

EESTI VABARIIGI PREEMIAD

2015

TEADUS

F. J. WIEDEMANNI KEELEAUHIND

KULTUUR

SPORT

TALLINN, 2015

TEKSTID

TEADUS

laureaatide artiklid

F. J. WIEDEMANNI KEELEAUHIND

Jüri Valge artikkel

KULTUUR

Laureaatide lühitutvustused Kultuuriministeeriumilt,

Luule Epneri, Eva Reinu, Reet Varblase artiklid ja

Jeremy Canvelli intervjuu Raul Meelega

SPORT

Laureaatide lühitutvustused Kultuuriministeeriumilt

FOTOD

Hanna Odras: esikaane sisekül,

lk 12, 34, 52, 64, 84, 96, 104, 120, 140, 180,
190, 196, 202, 208, 210, 220, 222, 226, 232

Maris Krünvald: lk 152

Peeter Langovits/Postimees: lk 234

Marko Mumm: lk 212, 224

Timo Viljakainen/Joonisfilm: lk 214

Eesti Olümpiakomitee: lk 228

Eesti Veemoto Liit: lk 230

SA Eesti Filmi Instituut: lk 216

Tarmo Soomere (vastutav toimetaja)

Riigi teaduspreemiate komisjoni esimees

Helle-Liis Help, Siiri Jakobson, Ülle Rebo

Galina Varlamova

Kujunduses on kasutatud
teaduspreemia diplomi kaante ja medali fotosid ning
erinevate diplomite graafilisi elemente

SISUKORD

<i>Tarmo Soomere</i>	
Eessõna	6
TEADUS	
<i>Jüri Engelbrecht</i>	
Teaduspreemia pikaajalise tulemusliku teadus- ja arendustöö eest . . .	12
<i>Anto Raukas</i>	
Teaduspreemia pikaajalise tulemusliku teadus- ja arendustöö eest	34
<i>Tarmo Uustalu</i>	
Teaduspreemia täppisteaduste alal tööde tsükli “Matemaatilised struktuurid funktsionaalprogrammeerimises” eest	52
<i>Andres Merits</i>	
Teaduspreemia keemia ja molekulaarbioloogia alal tööde tsükli “Alfaviiruste molekulaarbioloogia, vektorlevik ja patogeneesi alused” eest	64
<i>Alvo Aabloo</i>	
Teaduspreemia tehnikateaduste alal tööde tsükli “Tehislihaste materjalide uurimine, juhtimine ja rakendamine robotikas” eest	84
<i>Vallo Tülmann</i>	
Teaduspreemia arstiteaduse alal teadus-arendustöö “Diabeedi teket ja arengut mõjutavad tegurid” eest	96
<i>Tiina Nõges (kollektiivi juht), Helen Agasild, Priit Zingel</i>	
Teaduspreemia geo- ja bioteaduste alal tööde tsükli “Järvede mikroobsed toiduahelad” eest	104
<i>Toomas Paalme</i>	
Teaduspreemia põllumajandusteaduste alal tööde tsükli “Toidu kvaliteet, sensoorsed ja tervislikud omadused ning nende püsivus” eest	120
<i>Jaanus Harro</i>	
Teaduspreemia sotsiaalteaduste alal tööde tsükli “Geenide ja keskkonna koosmõju käitumise kujunemisel ja tervise- häirete tekkimisel” eest	140

Krista Kodres

Teaduspreemia humanitaarteaduste alal monograafia “Esitledes iseend. Tallinlane ja tema elamu varauusajal” eest	152
--	-----

F. J. WIEDEMANNI KEELEAUHIND

Leelo Tungal

Aastakümneid kestnud oskusliku sõnaseadmise eest rohketes algupärastes ja tõlkelistes luule- ja proosateostes, õpetajatöö ning eesti keele õpperaamatute eest, Hea Lapse toimetamise, laulupeo identiteedi kujundamise ja “seltsimees lapse” meenutuste eest	180
---	-----

KULTUUR

Ene Mihkelson

Kultuuri elutööpreemia pikaajalise väljapaistva loomingulise tegevuse eest	190
---	-----

Raul Meel

Kultuuri elutööpreemia pikaajalise väljapaistva loomingulise tegevuse eest	196
---	-----

Kalju Komissarov

Kultuuri elutööpreemia pikaajalise väljapaistva loomingulise tegevuse eest	202
---	-----

Lembit Peterson, Lilja Blumenfeld, Tiina Mölder,

Marius Peterson, Rene Liivamägi, Sander Põldsaar

Kultuuri aastapreemia lavastuse “Joobnud” eest.	208
---	-----

Jüri Reinvere

Kultuuri aastapreemia Norra Rahvusooperis esietendunud ooperi “Peer Gynt” eest	210
---	-----

Hendrik Lindepuu

Kultuuri aastapreemia loomingulise tegevuse eest 2014. aastal	212
---	-----

Olga Pärn, Priit Pärn

Kultuuri aastapreemia animafilmi “Lendurid koduteel” eest	214
---	-----

Martti Helde

Kultuuri aastapreemia filmi “Risttuules” eest	216
---	-----

SPORT

Enn Tasaalain

Spordi elutööpreemia pikaajalise ja tulemusliku töö eest Eesti spordielu arendamisel ja korraldamisel	220
---	-----

Jaak Uudmäe

Spordi elutööpreemia silmapaistvate saavutuste eest tippsportlasena kergejõustikus ja pikaajalise tegevuse eest spordi arendamisel	222
--	-----

Rasmus Mägi

Spordi aastapreemia hõbemedali võitmise eest 400 m tõkkejooksus kergejõustiku Euroopa meistrivõistlustel 2014. aastal	224
---	-----

Anne Mägi, Taivo Mägi

Spordi aastapreemia tulemusliku töö eest treeneritena Rasmus Mägi ettevalmistamisel kergejõustiku Euroopa meistrivõistlusteks 2014. aastal	226
--	-----

Julia Beljajeva, Irina Embrih, Erika Kirpu, Kristina Kuusk

Spordi aastapreemia võistkondliku hõbemedali võitmise eest vehklemise maailmameistrivõistlustel 2014. aastal	228
--	-----

Rasmus Haugasmägi, Gregor Evardi

Spordi aastapreemia kuldmedalite võitmise eest veemoto Euroopa ja maailmameistrivõistlustel 2014. aastal	230
--	-----

Kaarel Zilmer

Spordi aastapreemia silmapistva ja tulemusliku tegevuse eest liikumisharrastuse populariseerimisel ja edendamisel Eestis ning veebilehekülje “Suusatades ...” loomise ja arendamise eest	232
--	-----

Aivo Normak

Spordi aastapreemia silmapaistva ja tulemusliku tegevuse eest liikumisharrastuse edendamisel projekti “Liikumisaasta 2014” juhina ..	234
--	-----

Riigi teaduspreemiate komisjoni koosseis	236
--	-----

Riigi F. J. Wiedemanni keeleauhinna komisjoni koosseis	237
--	-----

Riigi kultuuripreemiate komisjoni koosseis	238
--	-----

Eesti Spordi Nõukogu koosseis	239
-------------------------------------	-----

EESSÕNA

Me elame kliimavööndis, kus on neli aastaaega ja saaki kogutakse vaid üks kord aastas. Seetõttu on igati loomulik, et oleme ka muid tegemisi harjunud mõõtma aastase mõõdupuuga. See aasta on juubelihõnguline. Eesti riigi teaduspreemiad anti välja juba 25. korda, kuigi meie taasiseseisvumisest ei ole nii palju aega möödunudki. Selle ajanihke taga on meie riigi taastajate visioonärsus ja usk Eesti tulevikku.

Need omadused kuuluvad lahutamatuks teadus-, kultuuri- ja spordipreemiate ning selliste tunnustuste nagu F. J. Wiedemanni keeleauhind väljaandmise juurde. Ka siin on 2015. aasta eriline. Nende preemiate laureaate on seni kajastatud eraldi. Tänu raamatu koostajate pingutustele ning Kultuuriministeeriumi ning Haridus- ja Teadusministeeriumi kaasalöömisele on sel aastal esimest korda kõigi preemiate laureaatide ja nende saavutuste lühemad või pikemad kajastused koondatud ühtede kaante vahele. See on märk, et pealtnäha erinevad, ent paljus ülimalt sarnased valdkonnad on teel meie ühiskonna ühtsena ja terviklikuma peegelduse suunas.

Sageli on küsitud, millist ülesannet nõnda eripalgelised preemiad tänapäeva Eestis kannavad? Ehk on tegu kitsalt kogukondliku tunnustusega, mida on vääristatud riikliku preemia nimetusega, või leidub siin laiem sõnum ühiskonnale?

Kõigi kõnesolevate preemiate puhul on tegemist justkui millegi mõõtmisega, mis on tegelikult mõõdetamatu. See pole lihtne ülesanne. Oleks lausa rumal panna omavahel võistleva kettaheitja ja helilooja. Kindlasti ei saa nende saavutusi võrrelda üheski absoluutses skaalas. Ent ühiskonnale tervikuna on ääretult oluline, et me oma parimaid tegijaid tunnustame. Seda dilemma saame vähemalt osaliselt lahendada, lähtudes kvalitatiivsetest aspektidest; sageli sellest, kuidas on laureaadid või nende saavutused meid kõnetanud või millise jälje on nad jätnud tuleviku jaoks, olgu siis spordiareenil, kultuuriruumis või teadusmaastikul.

Veel olulisem on öelda inimestele, et meil on nii sportlasi, kes on päris tipus, kogu maailma jaoks olulisi kultuuri kandjaid, aga ka silmapaistvaid tipp-teadlasi. Meie riigi, rahvuse ja kultuuri säilimiseks on vajalik mitte ainult see, et meie suurkujud on maailma parimad, vaid ka, et meie inimesed seda teavad. Selles on kõigi siia raamatusse koondatud preemiate tegelik panus.

Alati võib ka küsida, kas taolisi tunnustusi, olgu teaduses, spordis, kultuuris või meie keele kandjate jaoks, on liiga palju või liiga vähe. Allpool toodud lühivaade riigi teaduspreemiate statuudi kujunemisele ja Jüri Valge kirjutises kajastatud F. J. Wiedemanni keeleauhinna ajalugu näitavad ilmekalt, et praegune preemiate struktuur ei ole tekkinud tühjale kohale. Pigem on see vee-

randhajandi pikkuse arengu tulemus, mis peegeldab ühiskonna väärtusi ja ootusi ning on erinevate valdkondade vahel mõistlikus tasakaalus.

Kõige enam aastapreemiaid, kokku kaheksas kategoorias, antakse välja erinevates teadusvaldkondades. Mida rohkem on preemiaid, seda suurem on tõenäosus, et need võivad devalveeruda. Samas peegeldab preemiate rohkus kaasaegse ühiskonna paljutahulisust ja mitmekesisust. Järjest tuleb juurde uusi spordialasid, kultuurivorme ning teadusharusid. Preemiate arv väljendab aga ka seda, et teadus, kultuur ja sport on meie väikese riigi kohta lausa anomaalselt tugevad. Kui ei teaks, oleks raske uskuda, et miljoni inimesega rahvakild on maailma silmapaistvas tipus nii erinevatel aladel.

Sarnaselt keeleauhinnale on ülimalt keerukas mõõta teadustulemuste väärtust ning hinnata nende tunnustamist väljaspool meie piire. Spordis saame ehk kokku lugeda jooksva aasta olümpiavõitjaid ja maailmameistreid. Ka kultuuris on ühiskonna reaktisiooniaeg meistriteoste mõistliku pikkusega; Arvo Pärdi puhul ehk pikem ja "Mandariinide" puhul lühem. Teaduses sünnivad aga rahvusvahelised edulood pika viivitusega, nagu on näha ajavahemikust Jaan Einasto poolt saadud tulemuste (elutööpreemia 2003) ja talle Ambartsumjani preemia omistamise vahel (2013). Otsustajatel on tõsist tegemist, et mõista, kuhu asetub konkreetne teadlane. Skaala on tuunitud mitte enam Eesti teaduse mõõtkavas, vaid võrdluses sellega, kui lähedal maailmateaduse lõike-terale paiknevad meie parimad. Mõõdetakse mitte seda, kui palju on täidetud lehekülgi või publitseeritud artikleid, vaid kui kaugel ollakse sellest, kus toimub tõeline edasiliikumine. Seda võib sõnastada ka teisiti: otsitakse mitte lihtsalt heal tasemel publikatsioon, vaid sähvatusi, kohti, kus teadlased või kollektiivid on selgelt Eesti ja maailma teadusmaastikul eristumas.

Eesti väiksuse tõttu ei saa eeldada, et meil on igas valdkonnas hulk tippklassi inimesi. Kuigi ei saa mõõta, kui hea me teadus täpselt on, on mahajäämus teaduse eesliinist vahel päris selge ning vahel on juhtunud, et mõne valdkonna aastapreemia jäetaksegi välja andmata. Teisalt on sageli takistuseks meie enese tagasihoidlikkus. Tihti me ei ole julgenud või tahtnud oma inimesi esitada maailmaklassi preemiatele. Siin on teadusajakirjanikud vapramad olnud. Tiit Kändler sai 2012. aastal preemia *European (Senior) Science Writers Award*. Ka see on märk: kui teadusajakirjanikud on nii tugevad, siis peab ju olema, millest kirjutada.

Oluline on ka mõista, miks vahel napib tunnustust meie teadusele ja teadlastele. Üheks põhjuseks, miks paljud vanema põlvkonna teadlased ei näe välja nii maailmatasemel nagu nad seda väärt on, on viimase veerandsajandi kiired muutused. See ei tähenda, et nad oleks vähem panustanud teaduse arengusse. Optilise illusiooni tekitab see, et paljudes valdkondades tohtis nende noorusajal ja täismehes eas publitseerida vaid venekeelsetes allikates ja kohtades, mis ei olnud ülemaailmse levikuga. Noorema põlvkonna teadlaste puhul on olukord kardinaalselt muutunud. Aeg, mil meil on olnud tänapäevast, rahvusva-

heliselt lõimitud teadust, on olnud piisav, et panna alus olulistele teadusavastustele. Põlvkond, kes tuli teadusesse paarkümmend aastat tagasi, on omaks võetud rahvusvahelises kogukonnas. Paljud neist on silmapaistvalt nähtavad üle kogu maailma. Heaks mõõdikuks on siin Euroopa Teadusnõukogu (*European Research Council*) tippteadlaste grandid. Neid mainekaid grante on juba Eestisse tulnud; kuigi mitte nii palju kui sooviksime, siiski suhtarvuna ühe teadlase kohta mõistlikul määral. Aga olulisem märk on mujal: Eestist esitatud taotluste suhtarv on teiste Euroopa riikide kõrval lausa häbiväärselt väike. Ka siit nähtub, et meil ei ole julgust end suureks mõelda või kirjutada. Teaduspreemia võiks siin olla jõuliseks impulsiks.

Kümmekond aastat tagasi lisati teaduspreemiate statuuti võimalus anda välja preemia paradigmat ja maailmapilti muutva avastuse eest. See oli ülimalt hea idee, mis võimaldab meil aimata, kus oleme tegelikult maailma teaduse pioneerid või millised meie tööühmad on jõudnud lõiketerale, kus sünnib uus teadmine ja mõistmine. On täiesti loomulik, et igal aastal sellist preemiat välja ei anta ning et vahel tuleb üsna pikalt oodata, kuni tuleb esile midagi nii väärikat, mis on kogu maailmapilti mõjutanud.

Pikk tee suurte avastuste juurde on enamasti sillutatud mastaapsete üldistustega. Nende tavapärane vorm on monograafiad. Selles žanris on täheldatavad teatavad nihked. Paarkümmend aastat tagasi oli teaduspreemia saajate seas suur osakaal monograafiate autoritel. Mingis mõttes on siin vastuolu ülal kirja pandud ideedega sähvatustest (sest monograafia on pigem üldistus, mitte värske lõiketerateadus); samas võimaldab monograafia demonstreerida, kuidas üksikutest sähvatustest moodustub läbimurdeline teadmine. Mõneti murettekitav on, et sel aastal ei esitatud teaduspreemiale klassikalistes loodus- ja täppisteadustes mitte ühtegi monograafiat. See ei pruugi tähendada, et Eesti teadlased on asunud kirjutama ainult artikleid ja jätnud üldistamise teistele. Paneme aga tähele, et meie ja ka muu maailma kraadiõppurid õpivad ikka veel võrdlemisi palju monograafiate alusel. Seetõttu on enda ja kolleegide teadustöö üldistamine ja süstematiseerimine monograafiaks äärmiselt tähtis komponent ühe riigi teadusnähtavuses. Kui me selle maha magame, siis suure osa noorteadlasteni mujal maailmas jõuavad meie teadustööd läbi kolmandate poolt kirjutatud monograafiate filtri.

Juhan Peeglit parafraseerides: “Kuskil pole kirjas, et teadlase, kultuurikandja või sportlase elu peab lihtne olema”. Neid kõiki ühendab surve perfektselt täita olemuslikult vastandlikke ootusi ja rolle. Sellised nõudmised on tavapärased viimasel ajal moodi tõusnud sõna ‘ökosüsteem’ elementidele ehk normaalselt funktsioneerivatele suurte süsteemide komponentidele. Veidi utreerides tähendab see lineaarse majanduse (kus võis lõpmatuseni süüa või tarbida) ümberkujunemist suletud majanduseks, kus mingi aeg süüakse või tarbitakse ning siis kujunetakse teiste söögiks, et ring täis saaks. Ka teadusmaastik peaks funktsioneerima kui ökosüsteem, kus igaühel on oma koht. Kui paneme liiga palju rõhku ühele või kahele komponendile, kaotame pikas perspektiivis vilja-

kuse. Ei ole olemas võluvitsa, mis seda kõike suudaks, aga ka teaduspreemiate nominatsioone kaaludes paistavad välja traagelniidid, mis meie teadusmaastikku mõnes kohas vaevu-vaevu koos hoiavad.

* * *

Eesti Vabariigi teaduspreemiate asutamise määrusele kirjutas peaminister Edgar Savisaar alla 20. augustil 1990. a, mil taasiseseisvumiseni oli jäänud terve aasta. Tollele ajale omaselt olid formuleeringud lühikesed: “Asutada Eesti NSV riiklike ning Eesti NSV Ministrite Nõukogu ühekordsete preemiate asemel iga-aastased Eesti Vabariigi preemiad, mis määratakse kaalukate saavutuste eest teaduse, majanduse ning kultuuri valdkonnas.” Sama dokumendiga kehtestati nende preemiate põhimäärused ja vastavate komisjonide koosseisud ning tunnistati kehtetuks varasemate ENSV preemiate kohta käivad sätted. Nähti ette, et igas nimetatud valdkonnas määratakse viis preemiat, igaüks 5000 rubla. Siis, kui esimesed preemiad aasta hiljem välja anti, oli rubla juba nii palju kukkunud, et preemia väärtus oli paar kuupalka ning kõvas valuutas mõnekümne euro ringis.

On huvitav märkida, et käesoleva aasta elutööpreemia laureaadid olid esimeste preemiasaajate seas (A. Raukas kollektiivi liikmena 1991 ning J. Engelbrecht monograafia “Asümmeetrilised üksiklained” eest 1992). Ülevaade teaduspreemiate esimesest seitsmest aastast on leitav raamatus “Eesti Vabariigi teaduspreemiad 1997”.

Kaks aastat toimiti nõnda, et ei olnud sätestatud reegleid preemia saanud kollektiivi suurusele, ei määratletud preemiate jagunemist erinevate valdkondade vahel ega ka seda, kui pika perioodi tulemusi preemiad peaksid peegeldama. Tasapisi hakkas noore vabariigi teadusmaastik välja kujunema ning see kajastus ka järk-järgult täpsustuvates sõnastustes. Alates 1993. aastast jagati teaduspreemiad nelja valdkonda: 1) täppisteadused, 2) meditsiin ja põllumajandusteadused, 3) humanitaar- ja sotsiaalteadused ning pedagoogika ja 4) tehnikateadused. Majandusteadlased võisid pretendeerida eraldi antavatele majanduspreemiatele.

Aastail 1994–1996 määrati viis aastapreemiat eelmise aasta parimate teadustulemuste esiletõstmiseks ja üks riigi teaduspreemia (mida praegu hüütakse elutööpreemiaks) “pikaajalise teadustöö tulemuste eest teadlasele või teadlaste kollektiivile”. Neil aastail reguleeris preemiate väljaandmist Vabariigi Valitsuse 22. veebruari 1994. a määrus nr 67 “Riigi teadus- ja kultuuripreemiatest”. Aastapreemiate valdkondade jaotus (täppisteadused, keemia ja molekulaarbioloogia; tehnikateadused; arstiteadus; geo- ja bioteadused ning põllumajandusteadused; sotsiaal- ja humanitaarteadused, sh majandusteadused) hakkas meenutama praegu eksisteerivat jaotust. Esimese riigi teaduspreemia pälvis kunstiajaloo *grand old man* Voldemar Vaga.

Alates 1997. aastast kehtib praegune teadusvaldkondade jaotus, kus täppisteadused ning keemia ja molekulaarbioloogia seisavad eraldi, põllumajandusteadused on lahutatud geo- ja bioteadustest ning sotsiaalteadused humanitaarteadustest. Kui varem võis premeeritud kollektiivi liikmete arv ulatuda isegi kolmandasse kümnesse, siis nüüd piirati see viiega. Koos riigi jõukuse suurenemisega kasvas tasapisi preemiate suurus; seejuures hüppeliselt praeguse tasemega võrreldavale nivoole alates 1997. aastast. Sisulist regulatsiooni täpsustati selle kaudu, et alates 1999. aastast vaadeldakse aastapreemiate puhul nelja viimase aasta jooksul avaldatud tulemusi.

Teadus- ja kultuuripreemiad viidi seaduse mõttes lahku alates 1999. aastast, mil hakkas toimima Riigi kultuuripreemiate ja kultuuristipendiumide seadus ning jõustus praegu kehtiva Riigi teaduspreemiate põhimääruse esialgne versioon. Põhiosas järgis see kirjeldatud põhimõtteid. Preemiate väljaandmine nihutati suvelt vabariigi aastapäevale. Vahel on tseremoonia toimunud ka aastapäevale eelneval päeval. Varieerunud on selle pidulikkus ja tähtsustamine ühiskonna jaoks. Palju aastaid oli teleülekanne teadus-, kultuuri- ja spordipreemiate väljaandmiselt vabariigi aastapäeva teleprogrammi tavapärane komponent. Väiksema muudatusena antakse alates 2003. a välja kaks nn elutööpreemiat ning alates 2011. a võib aastapreemiaga autasustatud teadustöötajaid ja -kollektiive taasesitada aastapreemiale alles 10 aasta möödudes.

Põhimõttelise uuendusena lisandus 2004. a teaduspreemia vastava teadusala paradigmat ja maailmapilti mõjutava, uut teadusvaldkonda rajava teadusliku avastuse või olulise sotsiaal-majandusliku mõjuga innovaatilise tooteni viinud avastusel põhineva leiutise või teadus- ja arendustöö eest. Selliseid maailmatasemel meistriklassi tähistavaid preemiad on välja antud vaid kolm: Ago Samosoni juhitud kollektiivile ülikiire proovirootatsiooni tehnika arendamise eest (2006), Jaan Einasto juhitud kollektiivile tumeaine avastamise eest galaktikate ümbruses ning universumi kõrgstruktuuri identifitseerimise eest (2007) ning Hillar Abeni juhitud kollektiivile integraalse fotoelastsusmeetodi teooria, mõõtmistehnoloogia ja aparatuuri väljatöötamise ning rakendamise eest jääkpingete mõõtmisel klaasitööstuses (2009).

* * *

Lõpetuseks rõhutan veel kord, et on ülimalt oluline oma suurkujusid väärικalt tunnustada. Eesti rahvakild on väike. Oleme üks väiksemaid rahvaid, kellel on olemas emakeelne kõrgtasemel teadus. Meil on sportlasi, kes on maailma parimad, meil on kultuuriinimesi, kes on maailma absoluutses tipus ning meil on teadlasi, kes töötavad maailma teaduse lõiketeral. See lisab lootust tulevikuks ja usku Eestisse.

Tarmo Soomere

RIIGI TEADUSPREEMIA



Teaduspreemia pikaajalise tulemusliku teadus- ja arendustöö eest



Jüri Engelbrecht

Jüri Engelbrechti isikus on sädelevad teadussaavutused ühendatud silmapaistva teaduskorralduse liidri edulooga nii Eestis kui ka Euroopas. Tema teadustulemused mehaanika ja lainelevi vallas on kõrgku võetud viies raamatus, mis on ilmunud tuntud rahvusvahelistes kirjastustes. Samas on ta sügavalt mõjutanud Eesti teadusmaastikku, juhtides Teaduste Akadeemiat ja arendades teaduskorraldust alates 1994. aastast.

MITTELINEAARNE DÜNAAMIKA JA KOMPLEKSSÜSTEEMID

Kokkuvõtteid võib kirjutada mitut moodi, küll kronoloogiliselt, küll temaatiliselt. Kui mäluklahvide süsteem on korrastatud, siis on ju mugav mõttearendust ajaskaalas kirja panna. Mulle aga meeldib rohkem sisuline käsitus, sestap ka alljärgnevalt on kronoloogiat vaid nii palju, kui vaja järgnevate sisuliste osade raamistikuks. Ja teadustegevuse kõrval tuleb juttu ka teaduspoliitikast ning teaduskorraldusest, millega tegelenud olen.

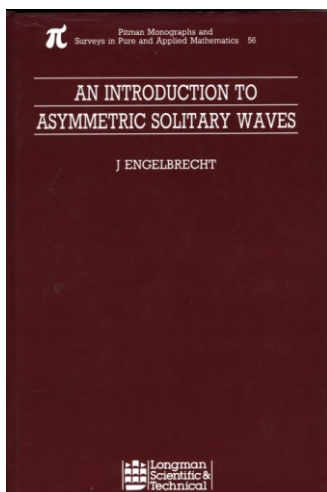
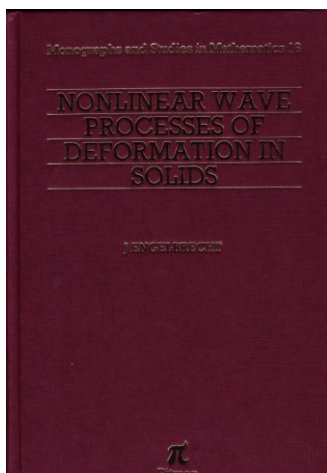
VEIDI AJAST JA ALGUSEST

Ma olen sündinud Tallinnas, kuid mu vanemad on pärit Tõrvast. Küllap seetõttu on ka Mulgimaa loodus mulle lähedane. Isa-ema elasid möödunud sajandi 20ndatel-30ndatel Riias ja naasid siis Eestisse. Mu lapsepõlv möödus suure sõja ajal ja pärast seda. Lõpetasin Tallinna 7. Keskkooli, kus juba sel ajal oli inglise keel au sees. Edasi tuli tollane Tallinna Polütehniline Instituut (TPI) ja hetkeotsust minna õppima ehitusteaduskonda pole vaja olnud mitte kunagi kahetseda. Ehituskonstruksioonide kateeder oli siis üks TPI tugevamaid, kui mitte kõige tugevam. Seal hõljus veel Ottomar Maddissoni vaim ja Heinrich Laul, Valdek Kulbach, Enno Soonurm ning teised hoidsid sama joont – üliõpilane pidi põhiteooria hästi selgeks saama enne kui rakendustele sai mõelda. Mu õppejõududeks olid ka Arnold Humal, Ants Särev (matemaatika erikursus), Raim Räämet, Ott Rünk ja paljud teised. Juba üliõpilasena asusin ka teedris laborandina tööle, ja pärast lõpetamist, hoolimata aastast eksirännakust tolleaegsete suunamisreeglite kohaselt, tulin TPIsse tagasi aspirantuuri. Kandidaativäitekiri käsitles rippkatete arvutamist Valdek Kulbachi juhendamisel. Kui tagasi mõelda, siis juba tollal tuli mul teha tegemist vastasmõjude (kontaktjõud kahe trosside parve vahel) modelleerimisega, mis aastate pärast sai määravaks hoopis teist laadi matemaatilise füüsika probleemide lahendamisel. Mul õnnestus pärast kandidaaditöö valmimist saada järeldoktori koht, mida tollal nimetati küll stažeerimiseks. Ja see koht oli Prahas Tšehhi Tehnikaülikoolis aastatel 1967–1968. Võib kindlalt öelda, et see aasta – Praha kevad ning selle jõhker mahasurumine – kujundasid mu maailmavaate ja sidusid mind tihedalt Prahaga, ühe kaunima linnaga Euroopas, ja loomulikult ka sealsete kolleegidega.

