

Põnev mõtteeksperiment:
varpajam ja hüpoteetiline
tähelaev IXS Enterprise



5 / 2014
september-oktoober
Hind 3.50

www.horizont.ee

horizont



■ I N I M E N E

■ L O O D U S

■ U N I V E R S U M



GMO NAGU KUUM KARTUL PEOS

Õllepruulimine
on vanem
kui leivategu

Ringkäik bastionil

Tutanhamoni
murranguline
valitsusaeg





Loe paberilt, loe ekraanilt!



Vormista Eesti Looduse, Loodusesõbra, Horisoni või Eesti Metsa aastatellimus enne 30. novembrist kodulehe www.loodusajakiri.ee kaudu ja vali meie e-poest sarja „Looduse raamatukogu” üks e-raamat kingituseks tasuta.

Kui tellid paketi, 3 või 4 ajakirja korraga, saad kingituseks e-raamatu „Lehed ja tähed. 6”.

SELLES NUMBRIS

Hanna Hõrak,
Hannes Kollist
**Genoomide muutmine.
Ei midagi enneolematut** 12

Kes on GM-taimed? Mille poolest erinevad nad traditsioonilisel teel saadud taimesortidest? Kus ja miks neid kasvatatakse? Kas GMO-dega seotud hirmud on põhjendatud?

Vladimir Sazonov,
Andreas Johandi
Jook, mis on vanem kui leib 28

Alkoholi, eriti õlut ja veini, tarbisid muistsed rahvad – egiptlased, sumerid, akadlased, hetiidid, pärslased, foiniiklased ja teised – ohtralt ja sagedasti. Tähtsat rolli mängisid alkohoolsed joogid ka omaaegsetes rituaalides.

Ragnar Nurk,
Robert Treufeldt
Uusaeg tõi bastionid 36

Üleminek keskaegselt kaitsesüsteemilt uusaegsele kulges järk-järgult, kuid lõppkokkuvõttes oli muutus märkimisväärne. Bastionaalsüsteemi kõrge Euroopas ja maailmas oli 17. sajandi teine pool ja 18. sajandi esimene pool. Tänapäeval võivad bastionid põhjustada maaomanikele ja otsustajatele pigem meelehärmu, sest vajavad igasugusel ehituslikul kavandamisel endaga arvestamist.

Ulvar Käärt
Risto Järvega rahvusliku identiteedi hoidlas 34

Rahvaluulet on Eestis kogutud juba kaks sajandit ja praeguseks on rahvaluulearhiivis ligi 1,5 miljoni leheküljeline käsikirjakogu. Lisaks vastutab rahvaluulearhiiv ligi 40 000 foto ning enam kui 180 000 pala sisaldava heli- ja videosalvestuste kogu hea käekäigu eest.

Mait Kõiv
Tutanhamon. Lapsvaarao pöördeliste sündmuste keskel 48

Tutanhamon ei jõudnud oma lühikese valitsusaja vältel midagi suuremat korda saata. Ka Tutanhamoni hauakamber oli ilmselt mõeldud mittekuninglikule ülikule, ootamatult surnud valitseja tarvis kiiruga ümber seatud ja seetõttu oma tagasihoidlikelt mõõtmeilt vaaraole mitte päris seisusekohane. Ent 1922. aastal leitud kooslus oli siiski seninähtamatu, lubas aimata vägevamate valitsejate matuste suurejoonelisust ja mõjus üleilmse sensatsioonina.

Kristjan Kannike
Varpajam. Teooriast tegelikkusesse? 52

Kui tahame eales jõuda tähtedeni, on valguse kiirus tõsine probleem. Kas pole mingitki võimalust, et füüsika lubaks liikuda kiiremini?

HORISONT KÜSIB

Üksainus küsimus neutronkiirguse allikast 4

Vastab Tartu Ülikooli füüsikalise keemia professor Enn Lust.

Intervjuu 22
Läänemeri. Mida temast teame ning mida teada tahame?

Mida on tänapäevaste meetoditega võimalik mere käitumises uurida ja milline tulevik võib meid siin Läänemere kaldal oodata? Toimetaja Toomas Tiivel vestles merefüüsik Jüri Elkeniga nii füüsikast kui ka ... muusikast.

Mina & teadus 55

Kuidas on teadus mõjutanud tema elu, selle üle mõtiskleb filmiajakirjanik Jaak Lõhmus.

SIIT- JA SEALPOOLT HORISONTI

Ulvar Käärt. Eesti teadlased arendavad ülitundlikke gaasisensoreid 3

Jüri Ivask. Kosmosemissioonide kroonika 5

Mari Tõrv. Eksponaadi loomine 6

Tiit Kändler. Euroopa teadus kipub jääma üldsõnaliseks 8

Rein Einasto, Aat Sarv. Rägavere ja Saunja paas 10

OLÜMPIAAD

Targo Tennisberg, Ahto Truu
Eesti noored informaatikud töid rahvusvahelistelt võistlustelt kaks hõbemedalit 56

Anu Printsman, Evelyn Uuemaa
Geograafid olümpiaadidel 57

PRAKTILIST

Raamat
Indrek Meos. Tõsine suutäis loogikat filosoofia lisanditega 59

Peeter Lorents. Raamat, milleta ma oma eriala ette ei kujuta 60

Jüri Elken. Lugemiselamus ja e-maailm 61

Enigma
Tõnu Tõnso
Topelttõised võrdused Rooma arvudega 62

Ristsõna 63

Mälusäru 64

Nuputamist pakuvad mälumängijad Indrek Salis ja Jevgeni Nurmla.

Moodne keskkonnateadus ja iidne eluolu

Need on vaid osake märksõnadest, mis sügisvärsket Horisonti iseloomustavad. Mitmekesisus on ajakirja lipulauseks olnud pea pool sajandit.

Inimesi on ikka intrigeerinud asjad, mille kohta öeldakse „võimatu”. Tihti ei taheta võimatusega kuidagi leppida. Ma ei ürita sellega ütelda, et peaks hakkama taas igiliikurit konstrueerima, sest see on ju võimatu, aga ehk mina ... Valguse kiirus pole igiliikur, ometigi on see „sein”, mille ületamist peetakse võimatuks ja samal ajal kulutatakse vaimuenergiat ning muid energiakandjaid, näiteks raha, et leida võimalus ja vahend valguse kiiruse ületamiseks. Poisipõlves lugesin põnevusega Ivan Jeffremovi raamatut „Andromeeda udukogu”. Toona ei osanud ma tähelepanu pöörata asjaolule, et tegemist on kommunistliku ulmekirjandusega, nagu ütleb internet. Mina vaimustusin hoopiski footonraketist, mis kihutas valguse kiirusel, seenekübara kujuline kumm peal ja neli toru all. Täna unistatakse veelgi kiiremast kosmosesõidukist, mis siis peaks olema ka keerulisem kui nelja jalaga seen. Sellele teoreetiliselt valgusest kiiremale sõidukile on juba nimigi välja mõeldud, või õigupoolest Star Trekist laenatud – varpajam. Mehhiklane Miguel Alcubierre pakkus idee välja. Kristjan Kannike teeb ülevaate viimastest varpajami-alastest uuringutest ja tõdeb, et kõik on hea sinnamaani, kuni tuleb hakata vajalikku mulli tekitama. Geenmuundatud organismid ehk GMO-d ajavad paljudel ihukarvad püsti, teisalt võib GMO-de ilmumist meie toidulauale ja ellu pidada biotehnoloogia järjekordseks sammuks. Hanna Hõrak ja Hannes Kollist annavad emotsioonivaba ülevaate rollist, mida GMO-d täna maailmas mängivad, ja panevad muu hulgas lugejale südamele, et mutatsioonid ei pärine sugugi ainult laborist, vaid on osa organismide tavalisest elust ja arengust.

Sõna „bastion” seondub mul hoobilt „Kolme musketäri”, kus La Rochelle'i piiramisel osalenud neli sõpra lähevad einetama Saint-Gervais' bastioni. Horisondis tollest bastionist juttu ei ole, küll annavad Ragnar Nurk ja Robert Treufeldt ülevaate Tallinna bastionidest ning pööravad pilgu ka mujale Euroopasse. Et lugeja mõisteterohkest militaarajaloost paremini aru saaks, on artikkel erakordse ilmekusega illustreeritud.

Kuidas tekkis inimene? Sumerid arvasid, et jumalad jõid õlut, jäid vinti ning otsustasid naljapärast savist inimese voolida. Alguses ei tulnud midagi välja, lõpuks asi õnnestus. Selle legendi kohaselt on õlu vanem kui inimkond. Vladimir Sazonov ja Andreas Johandi kirjutavad, et õlu võib olla isegi vanem kui leib ja õlle ohverdamine jumalatele oli igati kombekas tegevus.

Ammuste jõeäärsete tsivilisatsioonide juurde kutsub ka kirjutis lapsvaaraost Tutanhamonist, kes täna on kuulus eelkõige seepärast, et tema hauakamber püsis peaaegu puutumatuna 1922. aastani, mil Howard Carter selle avastas. Tallinnas rahvusraamatukogus, kus asub ka Horisondi toimetuse, on suve lõpul olnud võimalik neile avastustele, täpsemalt leidude koopiatele, ka ise pilk peale heita.

On Läänemere aasta. Intervjuu merefüüsik Jüri Elkeniga näitab hoopis teistsugust merd kui see, mida päikeseloojangul imetleme. Kuigi Läänemeri on ilmselt kõige paremini läbi uuritud meri maailmas, ei saa mere uurimise töö kunagi otsa.

Mis on terasest 200 korda tugevam, samas painduv, veniv ja läbipaistev? Lugege Horisonti, saate teada! ●

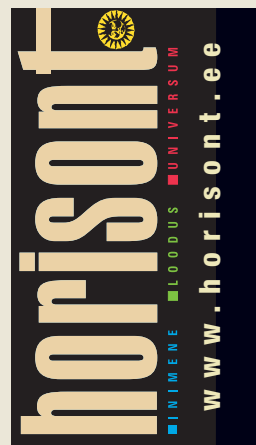
Indrek Rohtmet



CORBIS / AOP



ESIKAANE FOTO: SCHUTTERSTOCK / AOP



horisont
INIMENE LÕDUS UNIVERSUM
www.horisont.ee

Ilmub aastast 1967. 6 numbrit aastas.

- Toimetuse: Endla 3, Tallinn 10122 / tel 610 4107 / faks 610 4109 / e-post: horisont@horisont.ee
- Peatoimetaja: Indrek Rohtmet, indrek@horisont.ee
- Tegevtoimetaja: 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, kersti@horisont.ee

• Väljaandja: MTÜ Loodusajakiri, Endla 3, Tallinn 10122 / e-post: loodusajakiri@loodusajakiri.ee
Vastutav väljaandja: Tiina Talvi, tiina@loodusajakiri.ee
Reklaamijuht: Elo Algma, 610 4106, reklaam@loodusajakiri.ee

• Tellimine: 610 4105, loodusajakiri@loodusajakiri.ee

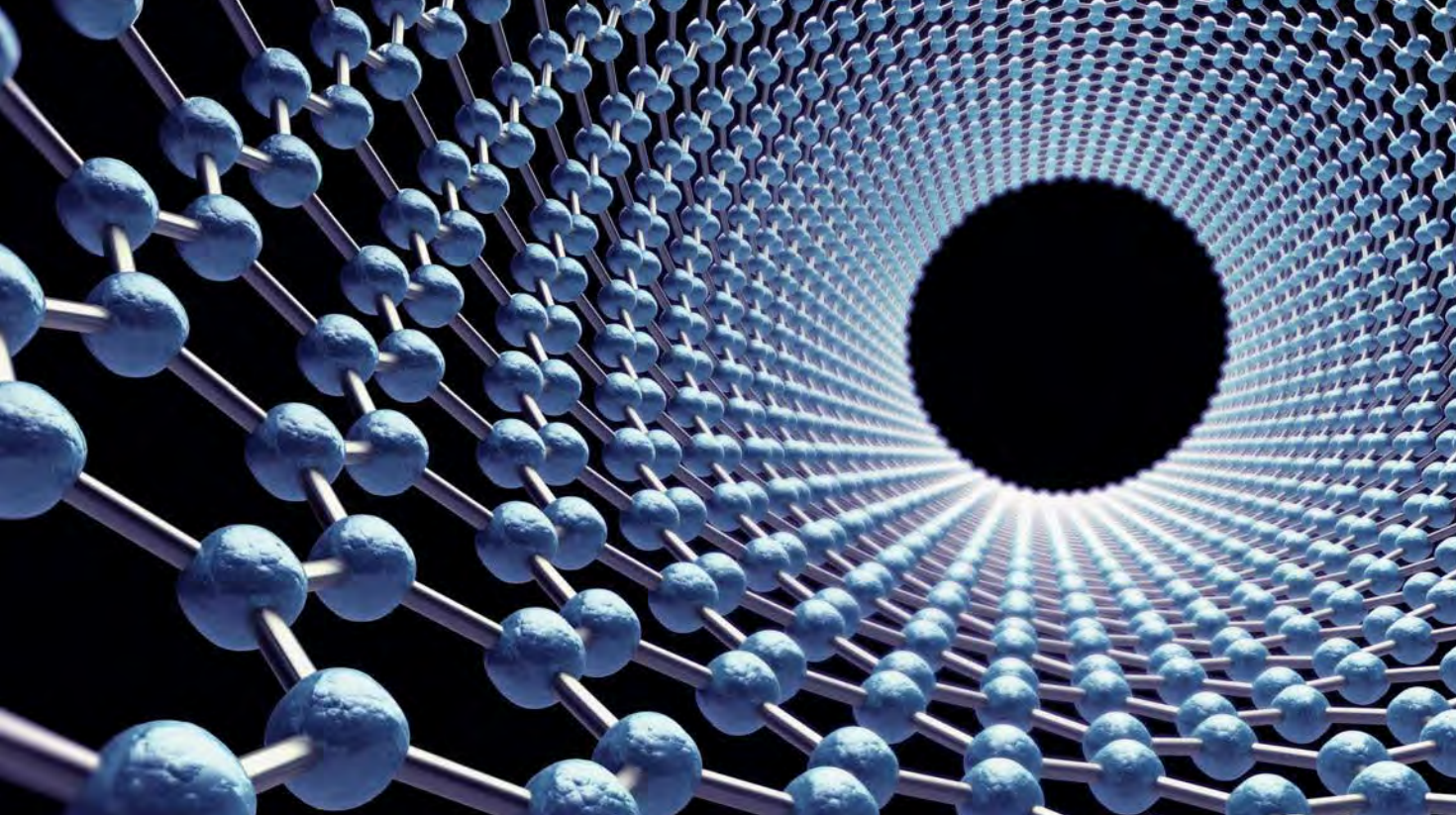
ISSN 2228-3471 (e-luger)
Autoriõigus: MTÜ Loodusajakiri, Horisont, 2014
Trükitud trükikojas Kroonpress



POHIMAADE OKOMAGIS
541 787
Trükitööde

KK
KESKONNAINVESTEERINGUTE
KESKUS

Ajakiri ilmub Keskonnainvesteeringute Keskuse toetusel



EESTI TEADLASED ARENDAVAD ÜLITUNDLIKKE GAASISENSOREID

Järjekordselt on kinnitust leidnud fakt, et Eesti teadlased suudavad kaasa lüüa maailmatasemel teaduse tegemises. Nimelt saab oktoobris Tartu Ülikooli füüsika instituudi materjaliteadlaste uurimisrühmast Euroopa ühe suurima teadusuuringute projekti *Graphene Flagship* ametlik partner. Miljardieurose eelarvega superprojekti raames on teadlased luubi alla võtnud grafeeni, et leida sellele süsiniku allotroopsele teisendile rakendust uutes tehnoloogiates.

Mis imeline asi see grafeen siis on, et selle uurimine on enneolematult suurelt ette võetud? Teadupoolest on grafeen vaid ühest ainsast kuusnurkses võres olevate süsinikuaatomite kihist koosnev materjal, mille said 2004. aastal esimest korda tavalise kleeplindi abil grafiidi liistakutelt kätte Manchesteri ülikooli teadlased Andre Geim ja Konstantin Novosjlov. Kohe esimestes katsetes avastati, et see läbipaistev materjal on väga hea elektrijuht, tehes silmad ette seni elektroonikatööstuses laialt kasutuses olevale ränile. Lisaks on grafeen ülihea soojusjuht ning ühtlasi väga vastupidav materjal. Grafeen on terasest pea 200 korda tugevam, kuid samas painduv ja hästi venitav.

Just nende eriliste omaduste tõttu grafeen praegu teadlast intrigeeribki. Kõige rohkem loodetakse sellest imematerjalist konkurenti või koguni asendajat ränile tuleviku nanoelektronikas. Nii on ka suur osa senistest grafeeniga seotud

uuringutest olnud suunatud grafeenil põhinevate (välja)transistorite arendamisele. Euroopa komisjoni rahastatud *Graphene Flagship*'i projekt panustabki Chalmersi tehnoloogiaülikooli juhtimisel elektroonikale kui ühele peamisele grafeenil põhinevate tehnoloogiate rakendusvaldkonnale, aga ka selle materjali kasutusvõimaluste arendamisele energeetikas ja sensorikas. Just viimati mainitud valdkonnas ongi meie teadlased selles võimalikule nn grafeeni-revolutsioonile teed siilutavas projektis osalemas – ühena ühtekokku 140 partnerist üle kogu Euroopa.

„Meie roll projektis on arendada välja grafeenil põhinevad ülitundlikud gaasisensorid,“ märgib Tartu Ülikooli materjaliteaduse vanemteadur Harry Alles. Tänapäevaste gaasisensorid põhinevad Allesel sõnul peamiselt teada-tuntud pooljuhtidel, mis on töökindlad ja vähemalt rahuldava tundlikkusega enamikus valdkondades, kus neid kasutatakse

(näiteks keskkonnahoius, tööstuses, transpordis). Praeguste sensorite puhul on aga probleemiks asjaolu, et need töötavad toatemperatuurist mõnisada kraadi kõrgemal temperatuuril ja kulutavad seetõttu palju energiat. Grafeenil põhinevate gaasisensorite puhul loodetakse, et need võiksid töötada toatemperatuuril – oleksid energiasäästlikud ja samaaegselt palju tundlikumad kui praegu kasutusel olevad gaasisensorid.

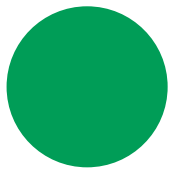
„Kuna grafeen on kahemõõtmeline, siis on kõik selle materjali aatomid pinna-aatomid ja seetõttu peaks grafeenil põhinev gaasisensor ideaalis olema väga tundlik. Ongi demonstreeritud, et inertsetes gaasides on võimalik tuvastada üheainsa molekuli grafeeni pinnale haakumist või sealt eraldumist,“ osutab Alles. Ent tavatingimustes, õhu käes ja tavapärasel niiskuses, kus grafeeni pind on kaetud hapniku, veeauru ja muude õhus leiduvate gaaside molekulidega, võib grafeenil

põhinev sensor olla ka täiesti tundetu, mistõttu on vaja selle pinda kindlasti aktiveerida. Alles märgib, et sellele probleemile lahenduse otsimisel on viimasel ajal eri meetodite hulgas kõige perspektiivsemana esile kerkinud grafeeni valgustamine ultravioletvalgusega ja selliseid katsetusi on tehtud ka Tartu füüsika instituudis.

Füüsika instituudi teadlaste otsesteks partneriteks grafeenil põhineva sensori prototüübi väljatöötamisel on kolm Itaalia ja üks Hispaania ettevõtte ning tähtjaks on seatud 2016. aasta märtsi lõpp. „Kuna grafeenil põhinevad sensorid võivad põhimõtteliselt olla multifunktsionaalsed – nendega saab detekteerida ka mehaanilisi pingeid, rõhku ja magnetvälja, võiks grafeeni laiem kasutuselevõtt viia täiesti uutele tehnoloogilistele lahendustele sensorikas,“ usub Alles.

• Ulvar Käär





neutronkiirguse allikast

Mis asi on Euroopa Neutronkiirguse Allikas?

Euroopa Neutronkiirguse Allikas (ingl *European Spallation Source*, ESS) on seitsmeteistkümmne Euroopa riigi osalusel Rootsi Lundi ehitatav suur teaduskompleks, mis kasutab teadusobjektide uurimiseks neutronkiirgust. ESS-i valmismise on kaasatud rohkelt mitmete valdkondade tippteadlasi, mistõttu on instrumentide disainimisel ja ehitamisel lähtutud värskeimatest ideedest ja orienteeritud uudetele avastustele praktiliselt igas eluvaldkonnas.

Eesti andis oma lõpliku kinnituse ESS-i ehitamises osalemiseks tänava aprillis, kui haridus- ja teadusminister Jevgeni Ossinovski allkirjastas vastava lepingu.

ESS-i keskmeks on neutronite allikas ehk pöörlev tahkest metallist märklaud, mida pommitatakse neutronite saamiseks kiirendatud prootonitega. Märklauda uudne disain muudab ESS-i teiste neutronkiirguse allikate seas ainulaadseks, võimaldades saada kirkaimat neutronkiirgust maailmas. Neutronallika ümber on paigutatud kuusteist spetsiaalselt ESS-i jaoks disainitud instrumenti, mis võivad olla kuni 150 meetrit pikad. Tulevikus on võimalik instrumentide arvu ka suurendada, et tagada ESS-i ajakohasus ja innovaatilisus pikaks ajaks.

Esimest korda planeeritakse ESS käivitada 2019. aastal ning selleks ajaks on kavas valmis ehitada kuni kuus instrumenti. Ülejäänud seadmed valmivad aastaks 2025. Hinnanguliselt kujuneb ESS-i ehitusmaksumuseks 1,843 miljardit eurot, millest veerand (0,25) protsenti katab Eesti riik. Eesti osalusest kuni 75 protsenti võib moodustada nn kaudne panus ehk Eesti teadlaste töö ESS-i instrumentide ja tugiparatuuri disainimisse, ehitamisse, testimisse ja juhtimisse.

Hetkel valmistavad Tartu Ülikooli teadlased ette kolme projekti, panustamaks erinevate instrumentide ehitamisse. Need projektid on suunatud peamiselt energia salvestussüsteemide ning fotoaktiivsete reaktsioonide uurimiseks kasutatavate seadmete valmistamiseks. Oma võimalust panustada ESS-i ehitamisse otsivad intensiivselt ka Tallinna Tehnikaülikool, Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut ja mitmed Eesti tööstusettevõtted.

Eesti osalemine ESS-is annab kõigile siin tegutsevatele teadlastele võimaluse kasutada unikaalse, Eestile niivõrd lähedal asuva teaduskeskuse võimalusi, et saada täiesti uuel tasemel infot oma uurimisobjektide kohta. Neutronkiirguse hajumisel põhinevaid uurimismeetodeid saab kasutada väga paljude teadus- ja tehnoloogiavaldkondades, alates biokeemiast ja biomeditsiinist, keskkonnatehnoloogiast ja materjali- teadusest ning lõpetades fundamentaalse keemia ja füüsikaga.



Lundi ehitatav ESS valmib rahvusvahelise konkursi võitnud projekti põhjal.

ESS / TEAM HENNING LARSEN ARCHITECTS

**MÄRKLAUDA UUDNE
DISAIN MUUDAB
ESS-i TEISTE
NEUTRONKIIRGUSE
ALLIKATE SEAS
AINULAADSEKS,
VÕIMALDADES
SAADA KIRKAIMAT
NEUTRONKIIRGUST
MAAILMAS.**

loogiavaldkondades, alates biokeemiast ja biomeditsiinist, keskkonnatehnoloogiast ja materjali- teadusest ning lõpetades fundamentaalse keemia ja füüsikaga.

Samuti on üha intensiivsemalt hakatud neutronhajumismeetodeid kasutama inseneerias. Näiteks on neutronhajumismeetoditega võimalik uurida magnetismi ja sellega kaasnevaid protsesse, vahetult kütuseelementides, superkondensaatorites ja patareides toimuvaid elektrokeemilisi muutusi ja materjalide degradeerumise põhjusi, korrosiooni betoonis ja teistes ehitusmaterjalides, autodes ja lennukites kasutatavate sulamite vastupidavust väga erinevatele keskkonnamuutustele või elusorganismides leiduvate ensüümide seni mõistmatuks jäänud toimemehhanismide.

Samuti on võimalik uurida viskoossetes ja kollidsetes süsteemides toimuvaid dünaamilisi struktuurimuutusi ajas.

Olemasolevatest allikatest kirkaim neutronkiirgus ESS-is võimaldab eksperimenteerida senisest väiksemate ainekogustega, palju kiiremini ning seeläbi uurida ajaliselt vähem stabiilseid proove, mille mõõtmine pika katsete kestuse tõttu on seni olnud võimatu. ●



SCANPIX

Vastast Tartu Ülikooli füüsikalise keemia professor

ENN LUST

autoriõigus Loodusajakiri MTÜ

Kosmosemissioonide kroonika

Kosmosesond New Horizons ületas teekonnal Pluto juurde Neptuuni orbiidi

2006. aasta jaanuaris startinud New Horizons ületas 26. augustil Neptuuni orbiidi rekordilise ajaga – kaheksa aasta ja kaheksa kuuga.

See oli viimane orbiidiületus selles reas ning sond peaks 14. juulil 2015 jõudma Pluuto juurde. Tähtenduslik on see, et samal ajal 25 aastat tagasi jõudis Neptuuni juurde NASA kosmoselaev Voyager 2, mis heitis esimese pilgu seni nii kättesaamatuna tundunud hiidplaneedile ja selle planeedi-moõtu kaaslasel Tritonile.

Marsikulgur Opportunity hoiab pikima Maa-välise „sõidu” rekordid

27. juulil läbitud 48 meetriga viis Opportunity oma odomeetri näidu 40,25 kilomeetrit, millega kulgur on nüüd liider Maa-välise sõidu-teekonna arvestuses.

Eelmine rekord kuulus Nõukogude Liidu kuukulguurile Lunohod-2, mis kuundus 15. jaanuaril 1973 ja läbis seal viie kuu jooksul umbes 39 kilomeetrit. Kuukulguri teekonna pikkus arvutati Kuu tehiskaaslase Lunar Reconnaissance Orbiter'i Lunohod-2 jälgedest tehtud fotode põhjal. Oma-moodi sümboliseerivad mõlemad kulgurid kahte kosmoseuuringute kuldajastut – eelmine sajandi kuue- ja seitsmekümnendaid ning praegust aega.

Opportunity meeskond otsustas eelmise rekordi-omaniku auks anda nime Lunohod-2 ühele kuuemeetrisele väikekraatril Marsil, Endeavour'i kraatri välisküljel.



Opportunity foto Lunohodi auks nimetatud kraatrist.

Rosetta jõudis sihtmärgi juurde

Pärast kümneaastast teekonda ja kuue miljardi kilomeetri läbimist jõudis Euroopa Kosmoseagentuuri sond Rosetta lõpuks oma eesmärgi, komeedi 67P/Churyumov-Gerasimenko juurde.

Selleks tehti neli möödalendu Maast ja Marsist, et kasutada nende gravitatsiooni kiiruse kogumiseks, ning siis veetis kosmoseaparaat 31 kuud „talvunes”, kuna kaugus Päikesest oli päikesepatareide jaoks liiga suur. Sond äratati jaanuaris ja 6. augustil jõudis see sihtmärgist 100 kilomeetri kaugusele.

Juba tehtud fotodelt on näha, et komeedituum pole mitte kartulikujuline, nagu ennustatud, vaid see meenutab „piiluparti” – kaks palli, mis on ühendatud „kaelaga”. Arvatakse, et niisugune kuju on tekkinud

kahe objekti kokkusulamisel Päikesesüsteemi algusaegadel.

11. novembril plaanitakse komeedil maandada umbes külmutuskapi suurune maandur Philae eesmärgiga teha järgneva kuue kuu jooksul mitmesuguseid keemilisi ja struktuuriuuringuid. Loomulikult limiteerib komeedi tuuma kuju võimalikke maandumiskohade leidmist, mis ongi allesjäänud aja jooksul üks tähtsam ülesanne. Augustis valiti välja viis võimalikku maandumiskohta ning septembri keskel valitakse välja neist eelistatum.

Pärast maanduri eemaldamist jätkab Rosetta komeedi saatmist kuni selle periheelini augustis 2015 ja ka edaspidi, andes meile unikaalse võimaluse jälgida reaajas, kuidas komeet oma teekonnal ümber Päikese käitub.

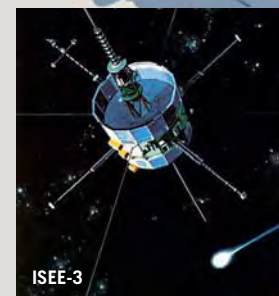


Kunstniku nägemus Rosettast komeet 67P/Churyumov-Gerasimenko juures.

4,4

triljonit kaadrit sekundis suudab jäädvustada Jaapani teadlaste konstrueeritud kiirkaamera, millega saab uurida keemilisi reaktsioone ja soojusülekandeid.

Nature Photonics



Projekt „Kosmoselaev kõigile”

Eelmise Horisondi numbri kosmosemissioonide kroonikas oli juttu katsete tuua üks 36-aastane kosmosesond tagasi Maa orbiidile ning esialgsete tööülesannete juurde – seda vabatahtlike projektina. Katse ebaõnnestus. Järgmine kord tuleb ISEE-3 Maa lähedusse 2029. aastal.

Kosmosesond International Sun-Earth Explorer (ISEE-3) startis 1978. aastal eesmärgiga uurida Maa magnetosfääri, päikesetuult ja hiljem komeete ning naasis Maa lähedusse 2014. aasta suvel. Plaan oli käivitada sondi mootorid, et muuta selle orbiiti ja tuua see tiirlema ümber Maa. Kahjuks üritus ebaõnnestus ning ISEE-3 jätkab lendu senisel orbiidil. Vea põhjuseks peetakse kütusetankide väga aeglast lekkimist pika aja jooksul, mistõttu puudub küllaldane rõhk reaktiivjoa tekkimiseks.

Kui esialgsest pettumusest üle saadi, otsustati siiski projektiga edasi minna nime all „A Spacecraft for All” ning ISEE-3 lülitati tagasi teadusuuringute režiimi. Kasutades Moreheadi Ülikooli raadioteleskoopi, jätkatakse telemeetriaandmete kogumist seni töötavalt teadusinstrumentidelt, tööeldakse saabunud andmed ning avaldatakse need teadlastele ja avalikkusele. Kogu info kogutakse veebilehele <http://spacecraftforall.com>. Kui kaua õnnestub Maast eemalduva sondi signaali registreerida, pole teada.

• Kosmosemissioonidel hoiab silma peal Jüri Ivask

Eksponaadi loomine

800-aastane naine Eesti Rahva Muuseumis

Sarikapidu on peetud, eksponaatide ettevalmistamine Eesti Rahva Muuseumi uue püsinäituse tarvis on täies hoos. Teiste kõrval kohtub tulevane muuseumi-külastaja uues majas ka 12. sajandi lõpul või 13. sajandi algul elanud jõuka naisega Ida-Virumaalt Kukruselt.



Kukruse naise rõivakomplekt.
Ideest teostuseni kulus enam kui aasta.

- Kontseptsioon: Riina Rammo, Jaana Ratas, Mari Tõrv
- Tekstiilid: Astri Kaljus
- Rõivaste pronksspiraalkaunistused: Jaana Ratas
- Ehted, vöö ja vöö küljes ripuvad esemed: Indrek Jets, Edvards Puciriuss, Jaana Ratas
- Tööriistad: Edvards Puciriuss
- Klaashelmed: Laura Šmideberga
- Nahkjalatsid: Jaak Mäll

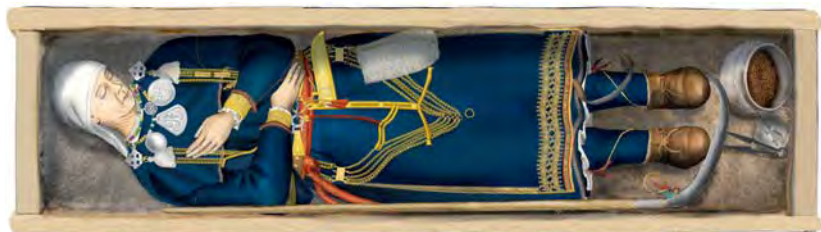


Tegemist on võrdlemisi värske arheoloogilise leiuga – Kukruse hilisrauaaegne kalmistu avastati 2009. aasta hilis-sügisel teetööde käigus, mistõttu eksponaati luuakse paralleelselt uuringutega (toetab ka Kultuuriteooria tippkeskus). Näituse külastajale antakse lisaks naise loole ettekujutus ka tehtud uuringutest alates kaevamisest ja terviklikult kaasa võetud matuse konserveerimisest kuni naise toitumuse detailide rekonstrueerimiseni.

Kes see naine on?

Taastada saame naise eluloo üksnes tema matusele tuginedes. Vastuseid annavad naise maised jäänused, hauda kaasa pandud esemed, rõivaosad, kirst, haua paiknemine kalmistul.

Tehniliselt on tegemist Kukruse VI matusega; selle nime all figureerib ta erialakirjanduses. Konserveerimistööde käigus ristiti ta „memmeks”. Arvestades, et keskmine eluiga



Kunstnik Jaana Ratase nägemus Kukruse memmest. Rõivastuse juurde kuuluvad metallosad on üks-ühele matuselt üle võetud. Kuna pinnas Kukruse kalmistul on olnud tekstiilide suhtes armutu ja vähesed säilinud fragmendid ei võimalda kangaste algseid värve kindlaks teha, on rõivaste värvilahendus laenatud teistelt sama ajastu objektidelt.

JOONISTUS: JAANA RATAS

12.–13. sajandil oli tänapäevaga võrreldes märksa lühem, kõlab „memm” ühe 40–50-aastase naise kohta igati paslikult. Seda, et tegemist on naisega, kinnitavad lai vaagen ning tunnusmärgid koljul. Vanuse määramisel on olnud kõnekad liigespinnad ja nende kulumisaste. Matuse kuulmist naisele kinnitavad ka surirõivad – rikkalikud ehted ja pronkskaunistused. Viimased on ka kogu kalmistu dateerimise aluseks.

Rikkalikult kaunistatud rõivad ning ehted kõnelevad positsiooniga naisest. Seda kinnitavad ehk pisut üllatuslikult ka tema kaariesest ja hambakivist puutumata hambad. Need viitavad suhkru ja jahutoodete vähesusele ning liha-kala ja taimse toidu rohkusele menüüs. Teiste kalmistule maetud naiste hambaid otsides pidime tõdema, et valdav enamik oli neist enne surma ilma jäänud.

Isotoopuuringud, mis võimaldavad kindlaks teha iga üksiku indiviidi peamise proteiiniallika toidus, näitavad, et memm ei erinenud teistest Kukruse kalmistule maetutest. Kogu populatsiooni toidusedel on olnud võrdlemisi ühetasoline. Samuti ei ole muutunud Kukruse memme toitumus elu jooksul, mis võiks viidata paigatrudusele.

Avastamisrõõm

Analüüsitulemusi liites püüame näitusekülastajale luua võimaluse kokku panna pildi sellest, kuidas Kukruse naine umbes 700 aastat tagasi välja nägi. Luustiku antropoloogilised määrangud ja isotoopanalüüsid lubavad avada muidugi üksnes osa naise eluloost. Tema religioosse ja/või rahvusliku kuuluvuse, perekondlike sidemete ja muu seesuguse kohta tuleb vastuseid otsima tulla juba näitusele. Olgu lisatud sedagi, et kuna uurijad ei pruugi kõigi küsimuste peale kohe tulla, siis võib naise „minapilt” vastavalt uutele küsimustele ja tulemustele muutuda.

See on arheoloogia argipäev.

• Mari Tõrv, arheoloog

LOE VEEL

■ Teavet Kukruse memme toitumuse ning fotogrammeetria põhineva mudeli tegemise kohta ja rohkem fotomaterjali leiab ERM-i blogist: <http://blog.erm.ee/?p=2401> ja <http://blog.erm.ee/?p=5111>.

■ Ants Kraut. Härjapea hülgeküttidest Kukruse kaunitarini. Horisont 1/2010.

■ Ants Kraut. Vaenatud vägilased ja koolnud kaunitarid. Horisont 1/2011.

HORISONT KIRJUTAS

40
aastat
tagasi

HORISONT 10/1974, LK 2–5

Geoloogiakandidaat Vello Karise räägib põhjaveest meil ja mujal.

„Arteesia vett leidub meil mitmesuguses sügavuses: kui Hiiumaal pärineb maapinnale voolav põhjavesi vaid paarikümne meetri sügavuselt, siis Ikla mineraalvesi tuleb ligi 650 m sügavuselt, kusjuures veetase tõuseb rohkem kui 30 m kõrgusele üle maapinna. Selline survekõrgus on meie oludes muidugi üsna haruldane (võib esineda vaid vabariigi lõunaosas). Tavaliselt pärineb maapinnale voolav vesi 100–150 m sügavuselt ning tõuseb sagedamini vaid 0,5–1, harvem 10–15 m kõrgusele üle maapinna. Arteesia kaevude vett kasutatakse enamasti veevarustuses, paljudel juhtudel aga voolab omaaegsete uurimispuuraukude vesi kasutult maha.”

30
aastat
tagasi

HORISONT 6/1984, LK 26–27

Horisont muheles.

Loodusuurija Ernst Haeckeli (1834–1919) lauanaabriks ühel koosviibimisel osutus kõrge vaimulik. Kui viimane tahtis pärast einet suitsetada, pakkus Haeckel talle tuld. Vaimulik võttis tuletiku vastu, kuid see kustus enne, kui ta jõudis sigari süüdata.

„Ennäe, teaduse tuli kustub!”

Haeckel noogutas: „Pole ka ime – kiriku käes!”

20
aastat
tagasi

HORISONT 5/1994, LK 26–27

Rubriigist „Kerge küsida” saab teada, miks lehed sügisel värvi muudavad.

„Enamus meist teab, et lehed on rohelised tänu neis sisalduvale klorofüllile ehk leherohelisele. Klorofüllil on mitut liiki, mistõttu ka puud ei ole kõik ühte värvi. Nii on klorofüll a sinakam, klorofüll b aga jälle kollakam. Klorofüll moodustabki kaks kolmandikku lehtedes sisalduvast pigmendist. Tegelikult on lehtedes ka teisi pigmente, kuid kuna klorofüllil on nii palju, ei pääse teised nähtavale.

Mis on need teised, suvel varju jäävad värvid? Näiteks lämmastikust, vesinikust ja hapnikust koosnev ksantofüll, mis on kollane. Ksantofüll moodustab umbes 23 protsenti lehtedes olevast pigmendist ja seetõttu on sügisesed lehed valdavalt just kollased. Siis veel karotiin, mis teatavasti annab porganditele tooni ja mida puulehtedes on umbes 10 protsenti. Punase värvi annavad vahtra-lehtedele antotsüaanid.

Suvel me neid teisi pigmente ei näe ja näeme ainult rohelist klorofüllil. Kui saabub sügis ja läheb külmaks, valguvad juba varutud toitained lehtedest puu okstesse ja tüvesse. Kuna uusi toiduaineid talvel ei toodeta, pole ka klorofüllil enam niipalju vaja ja ta laguneb. Seetõttu ilmuvad nähtavale teised pigmendid. Lehed muutuvad kirevavärviliseks.

Kollane, punane jt teised sügistoonid on puulehtedes tegelikult kogu aeg olemas – roheline lihtsalt ei võimalda neil suvel välja paista.”

TIIT KÄNDLER

EUROOPA TEADUS KIPUB JÄÄMA ÜLDSÕNALISEKS

Kui Jacob Christian Jacobsen rajas 1844. aastal oma õlleimpeeriumi ning alustas selle hoonete ehitamist Kopenhaageni raekojust kolme kilomeetri kaugusele, pannes firmale oma poja Carli järgi nimeks Carlsberg, ei aimanud ta kindlasti, et 180 aasta pärast kogunevad siia Euroopa teadlased, poliitikud ja ärimed, et kõnelda teadusest ja selle ümber pulbitsevast elust. Ometi toimus nüüdseks Carlsberg City nime saanud ning restaureeritud ja uuendatud tööstusalal 21.–26. juunini Euroopa kõige esinduslikuma teadusfoorumite sarja, Euroopa Avatud Teadusfoorumi (European Science Open Forum, ESOF) festivalimöötu üritus.



FOTOD: TIIT KÄNDLER

Taani kuninganna Margrethe II kõneles avamisel teadusest üldsõnaliselt.

Neljal elevantil seisva väravatorniga Carlsbergi õllefabrikute ja nende töötajate elamute ala uuendatud põhiplaan, väikese projekteerimisfirma Entasis saavutus, võitis 2009. aastal maailma arhitektuurifestivalil omal alal peaauihinna. Põhiplaanist hoonete sisse minekuni võttis aastaid ja nüüd sai siin nii teadlastele kui ka linnarahvale suure ürituse korraldada.

Kirju mosaiigi robotika

Teadusfestivalil kõnelesid 130 istungil sajad teadlased, ettevõtjad, poliitikud ja teadusajakirjanikud. Üle 4000 kokkutulnu mõtles ja arutles asjade üle, mis ulatusid mikro-maailmast universumi kõige kaugemate äärteni ruumi mõttes, kõige kaugemast minevikust kõige kaugema võimaliku tulevikuni aja mõttes ning kõige realistlikumatest teaduskatsetest ja -aparaatidest kuni kõige utoopilisemate unistusteni välja ideede mõttes. Kõned, arutlused ja diskussioonid heitlesid matemaatilisest mõtlennust robotiehitajate praktilisemate, allveearheoloogidele sobilike seadmete mudelite ja prototüüpideni, sealt edasi kuuvarade kaevandamise luuludeni kuni kvantravutite võimaluste rehkendamiseni välja.

Aega ja tausta vaagides

Siiani kuuest ESOF-i festivalist olen ise viibinud üksnes kahel viimasel, 2012. aastal Dublinis ja nüüd Kopenhaagenis, nõnda et ajalise arengu kirjeldamiseks on võtta vaid kaks punkti. Ja teatavasti saab läbi kahe punkti tõmmata mistahes kõvera, nõnda et siin arendatud mõtteriida ei maksa pidada millekski teaduslikult tõestatuks.

Ometi tekkis ohtralt plenaaristungite loenguid kuulates ja seksioonide tööd külastades kiusatus nähtu ja kuuldu mingilgi kombel kui mitte just paika panna, siis mingile taustale sättida ometi.

Taustaks sobib imehästi loodusteaduslike avastuste ja ideede areng, põimituna nende rakendamisega igapäevaellu. Kui kahe aasta eest sai lennureisija ennast registreerida (*check-in* teha), suheldes lennujaama registreerimissaali leti taga istuva inimesega, siis nüüd ei jää üle muud, kui suhelda robotiga, inimese ligi lastakse ainult erakorralisel juhul. Kui kahe aasta

eest sai ESOF-i plenaaristungitel esitada küsimusi kohapealt sulle kättetoodud mikrofoni vahendusel, siis nüüd soovitati küsimused sautsuda Twitterisse, kust siis juhataja neist mõned välja valib. Kahtlemata suund ebademokraatlikuma ühiskonnakorralduse poole. Kas teadus ja selle tulemused vähendavad ühiskonna demokraatiat? See küsimus tikkus küll pähe, ent on liiga suur tükk, et siinses loos lahti hammustada.

