjust rahul olla, sest konkurent oli tõepoolest tugev ning enamik parema tulemuse saanutest olid tabelis eespool ka rahvusvahelisel füüsikaolümpiaadil.

Vaheldus tõisele talvele

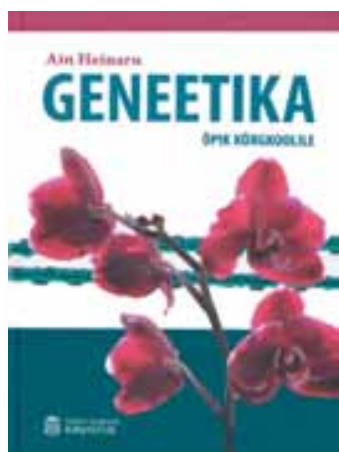
Iga olümpiaadi oluline osa on alati olnud reisimine. Maailma füüsikaolümpiaad peeti Tangerangi linna lähedal Banteni provintsis, sisuliselt Jakarta külje all. Seal veedetud päevade jooksul jõudsime näha natuke Jakartat ning teha ühe omaalgatusliku väljasõidu ühte botaanikaaeda ja loomaparki. Olümpiaadi raamesse jäi ka aastavahetuse tähistamine. Kokkuvõttes polnud ajakava tihe ning üritus sobitus hästi soojaks vahelduseks külmale ja pimedale Eesti talvele. Lõpuks ongi rahulolu olümpiaadil veedetud ajaga ju võistlustulemusest olulisem. See tekitab muidugi igatsuse teistegi olümpiaadide järele, mis ei toimuks suvepuhkuse arvelt, vaid pakuksid vaheldust tõisele talvele. ●

AUTORIST

JAAN TOOTS (1994) on Tallinna Reaalkooli 12. klassi õpilane, kes võitis 2012. aastal kuldmedali rahvusvahelisel olümpiaadil nii füüsikas kui ka bioloogias. Sel sügisel alustab ta õpinguid Cambridge'i ülikoolis loodusteaduste erialal.

JAAN TOOTS

Eesti autori geneetikaõpik



Ain Heinaru
GENEETIKA
Õpik kõrgkoolidele
Toimetanud Sulev Kuuse,
Rein Sikut, Mart Viikmaa
Tartu Ülikooli Kirjastus,
2012

Eestimaiste autorite algupäraseid õpikuid kõrgkoolidele on ilmunud tänaseni üksnes käputäis. Tänuväärse tegevusena on hakatud seda lünka täitma nii tõlkeramatute kui ka originaalteoste osas.

Nagu professor Ain Heinaru oma vastilmunud raamatu „Geneetika” eessõnas mainib, ei ole eestikeelset üldgeneetika õpikut seni trükitud. Ilmunud on küll mõningaid geneetikalaseid õpperaamatuid, nagu Rein Teinbergi „Põllumajandus-

loomade geneetika” (Valgus, 1978) ja „Põllumajandusloomade erigeneetika” (Valgus, 1983), aga need on ajast ammu maha jäänud ega hõlma kaugeltki selle distsipliini kõiki aspekte. Õigupoolest puudus eestikeelses kõrgkoolide õppekirjanduses siiani sellises suures mahus ja ulatuses originaalõpik. Meenutada võib ehk oma formaadis pea sama suurt Vello Tohvri „Üldise biokeemia õpikut” (Valgus, 1977).

Tegu on seega Ain Heinaru tõeliselt tänuväärse ja suuremahulise tööga, mis peaks tegema geneetika õppimise hõlpsamaks sadadele erinevatele erialade tudengitele.

Raamatu kaante vahele on mahtunud peatükid pärilikkuse põhialustest evolutsiooni-geneetikani välja. Õpiku sisukord ja ülesehitus kattub üldjoontes parimate geneetikaõpikute omaga. Ebaõnnestumiseks pean isiklikult siiski näiteks kahe erineva peatüki „Tehnogeneetika” ja „Geenitehnoloogia” olemasolu, sest need hõlmavad mõlemad laias laastus olulisemaid molekulaargeneetikas kasutatavaid meetodikaid, mille liigitamine kaheks osaks on küllaltki kunstlik. Mõneti häirib peatükkide

liigne liigendatus arvukateks alampunktideks.

Raamatus oleva teabe suur hulk annab võimaluse seda kasutada õpikuna nii geneetikakursuse lugemiseks kui ka käsiraamatuna teistes lähedastes distsipliinides. Nagu autorgi tõdeb, on tegemist eelkõige õpikuga kõrgkoolile, mitte materjaliga ühe ainekursuse tarvis. Olles samuti õppejõuna lugenud juba aastaid geneetikakursusi, võin väita, et esimese aasta üliõpilastele jääb raamatus peituvast teabest suur osa siiski raskelt mõistetavaks ja kaugeks. Seda enam on kiiduväärt põhjaliku lisateabe olemasolu, mis muudab raamatu universaalseks geneetikaalaseks teatmeteoseks.