Tagasi tulles õpetasin ühe aasta TPIs matemaatikat ja 1969. a võtsin vastu kutse asuda tööle Eesti Teaduste Akadeemia Küberneetika Instituuti (KüBI), mis nüüd Tallinna Tehnikaülikooli (TTÜ) juures on. Nii on mul käimas juba 46. aasta KüBIs. Kui nüüd aga ajaskaalal hakata edasi minema KüBI aastatel, siis sinna mahub palju – Eesti Teaduste Akadeemia, Eesti ja Euroopa teaduspoliitika, Mittelineaarsete Probleemide Analüüsi Keskus (tuntud kui *Centre for Nonlinear Studies* – CENS), õpetamine TTÜs jne. Kõigest sellest tuleb lühidalt juttu alljärgnevalt, kuid hoopis rohkem on kirjas mu esseede kogumikes (Engelbrecht, 2004ab, 2014b; Engelbrecht, Mann, 2011).

TEADUSEST JA MITTELINEAARSEST DÜNAAMIKAST ERITI

Mu teadustegevus algas TPI ehituskonstruksioonide kateedris ning uuringute teemaks oli rippkonstruksioonide analüüs. Meetoditeks analüütika ja numbriline simulatsioon. Olin seejuures kateedris esimene elektronarvutite kasutaja võrrandisüsteemide lahendamiseks. Ka eksperimentidega tuli tegemist teha. Rippkatete matemaatiline mudel viis mittelineaarse süsteemini, mille lahendamine sel ajal käis ikka lineaarse lähenduse kaudu. See oli hea õppetund, mis oli edasiseks aluseks dünaamika probleemide uurimisel Prahas 1967.–1968. a. Edasi tuli KÜBI aastast 1969 tänase päevani. Kirjutamise ajaks olen KÜBI hingekirjas olnud 46 aastat. Mittelineaarne lainelevi tahkistes vajab korralikku teooriat ja evolutsioonivõrrandite tuletamise meetodeid, sellest ka doktoritöö (DSc).

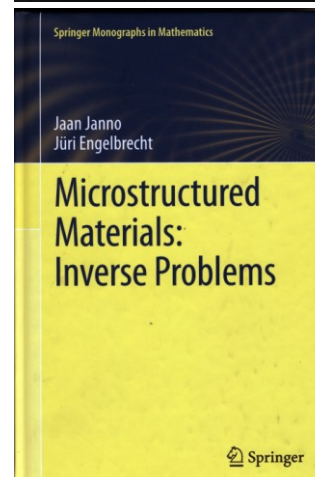
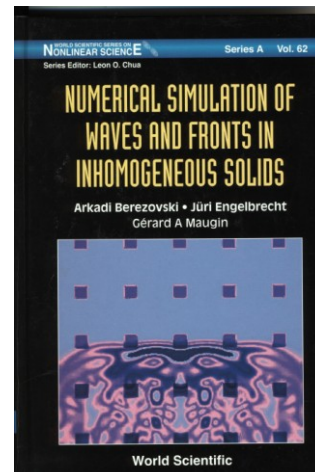
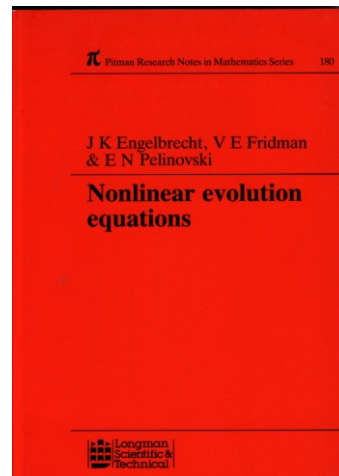


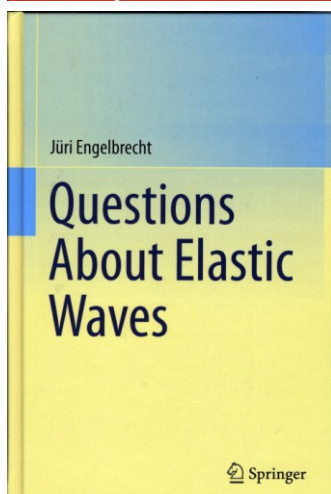
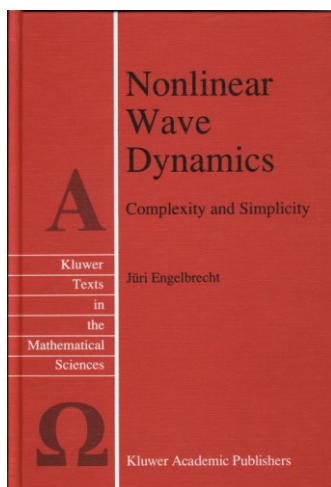
Esimeses monograafias (Engelbrecht, 1983) on sellest juttu ning mitmed tulemused on siiani olulised – üldine teooria, termomehaanika hüperboolsed mudelid ja nende mõju, mittelineaarsed interaktsioonireeglid, rida evolutsioonivõrrandeid. Tegelikult oli aeg 1970–1980 hoolimata NLiidu reeglitest minu jaoks õnneks poliitika-vaba ja seetõttu sain end teooriasse sisse kaevata. Edasi järgnes juba süvitsi mittelineaarse dünaamika radadele minek. Üks rada suundus matemaatilisse füsioloogiasse, kus tuletasin lihtsustatud närviimpulsi levi matemaatilise mudeli, kus mittelineaarsus loomulikult oli otsustava kaaluga ioonvoolu modelleerimisel. Seda arendas üks PhD väitekirj, kuid mudelvõrrand vääriliselt veel uurimist. Üks teine rada oli tähisega mittelineaarsed seismilised lained. Päris mitu artiklit käsitlesid probleemi, kuidas sisejõudude aktiivsus lülitub mängu vaid piisavalt intensiivsete välisärrituste puhul. Hiljem tagasi vaadates tundub samuti, et need probleemid vääriliselt arendamist uues kuues. Mittelineaarse lainelevi äärmiselt oluline valdkond on aga seotud solitonidega, kus uuringud hakkasid suurema hooga liikuma, seda ka tänu tegusatele kolleegidele.

Nii on meil ette näidata interaktsiooni pildid (mustrid) ja interaktsioonireeglid Korteweg–de Vries'i (KdV) mudelile ning rida spetsiifilisi solitonistruktuure. Lainete modelleerimisel veepinnal on aga interaktsioonisolitonid, nende kuju ja tekkimise analüüs Kadomtsev–Petviashvili (KP)

mudeli järgi ning verifitseerimine tegelikkuses andnud huvitavaid tulemusi. Üks probleem solitoonikas on see, et klassikalise sümmeetrilise solitoni kõrval on reaalse tingimuste tõttu tegemist mittesümmeetriliste solitonidega. Nende analüüsi kajastab ka varasem monograafia (Engelbrecht, 1991), kuid viimasel ajal on tegevus sellel suunal jälle hoogustunud.

Kui omal ajal oli mittelineaarne pideva keskkonna teooria aluseks evolutsioonivõrrandite tuletamisele, siis viimasel ajal on tähelepanu all hoopis keerulisemad mikrostruktuuriga materjalid, mille puhul klassikaline teooria ei tööta. Lainelevi analüüs funktsionaalselt skaleeritud materjalides on osutunud üheks baastulemuseks. Oluliseks tuleb lugeda aga korraliku teooria väljatöötamist materjali sisestruktuuri arvestamiseks lainelevil, mis on andnud ka häid tulemusi – lainelevi hierarhia sõltuvuses mastaabiteguritest, duaalsete sisemuutujate teooria, uued evolutsioonivõrrandid ja nende mittesümmeetrilised lahendid (solitonid), numbrilised meetodid, jne. Koos kaasautoritega on ilmunud raamat (Berezovski jt, 2008), kus tähelepanu all numbrilised meetodid taoliste probleemide analüüsil. Korralikud matemaatilised mudelid on aga võimaldanud lahendada ka pöördülesandeid koostöös matemaatikutega (Janno, Engelbrecht, 2011), mis on vajalikud mittepurustava katsetamise rakendustes. Siin on uudne idee mittelineaarse lahendi omaduste kasutamine pöördülesande lahendamiseks. Närviimpulsi analüüsi jätkuks on südame kontraktsioon ja difusioon südamerakus, millega väga edukalt tegelevad nooremad kolleegid, kelle tulemused on maailmas kõrgelt koteeritud. Olen ka ise nendega koos paari probleemi analüüsinud ja mitu ideed on veel realiseerimata. Viimasel ajal on tähelepanu üldistustel, mis seavad mittelineaarse dünaamika komplekssüsteemide üheks oluliseks osaks. Juba varem (aastal 1997) tegin katse esitada mittelineaarse lainelevi probleeme komplekssüsteemide raames (Engelbrecht, 1997), kuid





viimasel ajal on uuringud oluliselt arenenud ja väga huvitavaks läinud. Selles on suur osa sise-muutujate teoorial ja üldistatud käsitlustel, mis on andnud häid tulemusi mitte ainult lainelevi modelleerimisel, vaid ka füsioloogias. Sisemuutujad on osutunud üheks oluliseks kontseptsiooniks lainelevi analüüsil mikrostruktuuriga materjalides. Üldse on mikrostruktuuriga materjalide matemaatiliste mudelite analüüs andnud palju huvitavaid tulemusi. Erinevate mastaapide arvestamine lainelevi analüüsis on esile tõstnud ka hierarhilised süsteemid üldises käsitluses. Lisaks teoreetilistele mudelitele on olnud viljakas ka pöördülesannete lahendamine materjalide parameetrite määramiseks. Kui nüüd minna sisuliselt tuumani, siis jõuame lihtsa lineaarse lainevõrrandini, mis Ian Stewarti sõnade järgi on üks seitsmeteistkümnest võrrandist, mis 'muut-sid maailma' (Stewart, 2013). Selles võrrandis on tegelikult kajastatud lainelevi lõplik kiirus. Reaalne elu nõuab lainevõrrandi täiustamist, et oleks võimalik kirjeldada ka kaasnevaid olulisi füüsikalisi efekte, mis on näiteks seotud disper-siooni ja mittelineaarsusega. Mu äsjane mono-graafia (Engelbrecht, 2015) teeb meie viimase aja tulemustest kokkuvõtte just selles võtmes. Ning *anno* 2015 on tähelepanu difraktsiooni ja dis-persiooniefektide seostatusel, lainetel biomemb-raanides ja materjalidel, mis lubavad negatiivset grupikiirust.

Juba minu järeldoktori aasta Prahast häälestas mind koostööle. Hilisemad pikemad töötamised mitmes huvitavas teaduskeskuses haarasid juba teadlikult koostööd. Sel ajal jätab teatud eraldatus kodustest igapäevaprobleemidest rohkem aega teadustööks, kuid mitte ainult. Cambridge'i Sidney Sussexi kolledži õhtusöökidele järgnev diskussioon '*senior common room*'is oli vaimuhariv just paljude valdkondade esindatuse tõttu. Ka uued ideed on sellises õhustikus kerged tulema. Omal ajal, st möödunud sajandi 80-ndatel mängisid oma osa ka head raamatukogud, olgu siis Cambridge'is või Pariisis või mujal. Üldiselt on mul kaasautoreid kokku umbes neljakümne ringis. Erinevalt mitme teise valdkonna kommetest, pole meie kogukonnas kombeks kirjutada kümnete või sadade kaasautoritega artikleid. Reeglina on tegemist kahe-kolme väga tihe-dalt suhtleva kolleegi koostööga. Lisaväärtus neil kaasautorluses valminud uuringutes pole mitte ainult uued lahendused või faktid, vaid ka mitme vaate-

nurga kokkupanek, ehk nagu ütles W. L. Bragg – erinevate mõtete kokkupanek. Ka doktorante olen püüdnud varakult lükata iseseisvale teele.

Kui nüüd üldisemalt mõtiskleda, siis on mulle alati huvi pakkunud matemaatika ja füüsika seos, ehk kuidas matemaatilisest mudelist selgub füüsikaliste protsesside käitumine ja vastupidi. Mudel võimaldab ju mõtelda protsessi olemuse üle ja leida vajalikku informatsiooni arvutuste teel. Kohe kerkib küsimus, kui keeruline peab olema mudel, millele on tegelikult lihtne vastus. A. Einsteini sõnade kohaselt tuleb kõik teha nii lihtsaks kui võimalik, kuid mitte lihtsamaks. Realiseerida seda ideed pole aga alati lihtne, ka väikesed parameetrid võivad osutuda pika aja jooksul määravaks. Ja teine tähelepanek tagasivaates on seotud huviga erinevate teadusvaldkondade sümbioosi vastu. Tahkiste ja vedelike seostamine on võib-olla selge paralleel, on ju jäävusseadused mõlemal juhul kehtivad pea ühesuguses vormis. Bioloogiaprobleemid on aga keerulisemad seoses suurte muutujate arvu, keemiliste reaktsioonide, rääkimata selgest ruumilisest hierarhiast üksikute komponentide skaalas.

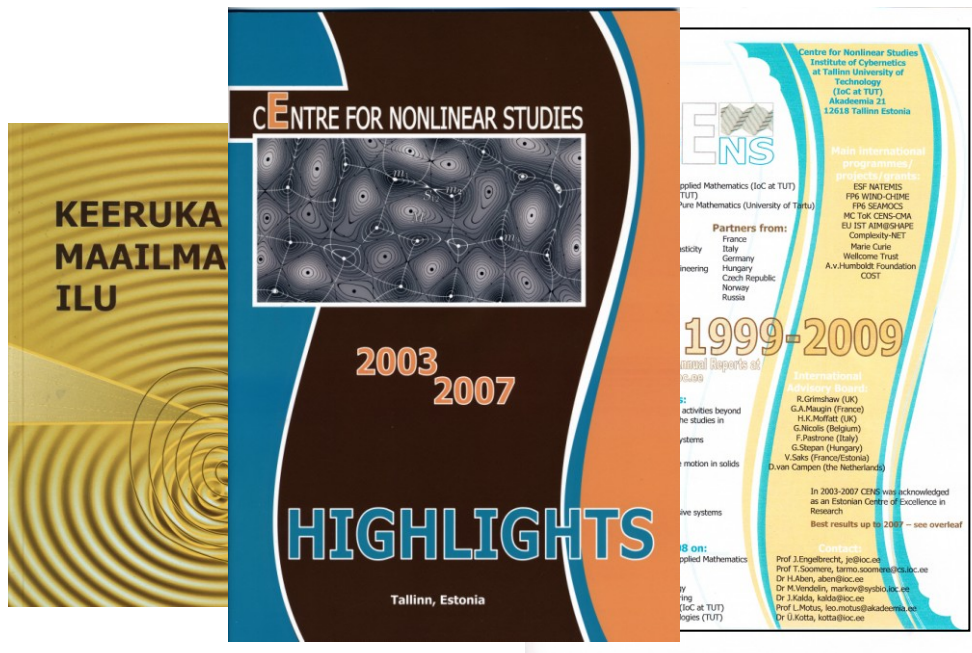
Kõik see viib loomulikult tähelepanu kompleksüsteemidele, mille puhul üksikute osade vastasmõjud (interaktsioonid) määravad süsteemi kui terviku käitumise. Taolisteks kompleksüsteemideks on mikrostruktuuriga materjalid, bioloogilised koed, sotsiaalsed süsteemid koos võrgustikega jne. Võib esineda iseorganiseeritus, esinevad hierarhilised kooslused, vastasmõjud on mittelineaarsed. Taolised süsteemid on termodünaamiliselt mittetasakaalulised. Selles võtmes on meil hulk teadustulemusi, kuid me oleme kompleksüsteemide ülevaateid esitanud ka ühiskonnale arusaadavas keeles, nii füüsikalisest aspektist (Engelbrecht, 2010a) kui ka sotsiaalsete süsteemide omapäras (Kitt, 2011). Tulemused on jõudnud nii ülikoolide (Lepik, Engelbrecht, 1999) kui ka keskkoolide (Kitsnik, Ehala, 2013) õppematerjalide hulka.



Minu kursused TTÜs, nii palju kui mul teada, on ainukesed süstemaatilised kursused Eestis mittelineaarset dünaamikast ja matemaatilisest modelleerimisest.

Puht ajaloolisest vaatenurgast lähtudes oli Küberneetika Instituut 1990-ndate lõpul kujunenud meil juhtivaks keskuseks mittelineaarsete protsesside analüüsis, kuid ka mujal Eestis oli uurimisgruppe silmitsi samalaadsete probleemidega. Nii tekkis idee moodustada virtuaalne keskus nimega “Mittelineaarsete Protsesside Analüüsi Keskus”, mille praegu tuntud akronüüm CENS on tuletatud inglisekeelsest nimest “Centre for Nonlinear Studies”. CENS loodi aastal 1999 ja on kaks korda pälvinud koht Eesti teaduse tippkeskuste programmis (2002–2007 ja 2011–2015). Tänapäevane koosneb haarab järgmisi töögrupe: Küberneetika Instituudist mittelineaarne dünaamika (J. Kalda) koos fotoelastsuse töögrupiga (J. Anton), lainetuse dünaamika (T. Soomere), süsteembiooloogia (M. Vendelin), juhtimissüsteemid (Ü. Kotta) ja Tartu Üli-koolist optika (P. Saari).

On palju noori inimesi, teadurite ja kraadiõppuritena on esindatud kümnekond rahvust ja rahvusvahelised sidemed on tugevad. CENSi tulemused vääriavad omaette kirjutist, ilmunud on paar kokkuvõtet (Kändler, 2006; CENS, 2007). Hulk noori inimesi on saanud doktorikraadi, CENSi aruannetes on kõik ilusasti kirjas ja raamatariiulil on väitekirjade osa järjest kasvamas. Vaimsus KüBI looja N. Alumäe jälgedes edeneb, sellest on ülimalt hea meel. Sellest ka raamat “Teadusmõtte Küberneetika Instituudis”, mis ilmus instituudi 50. aastapäeva tähistamiseks (Engelbrecht, 2010b).



MEHAANIKA MEIL JA MUJAL

Teadustegevusest rääkides on oluline peatuda Eesti mehaanikauuringute seosel laiemas plaanis ehk rahvusvahelises teadlaskogukonnas. Olen olnud nimelt üsna tihedalt tegev väljaspool Eestit. Loomulikult on alljärgnev pilguheit läbi isikliku prisma, pikema ülevaate loodab CENS lähiaastatel kokku panna.

Esimene 'alapeatükk' võiks kanda nime Euromech. Seda nime kandva nõukogu lõi George Bachelor aastal 1965 täiesti *ad hoc* lihtsalt Euroopa juhtivatest mehaanikateadlastest, et hakata korraldama kollokviume väga täpselt piiritletud teemadel. Polnud mingit rahalist katet, vaid teadmine, et autoriteetne kogu on ühe või teise probleemi lugenud oluliseks. Tüüpiline osavõtjate arv kollokviumil oli umbes 30–40, mis kindlustas kõigi osavõtjate süvitsi mineku ja väga sisuka arutelu. Idee osutus väga haaravaks ja omandas peagi suure populaarsuse. Esimene Euromechi kollokvium toimus aastal 1965 Berliinis, hiljuti aastal 2012 toimus Prahas Euromechi kollokvium lainelevi teemal järjekorranumbriga 540, korraldajaks Termodünaamika Instituut Prahas ja kaas-korraldajaks CENS Tallinnast. Vahepeal on Tallinnas toimunud viis Euromechi kollokviumi, enamuse seotud mittelineaarsete lainetega. Mina olin 1980-ndatel kaks korda pikemalt Inglismaal tööl ja kohtusin tihti George'iga, kes tegi mulle ettepaneku järjekordse roteerumise ajal hakata nõukogu liikmeks. Esimesel aastal (1988) olin koopteeritud, siis aga kuus aastat (1989–1993) nõukogu täieõiguslik liige. Kuigi tegemist nn *bottom-up* initsiatiiviga, oli nõukogu autoriteet kõrge ja seda toetas korrespondentide võrk üle Euroopa. Iga-aastased koosolekud olid ülimalt tõised, sest ettepanekud uute kollokviumite kohta arutati läbi väga põhjalikult. Ja see oli vaid selleks, et saada Euromechi tunnustus! Aastal 1993 oli aeg küps, et nõukogu transformeerus ühinguks ja nii sai alguse *Euromech Society*, liikmeteks selle valdkonna teadlased üle Euroopa ja mujaltki, esimene ühingu president oli David Crighton – mu hea sõber Cambridge'i päevilt. Nagu ikka ühingutes, valiti juhtkond liikmete poolt ja nii osutusin ma uuesti valituks Euromechi juhtkonda, kokku veel kuueks aastaks (1995–2000). Aastatel 2001–2005 olin Vanematekogu esimees ning see kogu andis nõu nii tegevusteks kui ka juhtkonna valimisteks. Praegu korraldab Euromech kollokviumite kõrval suuremaid konverentse viies suures valdkonnas: tahkisemehaanika, vedelike mehaanika, turbulents, mittelineaarsed võnkumised ja materjalide mehaanika. Kahtlemata 'istutasid' need aastad Euromech'is mind rahvusvahelisse kogukonda, andsid palju uusi ideesid, panid vaatama asju laia pilguga ning *last but not least* – andsid palju sõpru. Iga-aastased nõukogu koosolekud, mis 1980-ndate lõpus ja 1990-ndate alguses olid seotud veel viisaprobleemidega, viisid mind paljudesse Euroopa linnadesse, ka Tallinnas pidasime loomulikult koosolekut, ja võimaldasid külastada paljusid uurimiskeskusi. München, Lyngby, Stockholm, Zürich, Cambridge, Berliin, Grenoble, Budapest, Udine on vaid pelk loetelu Euroopa keskustest, kuhu mu rännutee mind Euromechi tiiva all viis. Ja seda 13 aastat jutti, Vanematekogu pidas koosolekuid juba

elektrooniliselt. Ning kõikidest Euromechi üritustest osavõttu on isegi raske meelde tuletada.

Teine 'alapeatükk' kannab nime IUTAM (*International Union of Theoretical and Applied Mechanics* – Rahvusvaheline Teoreetilise ja Rakendusmehaanika Liit). Nagu iga teise taolise liidu puhul (on ka erandeid), on IUTAMi liikmeteks mitte üksikisikud, vaid rahvuslikud komiteed. Seega peab jutt algama nendest ning seetõttu on tegemist meeskonnatööga ja antud teadusvaldkonna tervikliku arenguga. Paraku tuleb alustada ajast, mil Eesti oli NLiidu koosseisus. N. Alumäe oli NLiidu Mehaanika Rahvusliku Komitee liige alates 1961. a. Tema ettepanekul võeti selle Komitee liikmeteks U. Nigul (1976), allakirjutanu (1983), H. Aben (1985) ja Ü. Lepik (1987). Tuleb tunnistada, et tolle aja piirangute tõttu rahvusvahelises suhtlemises olid Komitee koosolekud üpris huvitavad, sest teoreetiliste valdkondade tase on Venemaal olnud alati tugev ning nimetada tuleb ka Ukraina ning Georgia (tollal Gruusia) kolleege. Aga eks ilmnesis nendel koosolekutel ka totalitaarriigi iseärasused, sest vaidlustes tõestati tihti mitte oma heade tulemuste väärtust, vaid prooviti teisi maha teha. N. Alumäe ettenägelikkus tegi võimalikuks Eesti regionaalgrupi moodustamise Komitee koosseisus (juba 1974). Ja siis saabus aeg, kus N. Alumäe ettepanekul langes minu õlule Eesti regionaalgrupi juhtimine (1984). Me korraldasime Eesti Mehaanikapäevi, osalesime kolme linna (Moskva, Leningrad, Tallinn) ühisel mehaanikaseminaril, millega hiljem ühines ka Doni-äärne Rostov. Minu koordineerida oli meie osavõtt, Moskvast tegelesid sellega N. Zvolinski ja M. Grinfeld, Leningradist alguses A. Lurje, hiljem V. Palmov ja Rostovist I. Vorovich. Nende sidemete juured läksid ikka tagasi N. Alumäe juurde. Selle seminari õhkkond oli hoopis teine: rahulik ja põhjalik arutelu, mis praktiliselt tähendas ajurünnakut ettekandja probleemi ümber.

Aeg aga viis meid muutustele, mis tõid Eesti tagasi iseseisvate riikide perre. Aastal 1991 saatsid Eesti regionaalgrupi liikmed siis juba Venemaa Rahvusliku Mehaanika Komitee nime kandvale organisatsioonile kirja, milles teatasid Eesti Mehaanika Rahvusliku Komitee moodustamisest ja sellega seoses oma väljaastumisest Venemaa Rahvusliku Komitee kui NLiidu Komitee mantlipärija koosseisust. Olin juba varem konsulteerinud oma heade kolleegidega IUTAMist ning esitasin kohe taotluse Eesti osalemiseks IUTAMi liikmeskonnas. Meie taotlus rahuldati Haifas toimunud Rahvusvahelisel Mehaanikakongressil (ICTAM) aastal 1992 ning sellest alates on Eesti Mehaanika Rahvuslik Komitee IUTAMi täieõiguslik liige. Meie komitee jätkas Eesti Mehaanikapäevade korraldamist ja mehaanikauuringute koordineerimist Eesti erinevates teadusasutustes. Koordineerimine tähendas selles kontekstis mitte juhtimist, vaid eelkõige infovahetust. Me koostasime kaks Eesti mehaanika programmi (1995–1997, 1998–2002), mille eesmärgiks oli paika panna uurimissuunad ja jagada kogemusi kriitilise massi saavutamiseks. Loomulikult oli tähelepanu all tulemuste kvaliteet – osa kolleege haalus nende mõtetega, osa

aga mitte. Eesti üldine teaduspoliitika ei soosinud tollal taoliseid 'isehakanud' programme, sest hakkasid arenema bürokraatlikud nõuded riiklike programmide suunas. Kuna rahastamist nende programmide raames polnud võimalik saada, siis praegu (st pärast 2002. a) kokkuvõtvaid programme pole. Kindlasti andis aga see tegevus hea aluse CENSi tegevuse rajamiseks alates 1999. a, eesmärgiga koondada ühe suuna (mittelineaarse dünaamika) uuringud ühtse 'mütsi' alla. Üldisest vaatevinklist on oluline märkida, et Eesti Mehaanika Rahvuslik Komitee seadis sisse N. Alumäe loengud, mida peetakse kaheaastase intervalliga 12. septembril, N. Alumäe sünniaastapäeval. See on ausus mehele, kes oma tegevusega pani aluse mehaanika tänapäevasele arengule Eestis ning samas ka tänaste tegijate tunnustamine.

Nüüd aga rahvusvahelisele areenile. IUTAMi tegevus on lai – iga nelja aasta järel toimuvad kongressid (ICTAM), kus arutlusel kõik mehaanika probleemid nii tahkise ja vedelike mehaanikast, biomehaanikast, arvutusmehaanikast, kui ka geomehaanikast, mehhatroonikast, materjalimehaanikast jne. Kongressidest osavõtjate arv on viimasel aja 1500 ja 2000 vahel. Igal aastal toimub veel umbes 8–10 spetsialiseeritud IUTAMi sümposiumi kitsamate probleemide arutamiseks ja sel juhul on osavõtjate arv kuni 100. Töötavad töögrupid ja paneelid konkreetsete sihtidega ühes või teises suunas, et selgitada uusi trende ja juhtida tähelepanu lahendamata probleemidele. Kongressikomitee ülesandeks on aga läbi vaadata taotlused IUTAM esindusürituse – kongressi läbiviimiseks ning paika panna iga kongressi struktuur – plenaarsinejad, sektiioonid, seminarid, stendiettekanded jm. See on praktiliselt mehaanika hetkeseisu ja kuumade teemade fikseerimine. Esimene kongress toimus 1924. a Delftis, viimane, 23. kongress toimus Pekingis. Tallinnas toimus üks IUTAMi sümposium aastal 1982 ja järgmine teemal *Complexity of Nonlinear Waves* aastal 2014.