Eesti ESOF-il

Eesti teadus esindas ennast ESOF-i peasaali ette loodud näitusel. Meie väljapanek oli muu näidatu kõrval tõeline välja panek, kahe jalaga maal (mis sest, et vesisel) seisimine. Oli pakkuda asjalik brošüür Eesti teadussaavutustest ja eksperdid, kes püüdsid ohtratele külastajatele selgeks teha, et Eesti taolises väikeriigis tööpoolest ikka teadust tehakse, aga oli ka selge ja arusaadav näide: laevavakkidele sukelduma mõeldud robotkilpkonna paarikümnesentimeetrised mudelid, mis akvaariumi helesiniselt piimjas vees kõige oma nelja

**EESTI TEADUS
ESINDAS ENNAST
ESOF-i PEASAALI ETTE
LOODUD NÄITUSEL.**

loivaga lõbusalt ulpsid, süttiva tulukese poole suundusid ja iga kaheksa tunni järel süüa ehk akude laadimist tahtsid.

Akvaariumi kõrval laual lebas ka robotkilpkonna elusuuruses poolemeetrine näidis, mis loodetavasti juba sel suvel Läänemerre ja kogunisti Vahemerre sukel-dub. Tallinna Tehnikaülikooli professori Maarja Kruusmaa ja tema kolleegide välja-panek ning ka tööseminar oli nõnda siis selge ja loogiline.

Üllatavalt palju seminare käsitles laiemas mõttes arhitektuuri ehk täpsemalt linnaplaneerimist, seda, kuidas muuta linnad elatavaks. Sellega haakub ka Tartu Observatooriumi teadlase Kaupo Voormansiku ja tema kolleegide satelliitidelt linnade arengu analüüsi realiseerimine selle aasta kevadel Euroopa satelliidi Sentinel-1 abil. Muidugi ei unustanud Eesti väljapanek EstCube-1 fotogeenset pilti.

Kui Taani kuninganna Margrethe II oma meestest kubiseva seltskonnaga puupüsti täis istungitesaali sisse marssis, oli ametlik avamine 20 minuti eest juba alanud. Mis seisnes kuninganna ootamises. Ootas ka José Manuel Barroso, kes pärast kuninganna vigadeta kulgenud kohustuslikku etteastet pidas veidi südamlikuma kõne teaduse osast Euroopa elus.

Staaride ekvilibristika

Misjärele ei puudunud kahe aasta tagused staarid, kes Dublinis teatasid Higgsi bosoni avastamisest – CERN-i peadirektor Rolf-Dietrich Heueri ja Suure Hadronite Kollideri LHC vanemfüüsiku Fabiola Gianotti kehatustes. Kuid neil polnud palju uut Higgsi bosoni kohta ütelda. Siiski pühendati neile ka üks pressikonverents, kus teadlased kinnitasid, et remondis ja ümberseadistuses olev LHC hakkab jälle tööle 2015. aasta algul, ja et 23. juunil ajakirjas Nature Physics avaldatud artiklis leidis kinnitust, et avastatud Higgsi boson seisumassiga 125 GeV laguneb fermionideks standardmudeli poolt ennustatud kiirusega. Kuid lubati ka jätkata Higgsi bosoniga mitte seotud TOTEM-i projektiga.

Mõneti sümboolse ja efektse lõpuloenguga esines 25. juunil kuulus Prantsuse matemaatik, Poincaré Instituudi direktor, matemaatikute Nobeli, Fieldsi auhinna 2010. aastal võitnud Cédrik Villani. Elegantne ja ekstsentriline Villani oli kogunud auditooriumisse hulganisti noori matemaatikahuvilisi, kellele ta valemide säästmata tegi selgeks, et matemaatikute jaoks vanim probleem – Päikesesüsteemi stabiilsus – ei ole

KEEGI EI TEA, MIS ON TUMEAIN JA TUMEENERGIA, KEEGI EI TEA, KUIDAS SAAKS TÖÖLE PANNA TUUMAREAKTORI ITER. TEADLASKONNAL EI JÄÄ ÜLE MUUD KUI OTSIDA ARENGUKS VÄLJAPÄÄSU ERI VALDKONDADE VEEL SUUREMAS KOOSTÖÖS.



Eesti akvaariumis ujus reaalne robotkilpkonna mudel.

siiani täpselt tõestatud. Olgu need kunagised üritajad Kepler või Newton, Boltzmannist kõnelemata, tuleb siiani tunnistada, et nagu lõpuks kinnitas Newton: süsteemi püsivuseks vajatakse jumaliku sekkumist.

Ometi püsib meie Päikesesüsteem siiski, nagu me iga päev näha võime. Kuid isegi universumi kiireneva paisumise tõestamise eest 2011. aastal Nobeli võitnud austraallane Brian B. Schmidt, kes lubas kõnelda revolutsioonist astronoomias, jõudis vaid imetleda inimese suutlikkust avastada üha rohkem eksoplaneete ehk Päikesesüsteemi väliseid planeete. „Oleme piiriteadus ja palvetan, et see jääb alati selliseks,” kuulutas Schmidt. Ning tunnistas teleskoobi Kuule saatmise üleloomulikult kalliks.

See ei takista Google'il ülal hoidmast oma XPRIZE nimelist auhinda eraettevõttele, kes esmakordselt järgmise viie aastaga lendaks Kuule ja hakkaks seda kaevandama.

Kõik, mida me aastani 2035 kasutame, on juba paigas – kogu see tehnoloogia, mida me võime, kui tahame, nimetada ESOF-i eeskujul „avatud teaduseks”. Nimi meest ei riku, aga ega ka suurt jõudu anna. Loodetud läbimurded neuroteadustes, aju-uuringutes või perovskiidide kasutamisel päikesepatareides pole läbi murd-

nud. Oxfordi teadlane Sir Christopher Llewellyn Smith oli sunnitud tunnistama, et teadus- ja arendustegevuse kulutused maailma eri riikides üha vähenevad. Kas aitab siin „avatud teaduse” paradigma? Julgen küsida, kas see on üleüldse uus paradigma – servateadustest,

uute ja läbimurdeliste avastuste tekkest teaduste kokkupuutepindadel olen kuulnud alates sellest ajast, mil populaar-teadust lugema asusin, seega siis 1960. aastatest alates.

Prantsuse füüsik, Collège de France'i professor Serge Haroche, 2012. aasta nobelist, oli küll kindel, et nüüd võib kvantmaailma näha laboris, kuid kvantarvutiteni on veel kui mitte lõputu, siis vähemalt mõõtmatu maa minna. Mis ei takistanud teadlastel nimetada üks istungitest kvantmehaanika uueks ajastuks ja arutleda selle üle, kuidas kvantarvuteid kenasti ja turvaliselt saab kasutada krüptograafias, sõnumite salastamisel. Kes tegi seda lihtsamalt, kes keerulisemalt, kuid kõik teadlased kõnelesid, justkui oleksid kvantarvutid olemas. Aga neid ei ole ju, kui paaril foonil või mõnel molekulil ekstralühiajaliselt töötavad välja arvata.

Leiutised, ka teaduslikud avastused võib jagada arengut hüppeliselt muutvateks ehk arengut katkestavateks ja kohastuvateks, mõneti etteaimatavateks. Viimastel aegadel ei ole katkestavaid avastusi teaduses ette tulnud, üha enam käib töö kohastuvate avastuste kallal. Keegi ei tea, mis on tumeaine ja tumeenergia, keegi ei tea, kuidas saaks tööle panna tuumareaktori ITER. Maailmapilti katkestavad avastused nii kvantmehaanikas kui astronoomias on tehtud aastakümnete eest. Teadlaskonnal ei jää üle muud kui otsida arenguks väljapääsu eri valdkondade veel suuremas koostöös. ●



TEADUSE UNIVERSUM

„Teaduse universum” on rubriik, kus teaduskirjanik Tiit Kändler kirjutab, kuidas teadus märkamatu moel on põimunud meie ajalukku ja tänapäeva.

Rägavere ja Saunja paas

Puhas mudapaas Ordoviitsiumi ja Siluri piirilademetes

Hilis-Ordoviitsiumis jõudis Baltika ürgmanner veelgi soojema troopilise kliimaga aladele. Selle tähelepanuväärseks tagajärjeks oli suhteliselt vähese savisisaldusega lubimuda ulatuslik ja kiire settimine pea kõikjal Balti basseinis ja teistegi troopikas paiknevate kontinentide madalmeredes. Seesugune suhteliselt puhtama lubimuda settimise periood kestis Balti basseinis üle 20 miljoni aasta (450–430 Ma): Rakvere ja Nabala eest kuni Siluri ajastu Raikküla ea lõpuni, mil Baltika madal ürgmanner triivis ekvatoriaalsetel laiustel.

Rakvere ja Nabala eal kujunenud Rägavere ja Saunja kihistu paekivi on Eesti mitmekesiste paetüüpide kõrval nimetatud mõneti „igavaks“. Rakvere ja Nabala lademe paksus Eesti alal ulatub maksimaalselt vastavalt 28 ja 25 meetrini. Lasund on suures paksuses ühetaoline ja väiksema ilmastikukindluse tõttu on seda ka ehituskivina kasutatud tagasihoidlikult, sest see on eeldanud välisseinte krohvimist. Samas sobib nende kihistute paas lubja põletamiseks ja killustiku tootmiseks. Puhas lubjakivi allub hästi ka karstumisele – Harju lavamaal Hageri, Kohila, Nabala, Tuhala, Kuivajõe vööndis on ulatuslikumad karstialad seotud just nende lademetega.

Rakvere ja Nabala ea puhtas lubimudas oli eelnevate aegade lubisetetega võrreldes oluliselt vähem fossiilide purunemisel tekkinud detriiti ja ka suuremaid fossiilide osi. Põhilise massi setteist moodustas lubimuda, mis on kujunenud biokeemiliste protsesside tulemusel. Lubisete sadeneb kaltsiumkarbonaadiga üleküllastunud lahusest madalas soojas mereosas ariidse (kõrbelise) kliima intensiivse aurumise tingimustes. Taoline prot-

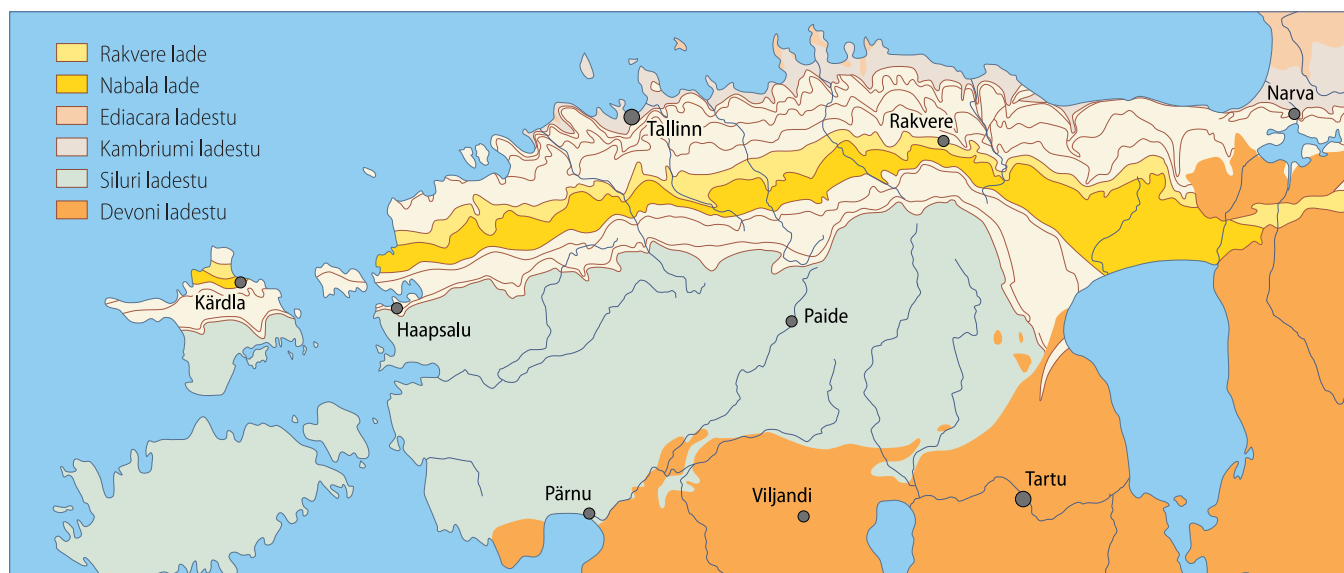
sess toimub tänapäeval, kontinentide kõrge seisu ja väheste troopiliste madalmerede ajajärgul, väga piiratud aladel – Pärsia lahe lõunaosas, Briti Hondurase ja Põhja-Austraalia rannikumeres. Hilis-Ordoviitsium oli seevastu madalate kontinentide ja laiade madalmerede ajastik, kus kõrbelises kliimavööndis laiusid madalmered, kuhu saviainese sissekanne oli minimaalne. Samas pidi lubiainese tekkeks oluline elustik neis meredes olema küllalt rikkalik, et lubimuda settimismaht saaks ajaühikus mitmekordistuda. Kui Vara- ja Kesk-Ordoviitsiumi parasvöötmes tekkinud lamavates paekihtides olid põhilisteks kaaneliiva (detriiti) andvateks faunagruppideks trilobiidid, pea-, käsi- ja kõhtjalgsed ning okasnahksed, siis troopikas lisandusid püsiva juhtgrupina lubivetikad, riffides korallid ja kihtpoorsed.

Ka sel perioodil esines vähemaid ja ajutisi, tõenäoliselt niiskema kliima faase, kus settebasseini on kandunud mõnevõrra rohkem savi ja lasundis on moodustunud savikama lubjakivi või merkivi vahekihte ja kihindeid. Esineb ka üksikuid kukersiitpõlevkivi õhuke (kuni 2 cm) vahekihte ja selle orgaanilise komponendi – kukersiini – lisandit merkivis.

Rakvere ja Nabala eal lubimudast tekkinud paekivi on äratuntav selle valkjashalli või -kollaka peit- ehk mikrokristallilise (afaniitse) põhimassi poolest. Samuti kivi kumer-nõgusa ja kiirja nn karpliku murde järgi. Midagi sarnast näeme paksema klaaskeha (amorfne) murdepinnal.

Hilis-Ordoviitsiumi ja Vara-Siluri lubimuda massilisem kuhjumine on toimunud sünkroonselt mandrijäätmise maksimumidega toona lõunapooluse ümbruses asunud Gondvana hiidmandril, mis lubab järeldada põhjuslikku seost: kui lõnamanner jäätus, siis troopikas muutus kliima kõrbeliseks. ●

RAKVERE JA NABALA LADEME AVAMUS



RÄGAVERE KIHISTU TUDU KIHISTIKU ÜLEMINE OSA

Kerguta puursüdamik vahemikus 107,28–107,41 meetrit



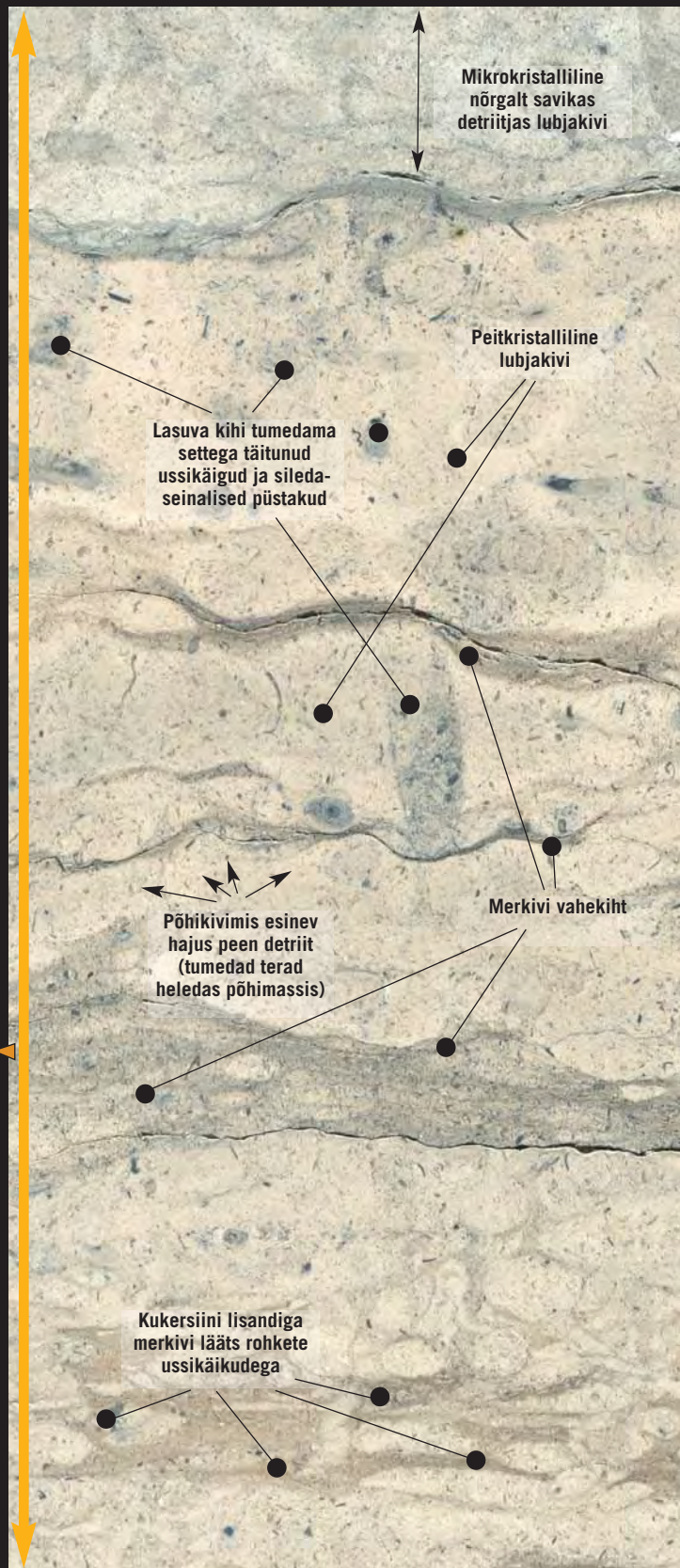
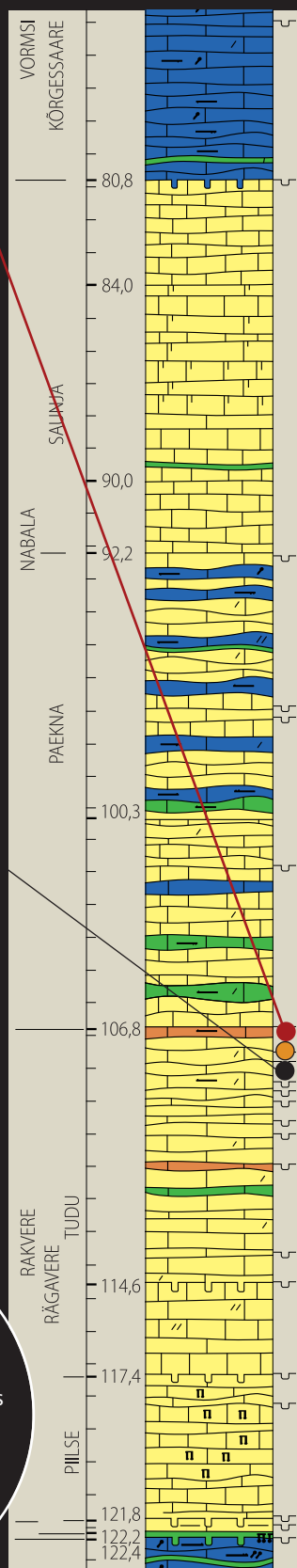
Kukersiidi vahekiht Kerguta puursüdamikus sügavusel 106,95–106,97 meetrit.



Intensiivselt püriidistunud katkestuspind harunevate koopalaadsete püstakutega, mis on täitunud lasuva kihi detriitse settega. Kerguta puursüdamik vahemikus 107,59–107,68 meetrit.

PAEMÄÄRAJA

Rägavere ja Saunja paasi võib näha avamuse piirkonnas – Pandiverest Matsaluni – esinevais paepaljandeis ja karjäärides, samuti paelavamaadel paiknevatel põldudel, kust mandrijäätmised on kivimit moreeni koosseisus ka lõuna poole edasi kandnud.



FOTOD: REIN EINASTO KOGU

Afaniitlubjakivi (kollane) stratigraafiline levik Rägavere, Paekna ja Saunja kihistus Kerguta puursüdamiku skeemil sügavusvahemikus 80,8–122,2 meetrit. Vahekihtides savikas lubjakivi (sinine), merkivi (roheline) ja kukersiit (pruun).

Allikas: Anne Põldvere, 2006

AUTORITEST

REIN EINASTO, Tallinna Tehnikakõrgkooli emeritprofessor, Paevana. AAT SARV, Tallinna Tehnikakõrgkooli assistent, geoturismi magister.

HANNA HÕRAK, HANNES KOLLIST

GENOOMIDE MUUTMINE:

Kujutlege, et olete nooblis restoranis ja menüüs on kirjas, et lõunamaise spargliroa valmistamiseks on kasutatud mutantseid taimi, aga talupoja mulgipuder on tehtud taimedest, mis ei sisalda mutatsioone. Arvatavasti suhtuks märkimisväärne osa meist esimesse rooga parimal juhul tõsise ettevaatlikkusega. Ehk mõtleks koguni, et tänan, ei, mutante ma küll süüa ei hakka! Kui aga temaatikasse pisutki süveneda, siis selgub, et tegelikult ei saa väita, nagu poleks mulgipudru keetmiseks kasutatud taimne materjal sisaldanud mutantseid taimi.



CORBIS / AOP

EI MIDAGI ENNEOLEMATUT

Põhjus on selles: kindlasti polnud toiduks kasutatud taimed oma genoomilt identsed. Nagu ühe inimese peamised välised tunnused erinevad teise omadest tema genoomis sisalduvate mutatsioonide tõttu, on ka sama liiki kõrvuti kasvavad taimed geneetiliselt erinevad ning igaüks neist sisaldab unikaalseid mutatsioone.

Näiteid elust enesest

Aga milleks kujutleda, võtame näite reaalsest elust Eestimaal 2014. aasta suvel. Ühe meie kuurortlinna restorani menüü tiitellehel on rasvaste tähtedega kirjas: „Väldime toidu valmistamisel GMO tähistusega toorainet.“ Hüva, see on nende valik ja edu neile, aga kas menüü koostajad teavad, et nii mõnegi nende pakutava toidu või joogi valmistamiseks kasutatud taimede, näiteks mõne õlleodra aretustöös on suure tõenäosusega kasutatud kas radioaktiivset kiirgust või mõnd mutatsiooni tekitavat kemikaali, näiteks etüülmetaansulfofonaati. Ikka selleks, et vastava odraliini genoomis teadlikult mutatsioonide arvu ehk geneetilist variatsiooni suurendada. Ikka selleks, et leida põllumajanduslikult huvitavate omadustega odraliine, millest uusi sorte aretada. Sel teel saadud odrasordi genoom on loomulikult mutantne, geneetiliselt muundatud, kuid GMO tähist kandma ei pea. Röntgenikiirguse või etüülmetaansulfofonaadi toimel tekib taimes tuhandeid kordi rohkem mutatsioone kui mis tahes transgeense tehnoloogia kasutamisel, aga kuna röntgenikiirgusega tekitatud mutatsioonid võivad tekkida ka loomulikul teel, siis nõnda saadud muudetud geenidega taim mingit erimärgistust ei vaja.

Kas teadvustame, et muudel aladel tarbime GMO tehnoloogia abil saadud tooteid juba aastakümneid? Näiteks diabeetikutele eluliselt vajalikku valku, insuliini, toodetakse juba ala-

tes 1980. aastate algusest transgeensete bakterite ja pärmide abil. Veelgi elulisem näide GMO-de rakendamisest igapäevaelus on juustu tootmisel kasutatav laap, mida algselt eraldati emapiimast võõrutamata vasika libemaost (kas pole mitte südantliigutavalt „mahe“ meetod), kuid alates 1990. aastatest toodetakse laapi peamiselt geenmuundatud bakterite ja pärmide abil.

GMO tehnoloogia on jõudnud praktikasse ka loomade puhul. Näiteks on Brasiilias loodusesse viidud geenmuundatud sääski, eesmärgiga võidelda dengue'i palaviku vastu. Dengue'i palavik on viirushaigus, millesse haigestub igal aastal 50–100 miljonit inimest, kellest 22 000 (peamiselt lapsed) surevad. Haiguse levitaja on *Aedes aegypti* – algselt Aafrikast pärit sääsk, kes on praeguseks laialt levinud troopilistes piirkondades üle kogu Maa. Haigust kannavad edasi üksnes emased sääsed, kes toituvad verest. Brasiilias on leitatud geenmuundatud isaseid sääski, kes kannavad „enesetapugeeni“. Need GM-sääsed paarituvad looduses emaste sääskedega ning tulemusena saadakse samuti „enesetapugeeni“ kandvad järglased, kes surevad noores eas ning seega oma elu jooksul dengue'i viirust levitada ei saa. Esialgsel andmetel on sel viisil olnud võimalik vähendada *Aedes aegypti* populatsiooni katsepiirkondades 80–90 protsendi võrra. Laiulatuslikumad GM-sääskede levitamise katsed on veel pooleli, ent geenmuundatud sääskedest loodetakse suurt abi dengue'i palavikku haigestumise vähendamisel.

Pöördume tagasi taimede juurde ja võtame veel ühe näite selle kohta, et piiri tõmbamine loodusliku ja kunstliku toidu vahele võib olla kaunis riskantne. Kas meie keskkonnaminister, kes avalikult teatab, et tema isiklikult GMO sisaldusega toiduaineid ei tarbi, ikka kaalutleb sama hoolikalt, kui näiteks seemneteta viinamarju ostab? Üldjuhul maitse-

Muistse inimese tähelepanekut, et seemne ja taime vahel on teineteist loov seos, võib pidada inimkonna ajaloo üheks kõige murrangulisemaks avastuseks.

vad need väga hästi, sest puudub pisut kibe seemnemaitse. Looduslikus mõttes sisaldavad seemneteta viinamarjade genoomid aga täiesti hukatuslikke mutatsioone. Pole seemneid, pole ka järglasi, teisisõnu on tegu suguvõimetuks aretatud organismidega. Kuna vastavad taimesordid järglasi ei anna, siis paljundatakse neid pookimise ehk sama taime kloonimise teel.

Kes on GM-taimed? Mille poolest erinevad nad traditsioonilisel teel saadud taimesortidest? Kus ja miks neid kasvatatakse? Kas GMO-dega seotud hirmud on põhjendatud?

Mugime mutante päevast päeva

Muistse inimese tähelepanekut, et seemne ja taime vahel on teineteist loov seos, võib pidada inimkonna ajaloo üheks kõige murrangulisemaks avastuseks. Sellega kaasnenud neoliitiline revolutsioon, mis algas 12 000 aastat tagasi ja mille käigus küttidest-korilastest hakkasid tasapisi kujunema varased põlluharijad-karjakasvatajad, muutis inimeste elulaadi fundamentaalselt. Inimene muutus paiksemaks, sõltus vähem jahiõnnest ja, mis peamine, vabanes pidevast vajadusest jahi või koriluse teel toitu hankida. Tekkis võimalus omandada uusi oskusi ja nende arendamiseks süveneda, spetsialiseeruda. Kes pidas põldu, kes karjatas loomi, kes valmistas põllutööriistu ja kes kauples toodanguga. Paratamatult kaasnes sellega ka ulatuslik keskkonna ümberkujundamine, ühiskondlik kihistumine ja rahvastiku kasv, kuid mis peamine,

just see löi eeldused, et hakkasid arenema esimesed iidset tsivilisatsioonid Mesopotaamias, Egiptuses, Hiinas ja Lõuna-Ameerikas.

Taimede kodustamise-kultuuristamisega kaasnes paratamatult taimegenoomide ümberkujundamine, mis põhines loodusliku variatsiooni ära kasutamisel. Elu põhineb DNA molekuli võimel replitseeruda ehk iseenast kopeerida. Kuigi DNA replikatsioon on üks täpsemaid sünteesiprotseesse rakus, tekib selle käigus siiski ka teatud hulk vigu ehk mutatsioone. DNA mutatsioonid on paratamatud ja tekivad alati iga organismi eluea jooksul. Seejuures loomne organism, k.a inimene, sageli just elu jooksul tekkinud mutatsioonide tõttu surebki. Genoomis juhuslikult tekkinud mutatsioonid on eluslooduse evolutsiooni aluseks. Läbi mingit tüüpi mutatsioonide kuhjumise tekivad uued alamliigid, liigid ja eluvormid, sest juhul, kui tekkinud mutatsioon mingites tingimustes eluspüsimist soodustab, kandub see suure tõenäosusega edasi ja sõltuvalt olulisusest kon-

serveerub ehk hakkab määrama mingi liigi olulist tunnust.

Seega, hakates tegelema põllumajandusega, hakkas ürgne inimene toiduks kasutatavate taimede genoomi ümber kujundama põlluharijale vajalikus suunas. Teisisõnu – iidset põllumeheid hakkasid taimi kodustades valima taimeliine, mis sisaldasid mutatsioone, mille edasikandumine loomulikult teel oleks olnud vähetõenäoline. Tekkisid esimesed kultuurtaimed, nisu, oder, mais ja riis, mille genoomid erinevad oma muistsetest metsikutest eellastest vähemalt sama palju, kui taani dogi või pekingi paleekoer erinevad oma muistest hundisarnasest eellasest.

Arheoloogiliste leidude dateerimise ja geneetilise analüüsi abil on selgitatud, millised morfoloogilised ja geneetilised muutused kaasnesid erinevate toidutaimede kultuuristamisega. Mehhikos Tehuacani oru ühest ja samast kohast pärit leidude abil on kindlaks tehtud maisitõlviku suuruse ja morfoloogia muutus ajas. Maisi metsikuks eellaseks peetakse

teosinti, kelle tõlvikus on kuni 12 seemet. Tänapäeva maisitõlvikus on aga kuni 600 seemet.

Mis veelgi tähtsam – teosindi seeme on kaetud paksu ja vastupidava seemnekestaga, mis kaitseb seemet kahjustuste eest ja võimaldab isegi läbida looma seedesüsteemi. Taime poolt vaadates on see muudugi oluline tunnus, sest seemnes sisalduvate geenide levitamiseks ja järglase ehk uue taime tärkamiseks tuleb seemet maksimaalselt kaitsta. Põlluharija seisukohalt on seedimist takistav seemnekest võrdlemisi häiriv tunnus.

Mõned aastad tagasi õnnestus Ameerika, Kanada ja Prantsusmaa teadlastel tuvastada maisi seemnekatte paksuse eest vastutav geen ja identifitseerida oletatavad mutatsioonid, mida sisaldavad liinid muistne põllumees tuhandeid aastaid tagasi välja valis. Võib öelda, et mainitud mutatsioonid olid võtmetähtsusega teosindist maisi kujundamisel ja ilma inimesepoolse valikuta poleks need mutatsioonid ilmselt looduses püsima jäänud, sest mingit evolutsioo-

Oleme genoomide arengut suunanud tuhandeid aastaid



GM-tehnoloogia on jõudnud praktikasse paljudes valdkondades ning piiri tõmbamine loodusliku ja kunstliku vahele võib tänapäeval olla riskantne.

Näiteks maisi metsikuks eellaseks on teosint, kelle tõlvik on palju väiksem kui nüüdisaegsel maisil. Selline muutus on tuhandete aastate pikkuse valiku tulemus, mille aluseks on looduslik varieeruvus taimepopulatsioonides. Inimene on valinud suurema tõlvikuga taimi ning aastatuhandete vältel on tõlvik järjest paisunud. Ka seda protsessi võib nimetada geenmuundamiseks, kuna teosint ja mais on geneetiliselt üksjagu erinevad.

Oleme aretanud vastavalt oma maitsele taimi kõiksugu värvustes ja variatsioonides.





Üleval Bt-toksiini sünteesiv kahjuritresistentne GM-mais, all tavaline, mida on kahjustanud liblika *Ostrinia furnacalis* vastne ja tõlvik on seenega nakatunud.

nilist konkurentsieelist neist ei tule, pigem vastupidi.

Teine oluline tunnus, mille alusel juba muistsed inimesed kultuurtaimede genoomi arengut suunasid, on seemnete püsimine viljapeas. Seemnete valmimisel viljapea reeglina vabaneb ja seemned puistuvad laiali. Arvata võib, et evolutsiooniliselt kanduvad paremini edasi geenid ja mutatsioonid, mis soodustavad valminud seemnete kergest lahtitulekut ja võimaldavad hõlpsamat levikut. Kultuurtaimel on aga oluline, et seemned kindlamini pähikus püsiks, kuna see vähendab seemnete kadu saagi koristamisel. Ka selle näite puhul on looduslik (evolutsiooniline) ja inimese suunatud kultuurtaime genoomi areng risti vastupidise eesmärgiga.

Seega on mutatsioonid looduse loomuliku arengu ja evolutsiooni üheks peamiseks alustalaks ja inimkond on põllukultuuride genoomide arengut, k.a neis sisalduvate mutatsioonide ja tervete kromosoomide sisaldust, mõjutanud tuhandeid aastaid. Seetõttu tasub enne deklaratiivset GMO-sid hukka mõistvat ja üheselt looduslikku toitu ülistavat seisukohavõttu rahulikult kaalutleda, mis on üleüldse looduslik, muundamata toit, kas sellist on üldse olemas.

Geneetika võidukäik ja roheline revolutsioon

Möödunud sajand, mis tõi meid peeruvalt Google'ini ja hobuvankritest kosmoselaevadeni, oli sama murranguline ka põllumajanduse arengus. Rääkides geneetilistest võtetest sordiaretuses, tuleb kindlasti mainida Herman Joseph Mulleri (1927) ja Lewin John Stadleri (1928) töid äädikakärbest ja teraviljadega, mis näitasid, et radioaktiivse kiirgusega saab elusorganismides esile kutsuda geneetilisi mutatsioone ja läbi selle suurendada geneetilist variatsiooni. Muller sai 1946. aastal oma avastuse eest ka Nobeli preemia füsioloogia ja meditsiini erialal.

Äramärkimist väärivad kindlasti ka roheline revolutsiooni isa, Norman Borlaug 1950. aastatel algatatud sordiaretusprogrammid, mille tulemusena aretati peamiste teraviljade lühikõrrelised ja väetamisele tugevalt reageerivad sordid. Selle tulemusel õnnestus kõigest paarikümne aastaga mitmekordistada mitmete põhiliste teraviljade saagikust. Borlaug sai oma töö eest Nobeli rahupreemia, kuna selle tulemusel õnnestus leevendada miljonite inimeste näljahäda. Arvatakse, et geneetiline komponent, olgu siis klassikalisel ristamisel põhinev aretustöö, kunstlik mutatsioonide



GENEETILINE MODIFITSEERIMINE EHK GEENMUUNDAMINE – teisest organismist pärit geeni viimine märklaudorganismi genoomi. Terminoloogiliselt ei ole vahet, kas tegu on sama liigi eri organismide või eri liikide vahelise geeniülekanega.

GENOOMI KOHENDAMINE (inglise *genome editing*) – genoomi muutmise, kasutades biotehnoloogiliste meetoditega saadud spetsiifilisi nukleaaase (DNA-d lõikavaid ensüüme).

GMO ehk GENEETILISELT MODIFITSEERITUD ORGANISM – geenmuundamise tehnoloogiat kasutades saadud organism.

GM-TAIM ehk TRANSGEENNE TAIM – taim, kelle genoomi on viidud mõne teise organismi geen.

MUTATSIOON, MUTEERUMA – tuleneb ladina keelest, *mutare* – muutma; *mutationem* – muutuv. Bioloogias tähistavad mutatsioonid enamasti pärilikkusaines, DNA-s leiduvaid erinevusi ehk muutusi. Enamlevinud on SNP-d (inglise *single nucleotide polymorphism*) ehk ühenukleotiidiilised muutused ehk punktmutatsioonid.

Kuidas teha GM-taime?

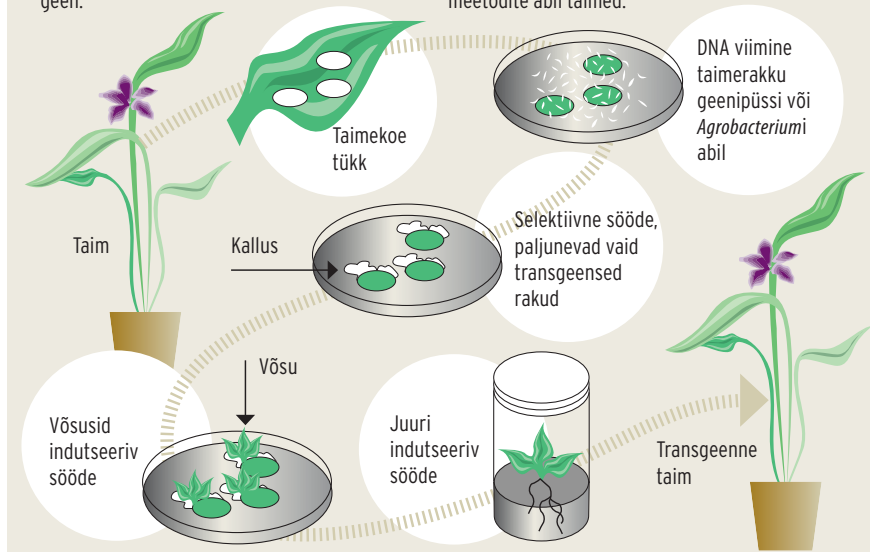
Geenmuundamise käigus viiakse taime mõne teise organismi geen – transgeen. Kasutada on võimalik nii lähisugulaste kui ka evolutsiooniliselt kaugete liikide geene.

1. DNA viiakse taimerakku *Agrobacterium tumefaciens*i või geenipüssiga. Koos soovitud valku kodeeriva geeniga viiakse taime ka selektsioonimarkeri geen.

2. Selektatsioonimarkeri geen, näiteks antibiootikumi resistentsusgeen, võimaldab transgeensete rakkude eristamist sellistest, kus transgeeni ei ole.

3. Seejärel valitakse selektsioonimarkeri abil – näiteks antibiootikumiga söötmel – välja transgeensed rakud ning regenereeritakse neist koekultuuri meetodite abil taimed.

4. Sellisel viisil saadud taimedes on transgeen kõigis rakkudes. Neid nimetatakse transgeenseteks taimedeks ehk GM-taimedeks.



esile kutsumine või mõne geeni taime viimine või vaigistamine ehk geneetiline modifitseerimine, moodustab ligikaudu poole nüüdisaegse põllumajanduse võidukaigust viimase saja aasta jooksul.

Esimene GM-taim jõudis turule juba 1994. aastal. Selleks oli tomat nimega FlavrSavr, milles oli transgeense tehnoloogia abil maha surutud pektiini lagundava polügalaktura-naasi süntees. Seetõttu oli FlavrSavr tomat liigikaaslastest vähem vastuvõtlik pehmenemisele ja mädanemisele. FlavrSavr tomati maitseomadused ei olnud parimad, kuid neist valmistatud tomatipasta oli tarbijate seas populaarne kuni 1998. aastani, mil Árpád Pusztai esines meedias oma veel lõpetamata katsete tulemustega, kus väidetavalt täheldati GM-kartuliga toidetud rottidel kasvupetust ja immuunsüsteemi allasurutust. Hiljem tulemused avaldati ning selgus, et GM-kartuliga toitumise mõju rottide kasvule ega immuunsüsteemile ei nähtud, ent varasemast meediatormist piisas, et muuta inimeste meelestatust GMO-de suhtes.

Transgeenseid taimi tehakse erinevatel eesmärkidel ja mitmete tunnustega. Järgnevalt mõned näited peamiste juba kasutuses olevate ja varsti turule jõudvate GM-taimede kohta.

Herbitsiidiresistentsed GM-taimed

Praeguseks levinuimad GM-taimed on herbitsiidile (enamasti glüfosaadile, turunimega Roundup) resistentsed soja ja mais. Glüfosaat mõjub taimede jaoks elulise tähtsusega aroomaatsete aminohapete sünteesiraja ensüümile. Glüfosaadiresistentsed GM-taimed on saadud bakteri sama ensüümi glüfosaaditundetu varianti kodeeriva geeni viimisel taime genoomi. 1996. aastal kasutusele võetud glüfosaadiresistentsed GM-taimed kasvatamine on vähendanud põllumeeste kulutusi ja kohati suurendanud ka saagikust. Herbitsiidikasutus GM-taimedega põldudel on sageli vähenenud, kuid viimastel aastatel kohati ka suurenenud, sest on tekkinud glüfosaadiresistentsid umbrohtusid. Resistentsuse tekkepõhjuseks peetakse glüfosaati sisaldavate herbitsiidide

kasutamist ainsa umbrohtorjehahendina herbitsiidiresistentsete GM-taimedega põldudel – seetõttu oli valikusurve resistentsuse tekkeks suur. Probleemi ennetamiseks soovitakse põllumeestel kasutada herbitsiidisegusid, mis sisaldavad mitut toimeainet.

Kahjuriresistentsed GM-taimed

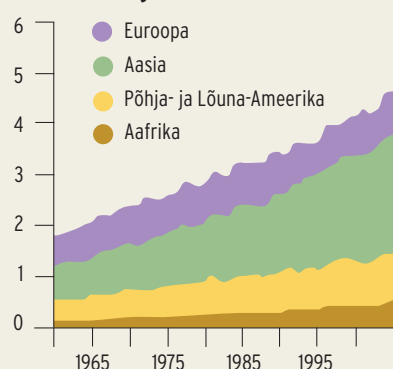
Levikult teisel kohal on kahjuriresistentsed GMO-d, kes sünteesivad Bt-toksiini. Bt-toksiin on kristalliline valk, mida kodeeriv geen on pärit mulbakterist *Bacillus thuringiensis*. Kristalli kujul on Bt valk inaktiivne, kui see aga satub taimest toituva putukavastse soolestiku aluselisse keskkonda, toksiin vabaneb ning halvab seedetrakti ensüümide mõjul seedesüsteemi. Seetõttu lõpetavad vastsed toitumise ning surevad. Bt toksiooni kodeeriva geeni viimisel taime genoomi sünteesib saadud transgeenne taim Bt valku, mis toimib sissehingatud putukatõrjehahendina. Muide, mahepõllumajanduses, kus GMO-sid ei aktsepteerita, kasutatakse putukatõrjeks taimede pritsimist Bt-toksiini tootvate *Bacillus thuringiensis* bakteritega.

Bt-toksiini tootvate transgeensete taimede kasutamine on märkimisväärselt vähendanud putukatõrjehahendite kasutamist ning suurendanud saagikust. Lisaks on Bt-toksiini tootvad GM-taimed tervemad, nad on vähem vastuvõtlikud seenhaigustele ja seetõttu saastuvad GM-taimed mükotoksiinidega märksa harvem kui traditsioonilised sordid.

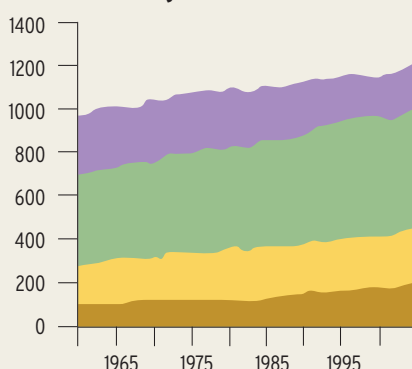
Nagu kõigi putukatõrjehahendite puhul, on ka Bt-toksiini vastu võimalik resistentsuse teke. Tugevalt Bt-resistentsed putukapopulatsioonid (üle 50 protsendi resistentsid isendeid) on leitud Lõuna-Aafrikas, Indias ja Ameerika Ühendriikides. Resistentsuse levikut putukapopulatsioonis püütakse vältida refuugiumide istutamisega. Refuugiumid on Bt-toksiini mitte tootvate taimedega kaetud alad, mis asuvad Bt-toksiini tootvate taimede läheduses. Sel viisil säilib toksiinile tundlik putukapopulatsioon, kuna haruldased resistentsed putukad ei siigi mitte omavahel, vaid annavad eelistatult järglasi toksiinile tundlike putukatega ning need järglased omakorda on samuti Bt-toksiinile tundlikud (seda muidugi eeldusel, et resistentsus on retsessiivne tunnus). Resistentsuse teket aitab vältida ka korraga mitut Bt-toksiini tootvate GM-taimede kasutamine.

Toidutootmine ja geenmuundatud taimede kasvatamine

Gt Toiduvilja tootmine

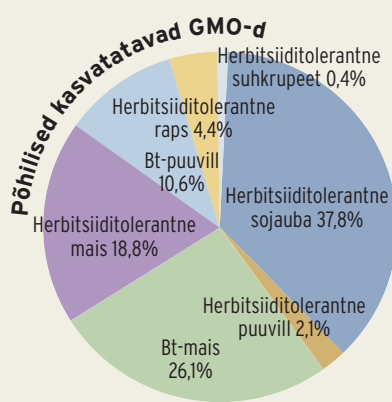
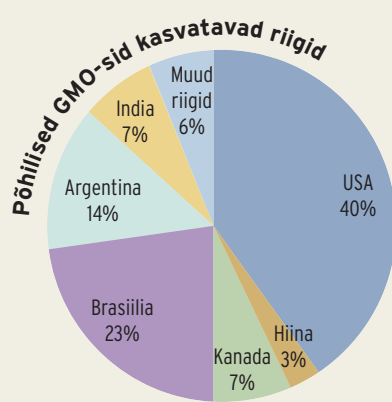


Mha Põllumajandusmaa

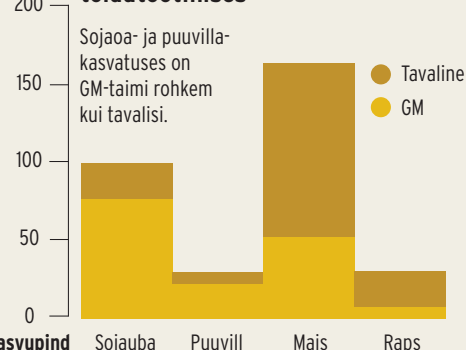


1950. aastatel alanud roheline revolutsiooni tulemusena õnnestus kõigest mõnekümne aastaga mitmekordistada mitmete toidu- viljade saagikust, kusjuures põllumajandus- maa oluliselt ei laienenud.

Tänapäeval (2012. aasta seis) kasvatatakse maailmas GMO-sid rohkem kui 160 miljonil hek- taril. Neist suurim on sojaõa osakaal, järgnevad mais, puuvill ja raps. Lisaks viljeletakse väheses koguses geneetiliselt modifitseeritud papaiat, suvikõrvitsat, suhkrupeeti ja harilikku lutserni. Suurimad GM-taimede kasvatajad on USA, Brasiilia ja Argentina ning populaarseimad kasva- tatavad GMO-d on herbitsiidiresistentne sojauba ja Bt-toksiini tootev mais.



Mha Tavaliste ja GM-taimede osakaal toidutootmises



Viirusresistentsed GM-taimed

Taimede viirushaiguste puhul ei ole seni leitud viise, kuidas neid tõrjuda (puuduvad toimivad kemikaalid), kuid geenmuundamine on suure po- tentsiaaliga vahend võitluses taime- viiruste vastu. Viirusresistentsed GM- taimed on juba kasutusse jõudnud. Näiteks Hawaiil kasvatatakse 1999. aastast alates PRSV-le (*Papaya ringspot virus*) resistentset GM-papaiat, mis 2012. aastal moodustas lausa 77 prot- senti kogu Hawaii papaiakasvatusest. Enne GM-papaiat kasutuselevõttu tegi viirus Hawaii papaiade hulgas tohu- tut laastamistööd, vähendades Punas (põhilises suursaare papaiakasvatuse- piirkonnas) alates esmaavastamisest 1992. aastal kuni 1998. aastani saaki poole võrra. Seega on GM-papaiat kasutuselevõtt Hawaii papaiakasvata- jaile väga tulus olnud.

GM-papaiat viirusresistentsus on saavutatud viiruse kattevalgu geeni viimisega taime genoomi. Analooget on tehtud ka viirusresistentne GM- suvikõrvits, mida Ameerika Ühend- riikides 2004. aastast alates kasvata-

takse. GM-suvikõrvitsa metsiku sugu- lase puhul on näidatud, et viirus- resistentusel on ka hind. Resistent- sed taimed on küll viiruspuhangu tingi- mustes edukamad (ja viljakamad), ent just seetõttu on nad suuremad ja ilusamad ning seega atraktiivseks toi- tumispaigaks putukatele, kes levita- vad taimedele surmavat bakteriaalset haigust.

Parandatud toiteväärtusega GM-taimed

GM-taimi tehakse ka eesmärgiga pa- randada nende toiteväärtust, koostist või maitseomadusi. Selle arengusuu- na kuulsaim näide on kuldne riis, mille esimene versioon töötati välja juba 1999. aastal ja mida täiustati 2005. aastaks, et kuldne riis ei ole siiani tarbijateni jõudnud. Kuldse riisi on viidud maisi ja bakteri gee- nid, mis kodeerivad beeta-karoteeni sünteesiks vajalikke ensüüme. Beeta- karoteen annab kuldsele riisile ise- loomuliku kuld kollase värvuse ning sellest sünteesitakse inimorganismis A-vitamiini. Kuldse riisi loomise ees-

märk oli vähendada A-vitamiini puu- dusest tingitud suremust ja tervise- kahjustusi Aafrikas ning Kagu-Aasias, eelkõige laste ja rasedate hulgas. Maa- ilma Terviseorganisatsiooni andmetel kannatab A-vitamiini puuduse käes 250 miljonit eelkooliealist last, kel- lest igal aastal jääb kuni 500 000 pi- medaks ning neist omakorda pooled surevad.

Kuldne riis võiks olla suurepärane abivahend A-vitamiini puuduse lee- vendamiseks, kuna on näidatud, et juba umbes 100 grammi kuldset riisi katab poole täiskasvanu päevasest A- vitamiini vajadusest. Kuldne riis on praeguseks kliiniliste ja põllukatse- tuste faasis, ent GMO-vastaste aktivis- tide tõhusta tegutsemise tõttu võib selle tarbijateni jõudmine venida.

Arendamisel on mitmeid teisigi pa- randatud omadustega GMO-sid: näi- teks GM-banaan, mis toimiks A-vita- miini allikana, rauarikas GM-banaan, madalama glükeemilise indeksi ja kõr- gema kiudainesisaldusega GM-nisu, omega-3 rasvhappeid sisaldav õlitaim põldtuder ja paljud teised.

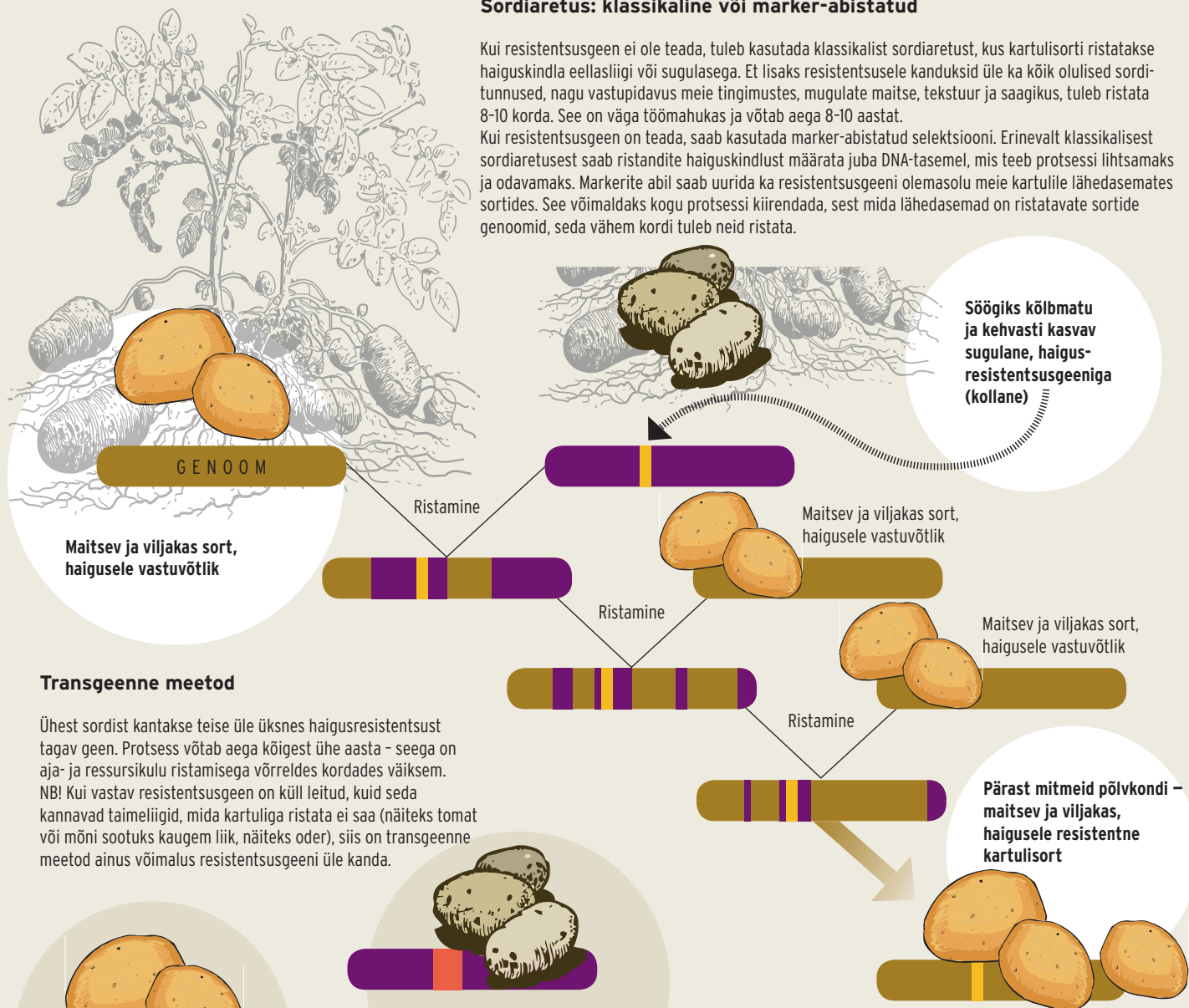
Taimearetuse võimalused

Taimede kodustamine-kultuuristamine on paratamatult taimegenoomid ümber kujundanud.

Kujutlegem hüpoteetilist olukorda: meie tingimustes hästi kasvavat kartulisorti on hävitamas mingi taimehaigus. Põllumehed kannavad selle tõttu igal aastal märkimisväärt majanduslikku kahju. Samas on teada, et teatud kartuli eellas- või sugulasliigid, mille mugulad küll süüa ei kõlba ja mis meie tingimustes vastu ei pea, on vastava taimehaiguse suhtes resistentsed ehk kannavad vastava haiguse vastu toimivat resistentsusgeeni. Vaatleme ka juhtu, kus resistentsusgeen on küll identifitseeritud, kuid see on liigis, mida kartuliga ristata ei saa, näiteks kapsas.

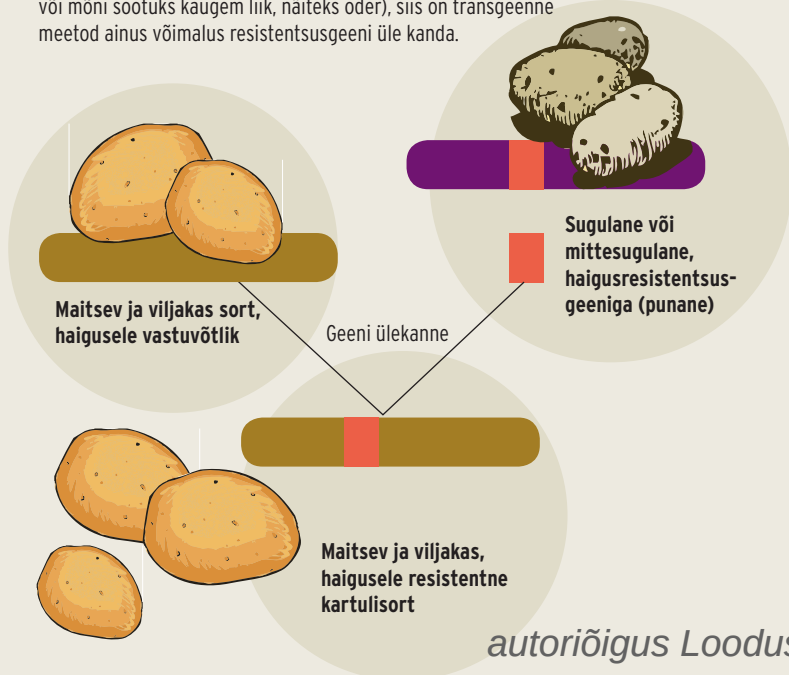
Sordiaretus: klassikaline või marker-abistatud

Kui resistentsusgeen ei ole teada, tuleb kasutada klassikalist sordiaretust, kus kartulisorti ristatakse haiguskindla eellasliigi või sugulasega. Et lisaks resistentsusele kanduksid üle ka kõik olulised sorditunnused, nagu vastupidavus meie tingimustes, mugulate maitse, tekstuur ja saagikus, tuleb ristata 8-10 korda. See on väga töömahukas ja võtab aega 8-10 aastat. Kui resistentsusgeen on teada, saab kasutada marker-abistatud selektsiooni. Erinevalt klassikalisest sordiaretusest saab ristandite haiguskindlust määrata juba DNA-tasemel, mis teeb protsessi lihtsamaks ja odavamaks. Markerite abil saab uurida ka resistentsusgeeni olemasolu meie kartulile lähedasemates sortides. See võimaldaks kogu protsessi kiirendada, sest mida lähedasemad on ristatavate sortide genoomid, seda vähem kordi tuleb neid ristata.



Transgeenne meetod

Ühest sordist kantakse teise üle üksnes haigusresistentsust tagav geen. Protsess võtab aega kõigest ühe aasta – seega on aja- ja ressursikulu ristamisega võrreldes kordades väiksem. NB! Kui vastav resistentsusgeen on küll leitud, kuid seda kannavad taimeliigid, mida kartuliga ristata ei saa (näiteks tomat või mõni sootuks kaugem liik, näiteks oder), siis on transgeenne meetod ainus võimalus resistentsusgeeni üle kanda.



Genoomi kohendamine

Kui sordis on resistentsusgeen olemas, aga ta ei tööta, sest temas on mingid vaigistavad mutatsioonid, on võimalik kasutada meetodikaid, mille abil saab vastavad mutatsioonid tagasi õigeks muteerida. Protsess on täpne, kiire ja odav. Samasugused mutatsioonid võivad tekkida ka looduslikult, seega kui protsessi käigus taime transgeeni ei viida, ei ole juriidiliselt tegu GM-taimega ja GMO-de regulatsioonid tema kohta ei kehti.

Vaigistatud resistentsusgeeniga kartulisort

Töötava resistentsusgeeniga haiguskindel kartulisort



Kas GMO-dega seotud kartused on põhjendatud?

1 Kas GMO-de söömine on ohtlik? Kas nad võivad põhjustada allergiaid või olla mürgised?

Kõik taimed, nii GMO-d, sordiaretuse teel saadud kui ka looduses metsikut kasvavad taimed toodavad elutegevuse käigus paljusid ühendeid, millest mõned võivad mingisuguses koguses olla mürgised või põhjustada allergiat. Seetõttu testitakse uusi, geneetilise muundamise teel saadud taimi enne turule lubamist hoolikalt terviseohutuse suhtes. Nõuded GMO-dele on seejuures märksa rangemad kui traditsioonilise sordiaretuse teel saadud uutele taimesortidele. Seega on toiduks kasvatatavate GMO-de söömine vähemalt sama ohutu kui analoogsete mitte-GM taimede tarbimine.

GM-taimedega on tehtud mitmeid pikaajalisi ja ka põlvkondadeüleseid toitmiskatseid ning terviseriske, mürgisust ega märkimisväärselt erinevust vastavatest mitte-GM-taimedest pole täheldatud.

3 Kas GMO-d avaldavad negatiivset mõju ökosüsteemide tasakaalule ja bioloogilisele mitmekesisusele?

GM-taimede kasvatamise mõju mullaelustikule ja taimedega seotud putukatele on palju uuritud ning enamasti ei ole samasuguste traditsiooniliste taimede mõjuga võrreldes erinevusi leitud. Küll aga erinevad putukate liigilise mitmekesisuse poolest geenmuundatud Bt-taimede põllud ja sama liiki tavaliste, kuid pestitsiididega pritsitud taimede põllud. Bt-taimede puhul on mittemärklaudliikide arvukus ja mitmekesisus märkimisväärselt suurem kui pestitsiididega töödeldud tavaliste taimedega põldudel. Seda seepärast, et Bt-toksiini mõjub spetsiifiliselt üksikute liikidele, kuid taimede pritsimiseks kasutatavad pestitsiidid on palju laiemas toimespektriga ning levivad kergemini ka mullaelustikuni.

5 Kas GMO-de kasvatamine põhjustab resistentsete umbrohtude ja putukate teket?

Üldiselt on resistentsuse tekke põhjuseks eelkõige laialdane herbitsiidi- ja pestitsiidikasutus, teisisõnu tegemist ei ole probleemiga, mis on tekkinud vaid seoses GM-taimedega. Samas on nii glüfosaadi- kui kahjuriresistentsete GM-taimede puhul resistentsuse teket näidatud – umbrohtudel kasutatava umbrohutõrjevahendi ja putukatel Bt-toksiini vastu.

Näide herbitsiidide kohta: glüfosaadiresistentseid umbrohtusid (millest kõik ei ole seotud GMO-de kasvatusega) on teada 29, samas kui traditsiooniliste herbitsiidide atseetolaktaadi süntaasi inhibiitorite ja fotosüsteem II inhibiitorite resistentseid umbrohuliike on tänaseni leitud vastavalt 145 ja 72. Seega võib öelda, et resistentsuse tekke ja leviku oht käib kaasas nii GM-taimede kasvatusega kui ka traditsioonilise põllumajanduse viljelemisega. Mõlemal juhul on seda võimalik vähendada, kasvatades eri aastatel ühel põllul erinevaid kultuure ning kasutades erinevate toimeainetega herbitsiide ja putukatõrjevahendeid. Bt-taimede puhul aitab ka refuugiumide istutamine.

6 Kas GMO-des leiduvad antibiootikumi resistentsusgeenid võivad kanduda üle haigusetektajale?

Esimeste põlvkondade GM-taimedes on tõesti olemas antibiootikumi resistentsusgeen. Enamasti on kasutatud kanamütsiini resistentsusgeeni nptII, mida peetakse inimesele ja keskkonnale ohutuks. Seda seepärast, et keskkonna- ja soolemikroobide hulgas on kanamütsiiniresistentsus niikuinii üsna levinud, kanamütsiini kliiniline tähtsus on väike ning geeni ülekande tõenäosus GM-taimedest mikroorganismidesse on väga madal. Siiski on GM-taimede valmistamisel sihiks antibiootikumi resistentsusgeeni eemaldamine taimest enne selle kasutusse jõudmist. Vastavad tehnoloogiad on nüüdseks olemas ning ka praktikasse jõudmas.

2 Kas Bt-toksiin mõjutab ka mittemärklaudputukaid?

Seni ei ole tuvastatud, et Bt-taimedel oleks märkimisväärselt mõju mittemärklaudliikidele ja kasulikele putukaliikidele, ehkki uuringuid tehakse palju. Kaudset mõju on siiski täheldatud. Näiteks on andmeid, et Bt-puuvilla kasvatamine suurendab pestitsiidide kasutamise vähendamise tõttu põllumajanduslikult kasulike lüljalgsete – lepatriinude, ämblike, võrktaaliste – arvukust, mis toimib biotõrjevahendina leht-täide vastu. Laborikatsetes on leitud, et Bt-toksiin võib olla kahjulik monarhliblika vastsetele, ent mitmed hilisemad katsed on näidanud, et see on tingimuslik laborikatsetes nähtav efekt, mida välikatsetes tuvastatud ei ole.

4 Kas GMO-d võivad ristuda sugulasliikidega, levitades transgeene loodusesse?

GM-taimede ristumine sugulasliikidega on võimalik. Seni kasvatatavatest GM-taimedest on seda täheldatud eelkõige rapsi puhul, kes võib ristuda *Brassica rapaga*. Uuringud on näidanud, et GM-taime ja loodusliku umbrohu hübriidid on vähenenud konkurentsivõimega ja umbrohupopulatsioonis pigem alakohased. Arvatakse, et selle põhjuseks on GM-taimelt lisaks transgeenile saadud muud kodustatud taimele iseloomulikud geenid, mis umbrohule pigem kahju kui kasu toovad. Ent transgeenist võib looduslikult kasvavale isendile ka tulu tõusta. Näiteks Bt-päevalille ristamisel metsiku päevalillega on saadud metsikust vanemast viljakamaid järglasi.

Transgeeni levik looduslikes populatsioonides on soodustatud juhul, kui see annab isenditele eelise looduslikus valikus. Seni kasutatavatest tunnustest on see risk kõige suurem kahjuriresistentsusgeenide puhul, mis võivad anda selektiivse eelise, ent vaid kahjurirohketes populatsioonides. Riske on võimalik maandada, kasvatades GM-taimi looduslikest potentsiaalselt ristumisvõimelistest liikidest piisavalt kaugel. GM-taimede kasvatamisel sellega ka arvestatakse.

7 Kas GMO-d põhjustavad üksikute suurfirmade ülemvõimu toiduturul?

Praegu on lõviosa turustatavatest GM-taimedest välja töötanud Monsanto ja mõned teised suured biotehnoloogiafirmad. See on põhjustanud muret, et toiduturg võib sattuda vaid loetud arvu suurte korporatsioonide kätte ehk monopoliseeruda. Tihti tuuakse just see põhiliseks GMO-vastase põhjuseks.

Ei ole mingit kahtlust, et konkurentsi vähesus on muret valmistav, ent suuresti on see tingitud GM-taimede turuletoomisest esitatavatest kohati teaduslikult põhjendamatatest nõudmistest, mistõttu uute GM-taimede turustamiseks tuleb läbida kallis ja aeganõudev protsesside jada. Seda saavadki endale lubada üksnes edukad suurettevõtted.

Väärib märkimist, et teaduslaborites on ootel sadu potentsiaalselt väga kasulikke GM-taimi, mis ei ole praktikasse viimise kulukuse tõttu laboritest välja jõudnud. Monopoliseerumist aitaks vähendada ülikoolides ja väikefirmades tehtava GM-taimede arendustöö toetamine, ent põhimõtteliste GMO-vastaste aktiivse tegevuse tõttu seda pigem blokeeritakse.

Nagu on öelnud üks maailma juhtivaid taimebiolooge, britt professor Jonathan J. Jones: „Maailmas kasvatatakse GM-taimi sadadel miljonitel hektaritel, kuid siin Norfolkis John Innes Centre'i katsepõllul pidin ma kulutama 30 000 naela maksumaksja raha selleks, et luua nõutud turvatõkkes, et viia läbi eksperiment 192 kartulitaimede kasvatamiseks, mis kandsid haigusresistentsusgeene oma metsikutelt eellastelt ja sugulasliikidelt.“ Kas pole mõtlemapanev?

Kuldne riis ja vastukaja

2013. aasta augustis hävitasid Filipiini talupoegadena esinenud GMO-vastased aktivistid Pilis kuldse riisi põllukatsetuse, mille eesmärk oli hinnata, kas kuldse riisi puhul saab rakendada tavapäraseid kasvatusemeetodeid. Rahvusvaheline teadusüldsus mõistis vandalismiakti teravalt hukka, koostati petitsioon, millele on alla kirjutanud rohkem kui 6700 teadlast üle kogu maailma.

Huvitava asjaoluna paistavad põhimõttelised GMO-vastased teadvustavat, et teadusuuringud näitavad kuldse riisi kasutatavust efektiivse A-vitamiini allikana; et kuldne riis ei ole seotud suur-

firmade erahuvidena; et riis on iseviljastuv ja seega on keskkonnamõjud minimaalsed; et kuldse riisi on potentsiaali päästa miljoneid elusid. Sellegipoolest arvavad GMO-vastased aktivistid, et kuldne riis ei ole aktsepteeritav, sest see võib sillutada teed teiste GMO-de tunnustamisele (*sic!*). Midagi küünilisemat on raske ette kujutada!

➔ Petitsiooni tekst:
www.change.org.



Kokkuvõte

Miks on siis nii, et kuigi on päevselge, et geneetiliselt modifitseeritud organismid ja muteeritud taimed on käibel juba aastakümneid, kütab GMO-taimede teema erilist kirgi? Üks põhjus võib olla selles, et juhu, kui käeulatuses on konkreetne viinamari, milles seemneid ei ole, ja lapsed just seda tahavad, on kasu ilmne, me ei kaalu asja looduslikkuse/maheduse jms üle. Kui juttu on aga GMO-st, seondub see eelkõige

millegi koleda ja samas kauega, mille kasu tavatarbija ei näe ning millest ta ehk ka päriselt aru ei saa. Tavatarbijal ei ole silmnähtavat kasu teadmisest, et põlluharijal on tänu GMO kasutamisele õnnestunud tootmist optimeerida või kasutada vähem pestitsiidide ja vähendada sel teel negatiivseid keskkonnamõjusid. Laborites on välja töötatud palju GM-taimi, millest oleks ka lõpptarbijale otseselt kasu, kuid GMO-vastase propaganda ja põhjendamatu ülereguleerituse

tõttu ei ole enamik selliste GM-taimede arendustööst turustatavate tulemusteni jõudnud. Lisaks seonduvad GMO-d tavatarbijale eelkõige suurte Ameerika kompaniidega, kes ähvardavad toiduturu üle liiga suurt mõjuvõimu saada, kuigi just Euroopa tugev GMO-vastane hoiak ning vasta-teadus- ja arendustöö takistamine neile konkurentsieelse annab.

Oluliselt on tarbijate suhtumist GMO-desse kindlasti kujundanud mitmete keskkonnaorganisatsioonide intensiivsed kampaaniad ja GMO-de kirglik demoniseerimine. Seejuures tundub, et enamasti ei anta endale aru, et geenmuundamine on lihtsalt üks tehnoloogia, tööriist, mis võimaldab kiiret ja efektiivset geeniülekanet. Teoreetiliselt tähendab see muidugi, et on võimalik teha ka selliseid GMO-sid, mis sünteesivad mürke, ent ka haamrit on võimalik kasutada taparelvana. Kas haamer on siis ühemõtteliselt paha ja nende valmistamise peaks keelustama?

Huvitava tähelepanekuna võib märkida, et tihti võitlevad GMO-de vastu just inimesed, kellest need probleemid, mille leevendamiseks vastavad GMO-d on tehtud, üsna kauged on.

Séralini juhtum ehk Palju kära ei millestki

2012. aastal kajastati meedias silmatorkavalt prantslase Gilles Eric Séralini ja teiste uurimust, mis avaldati ajakirjas *Food and Chemical Toxicology*. Väidetavalt selgus uurimusest, et GM-maisiga toidetud rottidel täheldati pikaajalises toitmiskatses kasvajate teket. Hiljem selgus, et paanikaks polnud alust.

Artikkel põhjustas palju meediakära, kulutulena levisid paanikat külvavad pealkirjad GMO-de ja vähi seostest ning pildid hiidkasvatega rottidest.

Teadusavalikkus seevastu kuulutas Séralini artikli tulemused mittemidagiütlevaks, kuna katsetes oli kasutatud rotiliini, millel on tugev soodumus kasvajate tekkeks: ligikaudu 80 protsendil rottidel tekib eluea jooksul igal juhul kasvaja, sõltumata toidust. Lisaks oli katsegrupiti valimi suurus nii väike, et statistiliselt olulisi erinevusi ei olnud võimalik leida. Samuti heideti Séralinile ette ebaadekvaatset statistilist analüüsi, andmete valikulist esitamist, loomade ebaetilist kohtlemist (kohe pärast kasvajate detekteerimist on tavaks loomad hukata, Séralini lasi kasvajatel väga suureks paisuda, mis põhjustas katseloomadele kannatusi ja mille ainus nähtav eesmärk oli mõjuvaid pilte saada) ja mitte teaduslike, vaid meediahuvide teenimist.

2013. aastal võttis ajakiri *Food and Chemical Toxicology* artikli tagasi, kuna „väikese valimi ja kasutatud rotiliini tõttu ei tõesta esitatud tulemused mitte midagi“. 2014. aasta juunis avaldati artikkel uuesti (väheste muudatustega, ilma täiendava eelretsenseerimisprotsessita) madalama tasemega *open access* ajakirjas *Environmental Sciences Europe*. Enamiku erialateadlaste hinnangul on artikkel sisuliselt sama ning kajastatud uuringutulemused pole tõsiseltvõetavad. Artikli ühene tagasisivõtmine ehk ebausaldusväärseks tunnustamine maailma olulisemates meediaväljaannetes uudisekännist ei ületanud.



Parasvöötmelises kliimas ja mitmekesise toidulaua juures on lihtne olla vastu kuldsele riisile või geenmuundatud sääskedele. Inimesed, kellel on reaalne oht surra A-vitamiini puudusesse või dengue'i palavikku, vaatavad neile arendustele hoopis teise pilguga.

Briti ajakirjaniku vabandus

2013. aasta jaanuaris pidas briti kirjamees ja keskkonnakaitseaktivist Mark Lynas Oxford Farming'i konverentsil loengu, kus vabandas avalikult oma tegevuse pärast GMO-de vastaste kampaaniate organiseerimisel 1990. aastatel.

Lynas tõdes, et need kampaaniad osutusid erakordselt edukaks. Meelemuutuse põhjusena tõi ta asjaolu, et soovides kirjutada raamatut kliimamuutuste teemal, luges ta teaduslikke artikleid ning tutvus üldisemalt teadusliku protsessi köögipoolega. Ta mõistis, mis on anonüümse eelretsenseerimise mõte, kuidas esitada andmete usaldusväärsuse tõestuseks statistilist analüüsi, ja ka seda, et sugugi mitte kõikides ennat teaduslikeks nimetatavates ajakirjades ilmuv info pole usaldusväärne. Kõige selle tulemusel sai ta aru, et GMO-vastane võitlus põhineb suuresti valedele ja ta on külvanud ühiskonnas asjatuid hirme.

Mark Lynas: „Nüüd siin ja teie ees tahan ma vabandada, et olen kulutanud aastaid selleks, et kiskuda tükkideks GM-põllukultuure. Mul on kahju, et aitasin luua anti-GM liikumise üheksakümnendatel ja seeläbi aitasin kaasa olulise tehnoloogilise võimaluse demoniseerimisel, mida saab kasutada keskkonnakaitselistel eesmärkidel.”

➔ Mark Lynase loengu:
www.marklynas.org.

„Minu sõnum GM-vastastele on järgmine. Teil on õigus teie vaadetele. Praeguseks peaksite olema aga mõistnud, et need ei tugine teadusele.”



Parasvöötmelises kliimas ja mitmekesise toidulaua juures on lihtne olla tungivalt vastu kuldsele riisile või geenmuundatud sääskedele. Inime-

sed, kellel on reaalne oht surra A-vitamiini puudusesse või dengue'i palavikku, vaatavad neile arendustele hoopis teise pilguga. ●

LOE VEEL

- Ammann, Effects Of Biotechnology On Biodiversity: Herbicide-Tolerant And Insect-Resistant GM Crops, Trends in Biotechnology, 23(8):388–394, 2005.
- Brookes ja Barfoot, GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996–2012, 2014.
- van den Eede jt, The relevance of gene transfer to the safety of food and feed derived from genetically modified (GM) plants, Food and Chemical Toxicology, 42:1127–1156, 2004.
- Miller ja Bradford, The regulatory bottleneck for biotech specialty crops, Nature Biotechnology, 28:1012–1014, 2010.
- Nakazawa jt, Spontaneous Neoplastic Lesions in Aged Sprague-Dawley Rats, Experimental Animals, 50:99–103, 2001.
- Snell jt, Assessment of the health impact of GM plant diets in long-term and multigenerational animal feeding trials: A literature review, Food and Chemical Toxicology, 50(3–4):1134–1148, 2012.
- Tabashnik jt, Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres, Nature Biotechnology, 31:510–521, 2013.
- Tang jt, β -Carotene in Golden Rice is as good as β -carotene in oil at providing vitamin A to children, The American Journal of Clinical Nutrition, 96:658–664, 2012.
- Yu jt, Risk Assessment and Ecological Effects of Transgenic *Bacillus thuringiensis* Crops on Non-Target Organisms, Journal of Integrative Plant Biology, 53(7):520–538, 2011.

AUTORITEST

HANNA HÕRAK (1986) on lõpetanud Tartu Ülikoolis bioloogia magistriõppe. TÜ Tehnoloogiainstituudi taimesignaali uurimisrühma doktorant, uurib taime õhulõhede regulatsiooni molekulaarseid mehhanisme. Vabal ajal tantsib rahvatantsu.

HANNES KOLLIST (1970) on Tartu Ülikooli Tehnoloogiainstituudi taimesignaali labori juhataja. Lõpetanud Tartu Ülikooli 1994 keemikuna, doktori-kraadi kaitses 2001. aastal taimefüsioloogia erialal. Aastatel 2002–2007 töötas järel doktorina Helsingi Ülikooli Biotehnoloogia Instituudis. Vabal ajal tegeleb lisaks laste kasvatamisele ka lambakasvatuse ja spordiga – suusatab, jookseb, purjetab.

horisont ☺



TOOMAS PÄÄSUKE

● LÄÄNEMERI

FOTOD: VALLO KRUUSER



MIDA TEMAST TEAME NING MIDA TEADA TAHAME?

Läänemere ääres elavad rahvad hoolivad merest, armastavad seda ja kasutavad nii üksteiseni jõudmiseks, kaupade veoks kui ka toidulaua rikastamiseks. Teisalt on Läänemeri ala, mida inimene on enim mõjutanud. Läänemeri mõjutab ka vastu: vaatamata väiksusele puhkeb Läänemeresagedasti torme, millega kaasnevad purustusedki, ehk väiksemad kui ookeanil.

Merd on vaja uurida, et teada, kuidas meri käitub, mida sisaldab, millised protsessid seal kulgevad ja mis kõige olulisem – et oleks võimalik prognoosida ja ära arvata, milline olukord on „meie” merel ja meres homme, aasta, saja aasta pärast. Merd on vaja kaitsta. Määratlemaks, mida tohib ja mida ei tohi, on sõlmitud mitmeid rahvusvahelisi kokkuleppeid.

Eestis on Läänemerd tõsiselt uuritud aastakümneid. Ka praegu tegutseb Eestis mitu uurimisrühma oma suuremate ja väiksemate laevade ja uurimisjaamadega, mis kõik tahavad merest rohkem teada saada. Üks nendest on Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituut, mida juba kaksteist aastat juhib geofüüsik Jüri Elken.

Kuidas ja miks professor Elkenist just merefüüsik sai, mida saab tänapäevaste meetoditega mere käitumises uurida, ja milline tulevik võib meid siin Läänemere kaldal oodata, küsis professor JÜRI ELKENILT toimetaja TOOMAS TIIVEL.

Kuidas sai Teist füüsik? Miks just merefüüsika? Kas kaalusite ka muusikukarjääri – tegutsesite ju ülikooli ajal ansamblis „Kogudus”?

Klassikud kinnitavad, et inimese huvid tärkavad suhteliselt varases nooruses, nii ka minul. Ühelt poolt huvitas mind tehnika. Lugesin 1960. aastate alguses harivat sarja „Tahan kõike teada”, kust jäi meelde näiteks „Vesirattast aatomimootorini”. Lisaks muud raamatud sammuvatest ekskavaatoritest, autodest, reaktiivlennukitest, rakettidest ja kosmoselendudest. Oli aeg, kus tundus, et tehnoloogia edusammudel pole piire.

Tekkis mõte, et võiks tulevikus ise ka midagi huvitavat ja olulist teha. Seda enam, et ajalookursus, mille varasem periood tundus väga huvitav, muutus nüüdisajale lähenedes üha veidramaks, sest ei läinud üldse kokku sellega, mida vanemad ja sugulased mäletasid. Kommunismist oli solgitud ka kirjandusõpetus. Nii kujunes kindel eelistus reaalia kasuks.

Teisalt pani südame põksuma, kui raadiost kostus rütmikat löötspilli- ja kandlemuusikat. Varsti tuli peale täiesti uus muusikamaailm, nagu biitlid ja nende „She Loves You (yeah, yeah)”. Mul vedas, et enne Pärnu lastemuusikakooli minekut käisin pisut Arnold Eesmaa juures eratunnis, kus õppisin kuulmise järgi klaverit mängima. See aitas raadiost kuulnud meloodiaid järele plönnida. Varsti sai muidugi selgeks, et õige on mängida elektrikitarr, kusjuures pillid tuli endal valmis teha.

Bänditegemine oli haarav, kuna tollal esindas biit alternatiivkultuuri ja -maailmavaadet ning meelelahutusbisnessi pool ei pääsenud nii palju esile kui hilisemas diskomuusikas.

Keskkooli lõpus otsustasin igatahes reaalteaduste kasuks, kuna olin vastavatel olümpiaadidel olnud suhteliselt edukas. Kaaludes TTÜ materjaliteaduse ja TÜ füüsika vahel, langes liisk Tartu kasuks. Osaliselt mõjutas seda ka bänditegemise võimalus. See realiseeruski, koos Pärnu sõprade Toomas Tauli ja Peeter Väljakuga tehtud tudengipõlve „Kogudus” oli üsna populaarne.

Kolmandal kursusel spetsialiseerusin merefüüsikale, kuna füüsika võrrandite rakendamine ookeanide ja merede liikumise uurimiseks tundus põnev. Ahvatles ka võimalus osaleda ekspeditsioonidel, samal ajal kui teised füüsikud pidid laboris katseid tegema.

Millega olete teaduses tegelenud? Millega tegelete praegu? Ülikooli lõpetades olin kõige targem tudeng, järgmisel päeval tööle asudes kõige kogenematum noor spetsialist. Vaido Kraav andis kätte Jüri Münteli

SELLES NUMBRIS: JÜRI ELKEN

koostatud perfokaartide hunniku. Seal pidi Läänemere matemaatiline mudel olema, iga auguline $187,325 \times 82,55$ mm kartong sisaldavat Rein Tam-salu koostatud mudeli FORTRAN programmiteksti ühte rida. Perfokaardid tuli kilekotti panna, sõita trolliga Termo- ja Elektrofüüsika Instituudist Paldiski maantee algusest Estonia puisteele Küberneetika Instituudi arvutuskeskusesse, teha seal perfokaartides mõned muutused ning panna kogu komplekt õigesse riiulisse, kus olid arvutamisele minevad ülesanded. Läksin järgmisel päeval huviga vastuse riiulit vaatama. Paraku oli perfokaartide kõrval uhkete tulemuste asemel lühike väljatrükk, mille all märge „JOB CANCELLED” (ülesanne katkestatud; tollane printer tunnistas ainult suurtähti).

Sai selgeks, et tähtsamgi kui programmi õigekirja järgimine on kirjutada mere liikumist kirjeldavad osatulestitega diferentsiaalvõrrandid ümber lõplike vahedega ligikaudseteks võrranditeks nii, et valitud arvutusvõrgul kehtiks lisaks heale tulestite esitamisele nii tulemuste stabiilsus (väärtused ei hakka järsku kontrollimatult kasvama) kui ka konservatiivsus (suletud piirkonnas tuleb ainet juurde või läheb ära ainult läbi radade).

Huhh, nüüd tuli numbrilise modelleerimise kohta küll üsna pikk ja segane lause. Analoogiat otsides: nüüdisajal võtab digifotoaparaat üles hetkeolukorrale vastavad iga piksli numbrilised väärtused. Ajas järgmine pilt on eelmine pilt pluss sinna tehtud muutused. Nukufilmi animatsiooni tehes liigutame pärast võtet mõne nuku edasi ja teeme uue ülevõtte. Numbrilisel modelleerimisel aparati pärast alghetke fikseerimist tarvis pole, liikumised-muutused arvutame välja. Okeanograafiliste prognooside (ka ilma prognooside) puhul tuleb juurde kõrgus-sügavus ehk hetkepilt on kolmemõõtmeline. Ning dünaamika pole enam üksikute objektide lihtne kulgliikumine staatilisel taustal, vaid tõeliselt keerukas mäsu.

Kui kapillaarlainete ja turbulentsi ruumiliseks mõõtmeks on 4 cm, siis Maa ümbermõõdu katmiseks, et modelleerida ookeani tsirkulatsiooni, on vaja miljard piksli. Lisades teise pinnatelje, sügavuse ja ajatelje, saame arvutusmahu, mis on hoomamatult suur isegi aastakümnete pärast. Mereseisundi hindamisel ja prognoosimisel peavad seega appi tulema uued teadmised erimastaabiliste protsesside ja nende vastastikmõju kohta.

1970. aastad, kui asusin merefüüsikaga tegelema, olid kontseptsioonide muutumise kohalt revolutsioonilised. Mere vaatlemisel võeti kasutusele uued tehnoloogiad. Satelliidikujutised ning veesambas tehtavad automaatmõõtmised näitasid, et meri pole sugugi ühtlane, vaid hoovuste, temperatuuri ja teiste suuruste keeruline mosaiik.

Huvitusin mesomastaapsetest keeristest, mille kohta Läänemeres andmed praktiliselt puudusid. Kuna tollased mudelid keeriseid uurida ei võimaldanud, lükkasin perfokaardid riiuli kaugemasse nurka ning sukeldusin välitöödesse. Professor Ain Aitsam oli mõni aasta varem välja ajanud parajalt suure laeva Aju-Dag ja selle uurimislaevaks ümber ehitanud. Pärast mõnd edutut katset sain ka välis-



JÜRI ELKEN

- Sündinud 22. juunil 1952 Pärnus.
- Lõpetanud 1970. aastal Pärnu 2. Keskkooli ja 1975. aastal Tartu Ülikooli geofüüsika erialal.
- Kaitsnud 1983. aastal Moskvas Nõukogude Liidu Teaduste Akadeemia Okeanoloogia Instituudis kandidaaditöö teemal „Läänemere sünoptilise muutlikkuse karakteristikud CTD mõõdistuste põhjal”.
- Töötanud ENSV TA Termofüüsika ja Elektrofüüsika instituudis ning Ökoloogia ja Mereuuringute instituudis, Eesti Mereinstituudis, Tallinna Pedagoogikaülikoolis, praegu Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituudi direktor ja professor.
- Töötanud külalisteadlasena Saksamaal Kieli Mereuuringute Instituudis ja Warnemünde Läänemere Uuringute Instituudis, samuti Rootsi Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudis. Pidanud loenguid Helsingi Ülikoolis ja mitmetes rahvusvahelistes doktorikoolides.
- Osalenud ekspeditsioonidel Läänemere ja Atlandi ookeanil, juhtinud Eesti mereteadlaste osalemist rahvusvahelises eksperimendis PEX-86 (*Baltic Sea Patchiness Experiment* ehk Läänemere laigulisuse eksperiment) ning kahepoolset koostööd Saksamaa, Soome ja Rootsi uurimislaevadega.
- Tallinna Tehnikaülikooli nõukogu teaduskomisjoni esimees, nõukogu liige, Läänemere Uuringute Instituudi (Warnemünde) teadusnõukogu liige.
- Uurimisvaldkonnad: veekogude tsirkulatsioon, veemassid, mesomastaapsed protsessid, objektiivanalüüs, numbriline modelleerimine, füüsikaliste protsesside mõju ökosüsteemile.
- Avaldanud ligi 130 teadustööd.
- Eesti Vabariigi teaduspreemia tehnikateaduste alal 2002, Valgetähe IV järgu teenetemärk 2013.
- Hobid: muusika ja reisimine.
- Abikaasa Irja Elken ja kaks täisealist poega.

viisa ning välitööde etapp võis alata. Kokku olen ekspeditsioonilaevadel töötanud umbes tuhat päeva, sealhulgas Atlandil.

Loetud teadusartiklite mõjul muutsin Läänemere ekspeditsioonide tööd – varasemate pikkade lõigete asemel, kus vertikaalsete vaatluspunktide vahemaa oli kümneid kilomeetreid, hakkasime tegema „nõel-pistega” mõõdistusi, kus vaatluste horisontaalne resolutsioon oli ainult mõni kilomeeter. Saime Läänemere keeriste, frontide ja teiste selliste nähtuste esmakordsed kirjeldused ja statistilised parameetrid, sh nende mõju ökosüsteemi protsessidele ja mustritele. Kui tekkis sellelaadilise info küllastus, tõusis uus küsimus – mis mõju avaldavad keerised ja frondid mere seisundile laiemalt.

1990. aastate alguses oli võimalik keeriseid ja fronte uurida juba numbriliste mudelite abil, kaasates merepiirkonna üldtsirkulatsiooni – nii mudelid kui ka arvutivõimsus olid edasi arenenud.

Lõpetasin välitööd, kuna Nõukogude Liidu lagunemise järel polnud suurte uurimislaevade (nagu Arnold Veimer/Livonia) kasutamiseks raha, ning suundusin modelleerimisega uuele ringile. Eestis sel ajal vajalikku arvutustehnikat ei olnud, aga külalis-teadlasena Saksamaal töötades pääsesin ligi nii nüüdisaegse modelleerimise kogemusele kui ka tehnikale.

Praegu analüüsin vaatlusandmeid ja mudeleksperimentide tulemusi, et selgitada, kas ja kuidas muutuvad erinevates kliimatingimustes väiksema mastaabiga protsessid, mis mõjutavad mereseisundi suurt pilti. Üheks näiteks sellest on Soome lahe veekihistuse ajutine kollaps, mis tekib tugevamate edela-tuultega veekihtide erisuunalise liikumise tagajärjel. Sellega kaasneb keeruline hapniku ja toitainete dünaamika, mis võib, sõltuvalt peentest nüanssidest, keskkonnaseisundit kas parandada või halvendada.

Mida huvitavat tänapäeva mereuuringutes veel toimub?

Probleemid jagunevad laias laastus huvitavateks ja vajalikeks, kusjuures vajalikud võivad sageli ka huvitavad olla. Huvist ajendatud alusuuringute üldine eesmärk on aru saada keerulise meresüsteemi struktuurist ja käitumisest. Näiteks Läänemeres on küllalt hästi teada soolasema süvavee formeerumine, aga kus ja kuidas jõuab see vesi tagasi pinnale? Kui stabiilsed püsivad tsirkulatsioon ja ökosüsteem, kui magevee juurdevool peaks kliimamuutuse tõttu oluliselt kasvama? Taolisi küsimusi on rohkesti.

Vajalikud uuringud on poliitiliselt määratud – ette antud küsimustele otsitakse uudset, parimat lahendust. Läänemere keskkonnaseisund ja mere hüvede jätkusuutlik kasutamine huvitab piirkonna elanikke, seetõttu on inimtegevuses midagi vaja piirata ja teisi asju jälle stimuleerida. On vaja teada, mida üks või teine regulatsioon endaga kaasa toob, et hiljem oleks vähem küsimusi „kas me sellist Läänemerd siis tahtsimegi?”. Üheks lähiaja näiteks ses osas on aeg-ajalt haisev meri Russalka juures.

Üks peamine muretekitaja Läänemeres on toitainete liigne sissekanne ja sellest tingitud eutrofeerumine, sealhulgas süvakihtide hüpoksia ehk hapnikupuudus. Mereseisundi projektsioonid aastani 2100 näitavad, et hetkel kehtiv tegevuskava HELCOM on

Probleemid jagunevad laias laastus huvitavateks ja lahendamist vajavateks, kusjuures lahendamist vajavad võivad sageli ka huvitavad olla.

hea ning eri variantide hulgas ainus võimalus, et hüpoksia tulevikus kahaneks. Aga mõttelise eksperimentina modelleeritakse ka hapniku mehaanilist pumpamist süvakihtidesse! Julgeid mõtteid jätkub.

Eestil on olnud mitmeid uurimislaevu, mida need võimaldavad? Kus on nendega käidud? Mida olete leidnud?

Merel käimata tõesti andmeid ei saa. Miinimumnõuded ütlevad, et uurimislaeva pardale peab olema võimalik võtta teadlased-insenerid ja aparatuur, mida peab saama kasutada, sealhulgas vette lasta ja välja võtta (sondide veeskamiseks läheb vaja eripäraseid kaabeltross-vintse). Edasi tulevad suured variatsioonid. Nn juhuslikult laevalt saab tavaliselt teha piiratud iseloomuga vaatlusi. Maailma üks suurimaid uurimislaevu, Polarstern, võtab oma 118 m pikkuse juures pardale 55 teadlast. Praegu San Diegoos töötav kolleeg Mati Kahru osales kunagi oma töörühmaga Polarsterni kompleksekspeditsioonil. Konveierliku tööjaotuse juures (teisiti pole nii suurel laeval võimalik) eraldati talle vaatlusjaamas oma peenbioloogiliste mõõtmiste tegemiseks mõned minutid; aparatuuri tõrkumise korral jäigi mõõtmata, laev pidi edasi sõitma. Sellistel ekspeditsioonidel osalemine annab kindlasti huvitavaid andmeid ja teaduskontakte, kuid osakaal strateegilises planeerimises kipub jääma väikeseks, kui mitte suisa olematuks.

Eesti praegune suurim uurimislaev Salme (pikkus 31,3 m, kuni 12 teadlast), mida haldab TTÜ Meresüsteemide Instituut, võimaldab kompleksseid okeanograafilisi, hüdrobioloogilisi ja geoloogilisi uuringuid kestusega kuni viis päeva. Selle ajaga jõuab suvalises Läänemere piirkonnas piisava mahuga vaatlusi teha. Kalalaevast ümber ehitatud Salme on Läänemere jaoks paraja suurusega ning ülalpidamiskulude osas igati mõistlik. Eesti rannajoon on pikk ning liigendatud, seetõttu on igati loomulik, et teistel institutidel on rannalähedasteks uuringuteks ka väiksemaid ujuvaluseid.

Eesti teadlaste ekspeditsioonid jäävad enamasti Eesti majandusvööndisse, meiegi vetes jätkub huvipakkuvaid merenähtusi piisavalt. Näiteks apvellingud (külmade süvakihtide vee tõusmine ranna lähedal pinnale), juba mainitud keerised-frondid, fütoplanktoni ja klorofüllü pinnaalused maksimumid (fotosünteesiks vajalikku valgust seal pole!), suured põhjalähedased kiirused ja sette ülestõstmine piirkondades, mida varem arvati „natüürmordis” olevat.

Nõukogude perioodil osalesime globaalsetes ookeani-atmosfääri vastastikmõju uurimise programides. Selle tarbeks ehitati Moskva rahadega suure laeva uurimislaev Arnold Veimer (paraku kaasnesid suure laeva ehitusega ka suured intriigid ja kohtuprotsessid), millega aastatel 1984–1994 tehtud Atlandi ookeani ja Läänemere uuringud olid esmaklassilised. Vastavatele teadusartiklitele viidatakse tänapäevalgi.



KOLLEEGI KOMMENTAAR

**Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide
Instituudi professor
SIRJE KEEVALLIK**

Jüri kolleeg on väga hea olla. Arvatakse, et mõistvat suhtumist inimestesse arendas temas mängimine ansamblites „Viiking” ja „Kogudus”, sest ilma tundlike loomeinimeste leebe kohtlemiseta muusikat teha ei saa. Aga võib-olla on see talle hoopis kaasa sünninud või ema õpetatud.

Jüril on ka eriline oskus rasked olukorrad absurdseks pöörata, näidates kõike veidra ja ootamatu nurga alt. Ma olen aru saanud, et pole mõtet mingi bürokraadi peale vihastada ja tormata talle kohe kohta kätte näitama. Pigem lähen Jüri juurde, kes leiab võimaluse, kuidas kõige väiksema närvikuluga saavutada kõige parem tulemus. Harilikult on vahenditeks loogika ja huumorimeel.

Kui neile headele isikuomadustele lisada kõrge tase oma erialal, siis pole ime, et Jüri valitakse ja palutakse kõikvõimalikesse komisjonidesse ja kolleegiumidesse nii Eestis kui ka mujal maailmas. ●

Pärast katsetusi ja läbirääkimisi kujunes Atlandil meie uurimisobjektiks ekvatoriaalne piirkond, kus tegime moodistusi, et määrata kindlaks hoovustega põhjapooluse suunas kantav soojuse hulk ning soojatranspordi muutusi mõjutavad protsessid. Ookeanile minnes oli kooligeograafia juba pisut ununenud (ostsin küll töölaual ekspeditsioonide planeerimiseks gloobuse, kaartidest enam ei aidanud), mistõttu tuli paraja üllatusena, et ekvaatorist pisut põhja pool on kogu aeg üliniiske ja sajab. Selles piirkonnas jooksevad merepinna lähedased passaattuuled kirde ja kagu poolt kokku (konvergensitsioon), õhuvoolud tõusevad ja temperatuur langeb kuni veeauru küllastuseni. Seejärel tuleb kondenseerunud veeaur vihmana veepinnale tagasi, põhjustades veepinna väiksema sooluse muude ookeani piirkondadega võrreldes.

Kas olete ka merehaige olnud?

Tuhande merepäeva jooksul olen kogenud mõndagi. Atlandi ekspeditsioonid kestsid 3–4 kuud ning selle ajaga jõudis mereoludega nii ära harjuda, et merehaigust praktiliselt ei esinenud. Siiski, esimesi kordi ookeanile minnes võttis Biskaia lahes vahel kõhedaks, sest laine on palju pikem kui Läänemeres – tundub, et laev muudkui vajub ja vajub, ja tasakaalupunkti polegi. Läänemeres jõuab halva ilma korral üldjuhul tormivarju sõita, kui aga ärasõit jääb

viimsele hetkele (tahaks veel mõne huvitava mõõtmise teha!), järgneb lühikeste tormilainetega tõsine raputus – kinnitamata asjad hakkavad lendama ja talutava enesetunde säilitamiseks tuleb pilguga horisonti jälgida. Kokkuvõttes, elu mereekspeditsioonidel on võrratu.

TTÜ Meresüsteemide Instituudi jaamad mõõdavad automaatselt Eesti rannikumere seis. Mida täpsemalt? Kes uuringute tulemusi kasutada saavad?

Rannikul on alati merd vähemalt silmaga vaadeldud. Viimased paarkümmend aastat on toonud kaasa rannikumere vaatluste massilise automatiseerimise. Anduritega mõõdetud suurustest arvutatakse andmed – meretase, veetemperatuur, merevee soolus, lainetuse parameetrid, vee läbipaistvus/hägusus, lisaks meteoandmed – ning edastatakse reaajas.

Näiteks meretaset ei pea tingimata latiga mõõtma (kuigi kontrollmõõtmisteks on latt hädavajalik), rõhuandur annab parema resolutsiooni ja lühema mõõteintervalli.

Temperatuuri sobib mõõtma termistoride kombinatsioon, sooluse saab arvutada vee elektrijuhtivuse ja temperatuuri andmetest jne.

Eestis alustas automaatsete rannikujaamade süsteemi katselist ülesehitust meie instituut koostöös sadamatega. Meretaseme mõõtmised ja lähituleviku prognoosid on näha veebis (vt Eesti Meretaseme Infosüsteem), neid andmeid kasutatakse nii üleujutuste ohu kui ka liiga madala veetaseme puhul, kui parvlaevade ühendus saartega ähvardab katkeda. Riigi Ilmateenistus ja Veeteede Amet on samuti tõhusalt panustanud rannikumere reaallaja mõõtmiste arendamisesse. Sellised koondandmed on näha veebis nimetuse all „METOC Portal”. Tegevuste planeerimiseks on esmatähtis info operatiivsus.

Kuidas Eesti andmestik muu maailma mõõtmistega ühildub?

Meretaset ja temperatuuri võiksime ju mõõta ka omaette nohisedes, ilma rahvusvahelistes süsteemides osalemata. Niipea aga, kui läheme prognooside juurde, on vaja täielikku (prognoosimudelite mõttes) andmevahetust väga suurte piirkondade loikes. Osaleme suurtes konsortsiumites, mis hõlmavad kogu Läänemerd (Baltic Operational Oceanographic System, BOOS) ja Euroopat (European Global Ocean Observing System, EuroGOOS).

Tänu uutele tehnoloogiatele on mereprognoosid muutunud väga täpseks, veetaseme prognoosi hetkeline viga kahe päeva peale ette on väiksem kui paarkümmend sentimeetrit. Niisuguse täpsuse saavutamiseks on vaja rehkendusi alustada Põhja-Atlandilt ning jätkata Põhjamerega, minnes seejärel Läänemeres prognoosi võrgusammuga juba väiksemaks.

Arusaadavalt on mereprognoosi arvutamiseks vaja eelnevalt ilmaprognoosi andmeid.

Instituudil on ka avamere automaatsed mõõteseadmed. Mida nendega tehakse?

Uurimislaev võimaldab täpset ja kompleksset vaatlust, kuid ainult seal, kus laev hetkel asub. Aegrea mõõtmiseks peaks laev seisma pikka aega ühes

Läänemeri on teaduslikult unikaalne, kuna oma erinevates ilmingutes on see samaaegselt nagu tohutu estuaar, suur järv ja väike ookean.

punktis, mis poleks mõistlik. Parem on panna vaatlusi tegema automaat.

Esimesed sügava mere automaatsed poijaamad võeti kasutusele umbes kuuskümmend aastat tagasi – ankru ja pinnapoi vahel oleva trossi küljes olid vedruga töötavad seadmed, mis salvestasid tulemused paberlindile. Ei ole keeruline arvata, et nüüdisaegsed automaatseadmed mõõdavad anduritega oluliselt rohkem parameetreid, salvestus ja andmetöötlus on digitaalsed ning andmed edastatakse reaajas.

Paraku see, mis kuival maal oleks imelihtne, nõuab meretingimustes keerulisi lahendusi. Kõige tavalisemad probleemid on hermeetilisuse kadu suurte rõhkude juures ning andurite ja liikuvate osade kinnikasvamine. Uue põlvkonna poijaamad, kus üksikute „isekirjutajate” asemel liigub sond etteantud programmi järgi üles-alla, on just väljatöötamisel ja rakendamisel. Ülemaailmselt räägitakse ses kontekstis „mere observatooriumide” käimapanekust.

TTÜ Meresüsteemide Instituut sai riikliku teadus-ja arendustegevuse infrastruktuuri projekti „Rannakeskkonna Observatoorium” vahenditest esimese profileeriva poijaama (sealt tuli ka osaline toetus Salme ümberehitamiseks uurimislaevaks) ning oleme koostöös aparaadiehitajatega ka katsetaja-arendaja rollis. Järgmine profileeriv poijaam on valminud juba koostöös Eesti firmadega. Poijaamade kasutamist toetab keskkonnatehnoloogia programmi projekt VEE OBS, kus automaatmõõtmistega osalevad ka Eesti Maaülikooli järveuurijad ning Tartu Ülikooli mereuurijad.

Mis plaan on instituudil Keri saarega?

Profileerivad poijaamad töötavad kenasti mitu kuud, kuid aastatepikkuseks mõõtmiseks on neid keeruline kasutada, kuna jää, tormid ja laevaliiklus kipuvad poisid kahjustama. Alternatiivset püsijaama arendame välja Keri lähedal, kus poijaama energiaallikas ja andmeside keskus hakkavad paiknema saarel. Kerilt läheb kaabel merepõhjas paiknevasse automaatjaama. Automaatjaamas on vints koos sondiga, mis sondeerib veesammast ülespoole, ning veesammast akustiliselt profileerivad andurid. Kui veepinnal on mõõdetud „keeruline olukord” (näiteks rüüsjää), peatub ülespoole liikuv sond ohutul sügavusel ning suundub sealt merepõhja „koju” tagasi.

Satelliitidelt mõõdetav ja merevees mõõdetav. Kuidas neid andmeid ühildada?

Lihtne vastus on: kõik mõõtmisandmed tuleb assimileerida mudelitesse, nii et tulemuse erinevus vaatlusandmetest on vähim. Kahjuks lähevad seejuures kaduma detailid, mudelite võrgusamm on praegu tavaliselt horisontaalis 1–5 km ning vertikaalis 2–10 m. Seega praegustes mudelites ei saa olla mingeid veepinna vertikaalseid *skin*-kihte ja 50 m laiuseid triipe, mida näitab satelliitidelt tehtav kaugseire. Samuti pole võimalik mudeldada mõne meetri paksusi erinevate omadustega veekihte, mis on tunginud üksteise vahele, nagu näitavad veesamba mõõtmised.

Silutud pildi saame mudelite abil niisiis kenasti kokku panna. Detailide osas jääb pilt sõltuma vaatajast: kaugseire andurid näevad merd teistmoodi kui



in situ andurid. Oluline on need mosaiigid kontseptsioonide tasemel õigesti kokku panna – protsess, mis on uurijale väga huvitav.

Kas Läänemeri on enim uuritud meri? Mille poolest on see unikaalne, kas on?

Jah, Läänemeri on kõige rohkem läbi uuritud meri, kuid sõltub mõõdikust. Läänemeri konkureerib siin Põhjameriga, mõlema randadel elavad merest huvituvad arenenud ühiskonnad.

Üks variant oleks kasutada tulemusnäitajat mere ruumala kohta. Läänemere ruumala on ca 21 000 kuupkilomeetrit, Põhjameri oma üle nelja korra suurem. Teades, mitu tippartiklit on kirjutatud Läänemere kohta näiteks viimase 50 aasta jooksul, saaks leida artiklite „tiheduse” ehk artiklite arvu kuupkilomeetri kohta aastas. Tundub bibliomeetriliselt suhteliselt korrektne. Ja siis võrdleks tulemust Põhjameri vastava näitajaga.

Mina tõstaksin Läänemere esikohale läbiuurituse aspektist. Vaadeldes füüsikalise okeanograafia teooriat ja kontseptsioone, on suur osa selle valdkonna klassikuid, nagu Martin Knudsen, Vagn Wallfried Ekman, Börje Kullenberg, Carl-Gustaf Rossby, nooruses supelnud põhiliselt Läänemere voogudes. Põhjameri kohta selliseid näiteid hoobilt ei meenu. Teiseks – merekeskkonna küsimused kui murekoht pärinevad Läänemerest. 1960. aastatel kõlas alarm, kuna kaladest oli leitud ohtlikke DDT ja PCB kontsentratsioone.

Läänemeres algas maailmas esimesena ka merekeskkonna kasutamise ja kaitse poliitiline reguleerimine. Aastal 1979 jõustunud Helsingi konventsioon oli maailmas esimene, nüüd on see leidnud rohkesti järgimist.

Läänemeri on teaduslikult unikaalne, kuna oma erinevates ilmingutes on see samaaegselt nagu tohutu estuaar (jõe laienev nn lehtersuue), suur järv või väike ookean. ●

➡ Jüri Elkeni mõtteid raamatulugemise ja e-maailma kohta loe lk 61.



VLADIMIR SAZONOV, ANDREAS JOHANDI

JOOK, MIS ON VANEM KUI LEIB

ÕLU MUISTSES SUMERIS JA AKADIS

autoriõigus Loodusajakiri MTÜ



CORBIS / AOP

Uri standardi detail, mis pärit Lõuna-Sumeri Uri linnast. Asub Briti Muuseumis. Varadünastiline periood, 2600–2400 eKr.

Õlle ja alkoholi tarbimine muistses Lähis-Idas – Mesopotaamias, Eelamis, Ana-toolias, Pärsias, Egiptuses, Israelis, Foiniikias – on köitnud mitmeid mainekaid orientaliste, kes on sel teemal avaldanud kümneid nii monograafia mõõtu kui ka lühemaid ülevaateid.

Vana-Lähis-Ida uurijad, sealhulgas arheoloogid, on üritanud rekonstrueerida muistset õllevalmistamise tehnoloogiat. Kiilkirjaliste retseptide järgi on muistseid õllesorte isegi uuesti valmistada püütud, andes neile muidugi ka vastavad nimetused, nagu „Ninkasi” (Sumeri õllejumalanna) või „Enkidu” (Mesopotaamia heeroose Gilgameši sõber ja abiline). Seda võib muidugi käsitleda ka kui lihtsalt humoorikat ettevõtmist. Ühte taolist, Enkidu-nimelist kesvamärjuket, mis Soome assürioloogide väitel pärines ajast 2500 eKr (jutt käis muidugi retseptist, õlu ise oli tänapäeval pruulitud), on üks autoreid proovinud 47. rahvusvahelise assürioloogia kongressi raames, mis peeti 2001 Helsingis ja Tallinnas.

Üks väga vana tava

Alkoholi joomine on väga muistne ning laialt levinud nähtus inimkonna ajaloos. Alkohol on mõjutanud oluliselt nii rituaalse maailmapildi teket, ideoloogiat ja religioonide kujunemist kui ka majandust ja poliitilist ajalugu. Alkohol on maailma ajaloos mänginud nii positiivset kui ka negatiivset rolli. Üks tuntumaid alkoholiiga seotud mässe ajaloos on nn viskimäss, mis puhkes 1794. aastal USA-s Pennsylvania osariigis. Nimelt määras USA kongress maksu alkoholile, mida aeti teraviljast ja maisist, ning see ei meeldinud paljudele farmeritele. Asi kasvas mässuks, mille maha surumiseks kasutati suisa sõjaväge. Taolisi näiteid võib ajaloost tuua veelgi.

Alkoholitarbimise tava ulatub eelajaloolisesse ajastusse, mil Lähis-Idas hakkasid esile kerkima esimesed tsivilisatsioonikolded. Ka sõna „alkohol” ise on pärit Lähis-Idast, nimelt

Missugune oli õllejoomise traditsioon ja kultuur muistses Mesopotaamias? Kas on teada, millist õlut muistsed sumerid ja akadlased pruukisid? Tegelikult võiks ainuüksi õllepruulimisest ja õllesortidest Mesopotaamias välja anda mitu monograafiat. Mahukaid uurimusi võiks kirjutada ka kõrtsidest ja kõrtsmikest ning nende rollist ühiskonnas. Alkoholi, sealhulgas eriti õlut ja ka veini, tarbisid muistsed rahvad – egiptlased, sumerid, akadlased, hetiidid, pärslased, foiniiklased ja teised – ohtralt ja sagedasti. Tähtsat rolli mängisid alkohoolsed joogid ka omaaegsetes rituaalides.



Sellele muistsele savitükile on kiilkirjas jäädvustatud tööliste igapäevased õlleratsioonid. Kirjutamiseks kasutati pilliroost pulgakest. Õlle sümboliks on teravatipulise põhjaga anum. Tahvlike pärineb tõenäoliselt Lõuna-Mesopotaamiast. Hiline eelajalooline periood, 3100–3000 eKr.

keskaegse araabia keele sõnast *al-ğawl*. See asjaolu on huvitav ka seetõttu, et mitmes Lähis-Ida islamiriigis (Iraanis, Saudi Araabias) on alkoholi tänapäeval hoopis keelatud ja alkoholi tarbimise eest on ette nähtud karm karistus (ka surmanuhtlus).

Üks väga vana jook

Õlu võib olla vanim alkohoolne jook üldse. Õllepruulimine on tõenäoliselt iidsem kui veinivalmistamine, mis algas Lähis-Idas 6000–8000 aastat tagasi. Pole täpselt teada, millal ja kus õlleteo tehnoloogia leiutati, aga väga tõenäoline on, et õlle sünnipaik on Lähis-Idas, kus said alguse kõik tähtsamad tsivilisatsiooni tunnused ja nähtused – ratas, pottsepakeder, keraamika, esimesed niisutussüsteemid, esimesed linnad, esimene kirjasüsteem jne.

Õlu võib olla umbkaudu sama

vana kui leib (sumeri *bappir*, akkadi *bappiru*), aga pole välistatud, et isegi vanem. Täpsemaid andmeid selle väite tõestamiseks pole paraku võimalik leida.

Revolutsiooni kingitus

Õllepruulimine ja leivategu said alguse tänu nähtusele, mida nimetatakse neoliitiliseks revolutsiooniks. Sel ajal hakati Lähis-Idas esmakordselt maailma ajaloos kodustama loomi, kasvatama taimi ning tootma. Inimesed hakkasid loobuma nomaadlikust ja korilusega seotud eluviisist ning jäid paikseks, alguse sai linnastumine. Just sel ajal leiutati ratas ja pottsepakeder ning hakati rajama võimsaid monumentaalehitisi. Tolle protsessi raames, mis algas nooremal kiviajal (neoliitikum, 10000/9500–5500 eKr), jätkus vaseajal (kalkoliitikum, ka eneoliitikum, 5500–3500/3300 eKr) ja seejärel pronksiajal (Lähis-Idas 3500–1200 eKr), „kultuuristati” Sumeris, Eelamis ja Egiptuses nisu, oder ning muud teraviljad, õpiti tegema leiba, pruulima õlut ja käärutama veini. Õllepruulimise jaoks oluline oder „kodustati” Lähis-Idas ligikaudu 10 000–9000 aastat tagasi.

Õllepruulimine ja leivategu said alguse tänu nähtusele, mida nimetatakse neoliitiliseks revolutsiooniks.

Jumalate ja kuningate lemmik

Muistsete sumerite hulgas oli õllejoomine levinud juba vähemalt IV ja III eelkristlikul aastatuhandel, aga võib-olla ka varem.

Kiilkirjamärk õlle tähistamiseks oli sumeri piltkirjas olemas III eelkristliku aastatuhande alguses – vahele jättes seda, kui sumerid kiilkirja kasutusele võtsid. Sumeroloog Piotr Michalowski sõnul avaldub alkoholi olulisus tseremooniad, naudinguid ja bankette puudutava terminoloogia rohkuses. Selline sõnavara kujunes muistses Sumeris juba III eelkristlikul aastatuhandel – vara-dünastilisel (2900/2800–2334 eKr) ja akadi perioodil (2334–2154 eKr).

Toome näiteks sumeri sõna *kaš-dé-a*, mida võiks tõlkida kui „õlle voalamine” ja millel oli tähtis rituaalne alltekst: õlut kallati jumalate (sumeri *dingir*) altariitele, õlut jõid kuningad (sumeri *lugal*) ning muud valitsejad (sumeri *en*, *ensi*) enne ja pärast võidukat sõjakäiku, õlut tarbisid ka preestrid (sumeri *en*, *sanga*). Mõiste *kaš-dé-a* on teada juba vähemalt Uus-Sumeri ajastu (umbes 2112–2004 eKr) allikatest, kuid seda kohtub ka hilisemates tekstides – Isin-Larsa (2004–1792 eKr) ja Vana-Babüloonia ajastul (1792–1595 eKr). Uus-Sumeri ajastul, mis oli Sumeri tsivilisatsiooni üks hiilgavamaid perioode, oli terve hulk rituaale ja tseremooniad, kus tarbiti ja ohverdati õlut. Need olid muidugi seotud jumalustega või jumalikustatud kuningate (nt Šulgi; 2093–2047 eKr), kuningannade või tähtsate riigiametnike ja preestritega. Õlu oli nii oluline igapäevaelu osa, et ilma selleta ei suutnud sumerlane ei enda ega jumalate elu ette kujutada. Õllele, õllejoomisele ning sumeri õllejumalanna Ninkasile pühendati laule ja hümn. Teada on „Hümn (jumalanna) Ninkasi auks”, mis komponeeriti sumeri keeles umbes 1800. aastal eKr.

Fragmendid Ninkasi hümnist (Ninkasi A):

9–12. [...] Ninkasi, su isa on jumal Enki, isand Nudimmud ja emaks sulle on jumalanna Ninti, Abzu kuninganna.

13–16. [...] Ninkasi, see oled sina, kes käsitseb ... ja tainast suure labidaga, segades augus õlleleiba magusate aroomidega.

17–20. [...] Ninkasi, see oled sina, kes küpsetab suures ahjus õlleleiba ja korrastab kooritud teravilja kuhjad.

Hümn lõpeb sõnadega:
45–48. [...] Ninkasi, see oled sina, kes
valab välja kogumisvaadi filtreeritud
õlut, see on nagu Tigriise ja Eufraati hoog.

Tsiviliseeritud inimese jook

Sumerite arvates tegid linnaelu ja
õllejoomine metsikust barbarist tsivi-
liseeritud inimese. Tsiviliseeritud ini-
mene elas linnas, sest linn oli tsivili-
satsiooni allikas ja keskpunkt. Linna
ümbritsevad paigad – stepid ja kõr-
bed – olid metsikud ja barbaarsed.

Seal elasid ohtlikud deemonid, kisk-
jad (näiteks lõvid), sealt tulid ka hai-
gused ning muud nuhtlused ja hädad.

Õllejoomine oli tolleaegses raskes
elus ka üks väheseid meelelahutusi,
mis leevendas vaimseid ja kehalisi
piinu maailmas, kus keskmine eluiga
oli vaevalt rohkem kui 35–45 aastat.

Õlu oli mõeldud ka janu kustuta-
miseks, sest vesi oli Mesopotaamias
tavaliselt mudane ja joomiseks hästi
ei sobinud. Seega polnud sumerite
elu ilma õlleta mõeldav.

Õlut hoiti kaevudes ja tõenäoliselt
serveeriti seda külmalt. Õlu polnud
ilmselt kallis ja oli kättesaadav ka liht-
inimesele.

Kultuslik rüübe

Ka kultuslikus elus ja mütoloogias oli
õllel tähtis roll. Sumeri müüt „Enki ja
Ninmah” käsitleb inimese loomise
lugu, kus tarkuse, käsitöö ja maagia
jumal Enki jõi koos emajumalanna
Ninmahiga õlut: *Enki ja Ninmah jõid
õlut, (ja) nende südamesse tuli elevus.*
Vindisena asusid Enki ja Ninmah sa-
vist inimeselaadseid olevusi voolima.
Pärast korduvaid ebaõnnestumisi,
mille käigus loodi mitmeid defekt-
seid olendeid, õnnestus jumalustel
lõpuks ka inimbeebi voolida. Seega
sai inimkond alguse õlle tekitatud
ülendatud meeleolust.

Õllel oli tähtis roll ka Mesopota-
amia kuninglikes rituaalides. Õlut on
mainitud kümnetes säilinud hümn-
ides ja mütoloogilistes tekstides.
Sumeri, Akadi, Babüloonia, Assüüria,
Eelami ja muistse Pärsia kuningad
armastasid juua õlut (ja veini).

Näiteks kelgib tuntuim Uus-Sumeri
kuningas Šulgi ühes oma hümnis
(read 78–83):

*Ma tähistasin ešeš-festivali Nippuri
linnas ja Uri linnas samal päeval.*

*Koos oma venna ja kaaslaste, kangelase
[päikesejumal] Utuga.*

*Ma jõin õlut palees, mille oli rajanud
[taevajumal] An.*

*Mu lauljad ülistasid mind lauludega
seitsme tigi-trummi saatel.*

*Minu abikaasa, nooruslik [armastuse
jumalanna] Inanna, emand, taeva ja maa
rõõm,
jagas minuga pidusööki.*

Ešeš-festivali peeti Sumeris juba vähe-
malt 22. sajandil eKr kuningas Gudea
ajal. Sumeri ešeš (akadi ešešu) tä-
hendab pühamuid ja hümnis kirjel-
datud rituaal toimuski pühamus. Tsi-
teeritud tekstis leiab ešeš-festival aset
Nippuris ja Uris, mis olid tollal sume-
rite kõige pühamad ning tähtsamad
linnad: Nippur oli n-õ sumeri Vati-
kan, Ur aga Uus-Sumeri suurriigi pea-
linn ja tähtis kultuskeskus, kuna seal
resideeris kuujumal Su'en. Uris ja
Nippuris jõi jumalikustatud kunin-
gas Šulgi rituaalsel banketil õlut koos
abikaasaga, kelleks ei olnud mitte
keegi muu kui jumalanna Inanna.



Uus-Assüüria impeeriumi kuningas Aššurnasirpal II (883–859 eKr) rüügab sellel pildil
tseremoniaalsest kausikesest tõenäoliselt õlut. Kuningas hoiab oma võimu sümbolina käes vibu.
Tema kõrval seisab eunuhh (habemetu), kes hoiab ühes käes kärbsepiitsa ning teises kulbikest,
millega kuninglikku jooginõud uuesti täita. Reljeef pärineb Nimrudi (muistne Kalhu) linnast
Põhja-Mesopotaamias, mis paiknes tänapäeva Põhja-Iraagi linna Mosuli läheduses.



Sumerid õlut joomas. Kõrrega võidi õlut juua põhjusel, et muistne õlu polnud mitte klaar vedelik nagu tänapäeval, vaid võis sisaldada rohkelt setteid. Ühest nõust õlle joomine võis väljendada külalislahkust.

Õlut annetati joogiohvrina ka mitmesugustele jumalustele, kes annetuse meelsasti vastu võtsid ja seda tarbisid. Hea näite õlle rituaalsest annetusest armastusjumalannale Inannale leiame Isini kuninga Iddin-Dagani hümnist („Iddin-Dagan A”), mis pärineb 20. sajandist eKr. Lõik sellest hümnist (read 152–155) kõlab järgmiselt:

*Nad valavad tumedat õlut tema jaoks,
nad valavad heledat õlut tema jaoks,
tume õlu, emmernisu õlu,
emmernisu õlu minu emanda jaoks ...*

Näiteid, kus kuningas või jumalus tarbib pidusöögil rohkelt alkoholi, võiks Mesopotaamia kultuuriruumist tuua rohkesti.

Õlu ja seks

Alkohol, armastus ja seksuaalsus kuuluvad tihti peale kokku ning olid omavahel tihedalt seotud ka Vana-Lähis-Ida kultuuris. Näiteks muistses Ugariti linnriigis (tänapäeva Ras Šamra asula Põhja-Süürias Vahemere rannikul) pruugiti II eelkristliku aastatuhande teisel poolel rohkelt veini. Veini joodi kultuslike pidustuste, näiteks sügispidustuste ja kevadiste uusaastapidustuste (Babüloonia ja Assüürias tuntud kui *akītu*-festival, mis leidis aset märtsis-aprillis) ajal.

Nagu märgib Piotr Michalowski, kingiti õlut tihti peale seksuaalpartnerrile. Tõestuseks tsitaat „Inanna poeemist”:

*Nagu õlu on ta vulva magus, nagu õlu on magus tõepoolest,
nagu tema suu, on tema vulva magus,*

*nagu õlu on magus tõepoolest,
tema „väike õlu”, tema õlu on magus tõepoolest.*

Õllesordid

Õllest ja õllesortidest Mesopotaamias teame me tänu sellele, et sumerid kirjutasid oma kiilkirjas tekstid enamasti savitahvlitele (sumeri *dub* – ’tahvel’). Kuna savi on vastupidav materjal, seda eriti kuivas Mesopotaamia kliimas, võib see säilida tuhandeid aastaid. Tänu sellele tunneme sadu tuhandeid või koguni miljoneid sumeri-, akadi-, hetiidi-, urartu- ja muukeelseid savitahvleid. Enamik neist on majanduslikud või juriidilised tekstid, ent leidub ka selliseid, kus on juttu õllepruulimisest, õllesortidest, õllejoomisest jne.

Õlut tähistas sumeri sõna *kaš* ja akadi sõna *šikāru*. Tunti paljusid õllesorte. Näiteks Vana-Babüloonia ajastul oli levinud kange õlu *šikāru*, mida valmistati datlitest. Palmi viljadest pruulitud datliõlu meenutas ilmselt pigem palmiveini, mida araablastel hiljem tundsid nimetuse *laqbi* all. *Šikāru* vaste sumeri keeles võis olla *kaš.sag*, kuid mitte alati.

Õlu oli mõeldud janu kustutamiseks palavas ja kuivas Mesopotaamias, kus vesi oli tavaliselt mudane ja joomiseks hästi ei sobinud.

Tavalist õlut tähistati sumeri tekstides sõnaga *kaš.gin*. Huvitava nimega oli õlu *kaš sig*, oletatavasti ’kuldne õlu’. Pole aga täpselt teada, kuidas seda valmistati ja millest see koosnes. Pruuliti ka magusat tumedat õlut, mida sumerid nimetasid *kaš2gi6dug3*-ga. Magusaid õllesorte leidis eri ajastutel rohkemgi. Ka punakaspruuni õlle jaoks oli oma spetsiaalne nimetus – *kaš2si4*.

Hilisemates Babüloonia tekstides – 7. ja 6. sajandil eKr – esineb mõiste *kaš.dug.ga*, mida võib tõlkida ’hea õlu’ või ’magus õlu’. Uus-Babüloonia ajastul (626–539 aastal eKr) tehti selget vahet vana, magusa ja heleda õlle vahel.

Wolfgang Röllig mainib oma monograafias „Õlu vanas Mesopotaamias” („Das Bier im Alten Mesopotamien”) õllesorti nimega *šikaru lābiru* – ’vana õlu’, mis esmakordselt esineb akadikeelsetes tekstides Babüloonia 550. aasta paiku eKr.

On teada, et eksisteerisid kõrge, keskmise ja madala kvaliteediga õlled. Näiteks üks taoline kehvema kvaliteediga õlu oli väljapressitud õlu, mida sumeri keeles nimetati *kaš.sur.ra* ja akadi keeles *šikaru mazū*.

Vein ja kange alkohol

Vana-Lähis-Idas oli populaarne ka veinijoomine. Veini nimetati muistses Eelamis nähtavasti *sawur* ja seda valmistati datlitest. Datliveini mainivad ka klassikalised kreeka autorid Herodotos ja Xenophon ning see oli just babüloonlaste jook. Akadi keeles tähistati veini ja viinamarja vastavalt *karānu* või *karnu*. Samast tüvest tuletatud sõna *kurunnu* tähendas datliveini ja vahel ka kanget õlut.

Wolfgang Röllig kirjutab: „Siiani on raskesti tõlgendatavaks jäänud akadi *kurunnu*, sumeri keeles nimetatud *gurunx*, *kurun*-jook, mida tõenäoliselt mõisteti tavaliselt kui alkoholset jooki, tihti aga kui peenõlut.”

Probleem seisneb Rölligi sõnul selles, et pole säilinud selle õllesordi retsepti. Me ei tea midagi selle valmistamise tehnoloogiast ega isegi mitte seda, millest jooki valmistati.

Peale õlle ja veini pruugiti Mesopotaamias ilmselt ka kangemaid jooke – näiteks mitmesuguseid likööre. Sumeri keelses „Inanna ja Dumuzi laulus” (erialakirjanduses tuntud kui *Dumuzi-Inanna B1*) leiame sellele ka tõestust (rida 34): *Nad* [jumal Dumuzi ja tema abikaasa jumalanna Inanna] jõid emmernisu õlut ja kanget likööri.

Millist sorti likööriga oli tegu, ei ole kahjuks teada. Aga ilmselt oli ka sedasorti jook muistsetele mesopotaamlastele mokkamööda.

Tänapäeval tuntakse araabia maa-dest destilleeritud alkoholset jooki *araq*. See nimetus tähistab datlitest valmistatud alkoholset siirupit, mida tehti ilmselt juba muistses Mesopotaamias. Araabia maades on see nüüdisajal tuntud nimetuse *dibs* all. Tegelikult on 'datlite mesi' (*lāl zū.lum.ma*) tuntud juba Uus-Sumeri tekstidest ehk ajavahemikust 2100–2000 aastat eKr. Kuid olemas olid ka 'datlid joomiseks' (akadi *mašītum*), mida mainitakse juba Vana-Babüloonia perioodil.

Mehe tsiviliseerimine

Õllejoomisstseene on muistses Sumeris kujutatud vähemalt alates aastast 3000 eKr. Ent iga tsiviliseeritud mees Sumeris armastas ka naisi, külastades muu hulgas prostituute – nii kultusprostituute kui ilmselt ka küla- või turuprostituute.

Sellist arusaama metsiku mehe tsiviliseerimisest Sumeris ja üleüldse Mesopotaamias illustreerib hästi akadikeelse „Gilgameši eepose” I ja II tahvel. Seal on pikalt juttu sellest, kuidas metsikust kangelasest Enkidust, kes elas stepis koos loomadega ning jõi ja söi loomade viisil, sai tsiviliseeritud inimene alles pärast seda, kui ta magas seitse ööd ja seitse päeva külaprostituudi Šamhatiga, kes pärast seda andis Enkidule süüa leiba ja juua õlut. Seejärel andis Šamhat Enkidule rõivad ja viis ta Uruki linna pooljumaliku valitseja Gilgameši juurde. Nii saigi Enkidust Gilgameši parim sõber, kaaslane ja sulane. Enkidust sai tänu Šamhatile ja seitsmele õlleanumale ning järgnenud tutvumisele Uruki linna ja ilmselt ka selle vaatamisväärsustega inimene. Ta oli sumerite mõistes piisavalt haritud ja tsiviliseeritud.

Kõrtsid, kõrtsmikud ja veinikandjad

Kõrtsmikke ehk trahteri peremehi (ka perenaisi) nimetati akadi keeles *sabū* ja sumeri keeles *lú.tin.na.meš*. Kõrtsmikel ja kõrtsidel oli Vana-Lähi-Idas oluline roll. Seal veetsid sageli aega kaupmehed, meremehed, prostituudid, rändurid ja muud tegelased. Suurtes linnades, nagu Uruk, Ur, Babülon, Kiš, Borsippa, oli kõrtse rohkesti, väiksemates kohtades ilmselt mõni üksik.

On teada, et üks naissoost kõrtsmik



WIKIPEDIA

Muistne puhtast kullast jooginõu (u 2600–2400 eKr), mida kasutati õlle joomiseks. Jooginõu leiti koos paljude muude väärisemete, muusikainstrumentide, söögiriistade, silinderpitsatite ja muuga kuninganna Pu-abi hauast Uri linnas Lõuna-Mesopotaamias. Hauast leiti ka kümneid teenijaid, kes olid pärast kuninganna surma ohvriks toodud ja talle hauda kaasa pandud.

Ku-Baba (Kug-Bau) rajas millalgi 25.–24. sajandil eKr Põhja-Sumeris Kiši kuningriigis uue kuningliku dünastia – III Kiši dünastia – ja valitses Kišis kuningannana. Sumerid ja hiljem ka teised mesopotaamlased austasid teda väga, kuna teda on mainitud mitmetes Mesopotaamia kroonikates. Näiteks tuntud „Weidneri kroonika” ehk „Esagila kroonika” ridades 51–55 on juttu kõrtsmik Ku-Babast, kes sai tänu Babüloonia peajumalale Mardukile enda kätte kuningavõimu nii Kišis kui väidetavalt ka kogu maailmas. Rida 55: „*Temale [Ku-Babale] oli usaldatud kuninglus kõikide maade üle.*”

Veelgi tuntum isik ajaloost, kes polnud küll kõrtsmik, aga oli siiski tihedalt seotud alkoholiga, oli suur vallutaja Sargon (2334–2279 eKr), kes tõenäoliselt rajas esimese impeeriumi maailma ajaloos. Kuigi Sargon polnud sumerlane, vaid idasemiit (akadlane), pärines ta samuti Kiši linnast, kus alustas oma karjääri kuninga Ur-Zababa teenistuses veinikandjana (sumeri *sagī*). Pärast seda kui Ur-Zababa oli mingitel teadmata põhjustel kaotanud oma võimu, haaras selle endine veinikandja Sargon, kes koondas oma võimu alla suured maa-alad ning rajas Akadi impeeriumi. Sargonil õnnestus alistada Sumer, tänapäeva Süüria ja muud alad idas, läänes ja põhjas Vahemerest kuni Pärsia laheni.

Rohi nii hingele kui ka kehale

Õlu mängis muistsete mesopotaamlaste elus suurt rolli, see oli rohi nii

hingele kui ka kehale, tõstis meeleolu, oli jumalate jook. Inimest, kes jõi õlut ja elas linnas, peeti tsiviliseerituks. Tunti mitmesuguseid õllesorte, alates magusast meemaitseisest õllest või datliõllest, heledast, tumedast, punakast õllest kuni kange õlleni. Õllesorte eristati ka kvaliteedi ja valmistamiskoha järgi.

Kõrtse hakati Mesopotaamias ja Eelamis asutama ilmselt III eelkristlikul aastatuhandel, kuid pole välistatud, et veelgi varem. Kõrtsid ja kõrtsmikud mängisid tähtsat ühiskondlikku rolli, toimides uudiste ja kuulujuttude vahendajana. ●

AUTORITEST

VLADIMIR SAZONOV (1979) on Tartu Ülikooli kultuuriteaduste ja kunstide instituudi orientalistika vanemteadur. Kaitses 2010. aasta lõpus Tartu Ülikoolis doktoritöö teemal „Kuninglikud tiitlid ja epiteedid Assüürias, Hetiidi kuningriigis ja Põhja-Süürias (Ugarit, Emar, Karhemiš) Kesk-Assüüria ajastul: struktuursed sarnasused, erinevused ja vastastikune mõju”. Õppinud Tartu Ülikoolis ja Göttingeni ülikooli assürioloogia instituudis sumeri, akadi, hetiidi, hurriidi, ugariti ja teisi vanu keeli, Lähi-Ida arheoloogiat, sumeri ja akadi kirjandust ning religiooni. Baseli ülikooli stipendiaadina õppinud Vana-Kreeka ajalugu ja Lähi-Ida arheoloogiat. Peamine uurimisteema jätkuvalt Lähi-Ida aja- ja kultuurilugu.

ANDREAS JOHANDI (1983) on Tartu Ülikooli usuteaduse esimese aasta doktorant. Kaitses 2012. aastal magistratöö teemal „Mesopotaamia mõjud Vana-Pärsia kuningavõimu ideoloogiale ja religioonile Ahhemeniidide ajastul”. Doktoritöö käsitleb Vana-Lähi-Ida usundilugu ja kuningavõimu ideoloogiat, täpsemalt jumal Mardukit.

Risto Järvega rahvusliku identiteedi hoidlas

Tartus Vanemuise tänaval asuvas Eesti Kirjandusmuuseumi Eesti Rahvaluule Arhiivis on talle meie rahva üks kallemaid varasid – eestlaste olemust koondavad arhailised tüvitekstid.



FOTOD: ARNO MIKKOR

Rahvaluulearhiivi nurgakiviks olevas Jakob Hurda käsikirjade kogus on ühtekokku 162 köidet.

Rahvaluule arhiiv elab oma elu kunagises aadlielamus. Nagu väljanägemises, on ka selle interjööris, kõrgete lagedega kitsastes koridorides ja kabinettides, tunda väärikuse ja suursugususe hõngu. Arhiivi juhataja Risto Järv juhatab meid esmalt uurijate saali. Seda hiljuti uuenduskuuri läbinud suuremat ruumi kutsuvad külastajad ka lillaliseks saaliks, kuna selle seinu ehib kaunis roosiline tapeet. Siia on paigutatud arhiivi kartoteegid, mis on huvilistele

seni kõige ammendavamaks vāravaks suurtes käsikirjade, fotode ning salvestuste kogudes hoitavate pärimustekstide juurde.

Kartoteek on süstematiseeritud näiteks nii piirkonniti kui temaatiliselt. Eraldi osutab Järv mahukale rahvakalendri kartoteegile, mis on tuntud folkloristi Mall Hiiemäe tööpõlluks.

Enamik arhiivi töötajaid pole aga arhivaarid, vaid teadustöötajad, kes valmistavad ette nii uurimusi kui ka allikavälja-

andeid. Järv ise on Horisondi külaskäigu ajal kolleegidega lugemas korrektuuri septembris ilmuvale eesti muinasjuttude akadeemilise väljaande teisele osale, mis annab tüpoloogilise ülevaate rohkem kui kuuest tuhandest arhiivi talletatud imemuinasjutust.

Arhiivi ja ühtlasi kogu kirjandusmuuseumi kogude üks väärtuslikumaid osi on Jakob Hurda 162-köiteline vanavarakogu, mis paikneb koos teiste vanimate käsikirjadega keldrikorrusel eraldi fondihoidlas. Järv avab seal ühe õige tavalise nõukaegse kapi ukse ning selle sisemusest vaatavadki vastu pruunidest nahhköidetest tulvil riulid. Kuldsete kirjadega kaante vahel on 110 000 lehekülje jagu regivärsilisi rahvalaule, muinasjutte, muistendeid, usundi- ja kombekirjeldusi ning muud sorti folklooritekste, mille Hurt ühes oma arvukate abilistega 19. sajandi lõpu poole ja 20. sajandi alguses üle kogu Eestimaa kokku koondas.

Olgu märgitud, et just Hurda käsikirjade kogust rahvaluulearhiiv 1927. aastal alguse saigi. Järv märgib üht Hurda vanavara köidet Horisondile lähemalt näidates, et tänaseks on Hurda käsikirjad euronahade toel ka digiteeritud ning kõigile huvilistele



Jakob Hurda käsikirjakogu lehekülj, millelt saab lugeda, kuidas õõbik ja pääsuke kunagi laulsid.



Eesti Rahvaluule Arhiivi juhataja Risto Järvi arhiivi uurijasaalis. Siit pääseb märksõnade abil 1,5 miljonile käsikirjale talletatud tekstide juurde.

elektrooniliselt kasutatavad. Järjest enam materjale leiab käsikirjade digiteerimise koostööpartner Kivike, mis lahtiseletatuna tähendab kirjandusmuuseumi virtuaalset arhiivikeldrit (<http://kivike.kirmus.ee/>).

„Rahvaluulet on Eestis kogutud juba kaks sajandit ja praeguseks on meil arhiivis ligi 1,5 miljoni leheküljeline käsikirjakogu,” toob Järvi välja. Lisaks käsikirjadele vastutab rahvaluulearhiiv ligi 40 000 fotoga fotokogu ja ning enam kui 180 000 pala sisaldava heli- ja videosalvestuste kogu hea käekäigu ning kättesaadavuse eest. Seejärel tegeletakse lisaks eri väljaannete ettevalmistamisele ning uurijate teenin-

damisele arhiivis ka digiteerimisega.

Heli- ja videosalvestiste kogu digiteerimiseks on siin koguni omaette üksus – digikeskus. Heliinsener Jaan Tamm sõnab, et arhiivi analoogiliste kogus on ligikaudu 4500 salvestust ning tänaseks on üle poole materjalist jõutud ära digiteerida. Nagu paberist käsikirjade puhul, võimaldab ka heli- ja videolintide digiteerimine andmekandjale salvestatud informatsiooni ajahamba puremise käest päästa. „Kui lint on digiteeritud, siis see muidugi ei tähenda, et see minema visatakse – originaalid hoiame alles,” viitab Tamm.

Eraldi videosalvestiste digiteerimiseks mõeldud toa seinal on suur teler. Parasjagu näitab see videolõiku, kus arhiivi vanemteadur Anu Korb on Siberi eestlaste juures folkloristitööd tegemas.

Digiteerimine ei lähe käiku üksnes kogu säilitamise huvides, vaid ka siis, kui keegi mingi salvestusega tutvuda tahab. Sel juhul tehakse konkreetsest materjalist digitaalne koopia, originaalset allikmaterjali kogudest välja ei anta. Seejuures tahetakse digiteerimise abil jõuda lõpuks selleni, et kõik salvestised oleksid ühtmoodi nii uurijatele kui ka lihtsalt huvilistele üle veebi kuulatavad ja vaadatavad.

Suur osa rahvaluulearhiivi käsikirjalistest

materjalidest ongi tänaseks kõige kergemini kättesaadavad elektroonilistest andmebaasidest, mis on loodud Eesti eri folkloristide poolt. Näiteks aadressil www.folklore.ee/regilaul asuvast regilaulude andmebaasist leiab Järvi Horisondi ilmumise ajaks naksti üles ühed sügisese meeleoluga ning näputöö saateks mõeldud toredad lauluread. Need tähendas 1893. aastal Mattias Johann Eiseni rahvaluule kogusse Vändra kihelkonna mail üles Mats Tõnisson.

Sõdige nüid sõrmekesed,
vadige nüid vardakesed,
suvi läheb, sügis jõuab,
tali tahab tallukida,
vilu villasta riieta,
külm ju küsib kindaida,
tahab talle nahkasida! ●

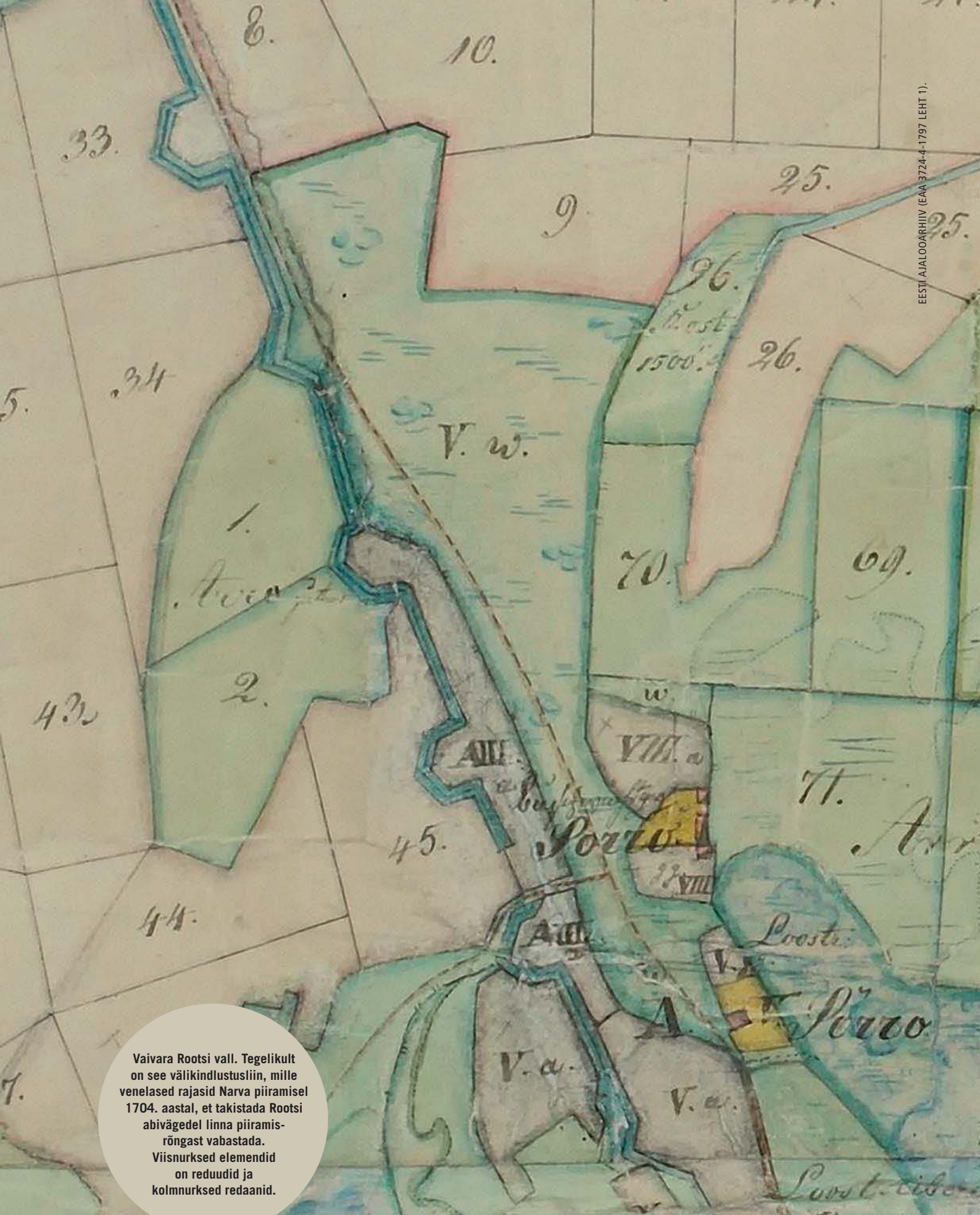


Abimees helisalvestiste digiteerimisel – lintmakk Studer.



TEADLANE KABINETIS

TEADLANE KABINETIS on rubriik, kus toimetaja ja ajakirjanik Ulvar Käär tutvustab ruume, millega meie teadlased on oma töö tõttu tihedalt seotud.



Vaivara Rootsi vall. Tegelikult on see välikindlustusliin, mille venelased rajasid Narva piiramisel 1704. aastal, et takistada Rootsi abivägedel linna piiramisrõngast vabastada. Viisnurksed elemendid on reduudid ja kolmnurksed redaunid.

RAGNAR NURK, ROBERT TREUFELDT

UUSAEG TÕI BASTIONID

15. sajandi lõpus ja 16. sajandi alguses, aktiivsel piiramissõdade ajajärgul, kujunes suurtükkidele kohandatud uut tüüpi kaitseehitiste süsteem, mille põhielement oli bastion. Selleni jõudmine oli oluline etapp juba varem alanud üleminekus vertikaalkaitselt horisontaalkaitsele. Püüti suurendada kaitse sügavust ja katta kogu front flankeeriva (külgtulega) naaberkindlustustelt, nii et ei jääks ühtegi n-ö surnud ala, kus piirajad saaksid takistamatult tegutseda.

Eesti linnadest ümbritseti bastionaalvööndiga Tallinn, Tartu, Narva ja (Uus-)Pärnu. Eraldi fordid ehitati välja Kuresaares, Paides ja Paldiskis. Viimane koos kaksiklinnaga Väike-Pakri saarel kavandati väga võimsa ja suurejoonelisena, kuid teostus sellest väga vähe. Väiksemaid, algelisemaid, ajutisemaid või fragmentaarsemaid kindlustusi leidis mujalgi. Aga kui palju me nende uusaegsete (16.–18. sajandi) kaitsekomplekside olemusest siin Eestis tegelikult teame? Milline oli nende üldine kaitsepõhimõte?

Bastionaalsüsteem: teke, areng, tähtsus

Üleminek keskaegselt kaitsestüsteemilt uusaegsele kulges järk-järgult, kuid lõppkokkuvõttes oli muutus märkimisväärne. Keskaegsed müürid ja tornid polnud ette nähtud suurtükitulele vastu pidama. Samuti polnud seal piisavalt ruumi kaitsjate suurtükkide jaoks. Keskaegsed eeskaitseehitised olid liiga tagasihoidlikud, et olulisel määral

varjata kõrgeid põhikaitsemüüre ja torne, millest sai nüüd hea sihtmärk.

Kaitsjate esmane reaktsioon oli olemasolevate müüride ja tornide seinte paksendamine. 15. sajandi lõpuks, 16. sajandi alguseks jõuti eriti paksude seintega, suure läbimõõduga ja suhteliselt madalate ümartornide ehitamiseni (tüüpiline näide on Paks Margareeta Tallinnas). Nendes tornides oli piisavalt ruumi paljudele suurtükkidele, mis võisid paikneda mitmel tasandil ning üheaegselt tulistada. Katsetati ka erinevate polügonaalsete suurtükitornidega, mis meenutasid kujult juba bastione. Sageli oli sellistes suurtükitornides säilinud veel vertikaalkaitse abinõusid, nagu näiteks mašikulii (pr *mâchicoulis*) ehk eenduv, allapoole suunatud võitlusavadega rinnatis.

Suurtükkide kasvav tulejõud viis pinnasest kuhjatud kindlustuste tekkeni, mille kohta eesti keeles on tavaliselt kasutatud nimetust muld- ehk vallkindlustused. Nüüd pidi piirajate suurtükikuulid vastu võtma piisavalt tuge vall. Tavaliselt kaevati korraga uus

vallikraav ja kuhjati sealt saadud pinnasest kraavi sisekaldale vall (nagu seda oli põhimõtteliselt tehtud juba muinasaegsete linnuste ehitamisel). Alguses oli nende vallide põhiplaani vähe liigendatud. Ainult valli käänukohtadele ja väravate ette ehitati suu-remaid eenduvald muldkindlustusi, mis olid tornide eeskujul reeglina veel ümara kujuga.

Selliste ehitiste – nii suurtükitornide kui ka varaste muldkindlustuste – kujunemislugu ja liigitus on tänapäevani ebamäärane. Tüüpiliselt ümara kuju tõttu kasutatakse nende kohta üldnimetust rondeel (pr *rondelle* < *rond* – ümmargune, ring), mis iganes materjalist need siis ehitatud olid. Harva tarvitatakse ka nimetust bastei (it *bastia*), mis eriti lõunasaksa keelealal on tänini kohati bastioni sünonüüm. Ajalooallikates esineb bastioni või selle eelkäijate tähenduses ka pulvärk (sks *Bollwerk*; pr *boulevard*), mille all võidakse aga silmas pidada mitte ainult kaitseehitisi, vaid ka näiteks teatud sadamarajatisi. ➔ lk 43

TALLINNA SKOONE BASTION

Tallinna Skoone bastion on suurimaid Eestis kunagi rajatud üksik-kaitseehitisi, seda pindalalt (umbes 3,5 hektarit), aga eriti kubatuurilt: keskosa tõuseb vallikraavi põhjast ligi 20 meetrit kõrgemale.

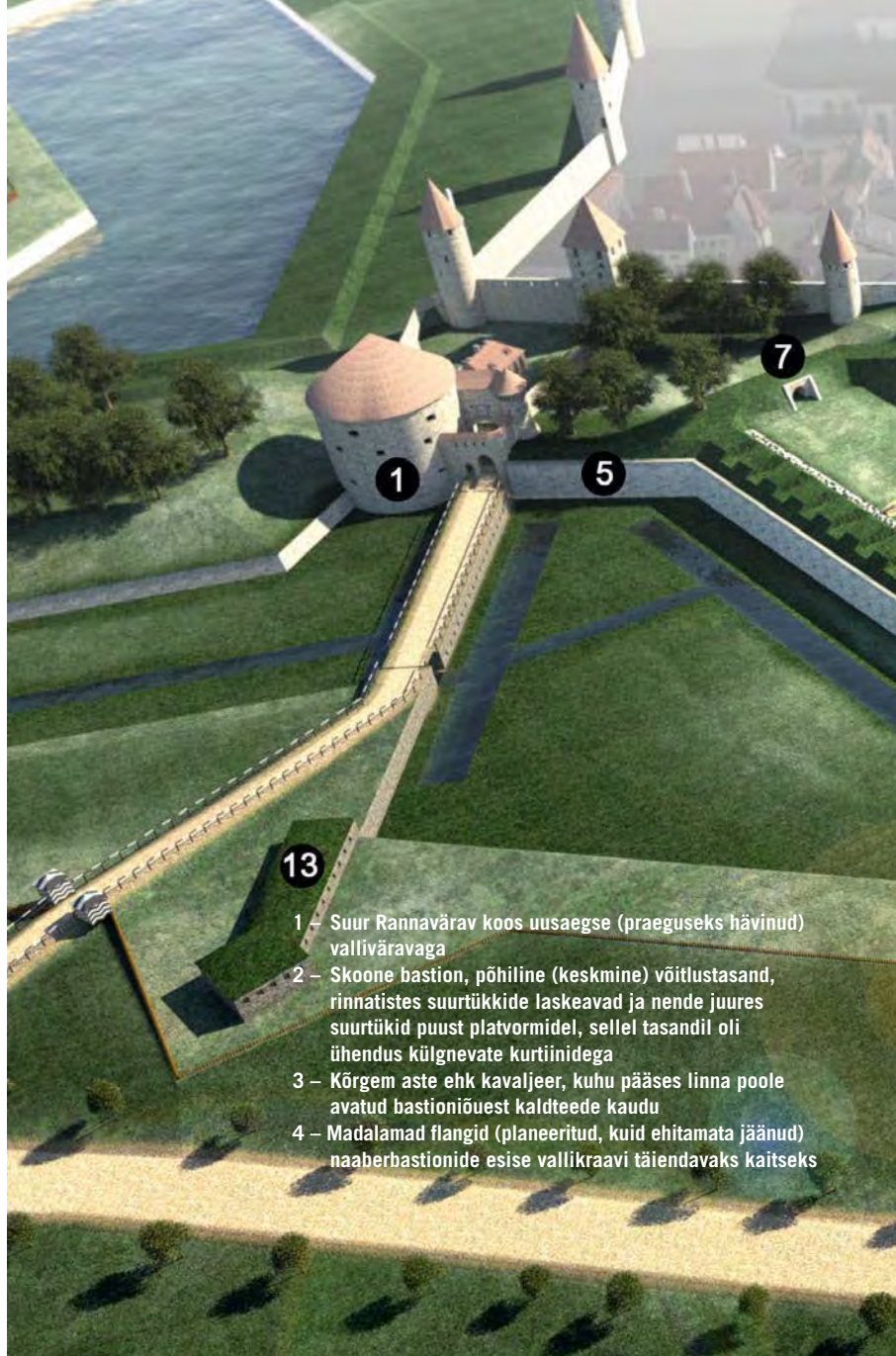
17.–18. sajandi kontekstis on Skoonega võimsuselt võrreldavad üksnes mõned Narva bastionid, millega on Skoone bastionil ka ehituslik sarnasus, kuna kavandaja oli sama mees – Erik Dahlbergh. Bastioni välisperimeetri pikkus oli umbes 450 meetrit. Eskarpmüüris kulgesid käigud, mis on suures osas tänaseni säilinud.

Tallinna linn ehitas Skoone bastioni raskuste kiuste umbes 20 aastat (põhiliselt 1685 – umbes 1706). Ehitustööd tähendasid osa Kalamaja eeslinna likvideerimist. Kokku oli ette nähtud 11 sarnast bastioni, millest ehitada jõuti veel vaid Roots ja Ingeri bastion Toompea lõunaküljel.

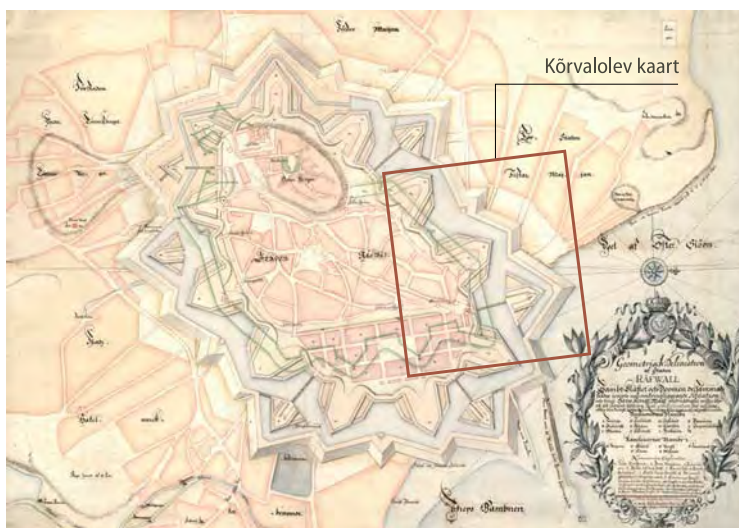
Illustratsioonil kujutatakse bastioni enam-vähem sellisel kujul, nagu see võis välja näha 18. sajandi keskpaiku või teisel poolel (kahtlemata on see veidi idealiseeritud pilt). Selleks ajaks oli Skoone läinud venelaste kätte, kes seda enam põhimõtteliselt ei muutnud, kuid tegid suuri parandusi, eriti sõdade ajal Rootsiga. Alles venelased ehitasid lõplikult välja ka vallikraavi ja eeskindlustused. Skoone koos külgnevate kaitseehitistega oli viimane Tallinna muld-kindlustusvööndi osa, millest Vene sõjaväevõimud aastail 1867–1868 loobusid, avades tee selle ala taas tsiviilkasutusse jõudmisele. Pärnad bastioni kõrgeimale astmele istutati siiski juba 18. sajandi alguses, mõned neist on veel alles.

Muuseum, bastione on tavaks kirjeldada, erinevalt pildil kujutatust, kindluses viibija seisukohalt.

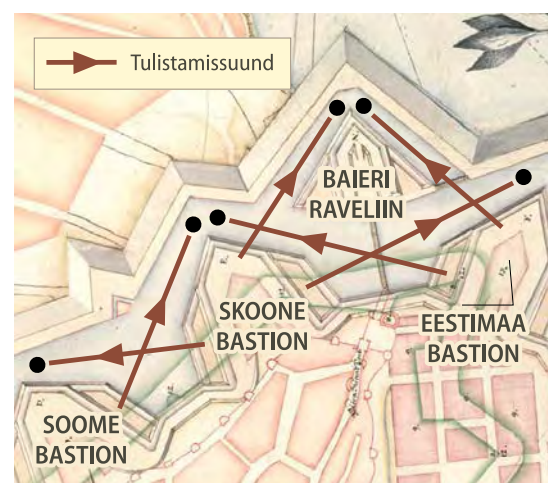
Skoone on peaaegu täiuslikult sümmeetrilise ehitusega. Kindluse piirajatele nii head ülevaadet muidugi ei avanenud – ideaaljuhul ei tohtinud neile näha olla ühtegi (suurtükitulega suhteliselt kergesti purustatavat) müüri. Nii jätkis kogu see sõjaväeinseneride plaanidel sageli nii efektselt kujutatud bastionaalsüsteem eemalt maapinnalt vaadates mulje tohututest pinnasekuhjatistest. Oma eesmärgi – piiramist võimalikult pikaks venitada ja sellega vaenlase jõude siduda (loodetavasti kuni abijõudude saabumiseni) – täitsid bastionaalkindlustused aga enamasti edukalt. ●



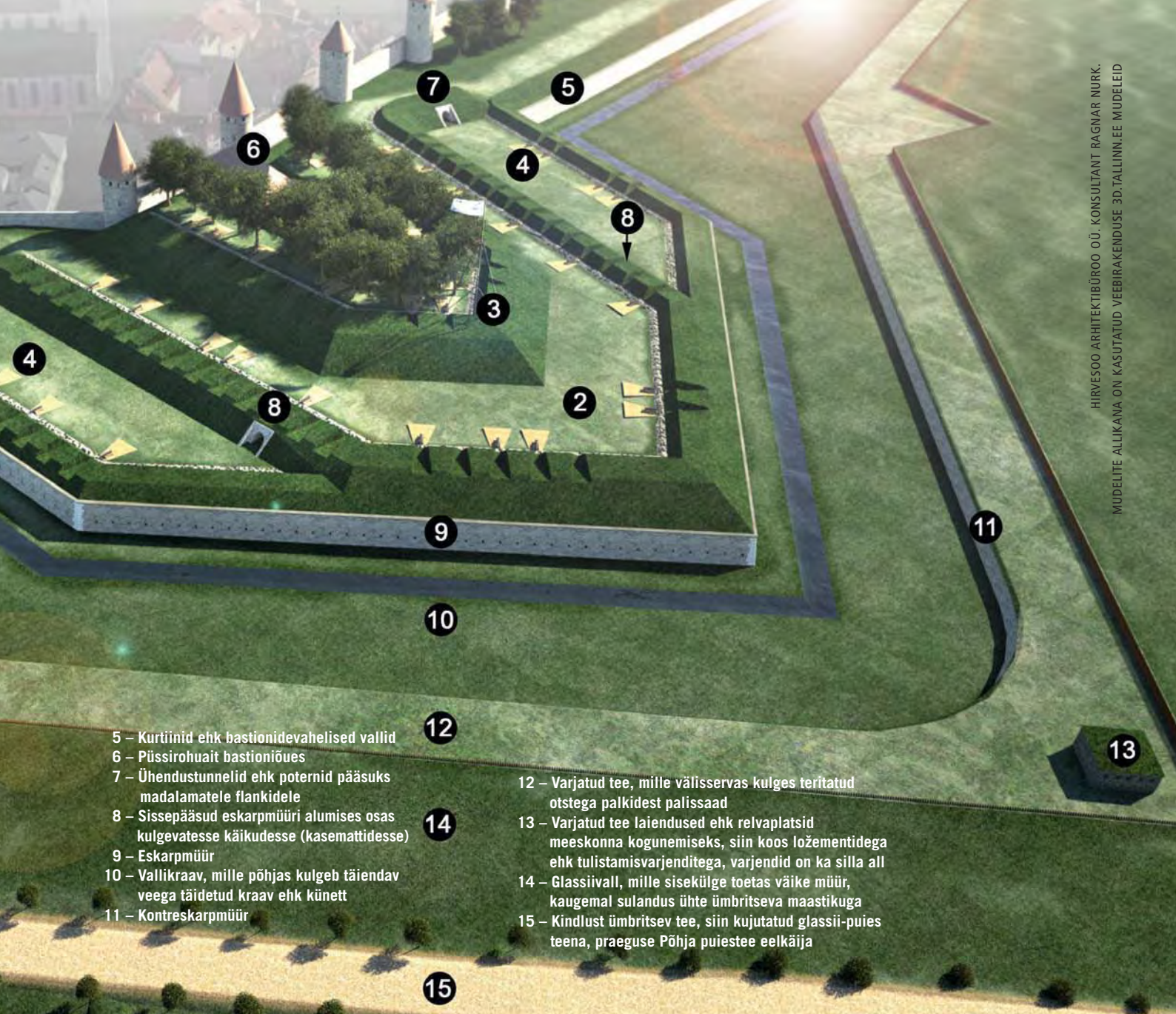
- 1 – Suur Rannavärv koos uusaegse (praeguseks hävinud) vallivärvaga
- 2 – Skoone bastion, põhiline (keskmine) võitlustasand, rinnatistes suurtükide laskeavad ja nende juures suurtükid puust platvormidel, sellel tasandil oli ühendus külgnevate kurtiinidega
- 3 – Kõrgem aste ehk kavaljeer, kuhu pääses linna poole avatud bastioniülest kaldteede kaudu
- 4 – Madalamad flangid (planeeritud, kuid ehitamata jäänud) naaberbastionide esise vallikraavi täiendavaks kaitseks



Erik Dahlberghi Tallinna bastionaalvööndi projekt 1686. aastast.

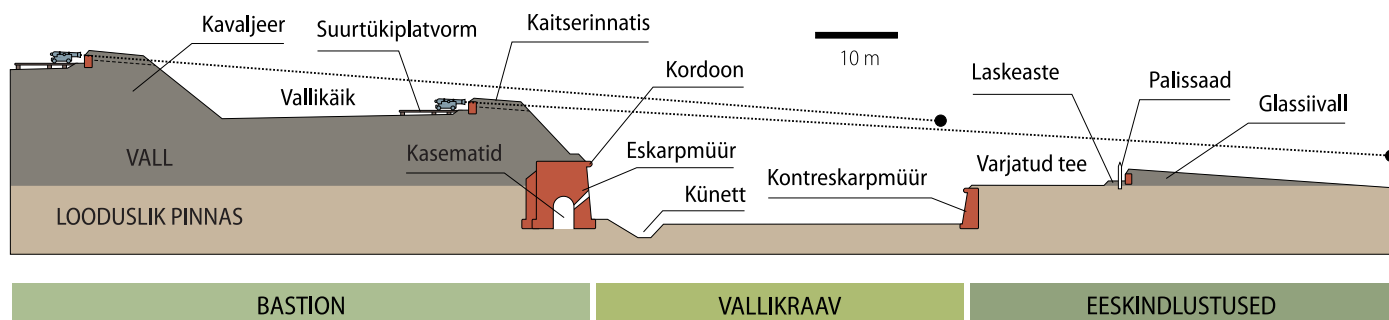


Bastionaalvööndi tööpõhimõte – flankeeriv tuli – Skoone bastioni ja kavandatud naaberkindlustuste näitel.



- 5 – Kurtiinid ehk bastionidevahelised vallid
- 6 – Püssirohuait bastioniüues
- 7 – Ühendustunnelid ehk poternid pääsuks madalamatele flankidele
- 8 – Sisepääsud eskarpmüüri alumises osas kulgevatesse käikudesse (kasemattidesse)
- 9 – Eskarpmüür
- 10 – Vallikraav, mille põhjas kulgeb täiendav veega täidetud kraav ehk künett
- 11 – Kontreskarpmüür

- 12 – Varjatud tee, mille välisservas kulges teritatud otstega palkidest palissaad
- 13 – Varjatud tee laiendused ehk relvaplatssid meeskonna kogunemiseks, siin koos ložementidega ehk tulistamisvarjenditega, varjendid on ka silla all
- 14 – Glassiivall, mille sisekülge toetas väike müür, kaugemal sulandus ühte ümbritseva maastikuga
- 15 – Kindlust ümbritsev tee, siin kujutatud glassii-puies teena, praeguse Põhja puistee eelkäija



Bastionaalvööndi läbilõige Skoone bastioni tipu lähedusest.

Enamik bastione ja raveliine olid Dahlberghi projektis nimetatud Rootsi tollaste valduste järgi. Skoone maakond oli Taanilt vallutatud alles 17. sajandi keskel. Baieri raveliin pidi viitama aga Rootsi valitajasuguvõsa dünastilistele sidemetele Baieri kuurvürstidega. Skoone ja Toompea vahele pidi tulema Soome bastion ja praeguse Vanasadama poole Eestimaa (tollal Põhja-Eesti tähenduses) bastion.

Tähtsamad bastionaalsüsteemid

Bastionaalkindlustuste uurimise traditsioonilisema suuna esindajad on bastionide kuju ja stiilitunnuste põhjal eristanud mitmeid kindlustussüsteeme. Need süsteemid on aga tinglikud – tegelikkuses võisid erinevate süsteemide elemendid esineda ka koos samas kaitseehitiste kompleksis.

ITAALIA Itaalia on bastioni sünnimaa. Sealsed varased bastionid olid sageli ehitatud kivist, neis oli ka kasematte.

1. VANAITAALIA (U 15. SAJANDI LÖPP – 16. SAJANDI ESIMENE POOL)

Vanaitaalia süsteemis olid bastionid väikesed ja paiknesid üksteisest suhteliselt kaugel. Kurtiinivallid olid pikad, nii et bastionidel oli rünnaku korral raskusi üksteise abistamisega. Enamasti eeskindlustused veel puudusid.

2. UUSITAALIA (16. SAJANDI TEINE POOL – 17. SAJANDI ALGUS)

Uusitaalia stiili iseloomustavad suured võimsad teineteise laskeulatuses paiknevad oriljoonidega vasarapea-taolised bastionid. Bastionaalvööndi lahutamatuks osaks sai raveliin ning vallikraavi väliskaldal kulgev varjatud tee.

HOLLANDI Hollandi süsteemi kindlustuse peamised tunnused on muldvallid ja veega täidetud kraavid, mis sobisid lagedale madalale kõrge veetasemega maastikule ning olid suhteliselt kiiresti ja odavalt ehitatavad.

3. VANAHOLLANDI (16. SAJANDI LÖPP – 17. SAJANDI ESIMENE POOL)

Vanahollandi bastionidele olid iseloomulikud pikaks venitatud teravatipuline kuju ja kurtiinivalliga täisnurga all lõikuvad flangid. Itaallastest ulatuslikumalt kasutati eeskindlustusi.

17. SAJANDI LÖPU JA 18. SAJANDI ALGUSE SUURED FORTIFIKATSIOONIINSENERID



Menno van Coehoorn



Sébastien Le Prestre



Erik Dahlbergh

4. MENNO VAN COEHOORNI EHK UUSHOLLANDI SÜSTEEM

Coehoorni (1641–1704) bastion koosnes eraldi kaitstavast välimisest ja sise-misest osast, oriljoonidega varjatud taandflangid olid tavaliselt kaarja kujuga ja avarad. Kõigile tema süsteemidele olid omased ulatuslikud eeskindlustused. Tuntuim koht, mille Coehoorn on kindlustanud, on Bergen-op-Zoom (1688).

5. SÉBASTIEN LE PRESTRE, VAUBANI MARKII KOLM SÜSTEEMI

Louis XIV teenistuses olnud Vaubani markii (1633–1707) mõju oli ühtviisi suur nii kindluste ehitamise kui ka nende piiramise kunstis. Pika karjääri jooksul jõudis ta osaleda umbes 160 kindluse projekteerimisel ja juhatada 40 piiramist, mis kõik olid edukad. Kuigi talle omistatakse kolme kindlustus-süsteemi, ei defineerinud ta neid ise, vaid need tuletasid hiljem tema õpilased ja järgijad markii ehitatud kindlustuste põhjal.

I süsteem ei erine eriti palju teiste tema eelkäijate ja kaasaegsete ehitatutest – iseloomulikud olid avarad bastionid, ta kasutas tenaile ja raveliine.

II süsteem sisaldas muudatusi, mis olid ajendatud kindluste piiramisel saadud praktilistest kogemustest. Nähes, et bastioni vallutamine toob alati kaasa kas terve kindluse või mõne olulise kindluse osa langemise, rajas ta valli nurkadesse polügonaalised suurtükitorid, bastionid aga eraldas põhivallist vallikraaviga.

III süsteemi, mis on veelgi „sügavama“ kaitsega, kasutas ta üksnes korra Neuf-Brisachis (saksapäraselt Neu-Breisach), mis valmis 1706. aastal.

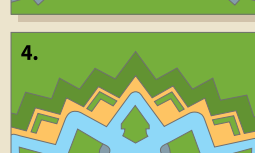
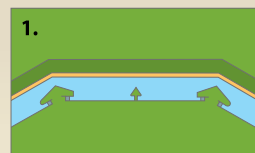
6. ERIK DAHLBERGHI (KA DAHLBERG) SÜSTEEM

Dahlbergh (1625–1703) osales oma võimsuse tipul olevas Rootsi suurriigis üle 50 kindluse kaasajastamisel ja õpetas välja terve uue põlvkonna fortifikatsiooniinseneri. Karl XI välispoliitika oli suuresti kaitsele orienteeritud ning kindlustustel oli tema militaarprogrammis seetõttu suur tähtsus. Dahlberghile on iseloomulikud avaralt proportsioneeritud, mitmeastmelised, pikkade flangidega bastionid, murtud otstega kurtiinivallid ja avarad relvaplatsid varjatud teel. On väidetud, et võte, millega ta kõige rohkem mõjutas Euroopa kindlusarhitektuuri edasist arengut, oli võimsate kivist suurtükitoride „rehabiliiteerimine“ ja nende ulatuslik kombineerimine muldkindlustustega. Joonisel on tema „süsteemi“ kujutatud järgmiste projektide alusel: Lands-krona 1680 (parempoolne osa), Narva 1685 (keskel) ja Göteborg 1690 (vasakul).

Bastionaalkindlustuste muutumise funktsionaalseid põhjusi on uuritud vähem kui nende stiilitunnuseid. Ühte lineaarset arenguliini vaevalt on võimalik välja tuua – pigem otsiti paremaid kaitselahendusi mitmes kohas ja mitmes suunas korraga, seda mõjutasid relvastuse areng ja piiramismeetodite täiustamine, samuti looduslikud tingimused, ehitustraditsioonid, silmapaistvate inseneride ideed, majanduslike võimaluste piiratus jne.

Allikas ja skeemid: Ragnar Nurk C. Weberi (International Fortress Council) järgi, viimane skeem Ragnar Nurk Rootsi Sõjaarhiivi materjalide järgi.

PNS Infograafika / Kaarel Damian Tamre



Bastioni sünni juures olid mitmed tuntud Itaalia renessanss-isiksused, kellest eriti väärivad esiletõomist Francesco di Giorgio Martini, Sangallode arhitektiperekond, Michele Sanmichele ja Giulio Savorgnano. Bastion polnud seega üksikisiku leiutus, vaid kollektiivne lahendus sõjanduses tekkinud olukorrale, olles oma põhimõtteliselt ideaalse geomeetriaga vastavuses tolle ajastu vaimuga. Üldiselt võiks öelda, et bastion kujunes välja ja leidis vähemalt Itaalias laialdast tunnustust umbes 16. sajandi esimese veerandi lõpuks. Ida- ja Põhja-Euroopas leidis üksikuid varaseid bastione – näiteks mingite otsekontaktide tõttu Itaalia- ja –, kuid näib, et laias laastus pääsesid need siin võidule hiljem. Esi- mesed bastionid ei moodustanud veel terviklikku süsteemi, vaid see kujunes välja aja jooksul, üldjoontes 16. sajandi lõpuks – 17. sajandi alguseks. Edaspidi keskendumegi juba bastionaalsüsteemi ja selle toimimise loogikale, jättes kõrvale kõikvõimalikud varased ja erijuhud.

Bastionaalkindlustuse uurimise traditsioonilisema suuna esindajad on bastionide kuju ja stiilitunnuste põhjal eristanud mitmeid kindlustussüsteeme ehk maneere (pr *système/manière de fortification*), mis on seotud teatud arenguetappides rohkem tooni andnud rahvuslike koolkondade või isikutega. Praegu sellist bastionide „stiil- ajalugu” enam nii oluliseks ei peeta, vaid rõhutatakse, et üleminekud olid ühtlasemad ja palju sõltus kohalikest oludest. Hoolimata sellest, et fortifikatsiooni alal avaldati renessansi perioodil ja hiljem sadu traktaate, avanes arhitektil haruharva võimalus ideaalseid lahendusi teoks teha. Peamiselt puudus selleks raha, seetõttu tuli kohandada olemasolevate kaitseehitiste ja maastikuga. Militaararhitekti andekuse mõõdupuu oli oskus läheneda ülesandele loovalt.

Kõrgaeg ja loobumine

Bastionaalsüsteemi kõrgaeg kõikjal Euroopas ja kolooniate kaudu ka maailmas oli 17. sajandi teine pool ja 18. sajandi esimene pool. Kuna sedalaadi kindlustuste ehitamine, korrashoidmine ning suurtükkide ja garnisoniga varustamine oli äärmiselt kallis, siis sai neist asjadest reeglina uusaegse tsentraliseeritud riigi ülesanne. Tihti kinnitas ehitusprojektid absoluutne monarh isiklikult. Nii bastionidele kui ka muudele juurdekuuluvatele kaitse-

Militaararhitekti andekuse mõõdupuu oli oskus läheneda ülesandele loovalt.

ehitistele võidi anda nimed, mis kokku moodustasid mingi mõtestatud ja mõnikord ka teatud sõnumiga süsteemi. Näiteks Tallinna bastionid olid nimetatud valdavalt Rootsi riigi osade, Tartus Rootsi valitsejate, Narvas voo- ruste, (Uus-)Pärnus taevakehade ja Kuressaares lindude järgi.

Edaspidi, alates 18. sajandi lõpust – 19. sajandi algusest, nii relvastuse arengu kui ka piiramismeetodite täiustamise tõttu bastionaalsüsteemist järkjärgult loobuti. Tõusid esile uued süsteemid, kus kaitse põhirõhk oli näiteks siksakiliselt liigendatud rindel või võimsate suurtükitornidega ettenihutatud fortidel, mis võimaldasid veelgi sügavamalt ja aktiivsemalt kaitset.

Ideaaliid ja tegelikkus

Kaitse- ehk kindlusehitisi (pr *fortification* < ld *fortificatio* – kindlustamine) nimetatakse eesti keeles lühemalt ka kindlustusteks või kindlustisteks (siinses tekstis läbivalt esimene variant). Koos töötav kindlustuste kompleks on uusaja kontekstis kindlus (pr *forteresse*, sks *Festung*, ingl *fortress*), kuid selle mõiste kasutamisel on lisaks ehituslikule küljele oluline, et tegu oli eraldi- seisva sõjalis-administratiivse üksusega. Selles teises mõttes kindluse oluline tunnus oli alalise garnisoni olemasolu. Kindluse kui ehitise planeeringut iseloomustab kõige paremini skemaatiline põhiplaan (pr *tracé*). Mõnikord nimetatakse bastionaalsüsteemi kui seesugust – eriti algusaegade kontekstis – päritolumaa järgi *tracé italienne* (Itaalias endas *fortificazione alla moderna* ehk moodne fortifikatsioon).

Ideaalse kindluse põhiplaan igas suunas väljapoole turritavate bastionide, raveliinide ja teiste eeskindlus-

Kindluse oluline tunnus on alalise garnisoni olemasolu.

tustega meenutas taevatähte ja mõjutas kaasaegseid linnaplaneerimise ideid – siit ka keskselt väljakult kiirtena igas suunas hargnevate tänavatega radiaalne linnaplaan. Ideaalilähedast pilti esines siiski haruharva, peamiselt üksikutes uutes linnades, millest üks paremini säilinud on Palmanova Itaalias Veneetsia lähedal. Suuremas kindluses võis olla veel igast küljest kaitstav ja viimase pelgupaigana toimiv tsitadell (it *citadella* – väike linn), kus tsiviilelanikud puudusid. Sageli kujutas tsitadell endast türannia sümbolit ja pälvis kõrvalasuva linna elanike sügava pahameele. Uusaegse tsitadelli arhetüübiks said need kaks, peaaegu identset, reeglipärase põhiplaaniga, viie bastioniga tsitadelli, mille ehtas Francesco Paciotto esmalt Torinosse ja seejärel hispaanlastele Antwerpenisse (Eestist on nende järelkaja Paldiski kindlus).

Strateegiliselt olulisi kohti kindlustati fortidega (pr *fort* – kindel, tugev) või neist väiksemate reduutidega (pr *redout* < it *ridotto* < ld *reductus* – tagasi- tõmbunud). Fordi üks sagedasemaid kujusid oli nelja nurgabastioniga ruut (Eestist Kuressaare).

Kindlus:

elu vallidega ümbritsetud alal

Tänapäeval püütakse kaitseehitiste puhul lisaks nende arhitektuurile ja planeeringule välja tuua ka ühiskondlikke aspekte. Kirjalikud allikad (arve- raamatud, inventarid) ja arheoloogiline uurimistöö võimaldavad saada aimu sellest, mis elu elati ühes kindluses ning kuidas militaar- ja tsiviil- ühiskond olid teineteisega läbi põimunud. Põhjalikult on sellega tegeldud USA-s ja teistes tänapäeval valdavalt Euroopa päritolu rahvastikuga endistes kolooniates, kus kunagiste fortide näol on tegu ühtede varasemate käega- katsutavate euroopaliku kultuuri näidetega nendes maades.

Elu kindluses või selle läheduses seadis omad piirangud kohalike elanike tegutsemisvabadusele ja võis kaasa tuua konflikte, oli siis tegu kindluslinna, tsitadelli või fordiga, kuid samas pakkus see kindlasti ka teatud teenimisvõimalusi ja variante kultuuriliseks läbikäimiseks. Konkreetset kindluse kaitsevallidele tsiviilelanikel vähemalt teoorias ei oleks tohtinud mingit ligipääsu olla. Sisepääsu kindlusesse kontrollisid väravate juures paiknevad vahipostid. Sageli olid sinna ehitatud küllaltki esinduslikud

vahtkonnahooned, mille tüüpiline element oli arkaad (küllaltki hästi nähtav näiteks Tallinnas Vana-Viru tn 8 asuval vahimajal).

Bastion ja muud põhivalli osad: fass, flank, õlg, kurk ja teised

Bastion (sõna algupära on arvatavasti itaalia ja prantsuse keelest ning seotud mõistetega „kindlustama“, „ehitama“) on kindluse põhivallist enduv kaitseehitis, mille keskosa on väljapoole murtuna suunatud vaenlase poole. Ideaaljuhul on bastion, nagu ka paljud teised uusaegsed kaitselemendid, sümmeetrilise ülesehitusega. Neid on tavaks kirjeldada alati kindluses viibija seisukohalt (vasakpoolne/parempoolne, seesmine/välimine).

Bastioni esiküljel kannab nimetust fass (ka *faass*, pr *face* – nägu, pale, esikülge) ja sellelt oli võimalik tule all hoida kindluse ümbrust, et segada piirajate lähenemist. Nii nagu bastionil on kaks esikülge, on sel ka kaks kõrvalkylge, mille nimi on flank (pr *flanc* – külge, tiib). Flangi põhiülesanne oli kaitsta piiramise hilisemas etapis flankeeriva suurtüki- ja ka musketitulega bastionidevahelise valli ehk kurtiini ja naaberbastioni esist ala.

Väljaehitatud bastionaalsüsteemis ei tohtinud tänu bastioni iseloomulikule kujule jääda selle ette n-ö surunud ala. Bastion kui eeskätt suurtükiplatvorm polnud ette nähtud selleks, et see suudaks iseennast kaitsta lähirünnaku korral (ka näiteks ründekraa-

vide kaevamise ja miinide paneku vastu), mistõttu selliste kohtade tekkimist tuli iga hinna eest vältida. Keskageste tornide puhul polnud see probleem juba nende väiksemate mõõtmete tõttu nii oluline. Seega, bastionid pidid paiknema üksteisele piisavalt lähedal, et flankeeriv suurtüki- ja püssituli oleks efektiivne. Bastionitippude vaheline kaugus ei ületanud tavaliselt 300 meetrit.

Bastionifassi ja -flangi liitekoht on bastioni õlg (pr *épaule*). Teatud juhtudel on õlg eriti võimas ja esileulatuv, et varjata flangil asuvaid suurtükipositsioone, kusjuures sageli on viimased asetatud rohkem kui ühele „korru-sele“, nii bastioni peale kui ka ruumidesse selle sees. Niisugune õlg, mis võib olla kas kandiline või ümar, on oriljoon (pr *orillon* – kõrvake) ja selle tagune flank on taandflank (pr *flanc retiré*). Tihti võis selles hästi kaitstud kohas asuda varjatud värav või muu väljapääs. Kõik bastioni küljed – nii fassid kui ka flangid – võivad olla ka sirged. Eestiski on teada nii oriljoonidega kui ka sirgete külgedega bastione. Narva varaseima bastionaalvööndi moodustasid põhiliselt oriljoonidega bastionid. Ainus Eestis äratuntavalt säilinud oriljoon on näha linna poolt linnusesse sisenedes paremat kätt paikneval Kristervalli bastionil. Ajalooliste plaanide järgi olid need näiteks ka Tallinnas Toompea lõunaküljel paiknenud vanimatel bastionidel.

Bastion võis olla välja ehitatud ka

ainult poolbastionina (pr *demi-bastion*), millisel juhul bastioni üks külge on sirge – ilma liigendusega fassiks ja flangiks. Ingeri bastion Tallinnas (praegune Harjumägi) oligi algul poolbastion, kuid ehitati hiljem täisbastioniks. 18. sajandi teisel poolel täiendasid Vene võimud Tallinna bastionaalvööndit kahe poolbastioniga, mis paiknesid praeguse Vabaduse väljaku ja Tammisaare pargi vahelisel alal. Neist ühe eskarpmüüri lõik leiti Tallinna Inglise Kolledži spordihoone ehitusel.

Bastioni sees võis olla mitmesuguseid ruume ja bastioni peal võis olla ka kõrgem astang ehk kavaljeer (it *cavaliere* – ratsanik, sakslastel hoopis *Katze* – kass). Eriti võimsate kavaljeeridega olid kõik kolm Tallinna 17. sajandi lõpu bastioni – Rootsi, Ingeri ja Skoone. Teisalt võis bastion olla ka seest tühi, nii et ainult piki välisperimeetrit kulgeb vall. Tekkis bastioniõu, kuhu oli võimalik ehitada mitmesuguseid kindlustuste teenindamiseks vajalikke hooned. Bastioni moodustava viisnurkse põhikujundi sisemist tahku nimetati kurguks ehk goržiks (pr *gorge* – kurk, kõri, kuru). Siit viisid kaldteed üles bastioni muldvallile. Õues võis paikneda püssirohuait. Näiteks (Uus-)Pärnu Jupiteri bastioni püssirohuait on ümber ehitatud arhiivi- ja võimlahooneks (Pühavaimu tn 19). Bastioni teatud osadele võis pääseda ka üksnes võlvitud (pommikindlate) käikude ehk poternide (pr *poterne*, *pos-terle* – salakäik, tagauks) kaudu. Hästi on need säilinud



ANDRES TOODE

Vaade Narva Kristervalli bastioni oriljoonile (paremal) ja selle varjus olevatele ambrasuuridele koos pääsuga kindlusest vallikraavi. Kuiva põhjaga vallikraavid võimaldasid kaitsemeeskonna edukat vaenlase eest varjatud ümberpaiknemist.



RAGNAR NURK

Tartu Rootsi-aegse nimega Gustav II Adolphi bastioni ühe poterni sissepääs. Portaali sellisel kujul võib pärineda hilisemast Vene võimu ajast. Vaade Karl Ernst von Baeri tänava poolt.

mitmel Tartu bastionil. Samuti võisid „salakäigud” viia vallikraavi. Selleks, et kraavis toimuv silma peal hoida, paiknes mõnikord bastioni tipus eskarpmüüri ülaserval osaliselt kraavi kohale ulatuv vahitorn, mis sageli oli kaunistatud. Eestist pole nende olemasolu kohta siiski kindlaid andmeid.

Bastionidevaheline vall on kurtiin (pr *courtine* – kardin, eesriie). Kurtiini-valli keskosas oli kõige loogilisem koht vallivärava jaoks. Vallivärv kujutas endast põhiolemuselt valli alt läbi kulgevat võlvtunnelit, kuid selle fassaadid, eriti välimine, olid sageli rikkalikult dekoreeritud, kandes valitseja sümboleid ning manifesteerides tema võimu. Ainus Eestis säilinud vallivärv on (osaliselt muudetud fassaadiga) Tallinna värv Pärnus (algelt Karl Gustavi värv). Väga esinduslikult olid välja ehitatud ka Tallinna Toomvärv ja Narva Kuningavärv, mida tunneme küll ainult ajalooliste jooniste põhjal. Sageli kaitses kurtiini ja võimalikku valliväravat nende ees vallikraavis paiknev eeskindlustus raveliin. Sel juhul kulges tee kindlusesse sisse ja välja üle raveliini, näiteks Tallinna Toompeale üle Wismari raveliini kahe puust silla kaudu.

Bastioni täielik väljaehitamine oli töomahukas ja kallis ning võis kesta aastaid või isegi aastakümneid. Seetõttu on kavandatud bastionide kohtadele algul püstitatud ka väiksemaid ehitisi. Enam liigendatud valliga, kujult väikest bastioni meenutav ehi-

tis kannab vahel juba tuttavat nime reduut. Eraldiseisva samakujulise eeskindlustuse kohta on rohkem kasutatud nimetust lünett (pr *lunette* – prillid või väike kuu). Vähem liigendatud – kolmnurkselt väljapoole pööratud kujuga – kindlustust nimetati redaaniks (pr *redan* – väljaulatuv). Viimane kuulub rohkem ajutise iseloomuga välikindlustuste hulka, tänaseni on redaanid hästi jälgitavad Vaivara Rootsi vallis. Redaanist teravama nurgaga eeskindlustus on flešš (pr *fleche* – nool). Bastionaalvööndi juurde võis kuuluda retransšment ehk välikindlustusliin (pr *retranchement* – *retrancher* kaevuma), mis oli harilikult saehambaid meenutava kujuga, et võimaldada efektiivsemat külgitud. Selliseid valle püstitati enamasti tagala kaitseks. Tallinnas oli üks niisugune vall bastioni-vööndist itta jääva sõjasadama ja laevatehaste ala kaitseks ning see lõppes viisnurkse reduudiga rannikulähedases meres (umbes praeguse Lootsi ja Uus-Sadama tänava vahelisel alal).

Läbilõige: vallikraav ja selle kaldad

Bastionaalvööndi olemuse paremaks mõistmiseks on oluline heita pilk läbilõikele alates põhivallist läbi vallikraavi, lõpetades kraavi väliskaldal paiknevate eeskaitseehitistega.

Tüüpilises kindluse põhivalli või suurema eeskindlustuse muldkeha profiilis eristusid mitmed nõlvad ja platvormid. Tagakülje moodustas pin-

nasest nõlv (võis olla ka müüriaga toetatud) koos kaldteedega üles vallile pääsemiseks. Valli ülemise osa vaenlasepoolsele küljele oli kujundatud kaitserinnatis (ka parapett, it *parapetto*, või brustver, sks *Brustwehr*, mis mõlemad tähendavad rinnakaitset), mille taga said kaitsjad enam-vähem julgelt tegutseda. Rinnatise sise- ja harvem ka väliskülge võisid toetada omaette väiksemad müürikesed.

Teatud vahemaa järel olid rinnatise laskepessad, kus suurtükid paiknesid puust alusplatvormidel. Kindluse suurtükkide jaoks võisid olla spetsiaalsed massiivsed väikeste ratastega lafetid. Kahurid olid sileraudsed ja eestlaetavad ning tulistasid reeglina ümmargusi raudkuule, mistõttu neid liigitati pigem kuulide kaalu kui suurtükiraua kaliibri järgi. Laskeulatuse ei ületanud ka parimal juhul kilomeetrit.

Suurtükipositsioonide vahelistes lõikudes oli rinnatise siseküljel üks või kaks laskeastet (pr *banquette* – pink, pingike), millelt said jalaväelased teha oma lasu ja seejärel taas rinnatise varju taanduda. Käsitulirelvadest oli 17.–18. sajandil põhiline musket, alguses läit, hiljem ränilukuga, laskeulatusega kuni 100 meetrit. Suurtüki ja jalaväepositsioonide taha tuli liikluseks jätta piisava laiusega vallikäik (sk *Wallgang*, pr *terreplein*).

Müürid, mille säilitamise üle Vabadussõja võidusamba ehitustööde ajal vaieldi, kuulusid kahele suurtükialusele. Aluse pealisehitus oli ilmselt puidust, väljaloetavad olid ka kaldteed suurtükkide ülesveeretamiseks. Ajalooliste plaanide uurimisel on selgunud, et seda tüüpi kapitaalset iseloomuga platvorme, millele mahtus kõrvuti seisma mitu suurtükki, ehitati Tallinnas Rootsi aja lõpul, tõenäoliselt eriti Põhjasõja puhkemise järel alates 1700. aastast. Hiljem on arvatavatele samast perioodist pärinevate suurtükialuste müüridele satunud ka Rootsi ja Skoone bastionil.

Vallikraav võis olla sõltuvalt looduslikest tingimustest kas veega täidetud või kuiv – mõlemal olid omad plussid ja miinused – ning esines ka vahepealseid variante. Näiteks võis kuiva vallikraavi põhjas kulgeda väiksem veega täidetud kraav, mida on nimetatud künetiks (pr *cunette* < it *cunetta* – kraav), vahel harva ka küvetiks (pr *cuvette* – kauss, anum). Sellist mitmeosalist kraavi oli vaenlasel kõige tülikam ületada – kuiva osa ületamine nõudis



RAGNAR NURK

Ingeri bastioni madalamalt flangilt Vabadussõja võidusamba ehitustööde käigus avastatud suurtükialuste müürid. Esiplaanil on ühe kaldtee alusmüürid. Bastion paikneb paremal ja praegune Vabaduse väljak, mille suunas flangilt oli võimalik tulistada, vasakul pool.



Bastione võidi kasutada ka romantilise maastikukujunduselemendina. Võltsbastionid Voka mõisas Ida-Virumaal. „Bastionid” on tegelikult mitme ruumiga keldrid, millele on antud bastioni kuju. Nende pealt avanes vaade mõisapargile. Legendi järgi olevat mõisa üks omanikke, Kingstoni hertsoginna Elisabeth Chudleigh soovinud kinkida Katariina II-le mahagonipuust korveti, ent laev läinud põhja ja sellelt päästetud suurtükid toodud Vokasse. See ei pruugi muidugi tõele vastata ja ka „bastionid” ei pea ilmtingimata pärinema tema ajast, kuid mingeid suurtükke on pildil igatahes kujutatud. WILHELM SIEGFRIED STAVENHAGENI JOONISTUS, 1859.

ühtesid abinõusid, vahepealse vee-kraavi ületamine teisi (sest kraav oli piisavalt suur ja sügav, et mitte üritada sellest minna läbi) ja veel ühe kuiva osa ületamine jälle uusi abinõusid. Eestis olid põhiliselt veega täidetud kraavid Pärnus ja Kuressaares. Suurem osa vallikraave Tallinnas (erinevalt säilinud Patkuli kraavist ehk Schnelli tiigist) olid kuivad. Näiteks Hirvepark on rajatud tervenisti endisesse vallikraavi. Tartus on vallikraav hästi jälgitav Vallikraavi ja Karl Ernst von Baeri tänava näol.

Vallikraavi sisekallas on eskarp (pr *escarpe* < *escarpé* – järsk) ja väliskallas kontreskarp (pr *contrescarpe* – vastas-eskarp). Kraavi kaldaid toetasid enamasti müürid, millest sisemine võis ulatuda ka maapinnast mõnevõrra kõrgemale, olles sel juhul ühtlasi ka bastioni või kurtiini muldkehendi tugimüür. Mõlemad müürid olid rajatud vallikraavi põhja tasandile, mis seletab ka nende säilimist hiljem, kui kaitseehitised likvideeriti ja kraavid täis aeti. Eskarp- ja kontreskarp müüridele on iseloomulik, et pinnase surve paremaks talumiseks on nende fassaadpinnad laotud kerge kaldega. Müüride ülaservas kulges lihtsa profiiliga karniis – kordon (pr *cordon* – pael, nöör). Eskarp- ja harvem kontr-eskarp müüride pinnase sisse jäävale

küljele võisid teatud vahemaa järel olla laotud neljakandilised müürist eenduvad toed ehk kontraforsid. Neid on praegu võimalik näha näiteks Tallinnas Vabaduse väljaku maa-aluses parklas, kus üks kunagine muldkindlustus – Harju värava esine topelttenail – on seest tühjaks kaevatud ja seega on vaadeldavaks saanud ka eskarpmüüri sisekülg. Müüriinurgad olid enamasti tehtud parematest tahutud kividest. Vesises piirkonnas tuli enne müüri või valli ehitamist rammi-dada vaiad kuni kandva pinnasekihini ja teha neile puust parv.

Eskarp- ja kontreskarp müüri tähendus polnud muidugi ainult tehnilist laadi – toetada vallikraavi kaldaid. Vaenlase jalaväel oli võimatu kindlusesse tungida, enne kui nende suurtüki- ja/või pioneerivägi oli tekitanud eskarpmüüri piisavalt suure avause (brešš – pr *brèche* < vn-kõrgsks *brecha* – murdma) ja sellest oli kraavi varisenud piisavalt palju materjali, mida mööda üritada üles ronida. Raveliini ja teiste eeskindlustuste olemasolul tuli esmalt need vallutada. Kontreskarp müür ei pidanud küll vastu võtma vaenlase suurtükiväe pommitamist, kuid pidi olema siiski piisavalt kõrge ja tugev, et sundida vaenlast kulutama teatud aega selle lõhkumiseks või ületa-miseks.

Bastioni täielik väljaehitamine oli töömahukas ja kallis ning võis kesta aastaid või isegi aastakümneid.

Ehitusviis olenes kohalikest traditsioonidest ja võimalustest. Kui kivi oli raskesti kättesaadav, ehitamisega oli kiire või taheti odavamalt läbi saada, siis võisid müürid ka puududa. Samas kestsid pinnasest nõlvad lühemat aega ja vajasid hiljem rohkem hooldust. Eesti kindlustest on kivi kasutatud kõige rohkem Tallinnas ja Narvas. Tegelikult on ka mõlema linna kuulsad bastionikäigud sisse võlvitud muldkindlustusi koos hoidvate eskarpmüüride alumisse ossa. Pommitamisele vastupidavana ehitatud ruum oli kasematt (pr *casemate* < it *casamatta* – maa-alune võlvruum; tõenäoliselt < kr *χάσμα* – lõhe, kuristik; ka suurtükiõõne suue). Mainimist väärivad Kuressaare eskarpmüürid oma kvaliteetse dolomiitvooderdisega. Pärnus ja Tartus (eriti selle Vene-aegses ehitusjärgus) seevastu on tegu pigem sõna otseses mõttes muld-kindlustustega, kus müürid katsid üksnes vallide kõige alumist osa (kui üldse). Huvitava erandina võiks välja

tuua Paldiskisse Peeter I korraldusel rajatud fordil (praegu tuntud kui Muula mäed), mille vallikraavid on süvendatud paekivisse, ilma et oleks vaja olnudki spetsiaalseid tugimüüre.

Vallikraavis paiknevad eeskindlustused

Tavaliselt kuulus bastionaalvööndi juurde hulk eeskindlustusi, suuremates kindlustes rohkem, väiksemates vähem. Üks peaaegu kohustuslik element oli raveliin (sks *Ravelin* < it *rivellino* < riva – kallas), mis oli üldjoontes kolmnurkse põhiplaaniga, teravikuna vaenlase poole suunatud kaitseehitis kahe bastioni vahel kurtiinivalli ees vallikraavis. Kurtiin oli nõrk koht, mida raveliin siis varjaski. Mäletavasti algas Tallinna muldkindlustuste olemasolu üks taasteadustamisi 2003. aastal just juhuslikult ehitustööde käigus välja tulnud Wismari raveliini käikude taasavastamisega. Kuressaare on hästi säilinud kõik kolm raveliini (üks kavandati ka merepoolsele küljele, kuid seda ei ehitatud kunagi). Kui raveliinitaoline kindlus paiknes mitte kahe bastioni vahel, vaid bastioni ees, oli see poolkuu (pr *demi-lune*), tuletatuna asjaolust, et selle sisekülg bastioni tipu ümber moodustas kumeruse. Kui tegu oli vaid kitsa (bastioni vms kindlustuse esikülgede kuju järgiva) eesvalliga, siis oli see kontragard (ka kontrgard, pr *contrescarpe* < *contre-* ehk vastas- ja *garde* – valve, valvur). Eestist pole teada ühtegi poolkuud ega ole tuua ka väga head näidet kontragardist.

Tenaal ehk tangid (pr *tenaille(s)* – piid, tangid; sks (*Graben*)*schere* – (kraavi) käärid) on madal vall, mis paiknes kahe bastioni vahel vahetult kurtiinivalli ja flankide ees vallikraavis, olles erinevalt bastionist või raveliinist keskosaga pööratud sissepoole, nii et ründaja võis ennast tõesti tunda kui pihtide vahele võetuna. Tenaal kaitses kurtiinivalli alumist osa ja oli mõeldud eeskätt jalaväepositsioonina, kui vaenlase sõdurid olid tunginud juba vallikraavi. Kõige tähelepanuväärsem tenailide kasutamise näide pärineb Tallinnast. 18. sajandi teisel poolel lisasid Vene sõjaväeinsenerid Tallinna bastionaalvööndisse neli sakilise kujuga topelttenaali, millest ühe eskarpmüürist suurem osa kaevati mõned aastad tagasi välja Vabaduse väljakul. Ülejäänud kolm paiknesid keskaegse linnamüüri ja Mere puiestee vahelisel alal. Tagantjärele on selgunud, et 1957.

aastal, kui kaevati vundamendiauku Kalevi siseujula jaoks, satuti ka seal ühe topelttenaali müüridele. Ühte tenaali sarnanevat lihtsat ja madalat pinnasest eesvalli (pr *fausse braye*) on võimalik näha Pärnu Vallikäärus Veenuse ja Kuu bastioni vahel.

Vallikraavis võis paikneda ka ehitisi tulistamiseks piki kraavi ehk kaponiire (sõna täpne algupära ebaselge, ka koffer, omastav kofri, pr *coffre* – kohver, kast). Kaponiiride nägemiseks tuleks külastada üle lahe Helsingi lähistel

saartel paiknevat Suomenlinna (algelt sm Viapori; rts Sveaborg) merekindlust. Kui kaponiir ulatus läbi vallikraavi eeskindlustuseni, siis oli see kaelkaponiir (sks *Halskaponier*), mis toimis ka turvalise ühendusteena.

Vallikraavi väliskaldal paiknevad eeskindlustused

Liikudes oma ülevaatega kraavist välja poole, näeme seal enamasti teed, mis kulgeb vahetult kraavi kaldapealsel, ja seda vaenlase eest varjavat madalat

MUINSUSKAITSEAMETI ARHIIV (N-13712/1)



Väravad olid uusaegsete kindluste ühed arhitektuuriselt silmapaistvamad ehitised. Sageli lähtus nende peafassaadi kujundus antiikeeskujudest. 17. sajandi lõpust pärinev Tallinna värav Pärnus enne 1893 toimunud historitsistlikku restaureerimist. Läbi lahtiste uste paistab vahtkonnahoone. F. L. Steylitzi foto, 1862–1864.

Eesti uusaegsed muldkindlustused

Pärast Liivi sõda (1558–1583) jäi Eestisse neli põhilist kindluslinna: Tallinn, Narva, Tartu ja Pärnu. Tugevateks omaette fortideks muudeti Kuressaare ja Paide linnus, millele hiljem lisandus Peeter I rajatud Paldiski. Lisaks leidub muldkindlustuste elemente paljudes teisteski kohtades.

Allolevatel põhiplaanidel on kindlusi kujutatud nende suurimas väljaehitatud ulatuses (enamasti 18. saj lõpu – 19. saj alguse seisuga).

TALLINN

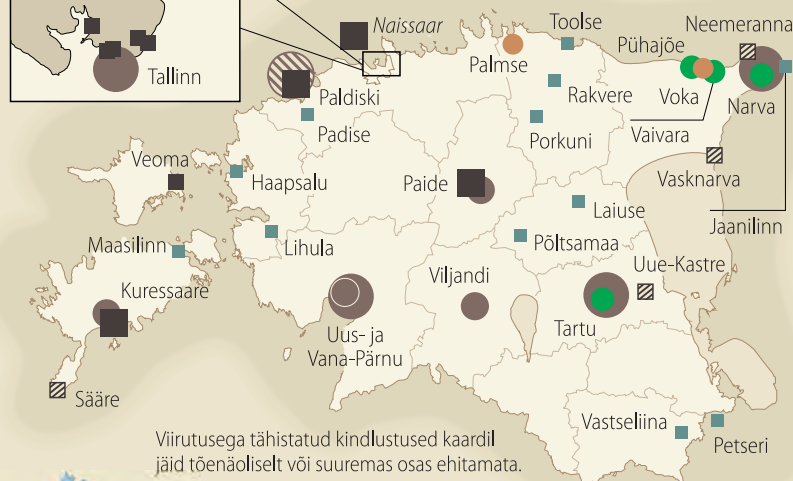
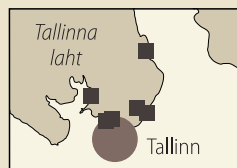


TALLINNA LAHE KINKLUSTUSED



NARVA

Narvas jõuti bastionaalsüsteem välja ehitada kaks korda (joonisel varasem punktiriga) ja mõlemal juhul enam-vähem täiuslikult – vastavalt oma aja nõudmistele.



Linnakindlustused

- Bastionaalvöönd
- Osaline või algelisem muldkindlustusvöönd

Fordid

- Suured ffordid
- Väikesed ffordid ja muud kindlustused
- Keskaegsed linnused, kuhu on lisatud muldkindlustuste elemente

Muu

- Välikindlustused
- Völtsbastionaalelemendid



KURESSAARE

Taanlaste rajatud ja rootslaste poolt põhjalikult rekonstrueeritud klassikaline nelja bastioniga fort – väga hästi säilinud.



PÄRNU

Pärnu bastionaalvöönd ehitati välja ideaalilähedaselt. Linna territoorium kasvas keskajaga võrreldes oluliselt.

PALDISKI



Paldiski on viie bastioniga fort, mille vallikraav on välja raiutud Põhja-Eesti pankrannikust, ükskõik mis suunast lähenedes oli vaenlase vastas 3 bastioni.

PAIDE

Väike kolme bastioni ja ühe muldrondeeliga fort – üks varasemaid bastionaal-kindlustusi Eestis (16. sajandi lõpust).

TARTU

Tartu muldkindlustusvööndi ehitamist küll alustati korduvalt ja ka jõuti teha päris palju, kuid kokkuvõttes linnale korralikku bastionide ringi peale ei saadudki.



TOOMEMÄGI

Allikas: Ragnar Nurk. Põhiplaanid koostatud ajalooliste kaardimaterjalide ja varasemate rekonstruktsioonide põhjal.

PNS Infograafika / Kaarel Damian Tamre

valli. Need bastionaalvööndi juurde lahutamatu kuuluvad elemendid on varjatud tee (pr *chemin couvert* – kaetud, varjatud tee) ja glassiivall (pr *glacis* < *glacer* – libisema). Üheskoos moodustasid need ette nihutatud kaitsepositsiooni, mis takistas piirajatel kindluse põhivalli kohe rünnata ja sundis neid asuma pikaajalisemale piiramisele. Varjatud teele ja eesvallidele suure kaliibriga relvi enamasti ei paigutatud, vaid see oli reserveeritud jalaväelastele lähikaitseks ja ootamatuteks väljatungideks, mis segasid piirajate edenemist. Glassiivalli välisnõlv oli kujundatud niisugusena, et kindluse põhivallilt oleks võimalik üle selle tulistada. Lisaks varjatud teel liikujatele pidi vall varjama ka eskarpmüüri.

Kaitsemeeskonna vasturünnakuks koondamise tegid võimalikuks varjatud tee sise- ja välisnurkadesse jäetud laiendused ehk relvaplatssid (pr *place d'armes*, eesti keeles võimalik ka kogunemisplats või platsdarm). Varjatud tee välisservas kulges palissaad, mille moodustasid lähestikku paigutatud teritatud otstega postid. Paljudelt tollastelt linnavaadetelt on näha, kuidas postiotsad turritavad üle glassiivalli harja. Varjatud tee koos glassiivalli sisekülge toetava müürikesega on väga hästi säilinud Kuressaare. Varjatud tee välisserv võis põhiplaanis olla ka saehammaste taoliselt sakiline, et võimaldada kaitsjatel paremini tulistada piki glassiivalli. Selleks, et vältida varjatud tee kohest ja täielikku langemist vaenlase kätte, võis tee olla liigendatud põikvallidega ehk traaversitega (pr *traverse* < lad *traversa*, *tra(ns)versus* – põiki/risti olev/ minev). Teel, eriti selle välimistes või sisemistes nurkades, võisid paikneda kaponiirid või lõzemendid (pr *logement* – kindluse kaevik; tõenäoliselt < it *loggia* – eraldatud ruum), mis andsid sõduritele varju ja olid ühtlasi mõeldud ka piki teed tulistamiseks. Võitluses varjatud tee pärast mängisid olulist rolli käsigranaatidega varustatud jalaväelased – grenaderid.

Sõjaväevõimud nõudsid kindluste ümbruses võitlusvälja ehk esplanaadi (pr *esplanaade* < it *spianare*, *esplanare* – tasandama) ehitistest vabana hoidmist. Piiramisohu korral ähvardas eeslinnu mahapõletamine. Kindlusele lähene mine oli seda ümbritseva lageda ala tõttu võimalik ründekraavide (aprošš < pr *approche* – lähenemine) kaevamise teel, mille vastu kaitsjad võisid omakorda kaevata kraave (kontraprošš < pr *contre-approche*). Just tol ajal tekkis spet-

siaalne pioneerivägi (< sks; inglis- või venepäraselt insenerivägi; prantsus- päraselt sapöörivägi). Teine, töömahukam variant oli kaevata maa-aluseid tunnelid ehk miinikäike (pr *mine* – kaevandus, õõnestamine, miin) ja kaitseehitiste alla jõudes need õhkida. Kui kaitsjad sellise ettevõtmise avastasid, hakkasid nad omalt poolt vastu kaevama kontramiine (pr *contremine* – vastuõõnestamine). Mõnesse kindlusesse kaevati nende ehitamise ajal ette valmis kontramiinide süsteem, mis oli üleüldse üks kallimaid kaitseabinõusid. Kuna müüride tabamine otsetulega oli tehtud võimalikult raskeks, sundis see piirajaid kasutama ka kaudtuld (haubitsatest ja mortiiiridest). See sugune pealesurutud sõdimisviis vähendas piiramistule täpsust ning kui ründajad vähegi üritasid anda täpsemat otsetuld, tegi see ründajad kaitsjatele paremini märgatavaks – olid nemad ju otsetule kasutamiseks kõrge- mal, st paremas olukorras. Tallinnas, nagu ka paljudes teistes endistes kindluslinnades, istutati hiljem glassiivalli välisserva lähedale vanalinna ümbritsev ringpuiestee. Euroopast on tun- tuim näide Viini Ringstraße.

Mis edasi?

Tänapäeval võivad bastionid ja muud nendega seotud elemendid (mis ei pruugi olla maapinnal üldse nähtavad, kuid on maapinnas siiski säilinud) põhjustada maaomanikele ja otsustajatele pigem meelehärmi, sest vajavad igasugusel ehituslikul kavandamisel endaga arvestamist. Muldkindlustused on üldiselt ka suuremõõtmelised. Seetõttu võib tekkida küsimusi, kas me peame säilitama iga müüri ja kas muldkindlustusi täitev pinnas on sama oluline kui tugimüüridki.

Bastionaalvööndi kõik osad olid lahutamatu omavahel seotud, nii horisontaalse (flankeeriva tule) kui ka vertikaalse ülesehituse (põhi- ja eeskaitsepositsioonide vastastikune koostöö) mõttes. Seega võibki vastata, et säilitada tuleks üritada iga müüri ning mitte ainult kivi, vaid ka pinnas on bastionaalvööndist lahutamatu ja sellega olemuslikult seotud. Tuleb leida jõudu tellija, ajaloolase, projekteerija ja ehitaja ühistööks, et muldkindlustus koos kõigi oma elementidega hoopis tekitaks enda esiletõstatud ajaloolise olemusega maaomanikule või kogukonnale lisaväärtuse.

Linnades olevad muldkindlustused pakuvad avalikuks kasutamiseks ava-

raid võimalusi. Üks ajalooliselt kujunenud ja sobivamaid vorme on muldkindlustused kasutusele võtta puhke- ja vaba aja veetmise alana. Militaar- komplekside maa-alused ruumid ning ka hooned pakuvad alati suurt huvi turistidele ja neid on võimalik kasutada museaalsel eesmärgil. Uusehitised, isegi kui need jäävad maa alla ega riiva otseselt silma, on üldjuhul ikkagi keelatud, sest need rikuvad militaar- ehitise ajaloolist kehendit. Ka bastionaalvööndist väljapoole, kuid selle lähedale ehitamise korral on oluline säilitada vaated ja uusehitised ei tohi bastione varjutada.

Loodame, et Eestis saavad väerika ilme tagasi silmapaistvad, üldiselt hästi säilinud, kuid praegu osaliselt mitte kõige paremas seisukorras ajaloolise militaararhitektuuri kompleksid. Suurematest võiks siinkohal nimetada Narva ja Tallinna kindluse bastionaalvööndit koos viimase suurima üksik- osa Skoone bastioniga, väiksematest aga Kuressaare linnust ümbritsevat bastionaalvööndit. Mingid tööd on kõigi nende juures juba alanud või algamas, nii et olukord ei ole õnneks lootusetu. ●

LOE VEEL

- Bastion. – Eesti Arhitektuur 1. Tallinn. Oskussõnastik [eraldi vihik]. Tallinn, 1993.
- Comité International d'Histoire de l'Art. Glossarium Artis 7. Festungen – Fortresses – Fortifications. Hrsg. Rudolf Huber u. Renate Rieth. München, New York, London, Paris, 1990.
- Christopher Duffy. Fire and Stone. The Science of Fortress Warfare 1660–1860. 2. ed. London & Pennsylvania, 1996.
- FORT: the international journal of fortification and military architecture [alates 1976 reeglina kord aastas ilmuv erialane ajakiri].
- Ian Hogg. The history of fortification. London, 1981.
- Quentin Hughes. Military architecture. New York, 1975.
- Jevgeni Kaljundi. Bastionidest üldse ja Eestis. – Eesti Loodus 1975, 5, lk 309–313.
- Rein Zobel. Linnaehitusest ja -kindlustest Eestis uusajal. – Eesti kunsti ajalugu 2, 1520–1770. Tallinn, 2005.

AUTORITEST

RAGNAR NURK (1983) on Tallinna Ülikooli Ajaloo Instituudi doktorant, arheoloog, kelle magistritöö Tallinna bastionaalvööndi Tõnismäe-poolsest osast pärilis 2011. aastal Eesti TA auhinna.

ROBERT TREUFELDT (1965) on arhitektuuriajaloo- lane, kelle peamine uurimisvaldkond on sõjalise ehituspärandi tänapäevased kasutamisevõimalused, ICOMOS-i fortifikatsiooni ja sõjalise pärandi komitee (IcoFort) liige.

MAIT KÕIV

TUTANHAMON

LAPSWAARAO PÖÖRDELISTE SÜNDMUSTE KESKEL

Tutanhamoni kullast, klaasist ja vääriskividest surimask. Vaarao kannab peas triibulist *nemes* peakatet, mille otsaette on kinnitatud kobra kujutis, tuntud kui *uraeus* (kreeka keeles *uraios* 'sabaline'). *Uraeus* oli kuninga-
võimu ühe peamise kaitsejumaluse, Alam-Egiptuse kobrakujulise jumalanna Uadžet'i sümbol, mis jumaliku silmana vaenlaste pihta tuld pursates muutis vaarao võitmatuks.

autoriõigus Loodusajakiri MTU



Tutanhamon (sünnipäraselt Tutanhaton) võib olla laiemale avalikkusele tuntuim Egiptuse vaarao, kuid võlgneb oma kuulsuse pea täielikult tõigale, et Inglise egüptoloog Howard Carter avastas 1922. aastal Teeba lähedal Kuningate orus (Egiptuse Uue Riigi valitsejate matusepaigas) tema peaaegu puutumatult säilinud hauakambri.

CORBIS / AOP



Howard Carter (1873–1939) Tutanhamoni hauakambri juures Kuningate orus, 1923.

Vaarao matusepaiga leius polnud iseenesest midagi erakordset – enamik Uue Riigi kuningate hauakambritest Kuningate orus oli selleks ajaks tuvastatud, rääkimata arvukatest varasemate ajastute püramiididest Egiptuse põhjaosas Memphise lähedal (praeguse Kairo naabruses, mille ühe eeslinna alal Memphis asus). Ka mitmete vaaraoe muumiad olid leitud ja kindlaks tehtud, osalt seetõttu, et Egiptuse preestrid nad juba antiikajal kaitseks hauaröövlite eest ühte matusepaigast kujundatud peidikusse varjule viisid. Kuid ühegi valitseja hauda polnud leitud puutumatult. Ka Tutanhamoni puhkepaika oli juba muiste kahel korral sisse murtud ning sealt üht-teist kaasa viidud, ja hauakamber ise oli ilmselt mõeldud mitte-kuninglikule ülikule, kiiruga ootamatult surnud valitseja tarvis ümber seatud ja seetõttu oma tagasihoidlikelt mõõtmeilt vaaraole mitte päris seisusekohane. Ent leitud kooslus oli siiski seninähtamatu, lubas aimata vägevamate valitsejate matuste suurejoonelisust ja mõjus üleilmse sensatsioonina.

Tutanhamon ise ei jõudnud oma lühikese valitsusaja (u 1334–1325 eKr) vältel midagi suuremat korda saata. Üheksa-aastaselt võimule tulnud ja üheksa aastat hiljem ootamatult surnud (tõenäoliselt kaarikuõnnetusel, kuid on kahtlustatud ka mõrva ja oletatud mitmeid haigusi), oli ta kahe

suure aukandja – kõrge ametniku Eje ja väepealik Horemhebi – mõju all ning tema enda poliitikast pole meil ilmselt põhjust rääkida. Tema valitsusajal korraldati paar sõjaretke võõrsile, tõenäoliselt Horemhebi juhtimisel, ja kuigi tema hauast leitud kipskasti kaunistused kujutavad kuningat Uue Riigi vaaraoadele tüüpiliselt hobukaarikult vaenlase pihta nooli laskmas, on põhjust kahelda, kas ta ühelgi retkel isiklikult osales. See vähenegi ununes, sest mõne aja pärast troonile tõusnud Horemheb kustutas Tutanhamoni sihipäraselt ajaloolisest mälust, asendas tema ajal püstitatud monumentidel lapskuninga nime enda omaga ja kirjutas toona korda saadetu, küllap õigustatult, enda arvele. Järgneval ajastul koostatud kuningate ametlikes nimekirjades Tutanhamonit polnud. Ka tema hauakambri sissepääs mattus 12. sajandil eKr valitsenud Ramses IV matusepaiga ehitusprahi alla ja jäi Howard Carteri sensatsioonilise avastuseni unustusse.

Sellelipoolest oli Tutanhamoni valitsusaeg murranguline, tähistades naasmist noore kuninga isa ja eelkäija Ehnatoni ette võetud religioosselt ja poliitiliselt pöördelt traditsioonilise kultuse ning võimukorralduse juurde.

Ehnatoni pööre

Tavapäraselt polüteistlikus Egiptuses, kus jumalate arv küündis vähemalt sadadesse, oli vaarao jumalaist seatud maailmakorra maat'i hoidja ja ka ise jumalana austatud. Juba ühte riigi algaegadest peale (IV ja III aastatuhande vahetusel eKr) oli kuningas haukakujulise taevajumala Horose kehastus, surma järel samastus ta all ilma valitseja Osirisega, ja III aastatuhande keskpaigast alates rõhutati kuninga positsiooni päikesejumal Ra pojana. Kui III ning II aastatuhande vahetusel Teeba dünastia vahepeal lagunenud riigi taasühendas ja seni vähetähtis Teeba jumal Amon päikesejumal Ra'ga samastati, sai kuningast Amon-Ra poeg ning maine kehastus. Seoses sellega tõusis Amon-Ra'le pühendatud ja järjestikuste valitsejate poolt üha uute monumentidega täiendatud suurejooneline Karnaki tempel Teebas riigi tähtsaimaks kultuskeskuseks. Vaarao Amenhotep III (Ehnatoni isa ja Tutanhamoni vanaisa, valitses u 1387–1350 eKr) lisas sellele väiksema, kuid mitte vähem silmapaistva Luxori templi kolm kilomeetrit eemal. Amon-Ra presterkonnast aga kujunes kuningavõimuga tihedalt seotud ja ülimalt mõjukas huvigrupp.



CORBIS / AOP

Ehnaton ja Nofretete oma kolme tütrega Atoni kiirte paistel.

Tutanhamoni isa Ehnaton (valitses u 1350–1334 eKr) tõi sellesse arengusse ootamatu pöörde. Tõusnud võimule Amenhotep IV nime all, hakkas ta tavatult edendama päikesejumala Ra ühe ilmingu, päikeseketta Atoni kultust. Kui esialgu rajati Atoni pühamu Karnaki Amon-Ra templi naabruses, siis peagi otsustas kuningas muuta Atoni ainujumalaks ja keelata muude jumalate, sealhulgas Amon-Ra austamine sootuks. Ühtlasi muutis ta oma nime Amenhotepist ('Amon on rahul') Ehnatoniks ('Atonile kasulik') ja rajas uue pealinna seni asustamata paika Egiptuse keskossa, praeguse Tell-el-Amarna asula juurde, andes sellele kõneka nime Ahet-Aton ('Atoni silmapiir'). Religioosse ja administratiivse reformiga kaasnes muutus ametlikus kunstistiilis, ennekõike vaarao ja tema perekonna kujutamises. Tavapärast atleetliku ja sõjaka valitsejakuju asemel ilmneb Ehnaton veidralt väljavenitatud näo ja peaaegu naiseliku kehaga, seninähtamatult intiimses koosluses oma peanaise ja vahest kogu kaasvalitseja Nofretete ning tütardega, kogu perekond Atoni eluandvate kiirte paistel.

Ehnatoni pöörde põhjus pole meile

teada. Ühelt poolt tähistas see jumaliku kuningavõimu omamoodi kulminatsiooni, sest erinevalt senisest vastuolulisest seosest paljude jumalatega oli kuningas nüüd ühemõtteliselt ainujumal Atoni kehastus. Ka kuninga hermafrodiitlikku kujutamist võis põhjustada püüd näidata teda nii mees- kui ka naisalge ja seega kogu inimsoo sümboolse ühendajana. Teisalt oli murrang seniolematu. Osalt võis see olla tingitud kuninga soovist kärpida Amoni preesterkonna ülemääraseks paisunud mõju. Nii või teisiti pole kahtlust, et muutus pidi tekitama mitte ainult rahulolematust Amoni ja teiste jumalate preesterkonnas, vaid ka mõistmatust Egiptuse traditsiooniliselt meeletatud rahva seas. Näib enamvähem kindel, et lihtrahvas jätkas, kuninga monoteistlikest püüdlustest hoolimata, harjunud moel tavapärase jumalate austamist.

Õeldut silmas pidades pole üllatav, et vastureaktsioon järgnes niipea, kui Ehnaton suhteliselt noore mehena 16-aastase valitsuse järel suri (ta oli surres alla 40-aastane). Märke naasmisest Amoni kultuse juurde võib täheldada juba tema vahetu järglase, tõenäoliselt venna Semenhkara lühi-

kesest valitsusajast, täielik tagasipööre aga saabus Ehnatoni alaealise poja Tutanhatoni (tulevase Tutanhamoni) trooniletulekul.

Kustutatud steelidelt ja ajaloost

Tutanhaton ('Atoni elav kujutis') oli Ehnatoni ja ühe tema vähemtähtsa naise, viimaste geeniuuringute järgi tõenäoliselt Ehnatoni lihase õe poeg. Ta pandi paari oma poolõe, Ehnatoni ja Nofretete tütre Anhesenpaatoniga (kes oli, nagu Ehnatoni teisedki tütred, abielus oma isaga ja sünnitanud Ehnatonile tütre; seega pidi olema Tutanhatonist vanem). Mõne aja pärast sündis alaealisel paaril surnult kaks järjestikust tütart, kelle mõlema looted leiti konserveeritult kuninga hauakambrist.

Nagu arvata võibki, polnud 9-aastaselt võimule tõusnud poiss võimeline ise valitsema. Sisulise regendina ei tulnud arvesse ka tema teismeeas õde-abikaasa ning riigi juhtimine läks juba Ehnatoni ajal esil olnud aukandjate Eje ning Horemhebi kätte. Eje võis olla Ehnatoni peanaise Nofretete isa (kuigi paljud kahtlevad selles) ja Horemheb oli nähtavasti abielus Nofretete õega.

Kui Ehnatoni ajal pidid Eje ja Horemheb Atoni monoteismiga kaasa minema ja küllap seda edendamagi, siis nüüd tegid nad sellele kiire lõpu. Üsna valitsusaja algul muutis Tutanhaton nime Tutanhamoniks ('Atoni elavast kujutisest' sai 'Amoni elav kujutis'), Anhesenpaatonist ('ta elab Atonile') sai Anhesenamon ('ta elab Amonile') ja õukond kolis Ahet-Atonist tagasi traditsioonilisse Teebasse. Kahel nn restauratsioonisteelil, mille Horemheb hiljem enda nimele kirjutas, kujutati Ehnatoni valitsusajaga kaosenä, mil jumalad kuninga kuritegeliku tegevuse tõttu Egiptuse hülgasid, ja millest maa nüüd normaalsusesse tagasi toodi. Taasalgasid ehitustööd Karnakis ja Luxoris, aga algas ka Ehnatoni sihipärane kustutamine ajaloost, mis jätkus pärast Tutanhamoni surma järgemööda troonile tõusnud Eje ja Horemhebi valitsusajal. Ehnatoni nimi raiuti tekstidest välja, monumendid hävitati ja neid kasutati täitematerjalina uutel ehitustel Amon-Ra auks, mis paradoksaalsel kombel konserveerisid mõnegi toonase teksti ja kujutise. Kui Tutanhamon 19-aastaselt ootamatult suri, olid traditsioonilised jumalad taas aus ja Aton päikesekettana tagandatud oma tavapärasele kohale.



Tutanhamoni ja tema abikaasa Anhesenamoni kujutis vaarao hauakambrist leitud kullast, klaasist ja vääriskividest trooni seljatoel. Tähelepanu väärib Atoni kujutamine noorpaari oma kiirtega paitamas, mis on selge märk Ehnatoniga aja mõjust.



Järeldõlvede jaoks ei langenud taasamise au aga mitte Tutanhamonile, vaid Horemheebile. Tutanhamoni surres oli ta sõjaretkel Süürias ja võimu võttis tema konkurent Eje (valitses u 1325–1321 eKr), kes oma positsiooni kinnitamiseks nais Ehnatoniga ja Tutanhamoni lese Anhesenamoni (kui peaks olema tõsi, et Eje oli Nofretete isa, siis oli Anhesenamoni tema tütre tütar). Viimane ilmselt püüdis sellest abielust pääseda, sest saatis Väike-Aasiasse Hettiidi suurriigi kuningale kirja, kus palus saata oma abikaasaks mõne kuningliku printsi. Kuid peigmees, kelle Hettiidi kuningas kõhkluste järel saatis, tapeti Egiptuse piiril, oletatavalt Horemhebi korraldusel. Kõik need sündmused pidid toimuma kiiresti, sest juba Tutanhamoni hauakambris, mis suleti 70-päevase kombekohase mumifitseerimisprotsessi ja matuserituaali järel, on Ejet kujutatud vaaraona. Anhesenamoni pole aga järgnevalt enam midagi kuuld.

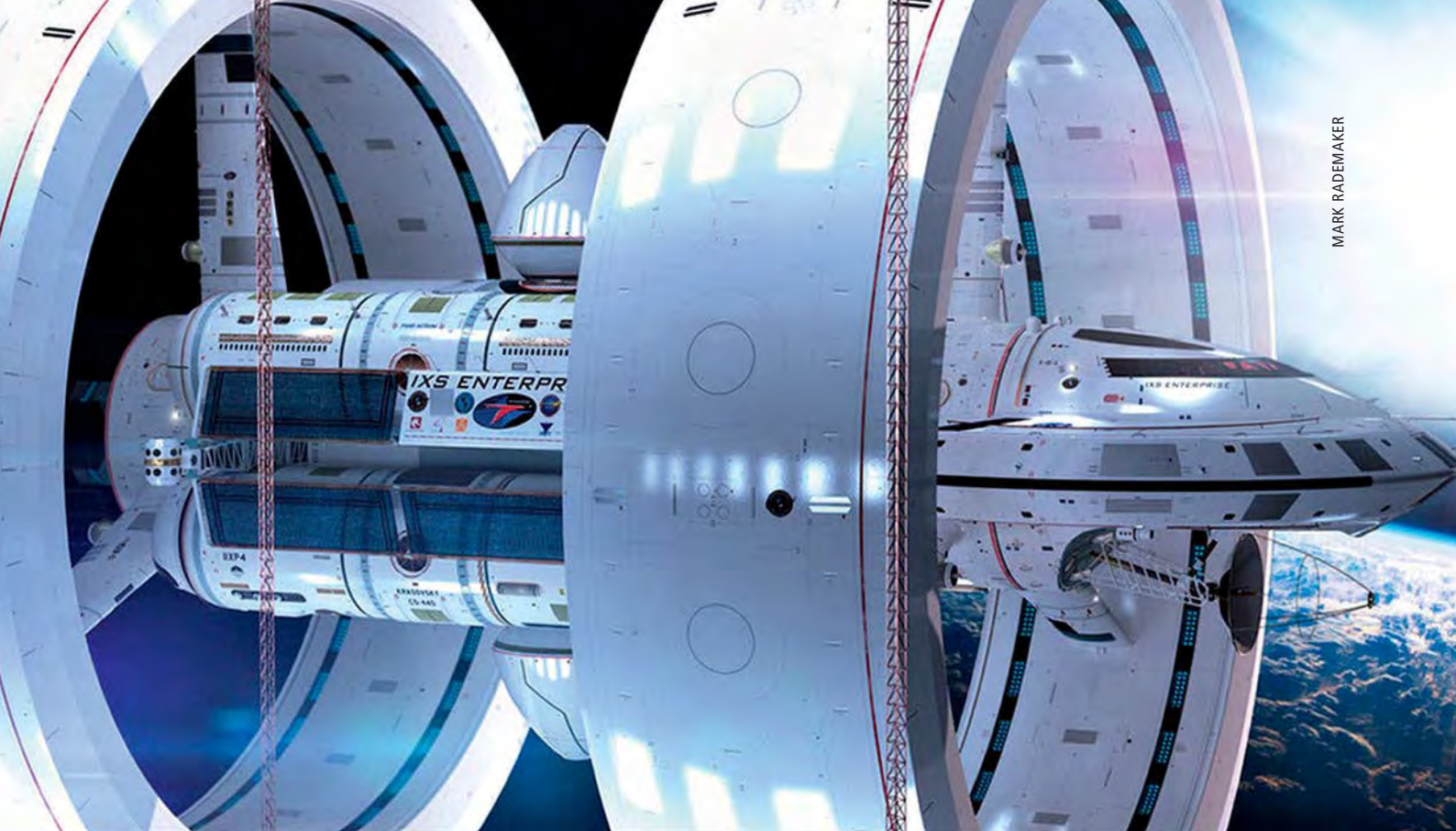
Tutanhamoni hauakambrist leitud lubas aimata vägevamate valitsejate matuste suurejoonelisust ja mõjus üleilmse sensatsioonina.

Kuid Ejelgi polnud määratud pikalt ajalukku jääda. Tema peatse surma järel võimu võtnud Horemheb (valitses u 1321–1293 eKr) otsustas oma eelkäija koos Ehnatoniga ja Tutanhamoniga mälust ja seega igavikulisest eksistentsist kustutada. Eje monumentid hävitati ja hauakamber rüvetati. Mingil põhjusel suhtus Horemheb temasse jõhkramalt kui Tutanhamonisse, kelle hauakamber jäi puutumata. Kuid raidkirjadel asendati ka Tutanhamoni nimi Horemhebi omaga ja kuningate ametlikus nimekirjas polnud kohta ei Ehnatonil, Tutanhamonil ega Ejel. Horemheb jäädvustas end eelmise suure Amoni kultuse

edendaja, Ehnatoniga isa Amenhotep III vahetu järglasena, määrates vahepealsed Atoni pöördega seotud valitsejad unustusse. Ehnaton tõusis taas ausse 19. sajandil, seoses uurimistöödega Ahet-Atoni asupaigas Tel-el-Amarnas, tema poja Tutanhamoni tähetund saabuses alles Howard Carteri avastusega pärast Esimest maailmasõda. ●

AUTORIST

MAIT KÕIV (1961) on ajaloolane, Tartu Ülikooli vilistlane ja üldajaloo õppejõud. Töötanud ka ajalooõpetajana ja kirjutanud mitu ajalooõpikut. Tema 1992. aastal kaitsitud magistratöö käsitles Kreeka türannia kujunemist ning 2003. aastal valminud doktoritöö teema oli „Antiikpärimus ja Kreeka varane ajalugu: riikide teke vara-arhailises Spartas, Argoses ja Korintoses”. Täiendanud end mitmes Euroopa ülikoolis. Kui ei uuri ajalugu, siis leiab lõõgastust jalgrattasõidust, sealhulgas matkadest antiikajaloo seotud paikadesse Vahemere-maades.



Kunstniku ettekujutus Alcubierre'i ajamiga tähelaevast IXS Enterprise. Kahjuks on karta, et sedasorti laevad jäävad ulme valdkonda.

KRISTJAN KANNIKE

VARPAJAM TEOORIAST TEGELIKKUSESSE?

Pea ühestki tähereisidest jutustavast ulmeromaanist ei puudu seadeldis, mis vabastab kosmoselaeva füüsika ebamugavaist kammitsaist ning viib selle kaugete tähtedeni sama kiiresti kui sinna lendab mõte. Tähelaev hüppab valguse kiiruse piirangust mööda läbi hüperruumi või kõverdab sihtkohta jõudmiseks aegruumi. Ulmekirjanikule on hüperruum kirjanduslik võte, et lugeja kümnete või sadade aastate pikkuse lennu ajal halliks ei läheks.

Sama küsimus on ka teadlastel ja inseneridel, kes mõtlevad tegelike tähelendude peale. Igapäevaelu kiirustega võrreldes näib valguse kiirus peaaegu lõpmatu, kosmoses aga hakkab valguse kiiruse piirang segama juba planeetidevahelistel reisidel: Marsile jõudmiseks võib signaalil kuluda kuni 22 minutit. Päikesesüsteemi äärealadel tiirlevalt kääbusplaneedilt Pluutolt, kuhu järgmisel aastal jõuab NASA sond New Horizons, tuleb raadiosignaal meieni viis ja pool tundi.

Lähimad tähed on mitte valgustundide, vaid valgusaastate kaugusel. Kui tahame eales jõuda tähtedeni, on valguse kiirus tõsine probleem. Kas pole mingitki võimalust, et füüsika lubaks liikuda kiiremini?

Valguse kiirus ja gravitatsioon

Albert Einstein lisas 1905. aastal juba Galileo Galilei leitud relatiivsuspriinti – füüsikaseadused on sõltumatud vaatleja kiirusest – eelduse, et valguse kiirus on kõigi vaatlejate jaoks ühesugune ega sõltu valgusallika ega

vaatleja kiirusest. Kui üks kahest kiirusest on valguse kiirus, siis nende summa peab samuti olema valguse kiirus, sõltumata teise kiiruse suurus. Igapäevaelu kogemustega võrreldes tundub see kummaline, kuid kõik katsed näitavad just seda. Üks tähtsamaid järeldusi, mille Einstein nende eelduste põhjal oma erirelatiivsusteooriast tegi, oli tõsiasi, et miski ei saa liikuda valgusest kiiremini. Näiteks kümne valgusaasta kaugusel oleva täheni, mis kosmilises mõttes on otse üle täna, saab kosmoselaev kõige

kiiremini jõuda kümne aastaga.

Pärast erirelatiivsusteooria loomist kulus Einsteinil üle kümne aasta, et seda üldistada, kirjeldamaks gravitatsiooni. Einsteini üldrelatiivsusteooria näitas, et teatud tingimustel saab valguse kiiruse piirangust mööda hiilida. Tuleb liikuda mitte ruumis, vaid ruumiga koos! Just sellel põhineb Mehhiko füüsikateoreetiku Miguel Alcubierre'i idee.

Alcubierre'i varpajam

1994. aastal pakkus Alcubierre välja nn varpajami. Alcubierre'i ajam ei liiguta tähelaeva ümbritsevas ruumis valgusest kiiremini. Vastupidi, laev seisab ümbritseva ruumi suhtes paigal! Valgusest kiiremini liigub aga aegruumi mull, milles laev koos seda ümbritseva ruumiga asetseb. Mulli sees laeva läheduses liikuv valguskiir on laevast endiselt kiirem, rikkumata erirelatiivsusteooria valguskiiruse piirangut. Mullis hõljuvale laevale ei mõju mingit jõudu, vastupidi, laev ja meeskond oleksid kaaluta olekus. Laeva kell mõõdab sama aega, mis Maa vaatleja kell – ei toimu relativistlikku aja aeglustumist.

Alcubierre sai inspiratsiooni varajase universumi inflatsioonilisest paisumisest. Üldrelatiivsusteooria järgi sõltub paisuvus universumis vaatlejate omavaheline kiirus nendevahelisest kaugusest: mida kaugemal on üksteisest kaks vaatlejat, seda kiiremini nad eemalduvad. Kui nad on üksteisest väga kaugel, liiguvad nad üksteisest kaugemale valgusest kiiremini! Kuid

vastuolu on ainult näiline. Segadus tekib liikumise ja kiiruse mõiste ettevaatamatust üldistamisest. Paisuvas universumis kaugenevad üksteisest ka ruumis paigal olevad vaatlejad, sest paisub ruum ise. Iga vaatleja lähedal liigub valgus endiselt temast kiiremini.

Niisiis on võimalik aegruumi paisumist kasutada, et mingist objektist kui tahes kiiresti eemalduda. Samamoodi saab aegruumi kokkutõmbumist kasutada millelegi kui tahes kiiresti lähenemiseks. Seega on valgusest kiiremini reisimiseks vaja aegruumi muuta nii, et ruum kosmoselaeva taga kiiresti paisub ja ees kokku tõmbub. Nii liigutab kosmoselaeva Maalt kauge tähe suunas aegruum ise ning edasi-tagasi reis toimub kui tahes lühikese aja jooksul. Kosmoselaev ei liigu mitte ruumis, vaid koos ruumiga – see on umbes nagu sõit kaubamaja eskalaatoril.

„Niisugune aegruumi kohalikul häiritusel põhinev liikumisviis lausa nõuab, et seda kutsutaks ulmest tuntud nimega varpajam,” kirjutas Alcubierre.

Paraku on varpajamil pehmetl õeldes tõsine puudujääk. Et aegruumi vajalikul viisil kõverdada, oleks vaja negatiivset energiat või ainet. See tähendab energiat või ainet, mis gravitatsioonilise külgetõmbe asemel hoopis tõukuks, tekitaks antigravitatsiooni. Tõsi, teatud liiki antigravitatsioon eksisteerib. Astronoomid on kindlaks teinud, et Universum paisub kiirenevalt ja andnud seda põhjustavale ainele nimeks tumeenergia. Kuigi see nimetus peegeldab rohkem meie tead-

matust, on tumeenergial mitmeid realistlikke kandidaate, näiteks mingi skalaarvälja keskvääratus. Tumeenergia energiatihedus on aga positiivne. Negatiivse energiaga ainet või osakesi pole kunagi leitud ja tõenäoliselt ei leitaagi.

Alcubierre ise pakkus välja, et vajaliku negatiivse energia võib tekitada Casimiri efekt (vt pöördel). See efekt võimaldab tõepoolest luua negatiivse energiaga piirkondi, kuid häda on selles, et esiteks on Casimiri efekt väga väike ja teiseks on selle tekitamiseks vaja lähestikku plaate või mingist materjalist oõnsust. See materjal on aga paratamatult valmistatud aineest, mille energiatihedus on positiivne – enam kui küllalt, et Casimiri efekti väikest negatiivset energiat kompenseerida.

Mainime lühidalt, et peale eksootilise aine puudumise seisavad varpajami teel veel mõned teoreetilised takistused. Alcubierre eeldas oma arvutustes, et aegruumi mull on juba olemas. Tegelikuses oleks vaja see mull kõigepealt valmis teha. Teoreetikute arvutused näitavad, et selleks peaks osa eksootilisest aineest liigutama valgusest kiiremini. Teine võimalus oleks valmistada aegruum piki laeva liikumisteed ette, kuid muidugi kaotaks varpajam sellega suure osa oma mõtest.

Peale selle on mõned Itaalia ja Hispaania teoreetikud näidanud, et kui võtta arvesse kvantväljateooriat, võib aegruumi mullis teatud tingimustel tekkida midagi musta augu Hawkingi kiirgusele sarnast, mis viiks väga kõrge temperatuurini mulli sisemuses. Seal olevale kosmoselaevale oleks see mõistagi halb üllatus.

Varpajam ja NASA

Alcubierre'i ajam on põnev mõtteeksperiment, kuid ilma negatiivse massiga aineta jääb see ainult ideeks. Ometi on viimastel aastatel avaldatud uudiseid, et NASA uurimisrühm Harold White'i juhtimisel uurib varpajami võimalikkust. Kunstnikud on juba joonistanud pildi hüpoteetilisest tähelaevast IXS Enterprise.

Nõnda ei liigu kosmoselaev mitte ruumis, vaid koos ruumiga – see on umbes nagu sõit kaubamaja eskalaatoril.

Alcubierre'i varpajam

Laev hõljub tasase aegruumi mullis.

2. Kosmoselaev seisab paigal negatiivse energiaga eksootilise aine aegruumi mullis, mis liigub valgusest kiiremini.

1. Vertikaalne mõõde näitab, kui palju aegruum kokku tõmbub või paisub. Punases piirkonnas laeva taga aegruum paisub.

3. Sinine näitab aegruumi kokkutõmbumist.

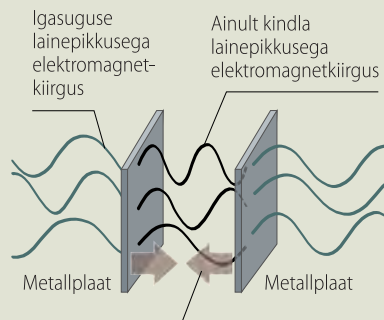
CASIMIRI EFEKT

Kedagi ei pane imestama, et kondensaatori plaatidele laengut andes tekib plaatide vahele jõud. Üllataval kombel on metallplaatide vahel jõud ka siis, kui plaadid pole üldse laetud: plaadid hakkavad üksteise poole tõmbuma. Tegu on väga väikese efektiga, mille olemasolu ennustas 1948. aastal Hollandi füüsik Hendrik Casimir.

Casimiri jõu tugevus langeb plaatidevahelise kauguse d kasvades väga kiiresti: $F \sim 1/d^4$. Seetõttu on seda võimalik mõõta ainult siis, kui plaatide vahekaugus on väga väike.

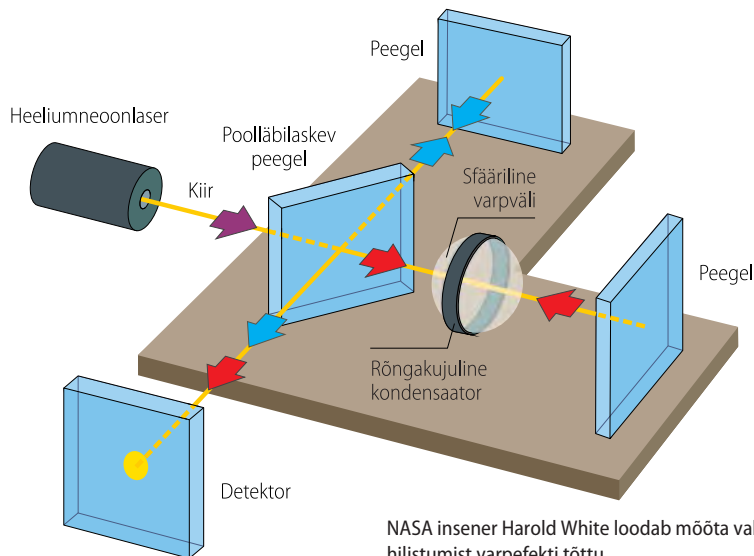
Kui plaadid on jõudnud üksteisest kümne nanomeetri kaugusele – see on umbes sada korda suurem keskmise aatomi läbimõõdust – saab Casimiri jõud pindalaühiku kohta võrdseks õhurõhuga.

Casimiri efekt on otseselt seotud kvantväljateooria vaakumi energiaga. Väljateooria ütleb, et vaakum on täis virtuaalseid osakesi, mis tekivad ja kaovad, ka virtuaalseid elektromagnetkiirguse osakesi footoneid. Metallplaat aga peegeldab elektromagnetkiirgust. See tähendab, et plaadid virtuaalseid footoneid läbi ei lase, vaid peegeldavad need tagasi, ning plaatide vahel saavad eksisteerida ainult nn seisvad lained, mille elektrivälja tugevus plaatidel on null. Teisiti öeldult mahuvad plaatide vahele ainult lained, mille poollainepikkust (kaugus laineharjast lainepõhjana) mahub plaatidevahelisse kaugusse täisarv kordi. Väljapool sellist piirangut ei ole ja lained võivad olla igasuguse lainepikkusega.



Kuna plaatide vahel on vaakumi energia väiksem kui väljaspool, tekib plaatide vahel külgetõmbejõud.

White'i-Juday' varpvälja interferomeeter



NASA insener Harold White loodab mõõta valguskiire hiliistumist varpefekti tõttu.

Kuid kõigepealt loodab White efekti mõõta nn White'i-Juday' varpvälja interferomeetriga. Kahe kiirega interferomeetris jagatakse valguskiir poollähbipaistval peegil kaheks ning juhitakse siis uuesti kokku. Valguskiirte liitumisel tekib tumedate ja heledate triipudega interferentsipilt: seal, kus valguse laineharjad ja põhjad ühte langevad, tekib liitumisel hele triip, seal, kus hari ühineb põhjaga, tume triip. Kui nüüd ühe kiire teele tekitada aegruumi häiritus, peaks see seal liikuma veidi kiiremini kui teine kiir ja triibud veidi nihkuma. Uuesti teise kiirega ühinedes on efekti kiirte interferentsipildis näha, loodab White. Tema väitel piisaks juba väikese kondensaatori tekitatud aegruumi häiritusest, et efekti näha.

Interferomeetrid on tõepoolest väga tundlikud riistad, kuid lihtne näpude peal arvutus näitab, et White'i artiklis mainitud tundlikkusest 1/10 000 000 jääb pehmelt öeldes tublisti puudu. Kondensaatori tekitatud negatiivne Casimiri energia on suurusjärke väiksem kondensaatori enda massist. Mõnegrammise kondensaatori tekitatud aegruumi kõverus on aga nii väike, et olla praktiliselt olematu. Interferomeetriga seda kindlasti ei mõõda. Siis peaks olema võimalik ka mõõta valguskiire kõrvalekaldu mist raskusjõu tõttu, mis tekib, kui panna kiire lähedale käsi!

Pealegi – nagu ülal mainitud – on võimatu tekitada Casimiri efekti ilma tavalisest maisest ainest plaatideta, mille energia on positiivne. See tühistab kogu efekti mõju.

Eagleworks: NASA võimatute asjade uurimise osakond?

Alcubierre'i ajam ei ole ainuke seade, millega White'i rühm NASA-s tegeleb. Hiljuti jõudis uudistesse väide, et EmDrive'i või Cannae mootori nime all tuntud koonilise kujuga mikrolaineresonaatoris on mõõdetud üliväikest veojõudu.

„Ainus” probleem on selles, et EmDrive peaks töötamiseks rikkuma impulsi jäävuse seadust, mida absoluutselt kõik füüsikakatsed on kinnitanud. NASA rühma avaldatud tulemuste järgi aga tekitas veojõudu isegi kontroll-katseseade. Suurepärane? Oleks ju küll, kuid kontrollseade ei oleks pidanud seda mingil juhul tegema! Võib ainult järeldada, et mõõdetud veojõudu tekitas mingi muu allikas, mida ei osatud arvesse võtta, näiteks nõrk õhuvool kuumenenud katseseadmest.

Pärast fiaskot OPERA eksperimendis näiliselt valgusest kiiremini liikuvate neutriinodega oskab ka lugeja loodetavasti olla ettevaatlik uute ja lõovate tulemuste suhtes. Isegi juhul, kui tundub, et kõik võimalikud vigade allikad on arvesse võetud, ei pruugi see nii olla. Iga füüsik unistab uue efekti leidmisest, kuid eriti osakeste-füüsikas on uus tulemus alguses tihti vea piiril ja võibki osutuda hiljem juhuslikuks kõikumiseks või lihtsalt veaks.

Kuid tark eksperimentaator ei lähe ka taga ajama tühja tuult ega hakka otsima efekti, mis varasemate tulemustega kindlasti kooskõlas ei ole ja läheb otse füüsikaseaduste vastu. Miks peab tegelema säärase asjadega üks NASA uurimisrühm? ●



ERAKOGU

JAAK LÕHMUS

filmiajakirjanik

Ära hüüa hunti!

Olin miski 18 või 19, kui äkki tabas mind tuhin võtta ette kõik seniks (alates 1967. aastast) ilmunud Horisondid ning lugeda need kaanest kaaneni läbi. Kõik kuus või seitse paariskõidet, aasta ja sügis olid siis vist 1974. Mälestuse teeb nüüd takkajärele hõrguks see, et noormees luges toona teadusajakirja Tartu ülikooli Toome raamatukogu vanas lugemissaalis, mille atmosfäär, võiks öelda, on osutunud kordumatuks. Natuke on olnud sarnast õhustikku võimalik hiljem nuusutada Helsingi ülikooli raamatukogu lugemissaalides.

Mida siis äsja Tartu Kunstikooli viimasel kursusel pooleli jätanud isikuhakatis tookord Horisondist leidis? Muidugi sain sealt esmakordselt lugeda mustast august ja Suurest Paugust, entroopiast ja neg-entroopiast, iidsetest tsivilisatsioonidest (vist Erich von Dänikeni kõmu tekitanud ebateaduslikuks tunnistatud käsitlus „Tulevikumälestused” ilmus ka Horisondis), luuleliselt öeldes: parsekitest ja padakonnadest.

Üks kõige lummavam lugu olid Kanada loomaetoloogi Farley Mowati (ime küll, nimi praegugi meeles!) järjejutt „Ära hüüa hunti!”, milles teadlane kirjeldas enda „hundistumist”, hundikarja naabruses elatud elu, mille tulemusel hallivatimehed inimese üheks omasarnaseks tunnistasid, ehkki nende kooseksisteerimine oli midagi, mida võib nimetada pigem rahumeelseks, mitte ülearu sõbralikuks. Mowati katsed, mida tänases keeles vist peaks nimetama osaluseksperimentideks, olid minu jaoks enne seda, kui hakkasin lugema Jaapani zeni-vanakeste õpetlikest tempudest, ääretult põnev mõtlemisaine. Ja on tõtt-öelda tänini.

Lootuse hakata kunagi tegelema teadusega, täpsemalt keeleteadusega, jätsin lõplikult kõrvale Tiit-Rein Viitso soome-ugri keelte ajaloolise grammatika kirjalikul eksamil. Ühel hetkel, kui olin tükk aega kritseldanud, püüdes rekonstrueerida mingeid 2500 aasta taguseid sõnakujusid, sai mul küllalt ja marssisin seeliku vahelt spikerdavate tüdrukutega täidetud Tartu ülikooli bio-geo maja auditooriumist professori imestava pilgu saatel välja. Niipalju siis väga isiklikust suhtest teadusega.

Aga sellele samale soome-ugri keelte muistsele grammatikale tagasi mõeldes – kunstilise eksperimendi korras oleks küll põnev taastada näiteks Ümera lahingus võidelnud eestlaste sõnavara – õ-fraktsiooni politoloogja-haridusega filmiloojad oma „Malevas” kümme aastat tagasi midagi sarnast tegidki. Teadusega ei ole sellisel eksperimendil küll väga palju pistmist.

Praeguseks olen juba palju aastaid tegelenud nii pehme valdkonnaga nagu on filmikunst. Nii tegijana kui ka vaatlejana. Aga nende inimeste hulgas, keda vist oleks ilus nimetada päris teadlasteks, on mul siiski õige mitmeid häid sõpru ja aeg-ajalt ka meelisklen, et peaks uuesti hakkama Horisonti lugema. Kas just aasta-aastalt ja kaanest kaaneni, aga poolpiilumisi küllap. ●



Jõuproovid olümpiaadidel

INFORMAATIKA

Targo Tennisberg, Ahto Truu
Eesti noored informaatikud tõid rahvusvahelistelt võistlustelt kaks hõbemedalit

Eesti informaatikaolümpiaadi toimikond korraldab läbi kogu õppeaasta mitmesuguses formaadis võistlusi, mille parimad kutsutakse valikvõistlusele, kus selguvad Eesti koondise liikmed. Tavaliselt lööme kaasa Balti informaatikaolümpiaadil (BOI, osalevad Läänemere äärsed riigid ja Norra) ning rahvusvahelisel informaatikaolümpiaadil (IOI), millel oli sel aastal üle 80 osalejariigi.

Informaatikaolümpiaadil kirjutatakse programme, mis lahendavad algoritmilise iseloomuga ülesandeid. Programmikood saadetakse veebileidese kaudu automaatselt testimissüsteemile, mis ütleb, kui palju lahendus punkte saab. Testid jagunevad kaheks: ühed kontrollivad programmi korrektsust, katsetades mitmesuguseid erijuhtumeid, teised aga jõudlust, andes sellele ette järjest suuremaid andmehulki. Lahendustel on ajapiirang ning punktide arv sõltub sellest, kui suuri teste programm selle jooksul töötleb.

Enamasti eksisteerib olümpiaadiülesannetel jõumeetodiga lähenemine, mis töötab suhteliselt väikeste andmehulkade puhul, ning kavalamad lahendused, mis kasutavad efektiivsemaid algoritme või andmestruktuure. Et neid realiseerida, on esiteks vaja vastava algoritmiga tuttav olla ning teiseks osata ära tunda, mida nimelt vaja läheb.

Balti olümpiaad: absoluutvõit Poolasse
 Tänavune Balti olümpiaad kandis järjekorranumbrist 20 ja juubelivõistlust peeti Leedu Palanga linnas. Koduste võistluste põhjal pääsesid Eesti koondisse Oliver-Matis Lill Tallinna Vanalinna Täiskasvanute Gümnaasiumi 12. klassist, Kristjan Kongas ja Andres Unt Tallinna Reaalkooli 10. klassist, Siim Sammul Hugo Treffneri Gümnaasiumi 12. ja Simmo Saan sama kooli 11. klassist ning Jaagup Kümme Vanalinna Hariduskolleegeiumi 11. klassist.

Meie esinduse parimana võitis Oliver-Matis hõbemedali. Ta ise oli selle üle küll pettunud, sest tuli kodust välja kindla kul-



Võistluse-eelne sagimine Taiwanis: võistlejad ja juhendajad tehnikaga tutvumas.

laplaaniga, aga siiski polnud tema ebaõnn nii suur kui Andrese ja Kristjani oma, kes olid vastavalt esimene ja teine auhinnata jääja. Absoluutvõidu viis Jarosław Kwiecień Poolasse.

Lisaks võistlemisele käisid kõik osalejad ekskursioonidel maalilisel Kura säärel ja sellele vastukaaluks päris koledas endises Nõukogude Liidu raketibaasis. Lõpuaktusele tõid elevust vigurlendurid ja ametlike auhindade järel välja antud humoorikad eriauhinnad. Kellel kõige selle järel veel energiat üle oli, said hilisõhtu sisustada sumorobotite ehitamisega.

Ülemaailmset võistlust võõrustas Taiwan
 Kuna sel aastal oli ülemaailmne informaatikaolümpiaad füüsikaolümpiaadiga samal nädalal ja Kristjan Kongas seetõttu

informaatikaolümpiaadi koondisse kandideerimisest loobus, kvalifitseerusid võistkonda Oliver-Matis Lill, Andres Unt, Siim Sammul ja Simmo Saan.

Üritus ise korraldati Taiwanil. Portugali meresõitjate nimetatud Ilha Formosa – ilus saar – on väga mäginine, kuid roheline. Saar on pindalalt 20 protsenti Eestist väiksem, aga seal elab 23 miljoni inimest. Kohalikud on eestlastega võrreldes väga ettevaatlik rahvas (välja arvatud rolleritega linnatänavail sõites). Tavaline oli, et vee-pargis kanti päästevesti ning rahvusparkis mägede vahel kiivrit. Enim pani aga kukalt kratsima silt hotellis, mis kohustas külastajaid personalile teatama, kui neil peaks ükskõik milline haigus kallal olema.

Saabumisel tutvustati meile Hiina põhjalikkust. Piirivalvuril oli nimekiri erinevate

passide turvaelementidest ning ta kontrolis need kõik ükshaaval üle, uurides ka spetsiaalse luubiga, kas passipildile kantud mikrokiri ikka ütleb, mida vaja.

Avatseremonia demonstreeris taas kohalikku kultuuri. Kõik sõnavõtjad alustasid pikkade tseremoniaalsete auavaldustega aukülalise poole, kelleks oli Taiwani asepresident Wu Den-yih. Kui asepresident ise lavale astus, mängis orkester spetsiaalset tunnusmeloodiat ning lava igasse nelja nurka vudis portfelliga turvamees. Aukülaline kõneles pikalt hiina keeles, mis hiljem umbes 10 korda lühemalt leninlikus „õppida-õppida-õppida“ stiilis kokku võeti.

Hiljem toimus kraadike madalam pidulik üritus, vastuvõtjaks Taipei linnapea, kes soovitas kõigil sinna elama tulla. Iga tema lause lõpus kõlas mitu hüüumärki: „Taipeis saab tegeleda kõigi hobidega!!! Meil pole üldse kuritegevust!!! Elanikud on väga abivalmid ja juhatavad teid alati kohale!!!“ Viimases saime ka veenduda, kuigi keelebarjääri tõttu viis instruksioon esimesel katsel hoopis teise kohta.

Kõnede ja hierarhiate armastus paistis iseäranis ühiskondlikes suhetes välja, isegi kiirtoidukohtade personal tegi hommikuti rivistuse, kus ülemus neile väikese kõne pidas.

Unistame suurelt

Et ülesandeid maksimaalselt salajas hoida, näidatakse neid juhendajatele alles eelmise päeva õhtul. Järgneb pikk diskussioon sõnastuste parandamiseks, mis meenutab tähenärimise maailmameistrivõistlusi. Kui ülesanded on stabiliseerunud, saavad juhendajad need tõlkida, trükkida ning vastastikku põhjalikult üle lugeda, et võistlejatel järgmisel päeval



Sumoroboti häälestamine Leedu öös: esireas Simmo Saan, Oliver-Matis Lill, Jaagup Kümmel ja Kristjan Kongas; tagapool seisab Andres Unt.

segadust poleks. Ettevalmistus kestab juhendajate jaoks pikalt üle südaöö.

Tulemustes domineerivad pika ja põhjaliku ettevalmistusprogrammiga riigid, eelkõige Hiina ja USA, nemad said seekord ka neli kuldmedalit. Lisaks said kaks kulda Austraalia, Venemaa, Bulgaaria, Iraan, Korea, Tai ning Singapur. Teistest riikidest pääsevad paremate kohtade jagamisel lõugile kas superandekad või supertöökad võistlejad. Kultuuritausta rolli illustreerib ka asjaolu, et esimesel päeval sai maksimaalse punktiarvu viis võistlejat, kellest kolme perekonnanime olid Wu (USA-st), Xu ja Yu (Hiinast). Zu-nimelist võistlejat siiski ei olnud.

Eesti parima skoori sai seegi kord Oliver-Matis, kes küündis taas hõbemedalini. Ambitsioonid on tal seatud aga veel palju kõrgemale. Nimelt tahab Oliver-Matis jätkata arvutiteadlasena ning võita esimese eestlasena Turingi auhinna. Soovime talle selles osas palju edu.

Järgmine suur keskkooliõpilaste jõukatsumine toimub uuel aastal Kasahstanis Almatõs. Aeg alustada harjutamist on aga juba käes! ●

LOE VEEL

■ www.targotennisberg.com/tarkvara/2014/08/07/loi-2014/



Anu Printsmann, Evelyn Uemaa Geograafid olümpiaadidel

Geograafiaolümpiaade toimus 2014. aastal kolm: vabariiklik lõppvoor Võrus, Baltimaade võistlus Valmieras ja rahvusvaheline Krakówis.

Lõppvoor leidis aset Võru Kreutzwaldi Gümnaasiumis, kus osales 96 õpilast. Erinevalt varasematest, kolm päeva väldanud olümpiaadidest toimus Võru oma 9.–10. maini, mis muutis võistluse õpilaste ja ka žürii jaoks veelgi pingelisemaks. Veel ühe suurema muutusena tehti 9. klassi ja gümnaasiumi kirjalikud tööd arvutis. Õpilastel tuli analüüsida Eesti rahvastiku paiknemist, tunda ära kivimeid Pakri panga läbilõikel, paigutada kaardile

Eestit ümbritsevad tuumajaamad ja Ukraina suuremad linnad, tunda ära briisi tekke skeem jpm.

Gümnaasistide seekordne välitöö oli täiesti erinev varasematest ning koosnes täies mahus planeerimisülesandest. Õpilastel tuli tutvustusele järgnenud välitöö käigus kaardistada erinevad maakasutustsoonid linnas ning pakkuda välja lahendusi mahajäetud alade kasutamiseks. Lisaks pidid nad õppekäigul kogutud info ning ajalooliste kaartide põhjal suutma analüüsida Võru linna ruumilist arengut viimase saja aasta jooksul. Planeerimist kui ühte praktilist geograafia väljundit tutvustas õpetajatele Pille Metspalu

Eesti Planeerijate Ühingu ning peeti ka planeerimisalane arutelu, sest selles suunas liiguvad ka rahvusvahelised olümpiaadid. Maastikuvõistlusest on nooremate osalejate jaoks läbi aastate olnud keeruline asimuudi järgi liikumine ning nõlvakalde määramine.

Tavapärastelt kuulusid programmi ka ekskursioonid piirkonnas, sellel põhinev väike viktoriin, ja GPS-mäng, mida toetas Keskkonnainvesteeringute Keskus (KIK).

Jõukatsumine baltlastega: esimene koht Eestisse

Balti riikide geograafiaolümpiaad toimus 27.–29. juunini Vidzeme noorte geo-

Eesti tulemused rahvusvahelisel geograafiaolümpiaadil 2014

Kool	Nimi	Kool	Klass	Õpetaja
17. koht (hõbe)	Uku-Kaspar Uustalu	Tallinna Reaalkool	12. klass	Piret Karu
51. koht (pronks)	Taniel Paju	Tapa Gümnaasium	11. klass	Eve Kasekamp
85. koht	Kristiine Aluvee	Hugo Treffneri Gümnaasium	12. klass	Ülle Seevri
101. koht	Hendrik Sobi	Tallinna Reaalkool	10. klass	Piret Karu

Riikide saavutused rahvusvahelisel geograafiaolümpiaadil 2014

1. Singapur
2. Austraalia
3. Rumeenia
15. Eesti



EVELYN UUEMAA

lõõmiseks sõltumata sellest, mida õppekavades käsitletakse. Näiteks oli globaliseerumise teema juures toodud McDonaldsi toidukohtade leviku kaart alates 1940. aastast, mille põhjal tuli kirjeldada aegruumilist levikut (kaardi-lugemisoskus) ning põhjendada oma teadmiste kohaselt, miks just sel ajal ja sinna suunda on laienetud. Järgnev küsimus puudutas rahvusvaheliste korporatsioonide müügistrateegiate kohandamist vastavalt sihtturule. Küsiti ka, milliseid positiivseid ja negatiivseid arenguid äriühingud sihtkohamaades tekitada võivad.

Välitöödel tuli esmalt kaardistada avalikus kasutuses olevaid alasid (park, mänguväljakud) ning seejärel kogutud info põhjal leida parim lahendus kasutusest väljas olevatele spordiväljakutele nii, et need täiendaksid olemasolevaid alasid parimal moel.

Multimeedia testis tuli pildi, kaardi, joonise, filmi või animatsiooni kohta käivale küsimusele valikute seast õige vastus leida.

Võistlust täiendasid mitmed ekskursioonid: Krakówi suurele turuväljakule, vanalinna, päevane väljasõit Pieniny mägedesse, kus sai sõita nii jalgratta kui parvega, Wieliczka soolakaevandusse ning huvi korral Auschwitzi. Öhtuid sisustas kultuuriprogramm ning postrite tutvustused, mis seekord käsitlesid nüüdisaegsete linnaalade väljakutseid. Põhja-paneva ülevaate sai ka Poola rahvusköögist, paljusid söömaaegu saatsid kohalike muusikute etteasted.

Vaba aega oli seekord vähe, kuid kogemusi sai sellegipoolest vahetada. Loode-tavasti hakkab varsti ka rahvusvahelisel olümpiaadil arvutitel, internetil, GPS-il ning geoinformaatikal oma osa olema – Eestil on selles vallas kogemusi jagada.

Järgmine rahvusvaheline geograafiaolümpiaad korraldatakse esialgsete plaanide kohaselt Tveris ja Moskvast. ●

LOE VEEL

- <http://kooligeograafia.ut.ee>
- www.igeo2014.pl
- www.geoolympiad.org

Vasakult paremale: Hendrik Sobi, Taniel Paju, Uku-Kaspar Uustalu ja Kristiine Aluvee Dunajeci lossi taustal.

graafide kooli (Vidzemes Jauno ģeogrāfu skola – School of Young Geographers in Vidzeme) eestvedamisel Lätis Valmieras. Kohale oli sõitnud kuus võistlejat Eestist ja Leedust ning üheksa Lätist. Tegemist oli rahvusvahelise olümpiaadi treeninglaagriga, et testida inglise keele oskust, kuid lisaks olid kaasas ka tublimad 9. klassi lõpetanud. Olümpiaad koosnes kirjalikust tööst (küsimusi gaasitrassidest, UNESCO maailmapärandi nimistust kuni maailmalõpuni), grupiga Valmiera pargi olukorra analüüsist ning tulevikuperspektiivide väljatöötamisest, individuaalsest Koiva/Gauja jõe liivakivipaljandite sufosiooni uurimisest ning valikvastustega viktoriinist. Eestlased saavutasid I, II, IV, IX, XIV ja XX koha.

Rahvusvaheline jõuproov

Rahvusvaheline geograafiaolümpiaad peeti 12.–18. augustini Krakówis. Osalemas oli 36 riiki ning 144 õpilast vanuses 16–19. Võistlusprogramm oli ülimalt tihe ning koosnes kirjalikust tööst, kahest välitööst ning multimeedia testist. Kirjalik töö puudutas kuut teemat: ranniku geomorfoloogiat, metsi, ökoloogilist jalajälge, keskkonnapõgenikke, haiguste levikut ning globaliseerumist. Töö koostamisel üritatakse arvestada, et kaetud oleksid nii loodus- kui ka inimgeograafia, teemad oleksid nüüdisaegsed, üle maailma arusaadavad, kuid seejuures panustatakse mitte niivõrd faktiteadmistele, vaid arvooniste interpreteerimisele, tagamaks kõigile võrdsed võimalused kaasa-

Tõsine suutäis loogikat filosoofia lisanditega

INDREK MEOS
filosoofia õppejõud



Enn Kasak
LOOGIKA ALUSED
Tartu Ülikooli Kirjastus, 2014

Enn Kasaku loogikaraamat on jagatud kolmeks osaks: traditsiooniline loogika, klassikaline loogika ning mitteklassikaline ja informaalne loogika. Autor põhjendab eesõnas, miks on käsitletud ka selliseid iidseid teemasid nagu mõisteõpetus ja süllogism. Olen niisuguse teemade valikuga täitsa nõus. Nii matemaatika kui ka loogika õppimise kohta ütlesin Lomonossovi sõnadega:

„Matemaatikat tuleb juba seepärast õppida, et ta seab mõistuse korda.“ Võimalik, et just need iidseid teemasid ongi mõne tudengi jaoks huvitavad ning korrastavad ka mõistust.

Enn Kasak on olnud väga põhjalik, raamatus on külluses näiteid, tabelid ja joonised selgitavad öeldut. Tegemist on autoriteetse allikaga loogika õppijale. Võrreldes 1997. aastal ilmunud, samuti autoriteetse allikaga (Tamme, Tõnu; Tammet, Tanel; Prank, Rein. Loogika. Mõtlemisest tõestamiseni. Tartu, 1997), on kõne all olevas

raamatus rohkem selgitusi ja näiteid ning filosoofilist sisu.

Sihtgrupi kohta kirjutab Enn Kasak: „„Loogika alused“ on mõeldud õppematerjaliks loogika algkursuse juurde Tartu Ülikooli õigusteaduskonnas, kuid võiks suuremal või vähemal määral huvi pakkuda ka teistele humanitaarerialade üliõpilastele.“ Loogika algkursuse jaoks on materjal minu arust küll liiga põhjalik ja keeruline, kuid võib-olla tuleb seda mõista nii, et tegemist on eeldusainega mõne teise kursuse jaoks. Ehkki „autor palub vabandust ebatäpsuste ja vigade pärast, paraku pole ta võimeline neid kõiki märkama ja kõrvaldama“, ei usu mina küll, et raamatus mingeid vigu enam oleks. Eessõnas mainib Enn Kasak mitmeid kolleege ja tudengeid, kes on aidanud käsikirja enne trüki ilmutist täiendada ja parandada.

Pedagoogilise külje pealt tekkisid mul ka mõned mõtted, kuid need on paraku alati subjektiivsed. Mäletan, kuidas Enn Kasak esines ettekandega „Tark lollitab, loll targutab ja kool õpetab ...“ 2003. aastal toimunud filosoofiaõpetajate seminaril. Muu hulgas kiitis ta 2000. aastal eesti keeles ilmunud Bryan Magee raamatut „Filosoofia lugu“, sest see on kirjutatud lihtsalt ja arusaadavalt (täpne sõnastus pole mul meeles, kuid öeldu mõte oli minu mäletamist mööda selline). Sellise mälestuse taustal oli üllatav, et Enn

Kasak on kirjutanud loogikast ligikaudu 600-leheküljelise tõsiteadusliku raamatu, mitte aga väiksemas mahus „Populaarse loogika“ vms.

Kuna sihtgrupiks on eelkõige õigusteaduse tudengid, siis on omal kohal pedantsed ja keerulised sõnastused, mida pole arusaadavuse huvides püütudki lihtsustada – näiteks selline definitsioon (lk 512): „Küsimus (*question*) on abstraktne objekt (kokkuleppeline mõtlemise vorm), mis kutsutakse esile siis, kui esitatakse küsilause, mis määratleb võimalike vastuste hulga nii, et iga võimalik vastus rahuldab küsilause väljendatud infovajaduse.“

Ma usun, et kui püüda seda definitsiooni vähegi lihtsustada, siis leiaksid tähenärijad, et see pole adekvaatne. Mainitud definitsioon meenutab mulle, juurakaugele inimesele, seaduste sõnastusi, mille mõtte selgitamiseks korraldatakse koolitusi ning kirjutatakse mahukaid raamatuid. Kui seadus oleks sõnastatud lihtsalt ja arusaadavalt, siis leiduks paraku hulgi neid, kes püüavad järgida mitte seaduse vaimu, vaid kirjatähte, ning leiutavad kõiksuguseid JOKK-skeeme. Teiste humanitaarerialade üliõpilased sellise probleemiga ehk maad- lema ei pea, kuigi tähenärimine võib mõnele nendegi seast omane olla.

Oskussõnade puhul pooldaksin võimaluste piires eesti- keelsust – eriti kui sulgudes on võõrkeelne vaste kirjas. Näiteks

on küsimuste ja vastuste loogikale pühendatud peatükk nimega „Eroteetilisest loogikast“. Sellist pealkirja võiks kasutada, kui oleks soov näidata, kuidas sarnased sõnad tähendavad erinevaid asju: kreeka keelsed „ερωτησις“ ja „ερωτικος“ vastavalt „küsimus“ ja „armastusega seotud, armunu“. Kui sellist eesmärki ei ole, võiks pealkirjaks olla „Küsimuse loogika“ või „Küsimuste ja vastuste loogika“. Samamoodi võiks sõna „presuppositsioonid“ asemel kasutada eestikeelset sõna „eeldused“, sulgudes on võõrkeelne vaste niigi olemas. Sellisel juhul pidanuks ümber sõnastama ka lause „Presuppositsioonid (*presuppositions*) on eeldused, millest oleneb see, kas küsilausega õnnestub küsimust väljendada ...“ (lk 514). Nimelt ei sobiks ju öelda: „Eeldused on eeldused ...“.

Võõrsõnade kasutamine on muidugi harjumise asi: mõne jaoks on „laikimine“ täiesti normaalne sõna, mõnd ei pane muigama isegi „Andestust, kuid lammas konsumeeris meie apellatsiooni“, mõni räägib apertuurist, mõni laenudivisjonist jne. Kui aga valdkond on inimesele uus ja võõras, siis ta suure tõenäosusega seal võõrsõnu ei salli. Ja eesti keelgi võiks ülikoolis au sees olla. Ega ma ausalt öeldes väljaspool peatükki „Eroteetilisest loogikast“ liigset võõrsõnade kasutamist kuigi palju ei märganud ka. ●

„Ma ei ole lugeja mitte sellepärast, et mul puudub elu, vaid sellepärast, et ma soovin elada mitut.“

Anonüümne

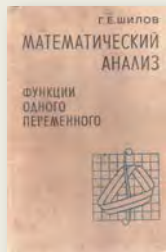
Suurim valik raamatuid

ra

Rahva Raama

RAAMAT, MILLETA MA OMA ERIALA ETTE EI KUJUTA

PEETER LORENTS
matemaatik



Георгий Шилов.
МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
(функции одного переменного).
Части 1–2
Наука, 1969

Usun, et pole ainus, kes oma töövaldkonda ei kujuta ette vaid ühele raamatule rajatuna. Mõne roll on aga olnud selgelt kaalukam. Küllap oli minu tõsisem kokkupuude matemaatikaga üks õhuke pehmete kaantega „Muusika elementaarooria“ (koostaja Heino Kostabi; Tallinn, 1962). Sattusin seda lugema muusikakeskkooli kaheksandas klassis ning märkasid väidet, mis oli sõnastatud enam-vähem nii: *intervalliks nimetatakse kahe heli kõrguse vahet*. Kusjuures sama nime kandvatel intervallidel (nt väikestel sekunditel), nii sain ma kirjutatust aru, pidi vastav helikõrguste vahe olema ühesugune. Leheküljel paiknes ka arvujada, milles olid esitatud mingist heliredeli jupist pärit nootide helisagedused (kuna heli kõrguse määramise selle heli sagedus). Ei tea kuidas, aga hakkas silma, et sekundit moodustavate nootide korral oli vastavate helisageduste vahe helirea erinevates kohtades erinev. Kõigepealt arvasin, et tegu on trükkiveaga. Huvi pärast uurisin asja pisut veel ja ennäe – ei klappinud see värk ka teiste intervallide korral. Miski tundus kapitaal-selt valesti.

Oli suur õnn, et tagasihoidliku matemaatilise pagasi ja võimekusega poisile sattus ette mittematemaatikast, seejuures tema tolleaaja tõelise kutsu-

musega seotud *muusikast* pärit küsimus, mille üle juurdlemine osutus võimalikuks vaid lahutamise ning jagamise tehete piires. Nimelt selgus, et sama nime kandvatel intervallidel on olemas küll üks ja seesama arvuline „iseloomustaja“, kuid selleks pole teps mitte helikõrguste vahe, vaid hoopis suhe. Ja läkski lahti: aga millised oleksid ja kuidas kõlaksid helid sellistes ridades, kus muutumatuks suuruseks oleks siiski see „vale“ vahe, mitte suhe. Kuidas üldse muusikalised helid ja nende kooslused helisageduste arvumaailmas end esile toovad, kuidas need üleüldse tekivad jne. See lausa nõudis füüsikaraamatut, mille sai õnneks poest käbedasti kätte. Juhuse tahtel osutus selleks Konstantin Putilovi „Füüsika I. Mehhaanika. Akustika. Molekulaarfüüsika. Termodynamiika“ (Tallinn, 1964). Veelgi suurem oli aga õnn teada saada, et füüsikata pole helide olemuse mõistmine mõeldav, füüsikast arusaamine aga eeldab matemaatikat. See tundus tänu Putilovi raamatule nii iseenesest mõistetav ning veidral kombel mittehirmutav, et kogu senist „häda ja viletsust“ matemaatikaga poleks nagu olnudki.

Niisiis tuli hakata uudishimu rahuldamiseks *rakendama* matemaatikat. Paraku õppides käigupealt seda, mida juba ammu õppida oleks tulnud, kõnelemata paljust muust, mida programmis polnudki.

Aastate pärast oli noormees ülikoolis. Matemaatikateaduskonnas. Mitte kõige edukam. Mingil põhjusel osutus matemaatilise analüüsi õppimine kaunikesti veidraks tegevuseks. Asi tundus huvitav. Aga raamatuga (Gunnar Kangro. Matemaatiline analüüs I. Tallinn: Valgus, 1965), mida enamik edukalt kasutas, oli probleeme. Aru oleks nagu saanud. Aga omaks võetav polnud. Ja

siis tuli Šilov! Täpsemalt – üks tema venekeelne raamat, mida juhtusin nägema raamatupoes (Георгий Шилов. Математический анализ (функции одного переменного). Части 1–2. Москва: Наука, 1969). Fantastiline! See *raamat*, mõtlen ma tänaseni.

Tõesti-tõesti, mõistend ja tulemused, mida teiste raamatute korral tuli selgeks närida, nagu vana veise vintsket liha ülikooli sööklas, libisesid Šilovi raamatust silmade ja kukla vahele, kui peenelt maitsestatud värske vahukoor keeltmööda kurgu poole restoranis Tarvas. Šilov kasutas väga selget mõistete aparaati, milles oli iga termini korral klaar, kas on tegu ühega vähestest fundamentaalmõistetest, nagu näiteks hulga mõiste (mida kokkuleppeliselt kasutatakse ilma määratluseta), või on mõistel range, kuid siiski arusaadaval viisil esitatud definitsioon. Tulemuste tõestused olid viimase kruvini paigas. Mitte midagi ei väidetud tõestusest (v.a aksioomid). Keerukamatel juhtudel kasutati põhjenduste ülesehitamisel reeglina väiksemateks osadeks liigendamist, kus iga osa kujutas endast mõnd selgelt formuleeritud iseseisvat vahetulemust koos asjakohase tõestusega. Niisugune pisi-asjadeni ulatuv mõistete defineerimine ning väidete tõestamine ei mõjunud sugugi tüütavalt. Vastupidi – see tekitas midagi, mida võiks iseloomustada sõnadega *vaimustav usaldusväärsus*. Üks näide. Küllap mäletavad paljudki koolitarkust, et nulliga jagada ei saa. Aga miks? Šilov selgitab: (määratlus) arvu w u jagamine arvuga w , on arvu u korrutamine arvu w pöördarvuga (näiteks $3 : 5 = 3 \cdot 0,2$ ehk näiteks $12 : 10 = 12 \cdot 0,1$). Edasi – (järgmine määratlus) arvu x pöördarv on selline arv y , mille korral $x \cdot y = 1$. Väite 1.47.a.

kohaselt $0 \cdot m = 0$ iga arvu m korral. Järelikult ei saa *mitte ühegi arvu y korral* olla, et $0 \cdot y = 1$. Järelikult pole arvul 0 pöördarv. Järelikult arvuga null jagada ei saa.

Neile, kes taolist nokitsemist tüütaks peavad, oli Šilovil esitada suurepärane näide Toscana suurhertsogi õuematemaatik Guido Grandile omistatud arutelust.

Vaatleme lõputa summat $1 + (-1) + 1 + (-1) + 1 + (-1) + \dots$. See summa võrdub arvuga 0, kui kasutame sulgusid järgnevalt:

$[1 + (-1)] + [1 + (-1)] + [1 + (-1)] + \dots$

Samas võrdub kõnealune summa arvuga 1, kui kasutame sulgusid järgnevalt:

$1 + [(-1) + 1] + [(-1) + 1] + [(-1) + 1] + \dots$

Kas midagi on valesti? Kontrollige üle! Ei olnud? Kuid siis nõustuge koos Grandiga, et tegelikult $0=1$. Ja sestap polevat midagi imelikku selles, et maailm on loodud eimillestki. Kui ei taha nõustuda, siis palun – *esitage selge ja range määratlus „lõputa summale“* $1 + (-1) + 1 + (-1) + 1 + (-1) + \dots$. Teist teed ilmselt pole.

Just niisugune matemaatilise mõtlemise masinavärk sobis mulle väga. Analüüs, mida paljud keeruliseks pidasid, oli minu jaoks nauding. Mäletan, et kevadsemestril pani muidu vaoshoitud dotsent Reimers mulle analüüsi hindeks hoogsalt käeliigutusega „kolossaalsete mõõtmistega“ viie, mis mul seniajani silme ees on. Mõni aeg hiljem ilmusin dotsent Saarniidu eksamil, kus kardetavaimaks peeti diferentsiaalvõrrandite lahendamise olemasolu küsimust. Uke taga eksamil kutsumist ootav kamp närveldavaid tudengeid esines pärast lühikest sõnasahinat järgmise suunisega: *sa mine nüüd kohe sisse ja küsi see pilet endale, no ole mees ...* Läksin, küsisin, ära vastasin.

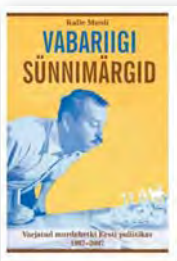
LUGEMISELAMUS

Selles numbris
JÜRI ELKEN

Rühmakaaslased õhkasid, nagu oleks surmanuhtlusest pääsenud. Endalgi oli hää tunne.

Kuid ajal on teisigi tahke. Nimelt see (matemaatilise) mõtlemise tehnoloogia, mis ühele sobib, ei pruugi sobida teisele. Enamgi veel – masinavärk, mis mõnele oivaliselt sobib ühes (matemaatilises) valdkonnas, ei pruugi teda aidata mingis teises (matemaatilises!) vallas. Nii oli ka minuga. Analüütilises geomeetrias kukkusin kevadel läbi mis kolises. Mitu korda. Mul sel ajal lihtsalt puudus võimekus geomeetriat tunnetada. Sama lugu oli teoreetilise mehhaanikaga. Kusjuures füüsikakursuse elektriosaga polnud mingeid probleeme.

Kas pole veider? Ei ole. Süsteemiteooria ühe põhiprintsiibi kohaselt ei saa ükski asi olla võrdväärselt tõhusalt rakendatav (väga) paljudes valdkondades. Lühemalt: mida universaalsem, seda mitte-tõhusam. Ja mida tõhusam, seda vähem laialtkasutatav. Kõneldes seejuures matemaatikast, tasub teada, et tegemist on paljude erinevate valdkondade kogumiga. Õelda enda kohta, et olen matemaatik, on pea sama vähe, kui õelda, et olen sportlane, või muusik. Samas on vahel veidral kombel mingi ühe kitsama valdkonna kaudu omandatud võimekused kellegi jaoks võimsaks vahendiks hoopis teises valdkonnas. Minuga on see kindlasti nii. Usun, et oma aluspõhja suutlikkusele tegutsemiseks loogika, algebra ja algoritmiteooria vahendeid arendades ning rakendades (näiteks selleks, et saada usaldusväärseid juhtimisotsustusi inimese abita), olen rajanud hoopis-hoopis teist valda tundma õppides. Ja seda kindlasti šilovi raamatu abil. See on raudselt see raamat, millest vist poleks mind askeldamas ühel otsatul maal nimega matemaatika. ●



Kalle Muuli
VABARIIGI
SÜNNIMÄRGID
Tulumuld,
2013

Loen põhiliselt küsimuspõhiseid fragmente artiklitest ja raamatutest, mille olen leidnud internetist. Küsimused tekivad enamasti sellistel teemadel nagu eriala, ajalugu, muusika, geograafia, tehnika. Vastuse saamiseks pole tarvis tervet materjali läbi lugeda. Kui pole tegu pelgalt faktidega, on oluline ja ka huvitav võtta järgmine materjal ning vaadata sealset esitust. Olen üsna sageli teadus-

artikleid retsenseerinud ning siin tuleb kaasaegse lugemistehnika valdamine kõvasti kasuks. Paraku ei paku selline klippide lugemine seda tunnet, et loeks aga edasi ja edasi... ehk klassikalist lugemiselamust.

Õhinaga lugemise tunde tekitasid loomulikult noorpõlve iidolite biitlite ja rollingute lugusid jutustavad raamatud. Ilukirjandusest olen proovinud lugeda mõnda müügihitti, aga pärast kümmekonda lehekülge on need pooleli jäänud. Võibolla minu enda tempo on nende lugemiseks praegu ebasobiv. Arvasin esialgu sedasama Kalle Muuli dokkseeriast „Isamaa tagatuba”

ja „Vabariigi sünnimärgid”, mille plaanisin diagonaalis üle libistada. Kahtlustasin, et seal on ainult sündmuste ja faktide loetelu, nagu hakkas silma lisas, kuid leidsin eest mitmekihilise, suhteliselt erapooletu ja huvitavalt jutustatud loo. Sain veel kord, kuid uuest vaatenurgast kinnitust, et Eesti iseseisvuse taastamisel olulist rolli mänginud inimesed olid parajalt jaheda peaga ja õnneliku käega. Halvemad arenguvariandid stiilis „revolutsioon õgib oma lapsi” ei realiseerunud. Dokkide ja memuaaride lugemisega kompenseerin oma nooruspõlve huvi ajaloo vastu. ●

E-MAAILM

Millised olid Teie esmased kokkupuuted?

Mõiste „sisselogimine” muutus minu jaoks aktuaalseks 1980. aastate keskpaigas, kohe, kui perfokaartide ja väljatrüki asemel tekkisid esimesed arvutitöökohad.

E-kirjadega puutusin esimest korda kokku 1993. aastal, kui töötasin Saksamaal. Sealne süsteem töötas esialgu küll ainult Saksamaa ja Ameerika ülikoolide vahel, kuid juba aasta pärast oli meilindus ka kodus olemas. Tekstilised kirjutati sel ajal enamasti Word Stari või Word Perfecti abil.

Milliseid e-ressursse kasutate?

Erialased tekstid otsin Google Scholar'i abil. Selle eelis Web of Scienc'i ees on see, et paljud kohalikud materjalid ja teaduslikud ning tehnilised aruanded (mis on okeanograafias küllalt olulised) on samuti vii-

datud. TTÜ võrgus on paljude ajakirjade artiklite täistekstid kättesaadavad, sest riik maksab litsentsitasud.

Andmed on okeanograafias väga suure mahuga ja neid hoitakse üldjuhul andmete tekitaja juures. Olulisemad andmete väljavõtted on ftp-ladudes. Konsortsiumi partnerid laadivad sinna regulaarselt uuendatud andmed. Edasi on partnerite oma asi, millal ja kui palju nad andmeid alla laadivad. Standardseid väljavõtteid on piiratud hulk. Kuna täisandmete transportimine üle interneti pole mõeldav, kasutatakse üha enam OPenDAP servereid, kus päringu põhjal tehakse andmete väljavõtte andmete omaniku serveris ning edasi antakse väiksema mahuga väljavõtte.

Reaalaja andmevahetusele tugineva merealase info esitamise veebis üldiseks kasutamiseks, vt www.msi.ttu.ee.

Kas ja kui suureks probleemiks peate interneti turvalisust?

Personaalsel tasandil turva-probleeme pole. Mõnevõrra häirib järjest kasvav veebikasutuse jälgimisel põhinev personaalsete reklaamide ja soovitusete hulk. Pärast laste-laste külastäiku saan massiliselt soovitusi vaadata Jänku-Jussi multikaid (isenesest ju toredad, aga kaua võib!). Erialasel tasandil on kriitiline koht pigem see, et enamik mere- ja ilmaprognooside koostamiseks vajalikke süsteeme toimib läbi interneti, eraldi sidekanaleid kasutatakse üha vähem. Näiteks kui mobiilside on rivist väljas, ei saa me enam automaatjaamadest mõtteandmeid. Kui andmeid õigel ajal pole, käivitub märksa ebatäpsem tagavaravariant. Alternatiiv oleks side dubleerimine läbi satelliitside. Õnneks on selle hinnad juba langemas. ●

Topelttõesed võrdused Rooma arvudega

Selguse huvides nimetame edaspidi Rooma numbritest koostatud arve Rooma arvudeks.

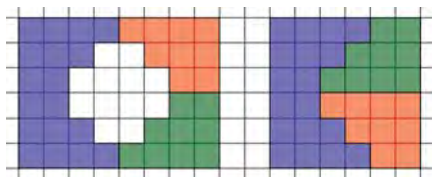
Seekordsetes ülesannetes tuleb Rooma arvude abil moodustatud tõestes võrdustes kasutatavad tähed (I, V, X, C ja M) asendada araabia numbritega 0–9 nii, et võrdused jääksid ikkagi kehtima. Ühele ja samale tähele vastab ülesandes üks ja sama number, aga erinevatele tähtedele vastavad erinevad numbrid. Ükski arv ei alga numbriga 0.

Topelttõesed võrdusi Rooma arvudega saab dešifreerida sarnaselt tavalise „tähed numbriteks“ ülesandega. Selleks võib kirjutada need arvud liitmisel üksteise alla ja kasutada sarnaseid arutluskäike nagu tuntud ülesande SEND + MORE = MONEY puhul.

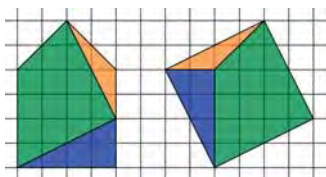
Näiteks ülesande $III + V + VI = XIV$ korral on dešifreerimise protsessi tulemuseks $I = 5$, $V = 9$ ja $X = 6$ ja vastuse võiks teele saata kujul: **555 + 9 + 95 = 659**.

- 1 $I + II + IX = XII$
- 2 $IV + V + VII = XVI$
- 3 $II + III + III + IV + V = XVII$
- 4 $I + II + IV + VI + VII + X = XXX$
- 5 $VII + VIII + XC + CM + MI = MMVI$

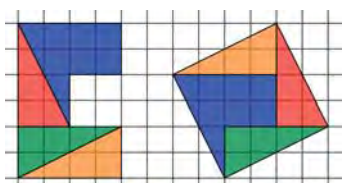
„Ruutude moodustamise“ vooru vastused



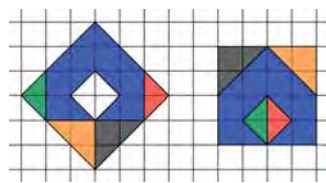
Ülesanne 1



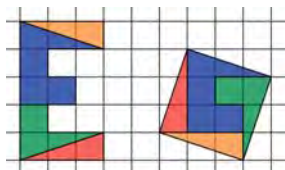
Ülesanne 2



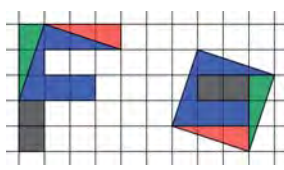
Ülesanne 3



Ülesanne 4



Ülesanne 5



Ülesanne 6



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.

Vastuste ärasaatmise tähtaeg on
10. oktoober 2014.

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

2014. aasta parimale nuputajale

auhinnaks 100 euro eest raamatuid Rahva Raamatust.

ra | Rahva Raamat
SAJANDIJAGU VAIMUTOITU

Vooru võitja

saab kingituseks raamatu sarjast „Looduse raamatukogu”.
Valikuvõimalustega tutv

www.loodusajakiri.ee.



„Ruutude moodustamise” vooru tulemused

Neljanda vooru ülesanded olid rasked. Juhul, kui kujund oli jaotatud minimaalseks arvuks tükkideks, millest oli kokku pandud ruut, siis teenis ülesande eest 2 punkti. Kui ruut oli kokku pandud suuremast arvust tükkidest, sai lahendaja ühe punkti. Kõik ülesanded lahendasid õigesti ja 12 punkti kogusid Anti Sõlg, Meelis Reimets, Kuldar Traks ja Kevin Väljas.

Tabeliseisu pärast neljandat vooru leiata veebiküljelt www.horisont.ee.

Neljanda vooru auhinna – raamatu sarjast „Looduse raamatukogu” – võitis loosi tahtel **Meelis Reimets**. Võitja saab tutvuda sarjas ilmunud raamatutega veebiküljel www.loodusajakiri.ee ja anda oma eelistusest teada toimetuse telefonil 610 4105.

	Mehhiko osariik	Aina	Muusika- ja tantsu- etendus	Grigori Rasputin	<i>Kuma</i>	Korv- palliliiga	USA suusataja	Supilinna uulits	1 inglise k.	<i>Kuma</i>	Naise- nimi	Politiik	 Mu jaoks on olnud olulisimad need kohad, kus teadus, filosoofia ja religioon	
Kes on pildil?	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
Sigimatu	→				Ungari ülik	→				Element nr. 72 Ette- kujutus	→			
Riik Aafrikas	→				Ungari luuletaja Küla Kullamaa vallas	→		Spordi- relv Sidesõna	→					
<i>Kuma</i>		Rent Laeva osa	→			Järjest. tähed Lehterjas nõgu	→		FLEMING	→				
											Detsi-	→		
Element nr. 17	→		Hispaania vutiklubi Hispaania alam- aadlik	→				Toos Dessant 17.-19.01 1919	→					
Hawaii saar	→				Esiti ... on ja jääb!	→				Hobujõud AASA- MAA				
Saar Malai saarestikus	→						Osun- dama Endine näitleja	→						
USA arhitekt	→													
Spordi- auhind	→					Teist- sugune Veresoon	→							
Kõrgkool (lühend.)	→			Linn Ru- meenias Pinn- moot	→				Oh'i semu Linn Itaalias	→		USA geneetik Tänav (lühend.)	→	
Piiriküla	→				Graafik	→				Linn Ing- lismaal Spordi- vahend			Element nr. 99 Pagari- toode	→
<i>Kuma</i>			Tume aluseline süva- kivim	→				Liiku- matus Prantsu- se füüsik	→					
Näriliste sugukond	→											Stanley Noot	→	
					</									



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

Lahendajate vahel läheb loosi Ristsõnarõõmude aastatellimus. Eelmise ristsõna vastus „Leopardi hääliitsus sarnaneb kõlapildilt kõige rohkem HELILE, MIDA TEEB NÜRIVÕITU SAAG“ viitas Indrek Rohtmetša Kalahari-teemalisele artiklile, mis ilmus 2014. aasta kolmandas Horisondis. „Onu Uno Valitud Ristsõnade“ aastatellimuse võitis loosi tahtel Jaan Meriniit.

2014. aasta neljandas Horisondis meeldis ristsõna ja mälusäru lahendajatele eriliselt Andrus Möldri ülevaade Šotimaast ja šotlaste iseseisvuspürgimustest.

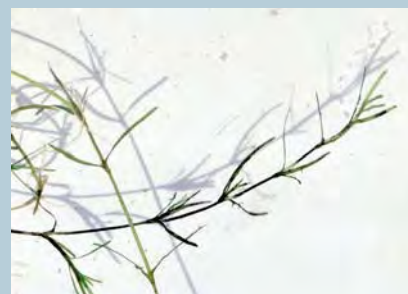


Arva ära!

1 See teadusemees ja Arktika-uurija suri 1930. aastal Gröönimaal toimunud ekspeditsiooni ajal. Ta sai tuntuks eeskätt ühe uude teooriaga. Samuti kindlustasid talle juba eluajal silmapaistva teadlase maine tööd atmosfääri termodünaamikast, katse seletada virmaliste teket ja avastused Gröönimaa jäämassiivi ehituses. Kellest on jutt?



2 See taim on tülikas umbrohi riisipõldudel, kuid hea haljasväetis ning väärtuslik kalatoit. Ta tolmlib vee all. Eestis kasvab kaks haruldast liiki: meri- ... ja nõtkes ... (fotol, leidub ainult Otepää lähistel). Mis taimeperekond?



FOTOD: WIKIPEDIA



3 1951. aastal avastati Vaikses ookeanis asuva Mariaani süviku lõunaosas küsitav sügavik, mille sügavuseks on mõõdetud 10 911 (+/- 40) meetrit, millega see on kõige sügavam koht maailma-meres. Seni on sügaviku põhja laskunud kolm inimest: 1960. aastal Jacques Piccard ja Don Walsh (fotol) ning 2012. aastal filmilavastaja James Cameron. Mis nime see sügavik kannab?

4 See diptühhon on üks enim uuritud teos Euroopa kunstis. Samas pole selles käsitletud paljude tasandite tõttu ikkagi jõutud teose loogilise, kõiki detaile arvestava tõlgendamiseni. Diptühhoni on loonud tundmatu kunstnik 14. sajandi lõpul ning see on saanud nime mõisa järgi, kus taies pikka aega asus. Mis nime see diptühhon kannab?



5 Näete ühe linna vappi. 2014. aasta juulikuus seisuga elas seal 3089 inimest. Alates 2007. aastast on linn tuntud ühe seal igal aastal juulikuus toimuva kultuurisündmuse poolest. Mis linn?



MÄLUSÄRU 4/2014 VASTUSED

1. Niko Pirosmanni (Pirosmannišvili), Gruusia 1-larisel rahatähel.
2. Edmund Hillary (Uus-Meremaa dollar).
3. Leedu (lendurid Steponas Darius ja Stasys Girenas).
4. Matthew Boulton ja James Watt (firma Boulton & Watt). Inglise nael.
5. Sigrid Undset (Norra).

● Tom Angi raamatu „Digitaal-fotograafia meistriklass“ saavad loosi tahtel endale Enn Kirsman, Jüri Leek ja Ivo Ojamäe.

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!
Vastanute vahel loosime välja kolm Eric Chaline raamatut „Viiskümmend masinat, mis muutsid ajalugu“ kirjastuselt Koolibri.

VASTUSEID
ootame 15. oktoobriks aadressil Endla 3, Tallinn 10122 või horisont@horisont.ee. Pange kirja ka selles ajakirjanumbris kõige rohkem meeldinud kirjutis.

MÄLUSÄRU rubriiki toetab kirjastus Koolibri.





EESTI RAHVA
MUUSEUM



Ei saa üle Emajõeest

18.06.–2.11.2014

Üle Emajõe on aastasade jooksul sildu ehitatud, lammutatud, hävitatud, tules põlenud ja uuesti ehitatud. Tartu sildade ajalugu ulatub teadaolevalt aastasse 1554. Tänavu möödub Kivisilla avamisest 230 aastat. Sildade ehitamiseks on kasutatud puitu, nahka, pontooni, kive ja betooni. Jõe ületati ka parvede ja paatidega. Praegu viib Tartus üle Emajõe kuus silda.

Postkaardid, fotod, postmargid, ümbrikud, esemed, joonistused toovad vaatajani läbi ajaloo kuusteist Emajõe silda.



Armastuskirjad

13.11.2014–31.05.2015

Lembeteemalised postkaardid ja südamest kirjutatud read viivad meid tagasi aega, kui erinevates paikades elavate inimeste põhiliseks suhtlemisvahendiks oli kiri. Eriti kallid sõnumid seoti ilusa paelaga kokku ja pandi tallele. Postkaardi saatmise ilus komme on pika ajalooga.

Muutuvad ajad ja muutuvad kombed. „Oma laste käekirja ma vist ei tunnegi ja ega postiaadressi ka peast tea,“ tunnistas hiljuti üks viiekümneandates aastates muuseumikülastaja.

Üle paarisaja näitusele välja pandud postkaardi ja kirja jutustavad oma loo.

Eesti Rahva Muuseumi Postimuuseum NÄITUSED SÜGISEL 2014



Inspireeriv India – *India inspiring!*

3.09.–2.11.2014

Eksootilise maa ja teema tõi meieni Tartu Ülikooli doktorant, filatelist ja India kultuuri huviline Briti Deb. Näitusega soovib filatelist India kultuuriteemaliste, erinevates riikides välja antud postmarkide kaudu edastada Rāmājana eepose sõnumit igas inimeses peituvast jumalikkusest.

Eesti Rahva Muuseumile annab näitus võimaluse avalikkuse ette tuua mõned esemed oma muidu vähenäidatavast võõrrahvaste kogust.

ERMi Postimuuseum (Rüütli 15, Tartu) K–P 11–18

Lähem info www.erm.ee

TAEVAS TÄIS IMESID – VAATA, IMESTA JA PILDISTA!

TELESKOOP JA OBSERVATOORIUM, IDEEST LAHENDUSENI

BRESSER



Bresser Messier AR-90 EXOS-1
 ø90 mm, F=900 mm
 Hea läätsteleskoop
 alustavale astronoomiahuvilisele
339€



Bresser Messier NT-130 EXOS-1
 ø130 mm, F=1000 mm
 Eesti populaarseim teleskoop
 alustavale astronoomiahuvilisele
419€



Bresser Messier AR-102 EXOS-2
 ø102 mm, F=1000 mm,
 fotovõimeline läätsteleskoop
499€



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



Bresser Messier NT-203 EXOS-2 GOTO
 ø203 mm, F=1000 mm,
 Soodne automaatika
1079€

Taustapilt: ESA-Hubble & NASA



Observatorium Pärnumaa
 Keskonnahariduskeskuse katusel



Coronado päikeseteleskoobid
 alates **795€**



Kvaliteetsed binoklid
 8x32, 10x42, 10x50, 8x56
 alates **155€**



Bresser Lyra
 70/900 mm
 Lapsele sobiv
219€



Bresser Jupiter
 70/700 mm
 Lapsele sobiv
199€

Trinokulaarse peaga mikroskoop

Science TRM-301 40x-1000x
 Sobilik uurimis- ja teadustöoks,
 üliõpilasele ja laborisse;
 rikkalik lisavarustus
 tumevälja kondensorist
 kaamerani
790€



Trinokulaarne stereomikroskoop

Advance ICD 10x-160x
 Sobilik uurimis- ja teadustöoks,
 üliõpilasele ja laborisse;
 1x-4x suum-objektiiv,
 pealt- ja altvalgustus,
 kaameravalmidus
499€



Mikroskoop Biolux

Suurendus 20x-1280x
 Kohver ja vajalikud tööriistad,
 PC okulaar, pealt- ja
 altvalgustus
 Sobilik lapsele ja koolile!
 alates **99€**



Stereomikroskoop

Researcher ICD
 Suurendus 20x-80x
 Reguleeritav pealt- ja
 altvalgustus
 Toimib ka õues
 (akutoide)
229€



LCD ekraaniga mikroskoop

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



E-pood: www.teleskoop.eu

Helista: 5 28 9 895

Kirjuta: taevatoru@teleskoop.eu

facebook.com/teleskoop.eu