

# HEI

HEA EESTI IDEE

**Eesti ettevõtted  
pürivad  
kosmosesse**

**Särasilmne  
riskikapitalist  
Esther Dyson**

**10 tuleviku-  
tehnoloogiat**

**Meie sidemee kosmosega**

# HILLAR TORK



## Nokia äritelefonid



NOKIA E60



NOKIA E61



NOKIA E70

### Räägime ärist.

Uus Nokia E-seeria. Kõige võimsam ja täiuslikum Nokia äritelefonide sari.

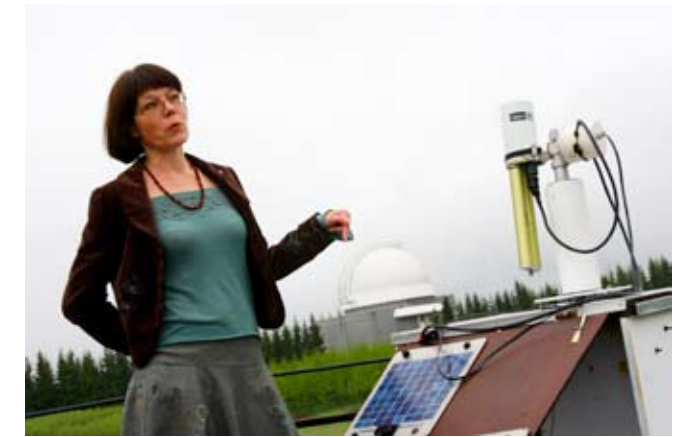
Kõik kolm seadet on hoolega disainitud ning sisaldavad kõike, mida võiksid vajada ärimaailmas konkurentsieelise teostamiseks. Push-e-post, kiire andmeedastus ja täiustatud kõnefunktsioonid on vaid osa tervikust, mis tagab Sulle täiuslikud töötingimused igas maailma punktis.

Tööta meeskonnaga. Nutikamalt. | [www.nokia.ee/eseries](http://www.nokia.ee/eseries)

Copyright © 2006 Nokia. Kõik õigused kaitstud. Nokia ja Nokia Connecting People on Nokia Corporation registreeritud kaubamärgid.

**NOKIA**  
Connecting People

- 3** Tuhandik millimeetrit töövõitu
- 4** EAS toetab teadus- ja arendusasutuste infrastruktuuri 228 miljoni krooniga
- 4** Keemikute kolme miljoni eurone "taskunuga"
- 6** Eesti ettevõtted püriavad kosmosesse
- 7** Eesti soovib saada Euroopa Kosmoseagentuuri liikmeks
- 8** Euroopa oma asukohasüsteem
- 10** Kosmiline pilk metsajärvedele
- 11** Sidemees kosmosega
- 14** Särasilmne riskikapitalist Esther Dyson
- 16** Euroopa koostöö aitab arendada kütuseelementi
- 20** Asper Biotech Euroopa koostöövõrgustikes
- 21** 10 tulevikutehnoloogiat
- 37** Eesti peab ressursse arukamalt kasutama
- 40** Valmismehed
- 44** Elusettevõtluse perspektiivid
- 46** Kiireim tee infoühiskonda



10



6



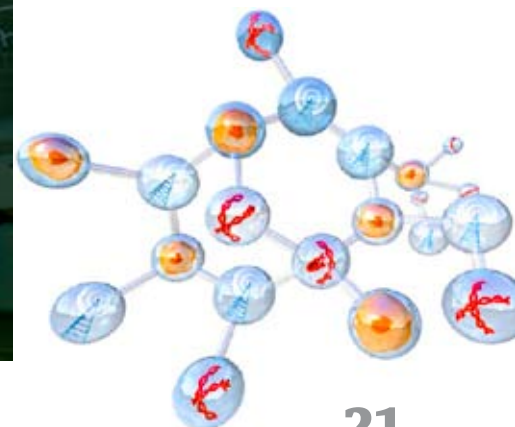
40



16



14



21



# Avaram vaade

**Kristjan Otsmann**

kristjan.otsmann@ekspress.ee

**E**esti teadusmahukate ettevõtete ees avanevad üha uued võimalused. Tulevikus ees ootav koostöö ja võimalik liitumine Euroopa Kosmoseagentuuriga (ESA) pakub tööd nii neile, kes juba praegu kosmose- ja tehnika otsapidi seotud, kui ka neile, kes tegelevad praegu veel maapealsete kõrgtehnoloogiliste projektidega.

Käesolevas numbris anname ülevaate osast Eesti ettevõttest, mis juba valmistavad või hakkavad tulevikus looma tarkvara ja seadmeid, mida kosmose- ja tehnika abil kasutada. Regio on juba palganud "meie mehe kosmoseagentuuris", maailmatasemel sideinseneri Hillar Torki. Regio juht Teet Jagomägi mõnab, et "Regio võiks igast asendist seal (ESA heaks – Toim.) tööd teha", aga siiani pole see olnud võimalik, sest Eesti ei kuulu ESAsse.

Regiost kaugemale on jõudnud USA ettevõtte Vertex Eesti tütarfirma, mis valmistab satelliidiantenne nii maa peale kui ka kosmosesse.

Mõlemad ettevõtted on head näited sellest, kuidas kõrg- ja infotehnoloogiat kasutatakse ära märksa laiemas valdkonnas. Sussexi ülikooli innovatsiooniprofessor Nick von Tunzelmann lausubki käesolevas ajakirjanumbris ilmus intervjuus, et Eesti ei vaja mitte tugevat infotehnoloogiatööstust, vaid infotehnoloogia kasutamist ja uute infotehnoloogial põhinevate rakenduste loomist võimalikult laialt teistes tööstusharudes, mis loovad suurema osa sisetajanduse kogutoodangust.

Eesti nutikaid ettevõtteid vaevab tõsine probleem – napib piisava kooliharidusega inimesi. Me ei paista selle poolest maailmas silma ning oleme igati arenenud riik: meil on praegu puudu pool tuhat IT-haridusega inimest, Indias parv miljonit IT-meest ja -naist. Suhtarv on peaaegu sama. Muide, ka Poolas ja Šveitsis on puudu rahvaarvuga võrreldes sama osa IT-inimesi. Ainsaks erandiks olid USA ja Jaapan, kui õigesti mäletan. Aga see ei tähenda, et olukorraga tuleb leppida!

**Eesti nutikaid ettevõtteid vaevab üks tõsine probleem – napib piisava haridusega inimesi.**

Tartu ülikooli teadlane Jaak Vilo toob oma aramusartiklis esile Eesti IT-sektori kriisi peamise põhjuse: kõrgharidussüsteem ei valmista ette küllaldaselt teadusliku kraadiga inimesi. Vilo pakub välja ka lahenduste: Eesti peab infoühiskonna arendamiseks väärtustama senisest enam infotehnoloogiaga tegelevaid inimesi, tagama valdkonna stabiilsema rahastamise, soodustama infotehnoloogiat sisaldavate eluvaldkondade projektide ellu viimist ning edendama teadustööks vajalikku infrastruktuuri. Kõrgtehnoloogiline innovatsioon, mis loob pikema aja jooksul kõige rohkem lisandväärtust, toimub teadusmahukas tööstuses, mis ei suuda toimida piisava hulga haritud inimesteta.

Eesti pole suurt midagi ette võtnud, et muuta reaali- ja loodusteadusi koolilaste seas popimaks. Erandina toetab EAS füüsika promomist koolilaste keskel ning pole välistatud, et peatselt tuleb ka innovatsiooniteemaline teadusnäitus AHHA-keskuses. Riik ei pööra piisavat tähelepanu ka tehnika- ja täppisteaduste doktoritööde soodustamisele ega ole astunud märkimisväärsed samme tasemel õppejõudude puuduse lahendamiseks. Enne kui Eesti ei paranda sihikindlalt haridussüsteemi, pole siin elujärje hüppelist tõusu oodata.

Kõige suurem probleem on meie tehnoloogiline mahajäämus, mis tuleb eriti teravalt esile tootvas tööstuses. Arenenud riigid ei ole innovatsiooniteadlase Erik Reinerti sõnul edenenud mitte IT-sektorit arendades, vaid infotehnoloogia saavutusi majanduses laiemalt ära kasutades. Infotehnoloogia ei ole eesmärk omaette, vaid vahend, mis aitab meil eluga paremini ja tõhusamalt toime tulla.

Esimese sammuna tuleb koostada arukas ja realistlik plaan. Praeguseks on valminud uuendatud teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegia aastateks 2007–2013 "Teadmispõhine Eesti 2" tööversioon. See näeb ette tänasest oluliselt suuremaid panuseid teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni edendamise, peamise juurdekasvu peaks tekitama ettevõtetes tehtav uurimis- ja arendustöö. Tulevikus näeme, kas see plaan on realistlik ning kas erinevalt praegusest strateegiast suudavad ettevõtjad ja riik selle ka ellu viia.

Toimetaja **Kristjan Otsmann** kristjan.otsmann@ekspress.ee

Reklaam **Ergo Vahtras** 669 8309

Kujundaja **Tuuli Prees**

Korrektuur **Katrin Hallas**

Väljaandja Eesti Ekspressi Kirjastuse AS, Narva mnt 11e, Tallinn 10151

Trükk Printall

Ajakirja antakse välja Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse tellimisel innovatsiooniteadlikkuse programmi raames.



enterprise estonia  
ettevõtluse arendamise sihtasutus

# HEI

HEA EESTI IDEE



Tallinna Tehnikaülikooli teadur Andre Gregor näitab Saksamaal eritellimusega valminud ümmargust katoodi, mis pinnete tekitamise käigus peaaegu olematuks kulub. Teises käes on näha pinnatud proovidetailid.

## Tuhandik millimeetrit töövõitu

**V**õib öelda, et sportautod ei jäta külmaks ühtki meest. Kuid vähesed on valmis ja suutelised seda ise valmis ehitama, eriti veel nii põhjalikult, et esimesi töövõite tuleb mõõta mõne tuhandiku millimeetriga. Just selline mees on Tallinna Tehnikaülikooli teadur ja doktorant **Andre Gregor**.

Huvi mootorite ja tehnika vastu laiemalt oli Andre veres juba lapsepõlvest saati. Teismelisena oli ta suviti koolivaheajadel põhiliselt maal ja tegeles mootorrattastega. Huvi mootorisportide vastu sündis just siis, kuid suhe jäi puhttehniliseks, sest materiaalne olukord ise võidu sõitma hakkamist ei võimaldanud.

Küll aga ei takistanud miski teda õppimast autotehnikat ning töötamast võidusõidu- ja sportautode remondi, hoolduse ja projekteerimisega tegelevates ettevõtetes nii Eestis kui ka Suurbritannias.

Läinud suvel Eestisse naastes alustas Andre mootorilaboratooriumi ehitust Tallinna Tehnikaülikoolis (TTÜ) Soojustehnika Instituudis.

Nüüd, aasta hiljem, on ta ennast sisse seadnud nii TTÜ Mustamäel kui Koplis asuvates hoonetes ja demonstreerib, kuidas mootori metallidetailid vaakumkambris näiteks titaanist viie mikroni paksuse kaitsekihi peale saavad. Kui kiht on hea, siis mootor ei kulu.

Selline katseseade on Eestis ainulaadne, tööstuslikku Andre teada polegi. Tema leidis selle ülikooli ruumidest kasutult seismas ning nägi ligi aasta aega vaeva, et see käima pütitada. Lisaks tuli leida väliskontaktid, kust tellida just sellele seadmele sobivaid titaankatode, ja lahendada palju muidki probleeme.

Lähimas tulevikus on vaja lõpetada Koplis asuva mootorilaboratooriumi ruumide väljaehitus, kus pole veel helikindlaid seinu, ja siduda mootoritealane ettevõtmine pinnete-alase uurimistööga doktorantuuris. Tema doktoritöö keskendub õhukete ja paksude kõvapinnete kasutusvaldkondade uurimisele võidusõidumootorites. Samuti on seal võimalik uurida nii gaas- kui vedelkü-

tuste põlemist sisepõlemismootorites, kaasa arvatud biodiislikütuste mõju diiselmootori tööle.

Koostöös Tallinna Tehnikaülikooli Materjalitehnika Instituudi pulbermetallurgia laboriga on Andre käsil hõõrdkattematerjalide uurimise ja nende rakendatavuse võidusõidutehnikas. Lihtsamalt öeldes, uute siduri- ja pidurikattematerjalide leiutamise.

Pikemas perspektiivis plaanib ta alustada kõrgtehnoloogiliste võidusõidumootorite valmistamist. Sellistes mootorites kasutatakse kõrgtehnoloogilisi pindeid ja uudeid tehnilisi lahendusi. Ühtlasi saaks pakuda mootorite hooldust, remonti ning alustada väikeseria sportautode tootmist ja ekspordi.

Selleks, et neid eesmärke teostada, on vaja ette valmistada tehniline baas ja oskusteave koolitatud inseneride kujul. Selle loomisega Andre aktiivselt tegelebki.

"Ülikooli panus minu ettevõtmisele on olnud märkimisväärne," tunnustab Andre saadud ruumide kaudu

pakutud tuge. Sõlmitud on ka Spin Off koostööleping. Siiski ollakse hetkel ikka veel lapsekingades ning nähakse vaeva kavandatava EASi projekti "TTÜ Mehaanikateaduskonna sportauto" eeluuringu taotluse ettevalmistamiseks.

Alles unistustes eksisteeriv esimene sportauto on kavas projekteerida koos tudengite ning Eesti ja rahvusvaheliste partneritega. Sõiduki tarvis on soetatud isegi Ferrari Testarossa 12silindriline 390hobujõuline mootor ja jõuülekanne.

Mootorile on tellitud programmeeritava toite- ja süütesüsteemi ning hetkel on käsil sisselaskekollektorite modifitseerimine. Lõpuks soovib Andre häälestada mootori 450hobujõuliseks.

Selle kõige kõrvalt jõuab ta veel rõõmu tunda sellest, et just leidis ta üles üks võidusõitja, kes töö talle liiga kiirelt kuluvad klapitõukurid. Andre on seega võimalus näidata, kuidas tema vaakumkambris imeõhukese, kuid ülikõva pinde saanud detailid edaspidi paremini vastu peavad.



## EAS toetab teadus- ja arendusasutuste infrastruktuuri 228 miljoni krooniga

PILLE-RIIN PREGEL / EPL

Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse (EAS) juhatus otsustas rahastada teadus- ja arendusasutuste infrastruktuuri arendamise programmi raames viit täistaotlust summas 228,3 miljonit krooni.

“Eesti teadlaskond ootas seda päeva pikisilmi, sest tegemist on sõna tõsisel mõttes esimese korraga, kus Eesti riik panustab teaduse ja arendustegevuse infrastruktuuri laias plaanis,” sõnas Eesti Teaduste Akadeemia president **Richard Villems**.

Projekte hindas ja rahastamisetepanekud tegi rahvusvaheline hindamiskomisjon, mida juhtis hääleõiguseta liikmena EASi direktor tehnoloogia arenduse alal **Madis Võõras** (pildil). Tema sõnul oli konkurents eeltaotlusvoorus tugev: laekus 13 projekti, milles prognoositi täistaotluste kogumahuks üle 761 miljoni krooni. “Summa suurus näitab Eesti teaduse nõudlust nüüdisaegse aparatuuri järele,” räägib Võõras. “Kuna Eestist on raske leida asjatundjaid, kes ei oleks ühegi taotlejaga seotud ning oleks täiesti erapooletud, kasutasime väliseksperite.”



Kaheksa tunnustatud teadlast ja eksperti eri Euroopa riikidest analüüsisid eeltaotlused läbi ning seadsid need pingeritta. Viis parimat projekti said õiguse teha täistaotluste toetuse saamiseks.

Viie parima hulka pääsesid Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituudi projekt “Tugevatel magnetväljadel baseeruvate spektroskoopiameetodite rakendamine” (47 814 800 krooni), Tallinna Tehnikaülikooli (TTÜ) projekt “TTÜ keemia, biotehnoloogia ja bio-

meditsiini valdkonna infrastruktuuri arendamine 2005–2008” (44 000 000 krooni), TTÜ projekt “Sardsüsteemid ja komponendid” (48 219 000 krooni), Eesti Biokeskuse projekt “Haigused ja evolutsioon genoomikas: infrastruktuuri projekt” (30 399 972 krooni) ning Tartu Ülikooli projekt “Biomeditsiini ning molekulaar- ja rakubioloogia tuumiklaborid” (57 849 000 krooni).

Kui need projektid ellu viiakse, suureneb näiteks DNAST geneetilise

info lugemise kiirus võrreldes töösenise kiirusega kümme korda, mis võimaldab muu hulgas Eesti teadlastel kasutada Geenivaramut senisest tõhusamalt. Samuti suureneb mitu korda ainete tuvastamiseks ja nende struktuuri mõõtmiseks kasutatavate spektromeetrite mõõtmisvõimsus, mis võimaldab uurida potentsiaalseid ravimeid, vesinikkütuseelemente ja biopolümeere. Esimest korda Eestis saavad teadlased oma käsutusse laboratooriumi, mille turvaklass lubab töödelda nii aidsi- kui ka siberi katku viirusi.

“On väga hea tunne, et läheneb aeg, kus põhitähelepanu saab pöörata uurimistöö kvaliteedile nii fundamentaal- kui ka rakendusuuringutes. Samuti õpiti sellest kogemusest mõndagi, mis kulub ära Euroopa Liidu finantsperioodi 2007–2013 puhul, kus on juba palju suuremad mahud,” lausub Villems.

Euroopa Liidu struktuurifondidest rahastatava programmi üldesmärgiks on suurendada teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni võimekust, et Eesti oleks rahvusvaheliselt konkurentsivõimelisem.

## Keemikute kolme miljoni eurone “taskunuga”

Aasta lõpus saavad Tallinna ja Tartu keemikud Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse toetusel kolm uut tööriista, mis on muutunud tänapäeva teaduses mõõdapääsmatuks ja milleta ei saa luua näiteks aidsi- ega vähivastaseid ravimeid.

Tegu on tuumamagnetresonants-spektroskoopidega ning tavaliselt lühendatakse see eesti keeles TMR-spektroskoobiks. TMR-spektroskoop kasutatakse mitmesuguste ühendite struktuuri määramiseks.

“Tänapäeva keemikule on TMR, nagu Tootsi ajal oli poisile taskunuga. Kui sul ei ole kogu aeg TMR käepärast, ei ole tegu arvestatava uurimiskollektiiviga,” selgitab **Margus Lopp** Tallinna Tehnikaülikoolist (TTÜ) uute töövahendite hädavajalikkust.

Masinaid on tulemas kolm: üks Tallinna Tehnikaülikooli, üks Tartu Ülikooli Tehnoloogiainstituuti ja üks Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituuti. KBFI on siiani Eestis ainu-

### Mis on TMR-spektroskoop?

» Tuumamagnetresonants-spektroskoop koosneb ülijuht-magnetist, mida hoitakse temperatuuril  $-269^{\circ}\text{C}$  ehk umbes 4 kelvinit. Jahutamine toimub vedela heeliumi ja vedela lämmastikuga. Teine põhiline komponent on konsool, mis on täis elektroonikat ja kus toimub signaalide saatmine ja vastuvõtt.

» TMR-spektroskoobiga tehakse kindlaks iga eraldatud ühendi struktuur, kusjuures vajalik aine kogus algab ühest milligrammist.

ke koht, kus on paar vanemat tüüpi TMR-spektroskoopi olemas.

Tartu Ülikooli (TÜ) Tehnoloogia-instituudi vanemteadur **Lauri Vares** räägib, et õige pea kuulutatakse välja riigihange. “Siis võib minna veel neli-viis kuud aega, enne kui aparaadid kätte saame, nii et enne aasta lõppu me neid füüsiliselt ilmselt ei näe,” lisab ta.

TÜs ja TTÜs hakatakse tegelema põhiliselt orgaaniliste ühenditega. Saab uurida näiteks kudesid ja isegi väiksemaid organisme.

“Tegemist on mittedestruktiiv-

se analüüsiga, see tähendab, et uuritav objekt jääb (erinevalt näiteks mass-spektromeetriast) puutumata,” seletab Vares.

Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituudis (KBFI) uuritakse põhiliselt tahkeid aineid ja seeläbi teadlased on juba aastaid suured TMRi ala spetsialistid.

**Ago Samoson** KBFIst kiidab plaanitavat ostu ja ütleb, et lisandumas on tippklassi spektromeeter. “Täna on juba saadaval veel paremaid aparate, aga need maksavad ka viis korda rohkem ja nõuavad omaette ehi-

tist,” peab ta KBFI lahendust optimaalseks. “Uus spektromeeter võimaldab hakata uurima valkude vastasmõjusid lahustes ja membraanidel, ionide difusiooni kütuseelementides, uuelaadseid magnetiliselt korratatud struktuure ja palju muud,” tutvustab Samoson avanevat tööpõldu.

Loppi sõnul on keemias ja väikeste molekulide molekulaarbioloogias TMR igapäevane ja rutiinne analüüsimeetod.

“Eriti oluline on see TTÜ-le oma TMR kraadiüliõpilaste koolitamisel,” ütleb ta. “Tänapäeval ei ole võimalik ette kujutada doktorit, kes ise ei oleks võimeline TMRiga töötama ja tulemusi interpreteerima.”

Lopp märgib, et TMRi tippkompetentsi kohaks jääb endiselt KBFI. Tema sõnul on TMR tänapäeval keemia uurimistöös igapäevane rutiiniseade, milleta ei ole võimalik luua uusi bioaktiivseid molekule, katalüsaatoreid, vähi- ega aidsiravimeid.

# Kahju, et kõnekvaliteeti ei saa eksportida. Eestist võiks saada tuntud mobiiliriik!



Ekspertide tehtud mõttmised kinnitavad EMT võrgu vastavust maailma tippkvaliteedile. Meil on hea meel pakkuda parimat kvaliteeti kõigile Eesti elanikele - paraku ei saa kvaliteetset mobiilivõrku purki panna ja välismaale eksportida. **Meiega koos olete alati esimene.**



# Eesti ettevõtted pürivad kosmosesse

Hulk maailmatasemel Eesti firmasid vaatab vesise suuga pealt, kuidas Euroopa Kosmoseagentuur (ESA) annab oma liikmesriikide ettevõtetele miljonite eurode eest tööd, kuid Eesti nende hulka ei kuulu. Sellest hoolimata tuleb tunnistada, et meil on nii suutlikkust kosmosetehnikat ehitada kui ka neid, kes on seda juba aastaid teinud.

## Daniel Koppel

daniel.koppel@gmail.com

Regio juht **Teet Jagomägi** ütleb, et praegu saab ta rääkida ainult võimekusest kasutada ära kosmose pakutavaid võimalusi, sest otsene väljund ettevõtte sellesse valdkonda puudub. Jah, Regio kaardid töötavad koos GPSiga, kuid see ei ole tase, mis vastaks ettevõtte potentsiaalile.

“Me oleme ise juba mitu aastat uurinud, kuidas ESA raha jagab,” ütleb Jagomägi näitamaks, kui suur on soov saada jalg kosmoseasjanduses ukse vahele. “Regio võiks igast asendist seal tööd teha ja see lähaks igati kokku meie huvide ja arengusuundadega, kuid ukseid on kinni, sest Eesti lihtsalt ei ole klubi liige.”

Jagomägi sõnul ei ole soomlased eestlastest arengus kui-givõrd ees, aga kui põhjanaabrid saavad rääkida, mitu miljonit eurot nad ESA-lt said, siis Regio mitte. “Kunagi mõtlesime teha Soome tütarfirma ja osaleda ESA konkurssidel Soome ettevõtteks, aga siis oli muud tegevust ja firma kiire kasv Eestis ei jätnud mahti seda plaani teoks teha,” lausub ta.

Kuna Eesti liitumine ESaga ei saa protseduurilistel põhjustel toimuda enne 2015. aastat, jõuab Regio ilmselt endale salaukse Soome või mõne muu liikmesriigi kaudu ikkagi avada.

## Kosmoseantennid Mustamäelt

Tartu kaardigeeniustest hoopis vähem tuntud Vertex Estonia on juhtumisi seda teed juba käima sattunud ning ettevõtte Mustamäe tee lähedane territoorium on tihedalt täis hiigelsuurte kosmoseantennide detaile.

Igapäevaselt autodega teiselt poolt võrkaeda mööda saalivad inimesed ei oska aimatagi, et võivad mõne meetri kauguselt näha tehnikat, mis mõnes kauges maailma pai-



**Eesti ettevõtte Vertex valmistab ESA tellimusele Austraaliasse antennireflektori 35meetrisel läbimõelduga raadioteleskoobile.**

gas hakkab uurima süvakosmost või siis edastama telesignaali satelliitidele.

Vertexi edu saladus seisneb selles, et enamiku firmast on omandanud USA börsiettevõtte General Dynamics, millel on tütarfirma ka Saksamaal. Vertexi juht **Aleks Rulkov** võib seega rahulolevalt öelda, et ESA on nende toodangut üles pannud küll!

“Euroopa Kosmoseagentuur viis Austraaliasse suurima meil valmistatud antennireflektori,” räägib Rulkov. Tolle raadioteleskoobi läbimõõt on 35 meetrit ning see juhtis satelliidi Mars Express teekonda Marsile.

Vertexi tehnikadirektor **Tõnu Veebel** seletab, kuidas ettevõtte juured ulatuvad rohkem kui paarikümne aasta taha, ning neil on aja jooksul kogunenud väga hea konstruktorite kaader. Samas võetakse juurde noori töötajaid. “Kõik töö-

Regio juht **Teet Jagomägi** loodab Euroopa Kosmoseagentuuri kaudu saada ettevõttele värsket tuult tiibadesse.



ALDO LUUD

joonised tehakse Eestis, ette on antud ainult antenni konstruktuur,” räägib Veebel.

Kaks Vertexi töötajat töötavad ainult USA emafirma jaoks. Viimati projekteerisid nad Bostoni ülikooli tarvis täpselt lõunapoolusele ehitatava raadioteleskoobi. Tootmine oli selle projekti puhul küll tellitud mingist lõunapoolusele lähemal asuvas tehases. Vertexi juhtide teada on antenni osad suurte transpordilennukitega toimetatud poolusele, kuid antenn pole veel lõplikult paigas.

Igatahes oli tegu keerulise inseneritehnilise ülesandega, kuna käredate pakases tuleb antenni liikuvaid osi hoida kogu aeg soojana. Vundamenti lõunapoolusel maasse kaevata ei saa ning kõik tuleb kinnitada jää peale nii, et jääkooriku liikudes saaks antenni asendit vajaduse korral kohendada.

Kuid nii äärmusliku näite kõrval teevad Vertexi antennid igapäevast tööd kümnetes maailma riikides selliste tuntud ettevõtete jaoks nagu telekanal NTV, Boeing, Lockheed Martin, Alcatel, Telesat Canada ja paljud teised.

## Cybernetica ootab taevavärvate avanemist

Kuid Eestis on veel kõrgtehnoloogilisi ettevõtteid, millel on potentsiaali osalemiseks kosmoseprogrammides. Taevavärvate avanemist ootab teiste seas AS Cybernetica, mille juhataja **Ülo Jaaksoo** on samuti sunnitud tunnistama, et otseselt ei ole neil siiani kosmosega pistmist olnud, küll aga kaudselt.

Cybernetica eriala on aastaid olnud mere navigatsiooni- ja seiresüsteemide loomine ning laevade liikumise ning piiride turvalisus. Seda kõike saaks teha hoopis paremini, kui õnnestuks kosmose kaudu täiendavat infot saada.

“ESA satelliidid koguvad meeletutes kogustes infot, mis praegu kuhugi ei jõua.”

“Meie jaoks on huvitavad mõlemad suunad, nii info satelliitidelt kui ka praeguste teenuste müümine välja,” räägib Jaaksoo. “Me teeme mõõteaparatuuri ja tarkvara, aga kuigi tegu võib olla n-ö kosmosetehnoloogiaga, jäävad meie asjad ka tulevikus ikka maale.”

## Kaardid kosmosest

“ESA satelliidid koguvad meeletutes kogustes infot, mis praegu kuhugi ei jõua,” valgustab tööpõllu ulatust Regio juht Jagomägi. “ESA on ise huvitatud selle info kommertsialiseerumisest. Andmed on nende poolt, ole ainult hea ja tee toode.”

Variante, mida teha, on palju, ilmastikuandmetest kuni ilufotodeni välja. “Kui muud ei oska teha, siis tee üks ilus suur Eesti kaart – “Eesti kosmosest”,” pakub Jagomägi. “Aga ei pea piirduma Eestiga ja võid teha kogu maailma, ja võid teha mitte ainult kaardi, vaid tarkvara.”

Jagomägi sõnul on Regio spetsialiteet siduda kokku geograafilised andmed ja tarkvara nii, et sünnib kellelegi vajalik toode. “See on unikaalne oskus ja need kaks asja on ühe katuse all! Me oleme seda arendanud 15 aastat ja ESA kaudu saaks me värsket tuult tiibadesse ehk andmeid, mille alusel edasi töötada.”