Minu osavõtt IUTAMi igapäevasest tegevusest algas 1992. a, kui mind valiti Kongressikomitee ja Peaassamblee liikmeks. Kuigi harilik roteerumine tähendaks vaid kahte perioodi Kongressikomitee liikmena, siis minu teised kohustused IUTAMi juhtorganis andsid mulle *ex officio* koha kuni aastani 2004, seega kokku 12 aastat. ICTAM 1996 Kyotos sidus mind aga juba väga tihedalt IUTAMi tööga – mind valiti nimelt IUTAMi juhtkomitee (Büroo) koosseisu. Aastatel 1996–2004 (st kaks perioodi) olin Büroo liige ja aastatel 2004–2008 varahoidja (*treasurer*). See oli äärmiselt põnev aeg, mis viis mind mu eriala süvaprobleemide juurde ning andis ülevaate olulistest suundadest. Jälle kindlasti kasu CENSile! Et selle juures avardub ka maailmapilt, on meeldiv lisaväärtus. Alustasin kongressidega Moskvas (1972) ja Delftis (1976), millele järgnes NLiidu reeglite (ma polnud nimelt usaldusväärne) ja rahapuuduse tõttu mitme kongressi pikkune vahe, hoolimata kutsetest. Siis aga Kyoto (1996), Chicago (2000), Warssavi (2004), Adelaide (2008) ja Peking (2012). Ametikohuste kõrval olid mul kongressidel loomulikult ka teadusettekanded. Büroo istungid lisasid veel hulga külastusi paljudesse teaduskesk-

tesse – Providence, Cambridge, Stuttgart, Aalborg, Champaign (Illinois) jne on vaid lühinimekiri. IUTAM määrab ka iga sümposiooni programmitöösse oma esindaja, neid *ex officio* meeldivaid kohustusi on kogunenud umbes kümmekond. Osal olin ka ise ettekandega kohal, osal piirdus mu tegevus vaid soovitude ja nn järelvalve rolliga. IUTAMi sümposioonide ettekanded valib programmitöö, seega on eelnev sõel tihe. Materjalid avaldatakse hiljem eraldi köidetena pärast teadusajakirjadele omast ranget retsenseerimist ja loomulikult on need materjalid ka andmebaasides refereeritud. Aeg-ajalt avaldab IUTAM üldisi publikatsioone, nendest on minu arvates üks huvitavamaid raamatuke pealkirjaga “Mechanics at the turn of the century” (Schiehlen, van Wijngaarden, 2000), kuhu on kogutud IUTAMi juhtkonna lühiesseed viimase 50 aasta mõjukamatest teaduspublikatsioonidest, mis panid aluse uutele paradigmadele või läbimurretele meie teadmistes. Minu lühiessee käsitles N. J. Zabusky ja M. D. Kruskali kuulsat solitonide artiklit (1965) suurt mõju mittelineaarsete nähtuste analüüsis ja lahtimõtestamisel.

IUTAMi varahoidja amet oli aga väga pingeline. Ega IUTAMi rahahulk ju teab kui suur pole, ca 400,000 USD kokku, kuid suhtlemine Rahvuslike Komiteedega liikmemaksude asjus, sümposioonide rahastamine ja nende aruanete kogumine, trükiste ja sekretariaadi rahastamine jne oli piisav koormus ja vastutus.

Kuna aastal 2006 valiti mind ALLEA presidendiks, siis kahte vastutusrikast ametit lisaks kodustele kohustustele ma pidada ei oleks jõudnud. Pidin kahetsusega teatama kolleegidele IUTAMis, et ma ei kandideeri enam varahoidja ametisse 2008. aasta Peaassambleel. Ja on päris loomulik, et nii nagu omal ajal N. Alumäe andis mulle üle rahvusliku komitee (tollal regionaalgrupp) esimehe ameti, nii ka mina soovitsin sellele kohale noorema kolleegi Andrus Salupere. Tema on nüüd ka IUTAMi Peaassamblee liige (alates 2008), mis käib koos rahvusliku komitee esimehe staatusega.

TEADLASKOGUKONNA TEGEMISTEST EESTIS

Kolleegid valisid mu Eesti Teaduste Akadeemia presidendiks aastal 1994. See tähendas vastutust, sest ‘ajastu ristlevad huvid’, nagu ütles omal ajal Karl Schlossmann, nõudsid palju energiat. Samas ei saanud ma jätta kõrvale oma teadusuuringuid. Akadeemia presidendil polnud aga vastutus üksi Akadeemia käekäigu eest, vaid Akadeemial kui Eesti tippteadlaste kogul oli vastutus teaduse arengu eest. Jättes kõrvale seadustähe formuleeringud, on akadeemiate olemuses põhjanev mitte formaalsus, vaid vaimujõud, mis seob akadeemikuid Aristoteelse vaimus – summa on suurem kui liidetavad lihtsalt kokku liidetuna. Olen akadeemiate tegevusest paljugi kirja pannud, küll meie Akadeemiast, küll meie rahvusvahelistest suhetest, küll akadeemiast üldse (vt Engelbrecht, 2004b, 2014b), ning siin olgu vaid märgitud mõned tahud.

Akadeemia raames olid olulised nii Akadeemia seaduse kui ka põhikirja vastuvõtmine ning Akadeemia maja omandivormi lahendamine ja korrastamine. Remonditööd olid teatavasti keerukad ja kestsid kaua (koos rahamuredega) ja tegelikult said ringi peale alles paari aasta eest. Põhiküsimus aastatel 1994–2004 oli Akadeemia nähtavuse tõstmine. Mitmed uued töövormid said alguse – sihtsuunitlusega nõupidamised “Teadus ühiskonnale”, “Uued teadussuunad”, Akadeemia avalikud loengud, konverentsid jm. Akadeemia aastaraamatud said uue alguse (eelmine, st I köide ilmus ju 1940. a). Akadeemia tegevuse kõrval on aastaraamatute kaante vahel ka assotsieerunud teadusasutuste ja -seltside tegevuse aruanded ning akadeemikute arvamused. Heameelt teevad Akadeemias alustatud seeriad “Eesti Vabariigi teaduspreemiad” (esimene köide ilmus 1997. a) ja “Teadusmõte Eestis”, mis käsitleb nii üksikuid teadusvaldkondi kui ka laiemaid probleeme. Akadeemia asus jõuliselt esindama Eesti teadust rahvusvahelisel areenil (vt ka allpool). Tahaksin märkida ka teaduseetika koodeksi väljatöötamist, mille initsiaatoriks oli Akadeemia.

Akadeemia tähtpäevad on leidnud kajastamist laiemalt, nii on ilmunud ka Akadeemia ajalugu aastal 2008, ajakirja “Akadeemia” erinumber (No 10, 2008) ning paari aasta eest ka Horisoni 2013. a rubriigid “Akadeemia ajad ja rajad” ning “Akadeemik akadeemikust”.

Aga presidendina olin seotud veel Eesti riigi mitmete institutsioonidega, olgu siis *ex officio* TANi liikmena või riigi teaduspreemiate komisjoni esimehena, samuti ka arvukate *ad hoc* komisjonide liikmena. Oluline oli kindlasti ka osalemine Vabariigi Presidendi Akadeemilise Nõukogu (Mõttekoja) töös. Mul oli au olla seal kolme Presidendi ametiaja jooksul aastatel 1995–2011.

Eesti riigi teadusstrateegiad said alguse Akadeemia poolt koostatud strateegiaga 1998. a, mida aga siis just lahkuv Riigikogu ei jõudnud aktsepteerida. Olin Teadmistepõhise Eesti I (2002–2006) üks koostajatest ja Teadmistepõhise Eesti II (2007–2013) koostamiseks moodustatud töögrupi juht.

Teaduse rahastamine on praktiliselt teaduse vereringe funktsioneerimise korraldamine. Kolleegid valisid mu aastal 1997 loodud Teaduskompetentsi Nõukogu (TKN) esimeheks. Eesti Teadusfond juba eksisteeris, kuid TKNi vastutuseks jäi sihtfinantseerimise tagamine, s.o institutsionaalne rahastamine. Tänu TKNi liikmete missioonitundele saime asja käima. Me alustasime sihiga korrastada teadusmaastik, lõigata ära tegevus veel NLiidu pärandina ja viia hinnangud kvaliteedile. Reeglid tuli ise välja töötada ja põhimõtteks sai nn alumine latt – rahastatav teadustegevus peab olema teatud tasemel. Kõik, kes üle selle, said rahastatud, pidades silmas teaduse üldist arengut Eesti huvides. Tõsi, hinnangud olid ekspertide poolt, artiklite arvu ega tsiteeringuid ei loetud. Mul on siiani meeles, et rahastatud sai tööühm, kellel need bibliomeetrilised näitajad puudusid, kuid kavandatud tegevus oli äärmiselt perspektiivne. Praegu on see tööühm üks Eesti tugevamaid. Kui kaks vooru jäi selja taha,

oli selge, et tipud vajavad suuremat rahastamist (tuleb kasta seda taime, mis kasvab). Selleks algatas TKN tippkeskuste programmi (2002–2007), mis sai rahastamise riigi eelarvest. Ma palusin Soome kolleegide abi, kes meid nõustasid ja abistasid nii reeglite väljatöötamisel kui ka taotluste evalveerimisel. Muide, toimusid ka kohtvisiidid, mis taolise kõrgtasemelise teadustegevuse juures on äärmiselt olulised. Konkurss oli tihe, kuid tulemused õigustasid end (Lippmaa, 2004). Võrreldes tänase olukorraga oli tippkeskuste aruandlus eeskätt tulemustel põhinev, mitte aga eelarve ridade täitmisel ja lauskontrollil. Väga olulise sammuna viis TKN sisse järel doktorite staatuse, mis hõlbustas noorte teadlaste tagasipöördumist Eestisse. Üks aruanne TKNi tööst võtab kokku tehtu (Engelbrecht, 2003).

Tegemisi nende aastate jooksul on olnud palju ja kõiki ei jõua üles lugeda. Kõrghariduse korraldamisega oli Akadeemia presidendil vähem tegemist, kuid ma olin kõrghariduse akrediteerimise töögrupi juht (2004. a). Kuna minister T. Maimets andis vabad käed selle grupi moodustamiseks, siis kutsusin osalema kolleegid Saksamaalt, Rootsist ja Sloveeniast. Selle töögrupi järeldused (Eesti kõrghariduse kvaliteedikindlustus, 2004) aitasid korrastada meie kõrgharidusmaastikku ja puhastada see vesivõsudest ehk teiste sõnadega 1990-ndatel vohama hakanud era-‘ülikoolidest’.

Nii et minu 20 aastat Eesti Teaduste Akadeemia juhtkonnas (president 1994–2004, asepresident 2004–2014) on möödunud tegusalt, mis aga ei tähenda, et kõik on olnud probleemidevaba. Nendest olen kirjutanud Akadeemia aasta-araamatutes, kokkuvõtted on kirjas ka ühtsete kaante vahel (Engelbrecht, 2004b, 2014b). Tänase teadusmaastiku analüüs nõuab aga omaette arutlust. Üks kokkuvõtte tehtust ja tulevikust ilmus minu toimetamisel paar aastat tagasi (Engelbrecht, 2011). Praegu olen Akadeemia juhatuse liige ja Eesti Teaduse Tippkeskuste Nõukogu esimees. See nõukogu moodustati Akadeemia juures aastal 2012, et ühendada Eesti tippteadlaste arvamused meie teadusuuringute korralduses.

RAHVUSVAHELINE TEGEVUS JA AKADEEMIAD

Teadustegevuse rahvusvahelistest sidemetest oli juba juttu, kuid suur osa mu viimase kahe dekaadi (1994–2014) teaduspoliitika tegemised sündisid samuti rahvusvahelisel areenil. Eks Akadeemia presidendi kohustuste hulka kuulub ka rahvusvaheline suhtlus. Minul oli see eelkõige seotud Euroopa Akadeemiatega ja nende Föderatsiooniga ALLEA (*All European Academies*), mis haaras enam kui 50 akadeemiat. ALLEA tegevus on suunatud just teaduspoliitika paljudele aspektidele: alates teaduseetikast ja intellektuaalse omandi kaitsest teadushariduseni ja Euroopa Liidu teaduspoliitika kujundamiseni. Ja Euroopa Noorte Akadeemiade idee ning evalveerimisreeglid ja teadusvääriskus – nimekiri tegemistest on päris pikk. Möödunud sajandi 90-ndatel juhataisin paari ALLEA töögruppi, üks neist haaras väikeriikide teadusstrateegiate analüüsi (Engelbrecht, 2002), teine akadeemiatevahelisi teadussidemeid. Aas-

tal 2006 valisid kolleegid mind ALLEA presidendiks ja mu teine ametiaeg lõppes 2011. a. See oli pingeline, vaimu kosutav ja haarav töö, mis viis mind kokku enam kui 50 Euroopa Akadeemiaga. Konverentsid, ALLEA esindamine Euroopa Liidu komisjonides ja teistes erialaorganisatsioonides, Akadeemiade endi üritused – kõik see nõudis aega. ALLEA peakorter oli tollal Amsterdamis, mis nõudis alul ka tihedat reisimist, kuid hiljem õnnestus juba Skype'i abiga aega (ja raha) võita. Koos ALLEA asepresidendi Nicholas Manniga kirjeldasime neid tegemisi koostöös valminud esseede kogumikus (Engelbrecht, Mann, 2011), eesti keeles on pikemad ülevaated nii meie Akadeemia aastaraamatutes kui ka minu esseede kogumikus (Engelbrecht, 2014b).

ALLEA kõrval oli palju tegemist ka teistes rahvusvahelistes organisatsioonides (ICSU, EASAC, ESF jne) ning Euroopa Liidu komisjonides ja nõukodades. ICSU, st Rahvusvahelise Teadusnõukogu tähelepanu all on globaalsed probleemid ning arutlused selle nõukogu raames on olnud kasulikud nii Euroopa kui ka Eesti mastaabist arusaamiseks.

Olin ka Euroopa Komisjoni teadusvolinikku nõustava kogu EURAB liige, kus tähelepanu keskpunktis olid ELi teaduspoliitilised otsused. Ilmselt üks mu olulisemaid tegevusi oli osalemine Euroopa Teadusnõukogu (ERC) vahetus loomises. Väike 5-liikmeline kogu Chris Patteni juhtimisel sõnastas ERC põhiprintsiibid ja valis välja ERC esimese nõukogu. Valik oli väga õnnestunud, sest ERC hakkas tõesti tööle esimesest kinnitamise hetkest peale. Tuleb tunnistada, et sellest tööst on mul Euroopa komisjoniga suhtlemisel parimad mälestused. Ega ei jõua siin üksikasjaliselt rääkida ei võrgustike (ERA-NETs) töörühmast, Marie Curie programmi nõukojast ega ka NETWATCH'i infosüsteemi nõukojast. Viimasena mainitu on viinud mind mitu korda Sevillasse, mis on muutunud mu üheks lemmiklinnaks.

Praegu olen tihedalt seotud Maailma Kunsti ja Teaduse Akadeemiaga (*World Academy of Art and Science*, lühendina WAAS), mille juhatuse liige ma olen. WAAS on loodud A. Einsteini ja R. Oppenheimeri ideede kohaselt 1958. a, et rakendada teadlaste vaimujõud globaalsete probleemide lahendamiseks. Olen korraldanud paar sessiooni WAASi konverentsidel, tähelepanuga kompleks-süsteemidel. Lugeda WAASi tegevusest saab jälle "Akadeemia" veergudelt (Engelbrecht, 2014a). Kahjuks on mu ajabilanss piiratud ning WAASi kõrval saan Euroopa ulatuses *Academia Europaea* tegevusest vähem osa võtta.

TEADUSKULTUUR

Mind on vist kogu aeg huvitanud teaduskultuur selle mõiste kõige laiemas mõttes. Küllap sai huvi alguse mu aspirantuuriaastatel, leidis tuge järel doktorantuuris Prahas, siis pea juba pool sajandit Küberneetika Instituudis ja 20 aastat Teaduste Akadeemia juhtkonnas on pannud mind paljude asjade üle mõtlema üldisemalt kui oma eriala piirides. Lisada tuleb ka aastad IUTAMi juhtkonnas, ALLEA presidendi ametis ja WAASi juhtkomitees.

Kultuur tähendab inimtegevust selle kõige laiemas mõistes, mille hulka kuuluvad ka teadmised. Kitsamas tähenduses on kultuur vaimne looming ja/või kaunid kunstid. See viibki arvamuseni, et kultuur on ikka kujutav kunst, muusika, teater, kirjandus jne. Kui räägime teaduskultuurist, siis enamusele kunstiinimestest jääb see kaugeks ja mõistegi arusaamatuks. Ikkagi matemaatika ja füüsika, mingid valemid ja seadmed, millest tavamõistusega aru ei saa. Pilt või laul on ju hoopis teine asi! On tõesti kahju, et selline suhtumine prevaleerib. Ega see pole ju ainult sotsialismi taagast vabanenud väikeriigi probleem, selline suhtumine on ka suurte keelte areaalis. Tuletagem meelde kuulsat C. P. Snow loengut kahest kultuurist (1956. a) ja sellest vallandunud vaidlusi, mis on käinud tänaseni. Mulle tundub, et siin on juured ikka hariduses. Nn. pehmete erialade populaarsus tekitab mulje, et lihtsam on kuulata paari kursust ja kuulutada haridus omandatuks, selle asemel, et midagi süvitsi õppida. Tegelikult on elu täis ilmekaid näiteid, kuidas füüsikud hindavad kunsti – mõelgem A. Einsteini, H. Kerese ja N. Alumäe muusikahuvile või Euroopa Teadusfoorumite seminaridele pealkirjaga “Science meets Poetry”. Seda viimast veavad kaks füüsikaproffessorit, üks *Imperial College*’ist Londonis ja teine *Trinity College*’ist Dublinis. Meie Akadeemia välisliige nobelist R. Ernst on tunnustatud Tiibeti maalide ekspert. Need, kes on lugenud J. Einasto universumi kärgstruktuuri ja tumeaine lugu või A. Võõbuse süroloogia lugu (mõlemad “Ilmamaas” ilmunud), saavad ettekujutuse teadlase mõttemaailmast, mis toetub faktidele ja mis lubab nende põhjal teha üldistusi, ehk teisisõnu, saada uusi teadmisi. Ma väga loodan, et varsti on meil lugeda ka raamat E. Õpikust, sest T. Kändleril on materjal koos. Ja see tänapäeva astronoomia ühe rajaja lugu meie maailmaruumi olemusest on kultuuri väga oluline aspekt. See, kes arvab, et matemaatika on igav, peaks lugema “Matemaatika õhtuõpikut”, autoriteks J. Aru, K. Korjus ja E. Saar, noored andekad ja töökad inimesed. Kui aga ajaloost näiteid otsida, siis maksab meelde tuletada J. W. Goethe värviõpetust. Nii et – saab küll C. P. Snow kahte kultuuri ühendada, vaja on eelkõige mõistmist.

Siin mõtiskleks mitte kaunite kunstide ja teaduse suhte üle, vaid vaataks teaduskultuuri aspekte hoopis teisest vaatenurgast, mis haakub mu enda teadushuvidega. Olen tihti kasutanud A. Toffleri mõtet üksiku ja terviku vahekorra – üksikuga saame hakkama, kuid tükke tervikuks ei oska panna. Ja nii on paraku olukord Eestis ning pole mingi lohutus, et taolised tendentsid esinevad üle maailma. Proovisin oma üldisi arusaamu esitada kogumikus (Engelbrecht, 2013), mis ilmus Akadeemia 75. aastapäeva tähistamiseks. Ei tahaks siin kõiki mõtteid korrata, kuid paar asja siiski, pöörates tähelepanu teadmiste korrastamisele.

On otstarbekohane vaadelda teadustegevust mitmest vaatevinklist. Esiteks teadlase poolt vaadatuna, ehk kuidas teadlasena selles maailmas hakkama saada. Teiseks teadusjuhtide poolt vaadatuna, ehk kuidas teadustegevust

korraldada. Kolmandaks ühiskonna poolt vaadatuna, ehk kuidas uusi teadmisi ära kasutada. Ja siis on vaja need vaatenurgad siduda tervikuks.

Teadlase seisukohalt on tegemist eelkõige teadusväärikusega (*research integrity*), mis peaks olema iga teadlase sisemuses. Mõisted, nagu ausus, õiglus, objektiivsus, sõltumatus, usaldusväärsus, vastutus, avatus, on kõik igati arusaadavad. Plagieerimine peab olema välditud, katsetulemused peavad olema korrektselt esitatud, autorlus teadustulemuste publitseerimisel peab olema põhjendatud, teiste tulemustele tuleb korrektselt viidata, teadustulemuste korduv publitseerimine peab olema välistatud, jne. Veealuseid karisid on aga palju, sest inimesele omane püüdlus teha karjääri seab hulga ahvatlusi. Publikatsioonide nimekiri on ju see, mida evalveerijad vaatavad, olgu siis teadusgrandi saamise hindamiseks või akadeemilisele ametikohale valimiseks. Siit oht laiendada autorite nimekirja, avaldada lühipublikatsioone (nn *salami slicing* – suitsuvorstist saab palju õhukesti viile lõigata), avaldada korduspublikatsioone jm. Inglisekeelne väljend *publish or perish* võib niimoodi valusalt kätte maksta.

Paraku on maailm oma tegevusega kaudselt soodustanud ahvatlusi. Kuulsad indeksid, mõjufaktorid ja muud tahavad teadlasi ritta panna. Kui spordis on sentimeetrid või sekundid õigustatud, siis kuidas küll mõõdame teadmisi? Kas Higgsi boson on väärtuslikum kui inimese genoom? Või kuidas võrrelda iPadi ja Fermat' teoreemi väärtust? Nii võime jõuda tulemusteni, mis algselt head ideed (andmebaas) teevad teinekord küsitavaks. Kuulsas ISI andmebaasis on artiklid, millel üle 3 000 autori, ühel autoril ISI andmetel aastas 125 artiklit ja tsiteeritavus kasvab mühinal. Samal ajal on Fermat' teoreemi tõestajal ISIs kirjas vaid 14 artiklit! Statistika võtab aga arve kiretult arvesse ja arvutab indekseid. Riigid kasutavad erinevaid andmebaase, mõned ISId, teised Scopust, kolmandad Austraalia PoP'd. Öeldakse, et jämedalt on tulemused samad, kuid teadlasena tahaksin selget alust võrdluseks, sest näiteks raamatute osa on erinevates andmebaasides samuti erinev. On hea meel, et Eestis on vahepealne liigagarus ISId ja indekseid ülimaks lugeda taandumas.

Ja ikka on põhiküsimus teadlasele see, kuidas hinnata teadustulemust. Tahtmine seda ainult bibliomeetria abil hinnata pole ilmselt otstarbekas. Oluline on tulemus, mida saavad hinnata eelkõige eksperdid (*peer-review*). Paremat süsteemi kui eksperthinnangud pole, paraku juhtub ka nendes mõõdalaskmisi. Teinekord on eksperdid juhuslikud või ülekoormatud või eksivad nemadki. Aga kui valitseb suhtumine *publish or perish*, siis mida peab tegema noor teadlane? Kui sihiks on indeksitega märke jõuda, siis on soovitatud koostööd endast edukama teadlasega, publitseerida valdkondades, kus toimub intensiivne teadustegevus, tegeleda probleemiga, mida püüab lahendada palju inimesi, korrata oma sõnumit mitu korda jne. Ma jätaaksin selle igapäevase otsustada, kas see suhtumine on tema hingelaadile sobiv. Mulle tundub, et teadlast peaks eelkõige huvitama tulemus, mitte aga indeksid. Minu õpetaja Nikolai Alumäe armastas korrata järgmist – võtke endale hästi raske probleem, siis on teil

mille üle mõelda ja olete õnnelik. Ühiskonnale on aga vaja rakendusi ja nende väärtuse hindamine teadlase enda vaatenurgast pole meil küll kuidagi paigas. Lihtsalt öeldes – rakendused ei avalda mõju teadlaskarjäärile. Ilmselt on vaja selle küsimusega tõsiselt tegeleda.

Edasi korralduslikust küljest. Üks oluline probleem teaduse juhtimisel ja suunamisel on rahastamine, mis piiratud rahakoti tingimustes pole just lihtne ülesanne. Tegelikult on see probleemiks igal pool ja üldprintsip on kvaliteedipõhine. Samas tuleks kindlustada ka rahastamisallikate paljusust (rahvasuu ütleb, et ei maksa kõiki mune ühte korvi panna) ning ühelt poolt järjepidevus, teiselt poolt aga kogukonna (riigi) probleemide lahendamine. Tegemist on seega mitme tundmatuga mitmemõõtmelise ülesandega, kui kasutada matemaatilisi termineid. Meie omaaegne süsteem TKNi ja ETF näol koos võimalike riiklike programmidega funktsioneeris päris hästi. Mäletan ka ühe HTMi juristi küsimust – miks te tahate süsteemi muuta, mis funktsioneerib? Ometi tekkis arvamus, et need riiklikud rahastamisallikad vajaksid täiustamist ning nii tekkis ETag oma institutsionaalsete (IUT) ja personaalsete (PUT) uurimistoetustega. Paraku ei eelnenud sellele olulisele reformile teadustegevuse üldist analüüsi ning tegijad ei osanud lahti seletada IUTide olemust välisretsensentidele, kes kvalifitseerisid neid kui projekte. Nüüd oleme olukorras, kus ka rahastamisreformi initsiaatorid ise on tunnistanud süsteemi mittejätkusuutlikkuks, sest projektimajandus on võtnud võimust hoolimata hoiatustest. Mind aga painab küsimus, kuidas on targad inimesed lasknud asjadel nii kaugele minna.

Terviku mõiste on kaotsi läinud, mõõdikud on seatud esiplaanile, projektipõhisus on meeltnõõda eelkõige ametnikele, kelle kontrolliha on teinekord ületanud kaine mõistuse piirid (olgu selleks siis patareide ostmine riigihankega või kontrollija arvamus konverentsil osalemise olulisusest, jne.). Teatavasti pidev mõõtmine pärsib energia ja tekitab pahapaine. Ikka ja jälle tuleb meelde A. Einstein: “Not everything that counts can be counted, and not everything that can be counted counts”. Paraku tuleb nentida, et paljudel ametnikel puudub teadusharidus ja tihti ei suuda nad mõista teadusloome vajadusi. Üks hiljaaegu (veebr 2015) avaldatud teadus- ja tehnoloogiahariduse dokument on ilmekas näide kirjutajate ebapiisavast kompetentsist, nimelt ajavad nad segamini teaduse, looduse ja täppisteadused ning jätavad täielikult kõrvale tehnika-teadused. Idee oli ju õilis, kuid esitatu lihtsalt konarlik. Küsimus on, kellele seda vaja oli.

Teadlase soov on loomulikult jõuda ekstsellentsuseni. Taani ELi eesistumisel 2012. a Aarhuses toimunud konverentsil kiideti heaks nn Aarhuse deklaratsioon ekstsellentsusest teaduses, mille alapealkiri on väga oluline – investeerimine tulevikku (The Aarhus Declaration, 2012). Nii see tõepoolest on – andes talendikatele teadlastele vabad käed, luuakse parimad tingimused uute ideede arendamiseks, uute paradigmade tekkimiseks, läbimurreteks teadmistes, mis loovad aluse homsetele rakendustele. Deklaratsioon loetleb ka tingimusi –

usaldus ja vabadus, pikaajaline perspektiiv, loominguline õhkkond, multidistsiplinaarsus, talentide toetamine, hea infrastruktuur. Jääb üle küsida, kas me oleme seda meelt, et neid tingimusi järgida?

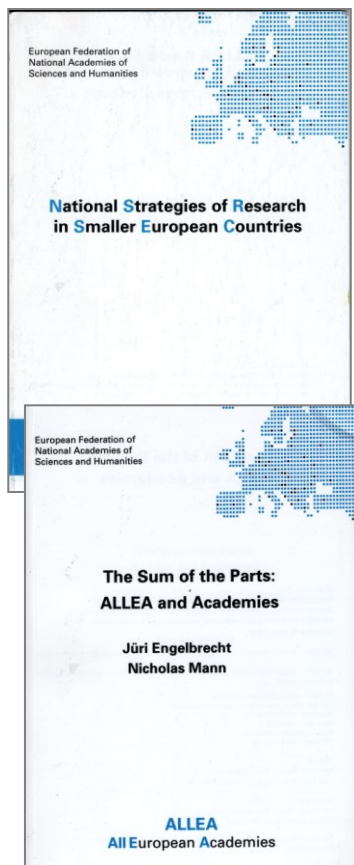
Ning nüüd ühiskonnast ja teadlastest. Jättes kõrvale kõik välised piirangud võiks lihtsustades öelda, et teadlased tahavad vabadust oma uurimustes uute teadmiste otsingutel ja ühiskond tahab tulemusi, seejuures mida rutem, seda parem. See dihhotoomia vajab lahendamist ning kõige efektiivsem vahend on siin usaldus. Ühiskond peab usaldama oma alamhulki ja saama aru, et osa teadlasi teevad seda, mida ühiskond veel ei tea, kuid teadlased loevad vajalikuks, ning osa teadlasi teevad seda, mida ühiskond vajab kohe ja praegu. Milline on nende osade vahekord, eks see ole kokkuleppe küsimus. Esimese hooga rõhutaks, et asjade algus on mõistmine. Pragmaatikud ühiskonnas ei hooli mõistmisest ning tahavad saada tulemusi, asju, mõõdetavaid suurusid jne. Ilmselt on just haridus see, mis mõistmise loob ja asjad paika paneb. ALLEA on viimasel ajal rõhutanud just teadushariduse vajadust. Teadusharidus pole loomulikult vaid kraadiõpe ega ka üldhariduse täiustamine mõtteerksuse suunas. Teadusharidus ehk arusaam teadmiste vajadusest ja nende objektiivsusest ning rakendamisest on vajalik poliitikutele, ajakirjanikele, ametnikele ja tegelikult kogu ühiskonnale. Maailm on loomulikult heterogeenne ja tänased probleemid, olgu see julgeolek või üldine heaolu, vajavad tähelepanu. Mõelda tuleb aga ka homsele ja uutele teadmistele.

Kõik see kokku – teadus kui vaimne looming, teadusväärikus ja teaduseetika, teadlase vastutus, oskus näha tervikut ja ühiskonna valupunkte ning mõelda võimalikele rakendustele ja püüe avastada uut – moodustabki teaduskultuuri, mis on lahutamatult seotud kultuuriga üldse. Ja siit ka väljakutse – panna kõik tükid kokku tervikuks. Mis sellest, et Eesti on väike ja me ise oleme osa suuremast tervikust.

LÕPETUSEKS

Elu võtab sõnade kuju, ütles kunagi Jaak Jõerüüt. Eks nii on ka ülalpool kirjas, kuid see sõnaseade on rohkem emotsionaalne kui kiretu teadustulemuste kirjeldus. Midagi sai pikemalt kirja, midagi lühemalt. Ei viidanud ma oma teadusartiklitele, vaid raamatutele, kus varasemad olulised tulemused enam-vähem kõik kaante vahel on. Ma sain ilmselt raamatukirjutamise harjumuse oma healt kolleegilt Alan Jeffrey'lt, kelle juures ma Newcastle-upon-Tyne'i Ülikoolis kaks pikka perioodi töötasin. Alan oli seotud Pitmani kirjastusega ja ta soovitas mu doktoritöö tulemused raamatuks vormida. Mulle sai selgeks, et raamatus on võimalik tükid panna kokku tervikuks, mida teadusartikli maht lihtsalt ei võimalda. See aga tähendab üldistamist ja nii on mul saanud tavaks ühe või teise etapi uuringutest teha kokkuvõtte raamatu näol. Ja ühel juhul on raamatu kaante vahele lisatud ka esseed, mis probleemi kokku võtavad veidi laiemas võtmes (Engelbrecht, 1997). Nendest tundub mulle endale oluline essee dünaamika ilust, mis köidab hinge. Teises essees püüdsin

lahti mõtestada mittelineaarsuse olemust, sest eitus 'mitte-' (nii on paljudes keeltes) paneb ju küsima, miks see nii on ja ega eitus järsku sisukam pole kui jaatus. Võib-olla kõige selgemalt on üksiku ja terviku suhe käsitletud alles hiljuti ilmunud raamatus, kus on kirjas ka küsimused, mis vajaksid vastamist (Engelbrecht, 2015). Nii ongi monograafiaid ilmunud päris mitu, lisaks ka kaks eestikeelset õpikut. Veel tuleks mainida toimetamist, millega samuti olen palju kokku puutunud. On hea meel, et olles Eesti Teaduste Akadeemia Toimetiste peatoimetaja (1991–1995), alustasin ranget retsenseerimispoliitikat, mis järgmiste peatoimetajate käe all on kindlasti jõudnud heale tasemele ning ajakiri on leidnud koha juhtivates andmebaasides. Olin mõned aastad ka Springeri ühe seeria (*Reports in Physics*) toimetaja. Teaduspoliitikat käsitlevad artiklid on kogutud samuti kaante vahele (Engelbrecht, 2004ab, 2014b; Engelbrecht, Mann, 2011), seda nii eesti kui ka inglise keeles.



Kuigi mu põhitegevus on ikka ühe ja sama teadusasutuse seinte vahel kulgenud, olen palju ka Eestist eemal viibinud. Olen töötanud Prahas ja Cambridge'is, Pariisis ja Aachenis, Torinos ja Newcastle'is ning mujalgi, lisaks veel lugematud tööreisid kõikidele kontinentidele, kuigi Kairo ja Aleksandria ikka päris Aafrika pole. Ja loomulikult Brüsselist ja Strasbourg'ist ei pääsenud viimasel ajal ei ümber ega mööda. Tunnen end oma rännuteede ja töötamise tõttu kodus paljudes Euroopa linnades.

Rännuteede metafooriks sobib rohkem rong kui lennuk, olgugi et lendamiseta ei saa globaliseeravas maailmas hakkama. Ajarongis pole tagasiteed ja vaid tagasi vaadates näeb käänakuid ja teinekord ka rööbaste laiuse vahetust. Eks sellest andsid samuti tunnistust ülal kirjapandud read. Tunnistan, et märke teel olles olen teinekord kangekaelselt jalgsi marssinud, mis sellest, et mägitramm kõrval sõidab (mitte palju kiiremini!). Nii olen aastaid kevadet tähistanud rännakuga Superga kiriku juurde, mis uhkelt 500 m kõrguselt Torino poole vaatab, taamal Alpide (fraktaalne) panoraam.

Teadustöö tekitab alati positiivseid emotsioone, sest midagi uut teada saada on meeldiv. Kolleegidest saavad sõbrad, kellega kohtumine on rikastav mitmes mõttes. Ning hea meel on ärksatest noortest inimestest. Siia sobib üks kaudne paralleel. Kui omal ajal Irene Tiiveli eestvedamisel toimusid Aka-

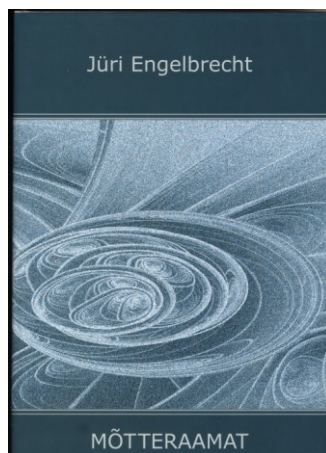
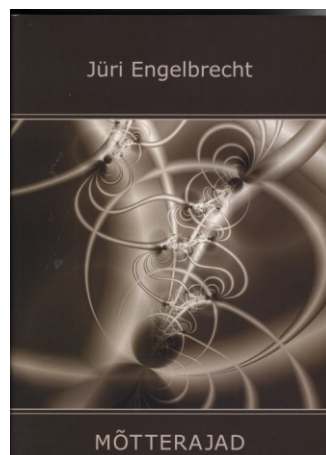
deemilised Inglise Suusalaagrid (AESC), eesmärgiga tuua kokku akadeemiline seltskond ning lihvida inglise keelt ettekannete ja inglise kultuuri tutvustamise kaudu, siis nüüd on olemas Oxford–Cambridge'i klubi, mis ühendab seal õppinud või õppivaid noori inimesi. Seal pole eesmärk keeleoskusi lihvida (see on enesestmõistetav), vaid jagada kogemusi õppimisest ja töötamisest ülimalt teadmiserikkas ja teadussõbralikus atmosfääris, mis nagu Hemingway'le Pariis jääb neile kogu eluks. Kuna olen siiani Cambridge'i Sidney Sussexi kolledži hingekirjas, siis jagan nende entusiasmi.

Mul on elus vedanud. Ehituskonstruksioonide kateeder tollases TPIs oli suurepärane kooslus H. Laulu ja V. Kulbachi juhtimisel ning andis väga hea stardipositsiooni. Küberneetika Instituudi teadusmõtte on kandunud N. Alumäe ajast tänaseni. Kolleegid Eesti Teaduste Akadeemias on Eesti teaduselu fookuses olnud ja mul on olnud au Akadeemiat 10 aastat juhtida ja teist 10 aastat osaleda selle juhtimisel. ALLEA presidendina oli mul rõõm tihti puutuda kokku Euroopa Akadeemiate presidentidega, ning pole vaja seletada, milline vaimupotentsiaal Euroopa ja maailma akadeemiasse on koondunud. Kõik see kokku on olnud hingekosutav tegevus, kuigi mitte alati lillepidu.

Mu tänud kuuluvad loomulikult mu perele, kes mind on toetanud. Ilma Küberneetika Instituudi vaimuseta ja kolleegideta poleks mu teadustöö selline olnud nagu see oli, ja jätkub. Ning Eesti Teaduste Akadeemia ja Akadeemia Kohtu tn pere on olnud mu tugisambaks nii Eesti kui ka Euroopa teaduspoliitika radadel käies.

Ja hulk mõttekaaslasid nii Eestis kui ka teistes maades loob ühtse kogukonna tunde. See nähtamatu kolledž, mis ühendab teadlasi üle maailma, tähendab ka mulle palju. Mõned mu headest sõpradest on paraku juba ületanud Styxi. Ilma et kõigi nimesid siin üles loeks – suur tänu neile kõigile!

Ja veel – pealkiri lubas mittelineaarset dünaamikat ja komplekssüsteeme. Aga nii ka on, sest mu teadustegevuse põhiline võtmesõna on mittelineaarne dünaamika ja ülejäänud arutlus on seotud komplekssüsteemidega, kus osade koosmõjul sünnib uus kvaliteet. Nii on mehaanikakogukonnas, akadeemiate kogukonnas ja teadusstruktuurides üldse.



KIRJANDUS

- The Aarhus Declaration: Investing in excellence – Preparing for tomorrow. 2012. Aarhus.
- Berezovski, A., Engelbrecht, J., Maugin, G.A. 2008. Numerical Simulation of Waves and Fronts in Inhomogeneous Solids. World Scientific, Singapore.
- CENS. Highlights 2002–2007. 2007. CENS.
- Eesti kõrghariduse kvaliteedikindlustus. 2004. HTM.
- Engelbrecht, J. 1983. Nonlinear Wave Processes of Deformation in Solids. Pitman, London.
- Engelbrecht, J. 1991. An Introduction to Asymmetric Solitary Waves. Longman, Harlow.
- Engelbrecht, J. 1997. Nonlinear Wave Dynamics. Complexity and Simplicity. Kluwer, Dordrecht et al.
- Engelbrecht, J. 2002. National Strategies of Research in Smaller European Countries. Ed. by J. Engelbrecht. ALLEA, Amsterdam.
- Engelbrecht, J. 2003. Teaduskompetentsi Nõukogu 2001–2003. Toim J. Engelbrecht. HTM.
- Engelbrecht, J. 2004a. Attractors of Thoughts. Estonian Academy of Sciences, Tallinn.
- Engelbrecht, J. 2004b. Mõttearjad. Eesti Teaduste Akadeemia, Tallinn.
- Engelbrecht, J. 2010a. Komplekssüsteemid. Akadeemia, 8, 1347-1362.
- Engelbrecht, J. 2010b. Teadusmõtte Küberneetika Instituudis. Toim. J. Engelbrecht. TTÜ Küberneetika Instituut, Tallinn.
- Engelbrecht, J. 2011. Research in Estonia. Present and Future. Ed. by J. Engelbrecht. Estonian Acad. Sci., Tallinn.
- Engelbrecht, J. 2013. Teadusmõtte Eestis. Teaduskultuur. Toim. J. Engelbrecht. Eesti Teaduste Akadeemia, Tallinn.
- Engelbrecht, J. 2014a. Akadeemiatest ja paradigmadest. Akadeemia, 4, 723-732.
- Engelbrecht, J. 2014b. Mõtteaamat. Tallinn.
- Engelbrecht, J. 2015. Questions about Elastic Waves. Springer, Heidelberg.
- Engelbrecht, J., Mann, N. 2011. The Sum of the Parts: ALLEA and Academies. ALLEA, Amsterdam.
- Janno, J., Engelbrecht, J. 2011. Microstructured Materials: Inverse Problems. Springer, Heidelberg et al.

- Kitsnik, M., Ehala, M. 2013. Praktiline eesti keel. 12. klass, 1. vihik. Künnimees, Tallinn.
- Kitt, R. 2011. Komplekssed sotsiaalsüsteemid. Akadeemia, 10, 1787-1800.
- Kändler, T., Engelbrecht, J., Kutser, M. 2006. Keeruka maailma ilu. Koost T. Kändler; toim J. Engelbrecht, M. Kutser. CENS.
- Lepik, Ü., Engelbrecht, J. 1999. Kaoseraamat. Teaduste Akadeemia Kirjastus, Tallinn.
- Lippmaa, E. 2004. Eesti teaduse tippkeskused. Toim E. Lippmaa. Tallinn.
- Schiehlen, W., van Wijngaarden, L. 2000. Mechanics at the Turn of the Century. Ed. by W. Schiehlen, L. van Wijngaarden. Shaker Verlag, Aachen.
- Stewart, I. 2013. 17 Equations that Changed the World. Profile Books, London.

Teaduspreemia pikaajalise tulemusliku teadus- ja arendustöö eest



Anto Raukas

Anto Raukas on rahvusvaheliselt tunnustatud kui meie kvaternaarigeoloogia grand old man. Tema laiahaardeline teadus- ja arendustöö Eesti Kvaternaari stratigraafia ja paleogeograafia vallas on kombineeritud püsiva väärtusega teadusraamatute kirjutamise ja toimetamisega, intensiivse teaduse populariseerimise ning ühiskonna arengu valupunktide koloriitse käsitlemisega – mille eest ta 1999. aastal valiti üldsuse poolt Eesti XX sajandi suurkujude hulka.

MIS TEHTUD, MIS TEGEMATA...

Enne selle loo kirjutamisele asumist lehitsesin ma läbi varasemad teaduspreemia laureaate kirjutised ja märkas, et kõik autorid on hoolega kirja pannud selle, mida nad on SAAVUTANUD. Kuid kõiki neid saavutusi saab lugeda ka mujalt. Mina olen veendunud, et saavutatust palju olulisem on see, mis on jäänud tegemata. Eriti oluline on see elutöö preemiate puhul ja ma olen kindel, et kõigil premeeritutel on midagi vajalikku jäänud lõpetamata. Ka mina sain elutöö preemia, kuid ilmselt liiga vara, sest suur osa minu poolt plaanitust pole veel realiseerunud. Näiteks olen ma kindel, et Eestisse tuleb tuumaelektrijaam, kindlasti hakatakse Maardus kaevandama graniiti ja Virumaal fosforiiti. Elanike arv maakeral tõuseb kiiresti, nälgjate hulk suureneb ja vajadus fosforväetiste järele kasvab jõudsalt. Taunitav on meie enesekiitus põlevkiviuringute vallas. Paraku on meie teadmised ja oskused põlevkivi kasutamisel üsna ahtakesed, mida tunnistavad nigelad tulemused Jordaania, USA-s ja Enefit-280 töölerakendamisel.

KAS TUUMAELEKTRIIJAAM EESTISSE TULEB?

Eks ta ikka tuleb, sest tänapäeva tuumajaamad on ohutud ja tuumaenergia on ka odavam. Küsimus on vaid jaama võimsuses. Kui varem räägiti, et Eesti jaam peaks ilmtingimata olema umbes 1 000–1 200 MW, siis meid rahuldaks ka poole väiksem jaam. Ma pidasin omal ajal läbirääkimisi Lõuna-Korea suursaadikuga, kes kinnitas, et kui meil on seadused ja ehitusplats olemas, ehitavad nad meile jaama valmis 5 aastaga. Idee ehitada Eestisse oma tuumajaam ei ole kaugeltki uus. 1989. aastal loodi vabariikliku energeetikaprogrammi koostamiseks ajutine teaduskollektiiv, mis kavandas “Eesti energeetika arengu üldpõhimõtted aastani 2030”. Need põhimõtted kiideti heaks Eesti Teaduste Akadeemia presiidiumi koosolekul ja vabariigi valitsuses. Rõhutati, et seoses elektrienergia tarbimise edasise kasvuga ja põlevkivi kasutamise vähenemisega on juba 2010. aastast vaja rakendada uusi tõhusaid energeetilisi võimsusi. Kinnitati, et tuumajaama esimene energiaplokk oleks vaja käiku anda juba aastail 2010–2015.

Nüüd oleme me asjatult kaotanud 25 aastat, sest pikemas perspektiivis me tuumajaamast ei pääse. Toetumine vaid taastuvenergiale tõstaks meie elektri hinna Taani ja Saksamaa tasemele, mis ruineeriks niigi viletsa majanduse ja hoogustaks veelgi väljarännet. Elektri hind Saksamaal on juba pikka aega olnud üle kahe korra kõrgem kui Eestis ja see jätkab kasvu. Tööstuse elushoidmiseks võetakse mitu nahka kodutarbijalt. Elektri hind tööstusele (*Strompreis für industrielle Abnehmer*) oli 2012. aastal ilma käibemaksuta 14,9 ct/kWh tarbimiskoguse vahemikus 20 kuni 500 MWh/a ja 11,6 ct/kWh tarbimiskoguse vahemikus 2 000 kuni 20 000 MWh/a, ehk keskmiselt 14,02 ct/kWh. Elektri hind kodutarbijale (*Strompreis für private Haushalte*) oli 2012. aastal Eurostati andmeil 26,4 ct/kWh. Kodutarbijate kulutused kasvavad

Saksamaal mitmel viisil, eeskätt taastuenergia tarbimise doteerimise kaudu. Saksamaal on seadus nimega “Erneuerbare-Energien-Gesetz” (EEG), mille kaudu garanteeritakse taastuenergia tootjatele fikseeritud müügihind ja selle doteerimine tarbija poolt. See garanteeritud müügihind on tunduvalt kõrgem volubörsilt saadava elektri hinnast. Sellegipoolest on traditsioonilised elektritootjad kohustatud seda kõrgehinnalist energiat sisse ostma.

Hinnavahe sellise garanteeritud hinna ja vabaturu hinna vahel on suurusjärgus 14,2% koguhinnast ja see kasvab hüppeliselt igal aastal ning lisandub seega kodutarbija hindadele. Suurettevõtjad on saanud EEG vabastust, millega nende energiakulud on vähenenud. Sellise vabastuse negatiivne efekt on selles, et ülejäänud energiatarbijad (väiksema energiakuluga ettevõtted ja kodutarbijad) peavad vastavalt rohkem maksma. Algne idee oli selles, et säilitada töökohti kõrge energiatarbega tööstusettevõtetes, nagu näiteks metallurgia-, alumiiniumi- ja tselluloositööstus. Selliseid ettevõtteid oli esialgu paarkümmend, nüüd on aga nende hulk kasvanud paari tuhandeni ja see arv kasvab pidevalt. Seda enam kasvab energiahind kodutarbijatele, kes sellist EEG vabastust taotlema ei saa. Kõrge energiatarbega ettevõtted ei pea ka tagasiulatuvalt aastast 2011 maksma võrgukulusid. Asja kokku võttes selgub, et praeguseks on riigi poolt nõutavate maksude ja andamite osa kodutarbijate energiahinnas tõusnud 50%-le. See on üsna vähemeeliv perspektiiv.



Foto 1.

Et mitte korrata teiste vigu, selleks külastasin ma 2007. aasta kevadel koos president Arnold Rüütli nõunikega Leningradi tuumaelektrijaama.

Maailma energiatarve lähema 25 aasta jooksul kahekordistub ja seetõttu kinnitavad maailma juhtivad energeetikaspetsialistid nagu ühest suust, et ilma tuumaenergia ulatusliku kasutamiseta pole inimkond jätkusuutlik. Ei ole kahtlust, et lähematel aastakümnetel orienteerub maailm eeskätt just tuumaenergeetika edendamisele, sest tuumaenergia on kõige odavam ja võimaldab kiiresti saavutada suuri mahtusid. Soomlaste hinnangul on tuumaenergia hind (euro/MWh) – 25,9 (sellest kütus 3), gaasil 45,0 (kütus 35,9), kivisöel 34,4 (kütus 17,6), turbal 35,9 (kütus 18,8), puidul 51,2 (kütus 30,8) ja tuulel 45,5.

Ka Eesti peab tulevikus orienteeruma rohkem tuumaenergiale, milleks meid sunnivad põlevkivitööstusele kehtestatavad järjest suuremad ressursi- ja saastemaksud ning kasvavad kaevandamiskulud, mistõttu põlevkivienergia pole tulevikus oma hinna poolest enam konkurentsivõimeline. Ka üha rohkem rahvusvahelisi organisatsioone nõuab Eestilt tugevasti keskkonda saastavast põlevkivienergiast loobumist. OÜ Energiasalv poolt koostatud uuringu “Eesti elektrisüsteemi areng 2023” tulemused näitasid, et põlevkivielektri puhul on tegu ühiskonnale rahaliselt kõige koormavama energiamuundamise viisiga. Sama uuring kinnitab, et kui sotsiaal-majanduslikud kulud juurde arvata, siis läheb põlevkivist elektri tootmine kaks korda kallimaks kui tuumaenergia.

Ma olin MTÜ Eesti Tuumajaam looja ja kuni 3. oktoobrini 2014 juhatuse liige. Kuivõrd pole lootust, et lähema kümne aasta jooksul see idee realiseeruks, panin ma selle ameti maha, sest minu silmad Eesti tuumajaama kindlasti ei näe.

MIKS TOOTA ODAVALT, KUI SAAB KA KALLILT?

Lähematel aastakümnetel on Eestis Euroopa Liidu toel kavandatud ulatuslik maantee- ja raudtee-ehitus, mis vajab rohkesti graniitkillustikku. Praegu imporditakse seda eeskätt Soomest ja Rootsist. Imporditav toore on kallis ja selle suuremahuline sissetoomine halvendab riigi niigi negatiivset väliskaubandusbilanssi. Jõelähtme vallas ja osaliselt Maardu linnas paikneva Maardu (Neeme) graniidimaardla (foto 2) evitamine võimaldaks lõpetada graniitkillustiku impordi ja looks piirkonnas rohkesti uusi töökohti ning graniitkillustiku hind Eesti tarbijale odavneks vähemalt 25%. Kasutades Eestis kaevandatud graniitkillustikku teeniks riik graniidikaevanduse esimese 10 tegevusaasta jooksul tulu vähemalt 140 miljonit eurot.

Keskkonnaministeeriumile esitatud kaevandamisloa taotlusega soovis OÜ Maardu Graniidikaevandus kaevandamisõigust 30 aastaks määraldisele, mille pindala on 1 167,28 ha. Olenevalt nõudlusest on kaevanduse prognoositav aastatoodang 4,5 miljonit kuupmeetrit graniitkillustikku, aastane prognoositav plokikivi toodang 20 tuh m³, viimistlusplaatide toodang 60...100 tuh m² ja trepiastmete toodang 100 tuh m². Kaevandamise tulemusel tekkivaid kambreid saaks kasutada hüdropumpjaama rajamiseks ja riigi strateegilise vedelkütuse varu hoidmiseks.



Foto 2.

Maardu graniidikaevanduse mäeeraldis (kollasega piiratud ala) paikneb tühermaal logistiliselt ideaalses paigas. Koostanud Mait Metsur.

Graniidivaru lasumissügavus Neeme maardlas jääb absoluutkõrguste –160 kuni –225 m vahemikku, kus kivi kättesaamine pole tehniliselt keerukas, varud on aga piiramatud. Arendaja poolt on tehtud esmased menetlustoimingud, OÜ Inseneribüroo STEIGER on esitanud arendajale kaevandamise läbiviimiseks mäetööde esmased tehnilised lahendused ning läbi on viidud keskkonnamõju hindamine. HeiVäl Consulting on koostanud kaevanduse sotsiaalmajandusliku hinnangu. See aga ei tähenda, et asi leiaks positiivse lahenduse. Selliseks arenduseks on vaja hoopis targemat riiki.

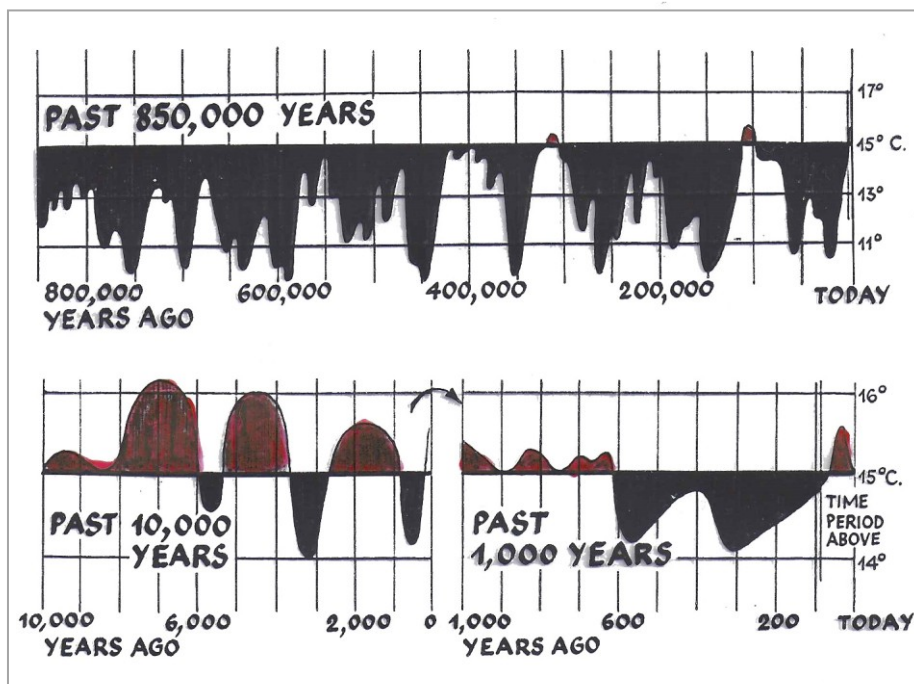
Minule kuulus viimase ajani 25% osahingu aktsiatest, kuid ma müüsin suure osa aktsiatest maha, sest minu silmad graniidikaevandamist tõenäoliselt ei näe. Aga raha on meil riiklikuks raiskamiseks teatavasti piiramatult.

MIS JUHTUB KLIIMAGA?