Ülimahukas töö on tehtud arvukate joonistega. Paljudes joonistes ja ka raamatu ülesehituses on aimata mõõduvõtmist momendi ühest maailma parimast geneetikaõpikust „Principles of Genetics” (autorid D. Peter Snustad ja Michael J. Simmons, kirjastuselt John Wiley & Sons), mida on tänaseks ilmunud kuus trükki. Paraku ei saa professor Heinaru raamatus pidada kõige õnnestunumaks jooniste värvilahen-

dusi, sest kasutatud on väga tumedat värvigammat, mille sisse mustaga trükitud selgitav tekst pahatihti ära kaob.

Väga asjatundlike toimetajate suurele tööle vaatamata on sisse jäänud ka ebatäpsusi (nt transposonid on mutatsioonide tekke ja kromosoomsete ümberkorralduste põhiallikas) ja ilmselt trükivigu (nt Cambridge'i Ülikooli direktorid, TTÜ geenitehnoloogia osakond jne), mida annab kahtlemata järgnevas trükikes parandada. Ka raamatu tekst ja suurejooneline oskussõnade osa pakub üllatusi. Huvitavad lahendused on näiteks molekulaarne emarmastus ja kääbikpeptiid. Mõne märksõna puhul, nagu näiteks östrogeen, on kasutatud täiesti uut vastet, mis allakirjutanule kõige õigem ei tundu. Kaaluda oleks võinud ka peatükke lõpetava osa „Meeldejätmiseks” pikemat ja põhjalikumalt lahtikirjutamist.

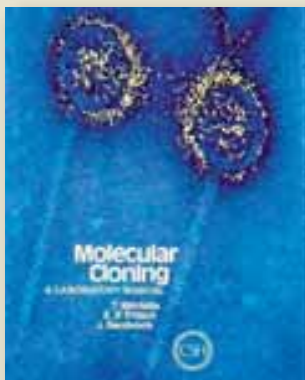
Hoolimata mõnedest möödalaskmistest on tegemist suurepärase eestikeelse geneetikaõpiku/teatmeteosega, mida võib julgelt soovitada kõigi geneetikat õppivate ja sellest teadusalast huvitatud inimeste raamatiriiulile. ●

500 aastat
inimeste inspiratsiooni ja
rasket tööd 27 peatükis.
Humoorikas raamatus
põhikooliealistele on
47 tuntud ja vähemtuntud
teadlase elu- ja teaduslood.

Millest kõik tehtud on?
Kuidas elusolendid kasvavad ja paljunevad?
Kui vana on Universum?
Miks on olemas mäed?
Miks on osad asjad soojemad kui teised?
Miks me jääme haigeks?

Vaata lisaks www.avita.ee

AIN HEINARU geneetik



**Tom Maniatis, Edward Frisch,
Joseph Sambrook**
**MOLECULAR CLONING:
A LABORATORY MANUAL**
Cold Spring Harbor Laboratory, 1982

Geneetika kui teadus on ajaga üha laienenud, eelkõige seoses molekulaargeneetika plahvatusliku arenguga.

1980. aastatel vedeles iga geneetiku laborilaua geenide kloonimise „kokaraamat“, näiteks Tom Maniatis, Edward Frischi ja Joseph Sambrooki „Molecular Cloning: A Laboratory Manual“ (Cold Spring Harbor Laboratory, 1982). Järgmisel aastakümnel valisid geneetikud välja uue piibli, milleks sai Benjamin Lewini „Genes IV“ (Oxford University Press, 1990).

Sajandivahetuseks olukord muutus: geneetika uued meetodid, arusaamad ja avastused tungisid mitmete bioloogia erialade temaatikasse nii ulatuslikult, et tänapäeval on ettekannete sisu põhjal mõneti isegi raske eristada geneetikakongressi näiteks botaanikakongressist. Mida võiks niisuguses olukorras pidada geneetika piiblik? Ühest vastust ma enam ei tea,

aga arvan, et see on igal juhul seotud evolutsiooniga.

Ehkki alles eelmisel aastal ilmus eesti keeles Charles Darwini „Liikide tekkimine“ (Eesti Loodusuurijate Selts, 2012), on see ikkagi meie kultuuri kontekstis ülitähtis. Geneetikaga seondult pole see raamat enam muidugi alustekst, kuid geneetika mõistmiseks tuleb teada ja arusaada, kuidas elu on tekkinud ja evolutsioneerunud.

Eesti lugejale ja geneetikutele on minu arvates oluline teaberaamat ka äsja eesti keeles ilmunud Nick Lane'i „Elu tõusutee“ (Evolutsiooni 10 suurimat avastust, Imeline Teadus, 2012). Need kümme suuravastust on järgmised: elu tekkimine, DNA kui elu kood, fotosüntees, päristuumse raku teke, suguline paljunemine ja selle hind, liikumine, nägemine, püsisoojasus, teadvus, surm. Kuid miks need?

Me oleme veel sageli mõttedogma küüsis, mille kohaselt elu tekkis ürgookeanis nn ürgsupis ning elu (raku) teke oli ainukordne. Nüüd peetakse elu tekkekohtadeks pigem ookeanides olevaid vulkaanilisi „musti tossutajaid“, mille hüdrotermilistes lõõrides moodustusid poorsed kambrikesed, kus said ilmselt alguse esmased nn mineraalkestaga rakud. Ollakse jõutud arusaamisele, et paralleelselt või eraldi moodustus DNA ja RNA maailm. Järelikult võis elu tekkida mitmel korral.

Samuti on selgeks saanud, et bakterid on kindlasti ürgsemad kui arhed ja ilma bakteriteta poleks moodustunud eukarüoote; poleks foto-

sünteesi läbiviivaid kloroplaste (need on tekkinud sinivetika-test) ega energiat genereerivaid mitokondreid (tekkinud tsüanobakteritest), et lagundada ülimalt kütust, vett. Pole midagi konservatiivsemat kui bakter. Hüppavad geenid ja intronid (geeni kodeerivad lõigud) pole prokarüootide hulgas enam arvukad. Näiteks mitokondrite eellastel on neid genoomi kohta ligikaudu 30. Eukarüootidel on neid aga massiliselt. Seejuures on nn surnud hüppav geen (ei determineeri otsest funktsiooni) halvem kui nn elus hüppav geen. Geenide ja geenifragmentide kokku- ja lahkusegamise mehhanism võimaldab inimese vähem kui 25 000 geenil määrata enam kui 60 000 valgu sünteesi.

Eriti on vaja rõhutada, et epigeneetika kui tunnuse ja arengu määramise programm ja mehhanism on geneetika lahutamatu osa. On üsna ilmne, et tunded ja seeläbi teadvus pole kaasnähtus, neil on bioloogiline ülesanne. Kas või juba seetõttu, et tunded tekitavad igal juhul füüsilist mõju.

Ja lõpuks – iganenud on ka idee, et rakk on surematu, sest rakk tekib üksnes rakust. Raku arengutsükli normaalne osa on ettemääratud rakusurm ehk apoptoos. Teisalt – mõned organismid, näiteks hüdra, on vegetatiivse paljunemise tõttu ilmselt surematud.

Ülalnimetatud evolutsioonilised asjad on vägagi palju geneetilised. Et mõista geneetikat, on tarvis baas-teadmisenä selget arusaama evolutsioonist. ●

TOOMAS TIIVEL bioloog



Toivo Maimets
TEADUSE TEED
Ilmamaa
Tartu, 2012

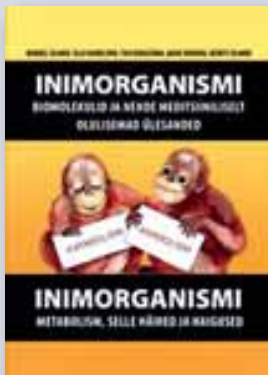
„Eesti mõtteloo“ sarja saja kolmandana ilmunud raamat näitab, kuidas geeniteaduse edusammud mõjutavad nii meie ettekujutust elusloodusest kui ka meditsiini, avardades ühtlasi nii filosoofilist kaemust kui ka ettekujutust inimelust üldisemalt.

Toivo Maimets on olnud haruldaselt mitmekülgne teadlane – uurinud tulemuslikult oma objekte, pidanud loenguid, juhendanud, juhtinud mitmeid laboreid ja nüüd instituuti, osalenud edukalt mitmete teadusühenduste töös meil ja mujal. Niivõrd laiahaardeline kogemus avaldab oma mõju, ükskõik kas autor mõtiskleb molekulidest ja geenidest, evolutsioonist, paradigmadest bioloogias või elust ja vananemisest. Sügavad on arutelud teadusest ja selle rollist ühiskonnas, teadusest kui ühest kultuuri lahutamatu osast, aga ka kõrgharidusest ning ärilise suhtumise sisetungimisest teadusmaailma, sellestki, mis teeb teaduse vahel ohtlikuks.

Mõtteloo sarja raamatusse on koondatud valik Toivo Maimetsa eesti keeles avaldatust. Lisaks sellele on tal ilmunud hulk teadusartikleid maailma juhtivates teadusväljannetes. Viimasega saavad ilmselt uhkeldada paljud eesti teadlased, eesti keeles avaldatu taolisel tasemel ja mahus on kindlasti haruldasem. ●

Võrguküljel www.loodusajakiri.ee
nüüd avatud **e-pood:**
müügil ajakirjad, raamatud ja e-väljaanded

LUGEMISELAMUS

Selles numbris
URMAS SUTROP

Mihkel Zilmer, Ello Karelson,
Tiiu Vihalemm, Aune Rehema,
Kersti Zilmer
**INIMORGANISMI BIOMOLEKULID
JA NENDE MEDITSINIILISELT
OLULISEMAD ÜLESANDED**
Kirjastus Avita
Tartu, 2010

Raamat alapealkirjaga „Inim-organismi metabolism, selle häired ja haigused” on autorite eelmiste meditsiiniliste biokeemiaõpikute edasiarendus. Seda iseloomustavad selgelt kliiniline orientatsioon ning analüüsi põhinemine inimorganismile, st on välditud katseklaasis saadud faktide ning loomkatsete tulemuste suvalist inkorporeerimist.

Meditsiiniline biokeemia, mille põhiülesanne on raku ehituskomponentide koosseisu, ehituse ning funktsioonide iseloomustamine molekulartasemel ning selle teabe seostamine organismi normaalse ja patoloogilise seisundiga, on viimastel aastakümnetel tohult arenenud. Ka vastav kirjandus, mis annab edasi süsteemseid teadmisi ja oskusi, on väga laialtlevinud. Ja pole vähetähtis, et läbi vastava eestikeelse kirjanduse areneb ka emakeelne erialaterminoloogia, millela vastava aine õpetamine Eesti kõrgkoolides oleks mõeldamatu.

Jääb vaid loota, et Tartu ülikooli arstiteaduskonna biokeemia instituut jätkab oma meditsiinilise biokeemia õpikute sarja (vaata ka <http://biomedicum.ut.ee/arbik/>). ●

Milline on teie viimase aja
põnevaim lugemiselamus?

Mul oli väga raske valida raamatut, mida siin esile tõsta. Ma loen väga palju kirjandust, nii raamatuid kui ka artikleid. Eelkõige on minu erialane lugemisvara filoloogiline või ajaloolane, sekka ka puhast lingvistikat. Et tööst välja lülituda, loen vabal ajal (kui seda üldse on) raamatuid matemaatika, metsanduse, looduskaitse, botaanika ja zooloogia kohta, sh palju määrajaid. (Vana arm ei roosteta.)

Pika kaalumise peale leidsin, et viimaste aastate kõige põnevamad loetud raamatud on olnud Aleksander Sakseni 1842. aastal ilmunud entsüklopeediline „Lomisse Öppetusse-ramat, kus sees ärrasalletakse, mis suur Jummal mailma peäle on lonud Iggaühhele, kes õppetust tagganouab”, Bill Bartoni ingliskeelne „Matemaatika keel: kõneledes matemaatika lugusid” (Springer, 2007), Edmund Landau raamat arvuteooriast „Analüüsi alu-

sed” (sõjajärgne tõlge vene keelde), Donald Ostrowski toimetatud „Jutustus möödunud aegadest” (Harvardi väljaanne 2003) ja John L. Steckley „Valged valed inuide kohta”, mille pealkirja saab lugeda ka kui „Valge valetab inuide kohta” (Toronto ülikooli kirjastus, 2008).

Elamus nende raamatute lugemisest kahvatab luuleraamatute kõrval. Kõige südamelähedasem on mulle Carolina Pihelgase „Metsas algavad hääled”. Mulle meeldivad väga ka teised Pihelgase luuleraamatud, ka tõlked, aga minu lemmikraamat on just see. Võib-olla on see raamat mulle oluline luuletuste temaatika – mets, loodus – tõttu. Poeet maalib meisterlikult loodust, see pole reservaat ega kaitseala, loodus seguneb tehiskesk-konna ja linnamotiividega. Ootamatult seisab keset loodust valge limusiin. Aga selline ongi meie loodus, sekka võõraste maade reisidel kogutut. Temaatikast olulisem on minu jaoks luuletus ise, selle

rütm, kõla. Ma loen selle raamatu luuletusi endale vaikselt, tasase häälega ette. Neis luuletustes on midagi igavikulist, religioosset. Lugejale tuletatakse meelde lihtsaid rõõme, aga ka miljoneid aastaid, mis meie jalge all krabisevad. Säased pinisevad, ämblik viskab niite, vihmapihved on katnud taeva, soe uduvihm sulab suvelõhnadeks, metsas algavad hääled.

Carolina Pihelgase „Metsas algavad hääled” oleks suurepärase luuleraamat ka ainult siis, kui puhas tekst oleks trükitud puhtale paberile. Luuleraamatu on aga loodusfotodega kujundanud visuaalsete elamuste suurmeister Peeter Laurits. Samas on ta kujundajana jäänud diskreetseks ja luule autoriga kongeniaalseks. Kujundaja mina paistab rohkem välja raamatu kaane ja köitepaberi fotodel. Loodusesse paigutatud tehisobjektid on neil piltidel hõimurahva tootemid, aga eks seda ole ju ka Eesti hõimu valge auto. ●

E-MAAILM

Milliseid erialaga seotud
võrgukülgi enim külastate?

Google Books ja Google Scholar ning Tartu ülikoolile avatud e-ajakirjade otsingu lehekülg. Kuid sagedasti lihtsalt guugeldan. Otsin eelkõige vanade raamatute täistekstidest mind huvitavaid teemasid. Viimasel ajal olen palju tegelenud pildiotsinguga. Eriti seoses jumalanimedega. Üks viimaseid vapustavaid leide oli Jenissei-äärsete sojootide jumalate koopa gravüür aastast 1768. Sojoodid olid aga sajaani-samojeedide hulka kuuluvate karagasside hõim, kes sai oma nime sõjapealik

Sojo järgi. Tegemist on meie kaugete sugulastega, kes on praeguseks läinud üle tõva keelele.

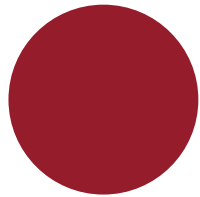
Guugeldades on oluline kuidas ja mida küsida, et müra vabaneda. Näiteks huvitab mind väga üks 18. sajandi Karl Feyerabend. Katsuge teda eristada 20. sajandi ülimõjukast filosoofist Paul Karl Feyerabendist. Otsimiseks tuleb luua miinusmärgiga sõnade ja jutumärkides fraaside süsteem.

Kas kasutate nutitelefoni,
e-lugerit, tahvelarvutit?

Olin ilmselt esimeste puute-

tundliku ekraaniga nutitelefoni Qtek kasutajate hulgas Eestis. Praegu kasutan hari-likku klappitavat Nokia telefoni, millel on isegi fotoaparaat rikkis. Telefon on mul helistamiseks. Tahvelarvutit ega lugerit mul pole. Kasutan hetkel üht HP sülearvutit, mis on palju võimsam ja mitmekesisem kui moodsad vigurid. Saan sellel lugeda kõiki tekste, mida vajan.

Kuna liigest lugemisest ja arvutikasutamisest on prillid üha tugevamalt miinusmaale läinud, siis eelistan arvutile raamatuid ja väljatrükke. ●



TÕNU TÕNSO

Ainult kahe numbriga võrdused

Seekordsetes ülesannetes tuleb kastidesse märkida numbreid ühest kuni üheksani nii, et võrdused kehtiksid. Iga ülesande puhul tohib kasutada aga ainult kahte erinevat numbrit.

Järgnevalt paar näiteülesannet ja nende lahendused:

$$\square^{\square} = \square\square \text{ ehk } 5^2 = 25$$

$$\square\square \times \square + \square = (\square \times \square)^{\square} \text{ ehk } 27 \times 7 + 7 = (2 \times 7)^2.$$

Ülesanne 1. $\square\square + \square = \square + \square$

Ülesanne 2. $\square \times \square + \square = \square\square$

Ülesanne 3. $\square\square + \square = \square \times \square$

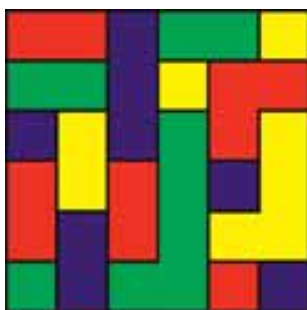
Ülesanne 4. $\square \times \square = \square\square + \square\square$

Ülesanne 5. $\square\square = (\square - \square)^{\square}$

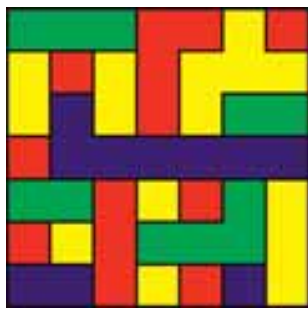
Ülesanne 6. $\square\square \times \square = (\square \times \square - \square)^{\square}$

HORISONDIS 1/2013 ilmunud ülesannete VÄRVI KAART NELJA VÄRVIGA! vastused

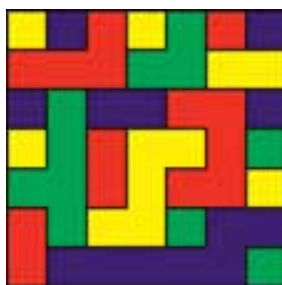
1



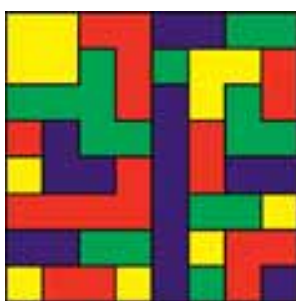
2



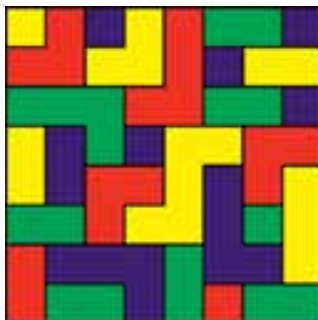
3



4



5



Värvimise vooru tulemused

Esimeses voorus tuli lahendada viis ülesannet. Mõni lahendaja oli mõne ette antud piirkonna värvi ära unustanud, aga mitteküllaldastest algandmetest lähtudes on raske jõuda õige lõpptulemuseni.

Kõik ülesanded lahendasid õigesti ja viis punkti kogusid Kristi Aarniste, Heino Filatov, Arne Hannus, Kaari Helstein, Taimo Kolsar, Arne Kurjama, Sigrid Laas, Priit Meos, Allar Padari, Peeter Piksarv, Rauno Pärnits, Silver Rebenits, Meelis Reimets, Indrek Ritso, Gert Schultz, Margot Sepp, Sander Stroom, Rein Tikovt, Kuldar Traks, Maire Tühis, Martiina Viil ja Kevin Väljas.

Esimese vooru auhinna – raamatu sarjast „Looduse raamatukogu” – võitis **Kevin Väljas**. Palume võitjal tutvuda sarjas ilmunud raamatutega veebiküljel www.loodusajakiri.ee ja anda oma eelistusest teada toimetuse telefonil 610 4105.

Vastuste ärasaatmise
tähtaeg on
10. aprill 2013.

Lahendused saata aadressil
Endla 3, Tallinn 10122
või tonu@mathema.ee.

2013. aasta parimale nuputajale

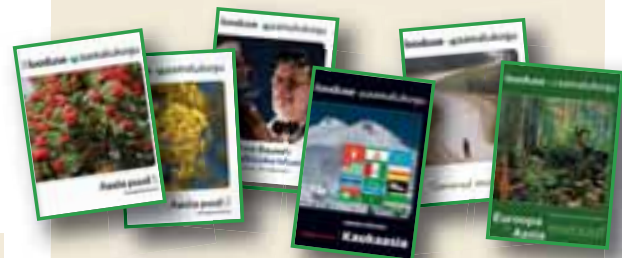
pakume auhinnaks 100 euro eest
raamatuid Rahva Raamatust.

ra100 | Rahva Raamat
SAJANDIJAAGU VAIMUTOOTU



Vooru võitja

saab kingituseks raamatu sarjast
„Looduse raamatukogu”.
Valikuvõimalustega tutvu
www.loodusajakiri.ee.



AUTORIST



TÕNU TÕNSO (1959) on matemaatik. Lõpetanud Tallinna Pedagoogilise Instituudi matemaatika-füüsika erialal 1982. Töötanud koolis matemaatikaõpetajana. Praegu Tallinna Ülikooli lektor, mitmete matemaatikaõpikute autor. On Eesti Matemaatika Seltsi liige.

Sambia on maa,

Mees, kellele on pühendatud pildil olev mälestussammas

Vladimir Nabokovi romaan

Eesti päritolu polaaruurija

Vald Jõgevamaal

Kusti öde

Papüüslaev

Nuku-teatri juht

Sumeri tarkusejumal

Inglise mere-sõitja

Tava-õigus

Hammas-vaalaline

Ohvitser Türgis

Pagun

Saksa luuletaja

Jõgi Ingerimaal (endine nimi)

India osariik

Nord-Süd

Looma-sööt

Inglise polaaruurija

Inglise polaaruurija

Turva-firma (eksnimi)

USA muusik

Veeloik (murdes)

Element nr. 49

Tähtis hape

Toit

Tiitel Etioopias

Aktsiaselts

Alevik Lääne-Virumaal

Inglise mere-sõitja

Medali esikülg ETV saade

Soomep. m.-nimi Rumeenia kunstnik

Nathaniel Ameti-ühing

Tantsu-õpetaja Endine ansambel

Järjest. tähed

Kolm lauljat Mongoolia jõgi

Näitav asesõna Tšehhi filosoof

Kartaago mere-sõitja Uhes. tähed

USA ketta-heite-legend

Linn USA-s

Tootmis-jaoskond Järjest. tähed

Vargsi Ungari viiuldaja

Element nr. 28 Kreeka täht

Element nr. 68 Element nr. 52

Võidujumalanna Võõra-mainne puuvili

Element nr. 33 Uusaeg-konna ajastu

Religioon Element nr. 88

Pikkus-mõõt Kunstnik

Käabus-rahva liige Leedu kossu-mehe

Vee-sõiduk Jõgi Itaalias

Maadleja Kreeka saar

Linn Soomes Helilooja

Kaalu-ühik Soome rokkbänd

Keldi laulik Tasku-kell

Jäähoki-veteran

USA kirjanik

Inglise polaaruurija

Kürii

Inglise k.eessõna

Kaalium-päevakivi erim

Tema Kerglane (murdes)

Tõnu Raadik

Järjest. tähed

Ristsõnad kogu perele!

Super KUMA

CIRQUE DU SOLEIL

ALICIA

3-7 APRILLIL

The collage features several Japanese puzzle books. At the top left is a book titled 'RAUDSE LOOGIKA' (Red Logic) with a '1' in a circle. To its right is a book titled 'ADE POMMITAMINE' (Ade Pommitamine). Below these are books titled 'SUDOKU' and 'LIHTNE M. JAAPANI MÕISTATUS' (Light M. Japanese Puzzle). A magnifying glass is positioned over a book cover that reads 'RAUDSELT PARIM' (Best Red), 'JAAPANI MOSAIK' (Japanese Mosaic), 'NURIKABE' (Nurikabe), 'LOOGIKAAJAKIRI!' (Logic Book!), 'ENIGMA', and 'JAAPANI MÕISTATUS' (Japanese Puzzle). The background is a light blue gradient.

**Kõigil lahendajatel palume ära märkida ka selles numbris
KÕIGE ENAM MEELDINUD KIRJUTISE!**

Lahendajate vahel läheb loosi Suurte Ruutude aastatellimus. Eelmise ristsõna vastus „Olen kogu oma MÄLETATAVA ELU OLNUD TEADLANE – alati midagi teada tahtnud” viitas 2012. aasta kuuendas Horisondis ilmunud mõtisklusele, milles näitleja ja muusik Peeter Volkonski arutleb teaduse rolli üle oma elus. Kuma Kange aastatellimuse saab loosi tahtel Sirje Pedosk Verioralt. 2013. aasta esimeses Horisondis meeldis ristsõna- ja mälusäru lahendajatele kõige rohkem Indrek Rohtmetsa kirjutis „Maa, kus puhkab suurmehe süda”.



Arva ära!

1 See hindu müütide vee-koletis, keda sageli kujutatakse kala ja krokodilli hübriidina, sümboliseerib vete vägevust. Ta on seotud vikerkaare ja vihma, veest sündinud lootose ja talvisel pööripäeval naasva päikesega. Hindu sodiaagis vastab ta lääne-aisele Kaljukitse märgile, sümboliseerides taassündi materiaalse eksistentsi tsüklisse või lahkumist sellest.

Mis on selle veekoletise nimi?

Juuresoleval pildil sõidab tema seljas jumalanna Ganga (isikutatud Gangese jõgi).



2 Enne seda sajandit puudus astronoomidel õigupoolest planeedi määratlus ning ka vajadus selle järele. Alles Erise avastamine ajendas 2006. aastal rahvusvahelise astronoomia liidu kongressi vastu võtma ametlikku planeedi definitsiooni. Selle kohaselt peab taevakeha planeedi nime väärimiseks täitma kolm tingimust. Kaks nendest tingimustest on järgmised: planeet peab tiirlema ümber Päikese ning sel peab olema piisavalt massi, ületamaks jäiga keha jõud nii, et saavutatakse hüdrostaatiliselt tasakaaluline (ligikaudu ümmargune) kuju. **Milline on**



aga kolmas tingimus? Kääbusplaneedid erinevad planeetidest just selle poolest, et ei ole suutnud täita seda kolmandat tingimust. Illustratsioonil on kujutatud Päikesesüsteemi planeedid vastavalt oma suhtelisele suurusele.

3 9. sajandi algul teatas ühe linna piiskop, et on avastanud kiriku keldrist Püha Jaakobuse põrnu. See oli õnnelik avastus, kuna Püha Jaakobus oli ainus Kristusele lähedane apostel, kelle säilmeid ei teatud kusagil leiduvat. Sinna hakkas kokku voolama palverändureid ning 12. sajandil tõmbas see linn neid ligi palju rohkem kui Rooma ja Jeruusalemm. **Nimetage see linn**, mis on kandnud ka Euroopa kultuuripealinna tiitlit.



PILDID: WIKIPEDIA

4 Kes on fotol olev mees, kes jõudis oma paljude tegemiste hulgas olla Eesti Vabariigi minister, Eesti Loodusuurijate Seltsi esimees, Rahvasteliidu Vaimse Koostöö Komisjoni Eesti Rahvusliku Komitee sekretär ja abiesimees ning ajalehe The Baltic Times peatoimetaja? Teda autasustati Auleegioni ordeniga ning ta pälvis Käina valla aukodaniku tiitlit.



5 Austraalias on suureks probleemiks metsatulekahjud. Küsitav Austraalia endeemne õistaimede perekond on aga kohandunud metsatulekahjudega – mõned liigid on tulekahjudele vastupidavad oma paksu koore tõttu, kuid mitmete liikide levimine sõltubki otseselt metsatulekahjust – taime puitunud kukkuviljad avanevad üksnes kokkupuutes tulega. **Millisest õistaimede perekonnast on jutt?**



MÄLUSÄRU 1/2013 VASTUSED

1. Olentzero.
2. Elizabeth Gilbert.
3. Tycho Brahe.
4. Horloogin Tšoibalsan (Mongoolia diktaator).
5. Kaunas.

Auhinnaraamatud kirjastuselt Koolibri jagas loos välja järgmiselt:

- Tom Angi „Digitaalfotograafia samm-sammult” – **Margot Ms**
- Mark Carwardine'i ja Stephen Fry „Viimane võimalus näha” – **Lia Traks**
- Gill Pauli „Titanicu armastuslood” – **Kaie Väljak**

AUTORITEST

JEVGENI NURMLA (1959) ja INDREK SALIS (1962) on tunnustatud mälumängurid. Mõlemad on aktiivselt tegutsenud ka sadakonda huvilist ühendavas Eesti Mälumänguliidus, Indrek Salis aastast 1999 juhatuses esimehena.



VASTA JA VÕIDA RAAMAT!

Õigesti vastanute vahel loosime välja kolm raamatut Koolibri kirjastuselt: „Suur maailma loomade atlas”, „Silmaringi reisijuht. Tuneesia” ja „Silmaringi reisijuht. Malaisia ja Singapur”.

VASTUSEID

ootame 10. aprilliks aadressil Endla 3, Tallinn 10122 või horisont@horisont.ee. Pange kirja ka selles ajakirja numbris kõige rohkem meeldinud kirjutis.

MÄLUSÄRU rubriiki toetab kirjastus Koolibri!



ÕNNELIK INIMENE VAATAB TAEVASSE

TELESKOOP JA OBSERVATOORIUM, IDEEST LAHENDUSENI

BRESSER



Bresser Messier AR-90 EXOS 1
 ø90 mm, F=900 mm,
 EXOS 1 ekv. monteering
 Hea hinna/stabiilsuse suhe
359€

UUS HIND!

Bresser Jupiter
 70/700 mm
 Lapsele sobiv
199€



Bresser Messier NT-130 EXOS 1
 ø130 mm, F=1000 mm, F/7,7
 Eesti populaarseim teleskoop
 alustavale astronoomiahuvilisele
459€

UUS HIND!

Bresser Lyra
 ø70/900
 Lapsele sobiv
219€



Bresser Messier AR-102 EXOS 2
 ø102 mm, F=1000 mm, F/10
 Hea platvorm astro-
 fotograafiaga alustamiseks
549€

MEADE

LX80 Eq/Az
 monteering
 ja teleskoop
 ø115, 152, 203, 254 mm
 Kolm monteeringut
 ühes mehhanismis
 alates **1549€**



Meade LX800 StarLock
 ø130, 254, 301, 350 mm, F/8
 kõige täpsem monteering
 GPS, 2 kaamerat, autogiid jne
 alates **9999€**



Meade LX90 ACF
 ø203, 254, 305 mm, F/10
 optimaalne hind/stabiilsus
 GPS, 26 mm okulaar jne
 alates **2549€**



Meade LS ACF
 ø152, 203 mm, F/10
 kõige automaatsem
 teleskoop
 GPS, 26 mm okulaar jne
 alates **1949€**



Mikroskoop Science TRM-301
40x-1000x
 Sobilik uurimis- ja
 teadustööks,
 üliõpilasele ja
 laborisse;
 rikkalik lisa-
 varustus
 tumevälja
 kondensorist
 kaamerani
790€



Coronado SolarMax II päikeseteleskoop
 ø60 mm, F=400 mm
 Kitsas lainepikkuse vahemik
 vesiniku alfajoone ümbruses
 (656,3 nm) võimaldab
 vaadelda päikese „pinna“
 granulatsiooni, loiteid
 ja muid detaile.
 alates **1999€**



Sky Shed Pod kergelt paigaldatavad
 vaatluspaviljonid, alates 3600 €



Automatiseeritud observatoorium

Helista: **5 28 9 8 9 5**
 Kirjuta: taevatoru@teleskoop.eu
 E-pood:
www.teleskoop.eu

* **teleskoop.eu** *

LCD ekraaniga mikroskoop
40-1600x
 Pealt- ja alt-
 valgustus,
 mikromeetriline alus.
 Sobilik koolile ja
 uudishimulikule
209€



Mikroskoop Biolux NV
 Suurendus 20x-1280x
 Kohver ja vajalikud tööriistad,
 PC okulaar, mikromeetriline
 alus, pealt- ja altvalgustus
 Sobilik koolile!
99€



autorioigus MTÜ Loodusajakiri



Suur päikeseloid H-alfa valguses



Kuu eri faasides

Suvi algab Rattaretkega!

ROHELISTE RATTARETK „KUIDAS ELAD, PANDIVERE?“ TOIMUB 10.–12. MAIL 2013

- Eesti suurim loodusmatk paari tuhande osalejaga;
- Eesti selgeveeliseimad järved;
- Pedja jõe, Loobu jõe ja Valgejõe algusallikad;
- 4 Pandivere kõrgemat tippu;
- Simuna meteoriidikraater, Vao tornlinnus, Äntu hüljes, Neeruti mäed, Porkuni paemuuseum, lubjatootmise ajalugu ja tänapäev, Rohu raketibaas, Assamalla luht;
- Rohelised jutud matkal: karstialade kaitse Paeriigis, fosforiidikaevandamise tulevikuplaanid, mesilaste arvukuse mured;
- Linnulauluõpe ja pesakastide paigaldamine;
- Kultuurilugu: Krusenstern, Struwe, Baer, Lütke;
- Kukerpillid, Swingers koos Birgit Õigemeele ja Mikk Saarega, Ott Lepland.

Osalustasu eelregistreerimisel kuni 6. maini (k.a) on õpilastele, ISIC- ja ITIC-kaardi omanikele ja pensionäridele 35 €, täiskasvanutele 45 €. Pärast eelregistreerimise lõppu ja rattaretke stardis registreerujatele hinnad vastavalt 45 € ja 55 €.

Interneti teel on eelregistreerumine alanud.

Registreerumiseks tuleb teha ülekanne MTÜ Roheliste Rattaretked arveldusarvele 221035062986 Swedbankis. Ülekandega makstes saate retke atribuutika kätte stardipaigas või Tallinnas MTÜ Loodusajakiri toimetuses eelregistreerimise perioodil.

Eelregistreerimine toimub:

Tallinnas Endla 3 (sissepääs rahvusraamatukogu peauksest)
22. aprill – 6. mai (k.a) tööpäevadel kl 11–18. Tasuda saab ainult sularahas.

SELLEL AASTAL KOOLIDELE ERIPAKKUMINE!

Lisainfo: www.rattaretked.ee

Roheliste
Rattaretked
25



Toetajad:

loodusesõber



VÄRSKA
ORIGINAL

MEESKOND

Kodu&

dermoshop

BalSnack



TOYOTA



A&T Sport

KEMERLING

HAT AUTO



Today
Tomorrow
Toyota



ilm.ee

autorioigus MTÜ Loodusajakiri