Tulevikust rääkides arvab Jagomägi, et satelliidid hakkavad andma ka lõpptarbijale üha enam reaajas infot. “Me usume, et maailm muutub selliseks, et kõike soovitakse teada kohe – kes-kus-mis on. Ja me tahame ise maailma muuta, et maailm selliseks muutuks. Selles valguses läheb see geograafiline teadmine järjest rohkem hinda,” on ta perspektiivist rääkides optimistlik.

## Kosmosetehnika tootmine sai alguse juhusest

Antennide ehitamine Vertex Estonias sai alguse kümnekond aastat tagasi, kui uksest astus sisse NASAs töötanud **Rein Luik**, kes pakkus välja mõtte hakata valmistama parabooli.

Täna on Vertexis valmistatud 115 antenni. Gabariidid ja valmistamise täpsus on järjest suurenenud. Antenni reflektori pinna kõrvalekalle on keskmiselt 0,08 mm. Kuna elektroonika töötab paremini ja antenn saab ehitada täpsemalt, võib antenni teha ka väiksemalt. Sellele aitab kaasa sidesageduste kõrgemaks muutmise.

Vertexi emafirmas USAs on 72 000 töötajat. Eestis annab 100 töötajaga ettevõtte tööst poole antennide tootmine ja teise poole tööstusseadmed. Peamiselt tselluloosi, paberi- ja vineerivabrikute tootmisliinid või liinosad, mis töötavad üle maailma. Viimased läksid Lõuna-Ameerikasse.



Vertex Estonia juhataja **Aleks Rulkov** näitab reflektori sektoreid, millest igaüks peab sobituma just sellele ettenähtud paika.

DANIEL KOPPEL



## Mis on ESA?

» Kosmoseprojektide arendamine nõuab tippasemel tehnoloogiad ja on väga kallis ning käib enamikule Euroopa riikidest üle jõu. Sellepärast on paljud Euroopa riigid oma jõupingutused ühendanud ning 1975. aastal asutati Euroopa Kosmoseagentuur (ESA).

» ESAsse kuulub praegu 17 liikmesriiki. ESA on valitsustevaheline organisatsioon, mille tegevust finantseerivad liikmesriigid vastavalt oma sisemajanduse koguproduktile. ESA funktsioneerimise aluseks on tema unikaalne tööstuspoliitika: iga liikmesriigi ettevõtte saavad ESA-lt tellimusi vähemalt 90 protsendi ulatuses liikmemaksust. See on märkimisväärselt kaasa aidanud kõrgtehnoloogiliste tööstussektorite arengule liikmesriikides.

» Tagastamise põhimõtte toimib ka ESA teadusprogrammide puhul.



Kosmose uurimine ja kasutamine ning kosmose tehnoloogia arendamine on tänapäeval saanud paljude eluvaldkondade – näiteks telekommunikatsiooni, navigatsiooni, ilmaennustuse, keskkonnaseire jne – lahutamatuks osaks.

# Eesti soovib saada Euroopa Kosmoseagentuuri liikmeks

Eesti teadlastel ja ettevõtjatel on esmapilgul uskumatu ambitsioon – pääsemine Euroopa Kosmoseagentuuri (ESA) liikmeks. Selle eesmärgi saavutamiseks on loodud Eesti kosmosepoliitika töörühm, mis sel kevadel käis Pariisis ESA peakorteris maad kuulamas.

**Daniel Koppel**

daniel.koppel@gmail.com

“Eelkõige peaks see olema majandusele ja tehnoloogiale suunatud projekt,” räägib Tõravere Observatooriumi direktor **Laurits Leedjärv**, kes on ühtlasi töörühma üks aseesimeestest. “Euroopa Kosmoseagentuur on suur ja võimas organisatsioon ja ta esitab tellimusi ainult oma liikmesmaade firmadele,” selgitab ta agentuuri liikmeks pääsemise peamist võlu.

Praegu kuulub sellesse kosmoseklubisse 17 riiki. Leedjärve sõnul oleks hea, kui Eesti saaks esialgu ESAs koostöölepingu, mis annab Eestile peaaegu samad õigused nagu ESA täisliikmetele: Eesti koostöölepingu liikmena osaleda ESA tööstuspoliitikas ning Eesti ettevõtteid saaksid ESAlt tellimusi. Täisliikmest eristab koostöölepingu liiget hääletusõiguse puudumine. Ungaril, Tšehhil ja

Rumeenial on koostööleping juba taskus. Kokku üheistliikmeline meeskond peab samal ajal sidemete otsimisega Euroopas leidma kodumaalt kosmoseagentuurile väärilise suhtluspartneri, sest reeglina toimuvad läbirääkimised valitsuste tasemel.

Töörühma juht **Ene Ergma** on sel põhjusel kohtunud ka majandus- ja kommunikatsiooniministri **Edgar Savisaarega**. Majandusministeerium peaks võtma Haridus- ja Teadusministeeriumi initsiatiivil loodud töögrupi enda tiiva alla, sest lõppkokkuvõttes on eesmärgid pigem äriilised.

Kosmosepoliitika töögrupp on senise tegevuse käigus jõudnud järeldusele, et tihedama koostöö sisseviimiseks ESAs oleks väga ajakohane samm teadmispõhise majanduse arendamiseks Eestis. Koostöö peab algama raamlepingu sõlmimisest.

Raamleping üksi ei too kaasa rahalisi kohustusi; need tulevad siis, kui täpsustatakse konkreetsed ESA programmid, millesse Eesti hakkab panustama.

Järgmine etapp – Euroopa koostöölepingu riigi staatus – tähendab rahalist panust vähemalt miljon eurot aastas (seda reeglina viie aasta jooksul). Vähemalt 90% sellest summast investeeritaks tagasi Eesti tööstusse ja teadusse.

ESA poolt on valmisolek läbirääkimisteks Eestiga olemas. Pikemas perspektiivis tuleb sihiks seada saamine ESA liikmesriigiks. Kõige varem saab see turgalt tegutsedes juhtuda 2015. aastal.

# Euroopa oma asukohasüsteem

Ameeriklaste GPS-süsteemi kauaoodatud konkurent – eurooplaste uue põlvkonna satelliitnavigatsioonisüsteem Galileo – annab üha valjemalt märku realsuseks saamisest.

Galileo valmimine on küll esialgselt aeglaselt kaks aastat maas ja süsteemi lõplikku tööle hakkamist oodatakse nüüd alles 2010. aastaks, kuid sel kevadel on toimunud mitu olulist üritust, mis viitavad siiski Euroopa Liidu suure ambitsiooni täitumisele.

Lisaks saadeti läinud aasta lõpus orbiidile esimene satelliit. Kokku peab 23 222 kilomeetri kõrgusele jõudma kolmkümmend 675kilogrammist satelliiti.

Euroopa Komisjoni ja Euroopa Kosmoseagentuuri loodud Galileo töörühma juhi **Rainer Grohe** sõnul on Galileo kohe-kohe jõudmas turule ja seega on võimalik avalikustada näiteid hämmastavatest kasutusvõimalustest, mis eurooplaste elu lähiaastatel muutma hakkavad.

Uus navigatsioonisüsteem määrab asukoha 20–30 sentimeetri täpsusega ja vastuvõtja hind tuleb tavainimesele taskukohane. Mõistagi hakatakse seda GPSi eeskujul kasutama autodes marsruudi määramiseks ja metsloomade jälgimiseks, aga ka maalihete ennustamiseks ning täpse asukoha teadmine lubab näiteks lennumasinatel töötada raskemates ilmastikutingimustes.

Kõik need ja palju muid lahendusi leiavad ärilise väljundi juba lähiaastatel. Kuna satelliitide taevasse lennutamine on hilineunud, siis peaks esimesed Galileo-vastuvõtjad tulema müügile enne kogu taevavõrgustiku valmimist. See võib tähendada seda, et võib-olla ei ole kohe kõik piirkonnad igal ajahetkel satelliitidega kaetud. Kuid lõppkokkuvõttes hakkab Galileo signaal jõudma suurema territooriumini, kui GPS-süsteem seda võimaldab. Eeskätt teeb Galileo satelliitide asetus võimalikuks asukoha määramise ka suurematel laiuskraadidel.

Kui rääkida majanduslikust mõjust, siis tekitab Galileo loomine, haldamine ja sellest tulenevate rakenduste tootmine Euroopasse juurde hinnanguliselt 140 000 uut töökohta. Üle maailma veel enamgi, sest kuigi algatus on pärit Euroopast, on tegu siiski globaalse süsteemiga, mida saab kasutada kõikjal. 2015. aastaks ennustatakse Galileo ja teiste satelliitnavigatsioonisüsteemide turupotentsiaali kasvu 10 miljardi euron. Galileod ennast rahastatakse praegu nii Euroopa Liidu kui ka erakapitaliga.



## Eelised GPSi ees

» Galileo võrgustik koosneb kolmel orbiidil tiirlevatest satelliitidest. Igal orbiidil on kümme saatjat, üks neist tagavaraks ja see on võimeline liikuma ükskõik millise vigase satelliidi asemele.

» Galileo määrab asukoha täpsemini kui GPS. Algusaastatel oli GPSi signaal USA sõjaväe poolt nimelt sedasi moonutatud, et ainult nemad ise said kasutada süsteemi maksimaalset täpsust ja teised kasutajad pidid leppima vähemaga. Tavaliselt tähendas see asukoha määramisel kuni sajameetrist eksimust.

» USA lennukite ligi kümneaastase surveavaldamise järel nõustus sõjavägi 2000. aastal piirangud maha võtma, võimaldades kokkuhoidu ainult raadionavigatsioonil põhinevate lennuliikluse korralduse kuludelt.

» Täna on Euroopas juba mõned lennukid, mis kasutavad GPSi piisavalt, et navigeerida selle abil lennukite maandumist, kuid pigem kasutatakse seda

siiski alternatiivse kontrollimehhanismina. Euroopale usaldusväärne Galileo lisab satelliitnavigatsiooni kasutamisele lennuliikluses ilmselt hoogu juurde.

» Seega annab Galileo Euroopale sõltumatu võime poliitiliste erimeelsuste või isegi sõjaliste olukordade puhul, mil USA-l oleks võimalik GPSiga manipuleerida. Tõtt-õelda teevad USA sõjavägi seda praegugi, lihtsalt süsteemi tervikliku moonutamise asemel kasutatakse vaenulikes piirkondades lokaalseid segajaid.

» Võrreldes GPSiga on Galileo paremini kaetud põhjapoolsed alad ning eeskätt võivad sellest näiteks Põhjamaad ja Skandinaavia riigid.

» Galileo projekt on oma nime saanud mõistagi Galileo Galilei järgi ning ei ole õige nimetada Galileod GPSiks, mis on siiski konkreetne USA navigatsioonisüsteem. Nii nagu venelastel on veel näiteks GLONASS, ja ka hiinlased üritavad luua oma süsteemi.



# Kosmiline pilk metsajärvedele

Tuhande järve, tuhande saare ning lugematute soolaugaste maa Eesti on õige koht satelliitseire rakendamiseks järve- ja mereteadlaste teenistusse, usub Tartu observatooriumi vanemteadur Anu Reinart.

**Alo Lõhmus**

alol@ekspress.ee

Eesti pikk rannajoon liigutab end tasapisi. Meie rannikumere põhjas sünnib huvitavaid asju. Merejää elab talviti oma salapärasel elu. Rabalaukad sulguvad ja avanevad ning väikejärvedki muudavad vaikselt oma kuju. Kuidas sellest kõigest ülevaadet saada? Üks võimalus on korraldada aastas kümneid ekspeditsioone ja sadu välivaatlusi.

Teine võimalus: kosmiline pilk kaugseiresatelliidilt. Tõraveres Tartu observatooriumis töötav vanemteadur **Anu Reinart** tegelebki kaugseire võimaluste uurimisega Eesti looduskeskkonna ja eriti veekogude jälgimiseks. Varem on tema erialaks nii Uppsala ülikoolis kui Tartu observatooriumis olnud Euroopa suurjärvede (sh Peipsi) kaugseire probleemid ja võimalused.

## Terased tehiskaaslased

Tänapäevane teadussatelliit pole pelgalt orbiidile lennutatud fotoaparaat. Eri spektriosades vaatlusi korraldades või veepinda radarisignaali kombinatsiooniga on võimalik jälgida veekogu pinda (lainetus, veetaseme kõrgus) ja heita pilk ka vee sisse. Sadade kilomeetrite kõrguselt võetud pildi alusel oskavad teadlased teha järeldusi vee temperatuuri ning seal sisalduvate ainete kohta. Isegi mõne veekogu põhja, selle reljeefi ja taimestikku saab uurida kosmosest.

"Satelliidiga uurimise sügavuspiir võib puhtas ookeanivees õiges spektripiirkonnas ulatuda saja meetrini," räägib Reinart. "Läänemeres on maksimum paarkümmend meetrit, rohkete lisaainetega järvedes aga kõigest paar meetrit."

Ehkki satelliidiuuringud ei asenda päriselt reaalsete veeproovide võtmist ja analüüsimist, on kosmose kaudu tehtavate vaatluste trumbiks erakordne mastaapsus: kogu veekogu andmed on mõne hetkega olemas. Kuna satelliit ületab uurimisalust veekogu regulaarselt, koguneb andmetest peagi soliidne aegrida, mille koostamine pelgalt maapealsete välivaatluste põhjal oleks mõeldamatu.

Mõistagi on satelliidiuuringutel ka omad raskused. Erinevalt maapinnast neelab vesi suure hulga talle langevast valgusest ning see muudabki veekogud tumedaks. Lahendus peitub vaatluste korraldamises tundlike sensoritega kitsastes spektrikanalites üle nähtavate ja ka inimsilmale nähtamatute spektriosades.

"Eestil on väga pikk rannajoon. Tahaksime teada, mis meie lähimeres toimub," sõnastab Reinart ühe eesmärgi, milleks Eesti teadlased saaksid kasutada kosmoseseiret.



**Tartu observatooriumi vanemteadur Anu Reinart uurib, kuidas kaugseire abil jälgida veekogusid.**

Arvukad tehiskaaslased pildistavad Eestit ka praegu ning need ülesvõtted on meie uurijatele mitmesuguste grantide ja projektide kaudu kättesaadavad. Kuid selgub, et globaalseks uuringuteks loodud kosmoseaparaadid ja andmete töötlemise meetodid polegi Eesti looduse jälgimiseks iga kord kõige sobivamad.

## Eesti soised olud

"Meie rannikuvete uurimiseks oleks vaja väga hea spektraalse ja ruumilise lahutusega satelliidipilte, mille piksel vastaks mõnele meetrile. Kuid praegused spetsiaalsed veesatelliitide pildid on ühe piksliga kilomeetri kohta, mõni ka kolmandiku kilomeetri kohta," nendib Reinart.

Samal põhjusel ei ole neist piltidest praegu palju abi Eesti unikaalsete veekogude – soode ja rabade uurimiseks. Kehva lahutusvõimega pildidel segunevad rabalaukad ja -saared omavahel niivõrd, et saadud kujutis muutub kasutuks.

Kui Eesti oleks Euroopa Kosmoseagentuuri liige, võiksid meie teadlased osaleda unikaalsetele ja tavapärasest erinevatele oludele sobivama seireaparaadi ja -meetodite väljatöötamises. "Uute satelliitide väljatöötamise meeskonnas oleks Eestil võimalik sõna sekka öelda ja sõnastada oma probleemid, kaitstes niiviisi ka meie huve rahvusvahelistes kosmoseprojektides," lausub Reinart. "Saaksime öelda, mille uurimine on meie oluline: näiteks Läänemere mitmekomponendilised veed ning ka raskesti ligipääsetavad sood ja rabad."

# Sidemees kosmosega



**Endine Euroopa Kosmoseagentuuri satelliidiinsener tegeleb nüüd Regios asukohapõhiste süsteemide arendamisega.**





Endine Euroopa kosmoseagentuuri satelliidiinsener Hillar Tork pooldab palavalt Eesti liitumist kosmoseühendusega. Ta ei häbene tunnista, et ei pea võimatuks isegi eesti soost kosmonaudi lendu orbiidile.

**Alo Lõhmus**

alol@ekspress.ee

**K**ülm maikuu. Just see valitseb akna taga päeval, mil ma Tartus töötava satelliidiinseneri **Hillar Juhani Torkiga** intervjuu tarvis kohtun. Ent kui ma alustan juttu selle meteoroloogilise konstateeringuga, välgatavad Torki silmad lõbusalt.

Külm Mai on nimelt ka bänd, kus Tork kitarril mängib ja laulab. Ansambli hingeks on tartupärase levimuusika vanaimeister **InBoil**, menubändide Jäääär ja Jääboiler eestvedaja. Legendi kohaselt tekkis ansambli idee ja nimi just samasugusel jahedal maikuu aasta aega tagasi, kui mehed Torki aias külmetasid.

Muusika ja raketiteadus? Kuidas need kokku sobivad? “Pole nad midagi nii erinevad,” usub Tork. “Ma olen kõva matemaatik ja keegi on ju öelnud, et muusika on hinge matemaatika. *Music is mathematics for the soul*. Rütin, ajastus – see kõik nõuab üsna suurt täpsust, mis on hingelähedane ka insenerile.”

**Buumi harjal**

Aastail 1984–1997 töötas Tork Euroopa Kosmoseagentuuri (ESA) Hollandis asuvas tehnoloogiakeskuses. See oli aeg, mida võiks nimetada esimeseks satelliitide buumiks. Üha rohkemaid katuseid hakkasid ehitama taldrikud taevakanalite vastuvõtmiseks. Telefonikõned hakkasid käima läbi kosmose. Hillar Tork oli ametis just ESA sidesatelliitide osakonnas.

“Tegelesin uute satelliitide ja nende uue tehnoloogia arendamisega, samuti maapealse teenistuse küsimustega,” sõnab ta. “See oli päris põnev aeg.”

Kahe tuhande töötajaga tehnoloogiakeskus vastutas tehiskaaslaste väljatöötamise, valmistamise ning katsetamise eest. Hiigelsuurt hoonetes asusid laborid, kus äsjavalminud satelliitide katsetamiseks imiteeriti avakosmose tingimusi: kuumutati aparate ühelt poolt võimsate lampidega, teiselt poolt aga jahutati vedela lämmastikuga. Või siis raputati satelliiti sama kõvasti, nagu seda teeb startiv rakett.

“Miina töötasin küll rohkem arvuti taga,” möönab Tork. Peamisi probleeme, millega ta tegeles, oli sidesatelliitide kõige kallima ressursi – laineala efektiivsem kasutamine. Algsed sidesatelliidid suunasid oma kiire väga laiale maa-alale, näiteks tervele Euroopale korraga, hõivates niiviisi kogu neile

“Ma olen kõva matemaatik ja keegi on ju öelnud, et muusika on hinge matemaatika.”

eraldatud laineala. Torki osalusel valmis süsteem, mis võimaldab kitsama kiire lähetamist väiksemale territooriumile. See hoiab kokku energiat ning lubab ühel ja samal sagedusal edastada korraga mitut signaali eri kohtadesse.

Aga kuidas sattus üks eestlane neil aastakümneil tööle Euroopa kosmoseagentuuri? Teekond tähtede poole sai alguse vägagi maises põgenikelaevas.

**Sündinud Uus-Meremaal**

Hillari vanaisa **Juhan Tork**, tuntud pedagoogikateadlane ja Tartu Õpetajate Seminari direktor, ei teinud 1944. aasta hilissuvel mingeid illusioone oma võimaliku saatuse suhtes uue Nõukogude okupatsiooni all. Mitu tema lähimat kolleegi, teiste seas ka kirjanik **Jüri Parijõgi**, olid hukatud esimese okupatsiooni ajal aastail 1940–1941. Torki doktoritöö “Eesti laste intelligents”, mis ühendas endas pedagoogikat, psühholoogiat ja sotsioloogiat, oli Nõukogude korra poolt määratud hävitamisele.

Tork lahkus pealetungivate Nõukogude vägede eest perekonnaga Saksamaale, kust 1949. aastal suunduti edasi Uus-Meremaale. Sinna kutsus Eesti õpetlase juudi rahvusest õpetaja **Richard Sharell**, kes oli omal ajal ise Austriast Hitleri eest Uus-Meremaale põgenenud.

1957. aastal sündis Juhani Torki poja **Andrese** perekonda teise lapsena Hillar.

“Uus-Meremaal lasteaeda minnes ei osanud ma sõnagi inglise keelt,” muigab Hillar Tork. 1965. aastal kolis perekond elama Kanadasse Torontosse.

“Kanadasse kolimine nelja lapsega oli mu vanematele raske, aga samas ka idealistlik otsus,” selgitab Hillar oma perekonnalugu. “Keegi ei uskunud, et okupatsioon kestab Eestis nii kaua. Kanadasse koliti seepärast, et Torontos oli palju eestlasi ja lastel oli seal võimalik üles kasvada eestlastena. Vanemad lootsid, et me kõik abiellume eestlastega, ja nii me tegimegi.”

Ülikooli lõpetamise järel seikles Hillar Hollandis (“Tahtsin Euroopat näha!”), kuni ootamatult tabas teda tööpakkumine Euroopa kosmoseagentuurilt.

“See on nii hea töökoht, et keelduda on väga raske,” meenutab ta. “Töötingimused on igatpidi head, palk on hea, puhkused on pikad, töö on huvitav, reisimist on parasjagu.”

Ent Hollandi ilm on talumatult kehv ja ega Tork kavat-

senud ka muidu elu lõpuni sinna elama jääda Seepärast võttis ta viimaks vastu Telia tööpakkumise Rootsis, kus ta hakkas vastutama Telia satelliidiprojektide eest.

Nelja aasta pärast otsustas Telia oma kosmosetegevusest loobuda. Järgnesid paar aastat Inglismaal Kanada satelliidifirma Euroopa esindajana ning mõne aasta eest otsustas Tork jääda elama Eestisse.

“Ma ei uskunud, et Tartus on üldse midagi minu valdkonnale – satelliiditehnoloogia – lähedast. Siis aga avastas, et Regio tegeleb asukohapõhiste süsteemide arendamisega ja on huvitatud minu kogemustest kommunikatsioonialal.”

**Eesti kosmonaut kui naerukoht?**

“Kui ma kõnelen Eesti kosmosepoliitikast, siis hakatakse tihti itsitama. Et kas on tulekul ka Eesti astronauudid. Ent tegelikult polegi see nii naeruväärne,” räägib Tork.

Kosmoseagentuuris töötades läbisid paar tema sõpra treeninguprogrammi, mis lülitas nad astronautide varunimekirja. Kui Eesti astub ühel päeval ESA liikmeks, võivad ka eestlased kandideerida Kölnis asuvasse treeningukeskuse.

“Täiesti vabalt võiks meil kunagi olla Eesti kosmonaut,” lubab Tork, kes on Eesti Kosmosepoliitika Töögrupi liige.

Ent seni kuni kodumaised kosmonauudid küpsevad, oleks Eestil ESAsse kuulumisest ka muud kasu. Ennekõike turgutaks liikmelisus meie kõrgtehnoloogiasektorit.

“Kui Soome kunagi liitus, alustasid nad üpris tagasihoidlikult,” jutustab Tork. “Kuid nüüdseks on Soomes juba 40 firmat, mis edukalt osalevad ESA projektides. Soomele on tekkinud hea maine, teatakse, et seal leidub häid tegijaid. Ka Eestile tuleks see väga kasuks.”

Trikk on selles, et ESA tootmispoliitika kohaselt saadetakse 90 protsenti liikmesriigi sisse makstud rahast sellesse riiki tellimustena tagasi. Seejuures võib riik ise otsustada, kui suure summa ulatuses ta kosmoseprojektides osaleb. Vaid osalemine kosmose uurimise teadusprogrammis, mis lähetab laevu Marsile ja Veenusele, on kõigile liikmesriikidele kohustuslik.

“Kindlasti oleks Eesti ka võimeline tootma satelliitidele paigaldatavaid seadmeid,” on Tork optimistlik. “Meie firmad võiksid arendada mõnd väikest *payload*’i ehk seadet, mis läheb satelliidiga kaasa. Kui oskad põhjendada, mil-

“Kui oskad põhjendada, milleks on su seadet tarvis, siis koha, kuhu see satelliidil kruvida, leiab alati.”

leks on su seadet tarvis, siis koha, kuhu see satelliidil kruvida, leiab alati.”

**Galileo ja Eesti kiirabi**

Mõne aasta pärast käivituv Euroopa oma GPS ehk globaalse positsioneerimise süsteem Galileo töötab hüpset ka Torki praeguse töökohta Regio pakutavate asukohapõhiste teenuste arengus.

Eurooplaste Galileo peaks tulema täpsem ja võimalusterohkem kui ameeriklaste praegune GPS. Ning mis põhiline – Galileod ei saa Atlandi teiselt kaldalt välja lülitada.

“Vaadates viimaste aastate poliitilisi arenguid, oli Galileo asutamine kindlasti õige samm,” on Tork veendunud.

Enamik Regio pakutavaid positsioneerimisteenuseid sõltuvad praegu maapealsest mobiilivõrgust, mis on väga täpse tulemuse saavutamiseks liiga hõre, kuna mobiilimastide “eetrimullid” on liiga suured. Näiteks mobiililt hädaabinumbri helistaja asukohta saab kohati tuvastada täpsusega kaks kilomeetrit, mis ei aita küll maanteel oleva hädalise leidmisel, kuid täpsema otsingu puhul mitte.

“Seevastu Ameerikas arenevad asukohamääramissüsteemid kiiresti,” räägib Tork. “USA valitsuse nõudel peavad mobiilivõrgud peagi tagama, et kui keegi helistab hädaabinumbri, peab operaator nägema helistaja asukohta umbes saja meetri täpsusega. On suur vahe, kas näed telefoni asukohta saja meetri või paari kilomeetri täpsusega.”

Ehkki Euroopas sellist nõuet veel pole, usub Tork, et Galileo käivitudes jõutakse selleni peagi.

**Digitaalne lõhe**

Galileo ja teisedki ESA pakutavad kosmosesidelahendused, mida lähitulevik töötab, peaksid ühiskonda üpris tugevasti muutma.

“Eestis ja mujal Euroopas on praegu üsna märgatav digitaalne lõhe – see on lõhe inimeste vahel, kellel on internet ja kes oskavad seda kasutada, ja nende vahel, kellel seda pole,” sõnab Tork. “Ent ka kolkaküladesse saaks viia kvaliteetset interneti, kui luua seal satelliidiantenni kaudu internetiühendus ja jagada seda näiteks wifi abil külaelanikele.” Samal põhimõttel saab luua kohvrisuuruseid seadmeid, millega kriisipiirkonda siirduvad üksused oleksid varustatud kõigi kaasaegete kommunikatsioonidega. Või...

Kuidas selle Eesti kosmonaudiga siis jääb?



# Särasilmne riskikapitalist Esther Dyson

Esther Dyson eelistab kuivade majandusnäitajatega tutvumisele inimestega suhtlemist, sest päeva lõpuks suudab halb inimene pöörata äri pea peale. Samas suudavad head töötajad ka halva idee heaks pöörata.

## Lauri Levo

lauri.levo@norby.ee

Kui keegi veel ei tea, kes on **Esther Dyson**, siis mõelge, kas olete kasutanud CV-Online'i töötamisportaali, mis on ühtviisi popp, lätlaste, leedukate, poolakate, ungarlaste, inglase ja veel paari teise rahvuse seas?

Dyson on populaarse CVO Grupi üks aktsionäre ning investeerinud sinna ligikaudu 600 000 eurot. Ta peab CVO'd vaieldamatult enda lemmikprojektiks. Miks? "Sest CVO on kasumile orienteeritud ettevõtmine ja aitab arendada tõusvatel turgudel inimkapitali haldamist," ütleb ta. CV-Online on üks Dysoni tagasihoidlikumatest projektidest.

Kindlasti on internetikasutajatele tuntud fotodekeskkond Flickr, mille Dyson müüs eelmisel aastal Yahoo'le. NetBeansi ostis temalt Sun Microsystems. Tag'ide süsteemi Del.icio.us ostis samuti Yahoo!. Kahe fondi kaudu on Dyson veel ka Google'i investor.

Aga läheme esmalt ajas tagasi, et teada saada, kuidas Dysoni edukas karjäär oma nurgakivi sai.

## Harvard palju kasu ei toonud

Dyson lõpetas 1972. aastal Harvardi ülikooli majandusteaduskonna, kus ta usina kooliskäimise kõrval veetis suurema osa ajast ajalehele The Harvard Crimson lugusid kirjutades. Dyson väidab koguni, et Harvard andis talle vähe praktilisi teadmisi ja hulga rohkem oli kasu töötamisest Crimsonis. "Ma puudusin väga paljudest tundidest," meenutab ta.

Värske ülikoolidiplom peos, läks ta tööle majandusajakirja Forbes. Ta alustas USAs pea iga reporteri ametiredeli esimesest astmest – teiste ajakirjanike faktide kontrollijana. Loogilise järjena sai ta peatselt reporteriks, kuid Dysonit ootasid silmapiiril juba huvitavamad projektid.

Dyson ostis Rosen Researchi nimelise firma, mille ta muutis hiljem EDventure Holdinguks. EDventure annab välja digitaalset kuukirja Release 1.0 ja toetab kahte iga-aastast konverentsi, PC Forumit ja Edventure's High Tech Forumit. Release 1.0 keskendub uutele arendustele tarkvaraturul, elektroonilistele kogukondadele ja nende infrastruktuuridele ning seadusliku ja tehnilise poole muutmisele telekommunikatsioonisektoris. Dysoni kuukirja peetakse vaimukaks väljaandeks, mis näeb ette turutrende, ning selle tekste tsiteeritakse tihtilugu. Aastate jooksul, kui arvutid ja internet silmapiirile kerkisid, muutus ka EDventure Holdings.

"2004. aastal müüsin firma CNET Networksile, kus ma töötan siiani, kirjutades Release 1.0 ja korraldades konverentse ning workshop'e."

CV-Online'i juhatuse liige **Jüri Kaljundi** meenutab oma esimest kaugemat kontakti Esther Dysoniga. See oli kunagi 1996.–1997. aastal, kui Kaljundi ja Dyson olid mõlemad liitunud ühe Euroopa interneti-teemalise postitusnimekirja *Online-Europe*. Mõlema sulest tuli listi rohkelt postitusi

**Internetikasutajatele on tuntud fotodekeskkond Flickr, mille Dyson müüs mullu Yahoo'le. NetBeansi ostis temalt Sun Microsystems. Tag'ide süsteemi Del.icio.us ostis samuti Yahoo!. Kahe fondi kaudu on Dyson veel ka Google'i investor.**

**Riski- kapitalist Esther Dyson viibib vahel rohkem õhus kui maal: pole harvad kuud, mil ta viibib enam kui 15 riigis eri kontinentidel.**

FOTOD: ERAKOGU



ning vähehaaval õpiti teineteist kaudselt tundma. Esther on hiljem öelnud, et seal listis oli üks noor ülbevõitu nolk, kes aeg-ajalt midagi küsis ja kommenteeris. "See olin siis mina," täpsustab Kaljundi.

## Rohkem õhus kui maal

Kiire elutempoga Dyson reisib väga palju ning vähe puudub, et ta mäletaks une pealt lennuplane suuremate pealinnade vahel.

Venemaa "Who's Who" väljaanne arvutikaubanduse alal paigutas Dysoni Venemaal 23. kohale arvutitööstuse kõige mõjuvõimsamate inimeste nimekirjas. Seda peetakse teatud ringkondades suureks saavutuseks, kuna Dyson elab hoopis New Yorgis ning Venemaaga seovad teda vaid mõned esinimesed konverentsidel.

Selline elutempo tähendab keskealisele inimesele ka suurt "patareide" kulutamist. Vahel on vaja aeg maha võtta, et tulla toime pingega ja hoida vaimne tervis korras. Dyson ujub iga päev vähemalt tunni, et võtta stressiga võitlemiseks lühike puhkus.

Kui räägin talle eestlaste kombest töötada vähemalt aasta otsa jutti, enne kui hakata pidama puhkuseplane, tunneb ta, justkui kirjeldataks tema elu. "Puhkuseks jääb aega väheks. Saan aastast umbes ühe päeva tõelist puhkust," lausub ta. "Teisalt jälle saan kogu selle aja tegeleda äridega, mida ma naudin."

Möödunud aastal käis Dyson "puhkusel" Indias, Tallinnas, Venemaal ja Londonis. Lendas kaaluta olekus Zero-G lennul ning käis privaatekursioonil USA valitsuse terroristidega võitlevas keskuses.

Dyson on CVO Grupi nõukogus olnud kuus aastat ning koosolekutel kohtutakse vähemalt korra kvartalis. Harvard pole kuud, kus ta viibib kokku enam kui viieteistkümnes riigis eri kontinentidel, lennates iga päev järgmise sihtkohta inimeste või firmadega kohtuma, konverentsidele või muudele ettevõtmistele. Seetõttu on ka CVO nõukogud toimunud eelkõige seal ja siis, kui see on talle kõige mugavam. Täna on asukohtadeks olnud Tallinn, Riia, London, Helsingi, Stockholm, Budapest, Praha ja Varssavi – kõik on kohad, kus asuvad CVO kontorid.

Riskikapitalist **Steve Jurvetson** on maininud, et vaid kümnendik tema investeeeringutest kannab vilja ning teenib investeeeringu mitmekordselt tagasi. Dyson ei oska protsentuaalselt hinnata, kui paljud tema projektid vilja kannavad, kuid arvab, et 10% kindlasti.

## Dyson investeerib CV-Online'i

1999. aasta mais hakkas Jüri Kaljundi mõtlema laienemisele CV-Online'i tiimiga ning pöördus Dysoni poole. Dysoni vastus oli Kaljundi sõnul suhteliselt leige. Oktoobris võttis CVO ette turgudega tutvumise reisi Kesk-Euroopasse. Just samal ajal viibis Budapestis Dyson, kes tegeles oma teiste investeeeringutega, ning Kaljundi kohtus temaga põgusalt.

"Nii sel kui ka järgmistel kohtumistel suutsime endast vist suhteliselt kehva mulje jätta, kuna jäime eranditult alati kohtumisele hiljaks," meenutab Kaljundi. "Ausõna, meie polnud süüdi, kord oli kohtumispaiga ees tee suletud maratoni tõttu, teine kord oli meile antud vale hotelli aadress..."

Kaljundi arutleb, et pole kunagi suutnud võtta Dysonit

Aasta või veidi rohkem tagasi imestasid paljud, kui Dyson sukeldus lennunduse ja kosmonautika maailma. Mida teeb IT-visionäär seal?

Põhjuseks on ajast ees olemine. Esther on seal, kus midagi toimub, kus arengud murravad vanu mõttemalle ja kujunenud äritavasid. Aastakümneid olid lennundus ja kosmos peaaegu peatunud arenguga alad, kus valitsesid superriikide sõjaprogrammid ja suured lennukitootjad. Viimastel aastatel ja eriti eeloleval kümnendil toimub sel alal suur muutus. Erafirmad toodavad odavaid rakette, mis juba lähiajal hakkavad viima orbiidile inimesi. Tekkinud on uusi väikelennukite tootjaid näiteks väikeste paari istekohaga reaktiivlennukite turul. Hinnad langevad, tekivad uued majandusharud. Juba on selline muutus tekkinud reisilennunduses, nii odavlennufirmade kui ka reaktiivide kättesaadavuse osas. Sellises kohas on alati ka Dyson, visionäär ja hea inimeste tundja.

**Jüri Kaljundi**, CVO Group OÜ nõukogu liige



**Dysonit tuntakse tema lennulembuse tõttu: mullu lendas ta kaaluta olekus Zero-G lennul.**

aukurtust äratava miljonäri või internetikuulsusena, vaid pigem ikka täiesti tavalise inimesena. "Sellegipoolest jätsime inimestena vist normaalse mulje, sest Estherile meeldis, mida me teeme. Kui udusel laupäeval Budapestis pärast kohtumist oma hotelli läksime, leidsime arvutist eest pea kümmekirja, mis Esther oli oma tutvusringkonnale laiali saatnud ja kus ta rääkis neile koostööst CV-Online'iga," meenutab Kaljundi. "Suur tutvusringkond ja see, kellega ta sind kokku viib, ongi üks tema väärtustest."

Koostöö puhul vaatab Dyson eelkõige selles osalevaid inimesi ning veidi vähem äriideed ennast, kuna head inimesed suudavad ka halva idee ümber pöörata. Dysoni vastus CVO-le pärast läbirääkimisi oli selline: "Olen huvitatud kaasinvestoriks olemisest tingimusel, kui CVO kedagi teist kampa saab." 1999. detsembris saavutati kokkulepe investeeeringu osas LHVga ning Dysonist sai samuti CVO investor.

## Investeerib inimestesse

CVO nõukogus kokku saades on asju, mis Kaljundi sõnul Dysoni puhul kohe silma jäävad. Eelkõige huvitavad Dysonit inimesi puudutavad teemad: uued juhid ja nende valik, kuidas läheb tänastel töötajatel, kes on millegagi silma jäänud ja nii edasi.

"Inimesekeskus ongi üks tema põhijooni," ütleb Kaljundi. "See on ka põhjus, miks CVO on üks tema lemmikfirmasid, kuna meie tegevusala, personal, on seotud just inimeste arendamisega ja edasi aitamisega."

Teiseks põhjuseks on CVO lai regionaalsus ning rahvusvaheline areng – pole teist ettevõtet Ida-Euroopas, kes oleks välja arendanud niivõrd laia kontorivõrgu. Dyson investeerib inimestesse, suhtleb nendega, kes talle huvi pakuvad, ning võib olla väga karm või solvunud, kui keegi valetab, tahab kasutada ebaausaid meetodeid või on inimesena ebasiiras. Esther on aus ja otsekohene ning ootab seda ka teistelt.

Dysonit tuntakse eelkõige kui inimest, kes on oma ajast aastaid ees. See on olnud nii interneti ja IT arengu osas kui ka Ida-Euroopa kasvu ennustamisel. Dysoni iga-aastane tehnoloogiakonverents ning väljaanne Release 1.0 on omal alal tipptegijad, kus käib ja mida tellib tehnoloogiamaailma koorekiht.





Elcogeni juhi Enn Õunpuu hinnangul peaks Eesti olema Euroopa Vesiniku- ja Kütuseelemendi Tehnoloogiaplatvormi töös senisest aktiivsem.

# Euroopa koostöö aitab arendada kütuseelementi

Ainsa Eesti ettevõttena osaleb Euroopa Vesiniku- ja Kütuseelemendi Tehnoloogiaplatvormis Elcogen, mis loodab esimese prototüübi saada valmis järgmise aasta lõpuks. Euroopa koostöö muudab Elcogeni jaoks keeruliseks see, et riik ei arvesta energiapolitikas kütuseelemendiga kui tulevase energiaallikaga.

**Tiit Kändler**  
teadusajakirjanik

Kütuseelement on üks kaval seadeldis, mille põhimõtte leiutati juba peaaegu 170 aasta eest ning esimene nüüdisaegses mõttes töötav seade ehitati 50 aastat tagasi. Kütuseelement on nagu akupatarei, mis ei vaja laadimist, vaid toodab elektrit pidevalt sisseantava kütuse ja hapniku energiast. Kütuseelemendil on suur kasutegur ning seda saab ehitada nii väikest kui suurt. Kuid siiani pole seda suudetud täiustada nõnda, et saadava energia hind oleks konkurentsivõimeline.

Jaapan ja USA panevad kütuseelemendi arendamisse üha enam raha. Nüüd on liikvele läinud ka Euroopa, mis on siiani rahastanud seda valdkonda USAst kümme korda vähem. Eesti teadlasedki on firma Elcogen eestvõttel üht kütuseelemendi tüüpi välja arendamas. Prototüüp loodetakse valmis saada tuleva aasta lõpuks.

Paraku pole Eesti riigi energiapolitikas kütuseelemendist sõnagi ning see raskendab koostööd Euroopa vesiniku- ning kütuseelemendiplatvormiga.

## Loodetakse tahkoksidiile

Ettevõtuse Arendamise Sihtasutuse toetusel kütuseelemendi arendava Elcogeni juhatuse esimehe **Enn Õunpuu** sõnul teeb firma koostööd nii Tartu kui ka Tallinna teadlastega. Professor **Enn Lusti** tööühm Tartu ülikooli füüsikalise keemia instituudist tegeleb materjali poolega, **Juhan Subbi** ja ta kolleegid Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituudist aga põhiliselt tehnoloogiaga. Need ongi kütuseelemendi ehitamise puhul peamised raskused: leida elemendi ehitamiseks sobilikke materjale ja seejärel tootmiseks sobiv tehnoloogia.

Kütuseelemendi tüüpidest peetakse perspektiivsemaiks

kaht põhilist kandidaati. Need on polümeerelektrolüüdi- ga süsteem PEM, mis töötab madalamal temperatuuril, ja teine, tahkoksidiiga element kõrgema töötemperatuuriga. Viimasega Elcogen ja Eesti teadlased tegelevadki.

Fosforhappel ja leeliselektrolüütil töötavaid kütuseelemente on maailmas seni arendatud kõige edukamalt, kuid tundub nõnda, et seal on raske edasi minna. Nende puhul on reaktsiooni jaoks vaja ülimalt puhast vesinikku ja ülimalt puhast hapnikku. See teeb saadava elektrienergia väga kalliks. Seepärast ongi sellist tehnoloogiat kasutatud peamiselt kosmosetehnikas.

Üsna kaugele on jõutud tahkoksidiil töötavate prototüüpide ehitamisel. Neisse läheb sisse kütus, olgu siis vesinik või metanool või etanool või maagaas. Kuid tsirkooniumoksiidil põhineva süsteemi ehitamine on kallis, sest see töötab väga kõrgel temperatuuril, 900 kuni 1000 kraadi juures.

“Hea kandidaat madalamatel temperatuuridel on leitud viimastel aastatel ja selleks on tseeriumoksiid,” ütleb Õunpuu. Kuid iga uue materjali uurimine võtab tohutult aega, eriti sellistes rakendustes, kus aega ei saa kiirendada.

“Kui ikka tahad teada, kas süsteem töötab 600 kraadi juures 10 000 tundi, siis peadki 10 000 tundi ootama,” räägib Õunpuu, “meie oleme sellega tegelnud oma tegevuse algusest 2001. aastal.”

PEM-süsteemi puhul on maailmas leitud ka suhteliselt häid membraane, kuid katalüsaatorid peavad toimima ka madalamal temperatuuril, sest kogu seade töötab 60 ja 80 kraadi vahel. Selliseid katalüsaatoreid aga pole võtta. Praegu arvatakse, et optimaalseks töötemperatuuriks oleks veidi alla 200 kraadi, kuid sel juhul on vaja uusi materjale.

“Seadeldis iseenesest pole nüüd enam takistuseks, probleemiks on just materjalid, mis süsteemis sees,” võtab Õunpuu kokku.

Maailmas on palju firmasid, mis vaevavad pead sarnaste süsteemide kallal. Millele siis eestlased loodavad?

“Ühelt poolt tundub tõesti, et tegijaid on palju, aga samas on skaala, mille ulatuses töötatakse, nii lai, et kattuvusi on suhteliselt vähe,” kommenteerib Õunpuu. Euroopas tegeleb Elcogeniga samalaadse asjaga, tseeriumil põhineva süsteemi uurimisega, kolm-neli tegijat. Ameerikas kümme.

Üks põhjusi on psühholoogiline. Kui keegi on 20 aastat uurinud tsirkooniumi, siis on raske tunnistada, et see ei kõlba kusagile ja võtame mingi muu aine. Tsirkooniumi puhul tuleb elektrolüüdiikiht ajada ülimalt õhukeseks, kogu viie mikromeetri paksuseks. See aga tähendab, et kui võimsus on üks vatt ruutsentimeetrile, siis voolavad seadest läbi suured voolud ja õhuke elektrolüüdiikiht lihtsalt ei pea vastu.

Eestlased hakkasid kohe pihta uuema materjaliga, mis pole veel nõnda hästi läbi uuritud. Praeguseks on tseeriumil töötavad süsteemid ennast õigustanud. Eesti teadlased teevad katseid 600 kraadi juures ja kõrgemale ei lähe.

Tehnilisi üksikasju tuleb muidugi lahendada ohtralt. Nii et peale füüsika on tegu ka kokakunstiga – peab selgeks tegema materjalidega mängimise. “Ja peab tegema hästi palju kompromisse,” ütleb Õunpuu.

Eelis on ettevõtetel, mis on tegelenud tööstuskeraamika-ga. Sest tahkoksidiikütuseelemendi korpus, skelett on puhas keraamika. See koosneb haruldastest muldmetallidest, mis on peeneks jahvatatud ja siis jälle kokku pressitud. Eestis selleks tehaseid ei ole. Välismaised tehased on küll tehnoloogiliselt arenenud, kuid seal ei tehta teadustööd. Nõnda saavad teadlased neilegi kasulikud olla.

“Me oleme selgelt seda meelt, et Eestis üksi ei jõua me



Teadur Gunnar Nurk (vasakul) ja professor Enn Lust kõrgetemperatuurse kütuseelemendi testseadet komplekteerimas.



Bakalauseõppe 3. aasta üliõpilane Rainer Kungas reguleerib gaasisegu valmistamise süsteemi.



Teadur Indrek Kivi valmistab ette kütuseelemendi poolelementi termiliseks töötlemiseks muhvelahjus.





Teadur Silvar Kallip valmistab elektrolüüdi- ja katoodimaterjale sünteetiks ette planeetarse kuulveski abil.



Pump kütuse põlemisjäätike suunamiseks gaaskromatograafi.



Elektrokeemilise impedantsi mõõtesüsteem tahke-oksiid-kütuseelemendis toimuvate protsesside uurimiseks.



Gaasi adsorptsiooni mõõtesüsteem tahke-oksiid-kütuseelemendi katoodide ja anoodide eripinna ning pooride jaotusfunktsiooni määramiseks.

“Olen selle nelja aasta jooksul süstemaatiliselt rääkinud erakondade, ministerriumide ja riigikogu fraktsioonidega. Kõik ütlevad, et tegutsege, kuid riigi energeetika arenduskavas asja ei ole.”

kuhugi,” ütleb Õunpuu. Materjaliteaduses on Eesti teadlased arvestatavad tegijad.

Järgmise aasta lõpul peab Elcogenil olema oma variandi prototüüp lauale panna. “Selle eesmärgi oleme endale seadnud,” räägib Õunpuu, “see peab olema selline üksikelement, mille põhjal saab hakata püsti panema kas või väikest tootmist. Praeguseks on meil materjalikombinatsioonid teada. Kõige limiteerivam koht on olnud katoodis. Selles, kuidas on ehitatud üles poorsus, et reaktsiooni pind oleks suurim.” Ta kinnitab, et siiani on teadlased püsinud graafikus.

#### Tehnoloogiaplattform aitab kursis hoida

Üksinda suurt midagi ära ei tee. Selleks, et saada kokku teiste Euroopa firmade ja teadlastega, osaleb Elcogen Euroopa Vesiniku- ja Kütuseelemendi Tehnoloogiaplatformis.

Tehnoloogiaplattform on suhteliselt uus organisatsiooniline vorm, mille eesmärgiks on kokku viia erasektorit avaliku sektoriga. Kokku on eri platvorme 29. Neist kaks puudutavad energeetikat – päikeseelementide platvorm ja kütuseelementide platvorm. Elcogen osaleb viimases.

Kütuseelementide platvormi moodustamise initsiatiiv tuli altpoolt, mitte Euroopa Komisjonilt. “Elkõige tuleb siin vaadata, mis huvitab tööstust. Ilma tööstuseta regulatiivselt sellist tehnoloogiat väga palju ei arenda. Nii et meie tehnoloogiaplatformis on initsiatiiv tulnud tööstuselt,” ütleb Õunpuu.

Kütuseelemendi arengu mootoriks on olnud eraraha. Kuid valdkond on strateegiliselt tähtis ja nõnda on ka Jaapan ja USA hakanud seda üha enam rahastama riiklikult. USAs rahastab asja põhiliselt energiaministeerium, aga ka transpordi- ja kaitseministeeriumid. Seal üritatakse kasutada fossiilset kütust, näiteks kivisüüt. Kütuseelemendis saab seda teha säästlikumalt ja keskkonnasõbralikumalt kui nüüdsetes elektrijaamades.

Euroopas on kütuseelementide arendamine olnud siiani killustunud. Seepärast tahabki Euroopa tööstus asja korraldada. 2003. aastal moodustati juhtivate autotööstusfirmade ja energeetikaettevõtete esindajatest initsiatiivgrupp. Samal aastal toimus tehnoloogiaplatformi avakongress.

Eri riikide initsiatiivid koondatakse liikmesriikide peegelgruppi. See peaks peegeldama eri liikmesriikide nägemust ja tegemisi selles valdkonnas ning olema nõuandvaks organiks platvormi juhtidele. Kogu tehnoloogiaplatformi aluseks on kaks moodunud sügisel vastu võetud põhidokumenti – strateegilist uurimistööd puudutav ja teine, mis määrab, kuidas ja millal on võimalik tulla toodetega turule.

Eesti osaleb liikmesriikide peegeldusrühmas, mis peaks peegeldama riigi nägemust kogu sellest tehnoloogiast. Mitmetest riikidest osalevadki selles rühmas just riigi esindajad.

Eestit esindavad peegelrühmas praegu Enn Õunpuu Elcogenist ja Ando Leppiman majandusministeeriumist.

Õunpuu hinnangul on siiski raskusi Eesti nägemuse esitamiseks kütuseelementide ja vesiniku energeetika arendamisest. “Olen selle nelja aasta jooksul süstemaatiliselt rääkinud erakondade, ministerriumide ja riigikogu fraktsioonidega. Kõik ütlevad, et tegutsege, kuid riigi energeetika arenduskavas asja ei ole,” nendib ta. Kuid vähemasti on tehnoloogiaplatformis osaletud ja seega on Eestis teave selle kohta, mida tehakse selle töörühmades.

Õunpuu sõnul kuulatakse Euroopa Liidus tehnoloogiaplatformi nõuannet väga põhjalikult: “Kõik, mis platvormist üles läheb, läheb ka täitmisele. Sest tööstuse lobi on võimas ja valitsused peavad sellega arvestama. Nad saavad väga hästi aru, et kui suurtööstusel läheb hästi, siis on ka maksubaas korralik.”



KRONOMEETER



KÕRGUSMÕÕTUR



KOMPASS



ÕHURÕHUMÕÕTUR



TERMOMEETER



ALARM

**T+**  
**TISSOT**  
SWISS WATCHES SINCE 1853



Michael Owen, jalgpallur

More  
than a watch

Tissot, Innovators by Tradition.

**T TOUCH**  
the touch screen watch

TALLINN: Kaubamajas - Viru Keskuses - Remvit OÜ Ülemiste Kaubanduskeskuses - Wristnet Rocca al Mare Kaubanduskeskuses - Järve Selveris - Kristiine Kaubanduskeskuses - Kuld Artur Stockmanni Kaubamajas - Goldman De La Gardie Kaubamajas - GoldWatch Järve Selveris, Merimetsa Selveris, Sikupilli Kaubanduskeskuses - Sveitsi kell Sveitsi majas Roosikrantsi 11. TARTU: Wristnet Tartu Kaubamajas - Goldman Lõunakeskuses. PÄRNU: GoldWatch Port Arturi Kaubanduskeskuses - Foreital OÜ Norde Centrumis. KURESSAARE: Vekker OÜ HA Ferrumi Kaubamajas. JÕHVI: Miss Lora Jõhvi Kaubanduskeskuses - GoldWatch JEWE Kaubanduskeskuses. NARVA: Goldtime Narva Astri Kaubanduskeskuses. RAKVERE: Goldman Krooni Keskuses. VORU: Johnny AS Vilja Marketis. Esindaja: Airo AS, Roopa 7-3 Tallinn, tel. 645 9270, www.airot.ee



# Asper Biotech Euroopa koostöövõrgustikes

Rahvusvahelistes koostöövõrgustikes osalemine annab Tartu biotehnoloogiaettevõttele Asper Biotech võimaluse paremini rakendada ettevõttes olevaid teadmisi ning suhtevõrgustiku kaudu omandada uusi kogemusi.

## Indrek Kask

Asper Biotech

Aastal 1999 loodud Asper Biotech osutab teadlastele, arstidele ja patsientidele üle maailma DNA testimise teenuseid. Asperi äritegevusest on üle 95% olnud eksport. Asperi ja partnerite spetsialistide poolt EASi toel välja töötatud Genorama tehnoloogia on kasutusel suurtes ülikoolides ja instituutides, nagu Stanfordi ülikool (USA), Columbia ülikool (USA), Rahvusvahelises Vähiuuringute Keskuses (Prantsusmaa). Tänapäevaks on välja töötatud 15 unikaalset DNA-testi ning kasutusel oleva tehnoloogia baasil arendatakse teste juurde. Asperis töötava ligi 30 spetsialisti kõrget taset kinnitavad meie pikaajalised suhted maailma juhtivate teadusorganisatsioonidega ja pidev klientide lisandumine.

Lisaks põhiäritegevusele on Asper kõrgelt hinnatud partner rahvusvahelistes rakendusliku väljundiga teadusprojektides. Asper Biotech on Euroopa Liidu kuuenda raamprogrammi (6RP) jooksul osalenud 26 taotluses. Rahastatud on neist kuut ning lisaks toimuvad hetkel läbirääkimised Asperi kaamisest ühte juba varem finantseeritud projekti. Viimase puhul on kogu konsortium Asperi liitmise poolt, protsess seisab vaid Euroopa Komisjoni ametliku vastuse taga.

Rahvusvahelistes koostöövõrgustikes osalemist alustasime juba viienda raamprogrammiga, olles allhankijaks suures üle-euroopalises konsortsiumis. Aktiivne osalus teadusprojektides algas 2002. aastal kuuendas raamprogrammis. Raamprogramm oli üles ehitatud kutsungite ehk *call*-idena, mida 6RPs oli neli.

Asperi üle-euroopaline tunnus tagas juba esimeses kutsungis edu – ettevõtet paluti osalema kaheksasse projektitaotlusesse. Kõigis taotlustes osalesime täieõigusliku väike- ja keskmise suurusega ettevõtetena (VKE).

Esimene *call* ei olnud lihtne ei meile uue osalejana ega ka koordinaatoritele, kes pidid tutvuma uuendatud reeglitega. Oli tunda, et probleeme esines kohati ka Euroopa Komisjoni ekspertidel. Projektide ettevalmistamisel õppisime tundma reegleid, kuidas täita vajalikke formulare, kuidas planeerida projektis omaarendustegevust. Ülejäänud kutsungites tundisime ennast märksa kindlamalt.

Projekte on Asper leidnud või õigemini projektid on Asperi leidnud suhtevõrgustiku kaudu, mille ülesehitamisele pöörame eriti suurt tähelepanu. Loodud on ka mitmeid partneriotsingu andmebaase, kuhu saab kirja panna teatud profiiliga projektidest huvitatud firmasid ja teadusasutusi. Kui algul läksime kaasa kõikide meile pakutud pro-



Indrek Kask.

## Eesti 6. raamprogrammis

» Eestis toetab rahvusliku kontaktisikuna (SME NCP) väikeste ja keskmiste ettevõtete (VKE) osalemist EL teadus- ja arendustegevuse 6. raamprogrammis (6RP) Ettevõtlike Arendamise Sihtasutuse arenduskonsultant Argo Luik. Tema roll on aidata ettevõtetel leida või pakkuda raamprogrammis osalemiseks projektipartnerit. Samuti aitab SME NCP aru saada spetsiaalselt VKEdele mõeldud instrumentide iseärasustest.

» EAS korraldab ka raamprogrammi-alaseid koolitusi, et tõsta Eesti ettevõtete taotluste edukust.

» Ettevõtete huvi 6RP projektide vastu on pidevalt kasvanud. Kokku on Eestist raamprogrammi VKE-konkurssidele esitatud taotlusi 187, millest 68 on olnud edukad.

jektidega, siis hiljem juba valisime võimaluste seast kriitiliselt. Peamise kriteeriumina hindasime konsortsiumi tugevust ja ühtsust.

Projektitaotluste ettevalmistamine on aeganõudev protsess, mille edukus sõltub suuresti koordinaatori võimetest ja teadmistest. Tugevamad konsortsiumid hakkavad moodustuma juba kaks-kolm kuud enne tähtaega, aktiivne projekti ettevalmistus algab keskmiselt neli nädalat enne projekti taotluse sisseandmist.

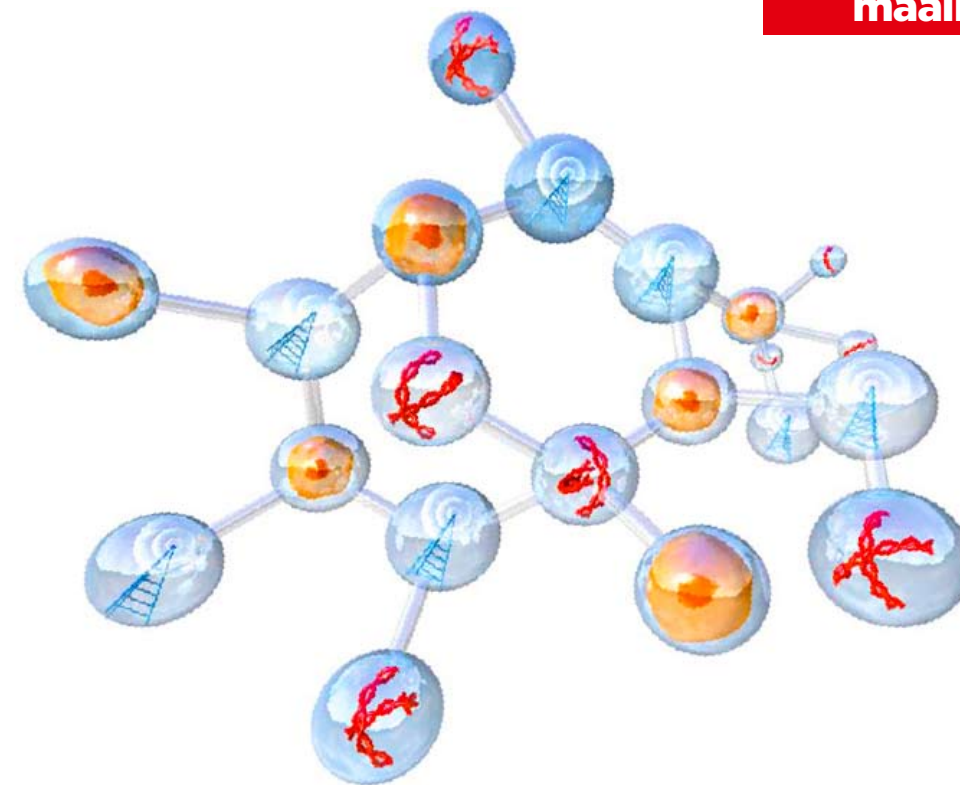
Hoolimata ajakulust väärtustan taotluste ettevalmistamise protsessi. Suhtlemine oma ala tippteadlastega ja ettevõtete esindajatega võimaldab peale projekti puudutavate teemade arutada ka teisi, projekti otseselt mittepuudutavaid tehnoloogilisi küsimusi. Projekti ettevalmistamise protsess lisab firma suhtevõrgustikku paarkümmend võimalikku teadus- ja/või äripartnerit. Kirjutamine ise paneb sügavuti analüüsima püstitatud teaduslik-tehnoloogilist küsimust, mis võib viia uute lahendusteni.

Suur abi on Asperile kogu 6RP jooksul olnud Eestis tegevatemest tugisorganisatsioonidest. Oleme peamiselt osalenud suurtes integreeritud projektides või STREP-tüüpi projektides, mille kohta jagab Eestis infot SA Archimedes. Oma küsimustele olen saanud alati kiire ja informatiivse vastuse. Oleme olnud tihedalt ühenduses ka EASi 6RP konsultantidega, kellelt oleme saanud samuti projektide ettevalmistamiseks vajalikku informatsiooni.

Oles osalenud nüüdseks neljas teemade kutsungis, on selgelt näha, et EL on ennast tublisti parandanud. Kolmas kutsung sujus päris kenasti; kinni peeti lubatud aegadest. Evaluatsiooni tulemused saabuvad 3–4 kuud pärast projekti sisseandmist. Lepingu läbirääkimised kestavad 3–6 kuud sõltuvalt meetmest (suurema partnerite arvuga projektidel on see aeg pikem). Seejärel tavaliselt kuu aja jooksul alustatakse projekti ning laekuvad ka esimesed EL toetused.

Projektidega kaasneb peale uute kontaktide, tehnoloogia ja toetuse ka mahukas aruandlus. Tuleb küll mõnda, et raamprogrammide projektide aruandlus on märksa vähem bürokraatlik kui EASi toetuste omad. Soovitame asjasepuutuvalt ministereeriumeil kindlasti rohkem õppust võtta raamprogrammi kogemustest (näiteks üldkulude kompenseerimine), sest täna kulutatakse arutult ressursi nii taotlejate kui kontrollijate poolel.

Asper Biotech kavatseb osaleda ka seitsmendal raamprogrammis. Esimese kutsungi ajaks on mitmed käimasolevad programmid juba lõppenud, mis võimaldab meil alustada tegevusi uute ja huvitavate tehnoloogiate, viimaste rakenduste väljatöötamise, testimise või kasutamise vallas.



# 10 tuleviku-tehnoloogiat

Tänavu on nimekiri uutest tehnoloogiatest, millel tasub silma peal hoida, äärmiselt mitmekülgne.

Igal aastal esitleb Technology Review kümme tehnoloogiat, millel tasub silma peal hoida. Tänavune nimekiri hõlmab väga erinevaid alasid bioloogiast kuni nanotehnoloogiast ning internetini – ent kõiki neid ühendab miski: pole kaugel aeg, kus nad hakkavad oluliselt mõjutama äri, meditsiini ja kultuuri.

Nanomeditsiin ja nanobiomehaanika annavad tunnistust nanotehnoloogia kasvavast tähtsusest haiguste tundmaõppimisel ja ravil. Bioloogias moodustab epigeneetika osa sellest tormiliselt arenevast valdkonnast, mis uurib keemiliste ühendite mõju DNA-le, võrdlev interaktoomika on aga põnev näide sellest, kuidas teadlased on hakanud visualiseerima inimkeha kogu selle imetabases keerukuses.

Difusioontensoruuringud on inimaju skaneerimise alal toimunud põrutavatest edusammudest üks uusimaid. Samal ajal kõnelevad tark raadio, traadita lausvõrk ja ühtlustatud autentimine kestvast võitlusest digitaalmaailma ligipääsetavuse ja turvalisuse eest.

Nimekirjast leiab ka tüliõuna: tuuma ümberprogrammeerimine haakub vastakaid arvamusi tekitava jahiga "eetilisele tüvirakule". Ja lõpetuseks – mõned kirjeldatud tehnoloogiatest, nagu veniv räni, on lihtsalt lahedad.







Trey Ideker.

# Võrdlev interaktoomika

Inimorganismi keerukaid molekulaarprotsesse kirjeldades avab Trey Ideker uusi teid ravimitele.

**Jon Cohen**

Kõik moodsad biomeditsiiniuuringud keerlevad ümber "oomide": genoomid, proteoomid, metabooloomid. Nende kohal aga hõljub kõikide oomide ema – aga võib-olla ka lihtsalt oom *du jour* – interaktoom. Igas rakus leiab aset tohtu hulk interaktsioone geenide, RNA, metaboliitide ja valkude vahel. See uskumatult keerukas kaart, kus kõik need protsessid kirjas, ongi süsteemibioloogia keeles interaktoom.

Elektrotehnilise eriharidusega molekulaarbiotehnoloog **Trey Ideker** asus hiljuti võrdlema eri liikide interaktoomide "mikroskeeme", nagu ta neid nimetab. "Mõistelisest seisukohast on see tegelikult tühine samm, aga suur hüpe seisneb selles, et me saame koguda ja analüüsida sootuks uut tüüpi informatsiooni bioloogiliste süsteemide kohta," ütleb Ideker, kes juhatab California San Diego ülikooli integratiivvõrgubioloogia laborit. "Ma usun, et kõigi nende rakusiseste mikroskeemide kaardistamine on cool."

Kui cool kõrvale jätta, hellitavad Ideker ja teised alles tekkiva interaktoomika valdkonna teerajajad lootust, et nende töö aitab avastada uusi ravimeid, parandada olemasolevaid – võimaldades paremini mõista nende toimemehhanisme – ja koguni toksilisi protsesse arvutil modelleerida, mis asendaks praegusi loomkatseid. "Nii haigused kui ka ravi on juhteteede küsimus," ütleb Ideker.

Ideker tekitas omal alal furoori aastal 2001, olles toorkord alles koos **Leroy Hoodiga** Seattle'i Süsteemibioloogia Instituudi tudeng. Ajakirjale Science kirjutatud artiklis kirjeldasid Ideker, Hood ja nende kaastöötajad vapustavalt üksikasjalikult, kuidas pärmirakud töötlevad suhkrut. Nad esitasid kaabeldusskeemi meenutava joonise, mis selgitas kõike alates protsessis osalevatest geenidest ja valkude vastastikusest toimest kuni selleni, kuidas süsteemi häirimine muutis biokeemilisi juhteteid. "Tema panus oli tõepoolest eriline," ütleb Bostoni Dana-Farberi Vähiinstituudi genetik **Marc Vidal**, kellelt pärineb idee, et interaktoomid võivad liigist liiki üleminekul muutumata kujul säilida. "Just tema lõi ühe esimestest korralikest näitlikustamisvahenditest," ütleb Vidal.

Mullu novembris tõmbas Idekeri meeskond endale tähelepanu ajakirjas Nature avaldatud teadaandega, et on kogunud ühte andmebaasi pärm, äädikakärbse, nematoodi ja malaariat põhjustava parasiidi *Plasmodium falciparum*'i kõik olemasolevad valk-valk interaktoomid. Kui eri liikide

## Teisi teerajajaid

Võrdlev interaktoomika

**James Collins**  
sünteesilised geenivõrgustikud  
Bostoni ülikool

**Bernhard Palsson**  
metaboolsed võrgustikud  
California San Diego ülikool

**Marc Vidal**  
liikidevahelised interaktoomide võrdlused

Dana-Farberi vähiinstituut, Boston, Massachusettsi osariik

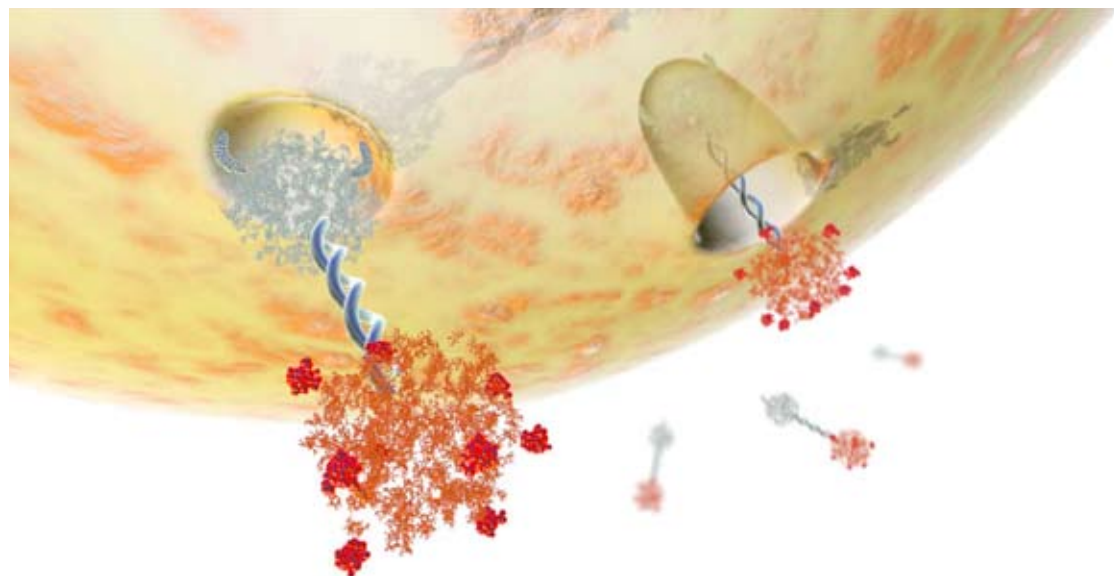
valkude võrdlemises pole midagi iseäranis uut, siis Idekeri labor on üks vähesi, kes on asunud väga erinevate olendite valk-valk interaktsioonide erinevuste ja sarnasuste väljaselgitamisele. Ilmneb, et pärm, kärpse ja ussi interaktoomid sisaldavad interaktsioone, nn valgukomplekse, mille esineb hulk omavahelisi sarnasusi. Selline liigiülene jätkuvus näitab, et interaktsioonidel võib olla mingi vägagi elutähtis otstarve. Ent kummalisel kombel pole *Plasmodium*'il ühtki ühist valgukompleksi ussi või kärpsega ja pärmiga on neid ainult kolm. "Tükk aega murdsime pead, millega me oma analüüsis mööda panime," räägib Ideker. Andmeid üle kontrollides jõudsid Ideker ja tema meeskond järeldusele, et *Plasmodium* tõenäoliselt omab lihtsalt mõnevõrra teistsugust interaktoomi.

Ravimitööstusele tähendab liigiomaste bioloogiliste juhteteede avastamine näiteks malaariaparasiidil uusi medikamentide sihtmärke. Teoreetiliselt on üht säärast juhteteed blokeerival ravimil vähene või olematu toime inimrakkude mikroskeemidele ning toksiliste kõrvalnähtude tõenäosus seega väike. Teoreetiliselt. Tegelikuses firmad uusi malaariaravimeid valmistama just ei torma – see haigus laastab peamiselt vaeseid riike. Ent idee on ometi paljutootav, kinnitab Ideker, kes järgmiseks kavatseb hakata võrdlema HIV-viruse eri tüüpide interaktoome, et leida võimalikke auke ka selle viiruse kaitsemehhanismis.

George Church, Harvardi meditsiiniteaduskonna juures tegutseva Lipperi kompuutergeneetika keskuse juht, peab Idekerist väga lugu, kuid lisab veel ühe "aga": senised andmed interaktoomide kohta pärinevad kiiruga ja automatiseeritult teostatud katsetest, mis pole esialgu kuigi täpsed. "Mina teen "oomide" vahel vahet küsimuse abil, kas konkreetsed andmed on igavesed või asenduvad millegi paremaga," räägib Church. Andmed genoomide DNA-järjestuse kohta on igavesed. Aga interaktoomide kohta? "Tõenäosus, et see on kahe aasta pärast õige ja aksepteeritav, on 50:50," ütleb Church. "See pole Trey süü. Tema on üks, kes püüab muuta neid nõudeid rangemaks."

Ideker mõonab, et "süsteemis on palju müra", ent tema sõnul annab interaktoome puudutavate andmete pidev juurdevool üha juurde selgust rakkudes toimuva kohta. "Lähema viie aasta jooksul me loodame interaktoomide kohta saadud andmete põhjal koostada rakusiseste mikroskeemide mudelid, mille abil saab ennustada ravimite toimet, enne kui minnakse inimkatsetele. Vaat see on miljardi dollari rakendus."





# Nanomeditsiin

James Baker loob nanoosakesi medikamentide juhtimiseks otse vähirakkudesse, mis võib kaasa tuua palju ohutuma ravi.

## Kevin Bullis

Ravi algab süstlast, milles on täiesti tavalise välimusega selge vedelik. Mis aga jääb nähtamatuks, on väga hoolikalt ehitatud osakesed selles vedelikus, mis peavad mööduma tõketest, nagu näiteks veresoonte seinad, kinnituma vähirakkudele ja meelitama need end toidu pähe alla neelama. Need Trooja hobuse taolised osakesed märgistavad rakud helenduva värvainega ja samal ajal hävitavad nad kemikaali abil.

Need Michigani ülikooli arstiteadlase **James Bakeri** välja töötatud mitmeetstarbelised nanoosakesed – mis tänavu peaksid jõudma patsientkatsetuste faasi – on üks nanotehnoloogilise revolutsiooni teevitased meditsiinis. Säärastel spetsiaalselt välja töötatud nanoosakesed on potsentsiaal muuta põhjalikult mitte üksnes vähi, vaid kõikide haiguste diagnostikat ja ravi. Juba praegu valmistavad teadlased ette odavaid testvahendeid, millega eristada nohu bioterorirünnaku varajastest sümptomitest, samuti ravi mitmesugustele haigustele reumatoidartriidist tsüstilise fibroosini. Bakeri sõnul annab nanotehnoloogia rafineeritud molekulaartasandil võimaluse “leida üles näiteks kasvajakud või põletikulised rakud ja otse nendeni välja jõuda ja neid mõjutada”.

Esimesed levinud nanomedikamidid hakkavadki ilmselt olema vähiravimid. Keemiliste ühendite juhtimine nanokapslites vähirakkude vahetusse lähedusse on juba kasutusele võetud rinna- ja munasarjavähi ning Kaposi sarkoomi raviks. Selliste ravimite järgmine põlvkond, millel esialgu veel puudub kasutusluba, läheb veelgi kaugemale, toimetades medikamidid juba otse igasse vähirakku. Samuti hõlmab uus ravimipõlvkond mitmeetstarbelisi osakesi nagu need, millega tegeleb Baker – mullu juunis korraldatud katsed näitasid, et Bakeri osakesed pidurdasid ja ka hävitasid inimesel esinevaid kasvajaid hiirtel palju tõhusamalt kui senine kemoterapia.

“See valdkond areneb tohutult,” kommenteerib riikliku

**Nanoosakesele haagitud molekulid kinnituvad vähiraku pinnale, meelitades rakku seda alla neelama koos teise, vähivastast ravimiannust sisaldava nanoosakesega. Osakesi seovad DNA-ahelad, mille abil saab luua mitmesuguseid ravimiühendeid konkreetse patsiendi tarbeks.**

vähiinstituudi (National Cancer Institute) nanotehnoloogia ühingu programmidirektor **Piotr Grodzinski**. “Tegu ei ole kogemusel põhineva, vaid ebatraditsioonilise tehnoloogiaga, mis ründab probleeme, mis olid varasemate meetoditega lahendamatud.”

Bakeri meetod põhineb väga paljuharulisel molekulil, mida nimetatakse dendrimeeriks. Iga dendrimeeri pinnal on üle saja molekulaarse “konksu”. Viie-kuue külge neist liidab Baker foolhappe molekuli. Kuna foolhappe on vitamiin, kinnituvad sellele enamiku organismi rakkude membraanil olevad valgud. Ent paljudel vähirakkudel on niisuguseid retseptoreid tunduvalt rohkem kui normaalsetel rakkudel. Baker kinnitab dendrimeeri ülejäänud harude külge vähiravimi: kui vähirakk neelab foolhappe, imeb ta endasse ka surmava medikamendi.

Meetod on võimalusterohke. Baker on lisanud dendrimeeridele molekule, mis helendavad MRI-skanneri all ja mille abil on võimalik leida vähkkasvaja asukoht. Dendrimeeride külge on võimalik haakida mitmesuguseid peibutus- ja ravimimolekule väga paljude kasvajaaliikide raviks. Tänavu on kavas jõuda inimkatsetusteni – tõenäoliselt munasarja- või pea- ja kaelavähiga patsientidel.

Ohio ülikooli meditsiini, meditsiinitehnika ja materjalitehnoloogia professor **Mauro Ferrari** suhtub Bakeri tulemustesse vähiravi seisukohast lootusrikkalt. “Jämi töö on väga oluline,” ütleb ta. “See seostub nn sihtmärgiteraapia teise laine, mis minu arvates toob lähiaastatel tohutult kiire edukäigu.”

Nanoterapia arengule kaasaaitamiseks rahastab vähiinstituut nanotehnoloogiaga seotud projekte 144,3 miljoni dollariga, toetades seitset vähiga tegelevat nanotehnoloogiakeskust ning kahteistkümmet diagnostika- ja ravialast projekti, kaasa arvatud Bakeri oma.

Baker on juba alustanud tööd moodulsüsteemi kallal, mis võimaldaks ravimite, kontrastainete või vähirakkudesse viimiseks mõeldud molekulidega varustatud dendrimeere “kokku pakkida”. Peagi võib tulla aeg, kus arstid saavad valmistada konkreetse patsiendi vajadustele vastavaid nanoraviseid lihtsalt dendrimeeripudelite sisu omavahel segades.

Sellise süsteemi kasutuselevõtu igapäevameditsiinis läheb veel vähemalt kümme aastat, ent Bakeri esimesed leiutised võivad saada kasutusloa juba viie lähima aasta jooksul. Ala kiire areng ongi põhjus, miks paljud arstid ja teadlased nanotehnoloogia ravivõimalustest kõneldes sedavõrd vaimustuvad. “See toob kaasa revolutsiooni paljudes olulistes meditsiiniharudes,” kinnitab Ferrari.

# Epigeneetika

Alexander Olek on loonud vähi varajaseks avastamiseks mõeldud testid, millega mõõdetakse imepeeneid DNA-muutusi rakkudes.

## Peter Fairley

Inimese genoomi üleskirjutamine polnud kaugeltki viimane samm inimgeneetikat puudutavate avastuste teel. Teadlased ei suuda senini öelda, millised inimese rohkem kui 20 000 geenist on konkreetsetes rakkudes konkreetsel ajahetkel aktiveeritud. Keemilised muudatused võivad mõjutada valke sünteesivate mehhanismide tegevust, lülitades teatavaid gene lihtsalt välja või pidurdades kromosoomide lahtikerimist. Säärased keemilised interaktsioonid moodustavad geneetika teise tasandi, mida tuntakse kui epigeneetikat.

Viimase viie aasta jooksul on teadlased välja töötanud esimesed praktilised vahendid epigeneetiliste interaktsioonide tuvastamiseks ning Saksa biokeemik **Alexander Olek** on üks selle valdkonna pioneere. 1998. aastal asutas Olek Berliinis firma Epigenomics, et luua kiire ja tundlik test, avastamaks geenide metülatsiooni – sagedasti esinevaid DNA-muutusi, mida seostatakse vähiga. Selle firma peagi kasutusele tulevate testidega on võimalik kindlaks teha mitte üksnes see, kas patsiendil on vähk, vaid teatud juhtudel ka selle raskusaste ja tõenäoline alluvus ühele või teisele konkreetsele ravile. “Alex on avanud tee täiesti uutemoodi diagnostikale,” ütleb Inglismaal Cambridge’is asuva Wellcome Trusti Sangeri instituudi teadlane ja epigeneetika üks rajajaid **Stephan Beck**.

Metülatsiooni käigus omandab tsütosiin – üks neljast DNA “kirjatähdest” ehk nukleotiidist – neli aatomit. Organismis leiab metülatsioon igapäevast kasutust geenide sisse- ja väljalülitamiseks: lisa-aatomid blokeerivad gene transkribeerivaid valke. Ent kui midagi läheb valesti, võib metülatsioon valla päästa kasvaja, vaigistades geeni, mis muidu kontrollib rakkude vohamist. Geeni loomuliku metülatsiooni peatamine omakorda võib muuta raku kasvajakaraks, sest aktiveerib mõne konkreetse koes normaalolekus “välja lülitatud” geeni.

Probleem on selles, et metüleerunud gene on nende taavaolekus raske ära tunda. Ent Oleki sõnul on Epigenomicsi meetodiga võimalik tuvastada isegi kolm pikogrammi metüleerunud DNAd – kolm vähirakku koepruovis.

Praktikas kasutatava konkreetse vähi liigi diagnostilise testi loomiseks võrreldakse Epigenomicsis tuhandeid tervete ja vähihaigete rakkude gene, tuvastades haigusega seostuvad muutused ühe või mitme geeni metülatsioonis. Juba valmis test peab kontrollima üksnes tõvega seotud geenide metülatsiooni. Nii-öelda epigeneetiline arheoloogia võimaldab teadlastel minna veelgi kaugemale: uurides varasematest kliinilistest katsetest pärinevate koepruovide DNAd, suudavad nad tuvastada teatavale konkreetsele ravile kõige enam ja kõige vähem reageerinud patsientide epigeneetilisi signaale.

**Philip Avner**, epigeneetika teerajajaid Pariisi Pasteuri instituudist, ütleb, et Epigenomicsi test kujutab endast

## Teisi teerajajaid

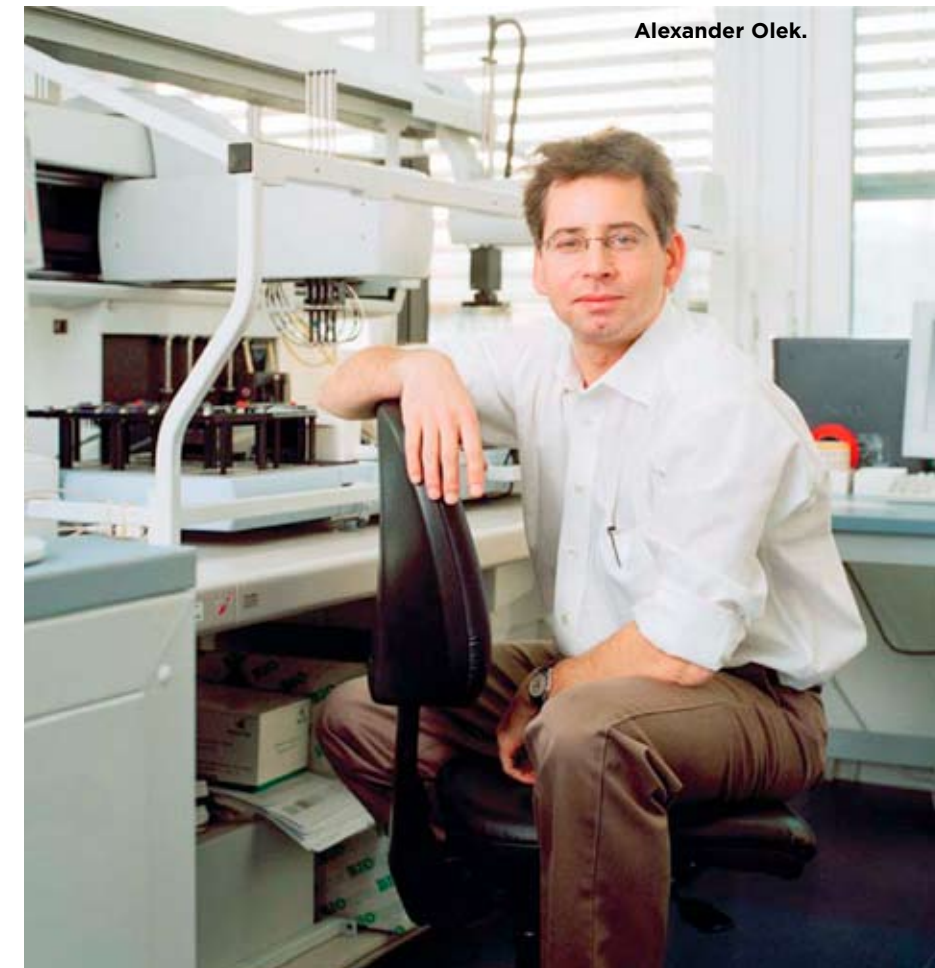
Epigeneetika  
**Stephan Beck**  
immuunsüsteemi epigeneetika  
*Wellcome Trust, Sangeri instituut, Cambridge, Inglismaa*  
**Joseph Bigley**  
vähi diagnostika ja ravimite väljatöötamine  
*OncoMethylome Sciences, Durham, Põhja-Carolina*  
**Thomas Gingeras**  
geenikiibid epigeneetikas  
*Affymetrix, Santa Clara, California*

võimsat vahendit vähi täpseks diagnoosimiseks ja hindamiseks kõige varasemas arengujärgus. “Isegi kui me ei suuda vähki ära hoida, suudame seda paremini ravida,” kõlab Avneri hinnang.

Roche Diagnostics loodab tuua Epigenomicsi esimese toote, jämesoolevähi testi turule aastal 2008. Selle testiga on kasvaja avastamise tõenäosus palju kordi suurem kui praegusega, mis mõõdab vere kogust väljaheitepruovis. Ja tänu uue testi ülimale tundlikkusele suudab see avastada ka sedalaadi kasvajate poolt vereringesse eritatava metüleeritud DNA imeväikesed kogused, nii et kogu protseduuriks läheb vaja vaid tavalist verepruovi. Praegu aga töötab firma välja teste veel kolmele vähi liigile – mitte-Hodgkini lümfoomile ning rinna- ja eesnäärmevähile.

Olek on veendunud, et epigeneetika leiab rakendust ka elulaadi ja vananemisprotsessi seoste uurimises. Nii näiteks võib tänu sellele selguda, miks mõnedel inimestel on soodum diabeedi või südamehaiguste tekkeks.

Oleki kaugem eesmärk on kogu inimese epigenoomi kirjeldamine, mis võimaldaks kindlaks teha kõik inimgenoomi epigeneetilised variatsioonid. Seda laadi kaart võib meile Oleki arvates avada senitundmatud seosed geenide, haiguste ja keskkonna vahel. Metülatsiooni puudutav andmebaas igatahes täieneb üha kiiremini – tänu sellistele asutustele nagu Epigenomics ja Wellcome Trusti Sangeri instituut, kus ennustatakse, et 10 protsendi inimese geenide metülatsiooni saab kirjeldatud juba tänavuse aasta lõpuks.



Alexander Olek.



# Tark raadio

Vältimaks tuleviku traadita andmesides “liiklusummikuid”, otsib Heather “Haitao” Zheng võimalusi tühjade raadiosageduste ära kasutamiseks.

## Neil Savage

Üha enam on neid, kes on harjunud avama oma sülearvuti Starbucks kohvikus, tellima vähendatud kofeiini- ja rasvasisaldusega latte, vajuma tugitooli ja surfama traadita veebis. Üha harjumuspärasemalt kaasneb sellega sagedane võrguühenduse katkemine lähestiku samale ribalaiusele tormi jooksvates arvutites. See kõik toimub vaid väikesel alal – 30 kuni 60 meetrit transiiverist –, aga WiFi jaoks mõeldud raadiosagedus on teatud kohtades lihtsalt täis mis täis.

Kujutage nüüd ette, mis saab siis, kui aina rohkem seadmeid hakkab töötama juhtmeta: mitte ainult sülearvutid, taskutelefonid ja BlackBerryd, vaid ka kõi ke – büroohoone te sisetemperatuurist kuni maisipõldude niiskustasemeni – jälgivad sensorvõrgud, raadiosagedust kasutavad kaubalipikud, mille abil loendatakse kohaliku selveri kaubavoo gusid, ning hooldekodude patsientide järelevalveaparatuurid. Kogu see tehnika peab toime tulema piiratud ja aina enam täitüva raadiosagedusega.

California Santa Barbara ülikooli infotehnoloogia abi-professor **Heather Zheng** tegeleb küsimusega, kuidas traadita seadmeid tõhusamalt eestrisse ära mahutada. Asi ei ole tema sõnul raadiosageduste vähesuses; asi on selles, kuidas neid sagedusi kasutatakse.

USA föderaalne sideamet ja teised vastavad ametkonnad kogu maailmas jaotavad raadioeetri eri laiusega sagedusri bade kujul. Üks riba on mõeldud AM-raadiotele, teine VHF-te levisioonile, järgmised mobiiltelefonidele, lühilaineraadiotele, peileritele ja nii edasi; nüüd, kus on hakanud vohama traadita seadmed, polegi jäänud palju jaotada.

Ent nagu teavad kõik, kes vähegi on näppinud raadio nuppu, pole kõigi lainealade kõik kanalid sugugi pidevalt kasutuses. Föderaalne sideamet on koguni teinud kindlaks, et mõnedes paikkondades ja teatavatel kellaaegadel võib kuni 70 protsenti konkreetsest lainealast seista jõude, kui gi on ametlikult hõivatud.

Zhengi arvates peitub lahendus tarkades raadiotes – seadmetes, mis uurivad välja vaikivad sagedused ning kasutavad üht või mitut neist sagedustest andmeedastuseks.

## Teisi teerajajaid

Targad raadiod

**Bob Broderson** uudsed sidealgoritmid ja väikese võimsusega seadmed

*California Berkeley ülikool*

**John Chapin** tarkvarapõhised raadiod

*Vanu, Cambridge, Massachusetts*

**Michael Honig** sageduste jaotamise hinnakujundusalgoritmid

*Northwestern University*

**Joseph Mitola III** targad raadiod

*Mitre, McLean, Virginia*

**Adam Wolisz** protokollid andme sidevõrkudele

*Berliini tehnikaülikool, Saksamaa*

Hoolsa planeerimiseta võidakse mõned lainealad siiski viimaks üle koormata. Zhengi idee on õpetada targad raadiod teiste lähedalasuvate seadmetega suhtlema. Zhengi kava järgi kuuluks eesõigus konkreetsetel sagedustel alati sideameti määratud kasutajale, kasutamata eetriosa aga jagaksid keskis ära teised seadmed.

Seadmete omavaheline suhtlemine koormab samuti eetrit, seetõttu otsustas Zheng protsessi lihtsustada. Ta koostas reeglid, mis põhinevad “mänguteoorial” – teataval matemaatilise modelleerimise süsteemil, mida kasutatakse majandusprobleemide optimaalseks lahendamiseks –, ja lõi tarkvara, mille abil seadmed neid reegleid järgivad. Sel juhul pole igal raadioseadmel enam vaja teatada lähikonnas asuvatele teistele seadmetele, millega ta tegeleb. Piisab kindlakstegemisest, kas teised edastavad signaale, ning selle alusel vastu võetud otsustest.

Zheng võrdleb seda süsteemi autojuhi käitumisega, kes jälgib teiste autojuhtide tegevust: “Kui ma sõidan aeglaselt sõidureas, siis võib-olla on õige aeg ümber reastuda teise, kus sõitjaid on vähem.” Rida vahetades aga peab iga juht siiski järgima teatavaid reegleid, et mitte teistega kokku põrgata.

Zheng on testinud oma lahendust arvutisimulatsioonides ja kavatseb peagi katsetada seda reaalse seadmetega. Ent eetri jagamise teooria praktiline teostus nõuab veel palju inseneritööd alates sobivate antennide loomisest ja lõpetades tarkade raadiote tarkvaraga, tunnistab Zheng. “See on alles algus,” ütleb ta.

Siiski hakkavad targad raadiod juba leidma kohta ka päriselus. Intelil on kavas hakata tootma configureeritavaid kiipe, mille tarkvara analüüsib ümbrust ja valib välja kõige sobivama andmesideprotokolli ja -sageduse. Sideamet on võimaldanud katsetada uut tüüpi traadita võrke kasutamata televisioonikanalitel ning Elektri- ja Elektroonika Instituudis, kust pärinevad paljud netirevolutsiooni edasi viivad tehnilised standardid, on hakatud mõtlema ka tarku raadioid puudutavate standardite väljatöötamisele.

Kõige selle teostumiseni võib minna veel oma kümme aastat, arvab Zheng, ent mida enam suureneb eetri koormatus, seda tõhusamaid võimalusi tuleb leida traadita seadmetele selle eetri jagamiseks.

Heather Zheng.





# Tuuma ümberprogrammeerimine

Lootuses lahendada embrüotüvirakkude ümber käiv vaidlus, pakub Markus Grompe eetilist võimalust rakkude tootmiseks.

**Erika Jonietz**

Ilmselt on embrüotüvirakkude teema tekitanud ägedamaid vaidlusi kui ükski teine küsimus tänapäeva teaduses. Konservatiivsed kristlased ütlevad, et kuna rakkude kasvatamine eeldab embrüode hävitamist, tuleks igasugune sellealane teadustegevus keelustada. Paljud bioloogid on aga veendunud, et rakkudes peitub lahendus säärasele laastavatele haigustele nagu Parkinsoni tõbi ja multisklerosis ning seega kaalub neist saadav kasu igati üles võimalikud eetilised probleemid.

Oregoni meditsiiniülikooli juures asuva tüvirakukeskuse juhataja **Markus Grompe** loodab selle vaidluse lõpetada kloonitud rakkude abil, millel oleksid olemas kõik embrüotüvirakkude omadused, ent mis ei pärineks embrüotelt. Tema idee puhul on tegu mõnevõrra muudetud variandiga lammas Dolly kloonimisprotseduurist. Algpärase protseduuri käigus siirdasid teadlased täiskasvanud raku geneetilise materjali ümber algsest DNast tühjentatud munarakku. Täiskasvanu DNA programmeeriti munaraku valkude poolt ümber, tulemuseks oli täiskasvanud doonoriga geneetiliselt identne embrüo. Grompe on veendunud, et sundides doonorrakku tootma nanogi nime kandvat valku, mida tavaliselt leidub ainult embrüotüvirakkudes, suudab ta mõjutada ümberprogrammeerimisprotsessi nii, et tulemus ei olegi embrüo, vaid paljude embrüotüviraku omadustega rakk.

Grompe tegutseb aina jõudsamalt arenevas valdkonnas, kus püütakse leida alternatiivseid võimalusi mitmekülgsetele embrüotüvirakkudega võrreldavate rakkude loomiseks. Mitmed teadlased loodavad näiteks valkude abil otseselt ümber programmeerida naharakke, et need käituskid sarnaselt tüvirakkudega.

Teiste arvates võib abi olla molekulidest. Scripps'i teadusinstituudi keemik **Peter Schultz** on avastanud kemikaali, mis muudab hiire lihaskud rakkudeks, millest võivad edasi areneda rasv- ja luukoerakud. Ning Harvardi ülikooli bioloogi **Kevin Eggani** arvates on võimalik luua konkreetse patsiendi DNaga sobivaid tüvirakke sel teel, et täiskasva-

nud rakkude ümberprogrammeerimiseks kasutatakse olemasolevaid, DNast tühjentatud tüvirakke.

Samal ajal on teadlased katsetanud meetodeid tüvirakkude võtmiseks embrüoid endid hävitamata. Mõõduvõrdel demonstreerisid Massachusettsi Tehnoloogiainstituudi bioloog **Rudolf Jaenisch** ja magistrant **Alexander Meissner**, kuidas geeni CDX2 väljalülitamisega täiskasvanud raku tuumas enne viimase siirdamist tuumata munarakku on võimalik luua bioloogiline üksus, millel puudub võime areneda embrüoks, kuid millelt siiski on võimalik võtta normaalseid embrüotüvirakke.

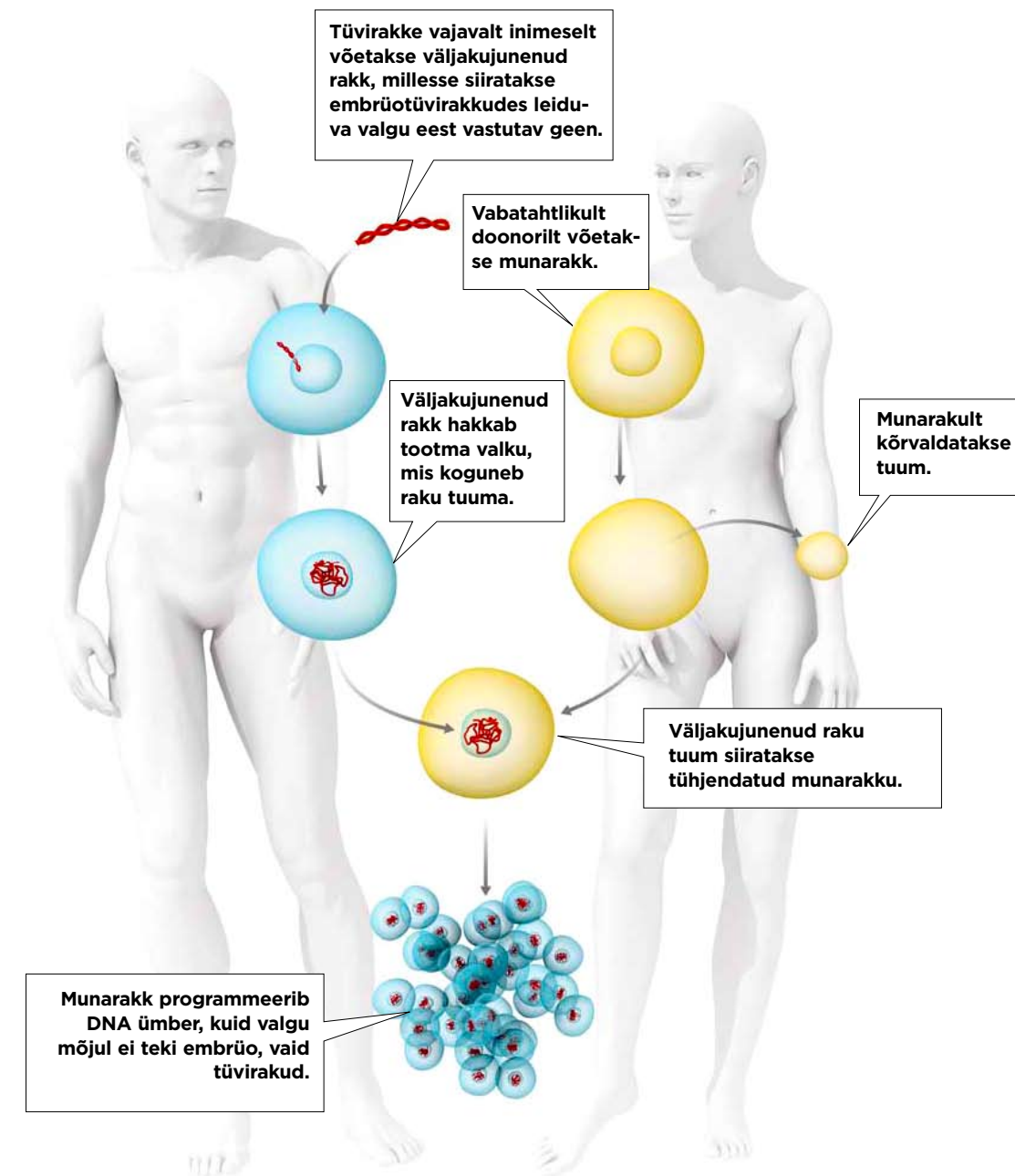
Samuti õnnestus Massachusettsi osariigis Worcesteris asuva firma Advanced Cell Technology teadlastel mõõduvõrdel sügisel kasvatada embrüotüvirakke nn preimplantatiivset geneetilist diagnostikat (PGD) meenutava tehnoloogia abil. PGD kasutatakse geneetiliste kõrvalekallete tuvastamiseks katseklaasimeetodil viljastatud embrüotelt; arstid eemaldavad kaheksast rakust koosnevalt embrüotelt ühe testimiseks. Teadlased eraldasid ühe raku kaheksarakulistelt hiireembrüotelt, ent tavalise testimise asemel asetasi iga raku eraldi katseanumasse koos embrüotüvirakkudega. Seni kindlaks tegemata tegurite mõjul need rakud pooldusid ja neil arenesid välja mõningad tüvirakkude omadused. Kui järele jäänud seitsmest rakust koosnevad embrüod siirati emastele hiirtele, arenesid neist normaalsed hiired.

Kummatigi ei peata sellised meetodid ilmselt vaidlust eetika üle, sest paljude arvates ohustatakse sel viisil ikkagi embrüoid. Grompe lähenemine aga võib eetilise dilemma lahendada. Kui see toimib, kaob üldse vajadus embrüote järele – ja keegi ei kahjusta võimalikku tulevast elu. Seetõttu on Grompe ettepanekut toetanud ka mitmed konservatiivsed eetikud.

Kas kõnealune meetod embrüotüvirakkude hankimiseks ka tegelikkuses töötab, pole veel selge. Nii mõnedki suhtuvad sellele skeptiliselt. "Tegelikult pole mingeid tõendeid, et see toimib," ütleb Jaenisch. "Ma kahtlen selles."

Ent Grompe välja pakutud eksperimendid oleksid Jaenischil sõnul ikkagi teadusele olulised, kuna aitaksid väl-

## Tuuma ümberprogrammeerimine



### Teisi teerajajaid

Tuuma ümberprogrammeerimine  
**George Daley**  
tuuma ümberprogrammeerimise võimalused nanogi abil  
*Harvardi meditsiini-teaduskond*

**Kevin Eggan**  
täiskasvanud rakkude ümberprogrammeerimine tüvirakkude abil  
*Harvardi ülikool*

**Rudolf Jaenisch**  
personaalsete tüvirakkude loomine modifitseeritud tuumade siirdamise abil (CDX2)  
*Massachusettsi Tehnoloogiainstituut*

ja selgitada, kuidas tuleks rakke tüvirakkude loomiseks ümber programmeerida. Sama arvab Harvardi tüvirakuinstituudi teadlane **George Daley**. Ka Daley laboris uuritakse võimalusi täiskasvanud rakkude ümberprogrammeerimiseks nanogi abil.

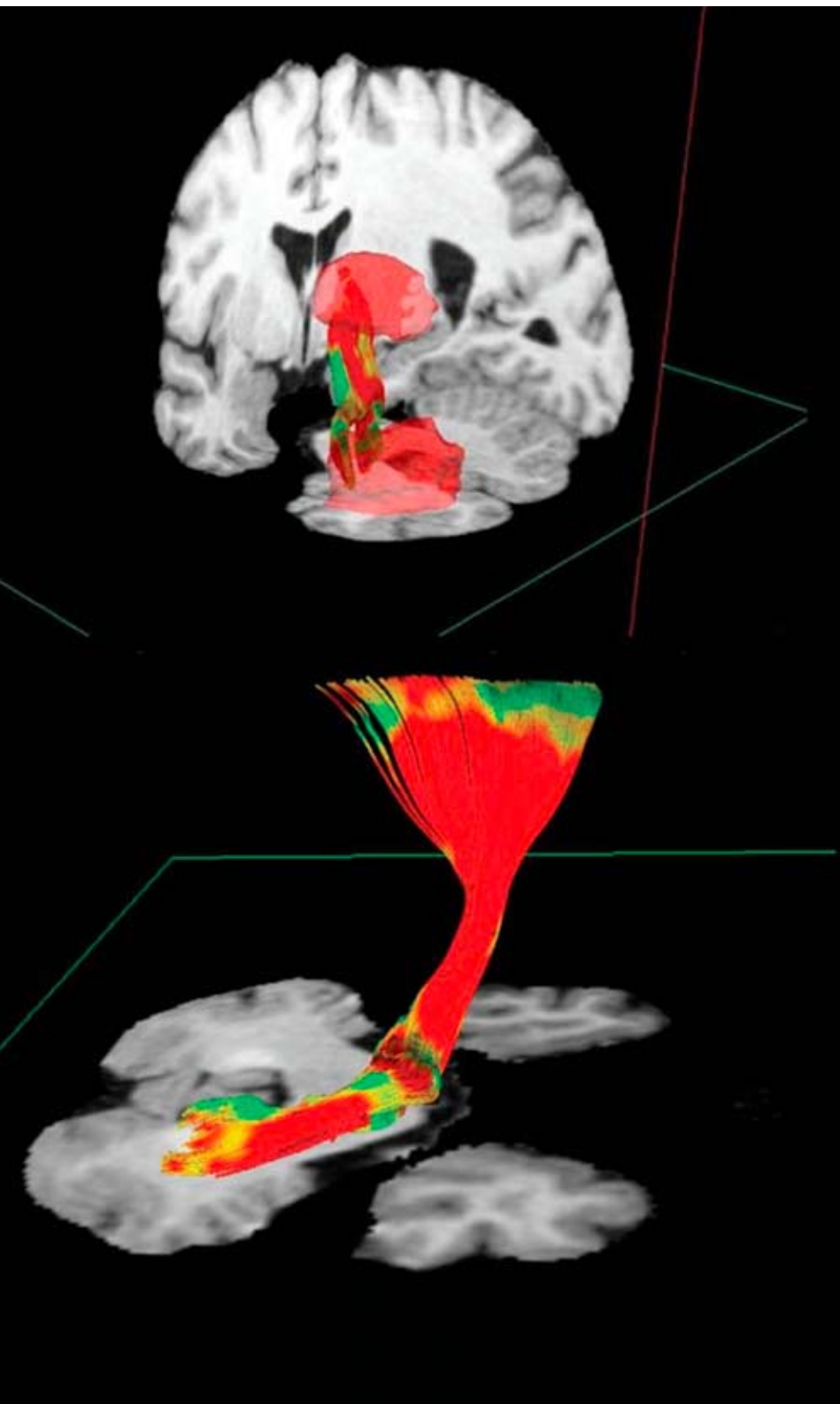
Siiski on mitmed bioloogid ja bioetikud kõhkleval seisukohal täiskasvanud rakkude üldkasutatavaks muutmise suhtes ümberprogrammeerimise teel. Nad küll tunnistavad selliste uuringute tähtsust, ent samas kardavad, et kui levib sõnum kompromisslahendusest tüvirakkude saamiseks, siis võib see aeglustada tüviraku-uuringute rahastamist nii avaliku kui ka erasektori poolt. See pärsiks jõupingutusi, mida

teha tuhandeid meeleteid inimesi vaevavate haiguste tundmaõppimise ja ravi nimel. Selline viivitus oleks nende väitel suurem moraalne väärtegu kui rakkude hävitamine, mis kannavad vaid potentsiaalset elu alget.

Mitmed eetikaspetsialistid – ja enamik ameeriklasi – ilmselt nõustuvad selle seisukohaga. "Meie ühiskond on juba otsustanud, et on täiesti lubatav luua ja hävitada embrüoid, et viljatud paarid saaksid lapsi. Minu jaoks oleks mõeldamatu, et me keelame selle, kui asi puudutab võitlust neid lapsi surmavate haigustega," ütleb Stanfordini biomeditsiiniteaduste keskuse juhataja **David Magnus**.



# Difusioontensoruuringud



Kelvin Lim kasutab uudset peaju skaneerimise meetodit skisofreenia uurimiseks.

**Emily Singer**

Ajuülevõtete kuhja läbi lapates oleks neuroloogil või psühhiaatril üsna raske leida sealt see üks, mis pärineb skisofreeniahaigelt. Olgugi et skisofreeniahaiged kannatavad väga raskete vaimsete häirete all – millest kõige tuntumad on hallutsinatoorsed vestlused ja vandenõude ettekujutamine –, näeb nende aju välja võrdlemisi normaalne.

Just see paradoks kütkestas Minnesota ülikooli meditsiiniteaduskonnas töötavat neuroloogi ja psühhiaatrit **Kelvin Limi**, kui ta võttis 1990. aastate algul skisofreeniahaigete aju uurimiseks kasutusele uudsed magnetresonantsuuringud (*magnetic resonance imaging* – MRI). Lim leidis vaevu hoomatavaid märke kahtlastest muudatustest aju ehituses, ent selgitamaks, kuidas need tunnused seostuvad skisofreenia kummaliste sümptomitega, vajab ta hariliku skaneeringuga saadavast neuroanatomilisest pildist hoopis üksikasjalikumalt kujutist.

1996. aastal rääkis üks kolleeg talle difusioontensoruuringutest (DTI), MRI hiljuti kasutusele võetud edasiarendusest, mis esimest korda võimaldas teadlastel vaadelda seoseid aju eri piirkondade vahel.

Lim on olnud DTI rakendamise pioneere psüühiliste haiguste puhul. Ta oli üks esimesi, kes leidis selle tehnoloogia abil mikroskoopilised kõrvalekalded skisofreeniahaigete aju ehituses. Hiljuti avastas tema tööühm, et skisofreeniale iseloomulikud mälu- ja tajuprobleemid – selle haiguse tähtsad, ent seni alahinnatud kaasnähud – on seotud rikega hipokampuse, õppimise ja mälu korraldava ajupiirkonna ümbruse närvikiududes. “DTI abil saame uurida aju hoopis teisiti kui enne,” ütleb Lim.

Tavapärased uurimistehnikad, nagu MRI, võimaldavad vaadelda aju peamist anatoomilist koostisosa – hallolust, mis koosneb närvirakkude kehast. Neuroloogid aga usuvad, et osa haigusi võib tuleneda peentest “kaabeldusprobleemidest” aksonites, neuronite pikkades peenikestes sabaosades, mis juhivad elektrilisi signaale ja

**DTI MEETOD VÕIMALDAB SAADA KUJUTISI NÄRVIKIMPUDEST:** Eri värvid näitavad kimpude struktuuri. Fotol on väikeajast algav närvikimp paigutatud aju läbilõiget kujutavale MRI-kujutisele.

moodustavad aju valgeolluse. DTI abiga saavad uurijad esimest korda heita pilku aju eri piirkondi ühendavate närvikiudude võrgule. Lim ja tema kolleegid loodavad, et selgem pilt ajust võimaldab närvi- ja vaimuhaigusi paremini määratleda ning luua täpsemaid ravimeetodeid.

DTI puhul jälgivad radioloogid erilise raadiosageduse ja ühtlaselt muutuva tugevusega magnetimpulsside abil veemolekulide liikumist ajus. Suuremas osas ajukoest on veemolekulide difusioon ühtlane ja toimub kõigis suundades. Aksonites aga, mille rasvarikas valkjast müeliniinest neid läbi ei lase, hajuvad nad piki telge. Vee liikumise suunda analüüsides saavad teadlased niisiis pildi aksonitest.

Limi eeskujul on mitmed teisedki neuroloogid asunud DTI abil uurima mitmesuguseid muid terviserikkeid, nagu sõltuvushäired, epilepsia, ajutraumad ja neurodegeneratiivsed haigused. Nii näiteks on DTI abil välja selgitatud, et krooniline alkoholism nõrgestab aju valgeolluselisi sidetkanaleid, mis võib põhjustada joodikutel esinevaid tajuhaireid. Teised DTI-projektid uurivad insuldi, multiskleroosi või amüotroopse lateraalskleroosi (rohkem tuntud Lou Gehrigi tõve nime all) põhjustatud närvikoe armide seost patsientidel avalduvate puuetega.

Lim rakendab tehnoloogiat ka avaramalt, kombineerides

## Teisi teerajajaid

Difusioontensoruuringud

**Peter Basser** parema lahtusega kujutist võimaldav difusioontensoruuringutehnika

Riiklik Lapse Tervishoiu ja Inimarengu instituut

**Aaron Field** patsientide neurokirurgiline ettevalmistus

Wisconsin-Madisoni ülikool

**Michael Moseley** insuldi prognostika ja varajane ravi

Stanfordi ülikool

seada teiste valdkondade, nagu näiteks geneetika avastuste, et neuroloogiliste ja psühhiaatriliste häirete müsteeriume veelgi paremini lahti harutada. Nii näiteks on Limi tööühm leidnud, et geneetilise Alzheimeri tõve riskiga tervetel inimestel on konkreetses aju osades imeväikesed struktuuridefektid, mis vastava geeni mittekandjatel puuduvad. Kuidas need defektid seostuvad Alzheimeri tõve neuroloogiliste sümptomitega, on esialgu ebaselge, ent teadlased tegelevad selle seose otsimisega.

Lim ja teised viimistlevad pidevalt ka DTI tehnoloogiat ennast, et saavutada veelgi täpsem lähivaade aju mikroarhitektuurile. Näiteks suudetakse senise DTI abil küll hõlpsasti skaneerida neid aju osi, milles on palju ühesuunaliselt paiknevaid jämedaid kiudusid – nagu möhnkeha, mis ühendab mõlemat ajupoolkera. Raskeks läheb asi siis, kui kiud väljuvad möhnkehast ja suunduvad teistesse aju osadesse, moodustades keeruka juhtmepuntra.

Teadlased loodavad, et sellised valgeolluse uurimiseks sobilikud vahendid nagu DTI aitavad valgustada nii terve kui ka haigete ajude saladusi. Lim on veendunud, et tänu tema skisofreenia ja Alzheimeri tõve uuringutele on 10–20 aasta pärast saadaval märksa parem diagnostika. Niisiis uus lootus patsientide järgmisele põlvkonnale.

# Ühtlustatud autentimine

Kasutajate isiklike andmeid kaitsva ID-süsteemi rajaja Scott Cantor loodab teha interneti turvalisemaks.

**David Talbot**

Kui teil on internetis hulk kasutajatunnuseid ja paroolle – ühed töökoha või kooli jaoks, teised e-posti, kolmandad netikaupluste, pankade jne jaoks –, siis sarnanete te enamikuga internetikasutajatest. See kõik on tüütu ja tülikas ning aeglustab *on-line*-toiminguid kas või juba seetõttu, et osa paroolidest kipub ikka ununema. Mis aga veelgi halvem – autentimissüsteemide paljusid suurendab tõenäosust, et mingil hetkel satub teie privaatsus löögi alla või teie identiteet varastatakse.

Üks tänapäeva internetipettuste ja turvalisuskriisi peamisi põhjusi ongi veebipõhiste isikutuvastamissüsteemide “balkaniseerumine”. Microsofti ID- ja juurdepääsusüsteemide arhitekt **Kim Cameron** ütleb selle kohta oma ajaveebis nii: “Kui me ei midagi ette ei võta, hävitab vargus- ja kelmusjuhtumite pidev kasv lõppkokkuvõttes inimeste usalduse interneti vastu.” Interneti kui kasuliku ja hästi toimiva meediumi säilitamise huvides on väga oluline leida või

malusi selle usalduse õigustamiseks, arwab Massachusettsi Tehnoloogiainstituudi arvutiteadlane ja omaaegne juhtiv interneti protokolliarhitekt **David D. Clark**.

Ohio ülikooli vanemsüsteemiprogrammeerija **Scott Cantori** arvates võib vastus peituda autentimissüsteemides, mis võimaldavad veebikasutajatel pärast ühekordset isikutuvastamist turvaliselt ühelt saidilt teisele liikuda. Säärased süsteemid hoolitseksid nii kasutajate isikliku teabe privaatsuse kui ka veebikaupluste ja muude *on-line*-teenuseid pakuvate asutuste turvalisuse eest.

Cantor juhtis ülikoolides ja teadusasutustes kasutatava avatud standardil põhineva autentimissüsteemi Shiboletti väljatöötamist ja tema praegune projekt on seotud selle kasutusulatus laiendamisega. Ta pole vaeva näinud üksnes süsteemi sujuva töö tagamise, vaid ka sildade loomisega selle ja paralleelsete kommertsilahenduste vahel.

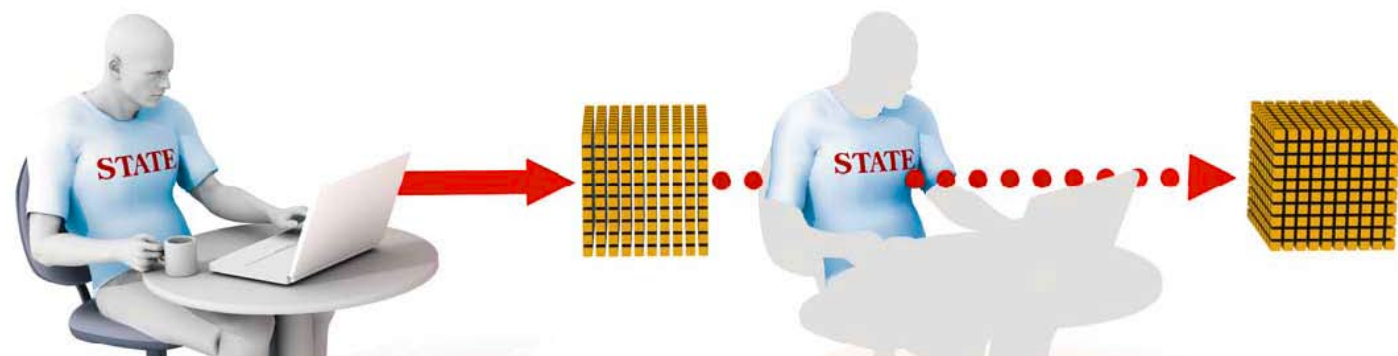
“Scott on selle bändi *rock*-staar,” ütleb Browni Ülikooli IT-arhitekt **Steven Carmody**, kes juhib Shiboletti projekti Michigani osariigis Ann Arboris asuvas teaduskonartsuimis Internet2. Seal töötatakse välja nüüdisaegseid internetitehnoloogiasid teaduslaboritele ja ülikoolidele. “Tänu Scotti tööle on säärase internetisuhtluse haldamine tunduvalt lihtsam, kusjuures tagatud on ka iga toiminguga turvalisus ja vajalikul tasemel tõestatus.”

Shiboletti ei toimi üksnes autentimissüsteemina, vaid vastupidi tavaootustele ka privaatsuse kaitsjana. Näiteks oletame, et Ohio ülikooli tudeng soovib pääseda Browni *on-line*-



# Nanobiomehaanika

Subra Suresh on veendunud, et rakkusid mõjutavate imeväikeste jõudude mõõtmine võimaldab haigusi paremini tundma õppida.



**TURVALISUS KOOS PRIVAATSUSEGA:** Shibbolethi tarkvara võiks muuta interneti märksa usaldusväärsemaks. See võimaldab ühekordse sisselogimisega pääseda edasi paljude organisatsioonide veebilehekülgedele, kinnitades kasutaja isikusamasust ja ühtlasi kaitstes privaatsust. Näitena toodud skeemil logib üliõpilane sisse oma ülikooli kodulehele ja klikib sealt edasi teise ülikooli veebi. Shibboleth kinnitab, et tegu on üliõpilasega, jättes nime varjatuks.

raamatukokku. Ohio ülikooli serveris on turvalisel kujul talletatud tema isikuandmed – nimi, vanus, akadeemiline kuuluvus jne. Ta sisestab oma kasutajatunnuse ja parooli Ohio koduleheküljelt. Kui ta aga suundub edasi Browne koduleheküljele, võtab juhtimise üle Shibboleth. See annab serverile edasi vaid need andmed, mida Brown tegelikult vajab: kasutaja on Ohio ülikooli registreeritud üliõpilane.

Kuigi osa USA ülikooli rakendab Shibbolethi juba 2003. aastast, hakkas selle kasutus kiiresti kasvama aastast 2005. Praegu on see kasutusel rohkem kui 500 koduleheküljel kogu maailmas, sealhulgas Austraalia, Belgia, Inglismaa, Soome, Taani, Saksamaa, Šveitsi ja Hollandi haridussüsteemides. Koguni Hiina asutused on hakanud sellega ühinema. 2005. aasta lõpul teatas Internet2 Shibbolethi koostalitlusvõimest Microsofti turvasüsteemiga Active Directory Federation Service.

Mis eriti oluline – Shibboleth hakkab leidma rakendust ka erasektoris. Kirjastusgrupi Elsevier teadus- ja meditsiinkirjanduse haru võimaldab nüüd ülikoolide klientidele juurdepääsu oma on-line-andmebaasidele Shibbolethi kaudu, olles loobunud Elsevieri võrgus eraldi toimivast sisselogimissüsteemist. Lisaks on Cantor loonud tihedad sidemed Liberty Alliance'iga, rohkem kui 150 firmast ja asutusest koosneva konsortsiumiga, mis samuti tegeleb ühtsete ID- ja autentimissüsteemide loomisega.

Cantori toetusel on konsortsium, kuhu kuuluvad sellised ettevõtted nagu AOL, Bank of America, IBM ja Fidelity Investments, võtnud oma autentimissüsteemide aluseks ühtse standardi, mida tuntakse nime all SAML. Allians, selgitab Cantor, "maadles paljuski samade raskete probleemidega mis meie ja me hakkasime tungima samadele mängumaadele. Nüüd oleme lähtealustes kokku leppinud ---, me püüame muuta need üldkäibivaks." Tehnilised takistu-

## Teisi teerajajaid

Ühtlustatud autentimine

### Stefan Brands

krüptoloogia, ID-haldus ja autentimistehnoloogiad

McGilli Ülikool

### Kim Cameron

digitaalse isikuteabe haldamise ja kasutamise süsteem InfoCard

Microsoft, Redmond, Washingtoni osariik

### Robert Morgan

eri allikatest isikuandmeid koguv "isikuregister", skaleeritav autentimissüsteem

Washingtoni ülikool

### Tony Nadalin

isikut tuvastava tarkvara platvorm

IBM, Armonk, New Yorgi osariik

sed ületatud, saavad firmad nüüd arendada süsteeme vastavalt oma konkreetsetele äri vajadustele.

Muidugi ei ole Cantor internetipõhiste autentimissüsteemide alal ainus teadlane ega Shibboleth ainus tehnoloogia. 1999. aastal näiteks tõi Microsoft kasutusele oma süsteemi Passport, mis võimaldab Windowsi kasutajatele e-postiaadressi ja parooli abil ligipääsu kõikidele süsteemiga liitunud veebisaitidele. Siiski kannatas Passport hulga turva- ja privaatsusprobleemide all.

Ent tänu Shibbolethi rühma ja Liberty Alliance'i jõupingutustele võivad veebis surfajad juba lähema aasta või paari jooksul saada ühe sisselogimisega ligipääsu paljudele saitidele, sedamööda kuidas ettevõtted lähevad üle koostalitlevatele autentimissüsteemidele.

## Michael Fitzgerald

**E**namik inimesi ei mõtle inimkehast kui masinast, Subra Suresh aga küll. Massachusettsi Tehnoloogiainstituudi materjalitehnoloog Suresh nimelt mõeldab meie rakkudele mõjuvaid nõrgakesi mehaanilisi jõudusid.

Meditsiinis on ammu ilmnenu, et haigused võivad tekitada füüsikalisi muutusi rakkudes või ka nende tõttu tekkida. Nii näiteks võivad organismi tunginud parasitid moonutada või rikkuda vereliblesid ning südame seiskumine võib olla põhjustatud lihaskrakkude suutmatusest ähvardava ataki eel kokku tõmbuda. Õppides tundma kuni ühe pikonjuutoni – triljondiku njuutoni suuruste jõudude toimet rakkudele, saavad teadlased märksa üksikasjalikumalt kirjeldada haigete ja tervete rakkude erinevusi.

Suresh on oma karjääri vältel pikka aega tegelnud materjalide – näiteks mikroelektroonikas kasutatavate üliõhukeste kilede nanotasandil mõõtmistega. Ent alates 2003. aastast on tema laboratoorium üha enam keskendunud nanomöödistustehnikate kohaldamisele elusorganismi rakkude mõõtmiseks. Nüüd kuulub temagi nende novaatorlike materjalitehnoloogide hulka, kes tihedas koostöös mikrobioloogide ja meedikutega püüavad välja selgitada, kuidas organismi rakud imetillukestele jõududele reageerivad ja kuidas haigused muudavad nende füüsikalist vormi. "Meie panus sellesse ettevõtmisse on oskus mõõta materjalide tugevust üliväikeses mõõtkavas," ütleb Suresh.

Ühe Sureshi hiljutise uuringu käigus mõõdeti mehaanilisi erinevusi tervete vere punaliblede ja malaariaparasitiididega nakatunud punaliblede vahel. Suresh ja tema kaastöötajad teadsid, et nakatatud verelible muutuvad jäigemaks ja kaotavad võime laiuses kokku tõmbuda kaheksalt mikromeetrilt kahele-kolmele mikromeetrile, mida läheb tarvis kapillaaridest läbi libisemiseks. Jäigad verelible võivad ka-

pillaare ummistada ning põhjustada ajuverejookse. Ehkki ka mitmed teised olid püüdnud täpselt kindlaks määrata, kui jäigaks malaariast nakatatud verelible muutuvad, õnnestus Sureshil oma seadmete abil teostada varasemast palju täpsemad mõõtmised. Kasutades optilisi pintsette, milles ülifokuseeritud laseri abil mõjutatakse imeväikeste jõududega rakkude pinnale kinnitatud objekte, leidsid Suresh ja tema kolleegid, et malaariast nakatunud punaverelible on tervetest kümme korda jäigemad – seega kolm kuni neli korda jäigemad, kui varem arvati.

Saksamaal Stuttgartis asuva Max Plancki instituudi materjalitehnoloogia õppetooli juhataja Eduard Arzt peab Sureshi tööd tähtsaks, sest raku elastsus on ülioluline tegur mitte üksnes malaaria, vaid ka metastaasidega vähirakkude puhul. "Paljud juba ammu mehaanikas kasutusel olnud mõisted, nagu tugevus ja elastsus, on väga olulised ka bioloogias," ütleb Arzt.

Nii Arzt kui ka Suresh hoiatavad, et praegu on veel liiga vara öelda, kas inimkeha rakkude mehaanika tundmaõppimine toob kaasa ka tõhusamad ravivõimalused. Küll aga erutab neid ja teisi selles valdkonnas töötavaid teadlasi võimalus mõõta rakkude omadusi enneolematu täpsusega. Erutust jagavad ilmselt teisedki: mullu oktoobris toimus Sureshi osavõtul ühenduse Global Enterprise for Micro-Mechanics and Molecular Medicine asutamistsereemoonia. Tegemine on rahvusvahelise konsortsiumiga, mis hakkab nanomõõtmiste abil uurima laialt levinud tervisehäireid, nagu malaaria, sirprakaneemia, maksa- ja kõhunäärmevähk ning südame-veresoonkonnahaigused. Suresh on selle organisatsiooni asutava komitee esimees.

"Me teame, et mehaanikal on haigustes oma osa," ütleb Suresh. "Loodetavasti on sellest abi ka ravi väljatöötamisel." Kui jah, siis võib nanomõõtmiste tibitillukesel valdkonnal olla tulevikumeditiinile hiigelsuur tähendus.

## Teisi teerajajaid

Nanobiomehaanika

### Eduard Arzt

kõhunäärmevähi rakkude ehitus ja liikuvus

Max Plancki instituut, Stuttgart, Saksamaa

### Peter David,

### Genevieve Milon

parasiidi-peremehe interaktsioon, põrna mehaanika

Pasteuri instituut, Pariis, Prantsusmaa

### Ju Li

rakusiseste struktuuride modelleerimine

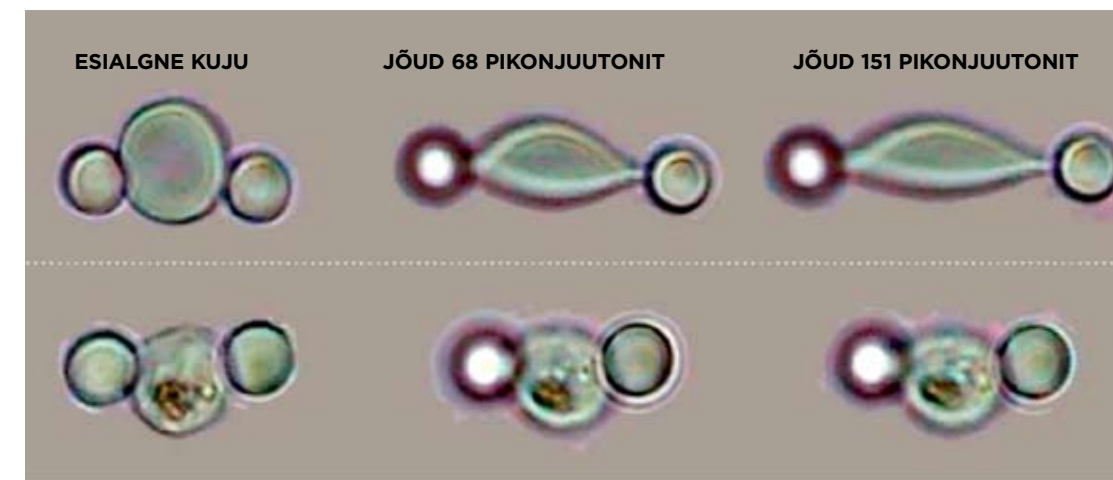
Ohio ülikool

### C. T. Lim,

### Kevin Tan

vere punaliblede mehaanika

Singapuri riiklik ülikool



**OPTILISED PINTSETID:** Optiliste pintsettidega venitatakse aeglaselt tervet vere punaliblet (ülemine rida), rakendades pikonjuutonites mõõdetavat jõudu. Sama jõudu rakendatakse hilise malaaria staadiumis punaliblele (alumine rida). Katse näitab, et nakatunud verelible on muutunud jäigemaks, mis takistab läbipääsu kapillaaridest ja põhjustab malaaria sümptomeid.





Dipankar Raychaudhuri.

# Traadita lausvõrk

Kas kogu meie traadita tehnika võib omavahel hästi läbi saada? Sellele küsimusele üritab vastata Dipankar Raychaudhuri.

**Neil Savage**

**N**ew Jersey osariigis New Brunswicki linnas ühes suures valgete seintega ruumis ripub laest terve trobikond kollaseid kaste. Kokku on neid kaheksasada ja nad moodustavad ainulaadse raadiote süsteemi, mis võimaldab teadlastel välja töötada ja katsetada ühendusi liikuvate, raadiosidega varustatud arvutite vahel pidevalt muutuvas konfiguratsioonides.

Nagu ütleb nende kastide peremees, Rutgersi ülikooli laboratooriumijuhataja **Dipankar Raychaudhuri**, on just selliste *ad hoc*-võrgustike moodustamise võimalus võtmeks traadita lausvõrkude ajastusse, kus kõik seadmed alates autost ja lõpetades kohvitassiga omavahel "kõnelevad", et teie elu senisest mugavamaks muuta.

Traadita toimingud leiavad aset nüüdki: kõik autojuhid, kes valivad maantee väravas EZ-Passi saatja abil kiire sõidurea, osalevad neis iga päev. Ent Raychaudhuri ennustab, et juba mitte väga kauges tulevikus hakkavad kaupadele kinnitatud RFID (*radio frequency identification*) kiibid võtma kõnesid teie taskutelefonile, et teatada tühjendusmüügist; autod hakkavad omavahel vestlema, et vältida kokkupõrkeid, ning eakamad inimesed kandma südame- ja vererõhuandureid, mis hädaolukorras võtavad ühendust raviarstiga. Ka silmusvõrkudel – sidevõrkudel traadita seadmetest, mis edastavad üksteisele andmeid, kuni need jõuavad keskarvutisse – võib vaja minna ühendusi peilerite, mobiiltelefonide või teiste mitmesuguseid traadita side protokolle kasutavate seadmetega.

Sajad teadlased ülikoolides, suurfirmades nagu Microsoft, Intel ja Nortel ning väikestes uusettevõtetes tegelevad raadio teel suhtlevate seadmete ja sensorite loomisega. Ent kogu kompuutertehnika tõeliseks lausvõrgustamiseks tuleb kõik need erinevad jupid ühte siduda, ütleb Rutgersi ülikooli elektro- ja andmesidetechnika professor Raychaudhuri. Just selle eesmärgiga sündiski kõnealune raadiosüsteem, mille ehitamiseks lisaks Raychaudhurile arvutiteadlased **Ivan Seskar** ja **Max Ott**.

Üks probleem, millega teadlased silmitsi seisavad, on see, et eri seadmed kasutavad suhtlemisel erinevaid raadiostandardeid: RFID-seadmed üht, mobiiltelefonid teist ja mitmesugused WiFi-seadmed kolmanda erinevaid versioone. Kõigi nende sidumine üheks lausvõrguks eeldab nende varustamist ühtse protokolliga.

Võtame näiteks liiklusturvalisuse. Autode varustamine omavahelise suhtlemise võimalusega lubaks ära hoida a-

## Teisi teerajajaid

Traadita lausvõrk

**David Culler**  
operatsioonisüsteemid ja vahevara traadita sensoritele  
*California Berkeley ülikool*

**Kazuo Imai**  
mobiilside integreerimine teiste võrgutehnoloogiatega  
*NTT DoCoMo, Tokyo, Jaapan*

**Lakshman Krishnamurthy, Steven Conner**  
traadita võrkude arhitektuur  
*Intel, Santa Clara, California*

riisid: Raychaudhuri kujutluses oleks igal autol GPS-seade, mille abil sõiduk saadaks oma täpsed koordinaadid teistele lähedal asuvatele sõidukitele. Ent selle visiooni teostamiseks läheb vaja protokolle, mis võimaldab autodel mitte üksnes omavahel suhelda, vaid ka otsustada, mitu ümberkaudset autot oma võrgustikku hõlmata ja kui kaugelt tuleks teisi autosid kõnetada.

Programmeerijad, kes kirjutavad sellise protokolle katseversioone, testivad neid raadiolaboris. Iga kollane kast sisaldab arvutit ja kolme raadioseadet, millest kaks kasutavad erinevaid WiFi-standardeid ja üks kas Bluetoothi või ZigBee'd (väikese raadiusega traadita andmesideprotokollid, millega töötavad vastavalt tarbeelektronika ning mitmesugused jälgimis- ning kontrollseadmed). Teadlased konfigureerivad raadiod vastavalt olukorrale, mida tahetakse katsetada, ning laevad oma protokollid, et näiteks välja selgitada, kui kaua aega läheb igal raadiol oma naabrite leidmiseks ja andmete edastamiseks. "Kui ma tahan, et autod kokku ei pörkaks, siis ei tohi teise auto lähedaloleku äratundmiseks kuluda kümme sekundit," räägib Raychaudhuri. "See peab toimuma mõne mikrosekundi jooksul."

Rutgersi raadiolabor on esimene suur avatud uurimislaboratoorium, kus teadlased saavad uurida traadita seadmete koostööd ja võrgutehnoloogiaid. "See teatud mõttes päriselule sarnanev keerukus, töötamine reaalsete arvudega, mida ta [labor] võimaldab, muudab selle kõik üsna erakordseks," ütleb **Tod Sizer**, firma Lucent Technologies Bell Labs traadita tehnoloogiate arendusjuht.

Sizeri rühm töötab koos Raychaudhuriga välja tarku raadiomooduleid, mida oleks võimalik programmeerida töötama arvukatel erinevatel traadita andmeside standarditel, nagu RFID, WiFi ja mobiiltelefoniprotokollid.

Ajal, kus terved teadlaste armeed ehitavad aina uusi võrgustatavaid seadmeid, seisab Raychaudhuri sõnul lausvõrgu tormiline areng just sideprotokollide standardiseerimise taga. Juba viie aasta pärast ümbritsevad meid kõikjal raadioühendusega seadmetest koosnevad võrgud, usub ta. Tema eesmärk on vähendada argielu "hõõrdumist", kaotada järjekordi, säästa asjade otsimisele kuluvat aega, automatiseerida turvaprotseduure näiteks lennujaamades jne. "Kokkuhoid on kümme sekundit siin, kaks minutit seal, aga see loeb," ütleb ta.

Ta kinnitab, et kõigest kaheprotsendiline hõõrdumise vähenemine maailma majanduses suurendaks tootlikkust sadade miljardite dollarite eest. "Üksikult võttes on iga toiming väike, aga kasu ühiskonnale tohutu."



**Teisi teerajajaid**

Veniv räni

**Stephanie Lacour**

neuroelektronilised vahendid närvisüsteemi kahjustuste ravis

Cambridge'i ülikool, Inglismaa

**Takao Someya**

orgaanilistel transistoritel põhinev suurte pindade elektronika

Tokyo ülikool

**Sigurd Wagner**

õhukesest ränist koosnev "elektroniline nahk"

Princetoni ülikool

# Veniv räni

Ränile uusi "trikke" õpetades muudab John Rogers meie arusaamu elektronika kasutusvõimalustest.

**Kate Greene**

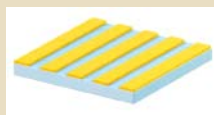
Pragu koosneb enamik mikroskeeme jäikadest kiipidest, ent kiirelt sammub lähemale õhukeste ja painduvate, ajalehena kokku rullitavate seadmete ajastu. Juba on olemas painduvate mikrokiipidega "targad" krediitkaardid ning firmad nagu Fujitsu, Lucent Technologies ja E Ink töötavad välja "elektronilist paberit" – õhukesi, paberisarnaseid ekraane.

Kõige otsesemas mõttes painduvad mikroskeemid koosnevad plastlehtedele piserdatud või trükitud orgaanilistest pooljuhtidest. Sobides küll kokkurullitavate ekraanide valmistamiseks, on orgaanilised pooljuhid nõudlikuma andmetöötuse jaoks siiski liiga aeglased. Siin läheb ikkagi tarvis räni või mõnd muud kiiret anorgaanilist pooljuhti. Seetõttu leidis Illinoisi Urbana-Champaigni ülikooli materjalitehnoloog John Rogers võimaluse, kuidas muuta räni venivaks.

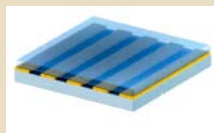
Paindub on hea, aga veniv on veelgi parem, ütleb Rogers – eriti just liikuvatele pindadele liibuvate suure läbilaskevõimega mikroskeemide puhul, mida vajatakse näiteks niimetatud tarkade rõivaste või kaitseülkondade puhul. "Plastkiilet ei ole kuigi mugav seljas kanda," ütleb ta.

Rogeri venivast ränist mikroskeemide potentsiaalsete rakenduste hulk on tohutu. Neid saab kasutada kirurgikinnastesse ehitatud sensorites, mis mõõdavad vere keemilist koostist ja teavitavad arsti tekkinud probleemidest, ilma et väheneks käe puutetundlikkus. Selle abil saab valmistada jäsemeproteese, mis muudavad kuju vastavalt rõhu või temperatuuri muutustele.

Rogersi saavutuse muudab iseäranis muljetavaldavaks see, et see töötab monokristallränniga – samasugusega, nagu leiab kasutus mikroprotsessorites. Nagu ükski monokristall, ei taha ka monokristallränni tavaolekus venida. Isegi painutamiseks tuleb sellest valmistada üliõhuke, paarisaja na-



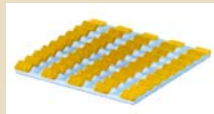
Alusele asetatud õhukesed räniribad



Räniribade külge kleebitakse venitatud elastikmaterjal



Elastikmaterjali aluselt maha koorides tulevad räniribad kaasa



Elastikmaterjali lahtilaskmisel võtavad räniribad lainelise kuju, nii et materjali võib hiljem uuesti välja venitada. Painduvat räni saab kasutada elektroniliste rõivaste valmistamiseks.

nomeetri paksune löik, mis kinnitatakse painduvale alusele. Rogers kasutab ära õhukese räni painduvust, ent ei kinnita seda plastile, vaid kitsaste ribadena väljavenitatud olekus kummitaolisele polümeerile. Kui väljavenitatud polümeer kokku tõmbub, räniribad kummuvad, ent ei purune, moodustades "lained", mida on võimalik jälle sirgu venitada.

Rogersi tööühm on valmistanud neist õhukestest räniribadest enne polümeerile kinnitamist diode ja transistoreid – elektroniliste seadmete põhikomponente. Lainelised elemendid töötavad täpselt sama hästi kui tavapärased jäigad, kinnitab Rogers. Teoreetiliselt tähendab see, et terviklikud mikroskeemid, nagu on kasutusel arvutites ja teistes elektronilistes seadmetes, peaksid tõrgeteta töötama ka lainelistena.

Rogers ei ole esimene teadlane, kes on loonud venivat elektronikat. Mõne aasta eest võtsid Sigurd Wagner ja tema kolleegid Princetoni ülikoolist käsile ka venivate mikroskeemide valmistamise, kui olid leiutanud elastsest metallist juhtelemendi. Venivat metalli kasutas Wagneri tööühm jäikade ränist "saarekaste" omavahel ühendamiseks. Ränist transistorid ise ei veninud, küll aga venis kogu mikroskeem. Siiski märgib Wagner, et tema tehnika ei sobi nõudlikele skeemidele, nagu näiteks Pentiumi mikroprotsessoris. "Johni suur saavutus on tavalise, suure läbilaskevõimega räni ärakasutamine," ütleb Wagner.

Lihtsate diodide juurest sensorite ja teiste praktilise kasutusväärtusega mikrokiipide integreeritud mikroskeemideni jõudmiseks kulub ilmselt vähemalt viis aastat, ütleb Rogers. Samal ajal tegeleb tema tööühm räni muutmiseks veelgi venivamaks. Kui räni kinnitub kummitaolisele materjalile sirgete ribadena, saab seda venitada ainult ühes suunas. Muutes ribad geomeetriat, loodab Rogers muuta seadmed piisavalt painduvaks, et neid saaks kokku voltida nagu T-särki. Säärase elastsuse puhul võib räni kasutus tuleviku elektronikas olla lausa kujuteldamatult paindlik.

Copyright ©2005 Massachusetts Institute of Technology. All Rights Reserved. From the MIT Technology Review. Distributed by Tribune Media Services International.



Professor Nick von Tunzelmann töötab Sussexi ülikoolis R. M. Phillipsi nimelise teadus- ja tehnoloogiapoliitika professorina alates 1984. aastast. Prof Tunzelmann on avaldanud mitmeid raamatuid ja lugematul hulgal teadusartikleid tehnoloogia arengu, tootlikkuse ja innovatsiooni teemal. Tema kõige värskem raamat, mis on koostatud koostöös Helena Hannula ja Slavo Radoseviciga, räägib just Eesti majanduse arengust ("Estonia, the New EU Economy: Building a Baltic Miracle?" 2006).

Prof Tunzelmann on uurinud Eesti tehnoloogilist ja majandusarengut juba aastaid ning on juhendanud ka mitmeid Eesti doktorante. Tema seosed Eestiga ulatuvad märksa kaugemale. Ehkki prof Tunzelmann ise on sündinud Uus-Meremaal, elasid tema esivanemad mitu sajandit Eestis, kuhu nad kolisid Saksamaalt 17. sajandil. Tema vanavanaisa sündis Saaremaal ning üks tema vanaonudest oli 19. sajandi keskel Tallinna (tollal Revali) kuberner.

Käesolev intervjuu on jätkuks novembris toimunud konverentsile "Eesti teelahkmed" ja eelmises HEI numbris ilmunud intervjuule prof Christenseniga. Mõlemad intervjueritid on maailmas laialt tuntud eksperdid innovatsiooni alal – prof Christensen erasektori vaatevinklist ning prof Tunzelmann makromajandusliku ja poliitika nurga alt.

# Eesti peab ressursse arukamalt kasutama

Intervjuu Sussexi ülikooli professori Nick von Tunzelmanniga.

**Kristi Hakkaja**

George Washingtoni ülikool  
MA 2007 (rahvusvaheline teadus- ja tehnoloogiapoliitika)

**Mis on teie seisukohalt innovatsioon ja kes on selles kesksel tegijateks?**

Innovatsioon on sisuliselt igasugune muutus meid ümbritsevas keskkonnas, juhul kui see hõlmab arengut paremusse poole ja midagi uutset. Põhimõtteliselt võib innovatsioon







aset leida mitmesugustes keskkondades – sotsiaalses, institutsionaalses jne –, ent käesolevas kontekstis on mõttekas keskenduda tootvale keskkonnale ehk siis kõigele, mis seondub äri ja majandusega. Majanduskontekstis tähendab innovatsioon sisuliselt tootjate, varustajate ja tarbijate panuste ühendamist eelkirjeldatud muutustes. Tänapäeval muutuvad innovatsiooni seisukohalt üha olulisemaks aga hoopis mitmesugused võrgustikud ja seosed eelnimetatud tegijate vahel.

**Millised on innovatsiooni olemasoluks vajalikud eeltingimused? Kas Eestis on need olemas?**

Kogemused on näidanud, et innovatsiooni vallas on kõige edukamad need riigid, mis suudavad kõige paremini ühendada oma inimressursi muude ressurssidega. Suurriikides on see vähem oluline, kuna seal luuakse pidevalt suures koguses kvalifitseeritud tööjõudu. See on minu arvates ka peamine põhjus, miks Hiina ja India on nihkunud esiplaanile masstootmise üleilmsete suurtegitajana – nad lihtsalt suudavad toota peaaegu piiramatus koguses igasuguse oskustepagasiga tööjõudu.

Väikestes riikides on palju tähtsam nende ressursside oskuslik ühendamine. Seda eriti olukorras, kus need riigid surutakse üha enam sellistesse nišivaldkondadesse, kus on vähem odaval masstootmisel põhinevat konkurentsi. Niisugustes riikides – ja Eesti on selgelt üks neist – on piiratud ressursside maksimaalne ärakasutamine, piirkondlik koondumine ja tulevikku vaatavate võrgustike loomine absoluutselt kriitilise tähtsusega. Ma usun, et Eestis on kõik baaselemendid olemas. Nagu iga teinegi riik, saaks Eesti aga neid tunduvalt paremini ära kasutada.

**Kui suur on tõenäosus, et need tingimused tekiks iseenesest majandusarengu tulemusena, ja kui palju sõltuvad nad riigi poliitikast ja tegemistest?**

Riigi roll on siin mõneti kaudne. Ühelt poolt ei too see kaasa edukat majandusarengut, kui jääda täielikult lootma turumajandusele, ent teisalt peab valitsuse poliitika alati sobituma kokku turumajanduse loogikaga. Mida peab valitsus tegema ressursside paremaks mobiliseerimiseks, vajalike võrgustike loomiseks ja sobival suunamiseks, pole tänaseni täpselt veel teada. Mõningates riikides on valitsus korraldaja rollis, vähemalt niikaua, kuni esiplaanile tuleb mõni teine korraldaja. Valitsusel on ka keskne roll ressursside loojana, näiteks inimressursi tekkes haridus- ja koolitussüsteemi kaudu. Kaudsemad tegevused, nagu standardite loomine ja kehtestamine, võivad korralikult läbimõelduna samuti tuua palju kasu.

**Milline on innovatsioonipoliitika roll innovaatiliste tegevuste toetamisel erasektoris?**

Eelnevale tuginedes võib öelda, et innovatsioonipoliitika peab olema eelkõige laiemal lähenemisega ega peaks keskenduma üksnes teadus- ja arendustegevuse investeerimisele suurendamisele või konkreetsetele üksikülesannetele.



**Professor Nick von Tunzelmann rääkis mullusel foorumil "Eesti teelahkme!" muu hulgas sellest, et infotehnoloogiaasaavutusi tuleb rakendada senisest laiemates majandusvaldkondades.**

le. Just innovatsioonipoliitika roll on pakkuda ühtset lähenemist, milles kõik ressursid panustavad majandusarengusse ja seda toetavasse innovatsiooni.

Väiksemate riikide hulgas on selle poolest olnud edukas näiteks Taani, mis on oma olemasolevatele võimetele ja oskustele tuginedes ehitanud üles kõrgeltarenenud ühiskonna.

Teiseks võrreldavaks näiteks on Iirimaa, mis on kuuulus 1980. aastate "kõrgtehnoloogiliste" välisinvesteeringute massilise sissevoolu ning Euroopa Liidu rahalise toetuse eduka rakendamise poolest. Samas tuleks Iirimaaale tunnustust jagada ka samal perioodil aset leidnud ülieduka kodumaise ressurssiloomingu ning riiklike suhtekorralduslike algatuste eest. Iirimaa kasutas sihipäraselt ära oma tugevaid sidemeid välisriikides, eriti just oma tohutut USA kogukonda, meelitamaks endale rohkem tähelepanu ja tootlikke investeeringuid. Iirimaa on suurepäraseks näiteks sellest, kuhu üks varem mahajäänute kilda kuulunud majandus kõiki oma jõude ja parimaid ajusid koondades võib jõuda.

**Üha tihenevas globaalses konkrentsis on Eesti ettevõtted niigi sunnitud toime tulema äärmiselt piiratud ressurssidega. Kuidas peaksid nende firmade juhid suutma leida ressursse tehnoloogia arendamiseks ja innovatsiooni investeerimiseks?**

Firmajuhid ei saa jääda lootma sellele, et innovatsiooni tarbeks vajalikud ressursid neile kätte jagatakse. Ühest küljest peavad nad ikka enam tegelema oma olemasolevate ressursside kaasajastamisega, milleks neil tuleb sageli ette võtta in-

novaatilisi tegevusi. Teisalt tunnetavad ettevõtted kogu maailmas vajadust saada osa järjest suuremast ressursside hulgast, mistõttu muutuvad sagedamaks mitmesugused koostöö- ja võrgustikuühendused ettevõtete vahel. Mõlemad trendid on märk sellest, kui võrd vajalik on (inim)ressursi võimalikult tõhus ärakasutamine ja mobiliseerimine, nagu ka selle juurde tootmine.

**Needsamad ressurssipiirangud on kõige vallasamini tuntavad just väikefirmades. Kuidas saavad väikefirmad olla sama innovaatilised või isegi innovaatilisemad kui suurettevõtted?**

Need mured on tõepoolest kõige suuremad just väikefirmades. Seetõttu peavad nad veelgi enam panema rõhku mitte üksnes vajalike ressursside leidmisele ja efektiivsele ärakasutamisele, vaid ka nende strateegilisele suunamisele konkreetsetesse valdkondadesse, mis on aluseks ellujäämise ja arengu seisukohalt vajalikele nišistrateegiatele. Väikefirmade eriline seisund sunnib neid ka rohkem välja- ja poole vaatama ja koostööd tegema.

Need küsimused on kõige kriitilisemad väikefirmades, mille eesmärgiks on pigem kasvada, mitte väikefirmaks jääda, ehkki enamik neist eelistab tegelikult just seda. Ligipääs uuenduslikele ideedele ja tipptehnoloogiale on kasvavate firmade jaoks kriitilise tähtsusega.

Heaks näiteks sihipärasest kasvust on Briti päritolu kiibifirma ARM, mis kasvas väiketootjast börsifirmaks just nimelt tänu strateegilisele ümberorienteerumisele üksnes disainile.

**Nick von Tunzelmanni hinnangul on Eestil ressursid ja head eeldused kiireks arenguks, kuid neid on vaja õppida paremini ära kasutama.**

**Te olete mõnevõrra kursis ka Eesti oludega. Kuidas te hindaksite Eesti majanduse innovaatilisust?**

Eestil on märkimisväärselt suur potentsiaal olla vägagi innovaatiline tulenevalt eelkõige kolmest tegurist: soodus geograafiline asend juhtivate Skandinaavia riikide vahetus läheduses kombineerituna avatusega välismaailmale, tööjõu kõrge haridustase ja suur tahe areneda, ning suhteliselt väike huvide lahknevus ja tihe inimestevaheline suhtlemine – ehkki selles osas tuleks rohkem vaeva näha. Eesti peaks rohkem mõtlema sellele, kuidas oma väikest mastapi puudusest eeliseks muuta.

**Millised strateegilised sammud on vajalikud, et suurendada Eesti majanduse konkrentsi-võimet?**

Selleks, et muuta oma väiksust puudusest eeliseks, peab Eesti tõsiselt üle vaatama, kus peituvad ta tegelikud konkrentsieelised.

Minu arvates on Eestil mõningad tugevused loodusressurssides, nagu näiteks puidutööstuses, aga veel enamgi loodavates ressurssides, nagu näiteks haridus. Majandussektoritest on Eestil eeliseid nii teeninduses (nt kommunikatsioon, finantsteenused ja turism) kui töötlevas tööstuses. Kõrgtehnoloogiline lähenemine on oluline, ent mitte eraldiseisvana, vaid integreerituna juba olemasolevatesse majandussektoritesse. Pole mõtet luua elektroonikatööstust või biotehnoloogiasektorit üksnes nende endi pärast.

Oluline on teadmiste mobiliseerimine ja levitamine eri valdkondadesse. Kõrgtehnoloogilise lähenemise omaksvõtmine e-valitsuse kujul näitab, et kõrgtehnoloogia ühendamine traditsioonilisega on realistlik.

Samal ajal tundub Eestis valitsevat traditsiooniline mõttemall teadustööst, millest enamik on koondunud ülikoolidesse. See ei tähenda, et traditsioonilist teadustööd tuleks vähendada, vaid paremini tuleks kogu innovatsioonisüsteemi liita muud organisatsioonid ja tugistruktuurid, miskaudu saab neid ka paremini stimuleerida pühendama enam ressursse innovatsioonile.

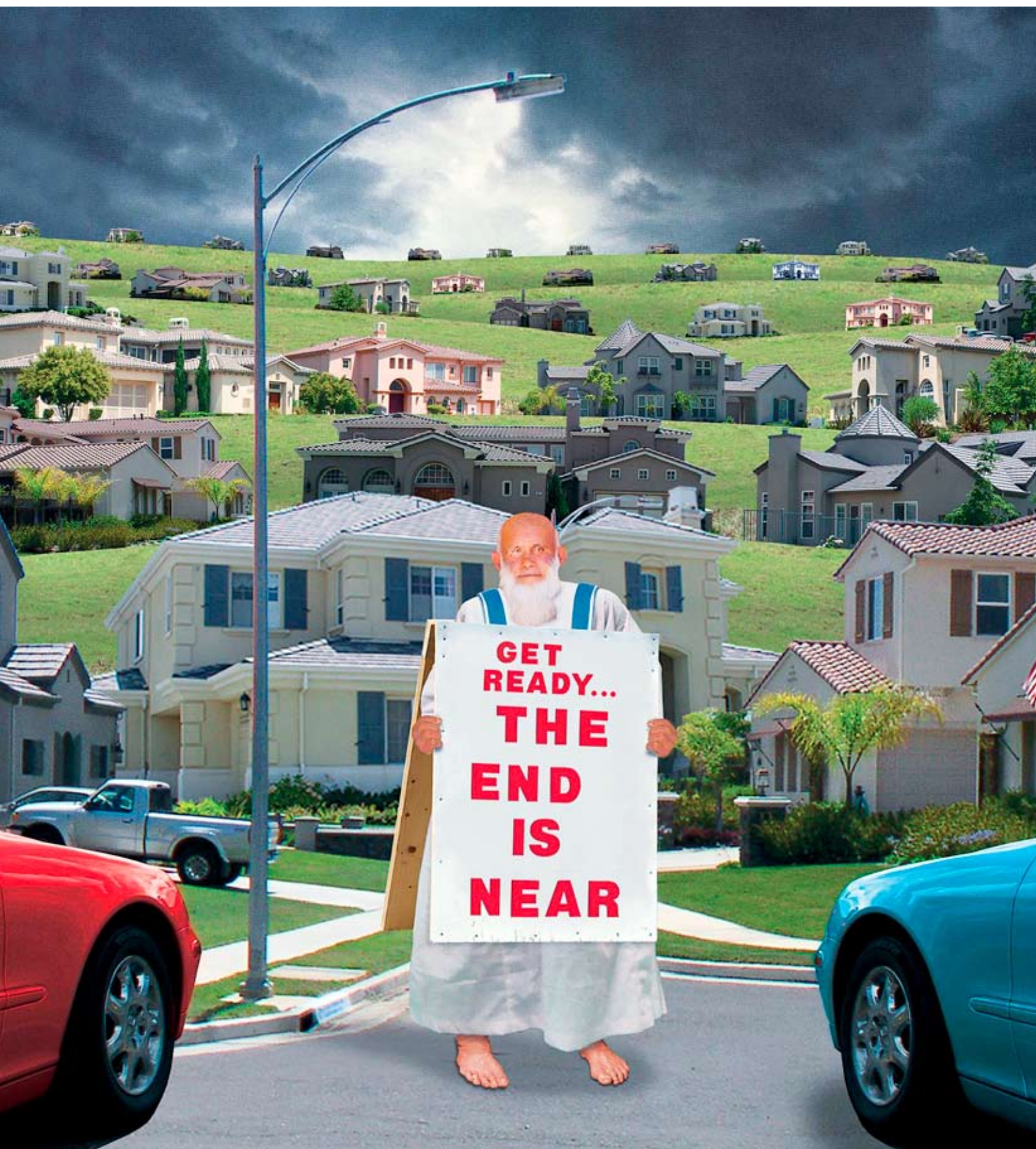
**Eestis, nagu mujalgi Euroopas, valitseb kvalifitseeritud tööjõu nappus. Kuidas saaks Eesti niisugust tööjõudu ligi meelitada, kui see valmistab peavalu isegi suurtele ja rikastele Euroopa riikidele?**

Eesti, nagu teisedki väikeriigid – sealhulgas minu enda sünnikodu Uus-Meremaa –, peab maksimaalselt ära kasutama kogu oma inimressursi ja andekaid inimesi.

Välissuhtluses tähendab see põhimõtteliselt seda, et tuleb säilitada tihedaid suhteid inimestega, kes on kodumaalt lahkunud ja ei kavatsa võib-olla alaliselt tagasi tulla, kuid on valmis pakkuma oma mitmekülgseid teadmisi kodumaa teenistusse. Riigisiselset nõuab see keskendumist nišispetsialiseerumises ja eristumises peituvatele eelistele ning olemasoleva inimressursi efektiivsemale kasutamisele.



# Valmismehed



Odav nafta lõpeb varem või hiljem. Mis saab tsivilisatsioonist?

## Bryant Urstadt

Odav nafta saab varem või hiljem otsa. Geoloog **M. King Hubberti** kõige pessimistlikumate jüngerite arvates saavutab tootmismaht haripunkti millalgi enne 2010. aastat. Teised väidavad, et murdepunkt saabub alles aastakümnete pärast.

Mis edasi saab, pole teada, ent üha enam ennustajaid ühineb **James Howard Kunstleri** süngete prognoosidega, mille kohaselt alternatiivsed energiad ei suuda meie vajadusi rahuldada ja meid ootab "karm teekond läbi tundmatu maa", mis lõpeb sööstuga "üle kaljuserva – majandusliku ja poliitilise kaose kuristikku, milletaolist pole veel nähtud". Kujundite küllus on Kunstlerile iseloomulik – tema raamat *The Long Emergency: Surviving the Converging Catastrophes of the Twenty-First Century* pakub painavat, hirmuäratavat ja kütkestavat täiendust niigi kasvavale ärevusele seoses elu võimalikkusega pärast odava nafta lõppemist.

Teadmamehed on hoiatanud ameeriklasi saabuvate õuduste eest juba aastakümneid, ent Kunstler kuulub uus-tulnukate seltskonda, kelle arv näib kasvavat sama kiiresti kui maagaasi hind. Paaril viimasel aastal on ilmunud sellised raamatud nagu **Paul Robertsi** *The End of Oil*, **Richard Heinbergi** *The Party's Over*, **Tom Masti** *Over the Barrel*, **David Goodsteini** *Out of Gas* ja **Gregory Greene'i** film *The End of Suburbia*, kõnelemata veel paljudest teistest ning pikkadest ja ehmatavatelst alapealkirjadest, millest enamik meenutab Robertsi oma – *On the Edge of the Perilous World* (Eluohutliku maailma lähel). Nende autorite nimed võidakse kunagi tulevikus lisada põliste hädakuulutajate nimekirja – **Jeremy Rifkin** ja tema loendamatu mõttekaaslasel esinesid samasuguste hoiatustega juba raamatus *Entropy* 1980. aastal –, ent sama hästi võib neil ka õigus olla. Võib ju tõestada, et häirekell kõlab liiga tihti ja liiga vara, kuid see ei tähenda veel, et õnnetus jääks tulemata.

Kunstleri ettekuulutused võivad paljudele tunduda ülearu sünged, ent märkimisväärne hulk inimesi on neid kuuldud võtnud ja valmistub. Tema raamat püsis mitu kuud Amazon.com'i tipp-1000s ning naftatootmise haripunkti teema on kogunud tuntuks ka väljaspool soodsat internetikeskkonda. Viimase pooleteise aasta jooksul on Meetup.com'i vahendusel loodud sel teemal arutlemiseks 82 veebigruppi ligikaudu 2000 registreeritud liikmega maailma eri linnadest. Saja liikmega New Yorgi foorumi kogunemisel osundasid kohalviibijad alatasa Kunstlerit – näiteks küsimuses, kuhu pärast krahhi elama asuda.

Probleem, nagu Kunstler ja tema kolleegid meile pidevalt meenutavad, seisneb selles, et meie maailma toimimine sõltub odavast ja kergelt kättesaadavast energiast. Apokalyptiline konks on nende sõnul selles, et nafta puhul oli tegu "esimese ja viimase korraga" ning et teist nii hõpsalt kättesaadavat, teisaldatavat ja võimsat energiaallikat enam ei tule. Kui nafta lõpeb, kirjutab Kunstler, "panebs tsivilisatsiooni tuleviku kihlveokontor poe kinni".

Põhjendused on veenvad ja kõiki neid raamatuid loetakse higistavate peopesadega. Nafta on imunud meie eluolu viimasessegi soppi. Kui rääkida põhivajadustest, siis vajame me naftat kas või endi äratoitmiseks – eriti nüüd, kus on üle

mindud väetistest sõltuval suurpõllumajandusele –, samuti vajame naftat toidu toimetamiseks tarbijateni.

Asi võiks olla lihtsam, kui meie vajadused piirduksid toiduga. Ent meie tegevused on märksa laiahaardelisemad ja peaaegu kõik nad toetuvad naftale. Naftat vajatakse enamiku igapäevaste asjade valmistamiseks alates plastist ja lõpetades maanteedega, millel me liigume, ning veelgi enam toodetud asjade toimetamiseks odava tööjõu näppude vahelt suurtesse selvehallidesse, kuhu me, mõistagi, sõidame autoga. Nafta katab praegusel ajal ligikaudu 40 protsenti meie energiavajadusest ja ligikaudu kaks kolmandikku sellest põletab inimkond ära mootorites – ringi sõites, kaupade transportides või liikluseummikutes seistes.

Kunstleri arvates ei jää Ameerika Ühendriigid oma praegusel kujul püsima, vaid lagunevad eraldiseisvateks autonoomseteks regioonideks. Igal juhul saab pidu otsa USA kõrbepiirkondades: Kunstleri sõnul kaovad liiva Las Vegase taolised linnad, mis elavad odava konditsioneerõhu, lennuühenduse ja heade maanteedega. Edaspidi muutub linnareis kõikjal kogu päeva täitvaks ettevõtmiseks, reis lähimasse suurlinna mitmepäevaseks sündmuseks ja sõit riigi teise otsa lausa mõeldamatuks.

Linnasüdameid ümbritsevad eramurajoone – mida Kunstler nimetab "kõige suuremaks ressurside väärkasutuseks maailma ajaloo" ja millesse ta suhtub erilise halvaks-panuga – tabab iseäranis suur viletsus: neist saavad maha jäetud McDonald'site, tühjade Wal-Martide ja murenenud asfaldiga kõnnumaad. 500ruutmeetriste eramute kütmine osutub võimatuks, isegi kui me kuidagimoodi sinna pärale jõuame, nii nagu ka selvehallide täitmine Hiina kaupadega ja pindamistöök maanteedel, mida me nagunii enam kuigi palju ei kasuta.

Kui vaadata ülejäänud maailma, siis Euroopal võib minna mõnevõrra paremini, sest seal on osalt veel säilinud väikesed kohalikule elule keskendunud maaviiljeluslikud kogukonnad, mis Kunstleri hinnangul muutuvad valdavaks kogu naftajärgses maailmas. Ent kokkuvõttes saabub piibellike mõõtmega laos: "Austraalia ning Uus-Meremaa võivad langeda Hiina meeleheitliku avantüürismi ohvriks – Mis tahes riigi rannikualasid võib tabada senitundmatut tüüpi ründajate, ühegi riigi kodakondsuseta rändröövlite kallaletung – Eriti kaitsetu lagunevatest Aasia riikidest tulevate rüüsteretkede ees on Põhja-Ameerika Vaikse ookeani rannik." Vaesed riigid ei jõua ealeski järjele, ent ei eristu ka enam millegagi "kõikjal tavapäraseks muutunud viletsuse ja kaose" taustal.

Kõik nimetatud hävinguennustused lähtuvad eeldusest, et me ei suuda end päästa alternatiivsete energiatega. Kunstler heidab alternatiivenergiad kõrvale kui "miraaži" ja nimetab nende rajatud lootusi "20. sajandi tehnikaimede paraadi jääknähuks". Ta teeb kõik, et purustada ootused maagaasi, päikese- ja tuuleenergia, kivisöe, hüdroenergia, biomassi ja tuumaenergia suhtes. Tema väited on mõtlemapanevad, samas ei suuda ta optimiste lõpuni veenda huku vältimatuses.

Kunstleri soovimatus näha maagaasist pikemaajalist lahendust on põhjendatud, sest selle puhul kehtib enamik samu kättesaadavusprobleeme mis naftagi puhul, lisaks küsimus transportist maardlast tarbijani. Samas alahindab ta gaasi kui "silda" – energialiik, mis võib olla meile abiks üleminekul järgmise energiaallika juurde. Ning just säärase üleminekuenergia puudumisele on rajatud paljud tema väited teemal, kas meil jätkub või ei jätku jõudu järgmise põlvkonna allikate hõlvamiseks.

Ta suhtub kahtlvalt ka päikeseenergiasse, juhtides tä-



**James Howard Kunstler**

James Howard Kunstler (1948) on Ameerika kirjanik, ühiskonnakriitik ja ajaveebnik, keda tõenäoliselt tuntakse kõige paremini USA linnastumist ja eeslinnastumist käsitleva raamatu *The Geography of Nowhere* autorina. Oma viimases raamatus *The Long Emergency* väidab ta, et vähenev naftatoodang toob kaasa tööstusühiskonna hävinu ning sunnib ameeriklasi elama eraldiseisvates agraarkommuunides.



helepanu sellele, et täna olemasolev infrastruktuur selle kättesaamiseks – kas või plast, millest valmistatakse patareisid ja valgustundlikke elemente – sõltub mitmeti naftamajandusest. Sama kehtib tuulegeneraatorite kohta, mille rajamine eeldab hulga tänini naftaga käitatavaid masinaid. Sedalaadi vastuväited, mille puhul Kunstler esitab küsimuse, kas me suudaksime ära elada ainuüksi ühe või teise energiaallika najal, esinevad sagedasti ja moodustavad tema teooria nõrgima koha.

Mitmed informeeritud optimistid seevastu pole päikese-ega tuuleenergia võimalusi veel sugugi maha kandnud: sellised ettevõtted nagu General Electric ja Boeing on päikeseenergiasse juba aastaid rohkelt investeerinud, taaselustades huvi ja võttes uuesti tööse varem marginaalseks peetud tehnoloogiad, nagu näiteks Stirlingi mootor, mis töötab koondatud päikesesoojusel. Ka tuul on suurfirmadele silma jäänud: näiteks Goldman Sachs omandas Houstonis asuva tuulegeneraatoreid tootva Zilkha Renewable Energy. Kuid nagu Kunstler ütleb, on päike ja tuul naftatoodete põletamisega võrreldes väga vähetõhusad ja võivad mitte sobida ühistranspordivõrgu käitamiseks, rääkimata praegu olemasolevast autotranspordisüsteemist.

Kivisöest toodetakse juba praegu ligikaudu pool meie elektrist ja kuigi üldise arvamusel jätkub seda piisavalt, kahtleb Kunstler vastavates arvutustes. Äärmiselt kõrge on tema sõnul ka selle kütuse põletamise hind keskkonnakaitse seisukohast: lisaks kivisöe osale kliima üleilmises soojenemises ja teistes, kohalikumal tähtsusega õhusaastenahtustes ei saa unustada ulatuslikku loodusmaastike laastamist. Mis puutub õli sünteesimisse kivisöest või ka selle utmisse põlevkivist või bituumenliivast, siis see on võimalik, ent kõrge hind ja kulutatud energia piiratud tasuvus tõenäoliselt ei võimalda enam kunagi korrata möödunud sajandi tohutut majanduslikku arengut. Samas ei maksa meil jätkuvalt üleilmse kliimasoojenemise tõenäolisi tagajärgi arvestades kivisöeenergeetikat just liialt upitada. Küll aga ei tähenda see, et pikaldane töö puhta kivisöeenergia nimel ei võiks tulevikus vilja kanda.

Kunstler suhtub skeptiliselt ka märksa puhtamasse hüd-roenergiasse põhjendusega, et me ei suuda tammide ehitamiseks vajalikke infrastruktuure odava nafta käigus hoida. Ja ehkki hüdenergia katab praegusel ajal ligikaudu 10 protsenti meie elektrivajadusest, peab Kunstler kasvuväljavaateid piiratuks, sest paljud parimad tammide asukohad on juba hõivatud. Ka siin eeldab Kunstler halvimat. Pole ju sugugi võimatu, et me hakkame tamme ehitama ja käigus hoidma kallil naftal töötavate seadmete abil, kui suudame, või siis kivisöeküttega aurukoppadega, kui teisiti ei saa.

Kunstleri põhjendus biomassi vastu seisneb selles, et biomassi kasulikus koguses valmistamine eeldab suuremahulist tööstuslikku maaviljelust, mille energiaallikas on... odav nafta. Selles on omajagu tõtt. Ent biomassi poolehoidjad on lootusrikkamad ja väidavad, et kütust on muu hulgas võimalik toota looduslikult paljunevast preeriarohust. Ja nagu rõhutas kunagine energeetika abiminister Dan Reicher, vähendab biomassi tootmine kasvuhoonegaaside sisaldust atmosfääris: nagu teada, neelab taimestik süsihappegaasi.

Mõnevõrra positiivsemalt hindab Kunstler ühe biomassi liigi, puidu saatust kasuliku energiaallikana – ent järel-dus sellest on kõhedavõitu. Ta nimelt arvab, et odava nafta



» James Howard Kunstler

» *The Long Emergency: Surviving the Converging Catastrophes of the Twenty-First Century*

» Atlantic Monthly Press 2005

lõppedes saab puidust meie kodudele üsna mõnus kütte ja et seetõttu "eelseisev Põhja-Ameerika (ja Euroopa) metsade häving võib osutada niisama kiireks ja dramaatiliseks kui Ameerika piisoni hävitamine Kodusõjale järgnenud mõne aastakümne jooksul".

Ainus, mis järele jääb, nagu Kunstler ja paljud teised on viimasel ajal tähele pannud (vt ka Stewart Brand, Environmental Heresies), on tuumaenergia. Ometi suhtub Kunstler tuumaenergia võidukäiku tõrksalt, kaheldes, nagu teistelgi puhkudel, kas me suudame tuumaenergeetilis infrastruktuuri käigus hoida ainuüksi tuumaenergia enese abil ja rajada tuumaenergial põhineva transpordisüsteemi, mis vähegi oleks mahult võrreldav praegusega. Ent isegi kui suur neljarattaveoga pikap ühel päeval osutub ajast ja arust vahendiks piimamannergu sõidutamiseks, ei tähenda see siiski hobuajastu tagasitulekut: isegi massiturismi pelgavas USA-s töötavad üsna edukalt elektrirongid.

Üldiselt hindab Kunstleri loodud panoraamne hävingukirjeldus inimsugu märksa vähem kohanemisevõimele- seks ja loominguiseks kui ajaloost näha. Muidugi võib tal olla õigus ja kui arvestada meie käitumist viimase saja aasta jooksul, võib meie võimetele ja tulevikule antud hinnanguga teatavas kahjurõõmus nõustudagi. Tõenäolisem on siiski, et me saame hakkama, nagu oleme saanud seni – saavutades edu siin, pöeldes seal ja üllatades vahest kogemata iseendidki.

Realistlikum tundub oletus, et naftahinna pidevalt kasvades ei keskendu me kramplikult naftatehnoloogiale, vaid asume katsetama ka paljusid teisi võimalusi, otsides meile omase praktilisusega kergemat väljapääsu, mis meid vähemalt esialgu surmast säästab. Tulemuseks võivad olla vähetõhusad päikesepaneelid katustel, millest tilgub vooluvõrku vaid raasuke; pisut tõhusam biomassijaam naabertänavas ning tuumaelektrijaamas laetud akudel töötav transpordisüsteem. Isegi Las Vegasel võib õnneks minna, kui võetakse kasutusele läänerranniku maasoojusvarud. Pealegi ei arvesta ükski neist variantidest edusamme energiakasutuse tõhustamise alal.

Kõige enam paneb Kunstleri raamat meid oma tungivast toonist hoolimata mõtlema sellele, kuidas tänapäeva inimese leitudised teda ennast kohutavad. Me oleme valmistunud surmaks omaenese käe läbi juba vähemasti Hiroshimast alates ja nooremadki meie lugejad võivad võtta kergendusena, et on kuidagimoodi pääsenud tuumatalve koledustest, isetehtud "räpasest pommist" ja katastroofilisest kontoritehnikaveast 2000. aasta jaanuaris.

Raamatus *My Life and Hard Times* nimetab James Thurber üht kodaniku oma lapsepõlvelinnast Columbusest "Valmismeheks". Valmismehel oli kongiga auto ja talle meeldis sõidu ajal valjuhääldisse hõikuda. Tema hoiatus kõlas alati ühtmoodi: "Olge valmis! Olge valmi-iis... Maailmalõpp tule-eb!" Kunstler ja teised temataolised võivad leida koha Valmismehel seltsis viimsepäevakuulutajate lugudes ning naftatootmise haripunktile järgnev maailmalõpp võib liigituda koos Y2K-ga "valebhärete ja muude vimkade" lahtrisse. Juba täna võivad mõnedki selle üle naerda. Parem siiski, kui see oleks ärev naer.

Copyright ©2005 Massachusetts Institute of Technology. All Rights Reserved. From the MIT Technology Review. Distributed by Tribune Media Services International.

# Majandustarkvara TAAVI



... ja aega jääb ülegi



www.taavi.ee, info@taavi.ee

Turu plats 5/7-17, 11611 Tallinn

tel 6 800 855, mobiil 56 800 855





# Elusettevõtluuse perspektiivid

Tarbimisühiskond pole mõjunud hästi keskkonnale ega teinud inimesi iseäranis õnnelikeks. Suhtumine ettevõtetesse kui elusolendesse võiks mõlema puhul kasuks tulla, seejuures tavapäraseid majandusnäitajaid pikemas perspektiivis halvamata.

**Einar Polis**

*enar.polis@mail.ee*

Inimene on meile teadaolevas universumi osas tõusnud looduse krooniks. See koht pole paraku garanteeritud ja tuleb võib-olla peatselt loovutada mõnele robustemale organismile. Kõige tõenäolisemalt inimese enda käe läbi, teostatuna hullunud tuumasõjardi, ootamatult eduka bioterroristi või ülekäte läinud tehnika poolt.

Keskkonna pöördumatu rikkumine tarbimishulluses pole vähem kurvastavate tagajärgedega. Ega ole inimesedki kuigivõrd õnnelikud, otsustades kas või enesetappude statistika põhjal. Kuigi inimkonna väljasuremist ei usuta, öeldakse individile olevat loomulik surra. Selline moraalseks peetav seisukoht langeb ühtlasi kokku geenide nägemusega elu edasiarenemisest ehk tegemist on probleemiga, mille evolutsioon pole lahendust leidnud ega võib-olla otsinudki. Samamoodi pole inimese poolt loodule kombeks eeldada pikka iga. Tarbijat tuleb ahvatleda uudisusega, mis tähendab kadu eelnevatele, sageli paljus muidu igati headele toodetele. Neid valmistavaid ettevõtteid pole asjana iseneses samuti põhjust pühaks pidada.

## Elususe metafoor

Nanotehnoloogia optimistid loodavad, et lähitulevikus suudetakse panna piir nii keskkonna hävimisele kui ka inimese elu praktilisele lõplikkusele. Kuigi aeg-ajalt läheb vaja rahamasinaid, siis kas meie võimused oleks olukorda parandada, kui suhtuksime oma ettevõtmistesse soojemalt, sama moodi nagu elusolendesse?

Meelikõitvate avastuste või leiutiste ilmumise järel on

tavaks asuda nende abil põhjendama kõikvõimalikke raskesiseletatavaid nähtusi. Ajutegevust võrreldi telefonside ilmudes keskjaamaga ning arvutustehnika võidukäigu järel leitakse sellele paralleele arvutiga. Tööstusrevolutsioon tõi kaasa kujutluspildi hästijuhitud ettevõttest kui masinavärgist, kompleksusteooria aga kui kaosest.

Tingituna viimase aja edusammudest ja samas vastamisel olevast hulgast põnevatest küsimustest on praegu suhteliselt populaarsed eluteadused ja nende meemid leiavad hõlpsasti tee filosoofiasse, arvutiteadusse ja juhtimisteooriasse. Mõnel juhul aitab see kaasa uue lähenemise leidmisele, teinekord aga piirdub olemasoleva ümberseletamisega teise nurga alt.

Õnneks, nagu sageli, piisab praktiliseks kasutamiseks vähesest. Näiteks on teadvuse olemuse määramine keerukas ülesanne, kuid igapäevaelus ei valmista meile suurt vaeva kellegi teadvuseloleku kindlakstegemine.

Elu määramine tundub iseäranis lihtne olema haridustee alguses. On elusad, surnud ja mitte kunagi elus olevad asjad. Samuti õpetatakse koolis, et saab kas olla või mitte olla elus, aga mitte vahepeal. Sellist lähenemist tuleb paraku pidada liiga piiravaks kitsenduseks.

Komplitseeritumad selgitused rõhuvad elule iseloomulike omaduste loetlemisele, nagu reproduktsioon, ainevahetus jne. Ilmselt üks iseloomulikuid põhikriteeriume on teatav järjekindlus. Keha moodustavad aatomid vahetuvad, meel teiseneb, nime võib vahetada, kuid need muudatused peavad säilitama midagi iseloomulikku, aluseks olevat.

Esmajoones võib elusloodust eeskujuks seada mitmesuguste tehiste loomisel, kuna evolutsioon on miljardite aastate jooksul suutnud leiutada nii mõndagi matkimisväärset

**Millist ettevõtluskeskkonda me vajame: kas kivistunud linnaosa, mis elustub vaid töisteks tundideks (ülal vasakul), või oaasi euroopalikus keskkonnas, kus inimesed on oma toiminguile leidnud tuge aastasadu?**

Samuti ahvatlevad iseorganiseerumise vormid, mis on teinud võimalikuks keerukate koosluste eksistentsi ning eduka kohandumise keskkonna muudatustega.

Pehmemaks rakenduseks elususe metafoorile võime pida inimeste heaolu hindamist, uurides, kui elusana end tuntake eri ettevõtetes ja erineva töökorralduse juures. Kuidas need saaksid tekitada õnnestavat tulva, kulgu jms ning aidata liikuda kompleksse kasvamise suunas.

## Elus ettevõtte

Mitmed teoreetikud ja suurfirmade strateegiad näevad küpse infoühiskonna kulminatsioonina adaptiivset ettevõtet. Kuna olemegi parasjagu infoühiskonna küpsemise lävel ning uus ühiskonnavorm info-, bio- ja nanotehnoloogia jms sulandumisest pole veel välja kujunenud, siis on see ühtlasi üks kaugeleulatuvamaid nägemusi ettevõtluse tulevikust.

Adaptiivsus on üks iseloomulikuid elu tunnusoone. Selle olulisust ettevõtetele praeguses globaliseerivas ning üha kiiremini muutuvas maailmas on muidugi rõhutatud juba aastakümneid. Praktikuna võib-olla kõige usutavamalt **Arie de Geusi** poolt, kes, olles läinud sajandi lõpukümnen-deil vastutav tulevikuplaanimise eest Shellis, leidis hulgaliselt ühisjooni pikaealiste ettevõtete juures.

Lisaks kohanemisvõimele olid ühisjoonteks kindla identiteedi olemasolu, tolerantsus erinevate ideede suhtes ning konservatiivsus rahaasjades. Kõik need omadused sobivad kasvavale, õppivale, keskkonnaga kooskõlas eksisteerivale isiksusele ehk elusale ettevõttele.

Ei pea olema hiiglasuur korporatsioon nagu Royal Dutch/Shell, et sellises mõtteviisis tulu saada. Lihtsa näitena peaks mis tahes suurusega organisatsiooni juhtimi-

FOTOD EINAR POLIS



sel olema valida, kas optimeerida see hetkeolukorrale vastavaks või vähendada kasumlikkust lisajõude ja kõrvalharusid tulevikuks hoides. Veelgi enam, piisab isegi vaid soovist või vajadusest ümbritsevat mõtestada. Kui muuta elus rakenduslikumaks, peaks siin avanema avar tööpõld konsultantidele analüütikutele jt.

Arhitekt **Christopher Alexanderi** elutööks on olnud elusate hoonete ja linnade rajamine, kus ühtlasi inimesed tunneksid end enim elusana. Sellise raskesiseletatava kvaliteedi saavutamiseks tuleb rakendada konkreetsele kontekstile vastavaid ajatuud õigeid mustreid. Mustrid on end praktikas korduvalt tõestanud lahendused probleemi moodustavate vastandlike jõudude tasakaalustamiseks. Mustreid ei pea olema palju ja need pole originaalsed. Nende leidmine aga võib olla vägagi loov tegevus, Alexanderi järgi teoreetilise füüsikaga võrreldava keerukusega.

Et neil oleks elusust genereerivat väge, peavad mustrid olema lihtsad ning nendest moodustuv mustrikeel hõlpsasti kasutatav suhtluseks erinevate ehitajate ja töö tellija vahel. Viimased peaksidki mustrite baasil enesele ise soovitud tulemuse kujundama. Seeläbi saavad nad täpselt, mida vajavad, ning peaks olema välistatud arhitekti poolt enesele monumentide loomine. Võib-olla seetõttu polegi Alexanderi töid ehitusalal saanud erilise edu.

Hoopis suurem on olnud läbilõök arvutite vallas, kus mustrid on laialt kasutuses tarkvara projekteerimisest turvaprotseduuride koostamiseni. Paraku on laialdase kasutusega nii mõndagi kaduma läinud Alexanderi põhjendustest. Need tuleks taas üles leida, kui soovime rakendada sama lähenemist ettevõtetele ja ettevõtete sageli peamiseks varaks olevatele inimestele.

Sarnaselt majaanitusega on ettevõtlus traditsioonidega valdkond. Kuigi juhtimisgurud leiavad pidevalt uusi revolutsioonilisi lähenemisi, on see tulvil elujõudu näidanud mustreid. Nagu ka end mitteõigustanud mustreid. Mõistagi esineb mustritel variatsioonid seoses uute tehnoloogiate ilmunemisega ja kohalike maitse-eelistustega.

Inimkäitumine on mitmetahuline ja erinevaid mustrikan-didaate hulgaliselt. Arvutialalt võib püüda laenata abivahendeid, kuigi paraku pole neid suurt võtta. Professionaalseks tegutsemiseks võib ette kujutada andmebaasi, kuhu kogutakse leitud halbu mustreid, ja mille ümberprogrammeerimiseks valitakse teadmusbaasist häid mustreid. Nende rakendamise edukust tuleks tingimata mõõta, veendumaks tehtud muudatuste kasulikkuses.

## Elus maailm

Elusloodus on ükskõikne üksikindiviidi saatuse suhtes ja kohanemine keskkonnaga leiab aset järeltulevate kohanemisvõimelisemate põlvkondade kaudu. Nii ei pruugi armastatud, pikaealisust taotleva, elusa ettevõtte kui indiviidi ning keskkonna kui terviku edukuse strateegiad alati hästi kokku sobida. Ilmneb vajadus elusate ettevõtete poolt koos teiste rohkem või vähem elusate ettevõtete moodustuva elusa ettevõtluskeskkonna reguleerimise järele.

Ressursside optimaalseks kasutamiseks võib traditsioonilisel viisil projekteerimine olla teinekord hoopis efektiivsem kui evolutsioonilisele lahendusele lootmine. Teiselt poolt võib samamoodi kui ettevõtte tasandil leida hulga häid elusust genereerivaid mustreid, mis aitavad tasakaalustada iseorganiseerituse ning plaanitsetuse häid ja halbu tahke.

Kokkuvõtteks on inimene silmapaistvalt ebasoodsate väliste faktorite puudumisel nii õnnelik, nagu ta end tunneb. Kui seda tunnet on võimalik tugevdada suhtumise muutmise, siis miks mitte seda teha, eriti kui seeläbi kahaneb ka ebasoodsate faktorite esinemissagedus.

Mitmed teoreetikud ja suurfirmade strateegiad näevad küpse infoühiskonna kulminatsioonina adaptiivset ettevõtet.





Jaak Vilo.

# Kiireim tee infoühiskonda

Eesti peab infoühiskonna arendamiseks senisest enam väärtustama infotehnoloogiaga tegelevaid inimesi, tagama valdkonna stabiilsema rahastamise, soodustama infotehnoloogiat sisaldavate eluvaldkondade projektide elluviimist ning edendama teadustööks vajalikku infrastruktuuri.

## Jaak Vilo

TÜ vanemteadur

Informatsiooni- ja kommunikatsioonitehnoloogiatel (IKT) on väga oluline roll kogu ühiskonna ja majanduse arengus. See roll kerkib eriti teravalt esile Eesti rahvusvahelise konkurentsivõime suurendamisel. See eeldab väga heade spetsialistide olemasolu, kes oskaksid neid süsteeme disainida, realiseerida ja kasutusele võtta. Täiesti uude arenduste välja töötamine eeldab teadusarenduse komponenti, millel baseeruvalt omakorda saab anda väga head koolitust. Ülikoolide ja teadusasutuste töövõimet tuleks oluliselt parandada, sealhulgas lisades ressursse tegevustele,

mis aitavad kaasa IKT-alase kõrghariduse ja eriti kraadiõppe edendamisele Eestis.

Me elame infoühiskonnas, mis mõistena tähendab ennekõike informatsioonil ja informeeritusel põhinevat ühiskonna arenguetappi, mitte pelgalt arvuti- ja telekommunikatsioonikeskset elu. Näiteks bio- ja materjalitehnoloogia areng või teadlik keskkonnasäästlikkus ning alternatiivsed eluviisid on samuti infoühiskonna poole liikumise tähtis osa. Oluline on see, et meie teadmiste, oskuste ja tehnoloogiliste võimaluste hulk kasvab kõikidel elualadel. Väljakutse seisneb info, teadmiste ja tehnoloogiate mõistliku kasutusviisi leidmises.

## Infotehnoloogia oluline roll

Esimene tähelepanek – infotehnoloogia (IT) on igal pool! Ükskõik millist tegevusvaldkonda, toodet või teadusharu me ka ei vaataks – igalt poolt kumab läbi informatsiooni automaatne töötlemine ehk riist- ja ennekõike tarkvaralised lahendused. Ilma ITta ei tööta enam ükski digitaalne seade (kodelektroonika, autod, meditsiinitehnika, side). Arvutite, andmebaaside ja infosüsteemideta ei toimi mõistlikult enam ükski valitsusasutus, ettevõtte ega teadusgrupp.

Kogu meie majandustegevus sõltub otseselt oskusest

kasutada efektiivselt IT-lahendusi. Infotehnoloogia võib olla abiline uude toodete väljatöötamisel, logistika, tootmise juhtimise ja optimeerimise, riskianalüüside, käsitöö vähendamise või millise tahes muu konkurentsieelse arendamisel. Kasu ei saa mitte igast IT-lahendusest, vaid ainult hästi läbi mõeldud ja planeeritud ning tippasemel ellu viidud projektidest.

Teiseks – IT on mitmekesine ja vajab palju erineva ettevalmistusega inimesi. See, et IT on igal pool ja nii mitmesuguses kontekstis kasutatav, tähendab, et IT ise ei saa olla tõlgendatav liiga kitsalt. Vaja on väga laia diapasoonega oskusi, alates riistvaralistest ja tehnoloogilistest, iga vastava eluvaldkonna (kus ITd kasutatakse või plaanitakse kasutada) vajaduste mõistmisest, lahenduste planeerimisest kuni inimsõbraliku disainiga lõpptoodete valmistamiseni. Tarvis on insenere, kes tunnevad seadmeid, inter- või multidistsiplinaarseid süsteemianalüütikuid, strateegilise mõtlemis- oskusega süsteemiarhitekte, kasutajaliideste disainereid, osavaid ja võimekaid programmeerijaid, hoolikaid testijaid, süsteemide haldajaid, tugi-isikuid, äri- ja IT-valdkonna tundjaid ning lõpuks veel häid müügimehi!

## Inimpõud kui edu kinnitus

Praegune inimeste põud arvutifirmades, mis hiljutise Cisco uuringu põhjal küünib varsti juba tuhande inimeseni, on ühelt poolt Eesti IKT-sektori edu kinnitus. Teiselt poolt aga hoiatus, et puudu on palju spetsialiste, keda otseselt Eestis ei koolitatagi.

Puudu on analüütikutest, kõrge tasemega süsteemiarhitektidest, kasutajaliideste disaineritest, müügimeestest, projektijuhtidest... Ühelt poolt piirab see Eestisse tulevate või laienevate firmade valikut, teiselt poolt on tühjaks tõmmatud võimalikud tellijad (näiteks riigiametid, mitte-IT-firmade IT-osakonnad jne), mis peavad just oma eluvaldkonnast edukust IT kasutamise abil suutma edendada.

Muidugi on võimalik läheneda asjale stoilise rahuga, et aeg parandab kõik ning IT tööjõupuudus on mööduv nähtus. Aga jutt on majanduse kasvu realiseerimata potentsiaalidest ja aastastest, mida võtab meie järelejõudmine vähemalt euroliidu keskmise tootlikkuse ja tulude tasemele. Lühidalt, IT on vajalik kogu majanduse eduka toimimise tagamiseks.

Kes julgeb praegu ennustada ja miks, et IT tööjõuvajadused peaksid tulevikus oluliselt vähenema? Pigem julgesin prognoosida vastupidist: enamik teisi alasid hakkab üha rohkem otseselt vajama ITd ning pöörab oma pilgu enam ja enam IT-erialade poole.

Töökohtade vajaduse uurimine ei saa piirduda olemasolevate ettevõtete küsitlemisega. Näiteks oma osakondade avamise või laiendamise võimalust Eestis on käinud uurimas mitmed firmad Inglismaalt, Soomest, Rootsist ja mujalt, kusjuures korduvalt on olnud tulemuste tõdemus, et Eestis ei oleks praegu võimalik leida piisavalt tegijaid. Üles on ostetud mitmeid kohalikke ettevõtteid, laienemise soovid on kümnetel ettevõtetel, vähemalt kümnete kui mitte sadade inimeste kaupa. Samuti on selge, et uusi *spin-off*e ja seega uusi töökohti suudavad luua ainult teadusgruppid, kus tehakse aktiivset teadus- ja arendustööd ning kust tuleb doktorikraadiga inimesi.

Mitte odav, vaid haritud tööjõud on konkurentsieelis! Skype'i- ja Playtech'i-laadsed edulood näitavad, et Eestis on olnud võimalik saada head IT-alast kõrgharidust ja siin võib järelikult luua ka muid innovaatilisi tooteid. Eelduseks on rahvusvaheliselt konkurentsivõimeline ülikool ja inimesed.

Kuidas tagada, et tööjõuturule siseneks rohkem ja parema kvalifikatsiooniga inimesi?

## Vajame laiapõhjalist haridust

Iseõppimine on tore ja isiku hea motivatsiooni korral ka efektiivne. Kuid süstemaatiline tippasemel teadus ja sellel baseeruv haridus on ainus garantii, mis tõstab riigi kui terviku taset. Praeguses kontekstis on lausa hädavajalik, et Eestis õpiks rohkem noori IKT ning ITga läbi põimunud interdistsiplinaarseid erialasid. Omamoodi on see paradoks, et hoolimata kõigist edulugudest ja selgest nõudlusest ei ole pürgimine IKT-erialade õppekohtadele kuigi suure konkurentsiga.

IT on aga väga laiaade valikuvõimalustega, pakkuda on mitmesugust huvitavat tööd, kõigele lisaks makstakse keskmisest tunduvalt kõrgemat palka.

Miks ma julgen väita, et IT on väga huvitav ja võimalusterohke valik? Sest informaatika on teadus- ja arendusvaldkonnana väga lai. See varieerub puhtmatemaatilistest (teoreetilised alused) insenerilaadset loovat mõtlemist või probleemilahenduse oskust nõudva või koguni psühholoogilise distsipliinini. Võimalik on valida õppe- ja karjäärisuundi, mis keskenduvad näiteks inimsuhetele suurte arendusprojektide juhtimises, inimese ja arvuti vaheliste inimsõbralike kasutajaliideste disainile, IT rakendamisele keele- või biotehnoloogias, arvutivõrkude protokollidele ja väga madala taseme operatsioonisüsteemide disainile, informatsiooni halduse ja otsimise meetoditele (näiteks Google), telekommunikatsioonile (Skype), tervishoiu või metsatööstuse vajaduste rahuldamisele, ajaviteteenuste või arvutianimatsioonide disainile arvutite abil. Korralik IT-alane baas avab võimaluse tegeleda praktiliselt ükskõik millise teise eluvaldkonnaga, sest IT on tänapäeval täiesti läbipõimunult vajalik igal pool.

IT eriala ei ole teadusvaldkond, mis vajaks eraldi populatist teiste arvelt, kuid praegu valitsevad teadus- ja majanduslikud reaalsused, mille tõttu ülikoolidel on IT erialadel peaaegu võimatu konkureerida teiste tööandjatega. Eriala jaoks ei ole julgustav, kui riigi seisukoht on, et Eestile piisab kahest-kolmest tippasemel IT-teadlasest, et teadust ei peagi finantseerima nii, et kulud kaetud saaks, või et doktorantide stipp on juba praegu täiesti piisav. See näitab, et vaja on palju tõsisemat usalduslikku diskussiooni teaduse käekäigu küsimustes.

## Hea õpetus tagab hea hariduse

Teadusel on peamiselt kaks väljundit – hea õpetamise kvaliteet ning uudne innovaatiline teadustulemus, mis viib edasi meie teadmisi. Vaja on julgelt ja pikemaajaliselt toetada kõrgel tasemel õpetamist, mis baseerub korralikul teadustulemusel. Vaja on õpetuse, teaduse ja ning IT ärilise kasutamise taseme olulist tõusu.

Kui ärilise poole eest hoolitsevad edukad firmad ise (Skype, Playtech, EMT, Webmedia jt), siis hea õppetöö ja teaduse eest peab hoolt kandma ennekõike riik, sest pole teada, millal ja kust tulevad täiesti uued edulood. Selleks, et IKT-alase hariduse tase tõuseks, on vaja rohkematel aladel paremaid õpetajaid. Selleks et oleks rohkem paremaid õpetajaid, on vaja rohkem paremat teadust ehk hea potentsiaaliga inimesi, kes otsustavad juba varakult enda teadusliku harimise kasuks.

Hea õpetamise aluseks on tippasemel õppejõudude ja teadlaste olemasolu, korralik infrastruktuur, õppe- ja aren-

Praegu valitsevad teadus- ja majanduslikud reaalsused, mille tõttu ülikoolidel on IT erialadel peaaegu võimatu konkureerida teiste tööandjatega.



dusvahendid. Kui Eesti ülikoolid ei ole konkurentsivõimelised, pärsib see kõiki eluvaldkondi. Ülikoolide taset saab aga tõsta vaid püsiva ja järjekindla tööga. Praeguses tööjõukriisis konkureerib ülikool tööandjana firmade ja riigiasutustega. Probleemiks on valdavalt ilma kindlate tulevikuprognosideta rahastamine, iga-aastane eelarvetega mängimine ei luba teha pikaajalisi plaane.

Ametikohad on ilma kindla rahalise katteta isegi valimisperioodiks. Enamik tegevusi, mida iga normaalne ülikool peab kogu aeg nagunii tegema, on projektipõhised, lühiajalised ettevõtmised. Kusjuures projekte peavad taotlema ja kogu muud sageli ebaloogilist ja ülibürokraatlikku paberimajandust ajama need, kes võiksid oma aega ratsionaalselt kasutades luua samal ajal hoopis uusi teadmisi.

Hea teadus ja haridus saab baseeruda vaid rahvusvahelisel koostööl. See tähendab nii ühiseid teadusprojekte (millele on vaja leida ka Eestist kaasfinantseerimist) kui ka inimeste liikumist. Inimeste liikumine ei tähenda ainult eestlaste saatmist välismaale, vaid siia peab tooma ka rahvusvahelist tööjõudu.

Paraku on näiteks Eesti konsulaartava juba tekitanud raskusi näiteks Indiast teadusorientatsiooniga tudengite Eestisse toomisele. Kui teadusgrupi juht võtab vastu otsuse ja rahalised kohustused, et tuua juurde rahvusvahelist oskusteavet sealt, kus see on tasemel, ja enda tudengeid napib, siis võiks viisade mitteväljastamisel arvestada Eesti majanduse konkurentsivõimele tekitatava kahjuga. Eeldan siiski, et ühiskonnale on kasulik teadusgrupi juht, kes pürgib rahvusvaheliselt konkurentsivõimeliseks.

Lisaks abstraktsele soovile, et Eesti teadusgrupid peavad olema maailmatasemel, peab teadlane ise saama ka teatud ressursid ja õigused, millele see areng saaks baseeruda. Näiteks õigus moodustada endale rahvusvahelise meeskonnaga teadusgruppi. Riigi poliitika peab muutuma ülikoolide ja teadusgruppide rahvusvahelistumise suhtes soosivamaks ka iga konkreetse viisaotsuseid tegeva ametniku tasandil.

### Pikaajalise kindluse kriis

Teaduse finantseerimine on viimastel aastatel teinud mitu olulist sammu. Kuid hoolimata nendest väikestest muudatustest kõnnime ikka veel noateral. Puudu on just pikaajalisest kindlusest, mis meelitaks noori rohkem doktorikraadi omandama, mis on hädavajalik nii ülikoolide ja teadusasutuste inimtööjõu taastootmiseks kui ettevõttele vajaliku innovatsiooni võimsuse suurendamiseks.

Seni on IKT-alaste teaduskraadidega inimesed Eesti firmades väga tagasihoidlikult esindatud. See takistab muu hulgas ka osalemist euroliidu teadus- ja arendusprojektides. IKT-alane magistri- ja doktoriõpe konkureerib tööjõuturuga ning praegu ei ole tingimused akadeemilise arengu kasuks. Õhus on koguni oht, et massilise tudengite tööleminemisega ei jõua ülikoolid endale võetud riigieelarveliste lõpetajate kohtade täitmiseni. Mistõttu riik võiks hakata justkui ülikoolilt raha tagasi nõudma.

Kohalikud IT-firmad mõtleavad sageli kohalikult, piirdudes Eesti riigihangetega. Kuid kas ei võiks ka riigihangetes mõelda, kuidas edendada kohalike ettevõtete konkurentsivõimet? Panna firmad tegema koostööd suuremate probleemide lahendamiseks ja sellega edendada globaalset konkurentsivõimet. Nõuda suurtelt välistarnijate riigihangetelt (kaitseotstarbelised jt) ka vastuoste Eesti IKT-sektorilt ja lepinguid teadusasutustega.

**Kogu areng sõltub inimestest. Inimesi tuleb hoida ja väärtustada.**

IKT ala probleemid Eestis on kindlasti osalt samad mis teistelgi teadusharudel. Oluline on, et toimuks avalik areng ja diskussioon laiemalt teaduse, teaduse finantseerimise ja arengutingimuste üle. On häid ja halbu mõtteid, mis sobivad ühele ja mitte teisele alale, mõõdikuid, mis eelistavad üht või teist ala. Mängu muudab keerulisemaks sümptomaatiline probleem: Eestis on küll jalaga segada strateegiaid ja komisjonide töötulemusi-ettepanekuid, kuid puudu on nende tegelikust tööle panekust.

### Mida teha?

Akadeemilised tipp-positsioonid võiksid olla konkreetsemalt fikseeritud, koos rahastamisega pikemaks perioodiks. On selge, et paljudel aladel peab ülikool igal juhul teostama nii teadusuuringuid kui ka nendel baseeruvat õpetust. Iga ülikooli tegevust ei pea muutma ega tohi muuta lühiajaliseks projektiks.

Projektipõhine rahastamine võiks olla ainult akadeemiliste tippude ja riigile oluliste uudsete projektide lisarahastamise allikaks, mitte ainuvõimalus teostada neid tegevusi, mida riik peab nagunii tegema. Muidugi tuleb lisaks jälgida, et ühiskonna huvid oleks kaitstud, et tehtaks mõistlikku tööd ja tulemused oleks kasulikud.

Vaja on lihtsat baasinfrastruktuuri – hooned, tööruumid, arvutid, võrgud, raamatud, ajakirjad, rahvusvahelise koostöö jaoks vajalikud reisirahad jne. Ka ilma projektideta, stabiilselt. Kuna informaatika tegeleb info haldamise ja analüüsiga, siis on selge, et vaja on peale lauaarvutite ka reaalselt arvutusteks ja andmebaasideks mõeldud suuremaid servereid ja arvutifarme. Millegipärast on seda tüüpi elementaarsete töövahendite kättesaadavus justkui isenesestmõistetavalt pea olematu.

Kogu areng sõltub inimestest. Inimesi tuleb hoida ja väärtustada. Rõhk peab olema nn tootval töö ja loovusel, mitte bürokraatia reeglitega maadlemisel. See raha, mis on heas tahtes antud teadus-arenduse, alus- või doktoriõppe edendamiseks, ei tohi blokeerida inimeste sisulise töö tegevise võimalusi. Reeglid peavad olema lihtsad ja tööd hõlbustavad, mitte vastupidi.

Mitmel alal on vaja rohkem õppejõude-teadlasi, näiteks peaks Eestisse juurde tooma ning tugevdama teadustööd tarkvaratehnika, inimese-arvuti suhtluse (kasutajaliidesed), andmebaaside jt aladel. Seda ei saa ainult olemasolevate teadusgruppide arvelt.

Kuna IT kasu ühiskonnas tuleneb IKT igakülgsest rakendamisest, siis võiks rohkem ja julgemalt käivitada inter- ja multidistsiplinaarseid projekte, mis omaks tugevat IT komponenti. Heaks näiteks on selles vallas e-tervise projekt, kuid sellele võinuks eelneeda ka teadus-arendusprojektid, mis oleks juba pikemalt ja süvitsi tegelenud vajalike eel- töödega just teadus-arenduse seisukohast.

Kui see baseeruks heal põhjendatud teadustulemusel, oleks praegu ka palju lihtsam põhiprojekti ellu viia. Sellised multidistsiplinaarsed projektid edendaks nii IT-alast kompetentsi kui ka parandaks vastavate projektide üldist konkurentsivõimet. Laiemalt aitaks see kaasa IKT paremale ja otstarbekamale rakendamisele ühiskonnas.

IKT alal peaks toimuma rohkem kõrgel tasemel arutelusid ülikooli IKT-sektori teadlaste-õppejõudude, riigiametite ja firmade osalusel. Just selleks, et mõista paremini IKT-alase õppe ja teaduse vajadusi, võimalusi, rolle ning teadusarenduse vajalikke tegevusi, mis aitaksid kaasa Eesti edule. Vähemalt kui riik on tegelikult huvitatud sektori edukuse jätkumisest ning soovib anda oma panuse reaalsete tegudega.

Glenfiddich is a registered trademark of William Grant & Sons Ltd.



### S ÕLTUMATULT MEELESTATUD

Üle saja aasta tagasi ostis meie perekond jõe, kust me saime puhta vee Šoti ühelinaseviski valmistamiseks. See oli ainus võimalus hinnalise allika kaitsmiseks.

### S ÕLTUMATULT VALMISTATUD

Sellega anti unikaalne panus maheda ja ümara maitsega rikkalikule, kergelt männimaitsele ja õrna suitsususega tulemusel, mis saab igaveseks olema Glenfiddich Special Reserve.





# TÕMBA JUHE SEINAST



## Projektorid PT-LB50NTE ja PT-LB55NTE Teie iseseisvusdeklaratsioon

Panasonicu uued ülikompaktsed ning ülivaiksed projektorid PT-LB50NTE (2000 luumenit) XGA ja PT-LB55NTE (2500 luumenit) XGA pakuvad tipptasemel IEEE 802.11b/g ühilduvat traadita raadiokohtvõrgu funktsiooni, mis võimaldab arvutist heli ja filmifailide juhtmevaba edastamist. Kasutatakse ka "Daylight View 2" tehnoloogiat, mis on revolutsiooniline värvikaitsesüsteem, pakkudes neljaastmelist automaatset valguse reguleerimist.

Lugege lisa aadressilt:  
[www.panasonic-projectors.com](http://www.panasonic-projectors.com)

**Kulbert AS**  
Sirge 4, 10618 Tallinn

Tel: 671 8160  
E-mail: [sales@kulbert.ee](mailto:sales@kulbert.ee)



**Panasonic**  
ideas for life