Maaailma riigipeade kohtumisel ÜRO keskkonna ja arengu konverentsil Rio de Janeiro 3.–14. juunil 1992. a sedastati, et globaalne soojenemine on üks XX sajandi lõpu ja XXI sajandi alguse tähtsamaid probleeme. Sellest tulenevalt avati nimetatud konverentsil kõigile riikidele allakirjutamiseks kliimamuutuste konventsioon, mis seab tööstuse arendamisele olulisi piiranguid. Kuigi klii-

ma inimtekkelist soojenemist võib kahtluse alla seada, peame me olema valmis halvimaks, kuigi halvim pole mitte globaalne soojenemine, vaid hoopis uus jääaeg. Isegi 'väikene jääaeg', mille külmamaksimumiks loetakse aastaid 1550–1750, oli inimkonnale laastav. Aastail 1695–1697 'karistas jumal' Eesti- ja Liivimaa erakordselt külmade ja vihmaste suvede ning lumerohkete talvedega. Hein läks raisku ja vili ei küpsenud. Nälginud elanikel polnud isegi jaksu oma surnutele külmunud maapinda haudu kaevata. Ja küllap pole globaalsete kliimamuutuste uurijate seas ainsatki, kes selliseid ajaloolise aja märkimisväärseid kliimamuutusi seostaks inimtegevusest tingitud süsihappegaasi hulga muutustega.

Maa kliima on geoloogilises minevikus muutunud väga suurtes piirides, kusjuures viimase 850 000 aasta jooksul on sooja aega olnud väga vähe (vt joonis). Vaheldunud on hiiglaslikud mere pealetungid ja taandumised, jääajad ja jäävaheajad. Kõnesoleva ajavahemiku vältel on Maa keskmine temperatuur varieerunud 5°C ja viimase saja aasta jooksul umbes 0,5°C piires. Viimase 10–15 aasta jooksul pole globaalne kliima muutunud.



Joonis.

Sellise lüümiku valmistasin ma 1977. aastal enda ettekande illustreerimiseks Eesti Teaduste Akadeemia korrespondentliikmeks valimisel. Mul on rõõm tõdeda, et ma ei ole pidanud oma vaateid aastaid hiljemgi muutma.

Kliimat kujundavad soojusvahetus, niiskusevahetus ja atmosfääri üldine tsirkulatsioon. Need omakorda sõltuvad maapinna reljeefist, mandrite ja ookeanide jaotumusest, hoovustest, ookeanivee koostisest, maakera magnetväljast, Maa pöörlemis- ja tiirlemiskiirusest, Maa kaugusest Päikesest ja Kuust, Maa orbiidi kujust ja asendist ruumis ning pöörlemistelje kaldest ja orientatsioonist, muutustest planeetide asetuses, päikesesüsteemi asendist galaktilisel orbiidil, litosfääri kihtide vertikaalsest ja horisontaalsest ümberpaiknemisest, suurte meteoriitide langemisest, vulkaanipursetest, kokkupõrgetest komeetidega ja mitmesugustest muudest teguritest. Ja kas lugeda inimtekkelist süsihappegaasi planetaarsetest protsessidest võimsamaks, jäägu see igapäevaseks mõtlemiseks.

Ma arvan, et kui kliima on rütmiliselt muutunud viimase 4 miljardi aasta jooksul, siis sama juhtub ka järgneva 4 miljardi aasta jooksul. Juba Aristoteles õpetas, et külma aja järel tuleb soe aeg ja sooja aja järel uuesti külm aeg. Võttes aluseks teabe varasematest jäävaheaegadest, võiks praegu kestva jäävaheaja (Holotseeni) loomulikuks jätkuks lugeda kliima edasist halvenemist ja peatset uut jääaega. Kuid mis ajendab kliima soojenemise propageerimist ja sellega kaasnevate õudus-stsenaariumide levitamist? Eks ikka vajadus rahva käest võimalikult kiiresti palju raha välja pumbata, sest kui suur osa maakera elanikkonnast vahetab välja kogu oma olmetehnika säästlikumate vastu, siis see loomulikult elavdab majandust ja rikkad saavad veelgi rikkamaks. Ja riike ei juhi mitte valitsused, vaid pangad ja oligarhid, kellele poliitikute äraostmine on käkitegu.

Umbes 8 000 aasta eest oli põhjapoolkera keskmine temperatuur ligikaudu kraadi võrra praegusest kõrgem. Just sel perioodil puhkesid õitsele inimkultuurid. Suurtel aladel Hiinast kuni Niiluse kallasteni hakkasid inimesed karja kasvatama, elama kogukonnas ja võtma ette pikki veeretki. Ka Eesti metsad ja veed olid sellal rikkad kaladest ja jahiloomadest ning kliimatingimused taimekasvuks praegusest palju soodsamad. Seega tooks kliima soojenemine Eestisse hoopis parema elu, pikeneks taimede vegetatsiooniperiood ja elavneks turism. Viimase 1 500 aasta kestel on ookeanivee pind tõusnud detsimeeter sajandis, mida Eestis kompenseerib maatõus.

Mina olin kuni Eesti taasiseseisvumiseni NSV Liidu Teaduste Akadeemia probleemkomisjoni "Kliimamuutused ja ökoloogia" liige ja sellest tulenevalt ekspert paljudes rahvusvahelistes kogudes. Kui mind 1977. aastal valiti Eesti NSV Teaduste Akadeemia korrespondentliikmeks, esinesin valimiskogul ettekandega "Põhjapoolkera paleokliima ja kliimamuutuste prognoos". Rõõm on tõdeda, et ma pole pidanud oma varasemaid seisukohti muutma ja ka Eesti Teaduste Akadeemia on suutnud säilitada mõistliku äraootava positsiooni ning ei ole kaasa läinud mitmetes teistes riikides leviva odava propagandaga.

Selleks, et taibata kliimamuutuste ümber vahvat ebateadust piisab, kui te saaksite kuulata mõnda Nobeli rahupreemia laureaadi, endise USA asepre-

sidendi Al Gore'i kliimamuutustele pühendatud ettekannet. Mina olen tema loengul olnud kaks korda ja julgen kinnitada, et isegi loodusteaduste aluseid pole see mees oma elus ära suutnud õppida. Eriti kuulsaks on saanud tema hüüdlause: "Teadlastel on sõltumatu kohustus respektierida ja esitada tõde nii nagu nad seda näevad!" Mis on teadus ja mis pseudoteadus, sellele peab igaüks ise leidma vastuse. Kuid kindel on see, et pseudoteadus läheb inimestele paremini peale kui teadus.

KAS MEID KUNAGI HAKKAVAD JUHTIMA TARGAD INIMESED?

Seda ilmselt ei juhtu, kuid lootust ei maksa kaotada. Öeldakse, et lootus kustub viimasena. Aga Eestis polegi sellist seadust, mis nõuaks, et minister peaks olema aus ja tark inimene. Peaasi, et enam kunagi ei korduks Nabala sündroom, kus minister eirab seadusest tulenevaid nõudeid. Eesti Teaduste Akadeemia juhatus, Eesti Omanike Keskkliit, Eesti Mäetööstusettevõtete Liit, Eesti Ehitusmaterjalide Tootjate Liit, Betooniühing ja mitmed teised ühiskondlikud organisatsioonid pöördusid avaldusega peaminister Taavi Rõivase poole ja taotlesid Nabala looduskaitseala loomise peatamist ning selle sotsiaal-majandusliku mõju uurimist. Kuid valitsus kinnitas lihtsalt kaitseala ära ja ei vae-
vunud isegi vastama.

Olgu lisatud, et looduskaitsealade loomisega rikutakse Eestis omanike õigusi, sest välja töötamata on kompensatsioonimehhanismid omandi väärtuse vähenemise heastamiseks. Rail Balticu trassi kulgemisega läbi tiheasustusalade saavad aga just omanikud suurt materiaalselt kahju, samal ajal kui trassi oleks võimalik osaliselt rajada läbi Nabala hõreasustusalade. Vastavalt põhiseadusele on omandi püha ja puutumatu ning seda võib omaniku nõusolekuta võõrandada ainult seaduses sätestatud juhtudel üldistes huvides õiglase ja kohese hüvituse eest, mida meil aga ei kavatsenud teha. Nabala kaitseala loomine on karjuvas vastuolus ka Eesti maapõue seadusega, aga seadusi meie valitsejad ei tavatse järgida. Ma ei saa lugu pidada valitsustest, kes sisulise arutamise asemel kasutavad brutaalset jõudu.

EESTLASED ON GENEETILISELT KILPLASTE OTSESED JÄRELTULIJAD

Akadeemik Richard Villems uurib eestlaste geneetilist päritolu, kuid isegi ilma kallite geeniuuringuteta on selge, et meie geneetiliselt kilplaste otsesed järeltulijad. 1857. aastal ilmus Friedrich Reinhold Kreutzwaldi raamat "Kilplaste isewärklikud, wäga kentsakad, maa-ilmas kuulmata ja tänini veel üleskirjutamata jutud ja teud: Kalkuni keelest maakeele tõlgitud ja meie külade komblikuks mõnes tükis ümbersõlgitud", kus me koheselt oma rahva ära tunneme.

Kilplasi iseloomustas see, et nad kõigepealt tegid ja alles seejärel hakkasid mõtlema. Ei olnud ju kerge kohe aru saada, kas sild tuleb ehitada piki või risti jõge. Tundub, et keegi ei mõtle, kust võiks saada killustikku Rail Balticu

ehitamiseks ja liiva ning kruusa Tallinna-Tartu maantee ehituse lõpuleviimiseks.

MIS LÄHEVAD KILPLASED EESTI RIIGILE MAKSMAS?

Geoloogiliste uuringute olemust ja maavarade kaevandamise tähtsust Eesti majandusele ei ole Eestis piisavalt teadvustatud. See selgus Eesti Geoloogia Seltsi poolt enne 2014. a. Riigikogu valimisi kõigile erakondadele saadetud küsimustikust, millest selgus, et ainsatena tunnevad selle üle muret Eesti Konservatiivse Rahvaerakonna juhid. Poliitikauuringute Keskuse PRAXIS poolt 2012. aastal läbi viidud uuringu “Keskkonnakulutuste analüüs” andmetel laekus aastatel 2005–2010 riigi ja kohalike omavalitsuste eelarvesse kokku 98,407 miljonit eurot maavarade kaevandamisõiguse tasu. Samuti on enamuse vee erikasutusõiguse tasust, õhusaastetasust ja jäätmete saastetasust seotud maavarade kaevandamise ja töötlemisega ning nende tasude laekumine aastatel 2005–2010 oli vastavalt 57,028; 69,215 ja 120,383 miljonit eurot. Seega laekus maavarade kaevandamisega seotud ressursimaksudest ja saastetasudest kuue aastaga riigile ja kohalikele omavalitsustele kokku enam kui 345 miljonit eurot. Maavarade kaevandamise ja töötlemise väljasuretamine Eestis tooks lõpptulemusena kaasa riigi tulude drastilise vähenemise.

MIKS MA SELLISEKS KASVASIN?

Ilmselt minu paljud väljaütlemised vabariigi valitsusele, akadeemia juhtkonnale ja lugejatele ei meeldi, kuid “küürakat parandab vaid haud!” Olin kolmelapselise pere noorim võsu ja me kõik teame, kui raske on kõige nooremal lapsel. Pealegi olin ma väga tüütu. Aga tänu sellele, et õde oli minust paar aastat vanem, õppisin ma tema kõrval kiiresti lugema, nelja-aastaselt lugesin ma soravalt ja kui kooli läksin, siis lugesin juba esimeses klassis teistele raamatust usuõpetust ette, sest õpetaja ei viitsinud ise seda teha. Mul oli koolis kerge. Ja siis, kui energiat jääb üle, mis siis laps tegema hakkab? Siis ta hakkab korda rikkuma.

Just siit sain ma kaasa tarkuse, mida mul on tänini vaja läinud – püüa mitte valetada ja ütle julgelt välja, kui sul on õigus, isegi siis, kui see su ülemustele ei meeldi! Tabasin peagi, et lapse vale tuleb kiiresti välja ja pealegi peab valetajal olema väga hea mälu. Kui sa aga tõtt räägid ja sündmusi valgustad nii, nagu need tõepoolest toimusid, siis jäävad need üheselt meelde elu lõpuni. Ja enamasti öeldigi mulle pärast mingi pahateo sooritamist: “Sa väärid ranget karistust, kuid kuna sa ausalt üles tunnistasid, siis seekord me sind ei karista, aga ära enam nii tee!” Ainult asjast kaugel seisnud võivad väita, et nõukogude ajal ei võinud kõrgetele juhtidele tõtt näkku öelda. Võis, ja ehk veel paremini kui praegu. Vähemalt mõju oli suurem, sest praegu mõjub kriitika ülemustele nagu hane selga vesi.

Kui tõe väljaütlemisega juba tunduks oled saanud, siis sind lihtsalt hakatakse kartma, sest midagi ei kardeta elus rohkem kui tõe.

Minu isa Viktor oli väga ettevõtlik mees. Selleks, et haridust saada, hakkas ta varakult tööle. Mustvee Linnakoolis õppides teenis ta juhutöödega raha ja mu-retses endale juukselõikusmasina, olles pikka aega Mustvee ainukene juuksur. Ja siis, kui ta juukselõikamisega juba piisavalt rikkaks sai, ostis ta endale fotoaparaadi ja oli linna ainukene fotograaf. Sealt läks ta 100 rubla taskus õppima Nižni-Novgorodi kõrgemasse tehnikakooli. Algas maailmasõda ja õpiraha teenimiseks töötas ta öösel sõjatehases, päeval aga õppis, või vastupidi. Õnneks oli tal niipalju oidu, et ta revolutsioonist ei vaimustunud ja opteerus pärast revolutsiooni Eestisse. Kuna ta oli harjunud üheaegselt õppima ja erinevaid töid tegema, siis läks ta töö kõrvalt Tartu Ülikooli majandusteaduskonda, mille lõpetas kiitusega. Samal ajal oli ta Tartu Tööstuskooli direktor ja Tartu Autokooli juhataja ning rajas Tartu lähistele mustertalu. Temalt pärineb muide esimene eestikeelne autojuhtimise õpik, millest on juttu ka Valdeko Vende raamatus “Esimesest autost viimase voorimeheni”.

Isalt päritud viga – üheaegselt tegeleda paljude asjadega – on minu õnn ja õnnetus. Koolis olin ma Tartu noortemeister tennises, võrkpallis, kergejõustikus ja suusatamises, juhtisin kooli ja linna noorte spordielu, tegelesin aktiivselt kirjandus-, geograafia- ja füüsikaringis. Paljud irvhambad pilavad mind praegugi, kui ma võtan sõna erinevates valdkondades. Kuid ma arvan, et ma tean, mida räägin ja keegi pole suutnud tõestada vastupidist. Olin Eesti Entsüklopeedia teaduslik peatoimetaja ja olin kohustatud kõiteid korduvalt läbi lugema ja tekste parandama. Juba see andis teadmisi, mida teistel napib.

MINEVIKU KOOLIST ON PALJU ÕPPIDA!

Ma olen Eesti Õpilaste Teadusliku Ühingu üks loojatest ja sage küllaline koolides. Sellest tulenevalt oleks mul Eesti tänapäeva kooli kohta mõndagi öelda, kuid ma ei looda, et minu mõtted otsustajatele mõjuksid. Eestis on saanud populaarseks koolide reastamine õppeedukuse alusel. Ma peaksin sellele reageerima vaimustusega, sest lõpetasin omal ajal Tartu I Keskkooli, endise ja praeguse Hugo Treffneri Gümnaasiumi, kes praegu on vabariigis pidevalt juhtpositsioonil. Kuid pigem tekitab see minus muremõtteid. Musterkoolidesse koondatakse lihtsasti treenitav paremik, hoopis raskema õppe- ja kasvatustöö koorma peavad aga kandma pingerea viimased, kes vähemvõimekatest ja vaestest peredest tulnud lapsed peavad eluks ette valmistama. Ja just need koolid väärivad minu arvates kiitust, mitte esimesed.

Ma õppisin Eesti kõigi aegade tugevaimas klassis, kus lisaks heale õppimisele tegid sporti 11 Eesti koolinoorsoo meistrit. Minu klassivennaks oli paljukordne vabariigi meister kanuusõidus ja suusatamises, mõlemal alal ka Nõukogude Liidu pronksmedalivõitja Arvi Oks, Eesti malemeister Udo Tarve, Eesti

27-kordne meister ja mitmekordne medalivõitja üleliidulistel võistlustel ratsutaja Jüri Villemson jpt. Meist kolm lõpetasid kuld- ja kuus hõbemedaliga (esitatuid oli, nagu alati, muidugi rohkem). Ja see saavutati vägagi kaasaegsete meetoditega: A- ja C-klass õppisid inglise keelt, B-klass saksa keelt. Tugevamad võeti A-klassi ja peamiselt maakoolidest tulnud suunati C-klassi. A-klassis toimus tõsine dressuur. Iga veerandi lõpus reastas klassijuhataja õpilased keskmise hinde alusel, esimesi kiideti, tagumisi aga hurjutati senikaua, kuni nad koolist lahkusid, minnes õppima teistesse koolidesse, mitmed Elvasse. Andekad õpilased on aga sageli hapra hingeeluga, kolm meie hiilgavatest lõpetajatest on lõpetanud enda elu enesetapuga. Aga viimastel kohtadel olnud pole elus kaugeltki jäänud mahajäänute ossa. Näiteks Värdis Ernits juhtis ligi 30 aastat Eesti suurimat Tihemetsa Sovhoostehnikumi, sai vabariigi teeneliseks inseneriks, kahel korral vabariigi parimaks mehhanisaatoriks ja riigi suurte saakide meistriks. Viitele õppimine, eriti kui see saavutatakse tuupimise teel, ei too kaugeltki alati õnneliku elu ja ei vii sind tippu!

Pärastsõjaaegsete rüblite kantseldamine polnud kerge, enamik tänapäeva õpetajaid sellega hakkama ei saaks. Mina meenutan tänutundega oma Tartu III Mittetäieliku Keskkooli kuuenda klassi juhatajat Hindriksoni, keda tema pisut viltuse nina tõttu kutsuti Krivanossiks. Suuremate pahanduste korral kutsus ta poisid kaardiruumi, sulges ukse ja nupeldas läbi. Mina sain selle au osaliseks vaid korra ja saadud tugev kõrvakiil lõi mind pikali. Teist korda ma seda enam ei tahtnud ja minu käitumine paranes hüppeliselt. Keegi ei kaevanud, sest asjaosalised teadsid, et karistus oli asja eest.

Seda kasvatusmeetodit kasutasin ma ka ise. Alates kümnendast klassist andsin ma haigestunud õpetajate eest nooremates klassides asendustunde. Kuna olin kooli kehakultuurikollektiivi esimees ja hea sportlane, siis oli mu autoriteet enamiku õpetajate omast kõrgem. Kuid üks jõngermann rikkus korda paha-tahtlikult ja pidevalt. Sellele andsin klassi ees mehise kõrvakiilu ja ütlesin: “Kui veel korda rikud, tulen sulle kooli vastu ja annan sellise nahatäie, et ka sinu lihane ema ei tunne sind ära!” Mõjus hästi ja praegu on see noormees Eestis väga hinnatud kõrgel postil olev riigiametnik. Loodan, et ta on mulle tänulik, nagu mina õpetaja Hindriksonile.

Lapsed võivad olla uskumatult julmad. Liiga tehakse väiksematele ja nõrgematele. Algkoolis õppisin koos Nikolai Põvvatiga, hilisema 13-kordse Nõukogude Liidu ja 30-kordse Eesti meistri ning paljukordse maailmarekordi omanikuga veemootorisporis. Ta oli klassis kõige väiksem ja talle tehti sageli liiga. Klassivend Ilmar Piir oli vembumees ja ta oskas oma koerustükid meisterlikult Põvvatile veeretada, kes sai korduvalt asjatult karistada. Kuid küllap see karastas teda hilisemateks eluraskusteks ja ta viis oma spordiala kõige kõrgemate tippudeni.

Liiga tegime me ka õpetajatele, eriti headele inimestele. Halvad inimesed oskavad ennast kaitsta, head sageli mitte. Minu kaheksanda klassi juhatajaks

määrati väga meeldiv malbe käitumisega Purga nimeline noorik, omaaegse komsomoli keskkomitee sekretäri ja ministri Aare Purga ja muusikamehe Paul Purga ema. Ta õpetas meile eesti keelt, kuid me tegime tema elu võimatuks. Korduvalt jooksis ta klassist nuttes välja ja loobuski seejärel õpetaja ametist. Nelja lapse kõrvalt suures vaesuses elades lõpetas ta arstiteaduskonna ja töötas hiljem arstina. Olen korduvalt mõelnud, et pidanuks temalt andeks paluma, kuid nüüd on juba hilja. Ja nii piinatakse ka praegu Eesti koolides sadu naisõpetajaid ja nende kaitseks ei tehta praktiliselt midagi.

Igor Gräzin kirjutas kord toreda loo Õpetajate Lehes, kus ta hoiatas USA hariduse idealiseerimise eest. Ta tõi näite, kus õpetajaks kandideeris kuut võõrkeelt valdav ajaloolane Euroopast, kuid tema asemele võeti õpetajaks profipoksi poolraskekaalu MM-i võitja, sest keskmine USA kool on korratu, kasi-matu, distsipliinitu, ebakompetentne ja ülerahvastatud. Kui tänavalõpu koolis lõpevad tunnid, antakse politseijaoskonnas häire. Meilgi oleks koolidesse vaja õpetajateks poksijaid, maadlejaid ja karatekaid, kes oma naiskolleege kaitseks. Ja kui nad daamide õiguste eest ei saa seista kooliseinte vahel, siis saavad nad seda teha neutraalsel pinnal pärast tunde.

Minu õpiaastatel oli koolides heal järjel sport, kusjuures võistlusi korraldasid õpilased ise ja tase oli äärmiselt kõrge. Näiteks meie kooli meeskond võitis läbi linna teatejooksus ülikooli ja põllumajandusakadeemia koondist. Meil olid koolis väga värvikad õpetajad ja tänu sellele me saime palju parema hariduse, kui annab praegune kool. Mitmed neist olid ülikoolist kodanliku natsionalismi pärast kõrvaldatud ja teenisid leiba koolis. Näiteks õpetas mulle mõnda aega inglise keelt Johannes Silvet, kuid peagi lõppes tema töö otsa ka koolis, sest olid ju Stalini diktatuuri lõpuaastad, mil elu oli eriti karm. Tema oli aga teeninud saksa sõjaväes.

Väga kordumatu kuju oli geograafiaõpetaja David Koppel, ennesõjaaegne õpikute ja atlaste autor. Ta oli purulaisk, kuid suure õpetamiskogemusega. Praktiliselt igas geograafiatunnis tegi ta kontrolltöö ja ise luges samal ajal juturaamatut. Meie mõtlesime, et küll on loll õpetaja, laseb meil spikerdada. Talle väga meeldis, kui me kontrolltöös tõmbasime tekstis erivärvuseliste joontega kõige olulisema alla. Hinnateks saime me alati tööde eest neljad ja viied, kuid ilmselt ei lugenud ta kunagi meie töid läbi, kuid siis me seda ei teadnud. Alles hiljem, kui ma ise olin palju aastaid õpetamisega tegelenud, sain aru, et see oli ülitark õpetamise viis. Sest kui õpilane tunnis spikerdab, siis ta ju mobiliseerib kogu oma vaimujõu selleks, et oskuslikumalt maha kirjutada. Ja nii me saimegi geograafia selgemaks kui praegu koolis. Vahe-tevahel küsis ta ka suuliselt ja alati oli lõpuküsimus: “Kus asub Titicaca järv?” Ja kui me olime klassikursuse lõpetanud, ütles ta: “Ma arvan, et ega teil õpitust väga palju eluks meelde jää, kuid loodetavasti jääb teile alatiseks meelde, kus asub Titicaca järv”. Meil oli hiljuti klassi kokkutulek ja ma küsisin seda klassivendadelt, kuid pooled ei mäletanud sedagi. See näitab ilmekalt, kui palju mõttetu fakte me püüame koolis asjatult omandada.

Ajalooõpetaja Valter Meti tegi meile selgeks, et mingit objektiivset ajaloo-teadust pole olemas, kõik on vaid võitjariikide ja valitseva kliki müütide kogum. Ta tõi näiteks ka Eesti muinasajaloo ilustamise. Meie esivanemad olid tavalised harimatud röövlid, kes tapsid mitte üksnes välismaal, vaid ka oma naaberkihelkondades. Me oleme uhked, et võtsime ristiusu vastu kõige viimastena, kuid kui me oleksime teinud seda varem, siis oleks meil ehk olnud ka oma kuningriik ja puu otsas istumise asemel olnuks meil juba siis kivi-kirikud ja linnad nagu Taanis ja Rootsis.

Meie koolis oli täisväärtuslik Mauruse vaim ja ega ka õpetajate kollektiiv üleliia nõukogudesõbralik polnud. Pahandusi oli sageli, mitmel korral korraldati klassides läbiotsimisi lendlehtede leidmiseks. Õpilased said hakkama Raadi ausamba õhkulaskmisega ja põrandaaluse organisatsiooni loomise eest saadeti mitmed koolivennad asumisele. Ka praegune Eesti tuntud vabadusvõitleja Mart Niklus oli meie kooli poiss, lõpetas aasta enne mind.

Ma olen kogu elu õppinud poistekoolis ja küllap see traditsioon vajaks kas või osalist taastamist. Me suhtusime tüdrukutesse lugupidamisega. Esimeseks klassiõhtuks valmistudes õppisime pingsalt tantsusamme ja viisakat suhtumist daamidesse. Nüüd segaklassides kaotavad noormehed oma üllad arusaamad vastassugupoollest üsna kiiresti.

Reformimine tähendab tõlkes põhjalikku ümberkorraldust, kuid meil hariduse ümber toimuv on lihtsalt pisiparanduste elluviimine, mida tuleb teha rahapuu-duse, vene šovinismi ja väheneva õpilaskonna tingimustes. Kõige rohkem häirib mind vingumine riigikeele õpetamise ümber. Kui mina astusin ülikooli, olid pea kõik õpikud venekeelsed ja keegi ei küsinud, kas ma olin paksust üldkeemia õpikust suuteline aru saama või mitte. Pärast kolmandat kursust läksime me menetluspraktikale laiali üle kogu Nõukogude Liidu ja keegi ei küsinud, kas me suudame võõrkeeles suhelda. Ka Siberisse küüditatud lapsed olid sunnitud ilma mingi ettevalmistuseta kohe õppima võõrkeeles. Seetõttu ei pea ma võimalikuks lati allalaskmist ja loen riigikeele halba õppimist vastu-töötamiseks Eesti riigi püsijäämisele. Ma õpetasin Eesti Mereakadeemias, kus 15-liikmelistes rühmades oli vaid kolm-neli eestlast. Kõik noored venelased õppisid korralikult rääkima ja kaitsesid oma lõputööd eesti keeles.

KUIDAS EDASI?

Minu keskkooli lõpuaastatel ilmus trükist raamat “Heledam kui tuhat päikest” ja see tekitas minus suure huvi tuumafüüsika vastu. Kuna lõpetasin kooli kuldmedaliga ning vabariigile oli selles valdkonnas eraldatud ‘vabapääse’ Moskva Ülikooli, siis võinuks minust saada tuumafüüsik ja võimalik, et ka osaline vesinikupommi täiustamisel. Ja vaevalt siis keegi minust Eestimaal midagi teadnuks. Hea, et see nii ei läinud. Geoloogiasse sattusin juhuslikult ja ma pole tänini kindel, et mingis muus valdkonnas poleks ma olnud edukam.

Ma astusin aspirantuuri kohe pärast ülikooli lõpetamist ja dissertatsioon valmis aspirantuuriõpingute ajal, mis oli tollal küllalt erandlik. Sellele aitas kaasa teadustöö üliõpilasena, mida ma alustasin juba esimesel kursusel ja sain selle eest ka kahel korral üliõpilastööde esimese auhinna. Kümme aastat hiljem kaitsesin ma geoloogia-mineraloogiadoktori kraadi, olles geoloogia vallas nõukogudemaa noorim teadusdoktor. Viis aastat hiljem valiti mind akadeemia ja selle presiidiumi liikmeks, mis andis mulle kõrged pagunid. Ja kuna ma oskasin ka võõrkeeli, olin asendamatute nõukogude teadusdelegatsioonide juht, mõjutades oma valdkonnas kogu maailma teadust. Sest nii nagu hääletas nõukogude delegatsiooni juht, nii hääletasid ka rahvademokraatiamaade ja paljude Aafrika riikide delegatsioonid. Mind valiti esimese idaeurooplasena maailma vanima ja prestiižikaima teadusseltsi – Kuningliku Geograafiaseltsi auliikmeks.

Edukaks tegutsemiseks on vaja hästitegutsevat ja sõbralikku kollektiivi. Ma arvan, et ma olen suutnud selliseid kollektiive ka luua. Nõukogude ajal toimus Tallinnas minu eestvõtmisel palju kõrgetasemelisi üleliidulisi ja rahvusvahelisi nõupidamisi, mille korraldamiseks oli meil hästitöötav meeskond. Ja nõukogude ajal oli doktoritöö kaitsmisel nõue, et sul peab olema loodud koolkond.

Mulle ei meeldi ebakompetentsus ja rumalus ning seetõttu on mind kaasatud ka paljudesse olulistesse komisjonidesse. Näiteks olin ma kümne aasta jooksul Eesti NSV Rahvakontrolli Komitee liige ja pärast taasiseseisvumist pikka aega Eesti Õigusjärgsete Omanike Liidu esimees. Olen olnud ENSV Agrotööstuskoondise teaduslik-tehnilise nõukogu aseesimees ja Balti kultuuripreemiate komisjoni esimees. Akadeemik Karl Rebane rõhutas, et teaduste akadeemia suurim ülesanne on suurte lolluste ärahoidmine. Varem küsiti akadeemialt ja akadeemikutelt nõu, nüüd enam mitte ja seetõttu saadabki Eesti Vabariigi Valitsuse ja Riigikogu tegemisi suur ebaõnnestumiste ahel.

1973. aastal olin ma külalisõppejõud Kanadas Lõuna-Ontario Ülikoolis. Mind hämmastas sealsete üliõpilaste nõrk tase. Eesti NSV kool oli tugev, palju tugevam kui lääneriikides ja seda traditsiooni jätkub pisut ka kaasaega. Meil on vaja rohkem insenere ja täppisteadlasi, kuid ühes anekdoodilaadses üliõpilaskandidaadi vastuses on karm tõde: “Ma läheksin küll õppima TTÜ-sse, kui seal ei oleks matemaatikat, füüsikat ja keemiat” ning selles ongi probleem. Eesti kooliharidus pole halb, kuid meil napib reaalteaduste aineõpetajaid, sest neid vajatakse ka teistes ja kõrgemapalgalistes valdkondades. Teadlaste panust pidurdab ebamõistlik finantseerimissüsteem, sest meil hinnatakse eeskätt heatasemelistes välisajakirjades ilmunud teoreetilisi artikleid, millel enamasti puudub seos praktikaga, ja praktikaga seonduvad teadusrühmad, sealhulgas energeetika, jäävad rahastamata, sest nad ei suuda igal aastal produtseerida kümneid (sageli mittevajalikke) artikleid.

KUIDAS ELAVDADA RIIGI MAJANDUST?

Ilma tööstuse ja maavarade kaevandamiseta riik rikkaks ei saa. Ja mõlemad elavdavad majandust ning pidurdavad väljarännet. Kui me ehitaksime Eestisse tuumajaama, oleks meil nelja aasta jooksul sinna vaja umbes 4 000 heapalgalist ehitajat. Tuumajaama opereerimiseks vajaksime me umbes 400 töötajat, neist oleks suur osa kõrgepalgalised. Kui me hakkaksime kaevandama fosforiiti mahuga kolm miljonit tonni aastas, siis lisaks müügitulule leiaksime me väärtusketis tööd umbes tuhandele inimesele, kes põlevkivi kaevandamismahtude vähenemise tõttu on selleks ajaks jäänud töötuks. Selliseid näiteid võib tuua arvukalt. Kui kerkivad palgad, siis kasvab ka inimeste turvatunne, mis kahtlemata soodustab iivet. Mind on alati pannud imestama, et miks tahab eesti rahvas elada võimalikult vaeselt ning teeb selleks maksimaalseid pingutusi, mille eriti selgeks näiteks on võitlus maavarade uurimise ja kaevandamise vastu.

Looduskaitse on kahtlemata vajalik, kuid ka seda tuleb teha mõistusega. Eestis on looduskaitse all 15 200 km², sellest 7 800 km² maismaad. Vabariigis on 3 705 pindalaliselt kaitstavat loodusobjekti; neist viis rahvusparki, 147 looduskaitseala (kogupindalaga 3 144 km²), 179 maastikukaitseala (kogupindalaga 2 317 km²), 344 hoiuala, 540 parki ja puistut, 1 201 püsielupaika ja 1 198 kaitstavat üksikobjekti, millele lisandub veel 20 kohalike omavalitsuste poolt kaitstavat ala. Juurde on kavandatud lähiajal luua veel 26 looduskaitseala kogupindalaga 477 km² ning siis saaks looduskaitsealade all olema kokku 3 621 km² maad. Lisaks on meil tohtu hulk mõtlematult moodustatud Natura 2000 alasid. 2011. aastal koosnes Eesti Natura võrgustik 66 linnukaitsealast (12 592 km²) ja 542 loodusalast (11 490 km²). Arvestades Eesti liigirikkust võib neid teoreetiliselt moodustada tuhandeid, kuid tekib küsimus – milleks, sest neist enamikku ju miski ei ohusta? Omal ajal kõnelesid keskkonnaministeeriumi juhid, et need on vaid eelvalikualad ja eelvalikualade võrku hiljem korrastatakse. Kuid üleöö muutusid eelvalikualad Natura aladeks ja neist ei saagi enam lahti, sest nende taga on Euroopa Liit. Seetõttu ei tohiks looduskaitsealade moodustamisel korrata Natura aladega tehtud vigu, sest looduskaitsealad on juba praegu liiga palju ja nad takistavad riigi majandustegevust ning inimeste heaolu!

Praegu me koostame Eesti põlevkivi riiklikku arengukava aastani 2030 ja seal on keskseks küsimuseks kadude vähendamine ja ressursi kokkuhoid. Kuid tehnoloogiliste vahenditega me saame vaid tühise kokkuhoiu, samal ajal kui looduskaitseliste piirangute tõttu jääb maa alla kasutamata miljoneid tonne kvaliteetset põlevkivi. Kaitstavate loodusobjektide all on Eesti põlevkivimaardla pindalast seni kaevandamata aladel 38%. Me ei tohi kaevandada soode alt ja musta toonekure pesa lähistelt kilomeetri raadiuses. Kus on siin mõistuse hää!

1997. aastal võeti vastu Eesti keskkonnanstrateegia, mis lähtus Eesti keskkonnakaitse põhieesmärgist: TAGADA INIMESI RAHULDAV TERVISLIK KESKKOND JA MAJANDUSE ARENDAMISEKS VAJALIKUD RESSURSID LOODUST OLULISELT KAHJUSTAMATA, MAASTIKE MITMEKESISUST SÄILITADES NING MAJANDUSE ARENGUTASET ARVESTADES. Alahindamata looma- ja taimeriigi kaitse vajadusi tuleb kaalukausile alati panna ka inimene ja tema toimetulek. Meie põhi-seadus ei sätesta, et keskkonnahuvide oleks kuidagi tugevamat kaitset vajavad kui Eesti rahva heaolu, tervis ning majanduslik ja poliitiline julgeolek. Paljudel on kujunemas arusaam, et looduskeskkond on vaieldamatult A ja O ja siis tulevad alles muud avalikud huvid, mis on sügavalt ekslik.

Kui me kõneleme kaitset väärivatest loodusmälestistest, siis on need rahvusvahelise, piirkondliku ja kohaliku tähtsusega. Tõeliselt olulise rahvusvahelise tähtsusega on meil vaid kaks objekti: Põhja-Eesti paekallas ja Kaali meteoriidikraatrite rühm. Kuid isegi paekallast ei õnnestunud meil lülitada UNESCO looduspärandi nimekirja ja ka Saarte Geopargi (kuhu kuuluvad ka Kaali kraatrid) lülitamine rahvusvahelisse geoparkide võrgustikku on veel küsimärgi all. Kõik ülejäänud loodusväärtused vajavad kaitset alles pärast hoolikat vaagimist ja siis, kui neid tõepoolest ähvardab reaalne oht. Ärgem unustagem, et nii looduskaitsealade loomine kui ka nende hilisem majandamine on mõlemad väga kallid ettevõtmised.

Eesti vajab geolooge, kuid mina ei soovita noortel seda õppida, sest Eesti riigijuhid ei teadvusta maavarade uurimise vajadust. Eestis pole isegi riiklikku geoloogiateenistust, mis on hoopis naeruväärne. Eesti ülikoolid produtseerivad tohututes kogustes nn filosoofiadoktoreid, keda riik ei vaja. Elu on näidanud, et korraliku kõrgharidusega bakalaureuseid vajavad riigiasutused rohkem kui haritud spetsialiste. Lollid ei vaja enda kõrvale tarku. Hando Runnel on tabavalt märkinud: “Kes lollidega vaidleb, on ise sama loll, kes tarkadega vaidleb, on veelgi lollim loll, seepärast annab alla, kes kõige vähem loll ja selle pärast võitjaks jääb kõige lollim loll.”

MIS MEID EES OOTAB?

Mul oli võimalik osaleda 1992. aastal Rio de Janeiros toimunud riigijuhtide keskkonnakonverentsil, kus pandi paika säästva arengu kontseptsioon, mida on kõige teravmeelsemalt iseloomustanud Igor Gräzin: “Säästva arengu idee on selles, et niigi vaesemad riigid peavad hakkama oma vaesusest kinni maksma niigi rikaste riikide võimetust oma rikkust säilitada!” Seega säästev areng on võrdväärne populistlik loosung inimtekkelisele globaalsele kliima soojenemisele ja neid kumbagi ei maksa võtta liiga tõsiselt.

Viimase 3 200 aasta jooksul on inimkond elanud rahus vaid 292 aastat. On peetud 14 513 sõda, kus on hukkunud 3,6 miljardit inimest. Kui me viiksime sõjakulud kullavääringusse, siis saaksime ümber maakera 161 km laiuse ja 10 m paksuse kullavöö. USA-s elab vaid 5% Maa rahvastikust, kuid see riik

kasutab 28% maailma looduslikust gaasist, 23% tahketest kütustest, 42% autobensiinist, 26% elektrienergiast ja kuni 30% vasest, alumiiniumist ja tsingist. Elementaarsed arvutused näitavad, et sellist raiskamist maailm tervikuna üle ei ela ning vastuolud riikide ja rahvaste vahel suurenevad. Eriti tõsised kokkupõrked tulevad mitte toidu, vaid puhta vee pärast. Näiteks Hiinas on puhta veega varustatud vaid 3% linnadest. Inimkond ei ole jätkusuutlik ja, nii nagu paljud liigid enne meid, hävib ka inimene kui bioloogiline liik. Kui enamus hävinud liike polnud konkurentsivõimelised, siis inimene kui liik võib hävida tema enda poolt põhjustatud katastroofi tulemusena. Iisraeli poliitik Abba Eban (1915–2002) on kirjutanud: “Ajalugu õpetab, et inimesed ja riigid käituvad mõistlikult alles siis, kui nad on ammendanud kõik teised võimalused.” Ega Eesti Vabariik ei saa olla erandiks!.

*Teaduspreemia täppisteaduste alal
tööde tsükli
“Matemaatilised struktuurid funktsionaalprogrammeerimises” eest*



Tarmo Uustalu

Tarmo Uustalu tööde tsükkel pani aluse moodsaate programmeerimiskeelte matemaatiliselt täpsele kirjeldamisele. Need on keeled, mis ühelt poolt on mugavad ja hästi mõistetavad inimesele, teiselt poolt aga, olulisel määral tänu Uustalu töödele, omavad nüüd täpset matemaatilist tähendust, ja seega on hästi mõistetavad arvutitele.

MATEMAATILISED STRUKTUURID PROGRAMMEERIMISES

Minu erialaks on programmeerimiskeeled ja kõik neid ümbritsev, laiemalt võttes tarkvarateadus. Meie distsipliini iseloomustab kreedo, et tarkvara saab suurel skaalal paremaks muutuda siis, kui programmeerija vahendid, alates keeltest kuni töömeetodite ja tööriistadeni nende ümber, on paremad. Pare-muse all peame silmas nii seda, mis on oluline lõpptulemuses – tarkvarapro-dukti korrektsus, ohutus, efektiivsus – kui ka paremat tarkvaraprotsessi – produkti ni jõudmine peaks igas mõttes olema ‘kindlam’.

Võiks ehk arvata, et programmeerimiskeeled on ammu valmis ning areneda pole kuhugi, et teema on päevakorralt maas. Kuid see on üsna ekslik ette-kujutus. Programmeerimiskeelte valdkond on vägagi dünaamiline, radikaalselt uusi ideid genereeritakse kogu aeg. Keeled taanduvad, esiplaanile tulevad uued. Osa arengutest on tingitud edenemistest valdkonna sees, teiste puhul on ajendiks välised väljakutsed. Viimati on programmeerimiskeeli kõige enam mõjutanud vast andmeanalüüsi ja masinõppe plahvatuslikult kasvavast aktu-aalsusest tingitud uuenenud huvi tõenäosusjaotustega programmeerimise vas-tu ning paljutuumaliste protsessorite tulekuga saabunud akuutne vajadus uute ideede järele paljulõimelise programmeerimise tehnoloogias.

Programmeerimiskeeled on huvitav valdkond ka selle poolest, et ollakse aldis kasutama kaasaegset matemaatikat (eriti algebrat ja loogikat). Ta on ka ise nende matemaatikaharude jaoks suureks uute probleemipüstituste allikaks. Tarkvarateadlase põhiülesandeks on keerukust kontrolli all hoida seda mit-mekihiliste abstraktsioonide abiga organiseerides ning just siin tuleb mate-maatika üldistav vaade appi. Mulle hingelt matemaatikuna sobib väga hästi programmeerimiskeelte teaduskogukonna domineeriv mentaliteet – piirideta uudishimu ja hinnaalanduseta süvitsimine.

Alljärgnevas räägin kolmest põhilisest teemaringist: millega aastatel 2011–2014 tegelesin, milles sain tulemusi ja mille eest pälvisin preemia. (Mõned teised teemad, kus töö veel enamalt jaolt ees, jätan kõrvale). Lisaks toon esile kaks teadussündmust, mis selle töö kõrval sellel perioodil väga olulisel määral mu tööpäevi kujundasid.

Minu teadustöö läbivaks jooneks oli matemaatiliste struktuuride otsimine erinevate arvutuslike või programmeerimisega seotud nähtuste seletamiseks, nende struktuuride teooria arendamine, kus see seni puudus, ning selle teooria praktiline rakendamine.

Teooriaarendusega kaasnes üldjuhul formalisatsioon ehk matemaatika detailne range üleskirjutus viisil, mis võimaldab automaatset arvutipoolset kontrolli teatava baasloogika suhtes. Formaliseerimist toimetatakse nn tõestusassis-tentide abiga, millest tuntuimad on süsteemid Coq ja Agda. Formaliseerimine on uus ja viimase kümne aasta jooksul äärmiselt kiiresti arenenud suund, mida just programmeerimiskeelte kogukond on ‘viinud massidesse’. Tänapäevaks on

programmeerimiskeelte valdkonnas kui mitte just normiks, siis vähemalt hea maitse mõõdupuuks kujunenud, et kõik uus teooria ka arvutiga kontrollitakse. See on täiesti uus matemaatilise teaduse tegemise kultuur. Ilmselt just tarkvarateadlased teavad kõige paremini, mis on vigade hind praktilises tarkvaraarenduses ja kui lihtsad on nad tulema. Seetõttu siis oskavad nad ka oma töösse kriitiliselt suhtuda.

Teooria rakendamine tähendas minu töö puhul üldjuhul väljapakutud uuen-duse prototüübitaseme realiseerimist kas teegi, valdkonnaspetsiifilise keelena või programmianalüsaatori või -teisendajana – üldjuhul n-ö arvutusliku osa väljavõttena formaliseeringust.

MONAADIDE ÜLDISTUS – RELATIIVSED MONAADID

1989. a näitas Eugenio Moggi, et nn arvutuslikke efekte programmide käitumises (ehk mis veel juhtub peale tulemuse tagastamise) – erandid, mitteterminism, tõenäosuslik valik, loetav-kirjutatav olek, jätkud, interaktiivne sisend-väljund jne – saab ühetaoliselt analüüsida monaadide abil. Monaadid üheskoos adjunktsioonidega on fundamentaalsemaid struktuure kategooriateoorias. Seoses Moggi avastusega leidsid nad rakenduse ka programmeerimiskeelte teoorias. Monaadid seletavad, kuidas efektidega arvutused komponeeruvad.

Kuid monaadid ei kata loomulikult viisil päris kõiki olulisi arvutuslikke efekte.

Koos Thorsten Altenkirchi ja James Chapmaniga pakkusime välja monaadide uude üldistust, nn RELATIIVSED MONAADID. Monaad on endofunktor ehk funktor ühest kategooriast samasse tagasi koos teatud pealisehitusega (kaks loomulikku teisendust, mis peavad rahuldama teatud võrdusi). Relatiivsed monaadid aga lubavad kandjafunktorit kahe erineva kategooria vahel, mis on omavahel eelnevalt seostatud mingi funkoriga (millelt tüüpiliselt on mõistlik nõuda teatud hea käitumise omadusi). Näitasime, et relatiivsed monaadid on elegantsete omadustega loomulik mõiste. Sealjuures kanduvad olulised osad klassikalisest monaadide teooriast *mutatis mutandis* üle relatiivsetele monaadidele. Sedastasime relatiivsete ja tavaliste monaadide täpse vastasseose (ko-reflektsioon).

Relatiivsete monaadide näideteks programmeerimiskeeltest on lõpliku-dimensioonilised vektorruumid, tüüpimata ja tüübitud lambda-arvutuse süntaks. Kuid relatiivsed monaadid katavad ka monaaditaolisi struktuure, mida varemalt ei osatud monaadidena käsitleda. Näiteks seletavad relatiivsed monaadid ära nn nooletüübid. Nooled on struktuur, mille John Hughes leiutas katmaks mh monaadiliste parserite teatud üldistusi. Osutub, et nooled on relatiivsed monaadid Yoneda sisestuse suhtes etteantud kategooria ja temale vastava eelpõimikute kategooria vahel. See on midagi hästi kanoonilist. Nõnda saime tagantjärele kinnituse, et esialgu võib-olla mõneti juhusliku lahendu-

sena tundunud nooled on tegelikult väga hästi valitud abstraktsioon, mis tabab midagi olemuslikku (Altenkirch jt, 2010, 2015).

Kui monaadid on monoidid endofunktorite kategoorias, siis relatiivsed monaadid on midagi monoiditaolist sobivas (mitteendo)funktorite kategoorias. Selleks et monoididest kategoorias üldse rääkida saaks, peab kategooria olema monoidiline. Funktorkategooria ei ole üldiselt monoidiline, vaid lõdvema struktuuriga, n -õ kiivmonoidiline. Meie komistasime kiivmonoidiliste kategooriate otsa funktorkategooriate näitel. Kornél Szlachányi tõi 2012 sisse täpselt sama abstraktsiooni ajendatuna hoopis teistsugustest näidetest. Igatahes nähtub, et tegu on vägagi loomuliku monoidiliste kategooriate üldistusega. Seda märgati ja tänaseks uuritakse kiivmonoidilisi kategooriaid päris agaralt, sh selliste kategooriateooria korüfeede poolt nagu Stephen Lack ja Ross Street.

Üks kesksemaid tähelepanekuid monoidiliste kategooriate kohta on Saunders Mac Lane'i koherentsusteoreem, mis ütleb, et suvalised kaks paralleelset morfismi (st kaks morfismi samade objektide vahel) vabas monoidilises kategoorias on võrdsed. Seepärast on loomulik küsida, kas midagi sarnast võiks kehtida ka kiivmonoidiliste kategooriate kohta. Selgus, et nii ongi. Tõestasin, et kehtib mõnevõrra nõrgem versioon sellest teoreemist: kui sihtobjekt on n -õ normaalkujul või lähteobjekt on ümberpööratud normaalkujul, siis paralleelsed morfismid vabas kiivmonoidilises kategoorias on võrdsed (Uustalu, 2014).

Kõik nimetatud teooriaarendused formaliseerisime sõltuvate tüüpidega programmeerimiskeeles Agda, mis toimib ka tõestusassistendina. Nagu ülal osutatud, tähendab see, et meie tõestused pole mitte ainult paberil kirjas ja retsensentide poolt loodetavalt hoolikalt kontrollitud, vaid et need on iga pisema sammuni läbi vaadanud halastamatu automaatne tüübikontrollija (Altenkirch jt, 2014).

ERIOMADUSTEGA ANDMETÜÜBID – SUUNATUD KONTEINERID

Michael Abbotti, Thorsten Altenkirchi ja Neil Ghani leiutatud nn konteinerid on elegantne ja tänuväärne ühtne esitusviis laia klassi funktooriaalsete andmetüüpide jaoks. Konteinerite ideeks on mõelda andmetüüpidest – näiteks listidest, puutüüpidest jne – kujude ja positsioonide terminites. Iga väärtust andmetüübis iseloomustab mingi kuju koos selle kuju positsioonidesse paigutatud andmetega. Heaks analoogiks on täidetud vorm või blankett – selle aluseks on tühi vorm mingi arvu väljadega ning edasi on need väljad täidetud mingite andmetega. Konteinerid on samaväärsed polünomiaalsete funktooriga, mida on uurinud Nicola Gambino, Martin Hyland ja Joachim Kock, ning neid võib samastada ka rangelt positiivsete tüüpidega tüübiteooriast.

Paljude andmetüüpide puhul (seejuures kõikvõimalikud puuandmetüübid, kus andmed märgendavad puu hargtippe) määrab etteantud kuju iga positsioon

ühe teise kuju, nn alamkuju, mille positsioonid on algsesse kujusse transleeritavad. Näiteks märgendamata puu iga hargtipp identifitseerib alampuu, mille jaoks ta on juurtipuks. Ning iga alampuu tipp on käsitletav ka suure puu tipuna. Sedalaadi andmetüüpide analüüsiks tõime sisse SUUNATUD KONTEINERITE mõiste. Suunatud konteinerite juures moodustavad iga kuju positsioonid midagi monoiditaolist (juurpositsioon on ühik ja transleerimine on korrutamise taoline), ehk et meil oleks nagu kujudega indekseeritud pere monoide. Aga olulise erisusena töötab korrutamise operatsioon üle eri kandjate.

Näitasime, et kui suunatud konteinerid tähistavad endofunktooreid, siis suunatud konteinerid interpreteeruvad komonaadideks. Veel enam, suunatud konteinerid vastavad täpselt neile konteineritele, mille interpretatsioon kannab komonaadi struktuuri. Komonaadid on monaadide suhtes duaalne mõiste, mida saab kasutada kontekstist sõltuvate ehk nn koefektidega arvutuste analüüsiks.

Näitasime samuti, et mitmed konstruktsioonid komonaadide jaoks on kirjeldatavad konstruktsioonidena suunatud konteineritel, ehk et need on vahetult formuleeritavad kujude, positsioonide, alamkujude jne terminites – näiteks kovaba monaad ja kahe koideaalse komonaadi produkt. Uurisime lähemalt ka üht arhetüüpilist suunatud konteinerite eriliiki, nn tõmbluku-andmetüüpe (märgendatud hargtippudega puud, kus on fikseeritud mingi fookuspositsioon, n-ö kursor) (Ahman jt, 2012, 2015).

Koos Danel Ahmaniga uurisin lähemalt küsimust, millistel tingimustel on kahe suunatud konteineri kompositsioon suunatud konteiner. Defineerisime suunatud konteinerite jaotuvusseaduse mõiste ja tõestasime, et suunatud konteinerite ühilduvad kompositsioonid on üksüheses vastavuses jaotuvusseadustega. Suunatud konteineri jaotuvusseaduse mõiste üldistab monoidide Zappa-Szépi korrutise mõistet. Kahe monoidi Zappa-Szépi korrutis on monoidi struktuur nende kandjate otsekorrutisel, mis peab teatud moel ühilduma antud monoidstruktuuridega (Ahman, Uustalu, 2013).

Nii nagu relatiivsete monaadide teooria, formaliseerisime ka suunatud konteinerite teooriaarenduse Agdas.

Veel näitasin koos Danel Ahmaniga, et suunatud konteinerid on seotud nn kahesuunaliste teisendustega. Kahesuunalised teisendused on andmebaasidusest inspireeritud valdkond, kus uuritakse, kuidas hoida andmebaaside eri versioone (näiteks serveris hoitav *mastercopy* ja kliendi arvutis hoitav vaade sellest) omavahel kooskõlalistena. Selgus, et suunatud konteineritele vastavate komonaadide koalgebrad on täpselt õige raamistu selliste kahesuunaliste teisenduste analüüsiks. Need koalgebrad toimivad n-ö uuenduste läätsedena. Uuenduste läätse mõiste üldistab kahesuunalistes teisendustes seni kasutatud olekupõhiseid läätsi (Ahman, Uustalu, 2014a).

Vaatlesime ka konteinerite ja suunatud konteinerite 'kointerpretatsiooni', kus mitte konteinerite kategooriat, vaid hoopis selle vastandkategooriat kujutatakse endofunktorite kategooriasse. Suunatud konteinerid tõlkuvad siis monaadideks. Tegemist on nn uuenduste monaadidega. Need monaadid võimaldavad olekumonaadist peeneteralisemalt modelleerida imperatiivsele funktsionaalprogrammeerimisele tüüpilist oleku lugemise ja uuendamise paradigmat (Ahman, Uustalu, 2014b).

MITTELÕPETAMINE JA MITTEREAKTIIVSUS – KOINDUKTIIVSED SUURE SAMMU SEMANTIKAD

Programmeerimiskeelte operatsioonsemantikas ehk 'täitmise' semantikas eristatakse kaht semantika esitamise stiili: suure sammu ehk loomulik semantika ning väikese sammu ehk struktuurne operatsioonsemantika. Suure sammu semantikas nähakse programmi täitmist üheainsa suure sammuna, mis moodustub programmi osade täitmiseks tehtavatest suurtest sammudest. Väikese sammu semantika aga seletab programmi käitumist teatava granulaarsuse suhtes pisimate sammude järgnevusena.

Tavapärased suure sammu semantikad käsitlevad ainult lõpetavaid programmitäitmisi. Mittelõpetavate täitmiste kohta ei võimalda nad väljendada ega väita midagi; samuti ei võimalda nad arutada isegi lõpetavate täitmiste vaheolekute või vaadeldavate toimingute üle. Samas on just suure sammu semantikad oma kompositsioonilise iseloomu tõttu väikese sammu semantikatest sobivamad kompilaatorite korrektsuse tõestamiseks ja muudeks programmeerimiskeele metateoreetilisteks analüüsideks. Näiteks lähtub programmiloojaka disain tüüpiliselt programmeerimiskeele suure sammu semantikast.

Koos Keiko Nakataga töötasin välja koinduktiivse jälje mõistel põhineva suure sammu semantika, mis kirjeldab lihtsa imperatiivse programmi täitmist etteantud algolekust mitte ainult lõppoleku, vaid vaheolekute (või muude vaadeldavate sündmuste) terminites. Jälg ehk arvutustee on vaheolekute järgnevus, mis võib lõppeda lõppolekuga, aga võib ka jätkuda lõpmatult. Seejuures ei pea niisuguse järgnevuse lõplikkus või lõpmatus olema vaatlejale 'ette teada', vaid selle otsustamiseks tuleks järgnevus läbi käia. See läbivaatus on lõpmatu järgnevuse korral ka ise mittelõppev. Vastavalt võib lõpmatu olla ka tuletuspuu, mis suurt sammu algolekust jäljeni õigustab. Meie koinduktiivsetel jälgedel põhinev semantika väldib kitsaskohti, mis iseloomustasid Xavier Leroy ja Hervé Gralli varasemaid samasuunalisi katseid: ta on vaba mitteproduktiivsete tsüklite anomaaliast ning lubab konstruktiivset metateooriat (näiteks ei lähe suure sammu ja väikese sammu semantika kooskõla tõestamiseks tarvis arvutusliku sisuta välistatud kolmandat seadust) (Nakata, Uustalu, 2009).

Disainisime selle semantika jaoks ka Hoare'i-tüüpi programmi loogika. Selles loogikas on eeltingimused tavapäraselt predikaadid olekul, aga järeltingimused on predikaadid jälgedel. Jäljepredikaatide keel meenutab intervall-ajaloogikat Ben Moszkowski stiilis (Nakata, Uustalu, 2010a, 2015).

Skaleerimaks eeltoodud tööd realistlikumatele programmeerimiskeeltele, töötasime välja koinduktiivsetel resumptioonidel ehk arvutuspuudel põhineva koinduktiivse suure sammu semantika interaktiivset sisend-väljundit toetava keele jaoks. Interaktsiooni kontekstis vastab mittelõpetamisele mittereaktiivsus. Meie semantika kajastab adekvaatselt mittereaktiivseid käitumisi ja registreerib vaadeldavad sündmused niisuguste käitumiste juures (Nakata, Uustalu, 2010b).

Lõpuks kohandasin sama lähenemise ka jagatud mälu preemtiivsele (ja alternatiivina ka kooperatiivsele) konkurentsele arvutamisele. See töö demonstreeris mitte ainult seda, et mittereaktiivsust saab suure sammu semantikas kajastada, vaid osutas ka, et suure sammu semantika on konkurentse jaoks üldse võimalik. Traditsiooniliselt on konkurentsete keelte semantikat kirjeldatud väikese sammu tehnikaga (Uustalu, 2013).

Koinduktiivsete suure sammu semantikate ja vastavate programmi loogikate teooria formaliseerisime tõestusassistendiga Coq (v.a konkurentse semantika).

Konstruktiivses loogikas on arvutusteid ja -puid iseloomustavaid erinevaid ajamodaalsusi palju rohkem kui klassikalises loogikas. Koos Keiko Nakata ja Marc Bezemiga analüüsisime ajamodaalsuse 'tulevikus peaaegu alati' (klassikalise ajaloogika operaator FG) variante konstruktiivses loogikas ning määratlesime tingimused, mil erinevad variandid paarikaupa kokku langevad (väike omnistsientsi printsiip, lehvikuteoreem, latirekursioon jne) (Nakata jt, 2011; Bezem jt, 2012).

Ka selle teooriaarenduse formaliseerisime tõestusassistendiga Coq.

Koinduktiivset semantikat arendasime FP7 projekti HATS raames. 2011. aastal pidasin SEFM (*Software Engineering and Formal Methods*) suvekoolis Monteideos koinduktiivse semantika teemal neljatunnise loengukursuse. See võimalus koinduktiivse semantika ja programmi loogikate alal tehtud töö kokku võtta ja koondada vastavaks kokkuvõtteartiklikuks on kahjuks veel tegemata.

ETAPS 2012 JA ICFP 2013 – KAKS SUURT KONVERENTSI

Ülal iseloomustatud teadustöö kõrval kattus perioodiga 2011–2014 ka kaks tippsündmust hoopis teistsugusest tegevusest minu 'karjääris'. Minu jaoks markerisid need sündmused seda perioodi tegelikult enam kui tavapärane teadustöö – just oma erakordsuse tõttu.

Kõigepealt usaldati mulle 2012. aastaks Euroopa tarkvarateaduse kõige prestiižikama teaduskonverentsi ETAPS (*European Joint Conferences on Theory and Practice of Software*) korraldamine Tallinnas (võrreldav ACM-i samasuunaliste POPL/PLDI/OOPSLA/ICFP konverentsidega).

ETAPS 2012 konverentsile otsiti korraldajat 2010 alguses. Et see meile Tallinna tuleb, otsustati ETAPS 2010 konverentsil Paphoses Küprosel. Ning sama hetkega algas ka kaheaastane ettevalmistusperiood. Kõige intensiivsem korraldustöö jäi aga muidugi viimase kuue kuu sisse konverentsi eel ning võttis siis praktiliselt kogu minu aja ja muidugi lisandus paljude heade kolleegide panus.

ETAPS ei ole sugugi pisike ettevõtmine. Tallinna konverents Swisshotelis ja TTÜ-s vältas üheksa päeva, kuhu mahtus 6 põhikonverentsi ja 20 töötuba. Konverentside ja töötubade toimetised ilmusid 8 Springeri *Lecture Notes in Computer Science* köites, 10 Open Publishing Associationi *Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science* köites ja veel 4 muus kogumikus, lisaks mitme ajakirja erinumbrid. Ettevõtmine õnnestus tänu innukatele meeskonnakaaslastele väga hästi, mis siis, et ilm märtsis polnud ju ülearu tore. Usun, et enamus 650 osavõtjast, kes tulid kokku 41 riigist, lahkus Tallinnast positiivsete muljetega.

2013. a juhtisin funktsionaalprogrammeerimise kõige olulisema konverentsi ICFP (*International Conference on Functional Programming*) programmi-toimkonda. Et mind sellele vastutusrikkale kohale valiti, on vist kõige suurem rahvusvaheline tunnustus, mille olen pälvinud. Nagu ETAPS-ki, on ICFP iga-aastane. Ma olin mitmed aastad varem olnud ICFP-ga seotud korraldamise poolelt – 2005 toimus ICFP Tallinnas (Olivier Danvy'ga konverentsi üldesimehe rollis) – see oli esimene suurem rahvusvaheline konverents, millega tegelesin.

2013. aasta ICFP toimumispaigaks oli valitud Boston ning konverentsi üldesimeheks Greg Morrisett Harvardi Ülikoolist. Üheskoos juhttoimkonnaga otsis tema programmitoimkonna esimeest. Mina sain tema pakkumise 2012. aasta suve lõpul üsna vahetult enne ICFP 2012 konverentsi Kopenhaagenis ning mulle oli see suureks üllatuseks, sest ma polnud ju varem olnud programmitoimkonna lihtliigegi ICFP juures. Mõistes võimaluse erakordsust, olin muidugi nõus, kuigi see tähendas väga palju tööd, sest ICFP-l on äärmiselt kõrge standard retsenseerimise suhtes.

ICFP 2013 jaoks oli mul vabadus koostada 16-liikmeline programmitoimkond, kellega toimetada. Minu jaoks oli eriti oluline programmitoimkonna geograafiline kompositsioon – et esindatud poleks vaid USA, Kanada ja Lääne-Euroopa, vaid kõik piirkonnad, kus funktsionaalprogrammeerimisega aktiivselt tegeldakse, sh siis ka Lõuna-Ameerika, Ida-Euroopa, Ida-Aasia. Artiklite kutse töi kohale rekordarvu artikleid – 133 (see on ka täna kolm aastat hiljem rekordiks jäänud!). See tähendas, et igaüks meist retsenseeris

(mõnel puhul koos välisretsensentidega) umbes 25 artiklit – iga artikli kohta kolm, mitmel juhul ka neli põhjalikku retsensiooni. Ettekandmiseks ja toimetistes avaldamiseks valisime välja 40 artiklit. Selleks pidasime vastavalt ICFP traditsioonile ka kahepäevase füüsilise programmitoimkonna koosoleku – valisin selleks paigaks Müncheni.

Ehkki erinevalt ETAPS-ist on ICFP-i näol tegu ühestriimilise konverentsiga, millele lisanduvad töötoad, on ICFP ikkagi suur. See on kogukonna kokkusaamise koht, kus igaüks tahab võimalusel kohal olla, ka ilma oma ettekandeta. 2013. aastal tuli kohale üle 400 osavõtja. Programmitoimkonna esimehe tööst aru andes selle publiku ees oli emotsioon küll laes.

PREEMIAST

Riigi teaduspreemiat loen muidugi suureks tunnustuseks ja teen komisjonile kumarduse. Pean eriti meeles seda tausta, et varem on samalaadne preemia IT-sse tulnud vaid kahel korral (Raimund Ubar 1999, Meelis Mikhla, Arvo Eek, Einar Meister ja Heiki-Jaan Kaalep 2003; mõlemad tehnikateaduste rubriigi alt). Ning et arvutiteaduses selle sõna kitsamas klassikalises mõttes olen esimene laureaat.

Niisugune olukord ei tundu üldse õiglane, sest tean, et tegelikult tehakse minu erialal head tööd hoopis palju rohkem. Küllap siis tuleb preemiat võtta sellena, mis ta ongi – segu töö- ja lotovõidust.

Mulle meeldis Eve Oja ütlemine, kui ta 2014 riigi teaduspreemia võitis – see oli tunnustus kõigile matemaatikutele. Ütleme siis, et seekord oli sama: võitis eesti arvutiteadus.

TÄNUSÕNAD

Minu teadustööd 2011–2014 poleks sündinud kolleegide-kaasautoriteta. Nendeks olid Danel Ahman, Silvio Capobianco, James Chapman, Denis Firsov, Keiko Nakata, Andri Saar, Niccolò Veltri mu oma uurimisrühmast ning Thorsten Altenkirch Nottinghami Ülikoolist, Marc Bezem Bergeni Ülikoolist, Celia Picard Paul Sabatiér' Ülikoolist ja Luís Pinto Minho Ülikoolist.

ETAPS 2012 juures oli abiks suur meeskond, kellest eriti tootsin välja Juhan Ernitsa, Tiina Laasma, Monika Perkmanni.

Meie tööd rahastasid HTM-i sihtfinantseeritav teadusteema 0140007s12, ETF-i grandiprojekt 9475, ERDF-i rahastatavad teaduse tippkeskus EXCS ja IKT T&A projekt Coinduction, EL-i 7. raamprogrammi projekti HATS, COST-i aktsioonid FoVeOOS ja Rich Models Toolkit, ETF-i ja Campus France'i kahepoolne projekt Parrot' programmis.

Muidugi tänan oma peret, kes on mu loomingu sünnivaevad ära kannatanud. Tänan oma esimesi õpetajaid, kes mu matemaatika ja arvutiteaduse juurde

töid. Nendeks olid mu oma isa, esimene matemaatikaõpetaja Tallinna 44. Keskkoolist Maali Pärt, ÕTÜ juhendaja TA Küberneetika Instituudist Peeter Lorents koos Grigori Mintsi ja teistega, edasi Enn Tõugu. Täna kaasautoreid läbi aastate: Varmo Vene, Alberto Pardo, Gilles Barthe, Maria João Frade, Luis Pinto, Ralph Matthes, Andreas Abel, Neil Ghani, Thorsten Altenkirch, Venanzio Capretta, Peeter Laud, Ando Saabas, Makoto Hamana, Ichiro Hasuo, Bart Jacobs, Bernd Fischer. Samuti kõiki teisi kolleege, kes ühel või teisel moel on mu teaduse sisu või siis teadlase teed mõjutanud, kellega jagame väärtusi – neid on üleslugemiseks kaugelt liiga arvukalt.

KIRJANDUS

- Ahman, D., Chapman, J., Uustalu, T. 2012. When is a container a comonad? Proc. 15th Int. Conf. on Foundations of Software Science and Computation Structures, FoSSaCS 2012 (March 2012, Tallinn). Springer, 74-88. (Lect. Notes Comput. Sci., 7213).
- Ahman, D., Chapman, J., Uustalu, T. 2014. When is a container a comonad? Log. Methods Comput. Sci., 10(3), art. 14, 1-48.
- Ahman, D., Uustalu, T. 2013. Distributive laws of directed containers. Progress in Informatics, 10, 3-18.
- Ahman, D., Uustalu, T. 2014a. Coalgebraic update lenses. Electron Notes Theor. Comput. Sci., 308, 25-48.
- Ahman, D., Uustalu, T. 2014b. Update monads: cointerpreting directed containers. Proc. 19th Int. Wksh. on Types for Proofs and Programs, TYPES 2013 (Apr. 2013, Toulouse), Dagstuhl Publishing, 1-23. (Leibniz Int. Proc. in Inform., 26).
- Altenkirch, T., Chapman, J., Uustalu, T. 2010. Monads need not be endofunctors. Proc. 13th Int. Conf. on Foundations of Software Science and Computation Structures, FoSSaCS 2010 (March 2010, Paphos). Springer, 297-311. (Lect. Notes Comput. Sci., 6014).
- Altenkirch, T., Chapman, J., Uustalu, T. 2014. Relative monads formalised. J. Formalized Reason., 7, 1, 1-43.
- Altenkirch, T., Chapman, J., Uustalu, T. 2015. Monads need not be endofunctors. Log. Methods Comput. Sci., 11(1), art. 3, 1-40.
- Bezem, M., Nakata, K., Uustalu, T. 2012. On streams that are finitely red. Log. Methods Comput. Sci., 8(4), art. 4, 1-20.
- Nakata, K., Uustalu, T. 2009. Trace-based coinductive operational semantics for While: big-step and small-step, relational and functional styles. Proc. 22nd Int. Conf. on Theorem Proving in Higher-Order Logics, TPHOLs 2009 (Aug. 2009, Munich). Springer, 375-390. (Lect. Notes Comput. Sci., 5674).

- Nakata, K., Uustalu, T. 2010a. A Hoare logic for the coinductive trace-based big-step semantics of While. Proc. 19th Europ. Symp. on Programming, ESOP 2010 (March 2010, Paphos). Springer, 488-506. (Lect. Notes Comput. Sci., 6012).
- Nakata, K., Uustalu, T. 2010b. Resumptions, weak bisimilarity and big-step semantics for While with interactive I/O: an exercise in mixed induction-coinduction. Proc. 7th Wksh. on Structural Operational Semantics, SOS 2010 (Aug. 2010, Paris). Open Publishing Assoc., 57-75. (Electron. Proc. Theor. Comput. Sci., 32).
- Nakata, K., Uustalu, T. 2015. A Hoare logic for the coinductive trace-based big-step semantics of While. Log. Methods Comput. Sci., 11(1), art. 1, 1-32.
- Nakata, K., Uustalu, T., Bezem, M. 2011. A proof pearl with the fan theorem and bar induction: walking through infinite trees with mixed induction and coinduction. Proc. 9th Asian Symp. on Programming Languages and Systems, APLAS 2011 (Dec. 2011, Kenting). Springer, 353-368. (Lect. Notes Comput. Sci., 7078).
- Uustalu, T. 2013. Coinductive big-step semantics for concurrency. Proc. 6th Wksh. on Programming Language Approaches to Concurrency and Communication-Centric Software, PLACES 2013 (March 2013, Rome). Open Publishing Assoc., 63-78. (Electron. Proc. Theor. Comput. Sci., 137).
- Uustalu, T. 2014. Coherence for skew-monoidal categories. Proc. 5th Wksh. on Mathematically Structured Functional Programming, MSFP 2014 (Apr. 2014, Grenoble). Open Publishing Assoc., 68-77. (Electron. Proc. Theor. Comput. Sci., 153).

*Teaduspreemia keemia ja molekulaarbioloogia alal
uurimuste tsükli
“Alfaviiruste molekulaarbioloogia, vektorlevik ja patogeneesi alused”
eest*



Andres Merits

Andres Meritsa uurimused viiruste elutegevuse vallas on viinud uute mooduste avastamisele, kuidas üks kindel grupp viiruseid, nn alfaviirused, looduses levivad ja inimesi nakatavad. Nende mooduste tundmine teeb võimalikuks uute viirusvastaste ravimite arendamise.

ALUSTUSEKS

Enda arvates oskan ma usutavalt vastata paljudele viiruseid puudutavatele küsimustele. Tõsi, enamikul juhtudel ei tea ma päris kindlalt, kas minu vastus on õige või mitte, kuid eks teaduses see enamasti niiviisi olegi. Küsimus, millega ma aga alati hätta jään, on hoopis selline: miks ma üldse viiruseid uurima hakkasin? Muidugi võin alati väita (nagu sageli teengi), et tegemist on erakordselt vajaliku ja põneva valdkonnaga. See on muidugi tõsi, kuid see ei ole tegelikult ikkagi vastus esitatud küsimusele. Paraku paremat vastust mul ka ei ole. Tahtsin viiruseid uurima hakata juba siis, kui õppisin põhikooli seitsmendas klassis, kuid miks nimelt, seda ei osanuks ma seletada ei siis (kui keegi oleks küsinud) ega oska ka nüüd. Tagasi mõeldes ei teadnud ma tookord viirustest ei ööd ega mütsi – vahest ainult seda, et aeg-ajalt ‘tuli viirus’ ja siis sai mitu päeva koolist puududa. Samas mingeid sooje mälestusi sellised ‘puhkused’ küll jätnud ei ole – palavikku, peavalu, nohu ja täppe nahal mäletan hästi, kuid midagi meeldivat küll ette ei tule. Vahest vedas mind viiruseid uurima soov neile kuidagi ‘ära teha’? Kui nii, oleksin pidanud asuma uurima kas gripiviirust, rinoviiruseid (külmetushaigused), rotaviirust, tuulerõugeviirust või midagi muud tegelast sellest küllaltki pikast viiruste nimekirjast, millega mul kooliajal tuli kokku puutuda. Päris niiviisi see aga ei olnud.

Tegelikult alustasin oma õpinguid ja ka teadustöid viroloogina hoopis taimeviirustest: üliõpilasena Moskva Ülikoolis uurisin alguses teelehe viirust, sellele järgnes kookospalmi viirus. Viimasest kujunes ka minu doktoritöö teema. Kui kookospalmide viirus tundub Moskva ja Venemaa teaduse vaatekohast veidi kummaline valik, siis pole hullu, nii tundus see peaaegu kõikidele teistele. Mind see eriti ei häirinud, teistele (peale oma otsese juhendaja Dr Sergey Morozovi) ma sellest lihtsalt ei rääkinud. Koos hoidsime seda saladuses ka minu ametliku teadusliku juhendaja ja õppetooli juhataja prof. Josif Atabekovi eest, ja seda tervelt kahe aasta jooksul. Arvestades 1990-ndate aastate alguse väga viletsaid töötingimusi (puudus oli peaaegu kõigest, mida molekulaarbioloog oma tööks vajab), tegime selle ajaga ära suure huvitava töö. Täpsemalt, sünteesisime juppidest (oligonukleotiididest) kookospalmi viiruse genoomi koopia. Juhendajale tunnistasime asja üles alles siis, kui viirus oli valmis ja olime veendunud, et see mingil määral ka töötas. Täielikku kindlust mul siiski selles ei olnud. Moskvast olid lood kookospalmidega keh-vapoolsed, mistõttu mul ei olnud kuskilt võtta katsetaimi, mida oleksin saanud oma viirusega nakatada. Mingid tulemused suutsime siiski odrataimedest tehtud protoplaste kasutades kätte saada. Viirus nendes küll ei paljunenud, kuid teatud aktiivsust siiski ilmutas. Mida minu ametlik juhendaja kogu sellest asjast arvas, seda ei saanud ma kunagi teada. Ilmselt oli juhendaja, nagu jänes A. A. Milne'i "Karupoeg Puhhi" raamatus, selle väljaütlemiseks liiga hästi kasvatatud. Doktoritöö kaitsmiseks juhendaja oma loa aga andis ja 1994. aastal sain doktorikraadi. Tagantjärele targana oleks võinud selle töö tulemused olla oluliselt laiemas kõlapinnaga ja leiutatud/täiustatud meetodid võinuks lei-

da laiemat kasutust. Praegusel ajal on geenisüntees – nii nimetatakse minu poolt kasutatud lähenemist kaasajal – laialt kasutatav meetod. Sellega teevivad tulu paljud ettevõtted ja teadlastele on see igapäevane asi. Veel enam – moodsa sünteetilise bioloogia tulevik on suurel määral seotud geenisünteesi arenguga. Praegu ei peeta inimesi, kes geenisünteesi kasutavad, enam ‘ime-liku asjaga tegelejateks’, nagu see oli 25 aastat tagasi.

Minu tagasitulek vahepeal iseseisvunud Eestisse erines märkimisväärselt Joosep Tootsi tagasitulekust sealtsamalt Venemaalt. Pooled kõikidest kookospalmide viiruste kohta avaldatud teadustöödest (mida maailmas oli neil aastail kokku 8) olid küll minu kirjutatud, kuid haritud põllumeest see minust muidugi ei teinud. Pealegi olid lood kookospalmidega Eestis mitte palju paremad kui Moskvas. Seega, oma endist töösuunda ma jätkata eriti ei saanud (midagi ma ikkagi selles suunas nokitsesin). Uueks suunaks sai töö kartuli viirustega, mis viis mind pooleteise aasta pärast, taas üsna ette kavandamata (tundub, et ette kavandamise puudumine on olnud üks peamiseid minu karjääri iseloomustavaid jooni), Helsingi Ülikooli prof Mart Saarma laborisse. Algselt läksin sinna vaid kaheks kuuks eesmärgiga õppida uusi meetodeid, jäin aga veidi kauemaks – kokku kolmeks ja pooleks aastaks. Selle aja jooksul õppisin palju uut ja tegelesin küllalt edukalt kord kartuli, kord tubaka viirustega. Väga võimalik, et tegeleksin nendega siiani, kuid professor Saarma otsustas oma uurimistöö fokuseerida neurobioloogiale ning samal ajal tulid naaberlabori viroloogid välja teooriaga, et nende poolt uuritavad alfaviirused ja minu poolt uuritav tubaka mosaiigi viirus omavad ensüüme, mis viivad läbi sarnaseid biokeemilisi reaktsioone. See idee tundus väga põnev ja kutsus muidugi asja lähemalt uurima. Läbiviidud tööd näitasidki, et oletus pidas paika. Mulle oli oluline, et nende tööde käigus sain aru, et alfaviirused, mis nakatavad loomi ja putukaid, on tegelikult väga huvitavad ja et nendega on tegelikult hoopis lihtsam töötada kui taimeviirustega. Need asjaolud (ja võimalik, et ka kuskil sügaval hinges peitunud igatsus tegeleda millegi troopilisega) tõigi mind alfaviiruste, eelkõige Aafrikast pärineva Semliki Forest viiruse (SFV) uurimise juurde. Selle viiruse uurimine kujuneski minu teise järel doktorantuuri (nüüd juba professor Leevi Kääriäineni uurimisrühmas) teemaks ja praeguse seisuga on SFV ja mõned teised alfaviirused peamiseks uurimissuunaks ka minu praegusele töörühmale Tartus.

ALFAVIIRUSTEST

Sõna ‘alfa’ võiks viidata millelegi esmajärgulisele või -tähtsale. Paraku alfaviiruste puhul see nii ei ole: nende nimi on jäänuk nüüdseks juba unustatud viiruste ajaloolisest süstemaatikast. Alfaviirused ei ole kõige suuremad ega kõige väiksemad viirused ning ka viiruste grupina on nad pigem keskmise suuruse ja tähtsusega. Kokku on tänapäeval teada umbes kolmkümmend liiki alfaviiruseid ja enamust nendest iseloomustab omapärane elutsükel – nad levivad selgroogsete peremeeste vahel lüljalgseid vektoreid kasutades. Selline

elutsükkel paigutab alfaviirused arboviiruste (lühend sõnadest *arthropod born virus* ehk 'lüljalgsetega ülekanduv viirus') hulka. Muidugi leidub ka parimates perekondades alati mõni veidrik tegelane ja ka alfaviirused pole siin erandiks – on teada alfaviirus, millel puudub selgroogne peremees, ja ka kalu nakatav alfaviirus, mille ülekandumist sääskede või puukidega on üsna raske ette kujutada.

Arboviirused on tavalised ka Eestis: siia kuulub meil hästi tuntud puukentsefaliidi viirus (mis pole küll alfa- vaid flaviviirus) ja vähem tuntud Sindbis viirus. Viimane on tüüpiline alfaviirus ja Põhjamaades kaunis tavaline, selle põhjustatud haigust nimetatakse meil Karjala palavikuks. Küsimusele, kui sagedane see haigus Eestis on ja kuidas seda ära tunda, jään parema meelega vastuse võlgu. Mul on tugevad kahtlused, et just seda haigust põdes 2008. aasta sügisel minu tollal veel alla nelja aastane tütar. Paraku oli hetkeks, kui mul selline kahtlus tekkis, sobiv aeg viiruse kinnipüüdmiseks ja katseklaasi panemiseks juba möödas. Sindbis viiruse tavaline peremees Eestis pole tegelikult üldse inimene (pigem on inimese nakatamine küllalt haruldane sündmus) vaid hoopis linnud (tõenäoliselt muusträstad). Seda arvestades pole vahet imelik, et kodune Sindbis viirus minu viiruste kollektsioonis puudub (on olemas vaid selle 'amerikaniseerunud' variant).

Kuna allpool tuleb juttu viiruse interaktsioonidest erinevate peremeestega, on siinkohal ilmselt mõttekas paari sõnaga tutvustada 'suurt pilti' ehk siis seda, mida selline omapärane elutsükkel viirusele kaasa toob. Esmapilgul tundub see 'suur pilt' olema kaunis lihtne ja loogiline. Kui viirus nakatab selgroogset peremeest, siis peab ta organismis kiiresti paljunema ja tungima verre. Nii see juhtubki, päev-paar pärast alfaviirusega nakatumist on looma (inimese, linnu, mao jne) veres kümneid miljoneid (vahel ka miljardeid) viiruse osakesi (virione) milliliitri vere kohta. Selline käitumine on viirusele hädavajalik, sest tema ülekandevektor – enamasti sääsk või moskiito – nakatub just viirust sisaldavast verest toitudes. Kuna sääsed pole kuigi suured ja väga palju verd korraga võtta ei saa (kuigi verd imenud sääske laiaks lüües jääb vahel teistsugune mulje), siis on nakatumise tagamiseks hädavajalik, et viiruse hulk selles sisse imetud veres oleks suur. Kui see tingimus on täidetud, siis saab viirus nakatada sääse soolerakke. See on tegelikult alles infektsiooni algus, sest soolest ei saa viirus ju kuidagi uude peremehesse sattuda. Sellepärast liigubki ta esmalt putuka kehavedelikku ja sealt edasi süljenäärmetesse, kus taas leiab aset viiruse paljunemine. Moodustunud virionid liiguvad sülge, et siis koos sellega järgmisesse peremees-organismi siseneda ja seda nakatada. On ilmne, et kui selgroogses peremehes võib viirus endale lubada agressiivset käitumist, siis vektorputukas peab ta tegutsema väga ettevaatlikult, et seda mitte kahjustada: sääsk, kes on haige (või surnud), ei ole kindlasti võimeline viirust kuhugi edasi kandma. Seega on alfaviirus suhteliselt lihtne viirus, millel on lihtsad eesmärgid ja lihtne loogika nende teostamiseks. Samas, nagu elus ikka, on näiliselt lihtsate eesmärkide saavutamiseks vaja väga keerulist 'masinavärki'

ja keerulisi suhted oma mõlema peremehega. Lisaks sellele on alfaviiruse elutsükklis paljud sellist, mis sellesse lihtsasse joonisesse kuidagi ära ei mahu. Siia alla kuulub muu hulgas ka viiruse tekitatav patogenees (ehk haigus). Nii- mellt tekib haigus reeglina alles ajal, kui viiruse aktiivne paljunemine on lõp- penud ja viiruse kogus veres on langenud tasemele, mis ei ole piisav tagamaks tema edasikandumist sääskedele. Haigus võib aga muutuda krooniliseks ja kesta aastaid. Mis eesmärk (viiruse seisukohast vaadatuna) sellel kõigel on, pole kaugeltki veel selge.

Alfaviiruse virionid (viiruse osakesed) koosnevad viiruse genoomi sisaldavast kapsiidist ja seda ümbritsevast membraanist. Membraani (ehk ümbrisest) on paigutatud viiruse kodeeritud membraanvalgud. Võrreldes alfaviiruste virione teiste membraani omavate viiruste (näiteks retro-, gripi- või herpesviiruste) virionidega võib märgata, et alfaviiruse virionid on äärmiselt korrapärase struktuuriga. Seetõttu on nad suhteliselt lihtsalt uuritavad. Mõõtude järgi saab neid nimetada ka nano-osakesteks, sest alfaviiruse virionide läbimõõt on um- bes 70 nanomeetrit. Ehkki ilusad ja põnevad, pole alfaviiruste virionid ja nen- desse puutuv minu senistes uurimistöodes, arvestamata paari-kolme veel täie- likult lõpetamata uurimust, kuigi suurt rolli mänginud. Minu peamiseks hu- viobjektiks on olnud hoopis viiruse genoom ja selle poolt kodeeritud masina- värk (viiruse ensüümid ja nende kompleksid), mis tagab selle genoomi palju- nemise peremehe rakkudes.

Alfaviiruste genoomi suurus on, võrreldes inimese genoomiga, üsna tühine, koosnedes vaid 11–12 tuhandest nukleotiidijärgist. Siiski pole vahe genoo- mide suuruses peamine, mis eristab alfaviiruse genoomi meie omast. Peamine erinevus peitub hoopis pärilikkuse materjali olemuses: kui meie rakkudes on pärilikkuse aineks kaheaahelaline DNA, siis alfaviiruse virionides paikneb ühe- ahelaline RNA. DNA genoom *versus* RNA genoom on kahtlemata kõige fundamentaalsem erinevus Maal leiduvate bioloogiliste objektide vahel, jättes kaugele seljataha taimede ja loomade või inimese ja bakteri vahelised suhte- liselt tühised erinevused. RNA genoomist tulenevad bioloogilised erinevused on sedavõrd arvukad, et kõiki neid üles lugeda on raske ülesanne. Lühidalt kokku võetuna võib öelda, et RNA genoomne maailm (siia kuuluvad peale alfaviiruste veel ka paljud teised viirused) allub hoopis teistsugusele loogikale kui DNA genoomne maailm. See on ka peamiseks põhjuseks, miks sageli vaadatakse (ja ka mõistetakse) neid viiruseid väga valesti.

SEMLIKI FOREST VIIRUS JA TEMA SUGULASED

Alfaviirused on üpris heterogeenne viiruste rühm. Jättes kõrvale kalu ja ainult putukaid nakatavad viirused, saab 'klassikalised' alfaviirused jagada Uue ja Vana Maailma alfaviirusteks. Ehkki mõlemasse grupi kuuluvate viiruste vi- rionid on üpris sarnased, on nende molekulaarbioloogia ja eriti nende interakt- sioonid oma peremeestega väga erinevad. Erinevad on ka nende viiruste põh- justatud haigused: Uue Maailma alfaviirused tekitavad sageli ajupõletikku

(entsefaliiti), mis sageli kajastub ka nende viiruste nimetuses (nt *Venezuelan equine encephalitis virus*). Ehkki mõnedel Vana Maaailma alfaviirustel (nagu SFV) on samuti võime teatud tingimustel ajupõletikku tekitada, on neile siiski palju iseloomulikum palaviku, lööbe ja liigestehaiguste tekitamine. Ka need omadused kajastuvad sageli viiruste nimedes, ehkki sellest arusaamiseks on vaja paremaid lingvistilisi teadmisi. Näiteks tähendab sõna 'chikungunya' Makonde keeles 'see, mis sunnib ülespoole painutama' ja vastavat haigust põhjustavat viirust nimetatakse seetõttu Chikungunya viiruseks (CHIKV). *O'nyong'nyong* viirus (ONNV) nimetus on aga tõlgitav kui 'liigeste nõrkuse tekitaja'.

Peale jagunemise Uue ja Vana Maaailma alfaviirusteks jagatakse alfaviiruseid ka serogruppideks (termin on ajalooline ja pärineb ajast, kui viiruste uurimiseks kasutati peamiselt immunoloogilisi meetodeid). Üks suurem serogrupp kannab nimetust "Semliki Forest viiruse serogrupp" ja siia kuuluvad peale ülalnimetatud SFV, ONNV ja CHIKV veel ka mitmed muud alfaviirused, nagu Barmah Forest virus (BFV) ja Ross River virus (RRV). Viroloogilises mõistes on ühte serogrupperi kuuluvad viirused omavahel päris lähedased sugulased. Näiteks on nende genoomide poolt kodeeritud valkude järjestused tüüpiliselt 40–60% ulatuses üksteisele sarnased. Võrdluseks: eesti ja soome keeles leidub ligikaudu samal määral sarnaseid ja identseid sõnu. Paraku on viirustega samuti nagu põhjanaabrite keelega – paljud sõnad on täiesti võõrad, teised on küll tuttavad, kuid lähemal vaatlemisel selgub, et nad tähistavad erinevaid asju. Peale selle on kuskil tagaplaanil olemas ka muud reeglid (keele puhul grammatilised, viiruste puhul bioloogilised), mida teadmata on tekstist (viiruse genoomist) raske õigesti aru saada. Seega on viiruste mõistmiseks vajalik nii individuaalsete viiruste uurimine kui ka saadud tulemuste võrdlemine ja võimalusel üldiste järelduste tegemine.

Oma serogrupperi viirustest on SFV kõige enam uuritud viirus. Kui aga paigutada SFV serogrupperi viirused pingeritta nende meditsiinilise tähtsuse (pidades siinkohal silmas inimestel haiguste tekitamist) järgi, kuulub SFV-le selles pingereas kahtlemata viimane koht. Teadaolevalt piirduvad selle viiruse paha-teod vaid ühe laborandi surmaga 1971. aastal ja isegi sel juhul pole SFV roll üheselt tõestatud. Miks on siis kõige enam uuritud sedavõrd väheolulist viirust? Siin pole tegelikult otsest vastuolu, pigem paras hulk kainen mõistust. Eeldades, et kõigi nende viiruste põhiomadused on sarnased (alati see siiski nii ei ole), on neid loomulikult kõige odavam ja ohutum uurida vähem ohtliku viiruse näitel, mille jaoks on olemas nii hea koekultuuri süsteem kui ka mõistlik ja lihtne katseloommudel (hiired). Seega on SFV suurepärane mudelviirus. Võttes võrdluseks CHIKV, tekib selle uurimisel massiliselt lisaprobleeme. Osalt tulenevad probleemid viiruse ohtlikkusest, mistõttu selle viiruse käsitlemine nõuab kõrgema bio-ohutuse taseme laboreid ja sellega töötamine põhjustab lisapinget ka uurijates endis. Teiseks piiranguks on hea katseloommudeli puudumine – hiiri nakatab CHIKV halvasti. Paremaks, aga paraku ka

palju kallimaks ja raskemini kasutatavaks mudeliks on ahvid. Ja kindlasti ei tohi seejuures unustada bürokraatiat, mis Eestis on siiski enam-vähem mõistlikkuse piires. Paraku on viiruste uurimisel vaja teha palju rahvusvahelist koostööd ja kui selles osalevad näiteks ka USA ja/või Ühendkuningriigi laborid, siis on näha, kui keeruliseks võivad (ebavajalikud) bürokraatlikud regulatsioonid lihtsa asja ajada. Kurja juur on selles, et nendes riikides kuulub CHIKV potentsiaalsete biorelvade ja bioterrorismi vahendite nimekirjadesse. See asjaolu ei takista küll uurimistööd (ehkki töötamiseks kasutatavad laborid peavad olema valvestatud jne), kuid muudab igasuguse materjalide vahetuse töörühmade vahel väga ebaefektiivseks (bürokraatia veskid töötavad sageli üpris aeglaselt). Ehkki see võib tunduda pisiasjana, mõjutab aeglane asjaajamine teaduslikku koostööd olulisel määral. Seetõttu on minu peamised koostööpartnerid CHIKV uurimise alal nüüd peamiselt Singapuri teadlased. Seal on bürokraatia probleeme hoopis vähem ja miks neid peakski olema – CHIKV nakkuse võib seal saada ka vabalt ringi lendavalt moskiitolt. Väidetavalt on 'moskiito omamine' Singapuris illegaalne. Mina küll sellist seadust näinud pole, kuid võttes arvesse, kui palju on seal imelikke seadusi, võib see isegi tõeks osutuda. Tõsi, teadustööd sellise reegli olemasolu/puudumine ei takista. Nii seisavad paljud uurimistööks vajalikud tööriistad, mis said tehtud Ühendkuningriigi töörühmade tarvis, siiani minu laboris külmkapis, sest ikka veel pole sealsed koostööpartnerid saanud nende vastuvõtmiseks ja kasutamiseks vajalikke kooskõlastusi ja lube. Samal ajal on Singapuri saadetud materjalid juba põhjalikult läbi analüüsitud ja mõnel juhul on saadud tulemused ka avaldatud. Ehkki kartused viirustega 'mängimise' osas võivad teoreetiliselt olla põhjendatud, on nad uurijaile parajaks vesikikiviks kaelas. Ja kuna need reeglid on välja mõeldud ja kehtestatud võhikute (ametnike ja poliitikute?) poolt, pole tõenäoline, et nende olemasolu suudaks takistada potentsiaalset kurikaela. Arvestades ka seda, et viirused tulevad looduses ise suurepäraselt toime uute ja (inimese seisukohast vaadatuna) hullemate variantide loomisega ja et see kõik võib toimuda äärmiselt kiiresti, tuleb tunnistada, et karmid kuid mõttetud reeglid loovad mängus 'viirus *versus* inimene' eeliseid just viiruste võistkonnale.

ALFAVIIRUSED JA MEDITSIN

Kui ma 2000. aastal alfaviirustega tegelema hakkasin, oli selle viiruste rühma meditsiiniline tähtsus marginaalne. Aeg-ajalt põhjustas mõni alfaviirus väiksemaid haiguspuhanguid, või siis tuli ette juhuslikke surmaga lõppenud nakatumisjuhte. Uurimistööd juhtis siis eelkõige soov aru saada, kuidas need viirused funktsioneerivad, ja selleks eesmärgiks sobis SFV kui mudelviirus suurepäraselt. Lisaks tundusid muidugi SFV-l põhinevad biotehnoloogia ja geeniteraapia (eriti vähkkasvaja vastane teraapia) paljutootavatena (maha kanda ei saa neid ka praegu). Paraku sõltub viroloogide käekäik paljuski nende uurimisobjektide käekäigust. 1970-ndate keskel oli kogu viroloogia kui teadus

suures madalseisus. Valitses arvamusi, et viiruseid saab vaktsiinidega edukalt kontrollida ja suuri probleeme nad seetõttu enam põhjustada ei saa. Viroloogia alased uurimistööd taasaktiveerusid oluliselt alles HIV/AIDS probleemi tekkimisel. HIV ilmumine näitas selgelt, et valitsenud arvamus viiruste 'surmast' oli selgelt liialt optimistlik. Paraku on tendents viirused kuni suuremate ebameeldivuste tekkimiseni tähelepanuta jätta säilinud siiani. Kuni SARS puhangueni ei pakkunud koronaviirused kellelegi erilist huvi. Kui filoviirused (Ebola ja Marburg viirused) piirdusid vaid oma looduslike peremeeste nakatamisega, ei tegeleks nendega ilmselt mitte keegi jne, jne. Viroloogid võivad kui tahes palju rääkida, et nende uuritavad viirused omavad 'potentsiaalset' meditsiinilist tähtsust, kuid kuni viirused seda ise veenvalt ei tõesta, on see jutt kurtidele kõrvadele.

Alfaviroloogide õnneks (ja miljonite inimeste õnnetuseks) tõestas käesoleva sajandi algul ennast veenvalt CHIKV. Kõigepealt põhjustas see viirus aastail 2005–2007 suure epideemia India ookeani regioonis (enamasti räägitakse viiest miljonist nakatunust, kuid see number on ilmselt oluliselt alla hinnatud, sest mitmete riikide, nagu India, Indoneesia ja Mauritius, statistika on ebausaldusväärne), mille järellained kestavad siiani. Kui see epideemia rahunes ja viirus hakkas vaikselt tagaplaanile vajuma, suutis ta taas üllatada, ilmudes 2013 novembris esmakordselt Uude Maailma. Praeguseks on ta suutnud laialt levida nii Kariibi mere saartel kui ka (veel küll väiksemal määral) Ameerika mandriosas. Nakatusjuhtude arv läheneb juba 1,5 miljonile ja suureneb kahtlemata veel. Sellised epideemiad ei muuda Chikungunya viirust veel esmajärguliseks globaalseks probleemiks eelkõige seetõttu, et õnneks on CHIKV nakkuse korral suremus üsna tagasihoidlik (0,01–0,1% ümber). Samas on CHIKV poolt põhjustatavad kroonilised haigusnähud vägagi tavalised ja äärmiselt ebameeldivad (soovitan meelde tuletada, mida selle viiruse nimi tähendab). Seega on ootamatult selgunud, et algselt eelkõige mudelviiruse uurimisel põhinenud töösuund on omandanud arvestatava praktilise tähtsuse.

ALFAVIIRUSE GENOOM, REPLIKAAS JA RNA REPLIKATSIOON

Kui siiani on jutt olnud üldsõnaline, siis nüüd on paras aeg minna detailsemaks. Peamiselt seepärast, et uurimistööd, milles olen osalenud, on olnud enamasti seotud viiruseid/viirusnakkuseid puudutavate molekulaarsete detailidega. Need detailid on tilk-tilga haaval panustanud 'suure pildi' selgemaks muutumisse ja edasiarenemisse.

Alfaviiiruse genoom on positiivse polaarsusega RNA – näeb välja nagu raku mRNA ja mRNA ta tegelikult ka on. Genoomis on 5' capeeritud ja 3' polüadenüleeritud ning selles on kaks kodeerivat ala. Kui see RNA vabaneb raku tsütoplasmasse, siis käitub ta nagu iga teine mRNA – temaga seonduvad ribosoomid, mis sünteesivad mRNAs kodeeritud valgud. Tõsi, mitte kõik valgud: otse genoomilt saavad ribosoomid transleerida vaid esimest lugemisraami, mis moodustab umbes 2/3 viiruse genoomist. Ülejäänud kolmandiku translat-

siooniks on vajalik eelnevalt sünteesida genoomist lühem, nn subgenoomne RNAa. Seda, nagu ka muid viiruse RNA sünteesi, viivad läbi viiruse replikaasi valgu (need on need valgud, mille süntees toimub otse genoomilt infektsiooni kõige varajasemas staadiumis). Kui kellelgi tekkis küsimus, miks ei kasuta viirus RNA sünteesiks raku ensüüme, siis vastus on lihtne – rakul vastavaid valke lihtsalt ei ole. Rakud oskavad muidugi mRNA-d sünteesida, kuid teevad seda ainult DNA (mitte teise RNA) maatriksil. Subgenoomne RNA on vajalik valkude sünteesiks, mis replikatsioonil ei osale (virioni valgud). Kuna ühelt positiivselt RNA-lt ei ole võimalik otse sünteesida teist positiivset RNA-d, siis subgenoomse RNA (ja uute genoomide) sünteesile eelneb genoomile komplementaarse RNA ehk antigenoomi süntees. Antigenoom moodustab koos genoomse RNA ahelaga kaheaheelalise RNA (dsRNA) – replikatsiooni intermediaadi. Antigenoom ei kodeeri valke, ei sisalda cap-struktuuri ega polü(A) järjestusele komplementaarset polü(U) järjestust.

Esimeselt lugemisraamilt transleeritud liitvalku nimetatakse mittestruktuurseks (nimetus tuleneb sellest, et see valk ega tema osad ei kuulu valmis virionidesse) või P1234 liitvalguks. P1234 on replikaasi eelvalk. Viiruse RNA replikatsiooni käivitab ning seda kontrollib P1234 liitvalgu korrektne ja mitmeetapiline lõikamine. Seda viib läbi nsP2 (*non-structural protein 2* ehk mittestruktuurne valk 2) valgus paiknev proteaasne regioon. Ehkki alfaviiruse P1234 lõikamise (protsessingu) tähtsus funktsionaalse replikaasi moodustamisel on väljaspool kahtlust, olid mitmed selle alfaviiruste jaoks keskse protsessi molekulaarsed detailid teadmata. Samuti olid ebaselged seosed selle protsessi ja viirus-industeeritud patogeneesi vahel (neid aspekte käsitlevate tööde peamised tulemused on toodud järgmises peatükis).

Kõik neli alfaviiruse mittestruktuurset valku on multifunktsionaalsed. Vähe-malt kolm nendest on ensüümid: nsP1 valk on metüül-guanüülül transferaas ja ühtlasi ka molekul, mis ankurdab viiruse replikaasi kompleksid raku membraanile. Peale juba mainitud proteaasne aktiivsuse on alfaviiruste nsP2 valgul veel kolm teadaolevat ensümaatilist aktiivsust: RNA trifosfataasne, NTPaasne ja RNA helikaasne aktiivsus. Vana Maailma alfaviiruste nsP2 on ühtlasi ka valgus, mis surub maha selgroogse peremehe (kui mitte lüliljalgse vektori!) rakkude poolset viirusvastast kaasasündinud immuunvastust ning inhibeerib rakuliste RNA-de sünteesi ja translatsiooni. nsP4 valk on alfaviiruse RNA-st sõltuv RNA polümeraas (RdRp), millel on ka terminaalne nukleotidüül-transferaasne aktiivsus (vajalik polü(A) järjestuste sünteesiks). Ainult nsP3 valgul ei ole siiani leitud viiruse paljunemiseks vajalikke ensümaatilisi aktiivsuseid. See aga ei muuda seda viirusele ebavajalikuks: nsP3 seondab viiruse genoomiga, on vastutav viiruse replikatsioonikomplekside moodustamise eest ja lisaks vahendab see valk arvukaid viirus-peremeesrakk interaktsioone.

Alfaviiruse replikaasi kompleksi moodustumine ja RNA sünteesi aktiveerimine on seotud P1234 lõikamisega – terves P1234 valgus pole replikaas aktiivne. Selle käigus liigub P1234 (ja ilmselt temaga seondunud viiruse geno-

mne RNA) raku plasma membraanile. Selle protsessi jooksul (või selle järel) toimuv P1234 lõikamine P123 liitvalgus ja nsP4 valgus viib juba aktiivsete replikaasikomplekside moodustumiseni. Moodustunud nn negatiivse ahela replikaas teeb seda, mida tema nimi ütleb: sünteesib negatiivse polaarsusega RNA ahela. See sündmus on seotud replikatsioonikomplekside füüsiliste struktuuride – sfäärulite (need on membraanist moodustuvad mullikesed, mille sees paiknevad viiruse RNA ja RNA sünteesi ensüümid) moodustumisega. Järgnevad P123 lõikamised (selle tulemusena moodustuvad valmis nsP1, nsP2 ja nsP3 valgud) aktiveerivad uute genoomide ja subgenoomsete RNAd sünteesi.

Andmeid alfaviiruse sfäärulite struktuurist ja seal paiknevatest valkudest on veel väga vähe. Loogiline on oletada, et sfäärulid aitavad viiruse replikatsioonivalkudel (ja rakust pärinevatel abivalkudel?) ning viiruse RNAdel koos püsida ja vältida viiruse dsRNA äratundmist raku PRR (*pathogen recognition receptor*) molekulide poolt. Kahtlemata on sfäärulid efektiivsed viiruse RNAd sünteesi 'vabrikud'. Infektsiooni käigus toodetakse nakatunud rakus sadu tuhandeid uusi viiruse genome ja ligi pool miljonit koopiat subgenoomset RNAd. Viiruse genoomsed RNAd ja kapsiidivalk moodustavad raku tsütoplasmas uued nukleokapsiidid. Nukleokapsiidid seonduvad raku plasma membraanis paiknevate viiruse membraanivalkudega, see interaktsioon käivitab virionide pungumise.

ALFAVIIRUSTE INTERAKTSIOONID PEREMEHEGA

Juba eelmises peatükis oli juttu minu ja minu kaastööliste töö tulemusena saadud/avaldatud faktidest. Nüüd aga alles jõuan kohani, millest oleks võinud/pidanud alustama – töödeni, mis pälvisid Eesti Vabariigi teaduspreemia. Seejuures jääb see peatükk võrreldes sissejuhatavate peatükkidega üsna lühikeseks. Minu arvates on selline vahekord vajalik, tuletamaks meelde asjade õigeid proportsioone. Allpool kirjeldatud ca 20 uurimistööd moodustavad ikkagi väga väikese osa (nii umbes 0,2%) alfaviiruste uurimist ja kasutamist käsitlevatest teadustöödest. Ühest küljest on hea olla kahe jalaga maa peal ja hinnata õigesti oma tööde mahtu ja tähtsust, võrrelduna eelkäijate/kolleegide/konkurentide töödega. Teisest küljest tekitab selline võrdlus motivatsiooni tööde jätkamiseks – uurida on veel küll ja küll ning kõige huvitavamad/tähtsamad avastused on kahtlemata veel ees.

Alfaviiruse replikaasi valgud ja replikaasi moodustumine

Kui mingil laboril peaks olema oma kaubamärk, siis meie laboril oleks selleks alfaviiruse replikaasi ja tema koostisosade funktsioonide uurimine. See on olnud läbivaks töösuunaks juba üle 10 aasta ja on ka vundamendiks, millel põhinevad muud meie poolt läbiviidud (või meie osalusel tehtud) uurimistööd. Kogu oma olemasolu jooksul on meie töörühm esitanud endale küsimusi võttes: kuidas on viiruse replikatsiooni masinavärk üles ehitatud ja kuidas ta töötab ning siis (vahelduva eduga) nendele küsimustele ka vastuseid

otsinud. Need vastused on alati saadud mitmete kaastöötajate leidlikkuse ja raske töö tulemusena.

Siin käsitletud tööde tsükli oli keskseks tegijaks meie ammine lemmik – viiruse nsP2 valk. Sageli on seda valku 'jupitatud', jagades teda RNA helikaasseks ja proteaasseks osaks ning vaadates neid eraldi. Selline lähenemine võimaldab küll tööülesandeid lihtsustada, kuid takistab nsP2 kui tervikliku ja keerulise molekuli mõistmist. Veel enam, viimastel aastatel oleme üha rohkem vaadanud nsP2 valku kui olulist osa suuremast ja taas terviklikust RNA replikatsioonisüsteemist ja vähem kui individuaalset, ülejäänutest eraldi toimivat, molekuli. Ka viimaste aastate tulemused näitavad, et mõlemad nimetatud lähtekohad on olnud õiged. nsP2 valgul on kahtlemata, ja mitte vähe, suhteliselt lihtsaid funktsioone, mida annab uurida ka teistest funktsioonidest (omadustest) eraldi. Samas on tõenäoline, et paljude nende funktsioonide tähtsus terviklikus (replikaasi) kompleksis võib oluliselt erineda sellest, mida nähakse individuaalset valku või selle osi uurides. Kõigele lisaks ongi paljud nsP2 funktsioonid ainuomased terviklikule valgule, või siis realiseeruvad koostöös teiste viiruse poolt kodeeritud valkudega. Heaks näiteks on osutunud nsP2 proteaasne aktiivsus, täpsemalt tema võime teostada liitvalgu viimane (replikaasi kompleksi moodustamist lõpetav) lõikamine. Sellist lõikamist suudab teostada vaid terviklik nsP2 valk ning selles osaleb ka oluline osa nsP3 valgust. Seega on lõikamise toimumise seisukohalt tähtsad mitmed valkudevahelised interaktsioonid, mis on oluliselt keerulisemad tavalisest ensüüm-substraat interaktsioonist (Lulla jt, 2012). Sama kehtib, ehkki mõnevõrra väiksemal määral, ka teiste nsP2 proteaasi poolt teostatavate lõikamiste kohta. Need andmed muudavad oluliselt meie arusaamist nsP2 proteaasi rollist alfaviiruse replikatsioonis – proteaas mitte niivõrd ei otsi sihtmärke, mida lõigata, vaid õiged sihtmärgid viiakse õigel ajal proteaasi juurde. Seda protsessi juhivad ilmselt viiruse RNA replikatsiooniga (laiemas mõistes) seotud sündmused (Lulla jt, 2013). Samuti näitasime, et nsP2 proteaasne funktsioon ei ole ainus, mida kontrollivad keerulised interaktsioonid. Sama kehtib ka nsP2 RNA helikaasse funktsiooni kohta – vastav aktiivsus on olemas vaid terviklikul valgul, mitte aga tema individuaalsetel osadel (Das jt, 2014). Kahtlemata on olemas seosed ka protsessingu, proteaasi ja helikaasi aktiivsuste vahel, mille väljaselgitamine ning uurimine on praegu ja edaspidi läbiviidavate uurimistööde teemaks.

Alfaviirusel põhinevad vektorid ja tehnoloogiad

On enesestmõistetav, et kui oled enam-vähem aru saanud, kuidas mingi asi töötab, tekib paratamatult (ja õigustatult) tahtmine järele proovida, kas saadud teadmisi saab ka kuidagi praktiliselt kasutada. Vastavad tööd on ühtlasi heaks kontrolliks, kas asjadest on ikka õigesti aru saadud – kui praktiline rakendamine ei õnnestu, siis on tavaliselt midagi olulist kahe silma vahele jäänud.

Üheks viiruse replikatsiooni tundmisel põhinevaks lähenemiseks on viirusel põhinevate vektorite konstrueerimine. Neid saab teha väga erinevatel viisidel

ning kasutada erinevate ülesannete täitmiseks. Antud tööde tsükli üheks olulisemaks saavutuseks oli adapteeritud CHIKV põhiste replikonide (nii tähistame viiruse RNAd, mis rakkudes replitseerub, kuid virione ei moodusta), mis paljunevad piiramatult imetajate rakkudes (normaalsed replikonid tapavad peremeesraku), konstrueerimine ja kasutamine antiviraalsete ühendite selekteerimisel. Ehkki loodud replikoni ja sellel põhinevat rakuliini kirjeldava artikli (Pohjala jt, 2011) avaldamine osutus parajaks pähkliks (ajakirjade toimetajad ei saanud ilmselt aru, kuivõrd olulise arenguga on tegemist), on need töövahendid praeguseks jõudnud kümnetesse maailma laboritesse ning leiavad aktiivset kasutust. Lisaks sellele osalesime ka süsteemi väljatöötamisel, mis võimaldab uurida CHIKV vastast immuunvastust. Ka seda uurimistööd juhtis praktiline kaalutlus: CHIKV vastaste antikehade iseloomustamist raskendab oluliselt viiruse ohtlikkus. Sellest lähtudes konstrueerisime süsteemi, mille kasutamine on ohutu ja efektiivne ning mis on vähemalt sama tundlik kui terviklikul viirusel põhinev süsteem (Gläsker jt, 2013).

Ohutusega on seotud ka viimane selle temaga seonduv publikatsioon, ehkki siin oli peamiseks eesmärgiks viiruse infektsiooni kontrollimine organismi tasandil. RNA genoomsete viiruste puhul on seda üsna raske teostada sest tavalisi kontrollmehhanisme, mis pärinevad 'DNA maailmast', kasutada ei saa (RNA viiruse kontekstis need ei tööta). Sellepärast pöörasime tähelepanu raku miRNAde kasutamisele – hea idee, mis tuli peaaegu samal ajal pähe paljudele töörühmadele ja viis enam-vähem samaaegselt ilmunud töödeni, mille hulgas on ka meie töö (Ratnik jt, 2013). Pole üllatav, et erinevad töörühmad jõudsid suhteliselt sarnase tulemuseni – näidati, et miRNAde kasutamine viiruse kontrollimiseks on võimalik ja perspektiivikas. Meie töö peamiseks eripäraks on suurema tähelepanu osutamine selle uudse lähenemisega seotud probleemide iseloomustamisele ja nendele lahenduste otsimisele. Antud töö kulges tegelikult paralleelselt teise, rakenduslikuma (ja praegu avaldamata) tööga, milles sai astunud veel üks samm edasi ja konstrueeritud SFV-l põhinevad ja miRNAde poolt kontrollitud 'killer-viirused' (suunatud vähirakkude vastu), millelt oli võetud võime nakatada neuroneid ja põhjustada entsefaliiti.

Alfaviiruste interaktsioonid peremeesrakuga

Alfaviirus kodeerib mitte rohkem kui kümmet erinevat valku. Kahtlemata on see minimaalne (või selle lähedane) komplekt. