

KAUGSEIRE  
EHITUSES

TUBERKULOOSI-  
TEKITAJA SALARELV



PUTUKATE  
KUUMATAJU

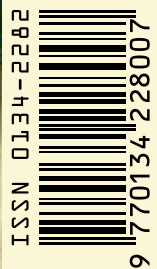
# horisont



RIIKLIKULT TUNNUSTATUD  
TEADUSE  
POPULARISEERIJAJA 2017

4/2020 ■ JUULI-AUGUST ■ HIND 4.90 ■ 54. AASTAKÄIK

## PEETER I SALAJANE EESTIS KÄIK



ULTRAVIOLETTKIIRGUS JA TERVIS

ERKI SALUVEER: VÕIDAVAD NEED, KES ÕPIVAD ANDMETEST



# **Katusepesu ja värvimine**

## **Fassaadidehooldus ja värvimine**

**Tel: 5565 0673**

**e-post: [info@sunluna.ee](mailto:info@sunluna.ee)**

**[www.sunluna.ee](http://www.sunluna.ee)**



## SELLES NUMBRIS

Marten Seppel  
**Peeter I reis läbi suure nälja aegse Liivimaa** 8

Riia oli esimene Euroopa linn väljapool Venemaad, mida Peeter I oma elus nägi, esimene peatuskoht tema Euroopa-reisil oli aga Vastseliina.

Sille Remm  
**Tuberkuloositekitajate salarelv** 34

Mükobakterite rakuümbrist peetakse põhjuseks, miks nad alluvad anti-biootikumide ravile halvasti.

Enno Merivee, Anne Must, Karin Nurme  
**Putukate kuumataju mõistatuse lahendamine** 40

Putukate tundlate sensillides võivad üksikute närviimpulsside jada kodeerida madalamaid temperatuure, impulssvalangud kuumust.

Kalju Eerme  
**Ultraviolettkiirgus ja tervis** 44

Õrna nahatüübiga inimesed peaksid päikesekaitsekreeme kasutama juba siis, kui UV-indeks kerkib üle 3–4.

Raido Puust  
**Ehitustegevuse kaardistamine kaugeisega** 48

Tehisintellekti kasutamine ehitus-sektoris on päevakohane ning droonide abil pildilise informatsiooni kogumine ja analüüsimine on muutunud vabalt kättesaadavaks.

## HORISONT KÜSIB

**Intervjuu** 16  
**Võidavad need, kes suudavad andmetest õppida**

Mobiiltelefonide asukoohaandmete ja inimeste liikuvuse analüüsiga tegeleva ettevõtte Positium tegevjuhi Erki Saluveeriga rääkis Helen Rohtmets-Aasa.

**Mina ja teadus** 30  
Löökpillimängija ja helilooja Heigo Rosin.

## SIIT- JA SEALPOOLT HORISONTI

Piret Pappel. Krüoelektron- mikroskoopia püüab ongströmi piiri 3

Piret Pappel. Vandumine tõstab valuläve 5

Mihkel Kama. Esimene tabamus planeeditekketast 6

**Teine maailm** 14  
Krohmsened taimedes

**Looduse varjatud vastupanu** 22  
Kuidas tulla toime elupaikade killustumisega?

**Sündmuste horisondil** 24  
Ootamatu leid tumeaine otsinguil

Ain Kallis. **Ilm ja naabrid** 26

**Dokument kõneleb** 28  
Kulleri teekond

**Harakale haigus** 32  
Polkovniku lese sündroom

**Luu-uurija leid** 39  
Vanim tuberkuloosijuhtum Eestis

**Igameheteadus** 54  
Valmistagem vaktsiin!

**Kosmosekroonika** 56



## OLÜMPIAAD

Oleg Košik  
**Matemaatikavõistlustel naabrite juures** 58

## PRAKTILIST

**Raamat**  
Tõnu Tannberg  
**Käbini mälestused: oodatud, kuid ajastu pitseri all lookas** 59

Indrek Rohtmets  
Tiit Kändler: **Teravmeelselt teadusest** 60

**Enigma** 62  
Veel kujundite pindalade suhteid

**Ristsõna** 63

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





*Ulvar Käärt*

Ulvar Käärt, peatoimetaja  
ulvar@horisont.ee

Nagu tähelepanelikumad ilmselt märkasid, korraldas meie kirjastus Loodusajakiri sel kevadel ja suve hakul suurema kampaania, millega tuletasime laiemalt meelde enda väljaannete olemasolu ja kutsusime ajakirju ka tellima. Aeg-ajalt on ju vaja seda ikka teha, sest, mis seal salata, miks muidu olen ikka ja jälle silmitsi imestunud küsimusega „Oi, kas Horisont tõesti veel ilmub!“. Muidugi ilmub!

Oleme tänaseks sellele reklaamikampaaniale joone alla tõmmanud ning tulemused teevad nii Horisondi, Eesti Looduse kui ka Eesti Metsa tegijatele suurt heameelt – kõik ajakirjad said endale hulga uusi lugejaid. Olukorras, kus väljaannete tiraažid ja lugejanumbrid trükiajakirjanduses aina kahanevad, on meie rõõm tellijate arvu suurenemise üle eriti suur. Aitäh, hea teadmishimuline lugeja, kes sa oled meiega juba kaua koos olnud või siis praegu lugejaks hakanud! Nõnda nagu elab iga väljaanne suuresti tänu oma lugejatele, olete teiegi ses heitlikus maailmas Horisondi püsijäämise tähtsaim garantii.

Tulles käesoleva ajakirja juurde, siis siia kaante vahele saanud artiklite ja teemade valik on kirju ja kirev nagu suveõites lilleaas. Esmalt aga ühest uuest asjast. Nimelt lükkame selles numbris käima artiklisarja, mis tutvustab uudseid kaugeire kasutusvõimalusi erinevatel elualadel. Esimesena teeb otsa lahti Tallinna tehnikaülikooli professor Raido Puust, kes kirjeldab lähemalt, kuidas on võimalik satelliitidelt, lennukitelt või ka droonidega kogutavate andmete abil ehitus- ja planeerimistegevust senisest tunduvalt efektiivsemaks muuta. Edaspidi saame teada, millist tänuväärset abi pakub kaugeiretehnoloogia, mille arendamisega ka Eesti teadlased silma paistavad, näiteks veekogude, kliima või põllumajandustegevuse vaatlemisel.

Omamoodi imelistest tehnoloogilistest võimalustest pajatab intervjuus mobiiltelefonide asukohaandmete ja inimeste liikuvuse analüüsimisega tuntust kogunud ettevõtte Positiumi tegevjuht Erki Saluveer. Keegi ei oska naljalt selle peale tulla, et tema taskutelefoni abil on riigil võimalik teada saada, kui palju käib Eestis välismaalasi ja kus käivad omakorda eestlased maailma uudistamas või kus on vaja suvepuhkuste hooajal suurendada politsei ja päästjate valmisolekut. Rääkimata sellest, et lahutamatu kaaslastena võivad telefonid aidata muuta linnatranspordi kulgemise elanikele sobivamaks.

Suvisemate teemadena tuleb juttu sellest, kuidas meie teadlased aitasid lahendada putukate kuumataju mõistatuse ning miks ei tasu päevitamiseega liiale minna. Kaaneloos saame üllatavalt üksikasjaliku ja meeoleukate detailidega võrreldud ülevaate Venemaa ühe kuulsaima valitseja Peeter I vähetuntud retkest läbi Eesti. Samas näeme mikroskoobi all krohmseeni, uurime tuberkuloositekitajate ravile allumatuse tagamaid, polkovniku lese sündroomi ja muudki põnevad.

Head lugemist ja ilusat suve!

ESIKAANE FOTO: WIKIPEDIA



EESTI  
TEADUSTE AKADEEMIA

**horisont**



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

**Helen Rohtmets-Aasa**, toimetaja  
helen@horisont.ee

**Geda Paulsen**, keeleteoimetaja  
geda@horisont.ee

**Kersti Tormis**, kujundaja  
kersti@horisont.ee

**Mariis Kesküla**, turundusjuht  
mariis@loodusajakiri.ee

**Riho Kinks**, tegevjuht, reklaam  
riho.kinks@loodusajakiri.ee

**Tellimine:** 617 7717,  
www.tellimine.ee/loodusajakirjad.

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

Väljaandja: MTÜ Loodusajakiri,  
Endla 3, Tallinn 10122  
tel 610 4105  
e-post: loodusajakiri@loodusajakiri.ee

ISSN 2228-3471 (e-luger)  
Autoriõigus: MTÜ Loodusajakiri, 2018  
Trükinud Printall AS



HARIDUS- JA  
TEADUSMINISTERIUM

Ajakiri ilmub  
haridus- ja teadusministeeriumi  
toetusel

# Krüoelektronmikroskoopia püüab ongströmi piiri

17. sajandi mikroskoopiapioneeride ees avanes uus ja põnev maailm, kui nad said huvipakkuvaid objekte uurida suisa 270-kordse suurendusega. Just nii võimas on üks Antoni van Leeuwenhoeki mikroskoopidest, mida võib näha Utrechti ülikooli muuseumis. Praegu on uurijate käsutuses palju võimsam tehnoloogia ning näiteks krüoelektronmikroskoobi lahutusvõime on jõudnud erakordsele tasandile, mis lubab jälgida üksikute aatomite paigutust valgumolekulis.

**E**lektronmikroskoobis pruugitakse uuritava objekti valgustamiseks elektronikimpu ja suurendatud kujutise tekitab elektronlääts ehk elektri- või magnetväli, mis suunab laetud osakeste liikumist. Paraku lõhub elektronkiir biomolekule. Vältimaks olukorda, kus õhu gaaside molekulid elektrone hajutavad, uuritakse proove vaakumis, kus vesi kohe aurustub, lõhkudes ka valkude struktuuri.

Seetõttu on biokeemikud pidanud oma uurimisobjektidele lähenema loovalt. Ühe nutika viisi – krüoelektronmikroskoopia – väljatöötajad Jacques Dubochet, Joachim Frank ja Richard Henderson hinnati 2017. aastal Nobeli keemiaauhinna vääriliseks. Krüoelektronmikroskoopia kasutamisel külmutatakse uuritav lahus nii ruttu, et jääle iseloomulik kristallstruktuur ei jõua tekkida. Veemolekulid moodustavad klaasitaolise ehk amorfse jää ning valgu või muu biomolekuli struktuur säilib.

Krüoelektronmikroskoopiat kasutatakse struktuuribioloogias aina rohkem. Üha parem pilditöötlustarkvara ja muud tehnoloogilised edusammud vallandasid umbes seitse aastat tagasi tõelise lahutusvõimerevolutsiooni ja sest saati on meetodiga saadud üha täpsemaid teadmisi valkude ehituse kohta.

Mai lõpus teatas Max Plancki instituudi teadlane Holger Stark, et tema laboris Göttingenis on saavutatud krüoelektronmikroskoobi lahutusvõime 1,25 ongströmi ( $1,25 \times 10^{-10}$  m). Uurimus, milles kirjeldatakse apoferritiini molekuli struktuuri ülima täpsusega, on esialgu üles laaditud võrguvaramusse bioRxiv.

Apoferritiin on üks krüoelektronmikroskoopia arendajate lemmikatomolekule, kuna see on väga stabiilne. Varem oli seda valku uurides saavutatud lahutusvõime 1,54 ongströmi. Starki uurimigrühm saavutas edu sel moel, et suutis panna elektronid liikuma võimalikult ühesugusel kiirusel.



JONATHAN REMIS

Pildil on Northwesterni ülikooli krüoelektronmikroskoop

Sama suurusjärku tulemus ehk 1,2 ongströmi on ette näidata ka Briti meditsiiniuuringute nõukogu molekulaarbioloogia labori struktuuribioloogidel Sjors Scheresil ja Radu Aricescul. Nende Cambridge'is asuvas laboris pruugitakse ülitundlikku kaamerat, lisaks osatakse seal vähendada uuritavalt valgumolekuli kõrvale pörkavate elektronide tõttu tekkivat müra signaalis, mis kahandab pildikvaliteeti. Sel moel pildistatud apoferritiini puhul on võimalik eristada üksikuid vesinikuaatomeid, seda nii

**Juba praegu töötab valkude struktuuri ülitäpne kaardistamine aidata tunduvalt paremini mõista, kuidas ensüümid oma ülesannet täidavad. See omakorda aitab leida võimalikke ravimimolekule.**

valgus endas kui ka seda ümbritsevat veemolekulides. Ka need uurimistulemused on üleval bioRxivis.

Praegusest tehnikast ja pilditöötlustarkvarast veel viimast välja pressides on krüoelektronmikroskoopias ilmselt võimalik jõuda ka üheongströmilise lahutusvõimeeni, arvas Stark ajakirjas Nature ilmunud usutluses. Veel suurema täpsuseni jõudmiseks tuleks koguda tohutus koguses andmeid, mille töötlemiseks kuluks väga palju arvutusvõimsust.

Kuid juba praegu töötab valkude struktuuri ülitäpne kaardistamine aidata tunduvalt paremini mõista, kuidas ensüümid oma ülesannet täidavad. See omakorda aitab leida võimalikke ravimimolekule, mis suudaks nende tööd takistada.

 Piret Pappel

## SIIT- JA SEALTPOOLT HORISONTI



MARILIS KESKÜLA

### Ajakirjade Horisont, Eesti Loodus ja Eesti Mets tellimiskampaania auhinnaratta võitja

Jaanisaginas selgus MTÜ Loodusajakiri suure tellimiskampaania peaauhinna, elektriratta Bianchi e-Spillo, võitja. Loosi tahtel sai väärt jalgratta omanikuks Horisondi pikaajaline tellija Mihkel Soomere, kes kinkis selle oma abikaasale.

„Juba pisikese põnnina sirvisin nõukogudeaegseid vanaisa Horisonte – isegi kui kõigest (või isegi enamikust) täpselt aru ei saanud, olid reaaltaduste ja inseneeria alased artiklid eriti huvitavad. Mitte et muu oleks viletsam olnud, aga igapähele on ikka omad põhihuvid,“ meenutas Soomere Horisondiga seotud mälestusi. „Propaganda on nüüdseks ajakirjast läinud, aga teemade süvitsi käsitlemine ja detailne analüüs on jäänud. Kahjuks jääb seda tänapäeva (aja)kirjanduses järjest vähemaks, aga Horisonti lugedes ei pea õnneks kunagi kulme kergitama, et mis jama see on. Tuult tiibadesse ja jätkuvat kvaliteeti!“

MTÜ Loodusajakiri tänab kõiki oma väljaannete tellijaid, Fixuse kaupluseketi ja Bianchi maaletoojat, Balti Autoosade AS-i.

[www.kl24.ee](http://www.kl24.ee) [www.helmic.ee](http://www.helmic.ee)

### KÄSITÖÖSÕBRA KAUBAMAJA 24h SINU ARVUTIS KAASAEGNE PÄRLIPOOD

- Tõhus filter asjatundliku ostja abistamiseks
  - Ühine postitus ja arveldus
  - Sind ootab enam kui 120 000 toodet
- Kudumine, heegeldamine, kangad, lapitehnika, naha- ja pärlitöö, tikkimine
  - JUKI, Janome õmblusmasinad ja overlokid
  - Nika kudumismasinad

**OTSE MAALETOOJALT  
KARNALUKS OÜ LAOS, HERMANNI 1, TALLINN**

Siit leiab vajalikud lõngad ka mänguasjade tegemiseks!

autoriõigus MTÜ Loodusajakiri

# Vandumine tõstab valuläve

**Paljud lasevad end valusalt kuskile vastu ära lüües lendu mõne karvase või sarvilise sõna ja tunnevad hiljem suurt piinlikkust. Võimalik, et sellist käitumist ei peaks häbenema ja sel on koguni oluline põhjus. Ajakirjas *Frontiers in Psychology* ilmunud värske uurimuse kinnitusel aitab vandesõna kordamine valu ära kannatada.**

**S**uurbritannia Keele'i ülikooli teadlased on vandumise mõju uurinud pikka aega. 2009. aastal avaldasid Richard Stephens, John Atkins ja Andrew Kingston ajakirjas *Neuroreport* uuringu, mille tulemused kinnitavad, et inimene suudab kätt jääkülmas vees hoida kauem, kui ta samal ajal vannub. Järgmisel aastal hinnati teadlased selle artikli eest pila-Nobelite jagamisel rahupreemia vääriliseks.

Stephens on tunnistanud, et teema vastu tekkis tal huvi pärast seda, kui ta kuulis, milliseid sõnu kasutas tema naine sünnituse ajal. Kuna nii paljud inimesed hakkavad valu tundes vägisõnu pruukima, peab sel olema mingi põhjus. Siiani pole täpselt teada, kas vandumine juhib lihtsalt inimese tähelepanu kõrvale või on sel tõesti ka valuvaigistav toime. Just seda teadlane oma viimases uurimuses välja selgitada püüdis.

Uuringu läbiviimist toetas ibuprofeeni müüv ravimifirma, kes lasi reklaambürool välja mõelda 60 ingliskeelset libavandesõna. Stephens valis nende seast keeleasjatundjate abiga välja kaks välja-

mõeldud vandesõna. Seejärel kasutas uurija sama meetodikat, mida pila-Nobeli pälvinud uuringuski.

Ta värvas katsesse osalema üliõpilasi. Neil paluti panna käsi jäätükkidega vette, mille temperatuur oli 3–5° C. Seejärel pidid katsealused kordama üht sõna. Valikus oli tuntuim ja kuulsaim ingliskeelne vandesõna, üks sellele sarnanev väljamõeldud sõna ja üks naljakalt kõlav pilavandesõna. Kontrollrühma vabatahtlikud pidid korrutama neutraalse tähendusega omadussõna. Kõik osalejad andsid teada, millal neil valu hakkas.

Samuti pidid nad hindama, kas katse ajal lausunud sõna tekitas neis emotsioone, oli lõbus või takistas neil muu-

**Traditsioonilist vandesõna pruukinud katsealuste valulävi oli umbes kolmandiku võrra kõrgem kui neil, kes jäljendasid kirumist või kasutasid neutraalset sõna.**

dele asjadele mõtlemist. Väljamõeldud sõnu pidasid katsealused nii naljakaks kui tundmusi tekitavaks, mis uurija sõnul annab kindlust, et need sarnanevad tõesti päris vandesõnadega.

Tõelise vägisõna jõudu libavandesõnal ometi pole. Tuli välja, et need, kes päriselt vandusid, hakkasid valu tundma hiljem. Traditsioonilist vandesõna pruukinud katsealuste valulävi oli umbes kolmandiku võrra kõrgem kui neil, kes jäljendasid kirumist või kasutasid neutraalset sõna. Väljamõeldud sõimusõnad polnud valutundlikkusele mingit mõju.

Seega pole põhjust arvata, nagu leevendaks vandumine valu vaid sel põhjusel, et see juhib tähelepanu häirivalt tunduvalt kõrvale. Tõenäoliselt on oluline just see, et me teame vandesõna tähendust ja oleme juba lapsepõlves kogunud, et sõimusõna on seotud emotsioonide ja stressirikaste olukordadega. •

 Piret Pappel



**SAILINGEE**

**Sündmused merel juba 20 aastat.**

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

**Eesti suurimad jahid ja katamaraanid.**  
**Hinnaga alates 70 €/tund**

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

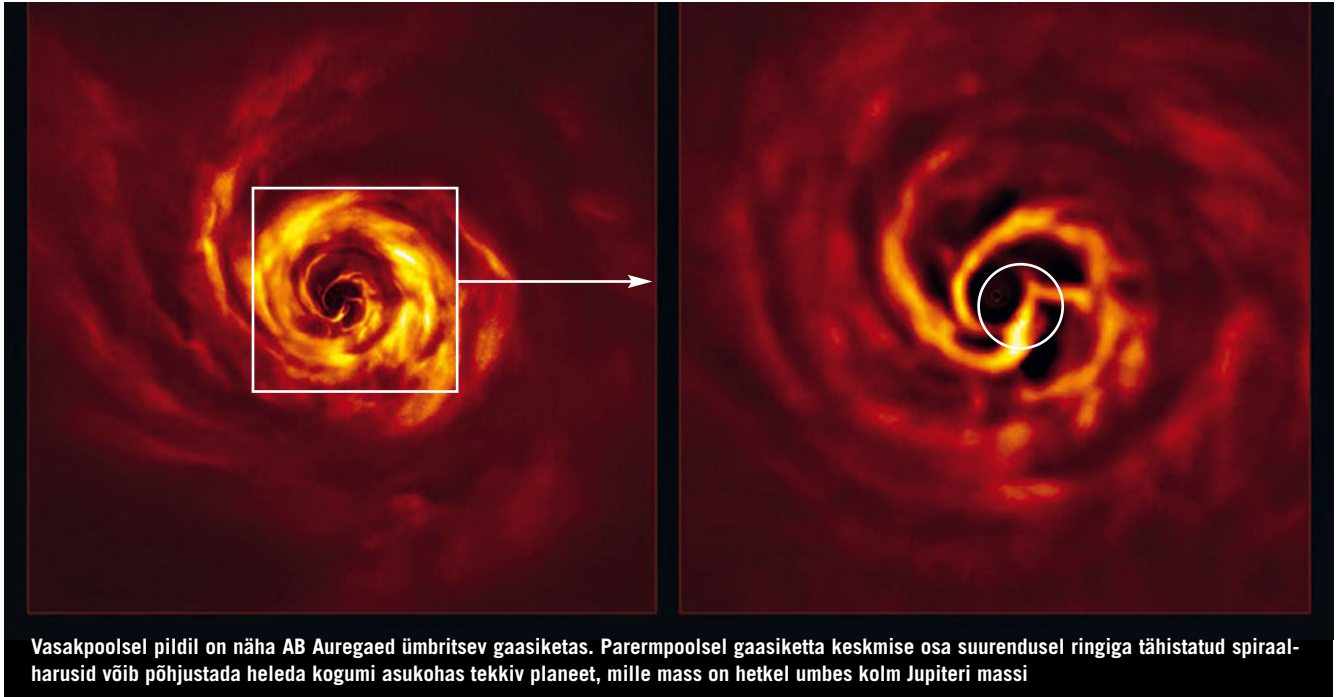
**Tulge tuulutama**

**SAILINGEE**

Meeldejäävaid elamusi merel!

# Esimene tabamus planeeditekketast

Astronoomid avaldasid tänavu 20. mail üksikasjaliku pildi noore tähe AB Aurigae ümber pöörlevast planeeditekketast. Erakordsel tabamusel paljastusid ketta ümber selgelt spiraalharud, mille kuju viitab tähe ümber tekkivatele planeetidele.



ESO / BOCCALETTI ET AL

Vasakpoolsel pildil on näha AB Aurigae ümbrisev gaasiketas. Parempoolsel gaasiketta keskmise osa suurendusel ringiga tähistatud spiraalharud võivad põhjustada heleda kogumi asukohas tekkiv planeet, mille mass on hetkel umbes kolm Jupiteri massi

**P**ea iga tähe ümber tiirlevad planeedid, just nagu Päikesesüsteemis meie tähe, Päikese, ümber. Paljude tähtede ümber tiirleb ka mõni teine, pisem täht. Kõik sellised süsteemid sünnivad kosmilistest gaaspilvedest, mis tõmbuvad gravitatsiooni toimele kokku täheks ja seda ümbritsevaks kettaks. Paari miljoni aasta jooksul tekivad lenduvad molekulid ja väikesed kivikesed täis pilves ja kettas planeedid ning mõnikord ka väiksemad tähed.

AB Aurigae on väga noor, umbes 4 miljonit aastat vana täht, mille ümber on veel hiiglaslik, massiivne planeeditekketas. Pikalainelist soojuskiirgust vaatlava interferomeetriga ALMA oli juba varasemalt kindlaks tehtud, et AB Aurigae ümber on väikesed kivikesed kogunenud tihedasse rõngasse, milles tekivad tõenäoliselt praegu tahked väikekehad. Nendest kivist ja jääst koosnevatest kamakatest võib kunagi saada midagi sarnast Päikesesüsteemis Neptuunist kaugemale jääva Kuiperi vööga.

Põnev on see, et kivikesed kipuvad gaasikettas lisaks oma üldisele liikumisele triivima rõhu maksimumide suunas. Rõngakujulisse moodustisse kogunemiseks peab tähte ümbritsevas gaasikettas müüdi kaugusega vähenemas rõhus esinema kohalik maksimum. Sellise gaasirõ-


hu muutuse esilekutsumiseks sobib hästi kettas liikuv värskest tekkinud hiidplaneet. Kuid rõngaid võivad tekitada ka muud nähtused, seega oli tarvis täiendavaid uuringuid.

Uut infot pakkus muljetavaldaval viisil Euroopa lõunaobservatooriumi Tšiilis hallatav teleskoop VLT koos kaameraga SPHERE. SPHERE vaatleb kosmos nähtava ja lähisinfrapunase valguse lainepikkustel. Kui tavaliselt kaovad tähtede ümber olevad ainekogumid piltidel tähe enda särasse, siis SPHERE võimaldab erimeetoditega tähe pildilt „kustutada“. Üks meetoditest lahutab andmetest kõik asimuutatselt ehk rõngakujuliselt sümmeetrilised signaalid, teine aga võimaldab eraldada polariseeritud valgussignaale. Kuna tähevalgus ise ei ole polariseeritud, kuid kettas olevatel tolmuteradel (kivikeste mikroskoopilised sugulased) peegeldunud valgus hajumisel polariseerub, siis paljastub sel moel aine jaotusest tähe ümber mõndagi huvitavat.

Uutel piltidel, mida analüüsis Pariisi observatooriumi astronoomi Anthony Boccaletti juhitud rahvusvaheline töörühm, paljastusid selgelt hiiglaslikud spiraalharud. Tähte ümbritsev aine näeb välja kui hiiglaslik pöör, mille ulatus on mitmeid kordi suurem Päikesest kaugema planeedi, Neptuuni, orbiidist (30 ast-

ronoomilist ühikut ehk Maa-Päikese kaugust). Spiraalharud näivad väljaspool ühinevat tähetekke pilvest üle jäänud hajuksa ainega, samas kui umbes Neptuuni orbiidiga võrdel kaugusel on peamises spiraalharus hele kogum. Spiraalharude kuju füüsikalised mudelid lubasid Boccaletti töörühmal arvutada, et spiraalharusid võib esile kutsuda heleda kogumi asukohas tekkiv planeet, mille mass on hetkel umbes kolm Jupiteri massi. Sama planeedi mõjuga saab seletada ka varasemalt tuntud kivikeste rõngast.

Leitud noor hiidplaneet AB Aurigae ümber asuvas kosmilises gaasirõngas on üks mitmest viimastel aastatel leitud planeedialgetest ehk protoplaneetidest, mida on võimalik nüüd esmakordselt uurida otseses seoses nende tekkekeskonnaga. Selles töös muutub järjest olulisemaks interferomeeter ALMA, millega saab teha kõrge ruumlahutusega spektraalvaatlusi millimeeterlainelal. Need on lainepikkused, kus planeeditekketas olevad keemilised ühendid kiirgavad hästi. Sellise uurimisvõimaluse abil mõistame üha paremini planeetide suuruse ning keemilise koostise algupära ja mitmekesisuse vahelisi seoseid.

 **Mihkel Kama**, Tartu ülikooli Tartu observatooriumi vanemteadur



# Erilised painduvad superkondensaatorid kosmosetehnikale

Tallinna tehnikaülikooli (TTÜ) polümeeride ja tekstiilitehnoloogia labori teadlased on koostöös ettevõttega Skeleton Technologies ja Tartu ülikooli keemia instituudiga välja töötamas uudseid ja eriliste vastupidavusomadustega superkondensaatoreid.

**T**öörühma juht, TTÜ polümeeride ja tekstiilitehnoloogia labori professor Andres Krumme sõnul on superkondensaatorite olulisus tänapäeva tehnoloogias üha kasvamas. „Oma olemuselt on superkondensaatorid elektrienergia salvestajad ja neid kasutatakse eelkõige olukordades, kus on vajalik suure hulga elektrienergia kiire vabastamine,“ osutab Krumme.

Arendamisel olevad superkondensaatorid valmistatakse elektroketruse teel ja need koosnevad nanokiulistest lausmaterjalidest. Kiud nendes materjalides on juuksekarvast 10–100 korda peenemad. Kiudude sees on süsiniku nanoosakesed, mis talletavad elektrienergiat ning mida hoiab koos polümeerne sideaine. Väljatöötatud kiuline struktuur on painduv ja tavapärastes superkondensaatorites kasutatavatest materjalidest kuni 20 korda tugevam.

Uute superkondensaatorite painduvus, kergus ning samas väga suur tugevus on eriti oluline näiteks kosmosetehnoloogia rakendustes. Nimelt saab satelliitides valitseva ruumikitsikuse tõttu sellise painduva materjaliga ruumi maksimaalseks ärakasutamiseks edukalt katta näiteks satelliidi seinad ja muud tasapinnad. Superkondensaatori erakordne tugevus ning vibratsiooni-taluvus on aga vajalikud näiteks satelliidi stardihetkel.

Arendatavaid superkondensaatoreid plaanitakse kasutada tugeva lühiajalise vooluimpulsi andmiseks näiteks raketimootorite stardi- ja juhtimiseadmetes, satelliitide elektritoite tagamiseks nende viibimisel päikesevalgusest varjus ning satelliidipaneelide avamiseks ja liigutamiseks.

Seni on teadlased valmis saanud laboratoorse prototüübi ning järgmise 3–5 aasta jooksul loodetakse Euroopa kosmosesagentuuri toel jõuda ka esimeste piloottoodeteni. •

 Tallinna tehnikaülikool / Horisont



Eesti teadlaste arendatud painduva ja väga tugeva superkondensaatori prototüüp

## HORISONT KIRJUTAS

50 AASTAT TAGASI



**HORISONT 7/1970, LK 1**

Tehnikadoktor Ilmar Opik arutleb täppisteaduste, tehnoloogia ja progressi omavaheliste seoste üle: „Tootmist saab tänapäeval hoogustada eeskätt teaduse uusimate saavutuste rakendamisega. Teadus on seetõttu muutunud ühiskonna otseseks tootlikuks jõuks, hõivates tootmistehnoloogiat, töövahendite ja juhtimise valdkonnas üha uusi olulisi võtmepositsioone.

Kuid mitte ainult seda. Teaduse ja tehnika progress mõjub suuresti ka hariduse ja kultuuri arengut ning laiendab teaduslikku ja tehnilist silmaringi.“



**HORISONT 7/1980, LK 3**

Horiosondi reaalteaduste osakonna toimetaja Martin Roogna kirjeldab numbriga kaaneloos olümpiamängude tulekut Moskvasse:

„23. oktoobri hommik 1974. Viini raekoja konverentsisaal. Delegaatide ja ajakirjanike ette astub rahvusvahelise olümpiakomitee president lord Kilianin ja lausub: „XXII olümpiamängude korraldajaks on valitud Moskva!... Ehkki Moskva on moodsate olümpiamängude ligemale sajandipikkuses ajaloos juba seitsmeteistkümmes linn, kellele seesugune au osaks langes, sõidavad sportlased tänavu esimest korda kokku sotsialismimaale. 19. juulist kuni 3. augustini saab meie kodumaa pealinn olümpialaste kohtumispaigaks. [...] Mõne päeva pärast avab sajanditepikkuse ajalooga metropol unksed kogu maailma sportlastele; Leningradi prospektist saab tänu sealsetele kuulsatele staadionidele üks olümpiamängude keskusi. Siis süttib olümpiatuli ka Leningradis, Kiievis, Miskis ja Tallinnas.“

40 AASTAT TAGASI

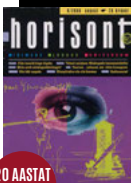


**HORISONT 7/1990, LK 5**

Eesti põhjavee uurija, hüdroteoloog Erna Tšeban (hili-sema perenimega Sepp) kirjutab mineraalveest kui Eestimaa raviveest:

„Mineraal- ehk raviveeks nimetatakse sellist looduslikku maavett, mis tänu bioaktiivsetele komponentidele või erilistele omadustele (temperatuur, radioaktiivsus vm) on ravitoimega. Seda toimet saab katseliselt määrata, võrreldes uuritavat vett juba teatud ning raviks kõlbulikuks tunnustatud mineraalveega. Tulemusena märgitakse ära ka analoogse mineraalveeallika nimi ning milliste haiguste raviks on soovitatav antud vett kasutada. Näiteks, Alatskivi piirkonnas oleva gdoovi veehorisondi lähedaseks analoogiks on Leedu Druskininkai kuurordi Spalisi allika vesi, Värska ordoviitsiumi-kambriumi veehorisondi veele – Mirogorodi ja Ostroži mineraalvesi.“

30 AASTAT TAGASI



**HORISONT 4/2000, LK 14**

Psühholoog Jüri Allik räägib Horisondile antud intervjuus geenide ja keskkonna osast inimese isiksuse kujunemisel:

„Võrreldes kaksikuid, kes on kasvanud ühes perekonnas (mitte oma bioloogiliste vanematega koos) ja kaksikuid, kes on kasvanud eraldi (ka mitte oma bioloogiliste vanematega), võiks arvata, et ühes perekonnas kasvanud, vähemalt oma põhiliste isiksuseomaduste poolest, võiksid olla sarnasemad kui need, kes sirsusid lahus. Aga tegelikult on nad täpselt ühesugused – ühemunakaksikutel, olgu nad siis kasvanud koos või lahus, põhiliste isiksuseomaduste suhtes mingit vahet pole. Niisiis ei avalda nn jagatud keskkond peamistele isiksuseomadustele mingit olulist mõju. [...] Geenid määravad ära põhilised isiksuseomadused ehk baastendentsid, üldise reageerimisstiili. Kuidas inimene neid reageerimisviise konkreetses elus rakendab – kas temast saab kunstnik, helilooja või teadlane – selles osas mängib koostöö keskkonnaga.“

20 AASTAT TAGASI

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO



WIKIPEDIA

Tsaar Peeter I (1672–1725) plaan reisida Euroopasse sündis Franz Leforti initsiatiivil juba 1695. aastal, kuid tõsisemate ettevalmistusteni jõuti 1696. aasta sügisel. Tsaari soov oli tutvuda Euroopa elukorralduse ja tehnoloogiaga, poliitiliselt leida aga toetust sõjalisele liidule Türgi vastu. Reisi lõpuks 1698. aasta augustis oli Peeter jõudnud Saksi kuurvürsti ja Poola kuninga August II-ga kokkuleppele aga hoopis uues liidus Rootsi vastu. Reisi raames külastas Peeter I ka Londonit, kus ta laskis Saksa maalikunstnikul Godfrey Knelleril maalida endast portree, mille ta Inglise kuningale William III-le kinkis

MARTEN SEPPEL

# PEETER I REIS LÄBI SUURE NÄLJA AEGSE LIIVIMAA

## Rootsi aja lõpul lakkamatu vihma ja külma tõttu Eesti- ja Liivimaa tabanud rängad viljaikaldused töid aastatel 1696–1697 kaasa sedavõrd suure talurahva suremuse, et sellest hakati juba kaasajal kõnelema kui üldisest suurest näljahädast. Rõuge pastori kirjelduste kohaselt olnud vaesus kohapeal nii suur, et talupoegadele polnud alles jäänud midagi muud peale nende armsa elu ja sedagi hädavaevalt. Pastori hinnangul suri Rõuge kihelkonnas nälga ainuüksi 1696. aasta novembri keskpaigast kuni 1697. aasta juuli lõpuni 800–900 inimest.

**H**iljem näitas ajaloolane Helder Palli, et tegelikult võis nälga surnuid olla Rõuge kihelkonnas isegi üle kahe korra enam, sest sealses surmameetrikas on matuseid selgelt alaregistreeritud. Seetõttu pakus Palli, et Rõuge kihelkonna 9000 elanikust suri 1696.–1697. aastal nälga kuni 2000 ehk 22%. Ehkki selline määr oli mõnevõrra kõrgem kui suure näljahäda suremus Eesti alal keskmiselt (alla 20%), polnud selles siiski midagi erakordset – näiteks Põltsamaa kihelkonnas võis suremus küündida koguni 26%-ni.

Just suure näljahäda kõrgpunktis – 1697. aasta märtsis-aprillis – reisis läbi Liivimaa kõrgetasemeline Moskva suur saatkond, mida ametlikult juhtis Genfist pärit, kuid Venemaal kindraliks ja admiraliks ülendatud Franz Lefort. Tegelikult reisis suure saatkonnaga kaasa aga ka Venemaa kroonitud pea – 24-aastane Moskva iversejal Peeter, kelle jaoks oli see esimene välisreis Euroopasse. Peeter I viibis suursaadikute kaaskonnas *incognito*, millest Vene pool püüdis alguses ka igati kinni pidada: tsaari kohalolu ei esitletud ja sellest ei tohtinud avalikult rääkida.

Suure saatkonna reis läbi Liivimaa kestis kokku üle kahe ja poole nädala (vana kalendri järgi 25.03–13.04.1697). Saatkonda kuulus 270 inimest, kellele lisandusid teenijaskond ja voorimehed kokku tuhande hobusega (ca 500 saani). Põhiosa saatkonna teekonnast kulges läbi Läti ala, pikema peatusega Riias. Ehkki Riia oli esimene Euroopa linn väljaspool Venemaad, mida Peeter I oma elus nägi, siis oli esimene peatuskoht tema Euroopa-reisil ikkagi Vastseliina. Kokku viibis Peeter Eesti alal (Tartu kreisis) üle kahe päeva, mis on leidnud allikates küllaltki üksikasjalikku kirjeldust, kuid jäänud aja-

lookirjanduses senini suuresti kajastamata.

### Ettevalmistused saatkonna vastuvõtuks

Moskva suure saatkonna vastuvõtu ettevalmistamine algas juba 1697. aasta jaanuari lõpus. Riias kerkis kohe küsimus, keda Rootsi poolelt üldse Liivimaa piirile Vastseliinasse saatkonnale vastu saata. Kordagi ei tulnud kaalumisele, et see võiks olla Liivimaa kindralkuberner Erik Dahlbergh isiklikult või siis keegi teine kõrge aukandja Riias. Pigem peeti silmas Tartu või Võnnu kreisi kohalikke aadlikke, kes pidid eelistatult oskama ka vene keelt. Paraku oli sobivaid kandidaate vähe: nagu Liivimaa Läti distrikti ökonomiaasehaldur Dahlberghile teatas, ei teadnud ta Läti kroonumõisate rentnikest kedagi, kes oskaks piisavalt moskoovlaste keelt. Talutavalt suutnud vene keeles suhelda üksnes Vastseliina läheduses Krabi (Schönangern) mõisas elanud major Fersen, kes oli varem Moskvast viibinud. Lõpuks langes kaalukauss siiski major Georg Leopold Glasenappile (Christian Kelch ajas oma kroonikas Georg Leopoldi segamini tema venna Casimir Heinrich Glasenappiga), kes elas Vastseliina lähedal Uue-Saaluse mõisas (Sahlis im Neuhausischen). Hiljem heitis Moskva Rootsile ette, et Liivimaa kindralkuberner ei olnud suurele saatkonnale Liivimaa piirile vastu saatnud piisavalt väarikaid ini-

**Ehkki Riia oli esimene Euroopa linn väljaspool Venemaad, mida Peeter I oma elus nägi, siis oli esimene peatuskoht tema Euroopa-reisil ikkagi Vastseliina.**

mesi. Moskva süüdistuste peaapoloogeed Pjotr Šafirov nimetas tsaarile vastu saadetud Glasenappi „üheliks tavaliseks tundmatuks aadlikuks“ (*одного шлахтича не знатного Глазнапа*). Tõepoolest, major Glasenapp oli eikeegi, mida pidid juba 18. sajandil mõnema ka Rootsi ajaloolased. Häda oli selleski, et Glasenapp ei osanud vene keelt, mistõttu talle määrati abiks ja saatjaks kapten Franz Philipp von Dornfeld, kes oli vene keeles piisavalt vilunud.

Esimesena jõudis 18. märtsi 1697 õhtukumas Moskvast Liivimaa piirile major Johan Schmidt koos suure kaitsealga (60 sõdurit), kelle ülesanne oli vedada ettevalmistusteks ette suure saatkonna juhtivate tegelaste ja eriti kindral Leforti majapidamist, pagasit ja hobuseid (nähtavasti oli Schmidt seotud ka tsaari majapidamisega). Suure saatkonna pagasi suurus oli tähelepanuväärne – sellega veeti läbi Liivimaa märkimisväärne hulk rikkusi, mille kohta levis laialt ka kõiksugu kuulujutte. Räägiti, et tsaaril oli kaasas üle miljoni kuldraha, lisaks hulgaliselt nahkasid (kingitusteks) ja muud väärtuslikku kaupa (teised hinnangud olid tagasihoidlikumad ja rääkisid 15 000-rublastest reisikassast ning 70 000 rubla väärtuses kingitustest).

Major Schmidt jäi Vastseliina lossi ööseks puhkama, kuid lahkus juba 19. märtsi varahommikul, siirdudes koos kõigi Venemaal kaasa toodud hobustega suurt maanteed mööda läbi Volmari Riiga. Kuigi majorile ja tema saatkonnale pakuti Vastseliinas ka kstitust, olid nad sellest keeldunud selgitusega, et kõik vajalik on neil endil kaasas. Samuti keeldus major Schmidt vastamast Vastseliina lossi komandöri leitnant Florian Thilo von Thilau küsimustele Moskva suure saatkonna täpsema saabumisaja kohta. Ta vihjas vaid, et see võib toimuda mõne päeva pärast.

24. märtsil saabus Vastseliinasse Pihkvas resideeruv Rootsi komissar Thomas Herbers, kes oli saanud kindralkuberner Dahlberghilt ülesande informeerida Liivimaa operatiivselt kõigest, mis puudutab suure saatkonna saabumist. Herbers tõi kindla teate, et saatkond jõuab päralt juba järgmisel päeval. Tartu kreisinotari kiirsõnumi peale saabusid sama päeva õhtuks Vastseliinasse ka Glasenapp ja Dornfeld.

## Saatkond jõuab Vastseliinasse

Suur saatkond koos tsaar Peetriga jõudis Liivimaa piirile 25. märtsil kella ühe ja kahe vahel pärastlõunal. Major Glasenapp, kapten Dornfeldt ja komisar Herbers läksid neile saanidega vastu. Kohtumine toimus Liivimaa piiripunktis, mida kutsuti Lämmikivi (an der Grentze LemmiKiwi genandt); see asus Vastseliina linnusest veerand miili kaugusel. Major Glasenapp teatas saabujatele väärikalt, et Riia kindralkuberner Erik Dahlbergh oli teda saatnud selleks, et auväärsete saadikutega kohtuda, viimaste tervise järele pärida ja saata neid ühtlasi pristavina kuni Riiani. Kõik peatuskohad olid tema sõnul tee peal valmis seatud. Rasuksi oli Liivimaal valitseva näljahäda tõttu küll loomasöödaga, kuid küüdihobuseid püüti siiski tasu eest pakkuda nii palju kui võimalik. Suursaadikud tänasid Glasenappi, misjärele asuti üheskoos Vastseliina mõisa poole teele.

Kella neljaks pärastlõunal jõudis seltskond Vastseliina linnuse juurde: allikatest jääb mulje, et lossi sisse ei sõidetudki. Linnusest möödudes tervitas neid relvis lossi vahtkond (Vastseliina garnisoni suurus oli 1697. aasta märtsis küll kõigest 17 meest). Linnuse juurest liiguti edasi lähedal asuvasse Vastseliina kroonumõisa, kuhu oli venelastele ette valmistatud majutus – selle eest oli hoolt kandnud Tartu kreisinotar Frans Murrer.

Murreri hilisema aruande järgi asunud suure saatkonna juhid Vastseliina mõisa jõudes kohe tubakat suitsetama ja kaarte mängima ning tegid seda seni, kuni õhtusöögi aeg kätte jõudis. Üks õhtusöögi peavõõrustajaid oli komisar Herbers, kes pakus ka tervitusjooke: venelaste võõrustamiseks oli ta Pihkvast kaasa toonud mitu vaati veini ja teisi alkoholseid jooke (schönen Aqva vitae, Caneel-Waſſer), samuti suhkrut. Õhtusöögil hoolitseski Herbers selle eest, et kellelgi veiniklaas tühi poleks (kein Wein fehlen ließ, undt gingen die Gläſer tapffer umbher). Vastseliina mõisa valmistatud ja pakutud õhtusöök olnud igati maitsev ja hästi serveeritud. Saatkonnalt selle eest tasu ei võetud. Pärast söömaega jätkati veinijoomist, suitsetati ja män-

**Suur saatkond koos tsaar Peetriga jõudis Liivimaa piirile 25. märtsil kella ühe ja kahe vahel pärastlõunal.**



Vastseliina lossi maade kaart aastast 1688 (rahvusarhiiv, EAA.308.2.189). Kaardi keskel on näha linnust (Slottet). Selle juurest kulges tee alla kõrtsini (Krogen) ja mõisa härrastemajani (Hofwet), kus saatkond peatus. Liivimaa-Vene piiripunkt Lämmikivi jäi linnusest veerand miili (s.o u 1,8 km) kaugusele itta

ESTI RAHVUSARHIIV



Kindral François Le Fort (Liivimaa allikates saksapäraselt Franz Lefort) oli suure saatkonna lähetamise peamine eestvedaja. Ta suri 1699. aasta märtsi alguses Moskvast, ainult mõned kuud pärast Euroopareisi lõppu. Illustratsioonil oleva portree maalis Lefortist Hollandi maalikunstnik Michiel van Musscher 1698. aastal kui suur saatkond viibis Hollandis

WIKIPEDIA

„Selle aja paiku oli Moskvas valmis seatud suur ambassaad, mis pidi mine- ma Kiia ja Kuramaa kaudu Saksa- maale ja Hollandisise, ja venelaste tsaar Peter Aleksejevitz oli võtnud nõuks tundmatuna selle saatkonnaga kaasa minna. Aga surma ähvardusel oli keelatud ütelda, et kõrgeauline tsaar on kaaskonna hulgas, ning et seda kindlamini salajas hoida, peeti kogu posti Moskvas mõnda aega kinni ega lubatud ühelgi reisijal välja sõita; ning hiljem, kui post jälle käima hakkas, tehti kõik välja saadetud kirjad lahti ja loeti läbi, nii et mainitud ambassaadi saabumisest polnud midagi kindlamat teada saada. Ka levitasid venelased ise kuuldu, et seesinane olevat oma plaani muutnud ega minevat Kiia kaudu, vaid läbi Poola-Liivimaa. Aga sellest hoolimata tegi kuninglik nõunik, feldmarssal ja Liivimaa kindralkuber- ner krahv Erich Dahlberg sellesinatse vastuvõtmiseks kõik kohased etteval- mistused ja võttis seejuures arvesse mitte üksnes seda, mida sõlmitud paktid ja rahulepingud selles osas ette kirjutavad, vaid püüdis sellele lisaks veel suuremate sõprusmärkide osu- tamisega harilikke auavaldusi selle- sinatse suhtes rohendada. Esiteks määras ta pristaviks major Casimir Glasenappi, võimeka aadlimehe, kellele anti abiks kapten Dornfeld, kes oskas

vene keelt. Mendel oli käsk niipea, kui saabub teade, et mainitud Vene ambassaad on Moskvas teele asunud, kohe Vastseliina piirile siirduda ja olla seal valmis sedasina vastu võtma. Ka said kõik kreisifoogtid korralduse, nagu ka voli- ja lubakirjad, muretseda õigeks ajaks küüdihobuseid ja toidu- aineid, ning iseäranis valida välja ja korraldada hea ja mugav peavari nii- hästi võbimiseks kui ka lõunauinakuks, ning hoolitseda igati selle eest, et kor- duvalt märgitud ambassaad läbi selle maa reisides alati täielikult rahule jääks. Ehkki selle saatkonna vastuvõt- miseks oli nüüd kõik valmis, polnud ometi ei tema teeleasumisest ega liati tema saabumisest vähimatki kuulda, kuni lõpuks jõudis nende juurest koos oma vooriga kohale keegi major nimega Johann Schmidt, kellele varsti järgnes ühehobuserakend 14. märtsil dateeritud kirjaga Pihkva vojevoodilt. Need and- sid küll mõlemad Kiia kindralkuberne- rile saatkonna saabumisest teada, kuid ei nimetanud seejuures, kui pea nad selle maa piirile jõuavad, ega seda, kui arvukas nende kaaskond on, mis läbi maamehele võrsus selletagi viletsal ajal palju vaeva, kuna inimesed pidid asjata nii palju nädalaid oma kokkuatunud hobustega saabumist ootama.

22. märtsil saatsid ambassadöörid Franciscus Le Fort ja Theodor Alexio-

witz Gollowin kindralkuberner Dahl- bergile Pihkvas sõna ja teatasid, et nad olevat sinna saabunud, ei nimeta- nud aga lähemalt, mis ajal nad võiksid piirile jõuda ehk kui suur on nende kaaskond; mille tõttu kõrgeauline kuberner vastas nendele nende kirja peale järgmiselt: ehkki mingit lähemat teadet nende tegelikuks piirile saabumi- seks määratud aja ega ka nende kaas- konna suuruse kohta saabunud ei ole, olevat sellest hoolimata tehtud kõik võimalikud ja vajalikud ettevalmistu- sed, et neid hästi ja kohase aupaklikku- sega vastu võetaks, kostitatakse ja läbi selle hertsogkonna saadetakse; seejuures loodetavat, et nad selle, mida niihästi heanaaberlikust sõprusest kui ka Rärde rahutingimuste kohaselt käesoleva suure ikalduse ning väga raske ja kallid aja tõttu hankida suudetakse, lahkesti ja meeleldi vastu võtavad.

Kui nüüd nimetatud saatkond lõpuks pärast pikka ootamist piirile jõudis, võtsid selleks määratud isikud nad vastu, ja kõigepealt võõrustas neid kuninglik rentnik ilusasti Vastseliinas, hiljem saadeti nad suure aupaklikkuse- ga ja kõige vajaliku varustatult läbi kogu maa kuni Riiani.“

Kelch, Christian 2009. *Liivimaa ajaloo järg*. Tõlk. Ivar Leimus, toim. Kai Tafenu. Eesti Ajalooarhiiv, Tartu.

giti kaarte, muuhulgas joodi ka head kohalikku Vastseliina õlut (*ein herrlich Trunck Neuhausisch Bier*).

### Peatused Rõuges ja Mõnistes

Mitte ainult Peeter I, vaid ka saatkon- na juht kindral Lefort oli laiemalt kuu- lus oma imetlusväärse oskuse poolest pidevalt ja suurtes kogustes juua. Prantsuse erakorraline saadik Stock- holmis, krahv d'Avaux (Jean-Antoine de Mesmes) pidas 1697. aasta mais va- jalikuks anda Liivimaa kindralkuber- neri Dahlberghi pahakspanev kirjel- dus Leforti kohta edasi koguni kunin- gas Louis XIV-le. Kirjelduse järgi olnud Lefort „lakekrants (*vyvrogne*), kes oli iga päev purjus“. Selline prassimine ülla- tas hiljem teisigi Euroopa õukondi, kuhu suur saatkond jõudis. Näiteks olla joomapeod Königsbergis kestnud

1697. aasta mais koguni kella 4–5-ni hommikul. Selgi puhul tõsteti esile Leforti vastupidavust, kuid ei jätud märkimata ka tsaari aktiivset osalust.

Kokkuvõttes jäänud Moskva saat- kond vastuvõtuga Vastseliinas igati rahule. Pärast sõdaööd tõusnud Lefort püsti ja avaldanud terve rea viisakus- avaldusi ja tervitusi hea vastuvõtu eest. Seejärel tasus ta õlle ning muude tehtud kulude ja nähtud vaeva eest ning siirdus oma saanile. Voorid olid asunud teele juba varem. Kuigi vene- laste saabumise päeval, 25. märtsil (uue kalendri järgi 4. aprill) oli Vast- seliinas sadanud lund ja vihma, olnud varakevadine ilm üldiselt siiski vaik- ne. Ka öösel puhus vaid nõrk tuul.

Nõnda keset ööd Moskva delegat- sioon koos vooride ja pagasiga Vastse- liinast lahkuski. Läbi pimeduse sõideti

edasi Rõuge mõisa, kuhu jõuti 26. märtsi hommikul. Pooletuhandest saa- nist koosnenud venelaste voor olnud nii pikk, et nende kohalejõudmine esi- mesest viimase saanini võtnud aega kaugelt üle kolme tunni.

Rõuge mõisas võeti esmalt mõni tund puhkuseks. Seejärel söödi kesk- päeval enda kaasavõetud toiduvaru- dest lõunat ning joodi selle kõrvale kaasatoodud veini ja mõdu (*Wein undt Mehde*). Õlut ostsid venelased aga jälle- gi mõisast kohapealt. Pärast sööma- aega pandi trompetid puhuma, sest saatkonnal oli kaasas kuus Leforti kaaskonda kuulunud trompetimängi- jat, ja läks ka tantsuks. Rõuge mõisas hakkas Lefort amüseerima kapten Dornfeldi noore võõrastütrega, kes pidi tegema ka mitme teise vene aad- likuga mõned tantsuringid.



WIKIPEDIA

1697. aasta märtsis tervitas Vastseliina linnusest saanidega mööda sõitnud Moskva suurt saatkonda relvis lossi vahtkond. 1697. aasta talv oli pikk ja väga lumerohke, mistõttu saatkonna saabumisel 25. märtsil (uue kalendri järgi 4. aprillil) oli maa veel täiesti valge ja kuni Riiani liiguti saanidega. Pildil Vastseliina piiskopilinnuse varemud 311 aastat hiljem, 2008. aasta märtsikuus

Vastseliina piiskopilinnuse varemetes oleva infotahvli järgi olevat Peeter I käskinud linnuse 1702. aastal maatas teha meelepahast, et teda oli 1697. aastal seal kehvasti kostitatud. Ükski allikas sellist legendi siiski ei toeta. Ilmselt on tegemist hilisema Riia legendi ülekandmisega, mille järgi olnud Peeter I 1710. aasta Riia piiramisel

isiklikult kohal ja lasknud linna pihta esimesed kolm kahurikuuli, käsitledes seda Jumala antud võimalusena karistada neetud linna, mis teda oli omal ajal halvasti võõrustanud. Vastseliinas – ja mõisas, mitte linnuses – kostitati Moskva saatkonda ja Peeter I seevastu vägagi lahkelt.

Tõsi on küll see, et 18. novembril

1701 tungisid venelased (küll ilma Peetrita) Vastseliinasse ja põletasid esimese asjana maha Vastseliina mõisa. Suurem osa talurahvast ja valla elanikest ning Vastseliina pastor läksid pakku linnusesse, mida püüti samuti kohe rünnata, kuid pealetung löödi tagasi. Need, kelle venelased mõisa ja linnuse ümbert kätte said, lasti maha või viidi vangi; mõisa lojused ja hobused viidi Petserisse. Vastseliina linnust asuti aga piirama, et keegi seal välja ei pääseks. Lisaks mõisale põletati ümbruskonnas maha lossi kõrvalhooned, veski ja kirik. Hiljem pakuti linnusest lahkujaile tsaari erilist armu, kuid see ei laienenud siiski kahesajale garnisonisõdurile, kes pidid langema sõjavangideks. Viimase tingimuse tõttu ei jõutud allaandmises kokkuleppele – üksnes kartlik pastor Johann Heinrich Thiele andis end venelaste kätte vangi. Vastseliina komandant Florian Thilo von Thilaul õnnestus aga põgeneda ja leida vastu tulnud Rootsi ratsasalvalt toetust Vastseliina vabastamiseks, mis neil 27. novembriks ka korda läks. Rünnaku käigus tapeti 40–50 venelast, ülejäänud põgenesid Petserisse, kuhu viidi kaasa ka pastor Thiele, kes seal hiljem suri (LVVA 7349/1/290, l. 54-56) •

Kell 2 pärastlõunal suundus saatkond koos kaaskonnaga Rõugest edasi Mõnistesse, kuhu jääd ka ööbima. Mõnisteski joodi paar tündrit kohalikku õlut ning küsiti hobustele mõned koormad heina, mille eest opmanile „õiglaselt tasuti“. Mõnistest lahkus saatkond 27. mai varahommikul, reisis edasi juba üle Läti distrikti piiri Koivaliinasse.

„Ei midagi muud peale hea õlle“ Liivimaa aruannetest ja kirjadest selgub korduvalt, et suure saatkonna juhil Lefortil oli väga hea huumorimeel. Samuti oli ta seltskondlik ja diplomaatiliselt väga viisakas. Lefort tavatses kanda saksapäraseid rõivad. Üksnes suure saatkonna ametlikel audientsidel riietas ta ennast koos teistega moskoviidipäraselt. Üldiselt raporteeriti Liivimaa kindralkubernerile, et Liivimaalt läbi sõites olid venelased end ülal pidanud igati korrektset – nad olid püüdnud kõik kulud koheselt hüvitada ja igäüht lugupidavalt kohelda. Palvete osas oli suur saatkond olnud väga tagasihoidlik, mida kohalikud ametnikud hiljem

tänuväärset esile tõid, sest kohapealne näljahäda polnud võimaldanud külaliste võõrustamiseks piisaval määral küüdihobuseid, sööki ja hobusemoona ette varuda. Kui Tartu kreisinotar Murrer oli saatkonna juhilt Lefortilt Vastseliinasse saabumisel küsinud, kas nad vajavad küüdihobused ja proviant, olivat viimane vastanud, et nad ei vaja „midagi muud peale hea õlle“ (*nichts anders als gut Bier*). Õlu ja loomasööt oligi ainus, mida saatkond Tartu kreisis kohapeal (Vastseliinas, Rõuges ja Mõnistes) ostis.

Kokkuvõttes ei kohanud suur saatkond Liivimaal valitsevale näljahädale vaatamata oma reisel enne Riit suuremaid tõrkeid. Toit ja hobused olid saatkonnal endal kaasas. Alles Riias valmistasid kõrged hinnad ning kindralkuberner Dahlberghi kahtlustav ja reserveeritud hoiak venelastele ja

**Kokkuvõttes ei kohanud suur saatkond Liivimaal valitsevale näljahädale vaatamata oma reisel enne Riit suuremaid tõrkeid.**

tsaar Peetrile palju meelehärmi ja solvumist, mida esitati hiljem põhjendusena sõjakuulutamisel Rootsile. Vastseliina jäi aga kohaks, kus suurt saatkonda ja tsaar Peetrit, kelle kaasviibimist venelased küll ei esitlenud, nende Liivimaalt läbisõidul kõige pidulikumalt kostitati ja tervitati – Vastseliina mõisa õhtusöök jäigi ainsaks Rootsi poolelt pakutavaks peosöögiks, millega saatkond end Liivimaal võõrustada lasi. •

#### Vaata lisaks:

Bergengrün, Alexander 1892. *Die grosse moskowitzische Ambassade von 1697 in Livland*. W. F. Häcker, Riga.

Blomberg, Karl Johan von 1701. *An account of Livonia with a relation of the rise, progress, and decay of the Marian Teutonic Order*, Letter 15. P. Buck, London.

Isberg, Alvin 1962. Erik Dahlbergh och tsar Peters västeuropeiska resa. *Swio-Estonica*, XVI, 52–72.

Liiv, Otto 1932. Rõuge oludest suure nälja ajal. *Eesti Kirjandus*, 10, 514–521.

✍️ **Marten Seppel** (1979) on Tartu ülikooli varauusaja dotsent, kes uurib peamiselt sotsiaal- ja majandusajalugu 17.–18. sajandil, sh näljahädasid, pärisorjust ja majandusliku mõtte kujunemist.

# TELESKOOP.EE

AINULT HEAD TELESKOOBID

 **BRESSER®**



### Bresser Messier NT-130 EXOS-1

Ø 130 mm, F=1000 mm  
Eesti populaarseim  
esimene teleskoop  
**469 €**



### Bresser Messier AR-102/1000 Exos-1

Akromaatiline läätsteleskoop  
Ø 102 mm, F=1000 mm  
**499 €**



### Bresser Messier AR-90 EXOS-1

Ø 90 mm, F=900 mm  
Hea läätsteleskoop  
stabiilsel alusel  
**379 €**

**Võta julgelt  
ühendust!  
Ostueelne ja -järgne  
nõustamine  
eesti keeles.**



### Messier 80/640 AZ NANO

Ø 80 mm, F=640 mm  
Kompaktne läätsteleskoop  
lihtsal asimutaalsel  
monteerimisel alustavale  
astronoomiahuvilisele.  
Sobib lapsele.  
Ohtralt lisavarustust  
ja võimalusi  
**189 €**



### Stereomikroskoop Researcher ICD LED

Suurendus 20–80x  
Reguleeritav pealt- ja  
altvalgustus  
Toimib ka õues (akutoide)  
**239 €**



### Mikroskoop Biolux NV

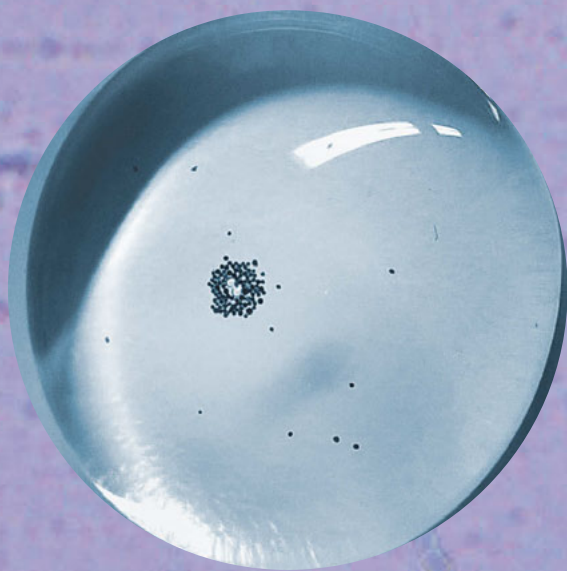
Suurendus 20–1280x.  
Kohver ja vajalikud tööriistad,  
PC okulaar (1280x720 px),  
pealt- ja altvalgustus,  
peennihikuga slaidihoidik  
Sobilik lapsele ja koolile!  
**149 €**



### Päikeseteleskoop LUNT

Ø alates 50 mm  
Põnev astronoomia keset päeva!  
**Uus hind alates 999 €**

E-pood: [teleskoop.ee](http://teleskoop.ee)  
Helista: 528 9895  
Kirjuta: [taevatoru@teleskoop.ee](mailto:taevatoru@teleskoop.ee)  
[facebook.com/teleskoop.ee](https://facebook.com/teleskoop.ee)



Krohmseente eosed veetilgas. Kuigi krohmseened on mikroskoopilised, võib hea tahtmise korral mullast puhastatud eoseid siiski ka palja silmaga näha. Krohmseente eosed on seeneriigi tõelised gigandid, ulatudes vahel mõõtmelt isegi poole millimeetriteni





## Tanel Vahter

# Krohmseened taimedes

Kui teie vaateulatuses on mõni taim, siis umbes 80-protsendilise tõenäosusega pole te kuigi kaugel ka mõnest krohmseenedest. Taimede sümbioos krohmseentega on üks levinumaid vastastikku kasulikke suhteid, kus taim varustab seent fotosünteesi saadustega ning saab seenelt vastutasuks väärtuslikke mullatoitaineid. Need mikroskoopilised seened ei moodusta klassikalisi viljakehi, mistõttu jäävad nad looduses ringiuitajale nähtamatuks. Küllap on see pärssinud ka krohmseente teaduslikku uurimist ning seetõttu on hakatud nende ökoloogilist rolli taimekoosluste kujundamisel mõistma alles üsna hiljuti.

Ühe taime juurtest võib leida koos elamas kümneid erinevaid krohmseeneliike ning nendele seentele omaste struktuuridega võib olla täidetud suur osa juurest. Taimejuuri spetsiaalse värvainega töödeldes muutub krohmseente maailm mikroskoobis nähtavaks. Kuigi mullas moodustunud eoste järgi on krohmseente liikide määramine mõningal määral võimalik, ei luba üksnes juure sisse vaatamine paraku muud kui sümbioosi füüsilise intensiivsuse väljaselgitamist. Liikide eristamise lähtutakse tänapäeval peaaesjalikult pärilikkusaine DNA järjestustest. Sestap tuleb krohmseente uurijal olla samavõrd pädev nii taimede, seente kui ka mulla ökoloogias; tunda nii klassikalisi mikroskoopia kui ka uusimaid molekulaarbioloogia uurimismeetodeid.

Tänapäevaks on nende mikroskoopiliste seente ökoloogiast teada nii mõndagi. Järjest enam keskendutakse ka nende teadmiste rakendamisele. Oleme Tartu ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituudis krohmseeni kasutanud taimekoosluste taastamiseks ammendatud põlevkivikarjäärides, uurime nende soodustamise meetodeid põllumajanduses ning arendame krohmseentel põhinevaid bioväetisi maheviljeluse tarbeks. Siiski on lahendused leidmata veel paljudele krohmseentega seotud fundamentaal-ökoloogilistele küsimustele. Näiteks on tänini selgusetu intrigeeriv asjaolu: kas krohmseened paljunevad suguliselt ehk seksivad? Molekulaarsed tööendid sellele viitavad, kuid seni pole kellelgi õnnestunud seda (tõenäoliselt vähest vaatamängu pakkuvat) protsessi vaadelda. Seega pole krohmseente bioloogia ja ökoloogia veel kaugeltki lõppvaatuses ning avastamist on kuhjaga ka tulevikus. Ka käesoleva sajandi suured väljakutsed, nagu kliimamuutused ja elurikkuse kadu, tõukavad teadlasi järjest enam otsima lahendusi loodusest endast – ka krohmseentest. •

**Tanel Vahter**, Tartu ülikooli mullaökoloog, uurib taimede ja krohmseente vahelisi vastastiksuhteid põllumajanduses, taimekoosluste kujunemisel ja taastamisel.

Elu taimejuures. Enamik maismaataimi peidab enda juurtes hulganisti erinevaid seeni. Juurerakkudest tsütoplasmat välja võttes ning neid oskuslikult värvides tuleb päevavalgele kooselu krohmseente ja taimede vahel. Fotol on näha maisi juurte sees laiuv seeneniidistik ning kerajad säilitusorganid ehk vesiikulid, millest võib tuleval aastal areneda ka uus seen



# VÕIDAVAD NEED, KES SUUDAVAD ANDMETEST ÕPPIDA

FOTOD: LAURI KULPSOO

**Tartu ülikoolist välja kasvanud ettevõtte Positium on tegelenud juba pea kaks aasta-kümnet mobiiltelefonide asukohaandmete analüüsi ning inimeste liikuvuse ja paiknemise statistika tootmisega, mida on kasutatud nii linna- ja transpordiplaneeringutes, turismianalüüsides kui paljudes muudes valdkondades, kus teave inimeste liikumismustrite kohta aitab pakkuda neile paremaid teenuseid. 2018. aastal pälvis tänini ülikooliga tihedat koostööd tegev Positium Tartu ülikooli parima hargettevõtte (ingl *spin-off*) tiitli. Mobiilpositsioneerimise meetodil kogutud andmete olemusest, eelistest ning erinevatest kasutusvõimalustest kõneles Horisondi toimetaja Helen Rohtmets-Aasale Positiumi tegevjuht ERKI SALUVEER.**

**Kevadise viirusepuhangu ajal räägiti palju sellest, et viiruse leviku uurimiseks võiks kasutada mobiilpositsioneerimise andmeid. Mis andmed need sellised on?**

Mobiilpositsioneerimine on tehnoloogia, mille abil saab teatud täpsusega määrata mobiilide asukohti ja saada sedakaudu teada, kus neid mobiile kasutavad inimesed paiknevad ja kuidas nad liiguvad. Milleks seda vaja on? Selleks, et pakkuda inimestele erinevaid teenuseid. Ja siin ei ole vahet, kas tegu on avaliku või erasektori teenusega, mõlemal puhul on tarvis teada, kus inimesed on. Aastakümneid on sellist teavet kogutud peamiselt küsitlustega, mis on efektiivne meetod ja töötab siiaani, kuid tänapäeval on olemas ka uusi tehnoloogilisi lahendusi, mis võimaldavad asukohta määrata märksa kiiremini ja täpsemini. Üks selliseid ongi mobiilpositsioneerimine. Enamik inimesi kannab mobiiltelefoni kogu aeg kaasas ja see suhtleb omakorda pidevalt mobiilvõrguga – et võrk saaks toimida, peab see kogu aeg teadma, kus telefonid asuvad. Ehk siis tegemist on nn passiivse mobiilpositsioneerimise andmetega – andmetega, mis on mobiiloperaatoritel juba olemas, nii et nende tekitamiseks ei ole vaja midagi lisaks teha.

**Kui suurest täpsusest me selle andmestiku puhul räägime?**

Passiivse positsioneerimise täpsus võib olla väga erinev, sest mobiili asukohana fikseerivad mobiiloperaatorid antenni leviala. Mobiilantennid paiknevad aga Eestis ebaühtlaselt. Täpsem on see tihedalt asustatud piirkondades, nt linnades kvartali täpsusega, maapiirkondades võib see hõlmata mitme ruutkilomeetri suurust ala. Niimoodi vaadates tundub, et tegu pole just väga täpse tehnoloogiaga, aga planeeringute jaoks vajaliku ülevaate saamiseks, millistes piirkondades inimesed paiknevad ja kuhu nad sealt liiguvad, on see täiesti piisav.

**Eesti oli esimene riik maailmas, kes hakkas kasutama mobiilpositsioneerimise meetodit ametliku statistika kogumiseks.**

SELLES NUMBRIS: ERKI SALUVEER



**Mobiiliandmete töötlemise käigus ei tehta ühtegi järeltust ühegi indiviidi kohta, vaid üksnes masside kohta. Eesmärk on saada ülevaadet, kus inimesed massidena paiknevad ja liiguvad, et pakkuda neile paremat teenust.**

Ruumilisele aspektile lisandub ajaline mõõde, mis sõltub sellest, kui tihedalt me neid asukohafakte teada saame. Kui me neid uuringuid üle kümne aasta tagasi alustasime, siis olid olemas vaid kõnetoimingute andmed – sisse- ja väljaminevate kõnede ja SMS-ide ajad antenni leviala täpsusega. Kui arvestada, et inimesed teevad keskmiselt paar kõnet päevas, siis tundub, et teavet pole just liiga palju. Kui arvestada, et Eestis on ümmarguselt miljon inimest, kellest igaüks teeb päevas neli kõnet, siis teeb see aga juba 4 miljonit asukohakirjet päevas ja üle saja miljoni kirje kuus. Tänapäeval kasutavad inimesed oma telefonides lisaks andmesidet ehk internetti, mis tekitab asukohafakte tihedamalt, nii et päevas tuleb inimese kohta keskmiselt 20–100 asukohafakti või rohkemgi.

**Kui palju selliseid andmeid maailmas kasutatakse? Kas Eesti on selles vallas kuidagi eristuv?**

Eesti oli üks esimesi, kes hakkas nende andmete alusel juba 2000. aastate alguses uuringuid tegema. See on varalähkunud professor Rein Ahase teene, et me täna siin oleme. Tema oli see, kes nägi nende andmete potentsiaali siis, kui alles esimesed uurimisgrupid selle teemaga tegelema hakkasid. Selles mõttes on Eesti kindlasti unikaalne. Ja ma arvan, et Eesti eristub jätkuvalt sellegi poolest, kui paljudest erinevatest aspektidest on nende andmete alusel ühe riigi kohta uuringuid tehtud.

Kuna oleme selles valdkonnas juba väga kaua tegutsenud, siis oleme ekspertidena kaasatud paljudesse suurtesse organisatsioonidesse ja töögruppidesse. Positium on ÜRO turismiorganisatsiooni assotsieerunud liige ning koostööpartner mobiilpositsioneerimise suuandmete töötlemise alal nii ÜRO statistika divisiooni, EL-i statistikaameti (Eurostat), rahvusvahelise telekommunikatsiooni liidu (ITL), GSM-i assotsiatsiooni (GSMA) kui ka OECD vastavates töerühmades või projektides. Mul on väga hea meel, et saame sel tasemel kaasa rääkida. Kindlasti paistab Eesti selleski osas maailmas silma.

**Räägimegi nüüd lähemalt, millistes valdkondades neid andmeid kasutada saab?**

Esimene valdkond, millega me tegelema hakkasime ja milles oleme teinud kõige enam projekte, on turism. Kui välismaalased Eestisse tulevad, siis nad ühenduvad Eesti mobiilivõrku. Mobiiliga koos on olemas ka informatsioon, millisest riigist mobiili kandja pärit on. See ei kehti igal üksikul juhul, aga suure plaanis küll. Samuti on mobiilioperaatoritel olemas info, kui nende enda kasutajad käivad teiste mobiilioperaatorite võrkudes. Niimoodi saab mõõta, kui palju meil on täna välituriste näiteks Tartus või kogu Eestis ja kust nad pärit on. Varem, kui turistide kohta koguti infot peamiselt majutusstatistika või piiriküsitlustega, oli sellise täpsusega informatsiooni võimatu saada. Majutusstatistikat

saadakse maakonna tasemel ja see ei näita neid, kes ametlikult ei majutu, näiteks ühepäevaturiste, või neid, kes kasutavad kodumajutust (nt Airbnb) või ööbivad tuttavate juures. Seetõttu on maailmas tänini põhiline meetod reisistatistika saamiseks piiriküsitlus, mille miinused on samas nende küsitluste väike valim, korraldamise keerukus ja reisijate kasvav vastuseis sellistele küsitlustele vastamisele. Selle info põhjal arvutas ka Eesti Pank varem välja turismisektori maksebilanssi ehk andmestikku, kui palju eestlased raha riigist välja viivad ja välismaalased läbi turismiteenuste raha Eestisse toovad. Kui eelmise kriisi ajal lõpetati meil piiriküsitlused ära, siis tekkis küsimus, kust turismistatistika saada. Kuna meie juba analüüsisime turistide mobiilpositsioneerimise andmeid, siis sai Eesti Panga tellimisel välja arendatud meetodika, et arvutada, milliseid riike ja kui pikalt külastavad eestlased ning millistest riikidest ja kui kauaks omakorda Eestisse tulla. Tänu sellele põhineb väliturismi statistika Eestis juba 2009. aastast alates mobiiliandmetel, mis tähendab, et Eesti oli esimene riik maailmas, kes hakkas kasutama mobiilpositsioneerimise meetodit ametliku statistika kogumiseks.

Huvitav on seejuures, et mobiiliandmestikku rakendades tõusis välituristide arv Eestis kaks korda. Oleme aastate jooksul avastanud sellest andmestikust mitmeid turistide rühmi, keda ei saanud varasemate meetoditega tuvastada. Näiteks saime teada, et Peipsi ääres käivad talviti Läti kalamehed, kes ei kajastu ametlikus majutusstatistikas, sest korraldavad oma reise ise.

### **Täpsem statistika aitab omakorda suurüritusi planeerida ja turismihoajaks valmistuda?**

Just. Näiteks vajavad turismistatistika kõik linnad, kui nad mingit üritust planeerivad. Planeerimise faasis on vaja teada hetkeolukorda – kui palju on seal turiste tavaolukorras – ja hiljem on vaja järeleiret, et vaadata, kuidas üritus õnnestus. Kas ennustused läksid täide ja tuli oodatud arvul turiste või mitte, ning kauaks nad kohale jäid. Neid andmeid saab järgmiste ürituse kavandamisel arvesse võtta – näiteks kui oodati suurt osalust Lätist, aga seda ei juhtunud, siis on teada, et midagi läks Läti-suunalises turunduses valesti. Selline info on korraldajatele väga oluline. Kui andmete abil leitakse mingi nipp, kuidas meelitada turiste jääma kauemaks kui üheks ööks, siis on sellel piirkonnale väga suur mõju, sest nad kulutavad päeva võrra rohkem raha.

Kui suvisest elust rääkida, siis üks huvitav näide nende andmete kasutamisest on politsei- ja piirivalveametite tellitud uuring. Selles võeti kõigi Eesti omavalitsuste ühe aasta rahvastikustatistika päevade kaupa osadeks ja vaadati, kui palju oli igas omavalitsustes igal päeval alalisi ja ajutisi elanikke, välituriste ja külastajaid. Kutsusime seda uuringut paiknemise manuaaliks, sest selle järgi said politsei, kiirabi ja tuletõrje planeerida, kus nende ressursid peaksid eri aastategadel asuma. Kui ilmad lähevad soojaks, siis me kolime suure hurraaga maale ja tahame, et häda korral oleks abi kohapeal olemas. Kui Tallinnast valgub üle 10% elanikest suvel üle Eesti laiali, siis see on päris suur koormus omavalitsustele, kus rahvastiku hulk võib kordades kasvada. Nii et politseile, kiirabile ja tuletõrjele on see oluline info, et teada, kuidas oma kohalolu planeerida.

### **Kindlasti peegeldavad mobiilpositsioneerimise andmed ka kõikvõimalikku liiklust?**

Kõigi transpordiplaneeringute puhul, näiteks uue raudteeliini või tee planeerimisel või vana renoveerimisel, on vaja teada, kui palju inimesed võiksid seda kasutama hakata. Üks meie esimesi projekte selles vallas oli osalemine Kose–Mäo teelõigu planeerimisel. Mõõtsime, kuidas inimesed liiguvad – kust nad tulevad ja kuhu lähevad – ning vaatasime, kelle jaoks võiks Tallinn–Tartu maantee alternatiivina paremini sobida, kui see neljarealisteks ehitada. Vaadeldi alternatiivseid maanteid ning hinnati, et sellele trassile võiks sel juhul lisanduda kuni 2000 autot ööpäevas. Lisaks saime nende andmete alusel hinnata sesoonsel mõju, mida liiklusuuringutes ei oldud enne arvestatud.

Teise näitena võib tuua Tartu uue ühistranspordivõrgu kavandamise, kus tuli arvesse võtta, kus inimesed elavad ja kuhu nad liiguvad. Kui esimest võiks saada ka rahvastikuregistrist, siis teist on registrite alusel suhteliselt keeruline välja selgitada. Mobiiliandmestik näitab aga mõlemat, kogu pendelrännet, ning kui kõrvutada saadud pilti olemasoleva ühistranspordi skeemi ja kasutusega, siis on näha, kus on puudujäägid. Eesmärk oli leida üles kohad, kus teenuse pakumine on juba päris hea ja kus tuleks teha muudatusi, et võimalikult paljud inimesed saaksid hakata ühistransporti kasutama. Ja kuuldavasti ongi busside kasutussagedus Tartus tõusnud, mille üle on väga hea meel. Nüüd saab seda võrku vajadusel värskendada, sest linnas toimuvad ju kogu aeg muutused.

### **Internetiajastul manitsetakse inimesi pidevalt, et nad kaitseksid oma privaatsust. Kuidas see mobiilpositsioneerimist puudutab?**

Võib tõesti mõelda nii, et inimesed pole ju andnud nõusolekut oma andmete kasutamiseks. Samuti võib tekkida küsimus, kas see kõik on ikka turvaline. Ja need on täiesti adekvaatsed küsimused. Tegelikult on see ühiskondliku konsensusu teema, kas me lubame selliste tehnoloogiate kasutamist või mitte. Kui ei luba, tekib aga kohe küsimus, mis on alternatiiv. Kui anda inimesele valida, kas me teeme küsitlusi, näiteks peatame auto maanteel kinni ja küsime, kust te tulete ja kuhu lähete, siis ega nad ilmselt seda ka väga ei taha.

Privaatsuse kontekstis on oluline rõhutada, et mobiiliandmete töötlemise käigus meil ühegi indiviidi kohta ühtegi järeldust ei tehta. Kõik järeldused on üksnes masside kohta. Eesmärk on saada ülevaadet, kus inimesed massidena paiknevad ja liiguvad, et pakkuda neile paremat teenust. Ehk teisisõnu, meie eesmärk on statistiliste andmete tootmine. Lisaks kasutatakse privaatsuseriski maandamiseks kõiki võimalikke tehnoloogilisi lahendusi. Esiteks tulevad andmed mobiilioperaatorilt meile juba mitteisikustatult ehk meil on teada vaid kõnetoimingu kellaaeg, asukoht antenni täpsusega ja operaatori pandud identifikaator, mida meil ei ole võimalik seostada ühegi isikuga.

### **See tähendab, et teile antavate andmete kaudu ei saa isikut tuvastada?**

Need andmed muutuvad uurijate jaoks anonüümseks juba enne, kui mobiilioperaator need andmed uurimistööks väljastab – uurijatel ei ole mingit võtit, mille kaudu isikuid tuvastada. See tähendab, et nii meil Positiumis kui ka Tartu

## ERKI SALUVEER

- Sündinud 22. juulil 1980. aastal Tartus.
- Lõpetas 1999. aastal Hugo Treffneri gümnaasiumi.
- 2007. aastal kaitses Tartu ülikooli geograafia instituudis bakalaureusekraadi ja hetkel on Tartu ülikooli geograafia osakonna doktorant.
- Aastatel 2004–2007 töötas AS-is Regio andmehalduse projektijuhi ja seejärel veebikaardi teenuste arendajana.
- 2007. aastast töötab Positium OÜ arendusjuhina ja 2017. aastast tegevjuhina.
- Eesti geoinformaatika seltsi asutajaliige, endine Tartu noorgeograafide klubi president ja Tartu looduskaitseringi juhatuse liige.
- Hobid: maade ja linnade avastamine, jalgratta- ja lumelauasõit
- Abielus, peres kasvab tütar.

ülikooli mobiilsusuuringute laboris tehakse kõiki analüüse ja uuringuid pseudonüümsete andmetega. Mõneti võib pseudonüümseid andmeid võrrelda küsitlusandmetega, kus ei ole küsitud ühtegi isikustatud fakti, aga on inimesega räägitud. Vahe on selles, et küsitlusest on inimene teadlik, mobiiliandmete puhul ta igal hetkel ei teadvusta, et need mobiilioperaatoriteni jõuavad. Kuna need andmed on kõigil maailma mobiilioperaatoritel aga juba nagunii olemas – neid kasutatakse näiteks mobiilivõrgu planeerimiseks –, siis tundub mõistlik rakendada neid lisaks ka ühiskonna hüvanguks, et riik saaks langetada meile pakutavate teenuste planeerimisel paremaid otsuseid. Kõik me tahame, et meil oleksid parimad teenused. Pealegi saab neid andmeid kasutades hoida kokku palju aega ja ressursse, sest alternatiivina küsitluste korraldamine on väga suur ja kallis töö.

Ja veel üks pluss – mobiiliandmed jooksevad operaatoritele aastaringselt, mis tähendab, et nende alusel saab uurida sesooneid erinevusi, mida on küsitlustega väga keeruline teha. Erinevate hooegade sihtimine teeb küsitluse veelgi kallimaks, mistõttu seda tavaliselt ei tehta.

### Kuidas inimeste mobiilsusandmeid koroonakriisi ajal kasutati?

Siinkohal peab esmalt ütleva, et kahetsusväärset oli Positium sunnitud mobiilpositsioneerimispõhiste uuringute tegemise Eestis möödunud aasta lõpus, s.o mõned kuud enne kriisi algust, lõpetama. Probleem kerkis esile pärast EL-i uue andmekaitseregulatsiooni vastuvõtmist 2018. aastal, mille järel tekkis erinevaid tõlgendusi, kas mitteisikustatud asukohaandmeid saab ikkagi lugeda anonüümseteks andmeteks, mida mobiilioperaatorid tohivad elektroonilise side seaduse järgi töödelda. Seniajani oli üldine seisukoht, et tegemist on anonüümsete andmetega, kuna need on pseudonüümised ja mitteisikustatud. Sellised vaidlused käivad ka teistes Euroopa riikides, igaüks tõlgendab hetkel seadusi omamoodi ning kõik ootavad juba pikka aega EL-ilt uut regulatsiooni, mis need küsimused üleeuroopaliselt selgesõnaliselt paika paneks.

Kui koroonaviiruse kriis nüüd kevadel puhkes, siis saadi õnneks suhteliselt kiiresti aru, et parim vahend viiruse leviku tõkestamiseks on liikumispiirangute kehtestamine ja nende piirangute järgimist on vaja mõõta, milleks sobivad kõige paremini mobiilpositsioneerimise andmed. Kuigi nende andmete kasutusel oli õiguslik olukord jätkuvalt segane, tegid erinevad ametkonnad siiski kiiret koostööd, et lahendus leida. Peaministri ja riigikantsleivi palvel asus juhtrolli statistikaamet, kes palus koostööd kõigi Eesti mobiilioperaatoritega. Positium osales selles tegevuses konsultandina, aitas metoodika koostamisel ja tegi andmete esitamiseks visuaalsed rakendused. Esiteks mõõdeti, milline protsent inimesi püsib oma kodu lähedal ehk täidab



korraldusi. Nende puhul, kes liikusid, selgitati välja, kui kaugele nad läksid. Saadud arvude kaudu oli võimalik mõõta, kas, kuidas ja millistes piirkondades piirangud töötavad ja millistes mitte. Algselt oli plaan teha palju rohkemat – tahtsime näha ka seda, millistest riikidest ja kui palju inimesi Eesti eri piirkondadesse tuleb, et ennustada võimalikke koldeid. Samuti vaadata, kui palju välismaalasi Eestis on, et näha, kuidas see arv ajas muutub. Õnneks, nagu me nüüd teame, läks Eestis sel korral kõik hästi ja suuremat puhangut ei tulnud.

### **Aga kui peaks tulema uus laine?**

Üks, mida me tahtsime juba kriisi alguses proovida ja mille võiks nüüd ära teha, on viiruse leviku modelleerimine inimeste reaalse liikumisandmete pealt, et näha, kas viiruse levikut oleks võimalik ette ennustada. Seda võiks proovida teha esimese laine andmete pealt. Kui selline mudel töötaks, siis oleks uue viirusepuhangu ajal potentsiaalselt võimalik jooksvate andmete pealt näha, kuhu võib tekkida järgmine kolle, mis aitaks meditsiinitöötajatel selleks valmistuda. Samuti saaksime mudelit tehes õppida, mida oli mõistlik teha ja mida mitte. Me panime välispiirid kinni, panime Saaremaa lukku, käskisime inimestel kodudes olla. Tulemus oli efektiivne, aga me ei tea, kas kõik need samud olid vältimatud. Võibolla oleks võinud midagi erandina lubada, aga praegu me ei tea, mis need erandid oleksid võinud olla. Samas on iga selline erand nii inimeste kui ka majanduse jaoks ülioluline. Selle viiruse leviku puhul on veel väga palju teadmatust ja ainult andmed aitavad neis küsimustes selgust saada. Kui me suudame praegu andmetest õppida, mis eelmisel korral juhtus, siis me saame järgmisel korral tegutseda targemalt – teades, millele, millal ja kui kauaks piiranguid kehtestada. Võibolla saavad inimesed siis vabamalt tegutseda, kui peaks tulema viiruse teine laine.

### **Kõik justkui tunnistavad, et mobiilpositsioneerimine annab meie suurima potentsiaaliga andmetüübi inimeste paiknemise ja liikuvuse uurimisel, aga reaalsuses kasutatakse maailmas neid andmeid ikkagi vähe. Miks see nii on? Milles on probleem?**

Mul on tunne, et me oleme olnud lihtsalt ajast ees. Me toodame andmeid, mille pealt saaks ja peaks tegema otsuseid, aga selleks peab otsustajatel olema tahe neid andmeid kasutada. On vaja inimesi, kes mõistavad andmete väärtust ja oskavad erinevaid andmestikke ühendades jõuda järeldusteni. Kõigi projektide puhul on alati olnud teisel pool keegi, kes saab aru, et andmetele tuginedes saab teha paremaid otsuseid, ja kui sellist inimest pole, siis sa võid ju ametnikke n-ö andmetega visata, aga kui nad neid ei loe ega ei saa neist aru, siis pole ka andmetest kasu. Vaja on mõtteviisi muutust ja ühel hetkel see tuleb, seda juba ainuüksi konkurentsi pärast. Pikas perspektiivis muutuvad tugevamaks need linnad ja riigid, kes suudavad andmetest õppida.

### **Millega Positium praegu tegeleb?**

Positiumi missioon on viia võimalikult paljudesse riikidesse oskust, kuidas mobiilpositsioneerimise andmeid ühiskonna hüvanguks rakendada. See tähendab, et me oleme tehnoloogiline partner erinevatele statistikaametitele ja ministereiumidele üle maailma – pakume neile tehnilist tuge, kuidas mobiilioperaatori kogutud andmetest statistikani jõuda. Kuidas neid andmeid puhastada ja defineerida, kes

## **Pikas perspektiivis muutuvad tugevamaks need linnad ja riigid, kes suudavad andmetest õppida.**

on turist, elanik, ajutine elanik, nii et see oleks kooskõlas rahvusvahelise terminoloogiaga. Ja meil on olemas tarkvara, mis vastavalt nendele meetodikatele mobiiliandmeid töötleb. Toodame riiklikku statistikat praegu lisaks Eestile ka Indoneesias, Omaaniga on käimas aktiivne projekt ja pilootprojekte on veel paljudes teistes riikides. Oleme määrganud, et lihtsam on töötada riikidega, kus ei ole sissejuurdunud statistikasüsteeme, nad on uuetele lahendustele märksa avatumad. Lääne-Euroopas on juba selgelt paigas, et statistikat toodetakse küsitluste kaudu, ja nii läheb sealsetel riikidel rohkem aega, et muutuda. Aga see muutus tuleb, selle vastu ei saa. Me peaksime liikuma sinnapoole, et mobiilpositsioneerimise andmestik ja selle alusel toodetud statistika oleksid järjest enam kättesaadavad, ja see puudutab ka Eestit. Kui siin seadusandlus mobiiliandmete kasutamise osas paika saab ja õigusruum selgineb, siis on võimalik tööd nende andmetega jätkata.

### **Millist koostööd te ülikooliga teete?**

Tavaliselt ei jää *spin-off*-ettevõtted ülikooliga väga seotuks, aga meie side ülikooliga on endiselt väga tihe. Näiteks arendame koostöös analüüsimeetodikaid: kuidas eristada kõnetoimingute alusel kodu- ja töökohti, Eestis peatuvat või siit läbisõitvat turisti jne. Kui Positium kogub näiteid, kuidas mobiilpositsioneerimise andmeid saab mingites projektides – nagu juba räägitud Eesti Pangale toodetud turismistatistika, Tartu ühistranspordivõrk jms – reaalselt kasutada, siis Tartu ülikooli mobiilsusuuringute labori teadlased teevad selle alusel teadust: avaldavad tulemusi teadusartiklitena, osalevad akadeemilises diskussioonis ja loovad kontseptuaalseid mudeleid. Positiumi jaoks tähendab see, et meie kasutatav meetodika saab kinnitatud rahvusvahelisel tasemel eelretsenseeritavates ajakirjades, mis on omakorda meie klientide jaoks oluline. Ülikool jällegi kasutab meie tehnilisi oskusi andmete töötlemisel ja puhastamisel. Lisaks on meil ülikooliga tihedad diskussioonid, kus me jagame vastastikku ideid ja teadmisi, nii et ma näen seda mõlemale poolele kasuliku sümbioosina.

### **Miks Sinust just geograaf sai?**

Võib öelda, et ma olen hingelt geograaf, mille juures ei ole sugugi vähetahtis, et ma olen kolmanda põlve geograaf. Seejuures teadsin ma kohe, kui ülikooli tulin, et minust saab geoinformaatik. Teadsin, et tahan toimetada digitaalsete ruumiandmetega. Geograafide huvi on teadupärast uurida ruumilisi nähtusi ja kuna maadeavastused pole enam eriti aktuaalsed, siis on kõige huvitavam uurimisvaldkond, kuidas inimesed liiguvad. Ja nagu ülikoolis selgus, on kõige ägedam meetod selle uurimiseks mobiilpositsioneerimine. See hakkaski mind paeluma ja nüüd on mu doktoritöö seotud sama teemaga. Aga kuivõrd ma olen geoinformaatik, siis ma keskendun tehnilisele poolele – mida on tehnoloogiliselt selleks vaja teha, et jõuda mobiilioperaatori käes olevatest andmetest kasuliku statistikani. Millised sammud tuleb selleks läbi käia ja kuidas erinevad sammud tulemust mõjutavad. See on põhimõtteliselt sama, mida Positium teeb. •

# KUIDAS TULLA TOIME ELUPAIKADE KILLUSTUMISEGA?

**Inimtegevus killustab loodusmaastikku. Põllud, asulad, tööstus-ehitised ja teed lõikavad läbi metsade, rohumaade ja veekogude vahelised ühendusteel, muutes varem ühe suure elupaiga moodustanud tervikliku ökosüsteemi paljudeks väikesteks isoleeritud laigukesteks. Selles üha intensiivistuvas protsessis nähakse õigustatult üht suurimat ohtu elurikkusele.**

Alati ei tähenda elupaikade eraldatus liigivaesust. Näiteks on saared isoleeritud elupaigad, kus võivad elada väga eriilmelised, just kohalike tingimustega kohastunud liigid. Selle taga on pikaajaline eraldatus muust maailmast. Me ei saa küll loota, et evolutsioon suudaks tekitada inimeste killustatud elupaikades kiirkorras ökosüsteemitaie uusi liike, kuid saame kasutada nende elupaikade uurimisel saarte biogeograafiast pärit teadmisi.

## Kas rännata või paigale jääda?

Miks on isoleeritud elupaigalaigus halb elada? Põhjuseid on mitmeid. Populatsiooni geneetilise mitmekesise langus toob kaasa vastuvõtlikku-

se haigustele, väiksem arvukus suurendab tõenäosust asurkonna hävinuks õnnetu juhu läbi ning sugulusrustumine toob kaasa kahjulike geenide leviku. Väike asurkond on haavatavam juhuslike muutuste sündimuses ja suremuses, ning paigast võib minna sugudevaheline tasakaal. Kuna killustumine mõjutab erinevaid liike erinevalt, muutub ühes sellega koosluse tasakaal – mõni liik sureb välja, teine seevastu saab laiutama hakata. Toime tuleb seega tulla nii muutustega elupaigalaigu sees kui ka muutunud võimalustega elupaika vahetada.

Nagu selle sarja eelnevatest lugudest lugeda võis, on liigid teatud määral võimelised muutuvate oludega

kohanema ehk oma käitumist või füsioloogiat keskkonnale vastavalt muutma. Näiteks võivad killustunud elupaikade isendid võtta ette pikemaid rännakuid, et leida liigikaaslaste teistest elupaigalaikudest ja edendada koos nendega geneetilist mitmekesisust. Kohanemise ehk peamiselt käitumusliku muutuse kõrval võib mängu tulla ka üle põlvkondade toimuv kohastumine, mille käigus saavad killustunud elupaikades eelise ja rohkem järglasi isendid, kellele meeldib rohkem rännata.

Huvitaval kombel on elupaikade killustumisega aga sagedamini kaasnenud levikuvõime vähenemine, mitte suurenemine. Põhjus on lihtne. Kui järgmine sobiv elupaigalaik on liiga kaugel või selliseid laike on liiga hõredalt, eksib uljas rännumees (ja koos temaga ka vastavat tunnust soosivad geenid) ebasobivas maastikus lihtsalt ära. Ohutum on seega püsida üha enam kokkukuivavas elupaigas paigal ja loota parimat. Näiteks on linnatänavatel kasvavatel koeratubakatel kirjeldatud vähenenud levikuvõimet ning sama on täheldatud ka liivaluidete vahelistel rohumaadel elavatel ämblikel ja isoleeritud jõgedes elavatel vikerforellidel. Saarte biogeograafia analoog võiks olla lennuvõimetuse arenemine lindudel, nagu kiivil Uus-Meremaal või hiidtuvi dodol Mauritiuse saarel – kui kõikjale jõuab jala, pole lendamisele vaja energiat kulutada.

## Eelise saavad vähem pirtsakad

Suurte riskidega on seotud ka paikseks jäämine, sest ümbritsev keskkond võib kiiresti muutuda. Seetõttu panustavad mitmed liigid siiski rännuvõimele. Näiteks tõusis killustunud vihmametsa värvuliste hulka kuuluva neotroopika linnuliigi *Pyriglena leucoptera* rännukihk, kuid sellega kaasnes ka suurem ettevaatlikkus ja uue keskkonna põhjalikum uurimine. Kas tegemist on käitumusliku muutusega või üle põlvkondade toimuva geenimuutustega seotud kohastumisega, pole veel teada.

Muutusi võib toimuda aga neiski



WIKIPEDIA

Evolutsioon võib killustunud elupaikades viia levimisvõime vähenemiseni, sest elupaigast lahkumine on riskantne. Näiteks kadus koeratubakataimedel tänavaservades kasvades kaugemale levimise võime vaid 12 põlvkonnaga



tunnustes, mis pole seotud levimise ja rändamisega. Näiteks tuleb väikeses isoleeritud asurkonnas teha kaaslasevalikul teatavaid järeleandmisi. Eelise saavad isendid, kes ei ole väga valivad. Segi eneseviljastamine võib olla lahendus, kui midagi muud üle ei jää – seda küll eelkõige „istuva eluviisiga“ organismidel, nagu näiteks puud. Vähenenud konkurents sigimispartnerite osas võib viia lahjemate sekundaarsete sootunnuste kujunemisele, nagu näiteks plassimad suled ja igavam laul lindudel, vähem lõhnavad lilleõied või väiksem kehasuurus ja kirevus kaladel.

Elupaikade killustumisega seotud evolutsioonilisi muutusi ongi kõige paremini tõestatud tolmeldajate viljastatud taimedel. Kuna väikesed elupaigalaigud on tolmeldajatele vähem atraktiivsed, on õistaimedel toimetulekuks kaks valikut – kas muutuda „eriti seksikaks“, lõhnavaks ja kirjuks, et tolmeldaja ikka kindlasti tuleks, või võtta kasutusele muu sigimisviis – eneseviljastamine või vegetatiivne paljunemine. Ülevaateuringud viitavad, et sagedamini läheb käiku teine võimalus ehk tolmeldajatele käega (või lehega) löömine.

Mis on selle põhjus? Ilmselt hind, mida tuleb ülevõimendatud ligimeelitamisvõime eest maksta. Miski ei tule

paraku tasuta. Magusam lõhn ja kirevam värv on nii energieetiliselt kui ka aineliselt kulukad. Samamoodi maksvad killustumisega toimetulemise eest troopilised linnud, kellel kulub rohkem aega levimisele ja uue keskkonna läbiuurimisele ning jääb selle võrra vähem mahti toidu- või partnerriotsinguiks. Vähenenud levikuvõime eest makstavast hinnast võiksid meile ilmselt üpris hästi jutustada väljasurnud dodod.

### Hoidkem elurikkust

Nagu nägime, on osa liike tõenäoliselt võimelised killustumisega kohastuma, teised seevastu mitte, ning ka kohastumisega kaasneb ellujäämisvõimalusi vähendav hind. Kui me soovime elujõulisi ja toimivaid looduslikke kooslusi säilitada ega taha seejuures võtta endale kohustust neisse kuuluvaid isendeid igale liigile sobival sigimisaial ise ühest isoleeritud elupaigalaigust teise transportida (nagu me praegu juba tassime konni üle teede), tuleb meil kiiremas korras astuda samme

**Vähenenud levikuvõime eest makstavast hinnast võiksid meile ilmselt üpris hästi jutustada väljasurnud dodod.**

WIKIPEDIA



**Saarte biogeograafia põhjal saab teha ennustusi ka inimese poolt killustatud elupaikade tuleviku kohta. Kuigi kadunud lennuvõime võis aidata dodol Mauritiuse saarel elades energiat kokku hoida, muutis see linnu haavatavaks inimese kaasa toodud ohtudele**

elupaikade killustumise ümberpööramiseks. Ökoduktide rajamine, levikut võimaldava vahemaa tagant elurikkust toetavate elupaigalaikude loomine ning laiae liigirikaste teeäärte ja põlluservade normiks muutmine on siinkohal meetodid, mille tõhusus on tõestatud ning mille rakendamiseks pole tarvis midagi muud kui vaid head tahet. •

### Kasutatud allikad:

- Cheptou, P. O., Hargreaves, A. L., Bonte, D., Jacquemyn, H. 2017. Adaptation to fragmentation: evolutionary dynamics driven by human influences. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 372(1712), 20160037.
- Cornelius, C., Awade, M., Cândia-Gallardo, C., Sieving, K. E., Metzger, J. P. 2017. Habitat fragmentation drives inter-population variation in dispersal behavior in a Neotropical rainforest bird. *Perspectives in Ecology and Conservation* 15, 3–9.
- Harder, L. D., Aizen M. A. 2010. Floral adaptation and diversification under pollen limitation. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 365, 529–543.
- Lowe A., Cavers S., Boshier D., Breed M., Hollingsworth P. 2015. The resilience of forest fragmentation genetics – no longer a paradox – we were just looking in the wrong place. *Heredity* 115, 97–99.
- Zastavniouk, C., Weir, L. K., Fraser, D. J. 2017. The evolutionary consequences of habitat fragmentation: Body morphology and coloration differentiation among brook trout populations of varying size. *Ecology and evolution* 7(17), 6850–6862.

**Tuul Sepp** (1984) on Tartu ülikooli loomaökoloogia teadur, kelle uurimistöe keskmes on linnastumise mõju lindudele ning vananemisbioloogia ja vähi evolutsiooniga seotud teemad.

**Randel Kreitsberg** (1983) on Tartu ülikooli ökotoksikoloogia teadur, kelle teadustöö fookuses on keskkonnareostus ja selle mõju elusorganismidele, eeskätt kaladele.



ALAMY / VIDA PRESS

Konnade käsitsi üle tee viimine aitab küll vähendada elupaikade killustumise mõju kahepaiksetele, kuid see ei saa olla pikaajaline lahendus kõigi liikide jaoks, keda killustumine mõjutab

# OOTAMATU LEID TUMEAININE OTSINGUIL

Juuni keskel teatasid Itaalia mägedes maa all asuvas rahvusvahelises tumeaine otsimiseks mõeldud füüsikaeksperimentis XENON1T osalevad teadlased, et on avastanud oma ülitundlikus detektoris nõrga signaali, mis võib viidata senitundmatule füüsikanähtusele. Seda võib seletada näiteks hüpoteetiliste osakeste aksionitega või juba tuntud neutriinode veidra käitumisega. Proosalisemal juhul võib olla tegu vesiniku radioaktiivse isotoobi triitiumi lagunemisega, mida detektoris on mingil põhjusel oodatust rohkem.

Alatest 1980. aastate lõpust on tumeaine otseseks vaatluseks üle maailma maa alla ehitatud füüsikaeksperimente. Vähemalt kilomeetri sügavusele maapõue peidetakse need seetõttu, et tegu on ülitundlike detektoritega, mida segab maapinda pidevalt pommitav kosmiliste kiirte tekitatud müüonite voog. See osake on elektroni tüsedam sugulane, mis on temast üle saja korra massiivsem ja suudab seetõttu läbida sadu meetreid pinnast. Tundlike seadmete jaoks on need müüonid tõeline nuhtlus, mille eest tuleb varjuda kilomeetrite sügavusele.

Need detektorid otsivad tõeliselt haruldast sündmust – et vahel üliharva põrkaks mõni tumeaine osake

kokku ülitundlikku detektorit täitva aine aatomituuma või elektroniga. (Seepärast polegi ime, et müüonite põrked tuumadega neid otsinguid segavad.) Kosmoloogid ja astrofüüsikud on nimelt aastakümneid ennustanud, et ujume oma Päikesesüsteemiga kogu meie Linnutee galaktikat ümbritsevas tumeaine pilves. (Suur roll selle tumeaine pilve avastamisel on ka Eesti kosmoloogidel Jaan Einastol ja Enn Saarel.) Populaarsemad füüsikamudelid ütlevad, et need osakesed võiks olla üsna rasked, kümme kuni tuhat korda raskemad vesiniku aatomist, ja liikuda ringi keskmiselt umbes kolm-neliasa kilomeetrit tunnis (umbes tuhandik valguse kiirusest). Need osakesed mõ-

justuvad meiega väga nõrgalt, lennates meist välja tegemata läbi. Siiski, vahel üliharva võib mõni neist osakestest põrgata mõne aatomituuma või aatomites ringivõnkuvate elektroni dega. Just sellise harulduse jahil füüsikud sügaval maa all ongi.

Loomulikult ei pääse ka sügavale maa alla peitudes täielikult ei müüonitest ega looduslikust radioaktiivsest kiirgusest, mis pärineb radioaktiivsetest keemilistest elementidest nii detektoris sees kui ümber. Seega, isegi kui füüsikud möödavad oma maa-aluste seadmetega mingi ootamatu signaali, tuleb seda hoolikalt analüüsida, et välistada selle pärinemine mõnest tuntud looduslikust nähtusest. Mõni-



FOTOD: KOOSTÖÖPROJEKT XENON

Itaalias maa-aluses Gran Sasso laboris asuv XENON1T eksperiment väljast vaadates. Vasakul on näha detektormahuti, mille küljel oleval plakatil seisab: „XENON1T: tumedust valgustades“



XENON1T eksperimendi tumeainedetektorisisevaade

kord võib see olla ootamatult keeruline. Näiteks on Itaalias Gran Sasso laboratooriumis asuv maa-alune otsevaatluse eksperiment DAMA/LIBRA juba üle kümnendi mõõtnud teatud anomaalset signaali, mille puhul pole veenvalt tõestatud, et tegu on tingimata just tumeaine põhjustatud nähtusega. Samuti on mõned varasemad maaalused tumeaine otsimise eksperimentid leidnud anomaaliaid, mis on nüüdseks tundlikumate seadmetega veenvalt ümber lükatud.

Itaalias Apenniini mäepöues asuv Gran Sasso laboratoorium väärberaldi äramärkimist. Seal asub ka meie loo peakangelane, aga lisaks temale veel trobikond tumeaine otsimise ning neutriinode vaatluse katseid ja muid väga isoleeritud keskkonda vajavaid teaduseksperimente. Labor asub ligi 1,4 km sügavusel suure mäe südames, rajatud pika maa-aluse autotunneli kõrvalharusse. Alates aastast 2006 on seal asupaiga leidnud XENON-i koostööprojekti tumeaine-detektorite mitu põlvkonda. Detektoris ootab suur hulk veeldatud väärigaasi ksenooni, et mõnigi paljudest tumeaine osakestest, mis maakerast ja detektorist läbi lähevad, annaks ksenooni aatomiga põrgates signaali. Paraku võib samasuguse tulemuse anda ka mõni radioaktiivsel lagunemisel tekkinud osake. Signaali leidmisest raskem on viia detektoris miinimumini taustamüra, millest ei ole võimalik täielikult vabaneda. Tuleb mõista, kui palju müra alles jääb ja millest see tekib. Kõik, mis müra üle jääb, on – loodetavasti – signaal.

Praegu töötab Gran Sasso laboris juba XENON-i detektorite kolmas põlvkond. XENON10 detektoris oli 15 kg vedelat ksenooni, XENON100 detektoris oli seda 165 kg ja XENON1T detektoris on juba 3,2 tonni. Mida rohkem on detektoris tööainet, seda suurem on tõenäosus, et tumeaine osakesed seal aatomitega kokku põrkavad. Kuid senini ei ole tumeainet leitud.

Nii XENON-is kui teistes detektorites on otsitud peamiselt suhteliselt raskeid osakesi (nn WIMP-osakesed), mis pole palju kergemad või raskemad kui Higgsi boson. Kuna raskemaid osakesi ei ole leitud, on viimasel ajal hakatud otsima kergemat tumeainet. Tegelikult ei tea ju keegi, kui raske on tumeaine osake.

Kuid kergest tumeainet otsida ei olegi nii kerge. Raske tumeaine osakese põrge ksenooni aatomi tuumaga on kui liikuva piljardikuuli põrge seisvaga. Liikuv kuul jääb seisma, seisev kuul hakkab liikuma. Nii tekib detektoris signaal. Kui tumeaine on liiga kerge, meenutab see pigem hernest, mis piljardikuulilt seda liigutamata tagasi põrkab.

Tumeaine võib õnneks põrgata mitte ainult aatomi tuumaga, vaid ka ümber tuuma tiirlevate elektronidega, mis on võimaliku kerge tumeainega samas kaalukategoorias. 17. juunil avaldatud tulemus ongi XENON1T mõõtmistulemus põrgetest elektronidega. On see müra või signaal?


Oletame, et mõõdeti tumeainet. Selgub, et selline tumeaine peab olema üsna ootamatute omadustega.

XENON-i signaali seletab ainult kuum tumeaine, mille osakeste kiirus on vähemalt 10% valguse kiirusest. Nagu teame, peab tumeaine üldiselt olema külm, selle osakeste kiirus meie Linnutee halos ei tohi olla üle tuhandiku valguse kiirusest, sest muidu lendaksid nad galaktikast lihtsalt minema.

Võib-olla miski kuumutab tumeainet? See miski võiks olla näiteks Päikese sisemus, kus temperatuur on üle 15 miljoni kraadi. Paraku on nii, et kui Päike ja teised tähed kuumutaksid tumeainet, jahtuksid nad ise maha kiiremini, kui vaatlused näitavad. Kiirete tumeaine osakeste voog peab tulema kusagilt mujalt, näiteks tumeaine põrgetest, kus osa selle massist muutub liikumisenergiaks. Samuti on võimalik, et tumeaine osakestele annavad energiat põrked kosmiliste kiirtega. Teoreetikutel ideedest puudust ei tule: paari nädala jooksul pärast mõõtmistulemuste avalikustamist kirjutati juba pea nelikümmend teadusartiklit. Näiteks on välja pakutud, et tegu oli ülimergete osakeste aksionitega, et neutriinod põrkavad elektronidega ootamatult tugevalt, või tekivad Päikesel ka nn tumedad footonid.

XENON-i koostööprojekti teadlased ise osutasid veel ühele allikale, mis kirjeldab tulemust sama hästi kui aksionid või neutriinod. Tulemust võib selgitada vesiniku radioaktiivse isotoobi triitiumi lagunemine detektoris. Aitab, kui seal oleks kilogrammi ksenooni kohta kõigest kolm triitiumi aatomit! Kui palju neid seal tegelikult on, on väga raske kindlaks määrata. Kui tegu on väga peene, piiripealse mõõtmisega, on ka müra mahalahutamise omaette kunst.

Õnneks ei tule kaua oodata, et saada selgust: kas müra või signaal? Sel aastal läheb käiku juba järgmine tumeaine detektor XENONnT, milles on üle 8 tonni vedelat ksenooni. XENONnT detektoris peaks olema selgelt näha, kas põneva tulemuse annab kerge tumeaine või peavad füüsikud seekord veel pettuma. •

 **Andi Hektor** (1975) on keemilise ja bioloogilise füüsika instituudi vanemteadur. Tema teadustöö põhisuunad on osakeste füüsika, astroosakeste füüsika, kosmoloogia, kosmilised kiired ja andmete teadus.

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

# ILM JA NAABRID

**Naabrite mikrokliimast sõltub ka sinu heaolu. Korteremaja elaniku tõdemus.**

**Naabreid nagu ka sugulasi (sageli) ei valita, vaid saadakse. See kehtib samuti naaberriikide suhtes. Nii nagu on inimlik võrrelda endi ja naabripere elu nn mikrokliimat – nii palju, kui seda muidugi võrrelda saab –, tahaks võrrelda ka naaberriikide kliimat meie omaga. See on märksa lihtsam, sest abiks on ju teatmikud.**

Naabrite, tegelikult ka naabrite naabrite ilmast sõltub Eesti ilmastik suurel määral – meie maa on ju sedavõrd väike, et pea alati on meil valitsemas importilmad. Vast vaid suviseid kohalikke äikeseid saame pidada omiks. Peale arutelude ilma päritolu üle räägitakse meil alata teemal, kes me oleme, kust tuleme ja kuhu läheme. Ja mida teised meist arvavad.

## Parem soojas surra kui külmas elada

Kuidas me siia saime? Enamik ajaloo-huvilisi teavad lugu sellest, kuidas soome-ugri hõimud jõudsid oma praegustesse elukohtadesse. See olevat juhtunud nii. Kolm suurt rahvast – soomlased, ungarlased ja eestlased – rännanud Uuralitest Atlandi poole. Ühes paigas mere kaldal näinud nad teeviita: „Keerad vasakule – vein, guljašš ja soojad ilmad. Lähed otse – õlu, kama ja vilud ilmad. Keerad paremale – viin, kartulipirukas ja külmad ilmad”.

Ungarlased oskasid lugeda ja keera-

sid kohe lõunasse. Eestlased ei viitsinud enam kaugemale matkata ja jäid sinnasamasse elama – kama kõik! Soomlased keerasid eestlastest eemale põhja poole ja marssisid visalt edasi. Nii jõudis kirjaoskaja hõimurahvas (miks küll ungarlased?!) soojale maale, teised pidid leppima karmimate elutingimustega.

Igatsus parema eluolu järele on saatnud meid sajandite vältel – võtke kas või eesti vanasõna *Parem soojas surra kui külmas elada* või ütluse *leidis endale sooja koha*.

Nüüd on ajad muutunud: maakera muudkui kuumeneb ning varsti oleme õhusoojalt lõunapoolsete hõimuvõlledel kandadel. Miks on aga keskmine õhutemperatuur hakanud kasvama möödunud sajandi üheksakümnen-date algul just Ida-Euroopa maades? Arvutused näitavad, et selle taga on halva kvaliteediga paneelmajad, mis lasevad osa tubade soojust atmosfääri, moodsate, õhemate riiete kandmine, talvel paljapäi käimine ning võimalus

süüa harjumatu lõunamaiseid puuvilju (vt aastaraamat „Lehed ja tähed“, 2003, lk 55).

Pea kõikide riikide parteid püüavad näidata, et nad võitlevad hoogsalt ka kliimariindel – kliimamuutuste vastu, süsiniku- ja kliimanetraalsuse eest. Ja töötavad muuta parteide poliitikat läbipaistvaks, so nähtamatuks. (Kliimanetraalsus, muide, olevat see, kui sul on kliimaprobleemidest ükstakama kõik.)

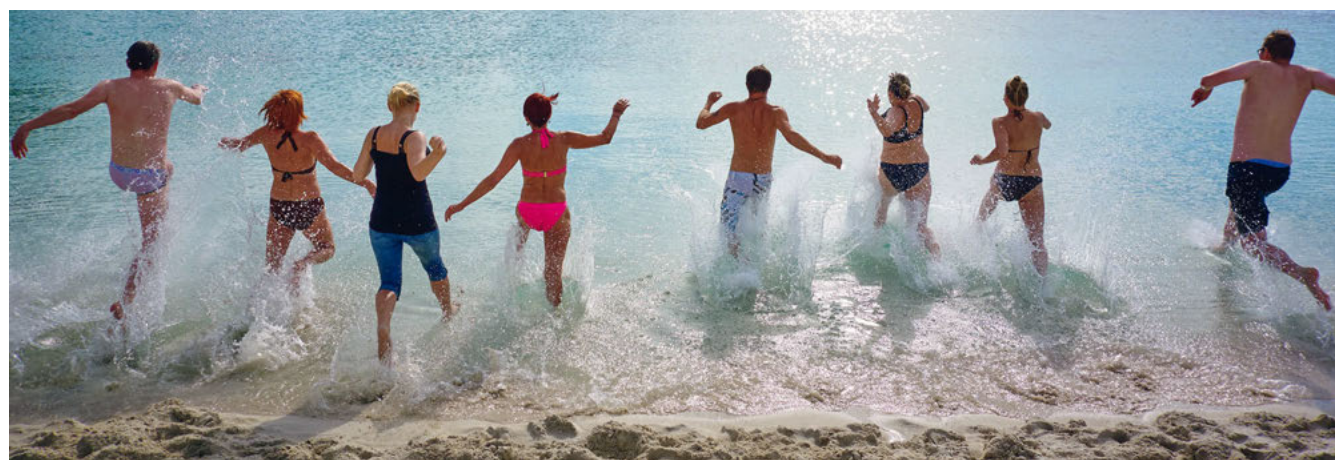
## Naabritest ette!

Eriti avangardse Eesti erakonna „Parem ilm” valimisloosung aastal 2003 kõlas nii: „Jõuame viieteistkümnega aasta Euroopa viie parema kliimaga riigi hulka!” Aga millised on parima kliimaga riigid? Mudelarvutuste järgi on Lõuna-Euroopas tulevikus suviti kole kuiv ja kuum. Aga ainult arvutuste põhjal.

Iga tavakodanikku huvitab kõigepealt, kas naabrid elavad meist paremini. Riiklikul tasandil tähendab see võrdlust naaberriikide majanduse, haridustaseme, ka kliimaga. Kliimanäitajast on huviäratavaimad muidugi sooja- ja külmarekordid, samuti keskmised temperatuurid.

Kõigepealt meie omad tulemused: Eesti kuumarekord on teatavasti +35,6 °C (11.08.1992, Võru), kõige pakaselisel päeval 17. jaanuaril 1940 mõõdeti Jõgeval –43,5 kraadi. Sademeid tuleb meil aastas keskmiselt 550–650 mm.

Põhjanaanabril Soomel on kliima märksa karmim – ulatab ju riigi põhjaosa teisele poole polaarjoont. Tal on vedanud Golfi hoovusega: tänu viimasele ei ole ilmastik nii külm kui teisel pool ookeani Kanadas. Uue kuumarekordi said soomlased hiljuti, kui Joen-



UNSPLASH

Balti riikidest on Leedu kõige soojem. Riigi pikaajaline keskmine õhutemperatuur ehk norm aastaist 1961–1990 on 6,2 °C, Läti aasta keskmine õhusoo on 5,6 °C ja Eestis 5,2 °C



Pakase poolest ei küündi Eesti Soomele ligilähedalegi: meie külmarekord on  $-43,5$ , põhjanaabritel  $-51,5$  kraadi

suu lähedal Liperis registreeriti 29. juulil 2010  $+37,2$  °C.

Pakasenäitudel ei saa me aga naabritele näolegi – rekord on  $-51,5$  °C aastast 1999, mõõdetud Lapimaal Kittiläs. Sageli meenutavad ajaloolased, et talvesõja aegu (1939/1940) kaotas punaarmee külma läbi vähemalt 61 000 sõjameest. Seevastu pealinnade miinimumid on meil põhjanaabritega väga sarnased: Tallinnas  $-34,4$  °C ja Helsingis  $-34,3$  °C, püstitatud küll eri aastail. Veel üks fakt: ilmataadi maapealne asemik, maailma meteoroloogiaorganisatsiooni peasekretär Petteri Taalas on endine Soome ilmateenistuse juht.

### Lätist tuleb trombe

Kuna Läti asub meist lõuna pool, peaks sealne kliima olema meie omast soojem. Tegelikult oleme ka selles valdas üpris lähedased: talvine õhutemperatuurimiinimum on  $-43,2$  °C (08.02.1956, Daugavpils), maksimum oli kaua aastaid sarnane meie omaga, alles 2014. aasta 4. augustil kerkis soojanäit Ventspilsis ilmajaamas rekordilise  $+37,8$  °C-ni. Pealinnas Riias on mõõdetud nii 34 külma- kui ka soojakraadi (kuumarekord sündis hiljuti, 2003. aasta suvel).

Mis on meil veel Lätiga ühist? Õigus, juba kaks sajandit tulevad trombid-tornaadod-tuulispasad riikate mailt võrukate poole mööda nn trombide

alleed (sarnane tornaadode alleega USA-s Texase, Arkansase ja Kansase osariikides).

Uhkusega märgitakse lätlaste teatmikese, et vanim ilmajaam Baltimaades alustas tööd Riias juba 1795. aastal, esimeseks hüdroloogiliseks vaatluseks aga võiks pidada munkade ülestähendust jäämineku kohta Daugava ülemjooksul 1532. aastast.

Leedu on teistest Balti riikidest veidi soojem – riigi pikaajaline keskmine õhutemperatuur ehk norm aastast 1961–1990 on Leedu kohta arvutatud  $6,2$  °C (Läti aasta keskmine õhusoo on  $5,6$  °C ja Eestis  $5,2$  °C). Talved on pehmemad, suved soojemad. Võrdluseks ka maksimaalne temperatuur  $+37,5$  °C (30.07.1994, Zarasai) ja minimaalne  $-42,9$  °C (01.02.1956, Utena). Pealinna Vilniuse elanikud on saanud tunda nii 30-kraadist külma kui 35-kraadist sooja.

### Idast pole midagi head oodata?

Rootsi jääb meist kaugemale: kolme mere (Väina-, Balti ja Läänemere) taha. Sealtpoolt saame nii tormi kui vihma. Riik on suur, kliimaerinevused samuti. Rootsi ilmarekordid on  $-53,0$  °C (13.12.1941, Malgovik) ning  $+38,0$  °C (09.07.1933, Ultuna). Rootsi ja Soome on üle ilma tuntud kui üks külm piirkond – pole ime, kui arvatakse, et nii Stockholmi kui Helsingi tänavatel võib

kohata pakasepäevil jääkarusid... Rootslased on tuntud ka kui kliimaaktivistid – 2010. aasta eurobaromeetri küsitluses arvasid nad, et tähtsaim probleem maakeral on kliima soojenemine (lätlased ja eestlased pidasid kliimamuutusi vähetähtsaks). Mis siis veel rääkida kliimaaktivistist Greta Thunbergist!

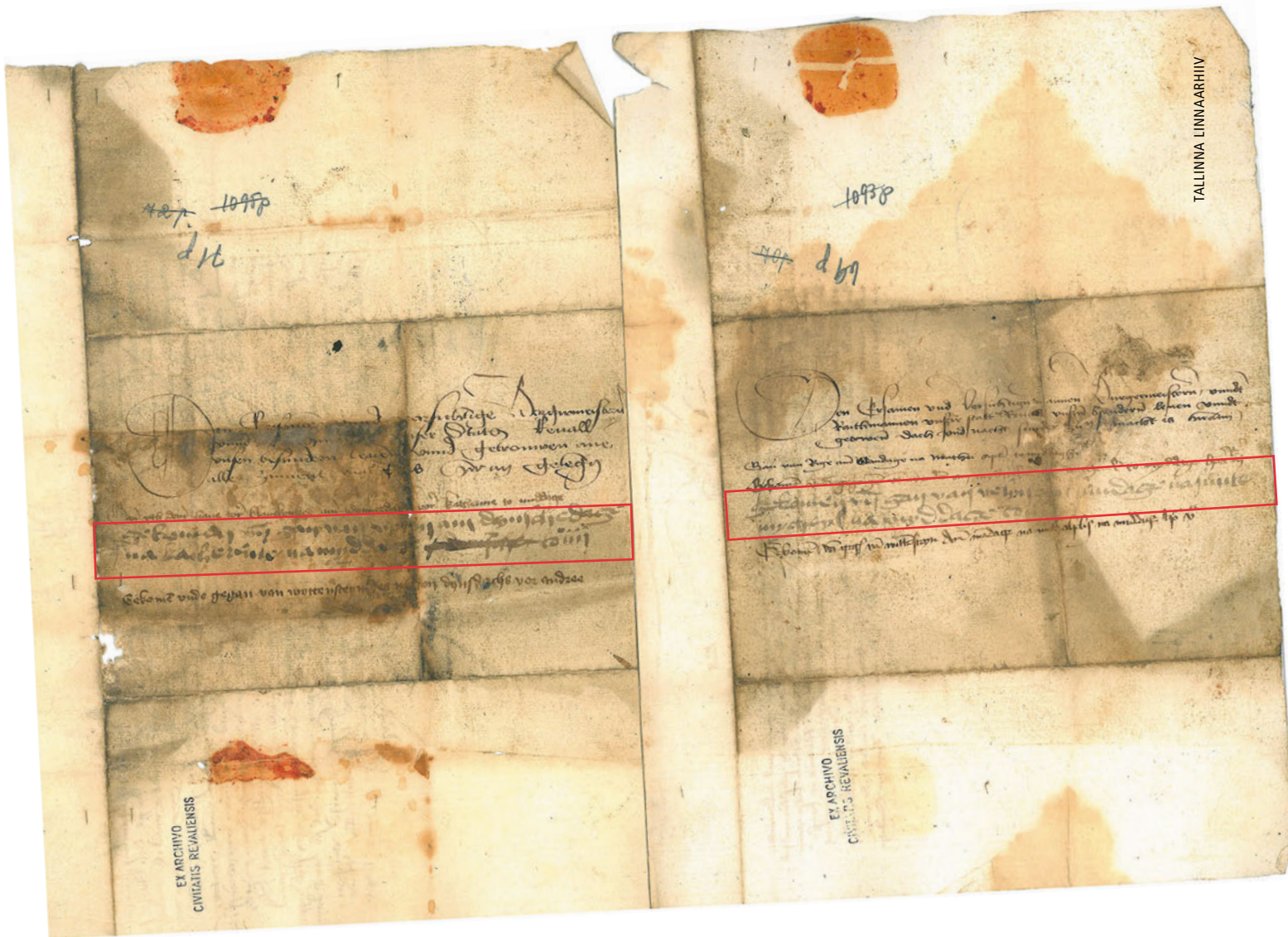
Idast ei ole meil midagi head oodata, on rahvalegendide järgi üks ammune raadioilmaprognos. Tegelikult tulevad idast peale talvise külma ka suvised kuumad ja selged ilmad. Vene riigi külmarekordid on registreeritud meist päris kaugetes paikades (Ida-Siberis Verhojanskis ja Oimjakonis  $-67,8$  °C), Euroopa rekord  $-58,1$  °C mõõdeti siiski lähemal, Põhja-Jäämere kandis Ust-Šugoris 31. detsembril 1978. aastal (sel päeval oli meilgi tunda siberlikku pakast). Kuumarekord  $+45,4$  kraadi mõõdeti aga Kalmõkkia poolkõrbes Uttas 12. juulil 2010. aastal kuumalaine ajal.

Kõikvõimalikke ilmakatastroofe ja kliimanäitajaid üle laia ilma võrreldes ei saa muud kui järeldada, Eesti on üks väga vaikne kena kohakene. Meie tormi, paduvihmasid, pakase- või kuumalained ei anna võrreldagi väga paljude teiste maade omadega. Seega ei tasu nuriseda, et meie kauged esivanemad Aasiast tulles ei viitsinud enam edasi matkata ja jäid siiasamasse elama. •

# Kulleri teekond

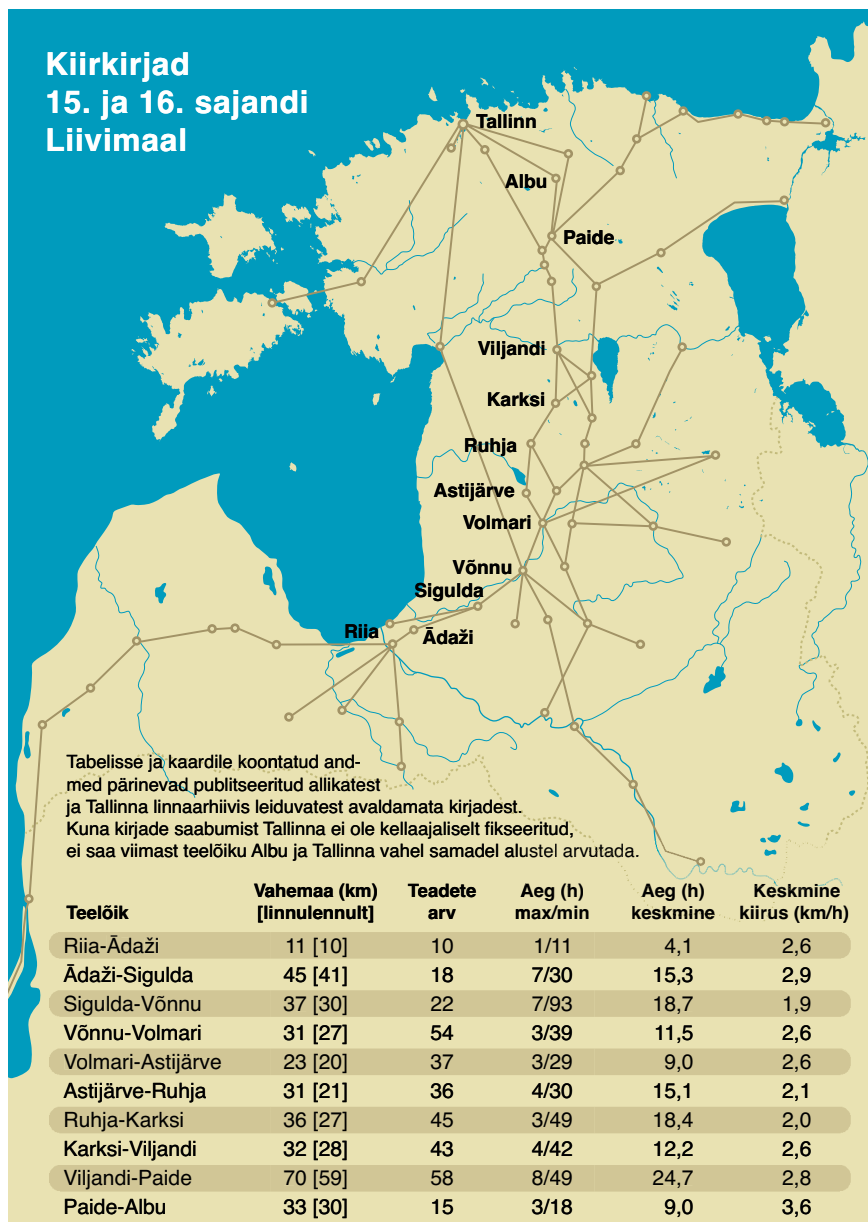
**Teispäeval pärast kadripäeva, see on 28. novembril 1480. aastal kell neli pärast lõunat ratsutas Viljandi linnusesse käskjalg ordumeistri kirjaga. Kiri oli adresseeritud Tallinna raele, teatas plaanitavatest rahuläbirääkimistest Pihkvaga, kuid käskis linnal siiski igaks juhuks sõjaks valmis olla. Et teade oli pakiline, pidi mees veel samal tunnil edasi Tallinna poole ratsutama. Edastatava kirja välisküljele kirjutas keegi kulleri linnuses viibimise kellaaja.**

Me kahjuks ei tea, milline oli ilm sel hilissügisel päeval, aga aastaaja järgi saame otsustada, et kui ratsanik uuesti teele läks, pidi hakkama juba härmarduma. Temaga kaasas olnud kirjale on märges tehtud sama käega, millega on fikseeritud ühe teise ordumeistri kirja liikumine läbi Viljandi pea kuu aega varem, 1. oktoobril kell kolm pärast lõunat. Paistab, et ka tindipott oli sama ja sulge polnud vahepeal teritatud. Kui täpselt kell Viljandi linnuses käis ja kas keegi seda vahepeal ka õigeks pannud oli, me ei tea. Kindel on vaid see, et ajanäitaja oli linnuses olemas.



Liivimaa ordumeistri Berndt von der Borchi kahe Tallinnale saadetud kirja välisküljed aadressi ja kullerikirjetega. Parempoolne on saadetud 24. septembril 1480 Riist, vasakpoolne 23. novembril samal aastal Koorkülalt. Punase joonega on tähistatud sissekanded, mis on tehtud Viljandis

## Kiirkirjad 15. ja 16. sajandi Liivimaal



Sarnaseid märke võib 15. ja 16. sajandi kirjadelt Liivimaal leida sadu. Oma vormilt on need pea muutumatud, sisaldades fraasi „tulnud ja läinud“, asukohta, päeva ja tundi. Enamasti on kirju sellisel kombel registreeritud Saksa ordu linnustes, aga nii on tehtud ka mõnedes piiskoppide linnustes ja mõisates, nagu näiteks Porkuni (Tallinna piiskop), Sangaste (Tartu piiskop) või Piebalga (Riia peapiiskop). Valdava osa selliselt käideldud kirjade autor on Liivimaa ordumeister või on need adresseeritud ordumeistrile. Erandjuhul on kullerikirjetega varustatud ka mõne teise ordukäskniku kiri. Samasugune komme kirjade

liikumist fikseerida oli ka Saksa ordu Preisimaa harus.

Lisaks aadressile ja märgetele liikumise kohta leiame kirja välisküljelt mõnikord manitsuse asja pakilisuse kohta. See võib olla ainult üks sõna – *cito* (eesti *k kiire*) – või mitmerealine märge, kust annab välja lugeda ka mõningaid ordu kulleriteenistuse nüansse. Enamasti nimetatakse, et kirja tuleb erilise ratsakulleriga ööl ja päeval edasi toimetada, sest sellest sõltub palju. Mõnikord öeldakse veel, et kuller peab olema sakslane, et kirja edasitoimetamisel tehakse ordule eriline teene ja hooletuse korral ähvardab kullerit ihunuhtlus. Sõnastusel

on pakilisusemärke mitmekesised ja nende seas eraldi kategooriaid välja tuua ei saa. Kogu korrespondentsi moodustavad aga niimoodi tähistatud kirjad n-ö kiirkirjade grupi, mille edasitoimetamiseks nõuti ekstra pingutust.

Andmed kirjavahetuse kohta ei jaotu keskaegsel Liivimaal ühtlaselt. Tallinna linnaarhiivis arvukalt säilinud kirjade abil on võimalik paremini jälgida liikumiskiirusi ordumeistri residentsi Võnnu (läti Cēsis) ja Tallinna vahel (natuke üle 300 km). Keskmiselt olid kirjad teel kümnekond päeva, kiirkirjade keskmine on seitsme päeva kandis. See teeb päevatekkonnaks 30–40 kilomeetrit, äärmuslikumatel juhtudel aga isegi kuni 100 km. Tähelepanu väärib, et ordu kirjade liikumiskiirus kõikus märgatavalt. Kiirust on mõjutanud ilmastik ja aastaaeg, küllap aga ka inimfaktor.

Kui kirja teekonna etappe märgitakse tunni täpsusega, tahame loomulikult teada, kas kuller ajas traavi nii, et mantel lehvib, või lubas ta hobusel ka sammuda. Keskmine kiirus ei tule arvutades kuigi muljetavaldav ja jääb jalamehe tempole 4–5 km/h tugevasti alla. See tähendab arvatavasti, et kullerid siiski enamasti öö otsa ei ratsutanud. Samuti tundub, et niisuguse tempo puhul ei olnud tingimata põhjust igas peatuskohas hobust või kullerit vahetada. Maksimumkiirus on olnud umbes 10 km/h ja üle selle, mis aga eeldab juba hobusevahetust.

Keskajal liikusid kirjad rohkem või vähem juhuslike reisijatega ja ainult suuremad isandid said endale lubada luksust saata kiri kulleriga. Kui algselt toimetati kirja kohale üks mees sama hobusega, siis 15.–16. sajandil seatakse Euroopa olulisemate keskuste vahel sisse postijaamad, kus anti edasi ainult postikotti. Algselt vaid valitsejate kasutuseks mõeldud süsteem muutus nüüd raha eest kättesaadavaks kõigile. Selles üldises postiajaloo moodustavad omaette peatüki Saksa ordu Preisimaal ja Liivimaal kasutatud kullerid. Usutavasti ei olnud see veel institutionaliseerunud „post“ range korra ja selleks spetsialiseerunud personaliga, vaid pigem oli kirjade edasitoimetamine vajaduspõhine protseduur, kus rutiinid ei olnud alati paigas. Kullerikirjed olid aga mõeldud eelkõige selleks, et orduametnikel oleks võimalik jälgida ja kontrollida kirja edasitoimetamise efektiivsust.

✍ **Juhan Kreem**, Tallinna Linnaarhiivi teadur



FOTO: KAUPPO KIKKAS

## HEIGO ROSIN LÖÖKPILLIMÄNGIJA, INTERPREET, PEDAGOOG JA HELILOOJA

Mis on teadus? Mulle meeldis väga mu gümnaasiumi füüsikaõpetaja Arvo Kase definitsioon füüsikast, mida võib tinglikult laiendada kõigile teadustele. See kõlas umbes nii: „Füüsika ei ole midagi muud kui abivahend meid ümbritseva maailma kirjeldamiseks.“ Maailm ümbritseb meid ning meie elame selles, nii et oleme kõik paratamatult teadusega seotud, isegi kui me seda endale ei teadvusta.

Minagi olen muusikuna erinevate teadusharudega tihedalt seotud. Rütmifiguuride aritmeetiline jagamine löökidesse, jõuõla ja ülestõstetud kehale mõjuva jõu põhimõtted pulkade käeshoiul ja löögitehnika vormimisel ning akustika-probleemide lahendamine ansambli- ja orkestrimängus on vaid osa minu igapäevasest tööst. Lisaks on ka muusikateadus eraldi teadusharu, mis on interpreedi- ning pedagoogitöö lahutamatu kaaslane.

Kõige laiemat kasutust leiab meie igapäevaelus aga kindlasti kinemaatikas kasutusel olev suurus AEG. Tihtipeale kuuleme väljendit „Mul pole aega!“. Aja valem on väga lihtne:  $t = s / v$ , kus  $t$  on aeg,  $s$  on teepikkus ning  $v$  on kiirus. See matemaatikatunnis õpitud valem on küllaltki lihtsakoline. Keha läbib vahemaa teatud kiirusega ning selleks kulub aega – sellest saab lasteaialapski aru. Siiski võib selles valemis peituda märksa rohkem kui esmapilgul tundub. Iga ajahetk meie elus kestab vaid hetke ja läinud ta ongi – kas märkasid? Suure tõenäosusega mitte. Miks?

Siin tuleb mängu valemi teine füüsikaline suurus – KIIRUS. Meil on kogu aeg kuhugi kiire. Kiire tööle, kiire koju, kiire lõpetada peenarde rohimine, et saaks juba muru niitma minna. Kiire sõita kohe punaseks mineva fooritulega ristmikule, sest muidu peab ootama tervelt 30–40 sekundit, enne kui saab teekonda jätkata, ning mõnel eriti kiirustaval autojuhul ei ole manööverdades aega isegi suunatud näidata. Miks?

Olemegi jõudnud kolmanda ja vahest kõige olulisema füüsikalise suuruse nimetatud valemis – TEEPIKKUS. Tee-pikkus siinkohal ei ole kindlasti mitte kilomeetrites mõõdetav suurus, mille inimene oma elu jooksul läbib, vaid pigem kogum meeldejäätavatest sündmustest ja hetkedest, mida on ka teadlikult nautitud. Kas tööle peab kiirustama? Ehk võiks hoopis varem magama minna, hommikul varem ärgata ning koos perega hommikukohvi nautida? Kui paljud roomavad oma aias palehigis tööd teha, aga unustavad saavutatud ilu teadlikult nautida, mõeldes selle asemel hoopis järgmiste tööde peale? Kui paljud liikluses ohtlike manöövreid tegevad autojuhid kiirustavad koju mitte selleks, et perekonnaga rohkem aega veeta, vaid nutiseadme või teleka taha istuda ning ekraani jöllitada?

Igale inimesele on antud kindel ühik elupäevi ning kuigi me nende täpset arvu ei tea, võime selle hulga siiski tinglikult konstantseks suuruseks lugeda, sest nimetatud suurus on meie jaoks kontrollimatu. Kiiruse – elutempo ning teepikkuse – teadlikult elatud ning väärtustatud elu ohjad on aga meie endi kätes. Iga autojuht teab, et kiiremat sõidukit on raskem kontrollida. Samamoodi on eluga. Näiliselt raugematu elutempo tõttu jäävad olulised asjad märkamata ning raugana kiiktoolis istudes ja elule tagasi vaadates on meenu-tada vaid kiirustamist.

Teadus on loodud kõigi jaoks, et panna meid ümbritseva elu üle järele mõtlema. Ühes lapsikult lihtsas valemis võib peituda rohkem, kui esmapilgul tundub. Aeg läheb ikka oma-soodu, eluteel käimise kiiruse saame aga määrata ise. Laulusõnadki ütlevad: „Aeg kaob, rõõmud jäävad“. •





TARTU ÜLIKOOL  
loodusmuuseum ja  
botaanikaaed

# VALGE MANDRI KUTSE

## „ADMIRAL BELLINGSHAUSENI“ MERERETK

Eesti Meremuuseumi näitus  
TARTU ÜLIKOOLI  
LOODUSMUUSEUMIS  
7.07-1.11.2020

Vanemuise 46  
Avatud T-P 10-18  
Sissepääs muuseumipiletiga

### Lisainfo:

TÜ loodusmuuseum  
tel 737 6076  
[loodusmuuseum@ut.ee](mailto:loodusmuuseum@ut.ee)

Admiral Bellingshausen 2019-2020

# Polkovniku lese sündroom

**2020. aasta esimesel poolel inimkonda tabanud pandeemia annab erinevate erialade teadlastele ning lihtsalt kaasamõtlejatele arutlusainet ilmselt veel kauaks. Seejuures ei räägita üksnes asjasse puutuva viiruse olemusest, vaid ka sellest, kuidas erinevad inividid ja ühiskonnad uue tõve ohule reageerisid. Ehk kartsid liigagi?**

Otsustajate käitumist ning meedia ja ühiskonna ootusi vaagides tuleb arvestada, et suhe haigusesse on individuaalne ega ole objektiivne meditsiinilises mõttes. „Meditatsioonastik”

teebki vahet mõistetel *tõbi* ja *haigus*. Esimese puhul eeldame biomeditsiinilist olukorda, kus sarnase diagnoosi korral esinevad sarnased sümptomid. *Haiguse* mõiste seevastu hõlmab ka

patsiendi reaktsioone tõvele ning tema tundeid.

*Haige* olemine tähendab seega seisukohavõttu *tõve* suhtes: kui tõbi on objekt, siis haige on subjekt. Nii ei pruugigi arstidelt raske diagnoosi saanud inimene olla haige, kui ta ise seda ei tunnista. Ja vastupidi. Palju sõltub seejuures sellistest nähtustest nagu haiguskultuur ja haigususkumused, millest esimene kirjeldab ühiskonna või kogukonna suhtumist erinevatesse tõebedesse. Sellistes suhtumistes võib selgesti eristada ajaloolisi ja kultuurilisi erinevusi. Näiteks oldi minevikus ja ollakse piiratud võimalustega kogukondades tänapäevalgi palju leplikumad vanadusega kaasnevate hädade suhtes, rääkimata kunagi esinenud sootuks teistsugustest arusaamadest tõbede olemuse, leviku ja ravi kohta.

Haigususkumus omakorda on indiviidi isiklik suhe haige olemisse, mis sõltub nii haiguskultuurist kui ka isiku enda elukogemusest ja iseloomust. Ega ilmaasjata mõelnud just arstid antiikajal välja õpetust karaktertüüpideist!

## Hüpohondriast haigusärevuseni

Hüpohondriliseks sündroomiks nimetatakse neurootilist häiret, mille all kannataja on põhjendamatult veendunud, et on haigestunud raskesse ja ravimatusse tõppe. Selline patsient ei usalda arste ega meditsiinilisi uurinuid. Tänapäeval on hüpohondrikust saanud pigem halvustav väljend inimese kohta, kes kirjeldab oma haigusi lihtsalt selleks, et tähelepanu saada. Sellisele seisukohale asus omal ajal Sigmund Freud. Eesti kirjanduslukk on hüpohondriku kirjutanud polkovniku lese nime all Juhan Smuul.

Psühhiaatrid teevad vahet mitmel hüpohondria vormil. Üks neist on see, mida tunneb ja mille üle sageli teravmeelitseb avalikkus: näiteks võib kohata väiteid, kus seda seisundit omistatakse mõnele põlgust väärivale tegelasele nagu Adolf Hitler või Saddam Hussein. Kurvem on olukord aga juhul, kui inimene jätab oma mured enda teada ja langeb depressiooni.

Tänapäeval eelistatakse kasutada hüpohondria asemel neutraalsemaid mõisteid, nagu terviseärevus või nn somatisatsioonihäire. Ehkki sellised diagnoosid ei pruugi olla tavaelus kuigi levinud, kõneleb probleemi olemasolust kaudselt statistika – haigekassa hiljutine ülevaade raviraha kasu-



FOTOD: ESTI TEATRI- JA MUUSIKAMUUSEUM

„Üks suur rõõm elus on hea, uus haigus, mida pole kellelgi peale sinu, mis laseb sind elada, mis on originaal nagu kleit, mille kunstnik ainult sulle joonistas. Hea haigus on rohkem väärt kui uus kasukas või lambakoer, ja need, kes asjast aru saavad, lähevad kadedusest kollaseks. Kas te teate, kui ma tohtrite juurest ära tulin, oli mul sihuke tunne, nagu kõnniksin kahe noore kavaleri vahel: ühelt poolt toetab mind *Nihilissimus acutus* ja teiselt poolt surub endale lähemale *Logorrhoea gradus gravis*.” Nõnda kõneles Juhan Smuul 1965. aastal valminud näidendi „Polkovniku lesk ehk Arstid ei tea midagi“ nimegelane, kelle värvikas karakter on juurdunud paljude eestlaste teadvusse hüpohondriku võrdkujuna. Fotol stseen Eesti draamateatri lavastusest „Polkovniku lesk“ (1966), milles mängis nimikangelast näitlejatar Mari Möldre

tamisest näitas, et väga palju tehakse analüüsi, mis ei vii diagnoosini.

Terviseärevusest ühiskonnas annavad tunnistust müügiedu nautivad arvukad terviseajakirjad ning -raamatud, millest nii mõnigi ei kannata kriitikat. Sama kehtib astroloogiaalase kirjanduse kohta. Ning tunnistades, et ilmastik (nagu ka mõned kosmilised nähtused) mõjutab tõepoolest haigusstatistikat – arvatakse, et ilmamuutustele on tundlikud umbes 30% inimestest (vt Horisont 6/2017) –, võib selleski vallas liialdustesse langeda. Näiteks kirjutas üks Tallinna arst 1775. aastal oma kõrgest seisusest patsientide kohta, et nende: „... päevatöö seisneb vaid mõtete heietamise oma tervise üle, kogu aja akna juures seismises ja ilmamuutuste jälgimises“.

### „Rinnakorvialune“ töbi

Ilmal ja taevatähtedel oli keskne tähendus antiikses humoraalteoorias – haigusseletuses, mille järgi mõjutas inimese tervist nelja „kehamahla“ ehk vere, lima, sapi ja musta sapi omavahe-line tasakaal. Ka hüpohondria mõiste pärineb antiikajast, tulenedes kunagi oluliseks peetud anatoomilisest piirkonnast, mis asub rinnakorvi ja naba vahel (kr k *hypo* 'all' ja *khondros* '(roide-/rinnaku)kõhr'). Seal usuti asuvat põrna, üht neljast humoraalteooria kesksest organist, mida arvati tootvat müütilist kehavedelikku, nn musta sappi (kr k *melaina chole*). Usuti, et häired põrna tegevuses tekitavad melanhoolia. Mineviku arstide jaoks tähendas see „diagnoos“, mille üks sümptomeid oli ebamäärane hirm, nii vaimset haigust kui ka kehalist tõe, millest viimast peeti (eeskätt seedehäirete kaudu) esimese tekitajaks. Eesti keeles tähendabki sõna *spliin* (kr k *splēn* 'põrn') elutüdimust.

**Haiguse subjektiivse tajumisega on seotud terve hulk hirme-foobiad, nt nosofoobia – hirm haigeks jäämise või külmetumise ees. Müsofoobia on hirm haigustekitajate (bakterite) ja saaste ees. Erialakirjanduses kohtab ka diagnoosi nimega „Meditsiini-tudengi haigus“ ehk – naljaga pooleks – *medicalstudentitis*. See kirjeldab olukorda, kuhu väidetavalt satuvad nii mõnedki arstiüliõpilased (teaduskirjanduses kohtab väiteid, et üle poole tulevatest arstidest), kes hakkavad endalgi tajuma sümptomeid, mida nad just õppinud on.**



Molière'i komöödia „Ebahaige“ teeb nalja nii hüpohondriku peategelase kui 17. sajandi arstide üle. Viimased olid oma teadmiste ja ravimeetodite tõttu tõesti mõnetise kriitika ära teeninud. Lisaks aadrilaskmisele kasutati toona ohtralt okseleajamist ja klistiiri, nii ka „Ebahaige“ peategelase puhul. Tolle aja hüpohondria diagnoosi puhul on nähtud teatavat paralleelismi hüsteeriaga – kui viimane oli valdavalt naiste „haigus“, mis seostus emakaga, arvati meestel hüpohondriat põhjustavat haige „kõht“. Fotol stseen „Ebahaige“ lavastusest Estonia teatris (1944). Näitlejad Aleksander Mälton, Edmar Kuus ja Johannes Kaal

Keskajal usuti, et hüpohondriat-melanhoolia võib põhjustada ka kurja vaimu sissetung. Toonastes diagnoosides võib ära tunda nii ärevuse ja depressiooni tunnuseid kui ka juba „tõsisemaid“ probleeme – sageli kurt-sid toonased hüpohondriku, et nende sisikonnas elavad konnad või sisalikud. Sarnaste kaebustega patsiente esines ka 20. sajandi alguses Saaremaal jaoskonnaarstina töötanud Siegfried Talvikul.


Erinevatel ajaperioodidel on hüpohondriat seostatud kord naiste, kord meestega. Tänapäeval püüab ajalookirjutus selgust saada, kas (mees)arstid diagnoosisid sellist olukorda naistel sagedamini, sest ei osanud ega tahtnud naist mõista, või kasutasid naised ettekujutatud haigusseisundeid, et neid ahistavatest olmelistest kohustustest pääseda. Viimast arvatakse näiteks öenduse erialale alusepanija Florence Nightingale'i kohta. Nimelt kiusasid teda erinevad ebamäärased tervisehädad, mis surusid ta voodisse, kuid ei takistanud tal samas olemast vaimselt aktiivne. Teinegi 19. sajandi tuntud hüpohondrik Charles Darwin uskus, et just haigus (mis see täpsemalt oli, jääb segaseks) andis talle võimaluse saavutada teaduses edu, sest

see hoidis teda eemale muudest ahvatlustest ja surus peale töötamist soodustava rutiini.

### Põhjused ja ravi

Terviseärevuse ravis kasutatakse küllaltki edukalt kognitiivset käitumisteraapiat. See tähendab, et inimesi õpetatakse vältima negatiivseid mõtteahelaid. Edu on saavutatud ka antidepressantide jt psühhofarmakonide abil. Ideaalis võiks muidugi püüda häire tekkimist juba eos vältida.

Arvatakse, et hüpohondriat põhjustavad eeskätt keskkonna mõjud ning mingil määral ka pärilikkus. Oluline mõjur on pidev teabevoog kõikvõimalike haiguste kohta, seda nii reklaamide kui ka näiteks sotsiaalmeedia kaudu. Vanematel inimestel võib probleemiks kujuneda hooldajate liigne tähelepanu väiksemagi enesetunde muutuse vastu. Vähetähtis ei pruugi olla ka lähedase inimese haigus või surm, samuti lapsepõlves läbi põetud rasked haigused. Viimast on näiteks peetud Andy Warholi terviseärevuse tekitajaks. Praegusel ajal tuleb aga arvestada, et terviseärevust suurendavad nii olemasolevad kui ka lähitulevikku ennustatavad haiguspuhangud. •

 Ken Kalling, meditsiinialoolane



SILLE REMM

# TUBERKULOOSITEKITAJATE SALARELV

**Viimasel ajal on avalikkuse tähelepanu olnud suunatud viiruse SARS-CoV-2 põhjustatud pandeemia, mis on mõjutanud ka enamiku eestlaste elu. Meie keskel elab aga endiselt teisigi pahalasi, mis põhjustavad raskeid kopsuhaigusi. Neist üks tuntumaid on tuberkuloos, mis praegu ei ole küll Eestis väga levinud, kuid lööb maailmas siiski laineid ravimiresistentsuse leviku tõttu.**

## Miks me peaksime rääkima tuberkuloosist?

Kuigi inimkond on tuberkuloosiga koos elanud ja selle tõttu kannatanud aastatuhandeid, avastas teadlane Robert Koch alles 1880. aastatel, et seda haigust põhjustab üks bakteriliik. Hallituseeni meenutava välimuse tõttu hakati neid baktereid kutsuma mükobakteriteks ning tuberkuloositekitaja sai nimeks *Mycobacterium tuberculosis*. Esimene antibiootikum, mis sobis tuberkuloosi ravimiseks, avastati alles 1944. aastal, kuid sellele järgnesid varsti mitmed teised ravimid ning seetõttu oli 1970. aastatel valdav arvamus, et tuberkuloosi probleem on lahendatud. Peagi oli selge, et levima olid hakanud antibiootikumide suhtes vastupanuvõimelised ehk resistentsed haigusetüved.

1990. aastatel töötas maailma terviseorganisatsioon tuberkuloosiga võitlemiseks välja uue, efektiivsema ravistrateegia ning sellest ajast saadik on tekkinud mitmeid rahvusvahelisi organisatsioone, mis koostöös üritavad tuberkuloosi välja juurida. Hoolimata sellest, et Eestis on tuberkuloosi haigestumine pärast 1990. aastatel ravikorralduses tehtud muudatusi vähenenud, on see praegu siiski maailmas laialt levinud haigus. Igal aastal sureb tuberkuloosi tõttu umbes Eesti rahvastiku jagu inimesi. Arvestades seda, et inimesed reisivad enne koroonaviiruse pandeemiat rohkem kui kunagi varem (ja arvatavasti jätkavad reisimist ka pärast seda) ning levimas on ka antibiootikumidele resistentsed tuberkuloositekitaja tüved, tasub ehk tuberkuloosi kohta rohkem teada.

## Tuberkuloosi ohtlikkus

Miks on tuberkuloos nõnda laialt levinud haigus, et see kimbutab inimesi üle terve maailma? Miks on seda nõnda raske ravida? On ka teisi bakteriaalseid kopsuhaigusi, millel on inimeste tervisele kohutavad tagajärjed, kuid madalama leviku tõttu on neist kuulnud vaid vähesed. Üks selliseid on näiteks legionäride haigus, mida põhjustab

*Legionella pneumophila* nimeline bakter. Tuberkuloosi puhul on kokku langevad mitu asjaolu, mis muudavad tuberkuloositekitaja *Mycobacterium tuberculosis*'e eriti ohtlikuks.

Esiteks on mükobakterid suutnud leida endale niši inimese immuunsüsteemi rakkude sees, kus nad suudavad elus püsida ja paljuneda, peitudes ülejäänud immuunsüsteemi eest. Arvatakse, et umbes neljandik kuni viiendik maailma inimestest on tuberkuloositekitajaga nakatunud nii, et nad sellest ise ei teagi, sest bakterid on püsivalt immuunsüsteemi kontrolli all. Mükobakterid ootavad sellel ajal kopsudes kannatlikult aega, mil inimese immuunsüsteem mõnel muul põhjusel nõrgeneb. Siis hakkavad nad jõudsalt paljunema ja inimesel tekivad tuberkuloosi haigusnähud. Just seetõttu on tuberkuloos ohtlik näiteks aidsi põhjustavasse HI-viirusesse nakatunutele.

Teine põhjus seisneb mükobakterite allumatuses antibiootikumiravile. Mükobakterid on paljudele ravimitele loomuldasalt resistentsed – leidub vaid käputäis antibiootikume, mis neid üldse tappa suudavad. Ka need ei anna üksinda manustades soovitud tulemust, vaid tuberkuloosi võitmiseks tuleb läbi teha kombineeritud ravi, mis ei ole patsiendile mugav ei oma pikkuse ega kõrvaltoimete poolest.

**Arvatakse, et umbes neljandik kuni viiendik maailma inimestest on tuberkuloositekitajaga nakatunud nii, et nad sellest ise ei teagi, sest bakterid on püsivalt immuunsüsteemi kontrolli all. Mükobakterid ootavad sellel ajal kopsudes kannatlikult aega, mil inimese immuunsüsteem mõnel muul põhjusel nõrgeneb.**

Kõige kergemal puhul tuleb võtta kaks kuud nelja antibiootikumi korrana ning seejärel jätkata vähemalt neli kuud kahe ravimi manustamisega. Seejuures pole neid antibiootikume võimalik osta apteegist, vaid neid peab võtma tervishoiutöötajate järelevalve all. Taolised drastilised meetmed on kasutusele võetud multiresistentsete (MDR) ja eriti resistentsete (XDR) tuberkuloositekitajate tüvede tekke ja leviku ennetamiseks. MDR- või XDR-tuberkuloosi nakatudes kestab ravi aastaid ja patsientide paranemistõenäosus on võrreldes ravimitega tundliku tuberkuloosiga 30–45% võrra väiksem.

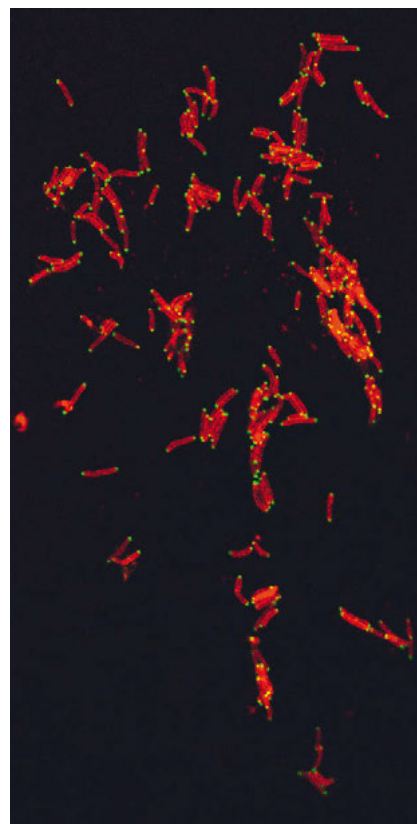
Tähelepanelikud lugejad on ehk märganud, et eelpool kirjeldatu ei anna seletust sellele, kuidas mükobakterid ikkagi teistest haigustekitajatest erinevad ning millise mehhanismiga nad tuberkuloosi ravile kõigi pingutuste kiuste vastu peavad. Vastus sellele on naeruväärselt lihtne – mükobakteritel on väga eriline rakuümbris, mis kaitseb neid keskkonnaohtude eest ja suhtleb inimese immuunsüsteemiga.

**Mükobakteritel on väga eriline rakuümbris, mis kaitseb neid keskkonnaohtude eest ja suhtleb inimese immuunsüsteemiga.**

### Rakuümbris – bakterite kaitserüü

Enamiku bakterite rakke ümbritseb rakuümbris ehk rakukest, mille peavad raku jõudmiseks läbima nii toitained kui ka antibiootikumid. Üldiselt jagatakse bakterid rakukesta ehituse järgi kaheks: grampositiivseteks (välismembraaniga) ja gramnegatiivseteks (välismembraaniga). Kuigi mükobakterid kuuluvad evolutsiooniliselt grampositiivsete bakterite hulka, meenutab nende rakuümbris kahe gramtüübi hübriidi ning sisaldab molekule, mida ei leidu ühegi teise bakteri rakkudes. Kõigepealt räägime aga lähemalt sellest, millest rakuümbrised üldse koosnevad.

Kõiki elusrakke võib ette kujutada kui õhupalle, mille sees on tarretiselaadne tsütoplasma, kus hulbivad ringi DNA, RNA ja igasugused valgud. Seda rakusuppi ümbritseb õrn kahekihiline fosfolipiididest koosnev rakumembraan, mille sees istuvad membraanvalgud. Lipiididest on kõige lihtsam mõelda kui rasvadest: need on molekulid, millel on pikk süsivesinikest koosnev saba, mõnikord isegi mitu, ja see saba on vett tõrjuv. Fosfolipiididel on ka hüdروفilsest fosfaatgrupist „pea“ ning seetõttu saabki tekkida kahekihiline membraan, kus vett tõrjuvad ehk hüd-rofoobsed sabad hoiavad kokku ja vee-ga seonduda suutvad pead vaatavad raku sisemuse ja -keskkonna poole. Nagu ka õhupallikest, on selline memb-

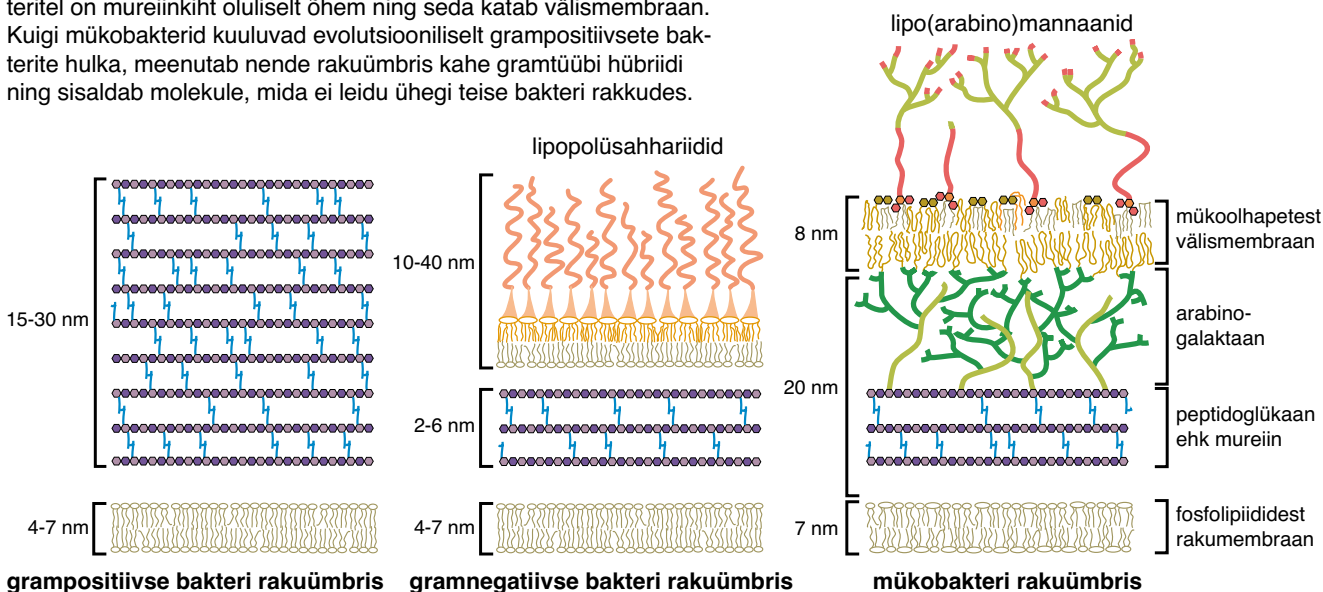


SILLE REMM

Äärmiselt tugevalt vett tõrjuva rakuümbrise tõttu kipuvad mükobakterid kokku kleepudes moodustama kloppe või kobaraid. Pildil on näha mükobakterite uurimisel mittetövestava mudelorganismina kasutatavad *Mycobacterium smegmatis*'e rakud. Bakterirakud on punased, raku poolused on märgitud rohelisega

### Grampositiivsete ja gramnegatiivsete bakterite ning mükobakterite rakuümbrise võrdlus

Rakukesta ehituse järgi jagunevad bakterid kaheks: grampositiivseteks (välismembraaniga) ja gramnegatiivseteks (välismembraaniga). Kui grampositiivsete bakterite rakukest koosneb põhimõtteliselt vaid paksust mureiinkihist, siis gramnegatiivsetel bakteritel on mureiinkiht oluliselt õhem ning seda katab välismembraan. Kuigi mükobakterid kuuluvad evolutsiooniliselt grampositiivsete bakterite hulka, meenutab nende rakuümbris kahe gramtüübi hübriidi ning sisaldab molekule, mida ei leidu ühegi teise bakteri rakkudes.



raan õrn ning hästi vormitav. Enamikul bakteritel on evolutsiooni käigus tekkinud lisakihid, mis seda membraani kaitsevad.

Üks bakterite rakuümbrise oluliseid komponente on peptidoglükaan ehk mureiin. See on põhiliselt suhkrujääkidest moodustunud kolmemõõtmeline võrkjas struktuur, mis annab bakterirakule kuju ja tugevuse. Kui räägitakse rakuümbrise suhkrutest või suhkrujääkidest, ei mõelda loomulikult neid valgeid kristalle, mida igas majapidamises köögilaual suhkrutoosis leidub. Lauasuhkur ehk sahharoos koosneb kahest lihtsuhkrust: glükkoosist ja fruktoosist. Loodus ei ole aga oma loominguks ainult nende kahega piirdunud ning elusorganismidest võib leida väga erineva ülesehitusega süsiniikust, vesinikust ja hapnikust koosnevaid suhkruid. Mureiin sisaldab kahte sellist suhkrujääki, mis üksteisega vaheldudes moodustavad polümeerseid ahelaid. Need ahelad on omavahel ühendatud tugevaks võrgustikuks lühikeste ristisildadega, mis koosnevad aminohapetest.

Grampositiivsete bakterite rakukest ongi põhimõtteliselt vaid paks mureiinkiht, mis on erinevates bakterites 15–30 nanomeetri paksune. Gramnegatiivsete bakterite mureiinkiht on oluliselt õhem, ainult 2–6 nanomeetrit. See eest katab seda rakukesta veel välismembraan, samuti lipiidne kaksikkiht. Lisaks on sellesse välismembraani oma lipiidse osa kaudu sukeldunud lipopolüsahhariidid, mille pikad suhkrujääkidest polümeersed sabad on suunatud väliskeskkonda. Lipopolüsahhariidid aitavad muuta gramnegatiivsete bakterite rakuümbrise raskesti läbitavaks barjääriks ning stimuleerivad inimkehasse sattudes meie immuunsüsteemi.

Mükobakterite rakukest on aga veelgi keerulisem: rakumembraani ümbrisevasse mureiinkihti on justkui ankurdatud arabinogalaktaankiht, mis koosneb, nagu nimigi ütleb, arabiinooisi ja galaktoosi suhkrujääkide polümeeriidest. See omakorda on seotud välismembraaniga, mis mükobakteritel koosneb põhiliselt mükoolhapetest. Mükoolhapped on väga pikkade hargnevate sabadega lipiidid ning just need muudavad mükobakterite rakuümbrise eriti läbipääsmatuks, sest moodustavad bakteri ja keskkonna vahele väga tugevalt vett tõrjuva barjääri. Kõige tipuks on ka mükobakterite pinnal lipiidid ja suhkrutest moodustunud

hübriidmolekulid, lipomannaanid ja lipoarabinomannaanid, mis moodustavad justkui tiheda metsa, millest kõikidel toitainetel ja ravimitel tuleb läbi murda. Lipo(arabino)mannaanidel on tähtis roll mükobakterite peitumisel inimrakkudesse ja suhtlemisel inimese immuunsüsteemiga.

Seda rakuümbrist ümbritseb teatud tingimustel ka kapsel. Kapsel on limane kiht, mis koosneb polüsahhariididest, valkudest ja vähesemal määral lipiididest. Mükobakterite kapsli eripära võrreldes teiste rakuümbrise kihtidega on, et kapsel pole raku küljes tugevalt kinni – teadlased on välja töötanud erilised söötmed, milles kasvamisel mükobakteritele kapslit üldse ei tekigi, sest selle koostisosad heidetakse lihtsalt keskkonda laiali. Kapsli ülesanne näib olevat bakteriraku kaitsmine kuivamise eest ja pindadele kinnitumine. Mükobakterite puhul on selge, et kapsel vahendab ka bakteri sisenemist inimese immuunsüsteemi rakkudesse ja seal ellujäämist. Mükobakterite muljetavaldavat turvist ette kujutades võib lausa imeks panna, et toitained nendeni üldse jõuavad.

### Valgud kui valvurid

Selle eest, et toitained ja vesi bakterirakuni jõuaksid, hoolitsevad rakuümbrises asetsevad poriinvalgud. Poriinid moodustavad rakuümbrisesse poore, mis toimivad kui filtrid, sest lasevad läbi vaid kindla suuruse ja elektrilaenguga molekule. Mükobakterites leidub poriine tunduvalt vähem kui näiteks soolekepikehes *Escherichia coli*'s, kõige uuritumas bakteris. Võib spekuloida, et see on üks põhjus, miks mõned antibiootikumid mükobakteritele ei mõju: nad lihtsalt ei saa oma sihtmärkile ligi!

Poriine võib põhimõtteliselt ette kujutada kui rakuümbrises asetsevaid kanaleid, kus ained võivad liikuda mõlemat pidi. Toitainete liikumissuund sõltub põhiliselt sellest, kui palju neid kummalgi pool poriine leidub – sealt, kus on rohkem, liigub sinna, kus on vähem. Rakumembraanis istuvate transportvalkudega on lugu aga hoopis teine. Need on palju valivamad molekulide osas, mida nad edasi toimetavad, ning vajavad ainete transpordiks bakteri toodetud energiat. Membraani importvalgud on nagu ürituste turvamehed, kes teevad isegi pileti olemasolul külalise sisselubamise kohta lõpliku otsuse. Ning vastupidi, turvamehed viskavad üle piiri minejad ka uksest

välja. Selleks on bakteri rakumembraanis eksportvalgud, mis väljutavad iga-suguseid ainevahetusprodukte, mida raku enam vaja ei lähe, või molekule, mis on lausa mürgised. Nende viimaste alla käivad ka need eksportvalgud, mis on suutelised antibiootikume rakuist välja pumpama. Kui seda piisavalt kiiresti ja järjepidevalt teha, ei pääse antibiootikumid oma rakusisesele sihtmärkile piisavalt lähedale ega saa bakteritele mingit kahju tuua.

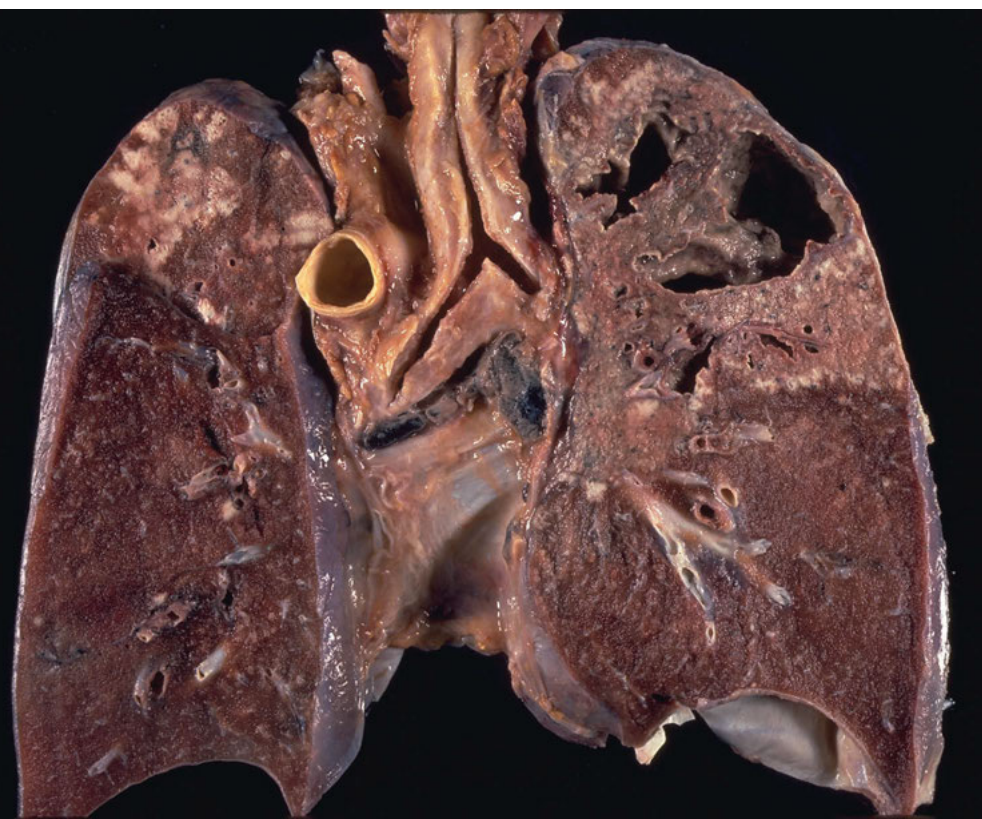
Ka tuberkuloositekitajas leidub selliseid ravimipumpasid, kuid viimaste aastate uuringute valguses näib, et nende mõju antibiootikumide resistentsuse tekkimisel ei pruugi olla nii võrd suur, kui veel kümme aastat tagasi arvati. On avastatud, et mõni valk, mida peeti ravimipumbaks, transpordib rakuist välja hoopis rakuümbrise ehitusmaterjale. Kui selle toimimist pärssida, muutub rakuümbris auklikuks ning antibiootikumid saavad rakkudesse sisse hoopis kergemini.

### Mükobakterite Achilleuse kand

Kuigi mükobakterite rakuümbrist peetakse põhjuseks, miks nad on mõnede antibiootikumide ravile nõnda vastuvõtmatud, on see rakuümbris mõnes mõttes ka nende Achilleuse kand. Oma erilise koostise tõttu on see hea sihtmärk, mille vastu teadlased saavad arendada mükobakterivaenulikke ravimeid. Kuna mükoolhappeid ja arabinogalaktaani ei leidu teistes bakterites ega inimrakkudes, pole just kuigi suur tõenäosus, et nende vastu arendatud ravimid hakkaksid kasulikule mikrofloorale või inimrakkudele kahju tekitama. Kui rakuümbris mõne antibiootikumi abil ära lõhkuda, saavad ka teised ravimid kergemini oma sihtkohta jõuda.

Tuberkuloosi neljast n-õ esimese liini ravimist lausa kolm takistavad rakuümbrise loomet. Näiteks isoniaasiid on proravim, mis siseneb tuberkuloositekitaja raku passiivse difusiooni teel. Selle muudab aktiivseks ravimiks ensüüm KatG. Üks aktiveeritud isoniaasiidi sihtmärkidest on ensüüm InhA, mis on oluline tegija mükoolhapete

**Mükobakterite muljetavaldavat turvist ette kujutades võib lausa imeks panna, et toitained nendeni üldse jõuavad.**



YALE ROSEN / WIKIPEDIA

**Tuberkuloosihaike kopsu läbilõige. Paremoolse kopsu ülaosas on näha haiguse tõttu kärbunud koesse tekkinud suured õõnsused. Tuberkuloosi haigusvormidest esinebki kõige sagedamini kopsutuberkuloosi. Kopsutuberkuloosi sümptomiks on enamasti üle kolme nädala kestev kõha, millega võib kaasneda rögaeritus, verikõha ning valu rindkeres**

sünteesirajas. Aktiveeritud isoniasiid seondub selle valguga tugevalt ning takistab InhA tööd mükoolhapete tootmisel, nõnda rakuümbrist nõrgendades. Õnnetuseks on KatG- ja InhA-ensüümid väga altd mutatsioonide tekkele. Üle 80% isoniasiidiresistentsetes kliinilistes tüvedes on mutatsioonid tekkinud just neis kahes ensüümis.

Veel üks ühend, mis mükoolhapetest koosneva välismembraani moodustumist takistab, on etambutool. Etambutool aga teeb seda kaudselt, sest püsib hoopiski arabinogalaktaankihi moodustumist. Välismembraan on tavaliselt ankurdatud arabinogalaktaani külge, kuid ei saa selle kihi puudumisel normaalselt tekkida. Arvatakse, et etambutool mõjub ensüümide EmbA, EmbB ja EmbC toime pidurdamise kaudu, kuid nüüdseks on nende valkude mutatsioone, mida peeti etambutooliresistentsetest tekitavaiks, leitud ka etambutoolile tundlikest tuberkuloositüvedest. Seega ei ole etambutooli toimemehhanismid veel täielikult selged.

Pürasiinamiid on samuti proravim, mille muudab aktiivseks pürasiinhap-

peks ensüüm PncA. Pürasiinamiid on väga huvitav ühend mitmel põhjusel. Esiteks tapab see paremini vanu, metaboolset poolunes eksisteerivaid mükobaktereid, mida teised esimese liini antibiootikumid teha ei suuda. Isoniasiid, etambutool ja rifampitsiin mõjuvad eeskätt noortele ja aktiivselt jagunevatele haigusetkitajatele. Teiseks ei ole pürasiinamiidil mingit mõju tavalistes laboritingimustes – see vajab toimimiseks happelist keskkonda, mis meenutab inimkeha põletikulist vastust tuberkuloosile.

Just pürasiinamiidi kasutuselevõtt on võimaldanud lühendada tuberkuloosi kõige tavalisemat ravikuuri 9–12 kuult vaid poolele aastale. Kuigi pürasiinamiidi antimükobakteriaalses efekts ei kahtle keegi, on selle toimemehhanismid veel täielikult läbi uurimata. Kõige levinum meetod ravimi sihtmärgi leidmiseks ehk ravimiresistentsetest tüvedest mutatsioonide määramine ei ole pürasiinamiidi puhul tulemust andnud, sest mutatsioonid on leitud vaid seda aktiveerivast PncA-ensüümist. Sellegipoolest on hoolika uurimistöö tule-

musena püstitatud mõned hüpoteesid, kuidas see antibiootikum toimida võiks. Levinumaid arvamusi on, et aktiveeritud pürasiinamiid ehk pürasiinhape eksportitakse raku tsütoplasmast välja. Seejärel seondub see prootoniga (H<sup>+</sup>) ning siseneb taas rakku, kus prooton vabaneb tema küljest pH-väärtuse erinevuse tõttu. See tsükkel jätkub, kuni prootonite kontsentratsioon saavutab mõlemal pool rakumembraani tasakaalu. Kuna prootonite erinev hulk membraani eri pooltel on oluline energiaallikas, mis tagab paljude rakumembraani transportvalkude töö, jääb igasuguste ainete transport pürasiinhape tegevuse tõttu soiku. Seejuures kahjustub loomulikult ka rakuümbris, sest seda pole võimalik enam juurde sünteesida, kuna selle komponendid on raku sees lõksus.

### Vaade tulevikku

Niisiis peab tõdema, et kuigi tuberkuloosivastane võitlus sai 20. sajandi jooksul sisse uue hoo ning teadlased on arendanud välja mitmeid tuberkuloositekitajaspetsiifilisi ravimeid, ei ole sellest senini piisanud, et tuberkuloos maailmast täielikult välja juurida. Taoline vägitegu on siamaani saavutatud vaid rōugete osas ning selleks, et sama õnnestuks teha tuberkuloosiga, on kindlasti vaja hästi toimivat vaktsiini ning ravimeid, mille vastu ei tekiks kiiresti resistentsust. Kahjuks ei ole kumbki tingimus praegu täidetud. Ühele uuemale ravimile, bedakviliinile resistentseid tuberkuloositüvesid avastati juba paari aasta jooksul pärast selle ravimi kasutuselevõttu. Praegu kasutusel olev vaktsiin toimib efektiivselt vaid eriti raskete tuberkuloosivormide ennetamisel lastel.

Lootus pole sellegipoolest kadunud. 2019. aasta augusti seisuga oli kliinilistel katsetustel 23 uut tuberkuloosivastast ravimit, mitmeid erinevaid ravimite manustamise skeeme ja 14 vaktsiinkandidaati. Seejuures jätkub ka teadlaste arendustöö, mille käigus õpitakse *Mycobacterium tuberculosis*'e bioloogiat ja vastastikmõju inimkehaga aina paremini tundma. On täiesti võimalik, et 21. sajandil saab teoks see, millest 19. sajandi inimesed veel unistadagi ei osanud – inimkonna võit tuberkuloosi üle.

**Sille Remm** (1992) on Zürichi ülikooli doktorant, kes uurib mükobakterite transportvalke, rakukesta ja antibiootikumide resistentsuse mehhanisme.



# Vanim tuberkuloosijuhtum Eestis

**Leepra, süüfilis ja tuberkuloos on kolm kõige levinumat nakkushaigust, mille jälgi võib leida ka inimluudel. Tegemist on patoloogiatega, mis on alati köitnud nii luu-uurijaid kui ka laiemat avalikkust. Millal need koledad haigused Eestisse jõudsid, me täpselt veel ei tea, aga üks ligi 800 aasta vanune tuberkuloosijuhtum Saaremaalt lubab oletada, et see tõbi levis siin juba 13. sajandil.**

Raske on hinnata, kui suur osa rahvastikust keskajal tuberkuloosi põdes. Haiguse eristamise leeprast ja süüfilisest muudab keeruliseks see, et kõigil kolmel tõvel on luudel nii iseloomulikke kui ka sarnaseid tunnuseid, seda just varases staadiumis. Tuberkuloos põhjustab luuüdikanalil põletikku ehk osteomüeliiti. Pikaajaline kopsutuberkuloos kahjustab selgroogu ja rinnakorvi. Lisaks lülisambale leidub haiguskoldeid tihti puusa- ja põlveliigestel. Tavalised on muutused selgrool, mille järgi on osteoloogilises materjalis kõige parem haigust määrata. Need on sageli nähtavad alumistel rinnaja ülemistel nimmelülidel, korraga 1–4 lülil. Haigus põhjustab selgroo lüliskehade kokkuvajumist, mida tuntakse ka Potti tõve nime all. Vanim teadaolev tuberkuloosist kokku kukkunud selgrooga skelett pärineb Itaaliast 4. saj eKr.

2010. aastal Valjala kirikiais toimunud arheoloogilised päästekaevamised on andnud meile väga huvitavat ja mitmekülgset teavet ammuste ravivõtete ja haiguste kohta. Samast kohast avastati ka Eesti seni vanim koljuoperatsiooni juhtum (vt Horisont 2/2019). Lisaks trepaneeritud koljule leiti terviklikult säilinud noore, 20–25-aastase naise skelett, millel on võimalikule kopsutuberkuloosile viitavad tunnused. Naise rindkere V–XII roiete peade ja kaela sisepinnale oli moodustunud uus kiht väga poorset luud. Lisaks roietele olid VII kaela- ja I rinnalüliskeha paremal poolel lahustuvad haiguskolded. Lülisambas ei olnud luukahjustuse tõttu kokku vajunud. Tuberkuloosile omaste tunnuste esinemine lülisamba ülaosas on harv nähtus. Luulised muutused näitavad, et tegemist on pikaajalise kroonilise haigusega. Noor naine võis põdeda kopsutuberkuloosi.

Tuberkuloosikahjustustega luustikke on leitud maakirikaedast üksikuid (nt Kose kirikiaist), kuid mitte nii varasest perioodist – Valjala kirikiaist pärit luumaterjal on pärit ilmselt keskajast või isegi hilisrauaaja lõpust ehk enne 1227. aastat. Valdav osa tuberkuloosi tunnustega skelettidest pärinevad linnakalmistutelt (nt Tartu püha Maarja kalmistult, Tartu püha Jüri kalmistult ja Tallinna Tõnismäe kalmistult) ning hilisemast perioodist, varauusajast 16.–18. sajandist.

FOTOD: JANIKA VILJAT



Luuümbrise põletiku heledad jäljed roiete sisepinnal




I rinnalüliskeha lahustuv haiguskolle

Enim on mainitud haigustunnustega skelette leitud 18. sajandist, mis on seletatav tolleaegse linnade kasvu, tihedate kaubandussidemete ning sõjategevusega.

Eesti osteoloogiliselt uuritud kesk- ja varauusajastest maakirikaedastest ning külakalmistutelt on nakkushaiguste juhtumeid leitud vaid üksikuid. Maapiirkondades võisid nakkushaiguste vähest levikut mõjutada erinevad tegurid, näiteks hoisid kopsutuberkuloosi leviku ära inimeste väiksem asustustihedus ning harvad kontaktid väljastpoolt tulnutega. Samuti on võimalik, et maaelanikud olid haiguspuhangutele vastuvõtlikumad ning surid enne, kui haigus oli luud kahjustada jõudnud, mistõttu pole paljud juhtumid ka tuvastatavad. Näiteks

mitmete Saksamaa kalmistutelt pärit skelettide DNA-uuringud töid ilmsiks, et enamikul tuberkuloosi surnutest polnud luustikul mingeid haigustunnuseid. Seega näeme luuaineses vaid jäämääre tippu tuberkuloosi levikut.

Nakkushaigustest olid enim puudutatud linnaelanikud, eriti aristokraadid ning sõja- ja kaupmehed. Varane kopsutuberkuloosi juhtum näitab, et nakkushaigus jõudis siia juba vähemalt 13. sajandi jooksul. Leid võib viidata ka kohalike elanike laialdastele sidemetele ja tihedale läbikäimisele väljastpoolt tulijatega.

 **Martin Malve**, Tartu ülikooli arheoloogia osakonna osteoarheoloog



Metsa-süsijooksik  
(*Pterostichus oblongopunctatus*)

# PUTUKATE KUUMATAJU MÕISTATUSE LAHENDAMINE

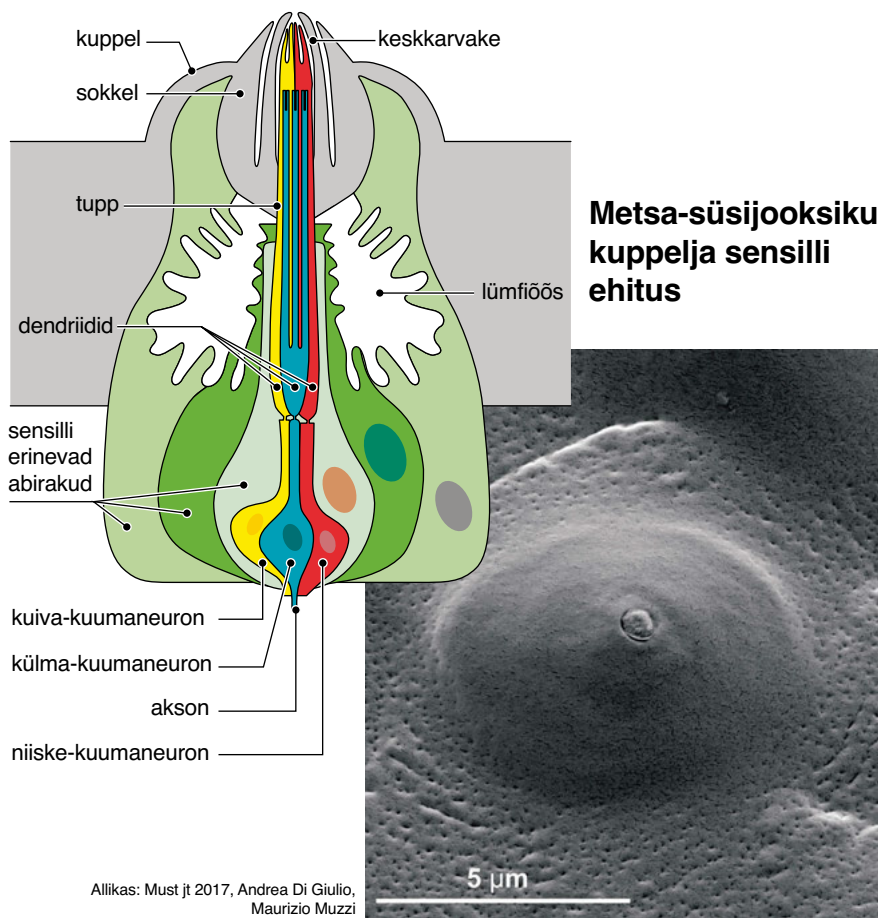
**Putukad on kõrgete temperatuuride suhtes erakordselt haavatavad. Suvel võib nende kehatemperatuur päikese käes kiiresti tõusta surmava tasemeni. Kuumakahjustuste ulatus sõltub nii temperatuurist kui ka selle mõjumise ajast. Soojuskiirgus võib väikese putuka kehas neeldudes tõsta selle temperatuuri vaid 10 sekundiga 10 kraadi võrra. Näiteks maapinnal tegutsev süsi-ketasjooksikul algab jalgade halvatuses tingitud liikumisvõimetus 43 °C juures. Sooja ilmaga, mil termomeetrinäit on 25 °C, võib nende kehatemperatuur päikese soojuskiirguse tõttu tõusta eluohtlikult kõrgele tasemele vähem kui poole minutiga.**

Kuumastressi meelevalda sattumine on putukatele igapäevane ellujäämise proovikivi. Näiteks 2018. aasta suvel registreeriti ilmateenistuse andmetel Lõuna-Eestis maapinnal üle 40-kraadiseid temperatuure 50 päeval, üle 45-kraadiseid temperatuure 26 päeval ja maksimaalsed temperatuurid ulatusid isegi 50 kraadini. Soojuskiirgus võib putukatele ohtlik olla mitmel moel. Kuumastress põhjustab rakumemb-

raanide ja rakuskeleti kahjustusi, eriti neuronites, millega kaasnevad vastavad talitlushäired. Kõrged temperatuurid kutsuvad esile kahjulikke muutusi raku pH-tasemes, hälbeid valkude ülesehituses ja pärilikkusaine DNA vigastusi. Siiski on putukatel võimalike kuumakahjustuste vältimiseks või vähendamiseks terve arsenal käitumuslikke ja füsioloogilisi reaktsioone.

## **Käitumuslik termoregulatsioon**

Putukatele omane käitumusliku termoregulatsiooni võime on nn esimene kaitseliin kuumastressi vastu. Kärbses sööst kõrvetavast päikeselaigust varjulisse kohta või liblikarööviku roomamine taimlehe ülaküljelt alaküljele võib langetada nende kehatemperatuuri mõne hetkega mitme kraadi võrra. Jooksiklaste lühiajaline viibimine kuumatsoonis on kergesti talutav



Allikas: Must jt 2017, Andrea Di Giulio, Maurizio Muzzi

seni, kuni neil on võimalus kiiresti tagasi pöörduda taimestiku varjulisse jahedusse. Päevaliblikas võib tiibu päikese suhtes sobivasse asendisse sättides kehale langevat soojuskiirguse hulka nii suurendada kui ka vähendada. Kõik putukad vajavad oma soojusmosaiikses elupaigas toimetulekuks ümbritseva temperatuuri kohta usaldusväärset informatsiooni. Seda annavad neile erilised „sensorid“ – termoneuronid.

### Temperatuuri- ja niiskustundlikud närvirakud

Termoneuronid paiknevad putukate tundlasensillides, mille morfoloogilisi tüüpe tuntakse kümnekond. Sensillis kombineerub termoneuron enamasti kahe vastandliku niiskustundliku närvirakuga – vastavalt niiske ja kuiva õhu neuroniga –, moodustades nn klassikalise sensoorse kolmiküsteemi ehk triadi.

Vastavalt klassikalisele välisstiimulite kodeerimise teorialle kodeerib teatud primaarne tundneuron stiimuli

kvaliteeti (teatud temperatuuri, niiskuse taseme, lõhna, maitse ja mehaanilise ärritaja) ning neuroni tekitatud närviimpulsside sagedus kodeerib omakorda mõjutaja ehk stiimuli kvantiteeti puudutavat informatsiooni. Termoneuron reageerib jahutamisele ja soojendamisele vastavalt impulss-sageduse tõusu ja langemisega. Niiske õhu neuroni impulssaktiivsus suureneb õhuniiskuse tõustes, kuiva õhu neuroni impulssaktiivsus kasvab õhuniiskuse vähenedes – sellest ka nende närvirakkude nimed. Säärane sensoorne kolmiküsteem on putukatel väga laialt levinud. Seda on kirjeldatud prussakalistel, mardikalistel, nokalis-

**Kärbe sööst kõrvetavast päikeselaigust varjulisse kohta või liblikarööviku roomamine taimellehe ülaküljelt alaküljele võib langetada nende kehatemperatuuri mõne hetkega mitme kraadi võrra.**

**Kuna klassikaline termoretseptiooni teooria ei seletanud putukate kõrgete temperatuuride tajumise võimet, oli nende kuumataju närvikood pikka aega lahendamata müsteerium.**

tel, kiletiivalistel, liblikalistel, kiilistel, sihktiivalistel ja kojuselistel.

Termoneuron on oma olemuselt siiski kehv termomeeter. Esiteks puudub erinevate püsitemperatuuride ja närviimpulsside sageduse vahel tihti otsene seos. Teiseks, jahutamisel „tulistab“ termoneuron lühikese kõrgsagedusliku impulssvalangu, mis aga vaibub kiiresti ja stabiliseerub jahutustemperatuuriga määratud uuel tasemel. Samas on ühesugused tippsagedused saavutatavad alg- ja jahutustemperatuuri erinevate kombinatsioonidega. Taolise impulss-sageduse mitmetähenduslikkuse tõttu on termoneuronit peetud termomeetrina kasutuks. Kolmandaks, termoneuroni esimene reaktsioon kiirele soojendamisele on pikk paus või vaikusperiood, mil impulsside üldse ei genereerita. Seejärel impulssaktiivsus tasapisi taastub. Kõrgetel temperatuuridel (30–35 °C) võib juba mõnekraadne soojendamine põhjustada 10-sekundilise või isegi pikema pausi.

Impulssaktiivsuse puudumisel pole edasist soojenemist enam võimalik tuvastada ehk siis paradoksaalsel kombel lõpetab termoneuron putukale kõige kriitilisemas soojuslikus olukorras oma töö. Kuna klassikaline termoretseptiooni teooria ei seletanud putukate kõrgete temperatuuride tajumise võimet, oli nende kuumataju närvikood pikka aega lahendamata müsteerium. Käesoleva loo autoritel, Eesti maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi putukate sensoorse füsioloogia töörühma teadlastel, õnnestus entusiastlikus ja viljakas koostöös Rooma Tre ülikooli kolleegide Andrea Di Giulio ja Maurizio Muziga sellesse nähtusesse selgust tuua.

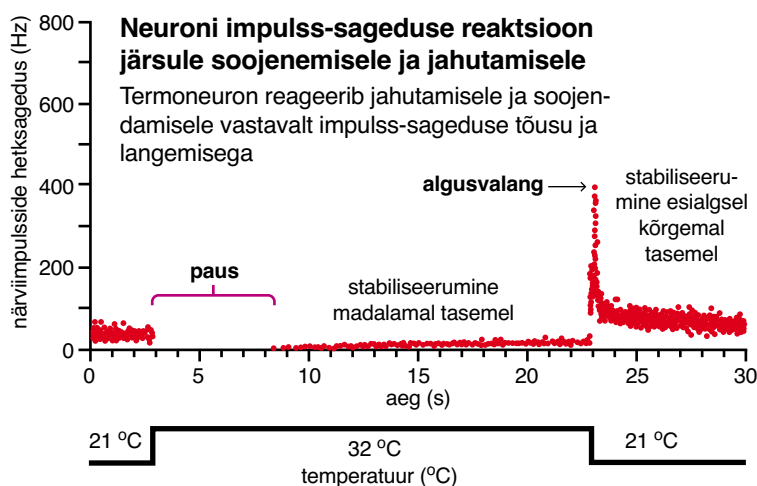
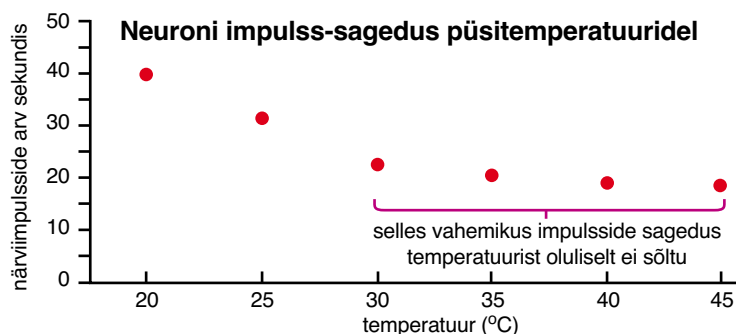
### Kuumuse signaal termoneuronites

Aastal 2010 näitasime esmakordselt, et 35 kraadist kõrgemal muutuvad termoneuronite närviimpulssid üksikimpulssidest valangulisteks. Impulsside arv valangus suureneb temperatuuri



Allikas: Must jt 2010, Udo Schmidt / Wikipedia

## Süsi-ketasjooksiku külmaneuroni impulss-sageduse tüüpiline reaktsioon temperatuurimuutustele



tõustes järkjärgult kahest kahekümneni, mis viitab, et just sellised valangud võivad kanda kõrge temperatuuri signaale. Järgnevalt mõõtsime mitmete valanguparameetrite temperatuuri sõltuvust ja neuroni käitumist erinevates tingimustes ning tõestasime, et impulssvalangud pole kuumastressist tingitud talitlushäire, vaid termoneuroni tavaline talitluslik reaktsioon kõrgetele temperatuuridele. Selgus, et mõõdetud impulsside arv ja impulsside vaheline intervall valangus sõltuvad temperatuurist kogu vahemiku 35–45 °C ulatuses. Seega oleneb termoneuronite impulsside tekitamise laad temperatuurist sensori sisendis. Üksikimpulsside jadad võivad kanda madalama temperatuuri signaale, impulssvalangud kodeerivad aga selgelt ja järkjärgulisel viisil kuumust.

See oli hämmastav tulemus, mistõttu nimetasime termoneuroni ümber unimodaalseks külma-kuumaneuroniks. Esimest korda õnnestus näidata, et putukate tajusüsteemi primaarsetel tundeneuronitel kodeerivad stiimuli erinevaid piirkondi ühe ja sellesama neuroni erinevad impulsside genereerimise laadid (regulaarne või valangu-

line).

### Kuumuse kodeerimine hügroneuronites

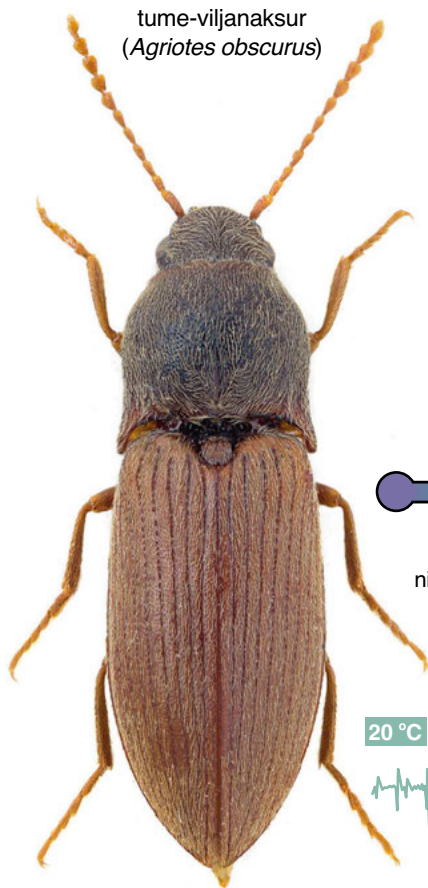
Lisaks avastasime, et ka kuppeljate sensillide mõlemad niiskustundlikud neuronid hakkavad kõrgemal temperatuuridel regulaarsete üksikimpulsside asemel tekitama impulssvalanguid, kuid see leiab aset 5–10 kraadi võrra madalamal temperatuuril kui külma-kuumaneuronite puhul. Sarnaselt külma-kuumaneuronitega sõltuvad temperatuurist ka niiskustundlike närvirakkude valanguliste impulssjadade mitmed parameetrid, sealhulgas impulsside arv ja impulsside vahelised intervallid valangus. Nii võivad nad järkjärguliselt ja selgelt kodeerida temperatuure vahemikus 25–45 °C, kuigi 40 kraadist kõrgemal see võime nõrgeneb.

Hügroneuronite funktsiooni välis-temperatuurist sõltuv muutumine on kuppeljates sensillides paikneva sensoorse triaadi teine hämmastav omadus. Järelikult on need neuronid bimodaalsed, kodeerides mõõdukatel tem-

peratuuridel üksikimpulsside jadade abil õhuniiskust ning, kui soojust on rohkem, siis impulssvalangute abil temperatuuri. Sellega võrreldavat primaarse tundeneuroni närvimpulsside genereerimise laadi ja funktsiooni muutust ei ole putukatel samuti ühegi teise tajusüsteemi puhul varem täheldatud. Andsime nendele neuronitele uuteks nimedeks vastavalt niiske-kuumaneuron ja kuiva-kuumaneuron. Katsetes kasutatud metsa-süsijooksiku kuiva-kuumaneuroni valangutele ümberlülitumise lävitemperatuur oli mõne kraadi võrra madalam kui niiske-kuumaneuronil. Kirjanduse andmetel jäävad selle liigi eelistemperatuurid vahemikku 10–25 °C. Seega algab kuiva-kuumaneuroni ümberlülitumine närvimpulsside valangulisele muustrile mardika eelistemperatuuride ülemisel piiril.

### Sünaps ja valangud

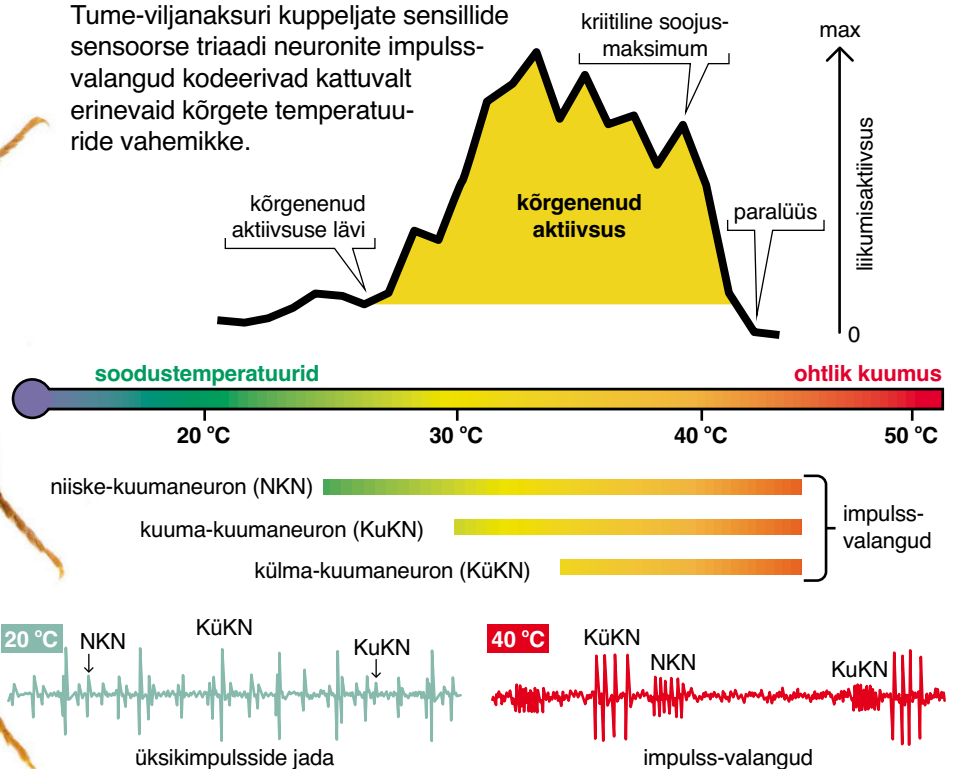
On teada, et sünapsis (närvirakkude vaheline puutekoht, mille kaudu erutus kandub ühelt rakult teisele) on üksiku närvimpulssiga virgatsaine vallandamise tõenäosus väike. Kui lühike-



tume-viljanaksur  
(*Agriotes obscurus*)

## Tume-viljanaksuri sensoorse triadi neuronite impulssvalangud

Tume-viljanaksuri kuppeljate sensillide sensoorse triadi neuronite impulssvalangud kodeerivad kattuvalt erinevaid kõrgete temperatuuride vahemikke.



Allikas: Nurme jt 2018, Merivee jt 2020, John Hallmen / Wikipedia

se aja vältel järgneb üksteisele kiiresti rohkem impulsse, siis kutsub  $\text{Ca}^{2+}$  ioonide kogunemine presünaptilises terminalis esile suuremas koguses virgatsaine vallandumise ning sünapilujärgse reaktsiooni tõenäosus suureneb. See näitab, et kõrgsageduslikud valangulised impulsid läbivad sünapisi palju usaldusväärsemalt kui üksikimpulsid.

Informatsiooni ülekande efektiivsus sõltub ka valangu pikkusest, st impulsside arvust valangus, mis varieerub jooksiklaste ja naksurlaste kuppelja sensilli sensoorse kolmiku neuronitel kahest kahekümneni. Informatsiooni ülekande usaldusväärsus on eriti tähtis ohusignaalide puhul. Sensoorse sisendi vastusena toetub üksikimpulsside jadade või valangute „tulistamine“ neuroni sisemistele mehhanismidele ja tagasisidele kõrgematest närvikeskustest. Viimased kontrollivad impulsside genereerimise omadusi rakus olenevalt käitumuslikust kontekstist. See vaheneuronite vahendusel toimiv tagasiside võib rakku ergutada või olla hoopis vastupidise mõjuga. Kas vaheneuronid osa-

levad vahendajatena ka kuppelja sensilli neuronite kompleksi tagasisidesüsteemis, seda näitab tulevik.

### Impulssvalangud ja käitumuslik termoregulatsioon

Erinevalt metsa-süsijooksikust on tume-viljanaksuri sensilli niiske-kuumaneuronil madalaim impulssvalangutele ümberlülitumise lävitemperatuur. Mardikate käitumise videoanalüüs näitas, et neuroni valangutele ülemineku ja kõrgenenud liikumisaktiivsuse lävitemperatuurid kattuvad 27,5 °C juures. Edasisel soojendamisel kasvas liikumiskiirus järsult (põgenemine kuumatsoonist) maksimumini temperatuuril 33–35 °C. Kriitiline soojusmaksimum, kus liikumisaktiivsus hakkab kiiresti langema, on 39 °C. Üldine paralüüs algab 42 °C juures, kus mardikad kaotavad liikumisvõime ja surevad kuumašoki tõttu.

Kokkuvõttes võib järeldada, et kuppeljate sensillide klassikalise sensoorse kolmiksüsteemi neuronite impulssvalangud kannavad kattuvalt, selgelt ja järkjärguliselt ohtlikult kõrgete temperatuuride signaale. Meie uuri-

mistulemused tõestavad, et impulssvalangutena kodeeritud informatsioon mängib tähtsat rolli mardikate käitumuslikus termoregulatsioonis, aidates vältida või vähendada ülekuumenemise kahjulikke tagajärgi.

#### Vaata lisaks:

Must, A., Merivee, E., Nurme, K., Sibul, I., Muzzi, M., Di Giulio, A. jt 2017. Encoding noxious heat by spike bursts of antennal bimodal hygroreceptor (dry) neurons in the carabid *Pterostichus oblongopunctatus*. *Cell Tissue Research* 368, 29–46.

Nurme, K., Merivee, E., Must, A., Di Giulio, A., Muzzi, M., Williams, I. jt 2018. Bursty spike trains of antennal thermo- and bimodal hygro-thermoreceptor neurons encode noxious heat in elaterid beetles. *Journal of Thermal Biology* 72, 101–117.

Merivee, E., Must, A., Nurme, K., Di Giulio, A., Muzzi, M., Williams, I. jt 2020. Neural code for ambient heat detection in elaterid beetles. *Frontiers of Behavioural Neuroscience* 14, 1–16.

**Enno Merivee** (1950) on entomoloog, kes töötab vanemteadurina Eesti maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taime-tervise õppetoolis.

**Anne Must** (1981) on Eesti maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi taimekaitse osakonna teadur.

**Karin Nurme** (1983) on Eesti maaülikooli peaspetsialist. Enno Merivee ja Anne Musta juhendamisel uuris ta oma doktoritöös putukate tajusüsteemi toimimist kõrgetel välis-temperatuuridel.

KALJU EERME

# ULTRAVIOLETTKIIRGUS JA TERVIS

ALAMY / VIDA PRESS

Freonide kasutamist piirav Montreali protokoll ja teised rahvusvahelised kokkulepped stratosfääri osoonikihi kaitseks võivad jätta inimesi üsna ükskõikseks, sest 13–50 kilomeetri kõrgusel asuv stratosfäär jääb neist kaugemale. Kuigi osoonikiht mõjutab ka ilmastikku, avaldub selle peamine toime maapinnani jõudva ultraviolett- ehk UV-kiirguse kaudu. Päikesekiirguse mõju inimeste tervisele on püütud välja selgitada juba ammustest aegadest. Esimesed teadaolevad vihjed sellele on pärit Vana-Egiptusest umbes 5000 aasta tagusest ajast. Siis loodeti päikesekiirgusega ravida nahahaigusi. Eks püüa tänapäevalgi inimesed endid kas päris või kunstliku päikese abil tervemaks ja ilusamaks muuta. Nüüd piirab päikesekummardamist hirm nahavähi ees, mida ammustel aegadel ei teatud karta.



Pärsia invasioon Egiptusesse algas 525 eKr Niiluse deltas peetud Pelusiumi lahinguga. Ligikaudu 70 aastat hiljem lahingupaika külastanud ja langenute luid uurinud kreeka ajaloolane Herodotos pani tähele, et egiptlaste pealuud olid tugevamad ja paremini säilinud kui pärslaste omad. Ta seostas seda asjaoluga, et egiptuse sõdalased viibisid lapsest saadik paljaks põetud peadega päikese käes, ent pärslased varjasid oma päid turbanitega. Pealuude rahvusesti eristamise kohta täpsemad andmed puuduvad, aga see lugu viitab ilmekalt seosele D-vitamiini ja luude seisundi vahel.

Küllap olid oma tähelepanekud päikesekiirguse ja tervise seostest ka teiste piirkondade elanikel, aga need pole meieni jõudnud. Koos tööstusrevolutsiooniga tekkisid (eriti Inglismaa linnades) kitsaste tänavate äärde kõrged majad ning õhk nende vahel muutus tahmaseks. See soodustas lastel luude ainevahetushaiguse ehk rahhiidi teket, mille käes kannatas kohati lausa 80–90 % lastest. Rahhiiti tunti juba 17. sajandi keskel, aga enne 1822. aastat ei seostatud seda vähesel määral päikesekiirguse ja sellest tingitud D-vitamiini puudusega. Seos D-vitamiini vaeguse ja rahhiidi vahel avastati alles sadakond aastat hiljem ja haigusega võitlemiseks hakati manustama kalamaksaõli. India immigrandide sissetulekuga 1970. aastatel kaasnes Ühendkuningriikides uus rahhiidilaine, sedapuhku päikeseliseimatest lähtekohtadest pärit täiskasvanutelt. Ühtlasi hakkas siis selguma, et avatud maailm ja võimalus elada ükskõik kus pole tervisele sugugi ohtud. Seejuures on suuremas ohus soojadest päikeselistest maadest külma niiskesse kliimasse tulijad, suundumus, mis domineerib ka praegusaja rahvasterändes.

### UV-kiirguse uurimine

Traditsiooniliselt on terviseprobleemidega seostuva päikese UV-kiirguse mõõtmine olnud füüsika või meteoroloogia taustaga inimeste tööpõld. Kiirguse toimete mehhanisme tunnevad aga paremini meditsiini- ja bioloogiaharidusega inimesed. Neid valdkondi ühendava uurimisliini loomine pole seni kulgenud kõige sujuvamalt ja enne 2004. aastat olid UV-kiirguse uurijad oma tulemuste rakenduste suhtes ka üsna ükskõiksed. Eelmise sajandi esimesel poolel ja osalt veel pärast teist maailmasõda oli rakenduste seas jät-

## Õrna nahatüübiga inimesed peaksid päikesekaitsekreeme kasutama juba siis, kui UV-indeks kerkib üle 3–4.

kuvalt tähtsal kohal päikesekiirguse abil tervise turgutamine. Kiirguse spektraalsele koostisele, st saabuva energia jaotusele lainepikkuste järgi, pöörati tähelepanu üksnes uurijate kitsamas ringis.

Eraldi UV-kiirguse mõõtmistega alustati Šveitsis Davosis juba 1907. aastal, kuid seal ei jäänud see tegevus püsivalt kestma. Regulaarse erüteemi (naha punetust) tekitava UV-kiirguse registreerimisega alustati USA-s ja Euroopas 1976. aastal ning sellised mõõtmised muutusid maailmas massiliseks pärast Antarktika osooniaugu avastamist 1985. aastal. Ka integraalset ehk kogu spektrit haaravat päikesekiirgust mõõdeti enne teist maailmasõda regulaarselt vaid vähestes kohtades. Näiteks Eestis tehti neid Tartus professor Kaarel Kirde initsiatiivil alates 1937. aastast. Sõjakeerises jääd ilma peamisest mõõtmisinstrumentidest ja jätkata õnnestus alles 1950. aastal. Sellele vaatamata on Tartu päikesekiirguse mõõtmiste aegrida üks maailma pikemaid ja kvaliteetsemaid.

Mõned aastad pärast Antarktika osooniaugu avastamist kinnitava artikli ilmumist ajakirjas Nature alustati osooni ja UV-kiirguse mõõtmisi paljudes riikides ning ühtlasi algas uurijate tihe omavaheline suhtlemine. Mõnda aega keskendus peatähelepanu mõõtmiste usaldusväärsusele, sealhulgas sensorite võrdlemise korraldamisele. UV-kiirgus on sarnaselt temperatuuri või õhuniiskusega keskkonnategur, mille muutumine mõjutab looduslikke ja inimeste loodud ökosüsteeme, materjale, atmosfääri puhastumist saasteainetest ning ka inimeste tervist.

Lühilainelisemat UVB-kiirgust (lainepikkusega 280–315 nm) on peetud tervisele kahjulikuks ja pikemaajalist UVA-kiirgust (315–400 nm) kasulikuks. Praegu räägitakse peamiselt optimaalsest tasakaalust UVB- ja UVA-kiirguse energiategu vahel. Kumbagi ei peeta enam ainult kahjulikuks või kasulikuks. Ka ökosüsteemide tervis sõltub optimaalsest tasakaalust keskkonnategurite mõjude vahel. UV-kiirguse erinevaid mõjusid iseloomustatakse

mõjuspektritega, millest tuleb allpool täpsemalt juttu.

Inimese tervise seisukohalt mõjutab UV-kiirguse peamiselt erüteemi tekitamise ja D-vitamiini sünteesiga seotud protsesse. Olemas on veel naha pruuni pigmendi ja nahavähi tekke mõjuspektrid. Kõik need tegurid näitavad, kui suure suhtelise panuse sellesse mõjusse annab saabuva päikesekiirguse energia igal lainepikkusel. Kuigi taime kasvu ja elutalitus toimuvad päikesekiirguse energia arvel, ei mõju liigne UVB-kiirgus neile hästi. Nende kasvu pidurdub ja kahaneb ka saagikus. UV-kiirguse toimete uurimine kuulub fotobioloogia ja fotokeemia valdkonda. UV-kiirguse mõjutab vahetult naha ja silmade rakke ning nendes asuvaid orgaanilisi molekule. Kahjustusi tekitavad kas kiirguskvandid ise või siis nende tekitatud radikaalid oksüdeerimise teel. Mõjustatud organismid peavad rakkude kahjustused ära tundma ja parandama ning ühtlasi kohanema olukorraga uute kahjustuste leevendamiseks.

Elusorganismid rakendavad kiirguse juurdepääsu piiramiseks, pigmentide valmistamiseks jne erinevaid võimalusi. Materjalid nõnda talitada ei saa ja neid tuleb kaitsta UV-kiirgust takistavate pinnakatetega. Põhimõtteliselt sama moodust kasutavad superrandades päevitajad end kreemitades. Siin tuleb mainida, et isegi väga suure päikesekaitsefaktoriga päevituskreemiga pole võimalik täielikult vältida UV-kiirguse kahjulikke mõjusid. Kreemide koostises olev titaandioksiid TiO<sub>2</sub> või tsinkoksiid ZnO piirab küll UVB-kiirguse läbimist, kuid samas ei takista peaaegu üldse UVA-kiirgust. Sel moel aitavad kreemid küll paremini pruunistuda, kuid jätavad võimaluse kahjustuseks oksüdeerimise teel. Päevitamisel ei peaks moonutama nahale langeva kiirguse spektraalset koostist, vaid piirama päevitamise ajal kestust.

### UV-kiirguse mõjuspektrite standardid ja probleemid

Üle maailma kogutud andmete ja nende põhjal tehtud järelduste õigsuse tagamiseks tuleb kehtestada kasutatavate mõjuspektrite rahvusvahelised standardid. Erüteemefekt ehk naha punetus peente veresoonte laienemise tõttu UV-kiirguse mõjul paistab kõige enam silma ja selle efekti esimene mõjuspekter koostati Saksamaal juba

1920. aastate alguses. Praegune erüteemkiirguse standard kehtib 1998. aastast. Erüteemkiirguse regulaarsed mõõtmised mõjuspektrile sarnase spektraaltundlikkusega sensoritega toimuvad väga paljudes kohtades. Eestis tehakse neid Tõraveres 1998. aasta algusest. Standardset mõjuspektrit ei õnnestu tehniliste vahendite ehk sensorite ja filtritega päris täpselt jäljendada ning instrumentide eri eksemplari näidud erinevad vähesel määral. Seetõttu tulebki mõõteriistu regulaarselt võrrelda.

Erüteemi põhjustavad nii UVB- kui UVA-kiirgus. UVB-kiirgus mõjub n-õtaie rauaga, kuid seda on energeetiliselt vääringus vähe. Seevastu ohrtralt saabuva UVA-kiirguse mõju on nõrk. Eestis mõõdetud suvistes päevadoosides on ülekaalus UVB-kiirguse panus. Erüteemkiirguse hetkväärtust (võimsust) iseloomustatakse UV-indeksiga (UVI), millest suvisel ajal ka üldsust teavitatakse. See avaldatakse valemiga  $UVI = 0,025W_{ef}/m^2$ , kus  $W_{ef}$  on erüteem-tundlikkusega kaalutud ja integreeritud kiiritustihedus. Kordaja 0,025 iseloomustab Põhja-Euroopas kõige levinuma nahatüübi tundlikkust. Maksimaalsed UV-indeksi väärtused ulatuvad meil juuni lõpus ja juuli alguses ilusa ilmaga 7 lähedale ja vahel veidi kõrgemalegi. UV-kiirgus muutub ohtli-

kuks ja tekitab nahapõletusi paljudel inimestel, kui UV-indeks kerkib üle 6. Õrna nahatüübiga inimesed peaksid päikesekaitsekreeme kasutama juba siis, kui UV-indeks kerkib üle 3–4.

### D-vitamiini sünteesi mõjuspekter

Inimnahas D-vitamiini sünteesiva UV-kiirguse mõjuspektriga hakkas selles volitatud rahvusvaheline ekspertgrupp tegelema alles 2004. aastal ja vastav standard kinnitati 2006. aastal. Eksperdid olid üsna ebamugavas olukorras, sest sobivaid mõõtmisandmeid oli napilt. Aluseks võeti Julia MacLaughlini juhitud ammuste, 1982. aastal tehtud mõõtmiste andmed. Nende mõõtmiste eesmärk oli tavapärase teadusartikli, aga mitte standardi koostamine. MacLaughlini uuringus analüüsitud lainepikkuste vahemiku alguses ja lõpus oli mõõtmispunkte hõredamalt kui spektri kõige mõjusamas osas. Standardi koostajad panid punktidest läbi parima matemaatilise kõvera, mis andiski standardi.

Ühest teisest, samuti 1980. aastatel tehtud tööst, leiti kiiritustiheduse lävi, millest suuremad väärtused suudavad D-vitamiini sünteesida, ning määrati iga mõjuva lainepikkuse efektiivne panus. Füüsikas on loomulik, et mõjuva teguri ning tekitatud efekti seost peetakse vähemalt esialgu üksüheseks.

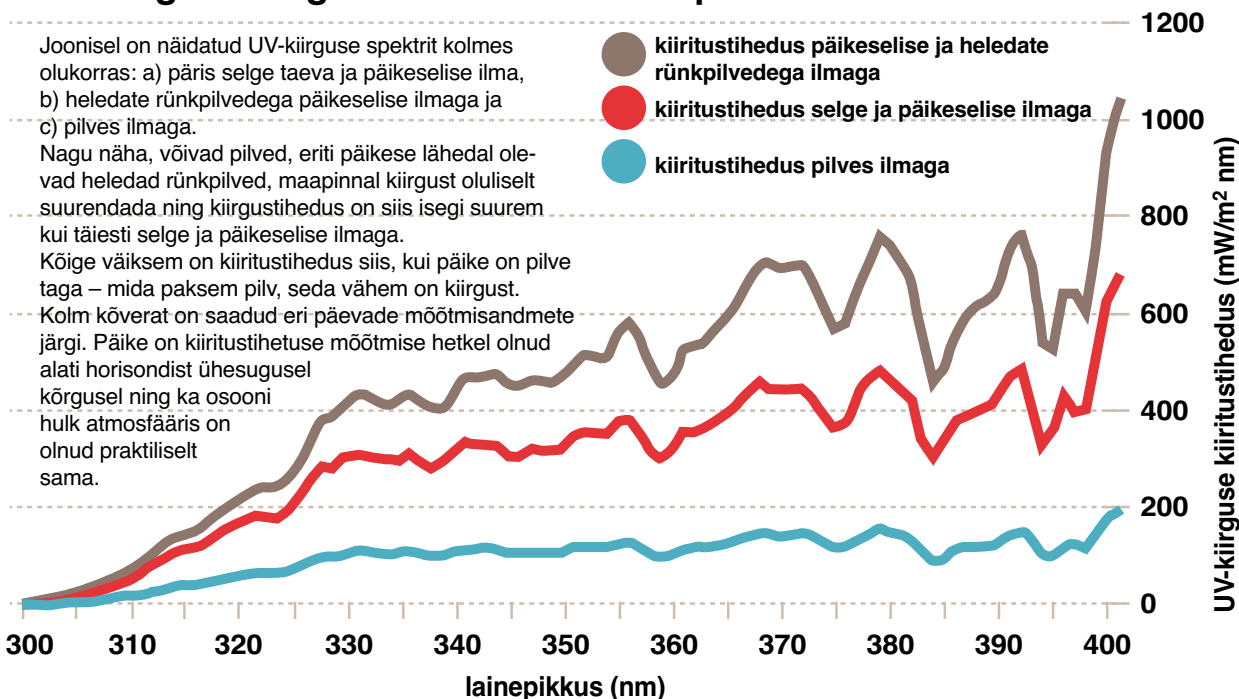
**D<sub>3</sub>-vitamiini puuduse käes kannatavad umbes pooled maailma elanikest. Ka Eestis pole olukord kiita ja mitte ainult talvekuudel, vaid isegi suvel.**

Elusaines see pigem nii ei ole. Süsteemile mõjuvatel teguritel on toimeid rohkem kui üks ja nende proportsioonid pole aja jooksul muutumatud.

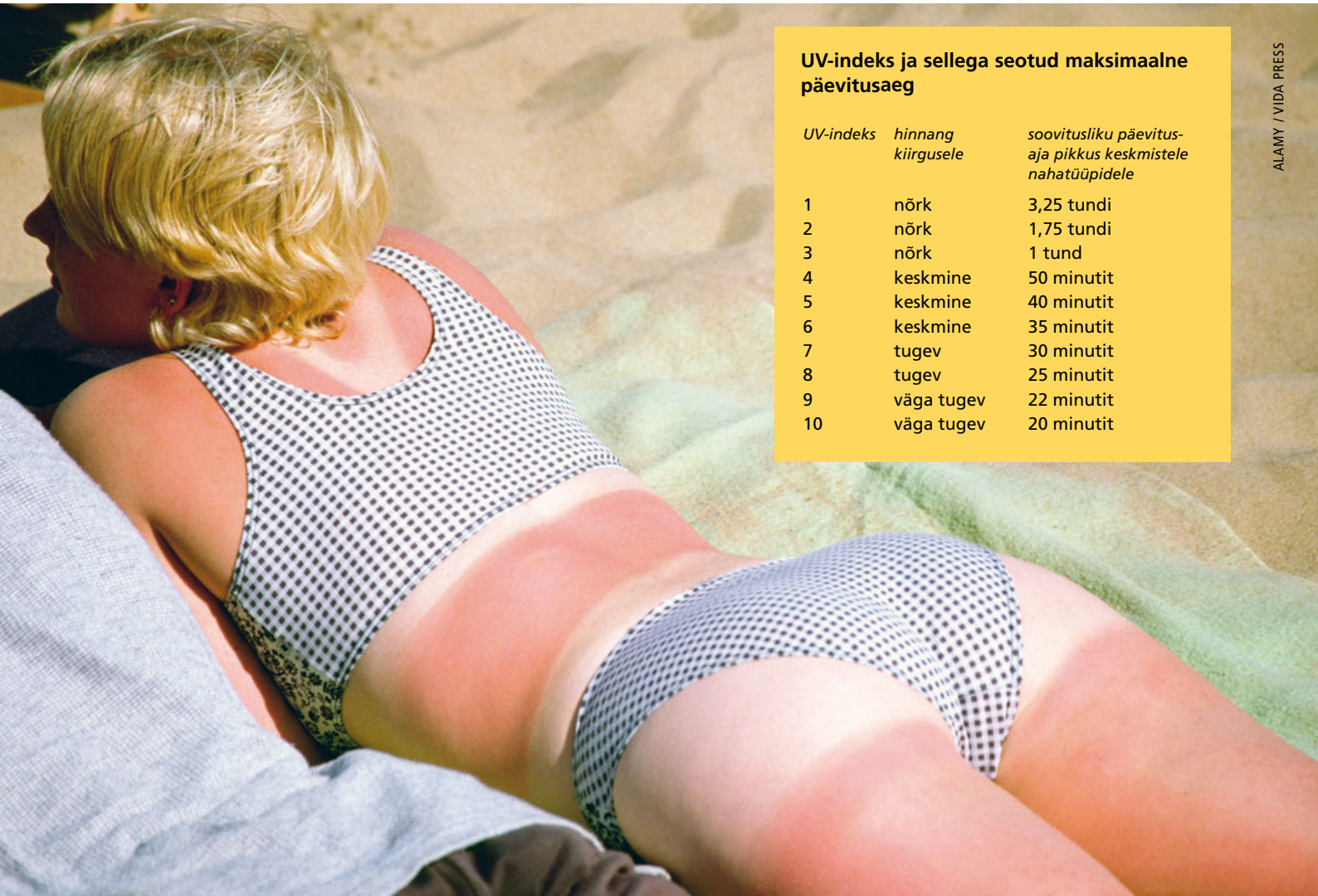
Nahale langeva UV-kiirguse toimeid avaldab igal juhul tõhusamalt kõige lühilainelisem spektriosa. Praeguste teadmiste kohaselt hakkab üle tundlikkuse läve küündiv UV-kiirgus kõigepealt tõesti sünteesima D-vitamiini. Selline efekt sõltub aga juba vere olemasolevast D-vitamiini sisaldusest ja on pealegi väga individuaalne. Kõige tõhusamalt sünteesib D-vitamiini kiirgus lainepikkusega 295 nm; lainepikkustel üle 315 nm sünteesi ei toimu. Mõne aja pärast saavutab järjest suurema osa erüteemefekt ja kiirguse käes viibimise jätkudes algavad rakkudes kahjustused, mis soodustavad nahavähi kujunemist.

Traditsioonilise füüsikalise lähene-misega võime UV-kiirguse päris spektrit mõjuspektriga korrutades ja efektiivset energiat ajas integreerides saa-

## UV-kiirguse kiirgustiheduse sõltuvus pilvedest







### UV-indeks ja sellega seotud maksimaalne päevitusaeg

UV-indeks	hinnang kiirgusele	soovitusliku päevitusaaja pikkus keskmistele nahatüüpidele
1	nõrk	3,25 tundi
2	nõrk	1,75 tundi
3	nõrk	1 tund
4	keskmise	50 minutit
5	keskmise	40 minutit
6	keskmise	35 minutit
7	tugev	30 minutit
8	tugev	25 minutit
9	väga tugev	22 minutit
10	väga tugev	20 minutit


da kätte efektiivsed doosid, mis võiksid D-vitamiini sünteesida, kui energiat ei kulukuks konkureerivatele protsessidele. Kindlasti saame ka teada, millistel ajavahemikel ei ole D-vitamiini süntees võimalik. Eesti tingimustes ja paljudes kohtades mujal oleks see laias laastus siis, kui päike on horisondi kohal madalamal kui 20 kraadi.

Elusorganismides toimuvate nähtuste keerukust demonstreerib D-vitamiini sünteesi protsess. Rasvlahustuv D<sub>3</sub>-vitamiin tekib nii inimeste kui loomade nahas sarnaselt. Päikese UVB-kiirguse toime muutub 7-dehüdrokolesterool (7-DHC) previtamiin D<sub>3</sub>-ks, mis edasi muundub iseenda isomeeriks ehk päris D<sub>3</sub>-vitamiiniks. Viimane on bioloogiliselt inertne ja muutub organismi jaoks aktiivseks alles pärast kaht aktiveerimist. Esmalt muutub see maksas ühendiks 25(OH)D<sub>3</sub>, mille sisalduse järgi määrataksegi vereseerumis

D-vitamiini taset. Seejärel muutub 25(OH)D<sub>3</sub> neerudes bioloogiliselt aktiivseks ühendiks 1,25(OH)<sub>2</sub>D, mis stimuleerib kaltsiumi ja fosfori omastamist ning avaldab organismile mitmeid muid kasulikke toimeid.

D<sub>3</sub>-vitamiini taset näitava ühendi 25(OH)D<sub>3</sub> soovitavaks kontsentratsiooniks veres peetakse vähemalt 75 nanomooli liitri kohta (nmol/l). D<sub>3</sub>-vitamiini puuduse käes kannatavad umbes pooled maailma elanikest. Ka Eestis pole olukord kohapeal tehtud uuringute andmetel kiita ja mitte ainult talvekuudel, vaid isegi suvel. Seda näitavad ka viimastel aastatel mitmetes Euroopa riikides kui ka mujal tehtud uuringud. Miks see nii on, pole päris selge. Üks põhjus on kindlasti inimeste eluviisi muutumine. Sellega seoses on huvitav hiljuti Tansaania tehtud uuring. Üks sealne suhteliselt arvukas hõim elab senini traditsioonilist kütt-

korilase elu. Selle liikmetel mõõdeti vere 25(OH)D<sub>3</sub> keskmise sisaldusena 110 nmol/l. Samal ajal kippus moodsama ja linnalisema eluviisiga tansaanelastel vere D-vitamiini sisaldus jääma ebapiisavaks. Euroopaski on üsna palju uuritud, kui palju saavad erinevatel elualadel töötavad inimesed päikesekiirgust ja kuidas sõltub sellest nende vere 25(OH)D<sub>3</sub> sisaldus, ent siin on pea võimatu leida võrdluseks piisaval hulgal kunagiste traditsiooniliste eluviiside harrastajaid. •

 **Kalju Eerme** (1938) on astronoom ja atmosfäärifüüsik. Aastail 1968–1993 tegeles ta Tartu observatooriumis peamiselt atmosfääri optiliste omaduste uurimisega kosmosejaamadele Saljut ja Mir paigaldatud aparatuuri abil. Alates 1993. aastast pühendus atmosfääri- ja ultraviolettkiirguse uuringutele Eestis.

RAIDO PUUST

# EHITUSTEGEVUSE KAARDISTAMINE KAUGSEIREGA



Maa-ameti laserskaneerimisseadme  
LiDAR-i andmete põhjal loodud ruumiline  
kujutis Tallinna tehnikaülikooli linnakust

*autoriõigus MTÜ Loodusajakiri*

**Elame muutuste tuultes. Iga päev kuuleme uutest tehnoloogilistest lahendustest, mis veel eile tundusid ennekuulmatud. Uuendused on küll põnevad, aga kellele neid kõiki vaja on? Kes suudab orienteeruda selles tehnoloogilises virvarris ja uued võimalused ka kasutusele võtta, et näiteks tööprotsesse lihtsamaks või efektiivsemaks muuta? Või tasub lihtsalt oodata, sest tänane tehnoloogia on homseks juba vananenud – miks sellega enam pead vaevata? Uuenduste rakendamises on sabassõrkija ossa jäänud ehitussektor, mis pole suutnud ära kasutada kättesaadavaid tehnoloogilisi lahendusi ega kasvatada seeläbi oma efektiivsust. Alati on erandeid, kuid üldjoontes on pilt selles vallas siiski endiselt nukker. Üks tehnoloogilisi suunanäitajaid on viimasel ajal olnud kaugseirevõimaluste ülikiire areng, millest ehitussektoril on mõndagi võita.**



ILLUSTRATSIOONID: TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Kaugseire all mõeldakse üldjuhul andmete kogumist hõlmavat vaatlust, kus vaadeldava objekti või subjektiga puudub otsene kontakt. Ühes tehnoloogia arenguga on kaugseire mõiste laienenud – selle alla võib liigitada nii satelliitseire kui ka mobiiliga tehtud vaatluse või mõõdistuse. Sõltuvalt kasutatavast tehnoloogiast mõõdistuste täpsus varieerub, ja see ei ole alati seotud mõõdistuse kaugusega. Kui satelliitseire tüüpiline ruumiline lahutus jääb vahemikku 0,3–300 m, siis tehisavadarit (radaritüüp, mis tuvastab antenni ja uuritava koha suhtelist liikumist) kaasates on mõõdistustäpsuseks võimalik saada isegi kuni 1 mm (vt Horisondis 1/2018 ilmunud artiklit „Mõõdame kosmosest millimeetri täpsusega – päriselt!“). Seega võib tekkida küsimus, kuhu annab siit veel edasi minna? Veel täpsemaks? Tegelikult tuleks hoopis küsida, mis on meie eesmärk ehk mida soovime analüüsida. Seejärel joonistub välja täpsem võimalus, kuidas mingit kaugseiremeetodit kasutada.

Laias plaanis võib ehitusega seotud protsesside jälgimise kaugseire abil jagada kahte peamisse gruppi: kahe- ning kolmemõõtmeliste muutuste tuvastamine mistahes ehitusega seotud objektidel. Kahemõõtmeliste muutuste konteksti võib vaadelda ennekõike fotode analüüsina. Seejuures saab fotodest, mis on tehtud samast objektist erinevate nurkade all, kokku panna ka kolmemõõtmelise mudeli ja seeläbi on võimalik tuvastada ruumilisi muutusi. Kolmemõõtmeliste muutuste tuvastamiseks vajaliku esituse võib saada ka lasermõõdistuse tulemusel, kus kaugseiresensorina kasutatakse näiteks LiDAR-i sensorit (ingl k *Light Detection And Ranging*), mis võib olla paigu-

tatud lennukile või droonile. Mistahes muutuste uurimisel on oluline intervall, mille jooksul mingeid muutusi otsitakse, selle põhjal saab valida ka sobiva kaugseiremeetodi. Toon siinkohal näiteid nii satelliitseirest, aeroskaneerimisest kui ka drooniseirest, mida on siiani ehitussektori näitel edukalt uuritud ja vähemal või rohkemal määral ka kasutatud.

### Abi satelliitseirest ja aeroskaneerimisest

Satelliitseire hea näide on juba mainitud ehitustegevuste või ehitiste muutuste (deformatsioonide) jälgimine. Positiivse asjaoluna tasub mainida, et Euroopa Liidu Sentineli seiresatelliitide süsteemi andmeid kogutakse automaatselt iga 6–12 päeva tagant, mis teeb taolise andmekogumise väga lihtsaks. Kuna Sentinel andmed on kõigile tasuta kättesaadavad, on aktiivselt otsitud erinevaid võimalusi nende kasutamiseks. Välja on arendatud näiteks rakendused, mille abil saab uurida rajatiste deformatsioone (üks selline rakendus on elektrooniline hoiatussüsteem Sille, mis võimaldab jälgida taristu vajumist, kerkimist või nihkumist kõikjal maailmas, vt [www.sille.space](http://www.sille.space)) või võrrelda suuremahuliste tee-ehitusobjektide energibilanssi enne ja pärast ehitustööde lõppu.

Aeroskaneerimise klassikaline näide on meie maa-ameti korraldatavad lennud üle Eesti, mis jäävad kõrgus-

### LiDAR-möödistuspunktid annavad suurepärase võimaluse esmasteks ruumilisteks analüüsideks, arvestades seejuures ka hoonete ligikaudseid mahtusid.

vahemikku 1200 m (tiheasustusalade kohal) ning 2600 m (üle-eestilise kaardistamise ajal), mille korral on kaardistamise punktihedus vastavalt 18 p/m<sup>2</sup> ning 2,1 p/m<sup>2</sup>. Punktihedus või siis möödistamisel saadav keskmine punktivahe on oluline näitaja, kui selle alusel soovitakse taastada pildistatava ala kolmemõõtmelist geomeetriat (maapind, ehitised jne).

Alates 2018. aasta juulist tegi maaamet need kõrgusandmed tasuta kättesaadavaks. Ehituse vallas saab neid edukalt kasutada erinevat liiki ruumiliste planeeringute koostamisel. LiDAR-möödistuspunktid annavad suurepärase võimaluse esmasteks ruumilisteks analüüsideks, arvestades seejuures ka hoonete ligikaudseid mahtusid. Sel moel ehitusmahtude arvestamine ning erinevate projektlahenduste võrdlemine aitab hinnata kogu ehitusprojekti maksumust, sest materjali ära- või juurdevedu on ehituse kõige kulukam tegevus. Seda eriti suurte taristuprojektide juures.

Maapinnast kolmemõõtmelise kujutise loomiseks võib maa-ameti kaardistamisel kasutatavast punktihedu-

sest ja täpsusest esialgu piisata. Sama kehtib võimaliku uusarenduse üldiste vormide kohta, mida saab paigutada olemasolevasse keskkonda. Kuid ehitusprojekti detailsuse arenedes (eskiis, põhiprojekt, tööprojekt, teostusprojekt) muutub ka lähteandmete täpsuse vajadus. Aeroskaneerimisel saadud andmete põhjal võib muuhulgas uurida ehitiste kompaktsuse suhet mingil maa-alal, leida linnaosa kõikide hoonete fassaadidele langeva päikesekiirguse kogumise potentsiaali või täpsustada ehitise vormi. Ühtlasi võivad need andmed olla sisend, mille alusel saab luua üle-eestilise ehitatud keskonna digitaalse ruumilise kaksiku, mis võimaldab kasutajal vaadata ehitisi ja ehitiste andmeid ümbritseva keskkonnaga seostatult, ka ajalises mõõtmes (e-ehituse platvormi 3D-kaksiku arendamisest loe lähemalt aadressil [eehitus.ee](http://eehitus.ee)).

### Droonid kui ehitusjärelvalve abilised

Kui eesmärk on jälgida raskesti ligipääsetavaid objekte, mille seire peab olema regulaarsem, kui satelliitseire või aeroskaneerimine võimaldavad, saab appi võtta suurema punktihedusega (resolutsiooniga) pilte andvad droonid. Drooniseire on muutunud üha kättesaadavamaks ja ka täpsemaks, aidates seeläbi avardada kaugseire kasutusvõimalusi.

Tänapäevane droonimöödistus suudab üsna lihtsalt teha fotosid, milles



Sel Tallinna tehnikaülikooli linnaku (punased hooned) ümbruse ruumilisel kujutisel on maapind loodud maa-ameti laserkiiretehnikaseadmega LiDAR möödistatud kõrguspunktide alusel. Nende kõrgusandmete abil saab teha planeeringute esmaseid ruumilisi analüüse, arvestades seejuures ka hoonete ligikaudseid mahtusid. Modelleerimisel kasutati tarkvara Autodesk InfraWorks

ühele pikslile vastab tegelikkuses 1 cm (mitte segamini ajada absoluutse täpsusega, millest tuleb juttu hiljem). Seega, kui pildistame mingit maa-ala või ehitist ja saadud pildi resolutsioon on näiteks 5400 x 3600 pikslit, siis selle tegelik ulatus on 54 x 36 m. Ühesentimeetrist täpsust on väga lihtne saavutada – piisab, kui valida droonile sobiv lennukõrgus, et jõuda kaamera

resolutsioonist lähtuvalt soovitud suhtelise täpsuseni (nt droonil DJI Phantom 4 RTK on see 1,1 cm / 40 m kõrguselt ning 1,37 cm / 50 m kõrguselt). Väike erinevus kõrguses ei pruugi anda olulist vahet detailsuses, kuid seire eesmärgist sõltuvalt võib see märkimisväärselt kasvatada pilditõtlusaega.

Ehitusobjektidel toimuvate muutuste

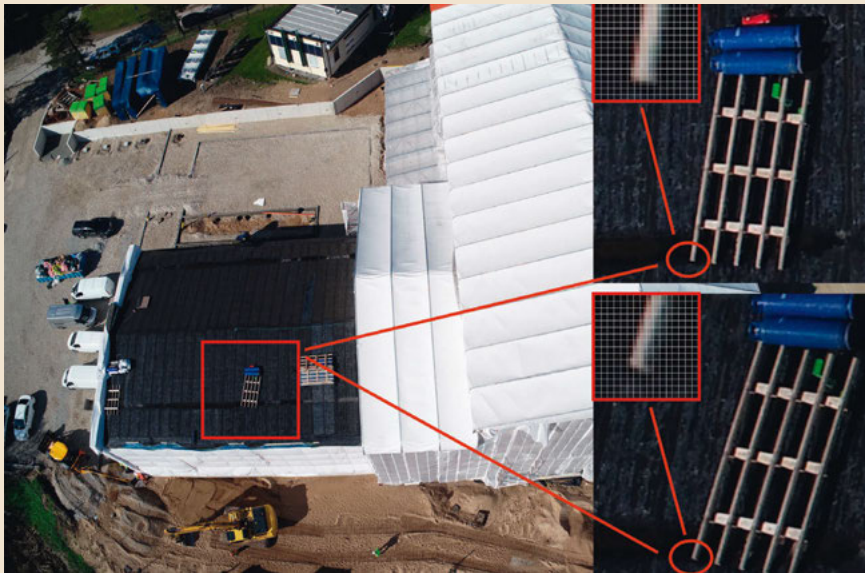
analüüsimiseks drooni abil on soovitatav esmalt paika panna lennuprogramm, mis järgib etteantud rada igal möödustakorral. Tegelikult saaks sarnaseid uuringuid teha ka aeroskaneerimisega kogutud andmete põhjal, ent selle meetodi võimalused on siiski piiratud, kuna tuleb arvestada, et näiteks maa-ameti kaardistuslennud toimuvad teatud perioodilisusega – tiheasustusalade kohal vaid üks-kaks korda aastas. Drooni võib vajadusel lennutada kasvõi iga päev – näiteks selle lennuks ettevalmistamiseks ning lennutamiseks umbes 20 000 m<sup>2</sup> suuruse maa-ala kohal kulub sõltuvalt kasutatavast mudelist ja lennuparameetritest vaid ligi 45 minutit.

Pildistades ehitusobjekti kindlat lennuprogrammi järgiva drooniga pikema perioodi jooksul näiteks nädalase intervalliga, saab projekti kulgemisest väga lihtsalt koostada ülevaatliku pildipanga, mida on maa pealt keeruline teha. Saadud pildikogu on võimalik kasutada ehitusjärelvalve ühe võimaliku toetusmeetmena või erinevat liiki pildiliste ja mahuliste muutuste kindlaksmääramiseks. Eriti otstarbekas on see võimalus, kui möödistada on vaja näiteks mõni suuremahuline ning kilomeetrites mõõdetava ehitusalaga taristuobjekt.

Kui drooniseire üks kasutusala on ehitusprotsessi kaardistamine, siis tegelikult saab sel moel möödistada ka juba olemasolevaid rajatisi. Olgu selleks näiteks raskesti ligipääsetavad objektid – sillakonstruktsioonid, tuulikud, elektriliinide mastid jne – mille puhul on vaja kontrollida nende konstruktsioonide korrasolekut või hinnata teatud probleemi ulatust. Seejuures tulevad appi erinevad pilditõtlusmeetodid, mis võivad muuhulgas avastada möödistatud pildiseeriast ohtlikke muutusi (nt praod konstruktsioonis). Inimsilmaga hinnates on neid pea võimatu märgata, kuna see eeldaks võimalust pääseda objektile piisavalt lähedale.

Piltide või ka videote analüüsimisel

**Tehisintellekti kasutamine ehitussektoris on praegu päevakohane ning droonide abil pildilise informatsiooni kogumine ja analüüsimine on muutunud vabalt kättesaadavaks.**



Droonimöödistusega saadud fotoseeria Tallinna tehnikaülikooli linnakus (Mäepealse tn 3) asuva õppehoone renoveerimistööst. Drooni ülelennuks kasutati erinevaid kõrguseid: vasakpoolne pilt on tehtud 50 m kõrguselt, ülemine paremal on 50 m kõrguselt tehtud pildi suurendus ning all paremal on näha 40 m kõrguselt tehtud pildi suurendus. Suurendustel on puitprussi otsas näha pikslipõhine ruudustik, mis võimaldab näiteks öelda, millises standardlähimõõdus prussiga on tegemist (lihtsalt lugedes kokku pikslite arvu ja korrutades seda vastava piksli resolutsiooniga). Tavalise mobiiltelefoniga saab teha samasuguse resolutsiooniga pilte, kuid drooni abil saab ehitusobjektist parema ülevaate, pildistades seda kas automaatse lennuprogrammiga või siis käsitsijuhitmisel



2019. aasta novembrist kuni tänava maini drooni ülelennuga saadud nädalase intervalliga fotode jada, millega kaardistati Tallinna tehnikaülikooli linnakus (Mäepealse tn 3) asuva õppehoone renoveerimisprotsessi. Pildid on tehtud drooni automaatse lennuprogrammiga, mille vältel tegi droon ehitusobjektist 200–400 fotot, kaardistades kogu etteantud ehitusala. Pilte saab võrrelda, kuna drooni kasutatav programm on säilitanud igal lennul oma etteantud asukoha ja vaatenurga



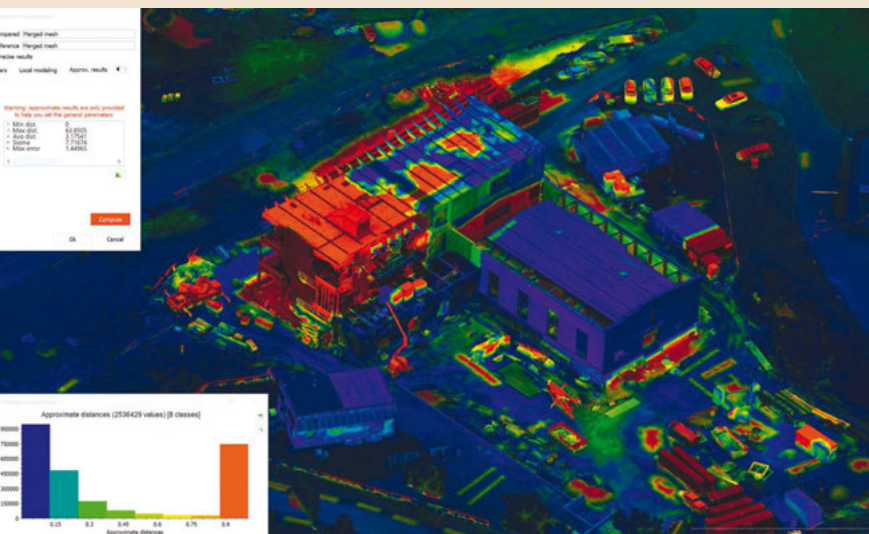
**Tallinna tehnikailikooli Mäepealse tn 3 asuva õppehoone renoveerimistööst droniseirega saadud videokaadritel on vabavaraga CVAT tuvastatud liikuvate objektidena platsil toimetavad töölised (värviliste ristkülikute sees)**



erinevaid masinõppealgoritme kasutades saab tehisintellekti abil fotodelt või videokaadritel tuvastada objekte ning ehitada üles eelhoitussüsteeme (näiteks taolise, mis suudab tuvastada, kas kõik platsitöölised kasutavad nõutud turvavarustust) või analüüsida liikumisteedkondi. Tehisintellekti kasutamine ehitussektoris on praegu päevakohane ning dronide abil pildilise informatsiooni kogumine ja analüüsimine on muutunud vabalt kättesaadavaks (nt vabavaraga CVAT, kuid ka Google ja Amazon pakuvad sellisteks analüüsideks pilvepõhiseid lahendusi).

Kui kahemõõtmeliste muutuste vaatlemine põhineb ennekõike pildilisel infol ja selle analüüsil, siis kolmemõõtmeliste muutuste uurimine põhineb erinevatel ajahetkedel tehtud mõõdistustel ning nende alusel loodud ruumiliste mudelite (nt fotogramm-meetriaga või LiDAR-i kõrguspunktide põhjal loodud kolmemõõtmeliste mudelite) võrdlemine. Eri aegadel tehtud ruumiliste mudelite uurimisel saab näiteks värvitoonidega eristada, kuhu on ehitusalal midagi uut ladustatud või millises mahus on ehitustöid tehtud.

Drooni pildiseeriast kolmemõõtmeliste mudelite loomises ei ole tegelikult midagi uut, kuid selle põhjal välja töötatud lisarakendusi on ehitussektoris vaja veel juurutada. Seda ennekõike ehitusprotsessi jälgimisel, mille korral kasutatakse mõõdistusandmeid ehitusjärelvalves või võrreldakse projektumodeliga. Siinkohal tuleb mängu mudelite absoluutse täpsuse küsimus – kuidas suudetakse mõõdistatud pilti ja selle n-ö pikslit paigutada õigesti ruumikoordinaati (x, y, z). Selleks on oluline mõista, et droonidel



Ülemisel pildil on näha Tallinna tehnikailikooli Mäepealse tn 3 renoveeritava õppehoone kolmemõõtmeline mudel ning allpool on esitatud kahe eri ajahetke mudeli omavahelisel võrdlemisel (tarkvaraga Bentley ContextCapture ja CloudCompare) sündinud analüüsipilt. Erinevad värvid viitavad vahepeal ehitusalal toimunud muutuste ulatusele



Vasakpoolsel fotogramm-meetriaga saadud ehitusobjekti kolmemõõtmelisel mudelil on näha pildianalüüsiga (mida näitab parempoolne pilt) leitud ruumilised kuubikud (kollane ja roosa kuubik sõidukite ümber). Taoliste objektide äratundmiseks saab kasutada kas standardseid detektoreid või siis treenides selleks ise masinõppealgoritme. Näidatud pildianalüüsil kasutati tarkvara Bentley ContextCapture Insight

saab kasutada erinevaid tehnoloogilisi lahendusi, millega on võimalik satelliitidel põhinevate positsioneerimissüsteemide täpsust suurendada.

Tallinna tehnikaülikooli Mäepealse tn 3 õppehoone renoveerimistöde näitel analüüsitud 22 nädala möödistusandmed on näidanud, et positsioneerimisandmete täpsust suurendavat RTK-tehnoloogiat (ingl k *Real Time Kinematic*) kasutavat drooniga pildistatud fotode alusel tehtud kolmemõõtmelise mudeli täpsust on võimalik tuua alla 3 cm. Niisugune täpsusaste võimaldab objekte hästi kaardistada ning võrrelda tööde kulgu erinevates ehitusjärgkudes. Ühtlasi saab seejuures drooniseire abil loodud mudelid võrrelda projekteeritud ehitusinfo mudeli ja selle ajagraafikuga (ingl k *Building Information Modelling* ehk BIM). RTK-tehnoloogia kasutamine eeldab mõne globaalse navigatsioonisatelliitide süsteemi, näiteks GNSS-i püsijaamade võrgustikuga liitumist.

### Pildiseeriaid analüüsivad masinõppealgoritmid

Masinõppevõimalusi saab kasutada ka drooniga saadud pildiseeriast teatud komponentide otsimiseks. Kui pildiseeria on drooniga pildistatud näiteks fotogramm-meetria (sama objekti on pildistatud mitme erineva nurga alt) meetodit kasutades, siis lõpptulemusena saab sel moel näidata kolmemõõtmelises ruumis leitud kompo-

nendi mahulist paiknemist õiges koordinaatsüsteemis.

Masinõppe võlu seisneb ennekõike selles, et ühte andmestikku (fotoseeriat) kasutatakse algoritmide treenimiseks ja selle põhjal luuakse nn detektor, mida on võimalik edaspidi kasutada uue fotoseeria analüüsil, kus tähelepanu all on samasugune objekt. Seeläbi lihtsustab kaugseire tunduvalt analüüsitava piltide kogumist ja ehitusobjekti järjepidevat jälgimist. Ka ehitiste hilisemat korrashoidu on võimalik jälgida, sest algoritmid aitavad kogutud andmetest ära tunda huvipakkuvate objektide paiknemist (nii ehitise kui taristurajatiste juures).


Möödistusega saadud kolmemõõtmelise ehitusinfo mudeli erinevad rakendused vajavad Eestis veel üksjagu tutvustamist. Hiljutised Tallinna tehnikaülikoolis tehtud uuringud on näidanud, et kaugseire möödistusandmed on erinevate kasutusvõimaluste jaoks piisavalt täpsed. Tõsi, olukorras, kus on nõutud suurem täpsus, saab appi võtta erinevaid fikseeritud punktidest mõõdetud LiDAR-andmeid. Tihtipeale tuleb parema lõpptulemuse nimel erinevaid kaugseiremeetodeid omavahel kombineerida.

Mitmes hiljutises maanteeameti pilootprojektis on hakatud julgelt kasutama kaugseiret, droonidelt ja ka ehitusmasinatelt saadavaid möödistusandmeid. Just sel moel saabki uus tehnoloogia igapäevaste tööprotsessi-

de osaks, muutes töö kulgu efektiivsemaks ja jättes seeläbi rohkem aega uuenduslike võimaluste arendamisega tegelemiseks.

Uue tehnoloogia kasutuselevõtmine tähendab alati investeeringut ning teadmatus, kuidas mõõta ajakulu ühe või teise alternatiivi ja efektiivsema meetodi rakendamisel, on olnud takistuseks väga paljudes valdkondades. Ehitussektorile on vastava oskusteabega valmis appi tulema nii erinevad ettevõtted kui haridusasutused. Orienteerumine tänastes võimalustes ei ole lihtne, mistõttu on esmased küsimused valiku tegija ees: kas ma soovin oma tööd teha teisiti ja muuta seda efektiivsemaks, kui pikk on sellise muudatuse tegemise tasuvusaeg ning mida annab see mulle või minu tööandjale? •

*Kaugseire kasutusvõimalusi tutvustava artiklisarja lood annavad ülevaate Eesti teadusagentuuri, keskkonnaministeeriumi, majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi ning maaeluministeeriumi tellitud uuringust, mida rahastas RITA-programmi kaudu Euroopa regionaalarengu fond. Sarja järgmine lugu kirjeldab kaugseire võimalusi ranniku- ja sisevete uurimisel.*

 **RAIDO PUUST** (1978) on Tallinna tehnikaülikooli ehituse ja arhitektuuri instituudi professor.

# VALMISTAGEM VAKTSIIN

RNA-sid ehitavad igameheteadlased aitavad kaasa COVID-19 pandeemia taltsutamiseks sobiva vaktsiini otsingutel.

Eelmise „Igameheteaduse“ ilmumisest on pärgviiruse SARS-CoV-2 teemal avaldatud teadusartiklite eeltrükkide arv kasvanud 2582-lt 6116-le (veebikülgede medRxiv ja bioRxiv andmed kokku). Maailma terviseorganisatsiooni andmetel tehti 2. juuli seisuga kliinilisi katsetusi 18 ning eelkliinilisi uuringuid veel 129 vaktsiinikandidaadiga.

Iga vaktsiini mõte on ärritada immuunsüsteemi millegi viirusega sarnanevaga, õpetades seeläbi organismi välja tulevikus päris nakkuse korral

kiiremini reageerima. Mitmetes vaktsiinikandidaatides kasutatakse selleks nõrgestatud või inaktiveeritud viirust. Teistes on ärritaja ülesanne mõnel hoolikalt välja valitud viiruse komponendil, näiteks ogavalgul või selle fragmendil (vt eelmise Horisondi igameheteaduse rubriiki).

Vaktsiini jaoks vajaliku valgu tootmine suurtes kogustes on keeruline ja aeganõudev. Seetõttu katsetatakse ka uuemate lähene-mistega, kus valgu asemel on seda kodeeriv DNA või RNA. Ärritava valgu süntees toimub sellisel juhul pärast manustamist vaktsiinis sisalduva pärilikkusaine alusel rakus endas. Selleks sobilike RNA-de otsingusse on kaasatud ka arvutimängu „Eterna“


mängivad igameheteadlased (vt Horisont 5/2019).

RNA molekuli kirjeldab nelja tüüpi tähtede (A, C, G ja U) järjestus. Sarnaselt valkudega on ka RNA molekulidel kindel kuju. Sealjuures mängivad olulisemat rolli tähepaaride AU, UG ja GC vahel tekkivad sidemed. Näiteks lähestikku paiknevad mitme tähe pikkused komplementaarsed piirkonnad kipuvad võtma juuksenõela kuju.

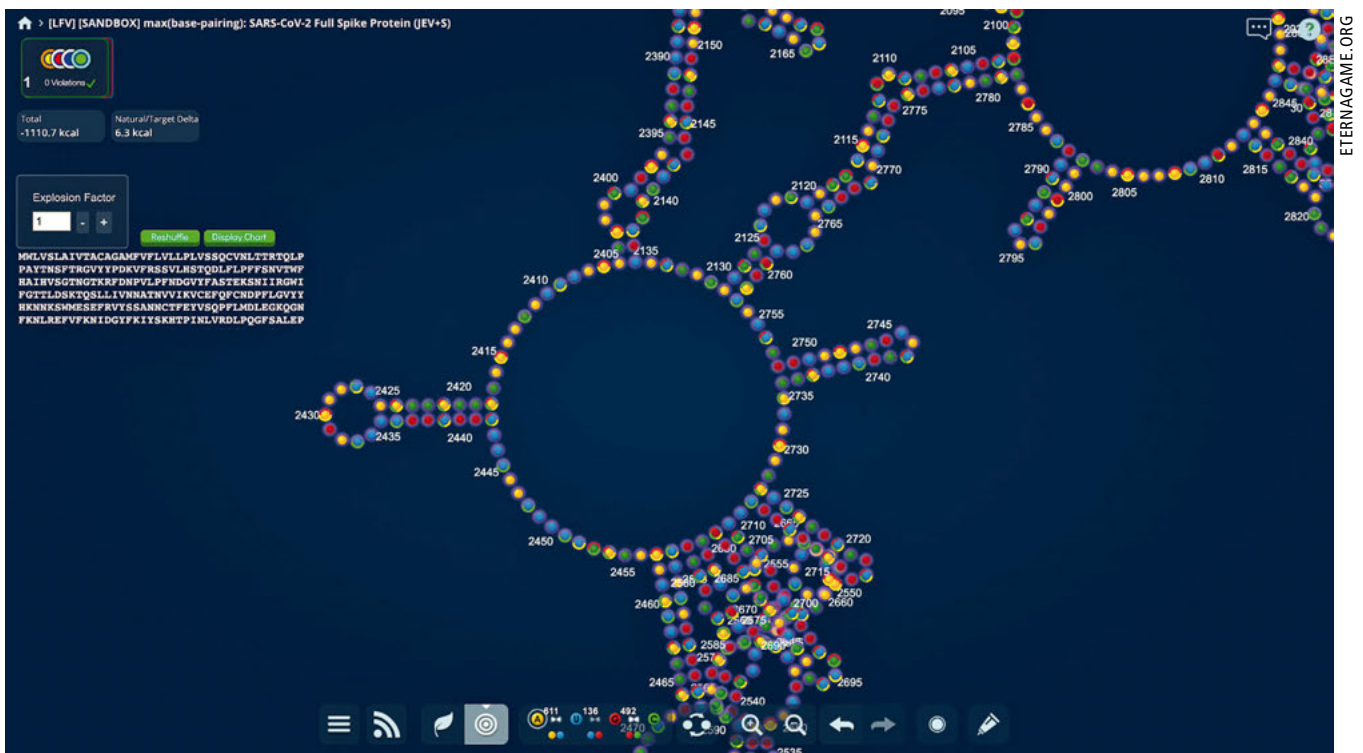
RNA molekuli kujust sõltub muuhulgas ka selle stabiilsus. Kompaktsema struktuuriga (nt juuksenõelad) RNA-ahelad on üldiselt vastupidavamad. Sealjuures on stabiilsema RNA-ga vaktsiini märkimisväärselt lihtsam transportida ja säilitada. Ambitsioonikaima COVID-19



ülesandena leiab „Eterna“ mängust tervet ogavalgu kodeeriva, ligi nelja tuhande tähe pikkuse RNA. Väljakutse vastuvõtjale seatakse ülesandeks leida sama valku kodeeriv, kuid struktuurilt stabiilsem RNA molekul. Lootusrikkamaid lahendusi uuritakse kõigepealt laborikatsetes, esmase kontrolli läbinud molekulide vastu tunnevad juba huvi vaktsiiniarendusega tegelevad ravimifirmad. •

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

<https://eternagame.org>



SARS-CoV-2 ogavalgu kodeeriva RNA lihtsustatud tasapinnaline kujutus arvutimängus „Eterna“



# Suvi! Puhkus!

Saad muretult võtta,

kui kasutad Alcoscan®-i!

## ALCOSCAN® Secret



- Täpsusklass B. Mõõteulatus 0,00–4,00‰
- Oksiidpooljuhtandur
- 4 punkti kalibreerimissüsteem
- Suur LED-ekraan
- Puhutava õhu piisavuse kontroll
- Uhkusega Eestis tehtud! EAML-i tunnustusega

**Alcoscan® alkomeetrite  
hinnad alates  
59 €\***

Tutvu pakkumistega **Rovico esindustes** või  
e-poes **alkomeeter.com**

*Kõikide e-poe ostude puhul SmartPostiga saatmine tasuta!*

# ROVICO

Vaid parim on piisavalt hea

Tallinnas -- Delta Plaza 11.korrusel Pärnu mnt 141 E-R 9-17.30

Tartus -- Sepa Keskuses, Turu 45B E-R 9-17.30, L 10-15

Rakveres -- Põhjakeskuse 1.korrusel T-L 10-18

Info ja e-pood **www.ALKOMEETER.com**

Üleriigiline **INFOTELEFON 6515070**

## ALCOSCAN® Galaxy



- Täpsusklass B. Mõõteulatus 0,00–4,00‰
- Soodsaim elektrokeemilise anduriga alkomeeter
- 4 punkti kalibreerimissüsteem
- Digitaalne LED ekraan
- Uhkusega Eestis tehtud! EAML-i tunnustusega

## ALCOSCAN® 007<sup>oo</sup>



- Täpsusklass A. Mõõteulatus 0,000–6,000‰
- Elektrokeemiline andur
- Suurima mõõteulatusena taskualkomeeter
- Laetav aku, temperatuuri- ja kuupäevanäidik
- Järgmise kalibreerimise teavitamine
- Manuaalmõõtmise võimalus
- Uhkusega Eestis tehtud! EAML-i tunnustusega

Alcoscan® alkomeetrite suuremad edasimüüjad:

**euronics** - müük ja hooldus

ONOFF ja Expert kauplused, Circle K, apteegid jpt. Kokku üle 400 müügikoha üle Eesti



Kogu alkomeetrite tootmine, hooldamine ja müük toimub ROVICOs ranges vastavuses ISO9001 kvaliteedijuhtimise nõuetega ja on vastavalt rahvusvaheliselt sertifitseeritud Bureau Veritas Certification poolt. Tagamaks meie klientidele parimat võimalikku kvaliteeti!

\* Edasimüüjate juures võivad hind ja valik erineda. Rovico® ja Alcoscan® on Rovico Büroo OÜ-le kuuluvad kaitstud kaubamärgid. Kujundus on autoriõigustega kaitstud.

## MAI-JUUNI: USA SAAB JÄLLE ISE MEHITATUD KOSMOSELENDE KORRALDADA

### • Hiina uus kosmoselaev:

5. mail startis Hiinas Hainani saarel Wenchangi kosmoskeskuses kanderakett Long March 5B ja viis orbiidile Hiina uue põlvkonna kosmoselaeva mehitamata testversiooni. Uus laev hakkab asendama senist meeskonnakapslit Shenzhou ning mahutab senise kolme inimese asemel kuus kosmonauti või siis kolm kosmonauti ja lisaks pool tonni kasulikku lasti. Sama kanderaketiga viidi testlennule ka kasuliku laadungi automaatne maandumismoodul, mis peaks tooma Hiina tulevases kosmosejaamast Maale tagasi vajalikku lasti.

6. mail tehtigi vastav katse, kuid mooduli tagasipöördumisprotsess ebaõnnestus seni teadmata põhjustel. Kosmoselaeva meeskonnakapsel maandus edukalt 8. mail Hiina loodeosas. Kanderaketi 5-meetrise läbimõõduga, 30 meetri pikkune ja 20 tonni kaaluv viimane aste tegi ümber Maa veel mitu tiiru ning sisenes atmosfääri ja põles ära 11. mail Atlandi ookeani lõunaosa kohal.

### • Tulekahjueksperiment veolaeval:

11. mail eraldus rahvusvahelisest kosmosejaamast ISS pärast 83-ööpäevast sealviibimist firma Northrop Grumman veolaev Cygnus. Laeva lastiruumi paigutati mittevajalikud jäätmepõlv ja pärast luugi sulgemist ja robotkäega jaamast eemale viimist alustas see iseseisvat lendu. Enne ärapälemist atmosfääris toimetas veolaev orbiidile kaks kuupsatelliiti ning lisaks korraldati NASA tellimisel selle sisemuses tulekahjueksperiment, et uurida leekide levikut mikrogravitatsiooni olekus.

### • Hiina sidesatelliidid:

12. mail startis Loode-Hiinas Gobi kõrbes Jiuquani kosmoskeskusest kanderakett Kuaizhou 1A ja viis orbiidile kaks esimest sidesatelliiti ühtekokku 80 satelliidist koosnevast seeriast Xingyun. Kanderakett kasutab tahkekütust ja eksperte



USSF / WIKIPEDIA

USA õhujõudude kosmoselennuk X-37B on orbiidile lennutamiseks kanderaketi veokapslisse paigutatud

hinnangul põhineb Hiina relvasuses kasutusel oleva raketi.

### • Kosmoselennuki katsetamine:

17. mail startis Canaverali neeme õhujõudude baasi stardiplatvormilt 41 United Launch Alliance'i kanderakett Atlas 5 ja viis ettenähtud orbiidile USA õhujõudude korduvkasutusega kosmoselennuki X-37B. See oli juba kuues taoline lend ning praegu on kasutusel kaks niisugust kosmoselennukit. Orbiidil tehakse sellega mitmesuguseid katseid ning välimusest kosmosesüstikut meenutav kosmoselennuk on võimeline iseseisvalt maanduma tavalenuväljale.

### • Varustust ISS-i:

20. mail startis Lõuna-Jaapanis Tanegashima kosmoskeskusest Jaapani kanderakett H-IIB, et viia orbiidile veolaev HTV. 25. mail oli veolaev hüüdnimega Kounotori juba ISS-i robotkäe „haardes“ ning selle pardalt toimetati kosmosesjaama 6,2 tonni mitmesugust varustust, teaduskatseid ja seadmeid.



NARITA MASAHIRO / WIKIPEDIA

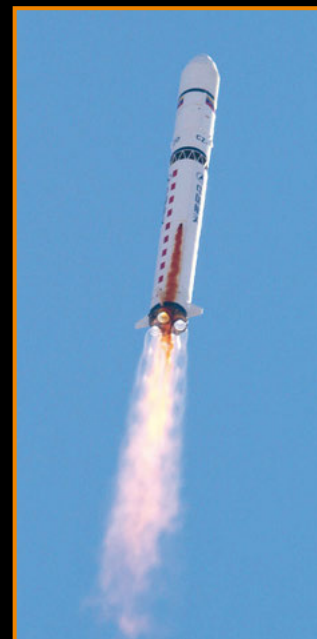
H-IIB start Tanegashima kosmoskeskuses

### • Vene luuresatelliit:

22. mail startis Venemaa põhjaosas Plesetski kosmodroomilt kanderakett Sojuz-2.1b/Fregat ja viis orbiidile Venemaa raketihoiatussüsteemi EKS luuresatelliidi koodnimega Kosmos 2546.

### • Hiina raketistardid:

29. mail startis Hiinas Sichuani provintsis Xichangi kosmoskeskusest kanderakett Long March 11 ja sellele järgnes 31. mail Xichangist 1600 km loodesse jäävast Jiuquani kosmoskeskusest kanderaketi Long March 2D start. Tegemist oli Hiina selle aasta 11. ja 12. raketistardiga, nende seas ka kaks ebaõnnestumist. Seekord viidi esimese stardiga orbiidile kaks väikest „tehnoloogiliste katsetuste“ tehiskaaslast ning teisega kaugeiresatelliit Gaofen 9-02.



CRISTOBAL ALVARADO MINIC / WIKIPEDIA

Hiina kanderakett Long March 2D kihutab orbiidi poole

• **USA taastas mehitatud kosmoselendude võimekuse:**

30. mail startis Floridas NASA Kennedy kosmosekeskuse stardiplatvormilt 39A firma SpaceX-i kanderakett Falcon 9 ja viis orbiidile sama ettevõtte kosmoselaeva. Crew Dragoni pardal olid astronautid Doug Hurley ja Bob Behnken. Tegemist oli ajaloolise sündmusega, sest kosmosesüstikute lendude lõppemisega 2011. aastal algas pikim periood alates 1961. aastast, mil USA-l puudus oma mehitatud kosmoselendude korraldamise võimekus ning sellised lennud telliti Venemaa kosmosesüsteemilt Roskosmos. Pärast Crew Dragoni käitsijuhitmissüsteemi testimist põkkuti ISS-iga 31. mail, ühendudes automaatrežiimil sealse Harmony põkkumismooduliga.



Robert Behnken (vasakul) ja Douglas Hurley valmistuvad Crew Dragoni pardal ajalooliseks raketi-stardiks

• **Starlinki võrk kasvab:**

4. juunil startis Canaverali neeme õhujõudude baasi stardiplatvormilt nr 40 SpaceX-i kanderakett Falcon 9, et viia orbiidile järjekordsed 60 Starlinki sidetehiskaaslast. Kanderakett maandati jälle Atlandi ookeanis pargasele ning see oli samale raketile juba viies start. SpaceX-il on maandusmispargaseid juba kaks, et sagedaste startide jaoks oleks olemas ka varumaandumisvõimalus. Tegemist oli kanderaketi Falcon 9 86. stardiga alates 2010. aastast ning üheksanda stardiga 2020. aastal.

• **Hiina uus seiresatelliit:**

10. juunil startis Põhja-Hiinas Taiyuani kosmoskeskusest kanderakett Long March 2C ja viis orbiidile Haiyang 1D okeanograafiasatelliidi, millega hakatakse seirama ookeanivee värvust ja pinnatemperatuuri, pildistama rannikupiirkondi ning vastu võtma laevade identifitseerimissignaale.

• **Electroni start:**

13. juunil startis Uus-Meremaal Mahia poolsaarel asuvalt stardiplatvormilt firma Rocket Lab kanderakett Electron ja viis orbiidile 5 väikesatelliiti, nende

seas ka kuupsatelliidi, mis hakkab oma magnetomeetri-tega mõõtma virmaliste plasma-voolusid.

• **Lisa Starlinkile:**

13. juunil startis Canaverali neeme õhujõudude baasi stardiplatvormilt nr 40 SpaceX-i kanderakett Falcon 9, et viia orbiidile järjekordsed, seekord 58 Starlinki sidetehiskaaslast. Tegu oli sama stardiplatvormi taaskasutamisega vähem kui 10 ööpäeva jooksul.

• **Hiina uus seiresatelliit:**

17. juunil startis Põhja-Hiinas Jiuquani kosmoskeskusest kanderakett Long March 2D ja viis orbiidile satelliidi Gao-fen 9-03, mida hakatakse kasutama seireks, linnade ja teevõrgustiku planeerimiseks jne.

• **Hiina satelliitnavigatsiooni-süsteem:**

23. juunil startis Edela-Hiinas Sichuani provintsis Xichangi kosmoskeskusest kanderakett Long March 3B ja viis orbiidile satelliitnavigatsioonisüsteemi Beidou viimase tehiskaaslase. Pärast manööverdumist ja testimist loodetakse satelliit tööle saada paari kuu jooksul ja sellega loetakse süsteem valminuks.

• **Kosmoseskäik ISS-il:**

26. juunil väljusid rahvusvahelisest kosmosestaamast avakosmosesse astronautid Chris Cassidy ja Robert Behnken, et jätkata energiasüsteemi vanade nikkelhüdriidakude väljavahtamist uute liitiumioonakude vastu. Väljumine oli esimene planeeritud neljasest seeriast.

• **Falcon 9 start:**

30. juunil startis Canaverali neeme õhujõudude baasi stardiplatvormilt nr 40 SpaceX-i kanderakett Falcon 9 ja viis orbiidile USA kosmoselendude GPS-satelliidi GPS 3 SV03. Kanderaketi esimene aste maandus jällegi pargasel Atlandi ookeanis ja on valmis taaskasutamiseks.



Robert Behnken vahetab ISS-i energiasüsteemi akusid

✍ **Jüri Ivask**, Horisondi kosmosekroonik

## MATEMAATIKAVÕISTLUSTEL NAABRITE JUURES

**Matemaatikaolümpiaadil on tore traditsioon käia võistlemas meie naabrite juures Soomes ja Peterburis. Soomlased käivad omakorda meie juures.**

### Soome põhikooli matemaatikaolümpiaad

Pärast Eesti taasiseseisvumist sõlmisid Eesti matemaatika selts ja Soome matemaatiliste ainete õpetajate liit koostöölepe. Selle järgi saavad kaks Eesti 9. klassi õpilast võimaluse osaleda igal aastal Soome põhikooli matemaatikaolümpiaadi lõppvoorus ning kaks soomlast omakorda saavad osa võtta meie 9. klassi lõppvoorst. Õpilasvahetus algas juba 1992. aastal ning toimib edukalt tänapäevani. Kui meil toimub lõppvoor tavapäraselt märtsis-aprillis Tartus, siis soomlastel toimub see varem, juba jaanuari lõpus või veebruari alguses Helsingis (eelmisel sajandil toimus see erinevates Soome linnades).

Lisaks toimumisajale erineb märkimisväärselt ka olümpiaadi formaat. Kui meil lahendatakse lõppvoorus traditsiooniliselt viie tunni jooksul viis tõsist ülesannet, siis soomlastel on olümpiaad

kolmeosaline ja tunduvalt rohkemate küsimustega. Esimeses osas pakutakse lahendamiseks 45 minuti jooksul 8–10 lühivastusega ülesannet, mis meenutab meie põhikooliklasside piirkonnavoort testi (kus tuleb 40 minuti jooksul leida vastused kümnele ülesandele). Pärast veerandtunnist vaheaega järgneb teine 45-minutiline osa, mille sisu on praktilisem probleemülesanne ühel teemal, kuid milles on samuti mitu alaküsimust. Selle raames on uuritud näiteks lauamängu „Blockers“, Möbiuse lehte või kaartide segamist Monge'i meetodil. Viimane osa kestab 60 minutit ja selles on 5–6 veidi keerulisemat ülesannet, millele oodatakse ka lahenduskäikude esitamist.

Esimestel aastatel said õiguse osaleda Soome olümpiaadil kunagise televiktoriini „Nuputa“ parimad. Pärast televiktoriini lõpetamist korraldati osalejate valikuks eraldi eelvõistlus. Sel sajandil on meie osalejaid valitud varasemate võistluste (lahtiste võistluste, eelmise õppeaasta matemaatikaolümpiaadi, vahel ka Känguru) tulemuste põhjal. Soomlased saavad meile võistleva omakorda käimasoleva õppeaasta olümpiaadi kaks parimat.

Enamikul aastatel jääb esikoharõõm võõrustajatele, kuigi eestlastel õnnestub see ära rikkuda mõnevõrra tihedamini. Soomest on naastud koju võiduga kokku kaheksal korral, sealhulgas käesoleval aastal, kui sellega sai hakkama Tallinna kesklinna Vene gümnaasiumi õpilane Aleksander Karpov, ning kolmel korral on koju toodud koguni kaksikvõit. Soomlased on meie juures seni võidutsenud kahel korral ning veel ühel korral läks esikoht Eesti õpilasega jagamisele. Kaksikvõitu pole Eesti pinnal seni külalistele veel lubatud. Koostööd soomlastega toetab haridus- ja teadusministeerium.

### Peterburi linna olümpiaad

Peterburi matemaatikaolümpiaad on pika traditsiooniga väga kõrgetasemeline võistlus, kus on külalisosajaid nii teistest Venemaa linnadest kui ka väljastpoolt Venemaad. Esimene olümpiaad peeti juba 1934. aastal.

Peterburi olümpiaadi formaat on väga huvitav ning samal ajal ebaharilik. Võistlejad esitavad oma lahendused suuliselt ning iga ülesande eest võib tulemuseks olla ainult kas „+“ täislahenduse korral või „-“ muul juhul. Vale lahen-



Eesti võistkond Peterburi matemaatikaolümpiaadil 2018. aastal. Jäätunud Neeval seisavad (vasakult) Artur Avameri, Richard Luhtaru, Hendrik Vija, Karl Paul Parmakson. Miina Härma gümnaasiumi abituriendina võitis Vija tänavu Peterburis I järgu diplomi



ERAKOGU

2020. aasta Soome põhikooli matemaatika-olümpiaadilt võidu toonud Tallinna kesklinna Vene gümnaasiumi õpilane Aleksander Karpov

duse puhul saadetakse võistleja oma kohale tagasi täiendavat tööd tegema. Iga ülesannet võib üritada esitada maksimumselt kolm korda. Olümpiaadil lahendatakse nelja tunni jooksul kokku seitse ülesannet (iga klass eraldi), kusjuures esialgu antakse ainult neli ülesannet kolmeks tunniks ning kolm lisaülesannet ja tund lisaäga antakse õpilasele vaid juhul, kui ta suudab kolm ülesannet ära lahendada (raske ülesannete komplekti korral antakse mõnikord lisaülesanded ka kahe lahendatud ülesande eest).

Olümpiaad toimub põhikooliklassidele (6.–8. klass) veebruari alguses ning gümnaasiumiklassidele (9.–11. klass) märtsi algul. Kuivõrd Eestis on koolisüsteemis 12 klassi, osalevad meie õpilased reeglina ühe võrra noorema klassi arvestuses. Kui nooremad õpilased võistlevad keskklassis Herzeni-nimelises riiklikus pedagoogikaülikoolis, siis vanemaid õpilasi võõrustab Peterburi riiklik ülikool, mis asub eeslinnas Peterhofis ning kuhu jõudmiseks tuleb võtta ette kolmveerandtunnine rongisõit.

Meie õpilased seletavad oma lahendusi inglise keeles, vajadusel saavad nad seda teha juhendaja tõlke abil ka eesti keeles. Ülesannete tekstid on meie õpilastel eestikeelsed, neid tuleb juhendajal tõlkida vene keelest võistluseelset õhtul. Lisaks peab juhendaja osalema olümpiaadipäeval žürii töös ning kuulama omakorda kohalike õpilaste ülesannete lahendusi, nii et tema jaoks on tegemist väga tiheda nädalavahetusega.


Esimest korda osalesid meie õpilased korraldajate kutsel sealse olümpiaadil 2008. aastal, seejärel osaleti veel kolmel

aastal. Kuivõrd kõik kulud tuli siis osalejatel endil kanda, tekkis vahepeal osavõtus pikem paus, kuni alates 2017. aastast otsustati see olümpiaad uuesti käsile võtta. Viimastel aastatel on meie esinduse osavõttu toetanud õpilaste koolid ja teaduskool, sellel aastal pani meie osalemisele oma öla alla ettevõtja ja Skype'i asutaja Jaan Tallinn, mille eest oleme väga tänulikud.

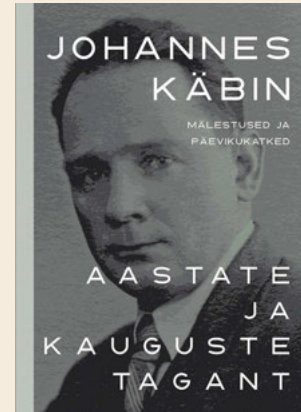
Osalemine Peterburi matemaatika-olümpiaadil on meie õpilaste jaoks väga väärtuslik kogemus, arvestades selle olümpiaadi kõrget taset. Vanemate klasside olümpiaadil vastab enamik selle olümpiaadi ülesandeid rahvusvaheliste võistluste tasemele, kus Eesti osaleb (rahvusvaheline matemaatikaolümpiaad ning Balti tee), ka Peterburi linna võistlejate tase on läbi aegade väga kõrge. Lisaks teeb kaasa palju tugevaid õpilasi teistest linnadest nii Venemaal kui väljaspool seda. Lõpuklassi olümpiaadi lahendatakse viimastel aastatel samaaegselt ka Venemaa koondisekandidaate treeninglaagris, kusjuures nende tulemused lähevad ka olümpiaadi ametliku arvestuse sisse. Seda kõike silmas pidades on võimalik Eesti õpilastele pakkuda tõeliselt kõrge tasemega võistluskogemusi, mis on väga oluline teisteks rahvusvahelisteks võistlusteks valmistumisel. Teisest küljest on see noorematele suurepärane võimalus panna ennast proovile matemaatikavõistlustel väljaspool kodumaad juba põhikooli ajal (nagu teeb seda ka Soome olümpiaad).

Seni on meie õpilastel kahel korral õnnestunud Peterburis võita I järgu diplom. 2011. aastal sai kõige noorema, 6. klassi arvestuses sellega hakkama Taavet Kalda. Tänavu õnnestus esimest korda võita I järk ka vanemate klasside arvestuses, kui selle suurepärase saavutuseni jõudis kuninglikus lõpuklassi arvestuses Miina Härma gümnaasiumi abiturient Hendrik Vija. Ta lahendas seitsmest ülesandest ära viis, saavutades sellega absoluutarvestuses (kuhu on sisse arvestatud ka Venemaa koondisekandidaate treeninglaagris osalenud võistlejad) suurepärase 4. koha.

Sel aastal pidi Peterburis toimuma ka rahvusvaheline matemaatikaolümpiaad, kuid sarnaselt mitme õppeainega ei leia see aset füüsiliselt kohapeal, vaid virtuaalse võistlusena igas osalejariigis eraldi. Praeguseks on virtuaalsele kujule viidud või ära jäetud praktiliselt kõik rahvusvahelised õpilavõistlused, mis pidid toimuma sel aastal, nii et meie õpilaste väga tublid esinemised olümpiaadidel Soomes ja Peterburis jäävad seni viimasteks ja võimalik, et ka ainsateks etteasteteks tänavustel välismaistel ainevõistlustel.

 **Oleg Košik**, Eesti võistkonna juhendaja rahvusvahelisel matemaatikaolümpiaadil

## RAAMAT



**Johannes Käbin.**  
**AASTATE JA KAUGUSTE TAGANT.**  
**Mälestused ja päevikukatked.**  
**Tõlkinud Veronika Einberg,**  
**kommenteerinud Olev Liivik.**  
**Tallinn: Varrak, 2020**

### Käbini mälestused: oodatud, kuid ajastu pitseri all lookas

Eesti NSV-d 28 aastat parteijuhina valitsenud Johannes Käbini mälestusteraamatu avaldamine selle aasta kevadel oli pandeemiaaegsel raamatuturul omamoodi väike sensatsioon. Seda, et Käbin mälestusi kirjutas, teati juba tema eluajal. Ka tema surma järel (1999) oli mälestuste teema veel mõnda aega aktuaalne, kuid jäi aastatega tahaplaanile ning ühes sellega vähenes peaaegu olematuks ka võimalus neid kunagi raamatuna näha. Üha selgemalt jäi kõlama arvamus, et neid mälestusi polegi üldse olemas.

Mihhail Bulgakovit parafraaseerides saame aga tõdeda, et käsikirjad ei hävi, vaid ootavad õiget aega, et avalikkuse ette jõuda. Nii läks ka Käbini mälestustega, mis olid hoiul tema poja Eduardi käes, kes andis lõpuks loa need avaldada. Vähetähtis ei ole siinkohal kirjandusloolase Jaak Urmeti vahendajaroll mälestuste käsikirja jõudmisel kirjastuseni Varrak, kes selle Veronika Einbergi suurepärase tõlkes, Mari Kaljuste väarikas palenduses ja Olev Liiviku asjakohaste kommentaaridega lugejateni tõi.

Käbini mälestusteraamatule on oma jälje jätnud mitmed asjaolud. Esmalt torkab teravalt silma ajastu pitser. Tõenäoliselt hakkas Käbin mälestuste kirjutamisele mõtlema

pärast 1978. aastat, mil ta parteijuhi kohalt lahkuma sunniti. Mälestuste põhitekst valmis enne 1985. aastat ehk sügaval stagnaajal ja kõiki tollaseid „partei- ja ühiskonnategelase“ raamatule ettenähtud ametlikke nõudeid jälgides. Käbin kooskõlastas oma mälestuste plaani NLKP KK marksismi-leninismi instituudiga Moskvas.

Seega peab asjahuviline lugeja arvestama tõsiasjaga, et tema lugemislauale on jõudnud raamat, mis on rüütatud toleleagsele parteikirjandusele omasesse retoorika, kantseliidi ja propaganda stampväljenditesse. Autor kirjutab innustunult kompartei sunniste täitmisest, võitleb sõjajärgsel ajal „bandiitide“ ja „kodanlike natsionalistidega“, vaimustub kolhoosierimise edusammudest jne. Seda sovetiajastule omase keele „ehedust“ ei ole kerge seedida.

Käbin oli võimurina ülimalt ettevaatlik, kuid memuaristina veelgi alahoidlikum, vältides vähegi teravamaid teemasid. Ta kirjeldab detailselt lapsepõlveseiku ja noorusaja ettevõtmisi, kuid vähegi teravama ja poliitilise maiguga teemade käsitus on vaoshoitud. Paljude oluliste ja murranguliste sündmuste ja nende tausta kirjeldamisest on üldse loobutud või on seda tehtud nii, et paljud üksikasjad on „ununenud“. Käbin ei kõnele 1930. aastate „suurest terrorist“ NSV Liidus, paljudest sõjaaja sündmustest ning mis veelgi olulisem – eriti tuntavad on parteilise memuaristi mälulüngad sõjajärgsetest aastatest ja oma võimuperioodist parteijuhina. 1950. aasta võimupööret Eesti NSV-s kirjeldatakse raamatus võtmes, et parteijuhiks sai ta ootamatult ja vastu tahtmist. Oma paarivaali – Nikolai Karotamme – mahategemisel Käbin seevastu sõnu eriti kokku ei hoi. Tervikuna on enesetsensuuri filter teksti tuntavalt kohitsenud.

Samuti tuleb arvestada, et tegemist on mälestuste pooliku käsikirja avaldamisega. Käbin jõudis läbimõeldult kirja panna oma eluloo lapsepõlvest kuni sõjajärgsete aastateni. Hilisemast ajast on vaid mälestuste fragmendid. Periood, mil ta kohaliku kompartei juhina Eesti NSV-d valitses – aastad 1950–1978 –, on peaaegu täielikult sisulise tekstiga katmata.


Kui võtta aluseks Käbini esialgne mälestuste kirjutamise kava, siis jäi sellest ligi pool paberile panemata. Küllap oli siin põhjuseks ühiskondlike olude teisenemine seoses 1985. aastal alanud perestroikaga, mis päädis NSV

Liidu lagunemise ja Eesti iseseisvuse taastamisega. Tema poja kinnitused, et isa oli Eesti iseseisvuse poolt, ei kõla eriti usutavalt. Käbini jaoks tähendas see ühiskondlik murrang senise turvalise taustsüsteemi kadumist, mis välistas ka mälestuste lõpetamise kavandatud kujul.

Eraldi väärib siiski esiletõstmist Käbini pikk kirjeldus NSV Liidu parteijuhi Nikita Hruštšovi külaskäigust Eestisse 1955. aasta suvel. Kuna tegemist oli ootamatu välvisiidiga, mis ametlikes dokumentides ei kajastu, siis on Käbini ülevaade sellest sündmusest oluline allikas. Huvitavat teavet pakuvad samuti Käbini meenutused 1953. aastast seoses Lavrenti Beria „uue rahvuspoliitikaga“ ja selgitused, kuidas teda parteijuhi kohalt maha võeti.

Raamatu kõige väärtuslikum osa on Käbini päevikukatked ja hajamärkmed, mis on lisatud põhitekstile poeg Eduardi valikul. Siin ei ole oma tööd teinud enesetsensuur ega muud asjaolud, tekst on isikupärasem ja kohati emotsionaalselt laetud. Päevikukatked lisavad uusi detaile 1970.–1980. aastate Eesti NSV poliitiliste olude tundmiseks. Ka leiab sellest tabavaid iseloomustusi mitmete ühiskonnategelaste kohta, mis aitavad seletada tollaseid isikutevahelisi suhteid. Näiteks üllatas allakirjutanut Käbini ühemõtteliselt eitav suhtumine tollase Tartu riikliku ülikooli rektori Arnold Koobi ja pikaajalise EKP KK parteiajaloo instituudi direktori Aleksander Panksejevi suhtes.

11. jaanuari 1981. aasta päevikukatkes arutleb Käbin mälestuste kirjutamise üle: „Mis kasu võikski minu mälestustest olla? [...] Mulle endale meeldib küll memuaare lugeda, kuid suurmeeste omi, ja ka siin leian ma, et see on nagu Krõlovil: „Noor kukepoiss, kes hoolsalt toitu otsides kord rämpsus siblis, pärli leidis hunnikust“. Minu omadest ei maksa sedagi otsida. Aga tont teab, äkki kunagi palju aastaid hiljem keegi leiabki. Olgu ta tänatud!“. Nüüd, peaaegu 40 aastat hiljem ajast, mil Käbin need read kirja pani, saab iga lugeja hinnata, kas ta leidis pärli või mitte. •

 **Tõnu Tannberg,**  
Tartu ülikooli Eesti ajaloo professor



**Tiit Kändler**  
**TEADUSLUULUDE JÄLIL**  
Sarja „Eesti mõttelugu“ 152 köide  
Kirjastus Ilmamaa, 2020

## Tiit Kändler: teravmeelselt teadusest

Kui Tiit Kändleri värske kogumik „Teadusluulude jälil“ esimest korda minu kätte jõudis, siis ei taibanud ma algul, miks autor on sellise pealkirja välja mõelnud. Abi ei tulnud siiski kaugelt otsida, sest raamatus on isegi samanimeline alapeatükk. Sealt leiame näiteks tsitaadi akadeemik Endel Lippmaalt (keda Kändler peab oma olulisimaks õpetajaks), kes ütleb vastuseks küsimusele, miks ta teadust teeb: „Löbu pärast, nii nagu Teiegi kirjutate!“ Tiit Kändler toob järgnevalt välja ka lausa juhtlausena kõlava tõdemuse: „Hea teadus on teravmeelne, selle tuuma tabamine on nagu hea komöödia.“ Selline väide võib mõneski lugejas tekitada vastakaid tundeid. Teadus peaks ju olema ikka üks väga tõsine asi!? Kogumiku autor täpsustab siiski, mis on tema tegevuse peamised motivaatorid. Ta rõhutab, et teadusest kirjutamisel on tähtis püüda korraga kolme varblast ja need on kolm T-d: Taust, Teravmeelus ja Teadmine.

Kõik need kolm T-d on selgelt esindatud ka selles rohkem kui viiesajaleheküljelises raamatus, mis sisaldab veidi üle saja lühema teksti väga erinevatel teemadel. Pole ka midagi imestada, sest Tiit Kändler on töötanud pikka aega erinevate väljaannete toimetustes teadusajakirjanikuna, pidanud arvukalt ettekandeid ja kasvanud teaduskirjanikuks oma raamatuid välja andes. Tema pagas, mille

najal käesolevat kogumikku kokku panna, on aukartustäratavalt suur, mis pidi ilmselt nõudma autorilt valiku tegemisel parasjagu vaeva.

Nimetatud kolme T juurde tagasi tulles – ja jättes korraks kõrvale teemaatika laitmatu tundmise ja taustandmise – tahaksin Kändleri puhul eraldi rõhutada teravmeelsust ning oskust põimida oma tekstidesse vahel lausa ootamatult tabavaid võrdlusi. Igal asjal on oma eellugu ning kindlasti tuleb Kändleri puhul mängu jõud, mis viis ta juba ülikooliajal koos teiste füüsikatudengitega looma „sketšiteatrit“ Kuup ja Kera, mis žongleeris tolleaegses karmilt reglementeeritud ühiskonnas lubatu ja keelatu piiril. Ta liikus ringi ka legendaarse Albert Trapeeži seltskonnas, kujundas hiljem huumorikooperatiivi Aara nägu ning esines püstijalakoomikuna. Pärast aktiivse füüsikuarjääri lõpetamist ei tõmbunud ta aga teadusest eemale ning asus lõpuks tegelema teadusajakirjandusega. Nõnda siis side nende kolme T vahel aina tihenes.

Kändleri kirjutatud lugedes pörkab lugeja alalõpmata kokku nimedega nagu Schrödinger, Planck, Higgs jt. Kord räägib ta neist riivamisi, kord



„Tõde ja õigus“ uuriv laualampe.

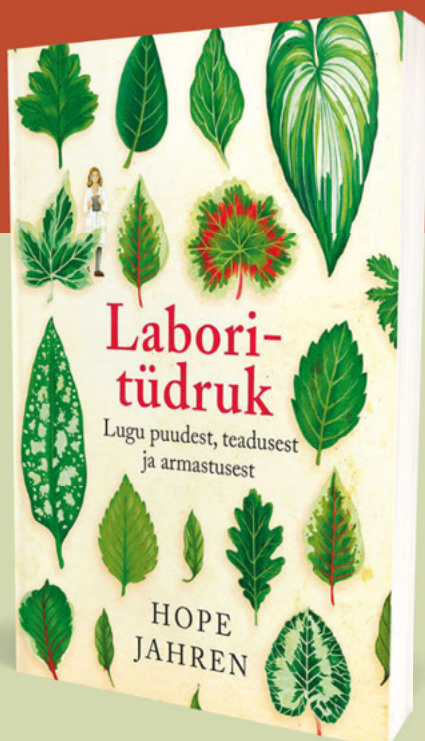
läbi teaduse ajaloo. Ta ei kasuta kordagi valemeid, mis räägivad konstantidest ja vihjavad võimalikkusele ja fikseerivad midagi. Osalt on see ka raamat matemaatikast, kus väljend „võib-olla“ on alati uue teadmise alustala.

Samal päeval, kui olin saanud endale Tiit Kändleri uue raamatu, tuli mulle külaline, kes märkas seda minu kirjutuslaual. Meil oli plaanis lihtsalt mõnusalt istuda ja vestelda, aga Kändler kargas vahele. Külaline lippas ühelt leheküljelt teisele ja jäi lugema. Mida ta siis sealt luges? Ta luges sealt „Eesti

mõtteloo“ varamusse kuuluvaid lugusid, mis räägivad teaduse populariseerimise lipu all kõigest sellest, mis on tähtis meile ja oli tähtis ka meie eelkäinud põlvkondadele.

Jääb vaid lisada, et Tiit Kändler on paljud oma raamatud ka ise illustreerinud. Mul on ikka mees tema pilt, mis kujutab raamatut uurivat laualampe. Pildil on selleks raamatuks „Tõde ja õigus“. Mis siis muud kui uurime koos Tiit Kändleri ja tema laualampega teaduse tõde ja õigust. •

 Indrek Rohtmets



Hope Jahren

# LABORITÜDRUK

Lugu puudest, teadusest ja armastusest

See on raamat tööst ja armastusest ja mägedest, mida on võimalik nihitada, kui need kaks asja kokku saavad. See antakse edasi Jahreni tähelepanuväärsete lugude kaudu, mis räägivad avastustest, mis ta oma laboris on teinud, selleni jõudmise nimel peetud võitlustest, aga ka reisidest ja väljasõitudest, mis on viinud teda USA keskläänest põhjapooluseni ja Iirimaast Havaini, samuti tema vankumatust pühendumisest oma elutööle.

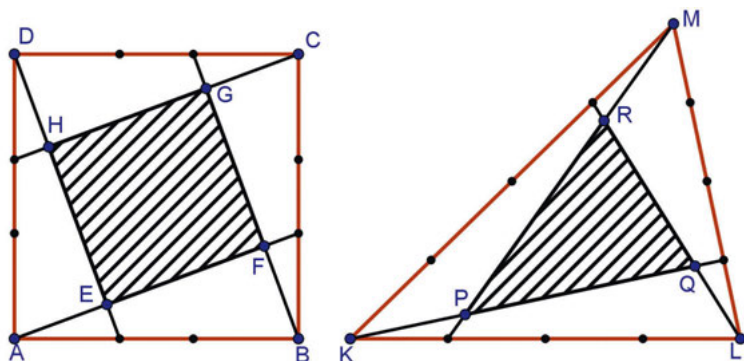
Jahreni kirjeldused oma tööst, lähedasest suhtest oma uurimisobjektiks olevate taimede, seemnete ja mullaga põhinevad kõhutundel, on intiimsed, ülimalt siirad ja mõnikord väga naljakad. Tema sügav loodustunnetus elavdab iga leheküljel selles põnevas raamatus.

 **VARRAK** [WWW.VARRAK.EE](http://www.varrak.ee)

# Veel kujundite pindalade suhteid

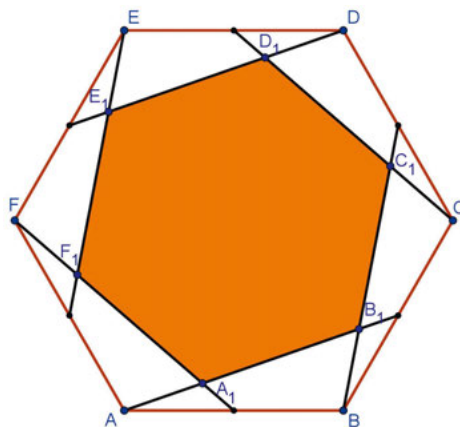
Seekordsetes ülesannetes tuleb leida kujundite pindalade suhe ja tõestada, et see suhe on just nimelt leitud arv.

**Ü1 1.** Ruudu  $ABCD$  küljed on jaotatud kolmeks võrdseks osaks. Seejärel on ruudu  $ABCD$  iga tipp ühendatud vastupäeva vastaskülje selle punktiga, mis jagab külje suhtes  $1 : 2$  nii, nagu on näidatud joonisel. Tulemusena tekib ruudu  $ABCD$  sisse väiksem ruut  $EFGH$ . Leia ruutude  $EFGH$  ja  $ABCD$  pindalade suhe.



**Ü1 2.** Kolmnurga  $KLM$  küljed on jagatud neljaks võrdseks osaks. Seejärel on kolmnurga iga tipp ühendatud vastupäeva vastaskülje sellise punktiga, mis jaotab vastaskülje suhtes  $1 : 3$ , nii nagu on näidatud joonisel. Tulemusena tekib kolmnurga  $KLM$  sisse kolmnurk  $PQR$ . Leia kolmnurkade  $PQR$  ja  $KLM$  pindalade suhe.

**Ü1 3.** Korrapärase kuusnurga  $ABCDEF$  tipud on ühendatud vastupäeva järgmise külje keskpunktiga. Nende ühenduslõikude lõikumisel tekib kuusnurga sisse korrapärase kuusnurk  $A_1B_1C_1D_1E_1F_1$ . Leia kuusnurkade  $A_1B_1C_1D_1E_1F_1$  ja  $ABCDEF$  pindalade suhe.



Vastuste ärasaatmise tähtaeg on 10. august 2020.

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

2020. aasta primale nuputajale

auhinnaks 100 euro eest raamatuid Tallinna ülikooli kirjastuselt.



Vooru võitja

Vooru võitja saab kingituseks raamatu sarjast „Looduse raamatukogu“. Sarjas ilmunud raamatutega saab tutvuda veebilehel [www.loodusajakiri.ee](http://www.loodusajakiri.ee) ja eelistustest saab teada anda toimetuse telefonil 610 4105 või meiliaadressil [loodusajakiri@loodusajakiri.ee](mailto:loodusajakiri@loodusajakiri.ee).

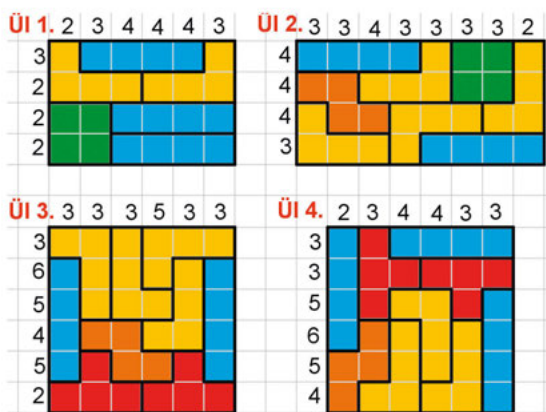
Kolmanda vooru tulemused

Kolmandas voorus tuli lahendada neli ülesannet. Kõik ülesanded lahendasid ära ja 4 punkti lisasid oma punktiarvele Meelis Reimets, Anti Sõlg, Kuldar Traks ja Hannes Valk. Loosiga võitis neist vooruauhinna **Meelis Reimets**.

Vaata veebilehelt

Tulemuste tabel on leitav aadressilt [www.loodusajakiri.ee](http://www.loodusajakiri.ee) ja Horisondi Facebooki seinalt.

Kolmanda vooru ülesannete vastused:



Tõnu Tõnso, matemaatik, Tallinna ülikooli lektor



# RISTSÕNA

	Tuffkivim		Negatsioon	Tahumatu esipinnaga looduskivimüüritis	Inglise keele eessõna	Endine raadio-mees	<i>Kuma</i>	USA dollar	Meeli- lõitev	Kes on pildil?	<p>Inimestele on ilmselt loomumane, et kõik Maale jõudnud taevakehad ja nendega .....</p>						
Haruldane mineraal	→	○	↓	↓	↓	↓	Kell saksa k. Küla Rõuge vallas	→	↓	↓							
Pärnu jõe lisajõgi	→	○	↓	↓	Bahama pealinn Vankuma	→	↓	↓	↓	↓							
Küla Väike-Maarja vallas	→	○	Järjest. tähed Läti linn	→	↓	Endine egiptuse poliitik Tuule-	→	↓	↓	↓							
Carrara marmor	→	○	↓	↓	↓	↓	↓	Remondi- tehas Tõde	→	↓							
Ma- tegevus- nimi	→	○	↓	↓	↓	USA osariik Kreeka saar	→	↓	↓	↓							
<i>Kuma</i>	Kaas Purske- kivim	→	○	↓	↓	↓	Küla Tar- tu vallas Sirutaja- lihas	→	↓	Ootus- ärev		<i>Kuma</i>	Prantsu- se revo- lutsioonär	<i>Kuma</i>	Ristsõna- ajakiri	Element nr. 60	
Element nr. 26	→	○	Džentel- men Kirjanik	→	↓	↓	↓	Haldus- üksus Kreekas Linn Rumeenias	→	↓		↓	↓	Element nr. 25 Imestus- hüüatus	→	↓	↓
Endine	→	○	↓	Putukas Endine teatri- kunstnik	→	↓	↓	↓	↓	↓		V-Kreeka laulik Tee kaotanu	→	↓	↓	↓	
Suzuki mudel	→	○	↓	↓	Britney Spears Suusataja	→	↓	Multika- tegelane Urisema	→	↓		↓	↓	↓	↓	Pinna- vorm	
Jäama inglise k.	→	○	○	Eluase (murdes) Vanuse	→	↓	↓	↓	CIA eesti k. Olgu!	→	↓	↓	Jupiteri kaaslane Rind	→	↓		
<i>Kuma</i>	Deka-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Röntgen	→	
Paleus	→	↓	↓	↓	Vene k. eessõna Lööma	→	↓	Soomep. m.-nimi Üleskutse	→	↓	↓	Kalapiü- giriist KOLLA	→	○	○		
Lõik- heinaline	→	↓	↓	Kahl	→	↓	↓	↓	Uus- Meremaa saar	→	↓	↓	↓	○	Kindel (murdes)		
Seep inglise k.	→	↓	↓	↓	↓	↓	Endine antropo- loog Linn Belgias	→	↓	Element nr. 33	→	↓	Ühes. tähed Söber prants. k.	→	○	↓	
Element nr. 18	→	↓	↓	↓	↓	Eksturva- firma Element nr. 79	→	↓	↓	↓	Hawaii saar Järjest. tähed	→	↓	○	○		
<i>Kuma</i>	Edev Detsi-	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	Purske- kivim	→	↓	○	○		
Läbi- paistev mineraal	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	Itsitus	→	○	○	

**RISTSÕNAD KOGENUD LAHENDAJALE**

**MAAILMA POPULAARSEIMAD MÕISTATUSED**

Lahendajate vahel läheb loosi Kuma Ristsõna-rõõmude aasatellimus.

Eelmise ristsõna vastus „Kui meie kultuuris on justkui senini omane ettekujutus, et mehed ei nuta, siis MUINASJUTTUDES POLE SEE SUGUGI NII” viitab tänavuses teises Horisondis ilmunud intervjuule Eesti rahvaluule arhiivi juhi Risto Järvega.

Loosi tahtel võitis Kuma „Lemmikristsõnad” nr 11 ANNE RÄPPO.

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

**SUVE-RÕÕM**

VÕIDA võnkiga kõhvlimasin

# Arva ära!

## LUGEJATE LEMMIK

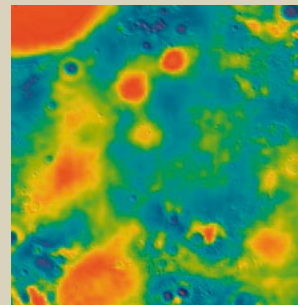
Lugejate lemmiklugu eelmises numbris oli „Inimene ja viiruste kirju maailm” (autor Ütar Allas).

Pole lugenud? Osta (e-)ajakiri e-poest [www.loodusajakiri.ee](http://www.loodusajakiri.ee)!

**1** Ta on oma sugukonna suurim liik (võib kaaluda kuni 14 kg). Kui enamik selle sugukonna esindajaid on loomtoidulised, siis küsitava põhitoidus on puuviljad; enamik sugukonna liike elab maapinnal, tema aga elutseb peaaesjalikult puudel. **Kellest on jutt?**



**2** Sellele objektile andsid 17. sajandil nime kaks jesuidi preestrit. Seda nime on hiljem kasutatud paljude kirjandus- ja muusikateoste pealkirjana, sealhulgas ühe eesti muusikakollektiivi albumi pealkirjana. Näete ka selle objekti teatud tüüpi kaarti. **Mis objektist on jutt?**



**3** Sellel 1915. aastal tehtud pereinildil olevast väikesest poisist sai mitmekülgne teadlane ja kirjanik. Tema peamised tegevusalad olid arheoloogia, orientalistika, geograafia, etnoloogia ja filosoofia. Ka tema vanemad, kes kandsid erinevat perekonnanime, olid oma valdkonnas tunnustatud tegijad. **Millist nime kannab fotol olev tuntud pereema?**

FOTOD: WIKIPEDIA

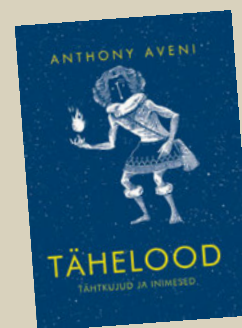


**4** See ligikaudu 4 miljoni elanikuga linn, mille asutamist seostatakse ühe piiblitegelasega, asub 2300 m kõrgusel ning on üks vanemaid pidevalt asustatud linnu maailmas. Vanalinna osa on tuntud oma geomeetriliste mustritega kaunistatud mitmekordsete ehitiste poolt, mida on linnas ligikaudu 14 000. **Mis linn see on?**

## MÄLUSÄRU 3/2020 VASTUSED

1. Albert Suur (Albertus Magnus)
2. Kivitäks
3. Cerignola (28. aprill 1503) (Sandringham House)
4. Tuamotu
5. Eduards Veidenbaums

● Uhinnaaraamatu „Tähelood: tähtkujud ja inimesed” võitsid JANNE UDEKÜLL, TIIT PRUUL ja MEELIS REIMETS.



✍ Jevgeni Nurmla, Indrek Salis  
mälu mängurid

**5** Oma aja ühe valgustatuma riigipeana oli ta esteet ja kunstiarmastaja, helilooja, flöödimängija ja teravmeelne inimene. Tema valitsemisajal kasvas riigi pindala peaaegu kaks korda. Kui Napoleon jõudis linna, kuhu küsitav maetud oli, käis ta suurmehe haua austust avaldamas. Hauakambri sisenedes ütles ta oma kaaskonnale: „Mütsid peast, härrased! Kui ta elus oleks, siis poleks me siin!” **Kellest on jutt?**



## VASTA JA VÕIDA RAAMAT!

Vastanute vahel loosime välja kolm Randolph M. Nesse raamatut „Hea põhjus end halvasti tunda: pilk evolutsioonilise psühhiaatria eesliinile” kirjastuselt ARGO.

➔ Koos vastustega andke toimetusele teada ka selle numbrilise lemmiklugu.

## VASTUSEID

ootame 15. augustiks aadressil Endla 3, Tallinn 10122 või [horisont@horisont.ee](mailto:horisont@horisont.ee).

NB! Vastuste juurde kirjutage auhinna-loomis osalemiseks kindlasti oma mobiiltelefoni number ja postiaadress.

MÄLUSÄRU  
RUBRIIKI TOETAB  
KIRJASTUS ARGO.



# PARIMA VALIKU MAASTIKU- RATTAID

Leiad mängleva  
kergusega



UURI JÄRELMAKSU  
INFOT FIXUS  
KAUPLUSTEST



Sinu kodu lähedal  
[www.fixus.ee](http://www.fixus.ee)



Teenusepakkujaks on Holm Bank AS. Iga laen on finantskohustus. Kaalu oma otsust hoolikalt – tutvu laenulepingu tingimustega ja vajadusel pea nõu asjatundjaga. Krediidi kulukuse määr on 46,29 % järgmistel näidistingimustel: kauba/teenuse maksumus 319 €, lepingu periood 12 kuud, fikseeritud intressimäär 16% laenusummal aastas, lepingutasu 20€, haldustasu 0€, krediidisumma 319€, maksete kogusumma 390,05€ ja tagasimaksete summa 390,05€.

# TAMREX

# Avasta maailma!

SEIKLUSEKS POLE KUNAGI LIIGA PIME

## FENIX TK20R

Kompaktne ja võimas taktikaline taskulamp

- Ülimalt vastupidav taktikaline taskulamp
- Topeltkorpus
- Aku tühjenemise indikaator
- Aku ja USB laadimisjuhe komplektis



**FENIX TK20R**  
Võimsus 1000 lm  
Valgusvihk max 310 m  
**120 €**

## FENIX HL60R

Võimas ja pika tööajaga pealamp

- Komplektis laetav aku (2600mAh)
- USB laadimisjuhe
- Vee- ja tolmukindel (IP68)
- Valge ja punane valgus
- Reguleeritav kaldenurk



**FENIX HL60**  
Võimsus 950 lm  
Valgusvihk max 116 m  
**90 €**

**FENIX**  
Fenix Flashlight  
Illuminate Your Adventure

FENIX taskulampide tippvaliteedi, erakordse võimsuse, vastupidavuse ja funktsionaalsuse tagavad parimate materjalide kasutamine ja pidev arendustöö. Lampide valmistamisel kasutatakse kergalumiiniumist väliskorpus, anodeeritud pinnakate, kristallselget läätset, ülivõimsaid LED-elemente, kullatud vedrusid ning optimaalset energiakasutust. Erinevate töörežiimidega pöörus- ja veekindlaid FENIX taskulampe usaldavad professionaalid ja armastavad tavakasutajad.



**FENIX HL15**  
jooksja pealamp  
Võimsus 180 lm  
Valgusvihk max 44 m  
**36 €**



**FENIX CL26R**  
matka-  
latern  
Võimsus 400 lm  
Valgusvihk max 25 m  
**72 €**



**FENIX UC30**  
Väike, kompaktne  
ja võimas taskulamp  
Võimsus 960 lm  
Valgusvihk max 204 m  
**72 €**



**FENIX BC21R**  
rattalamp  
Võimsus 880 lm  
Valgusvihk max 125 m  
**90 €**



**FENIX BC05**  
ratta tagatuli  
Võimsus 10 lm  
Valgusvihk max 6 m  
**24 €**



**FENIX UC35**  
Kompaktne  
ja võimas taktikaline  
taskulamp  
Võimsus 960 lm  
Valgusvihk max 200 m  
**108 €**

TAMREX OHUTUSE OÜ

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

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

Hinnad sisaldavad käibemaksu 20%, ja kehtivad kuni kaupja jätkub!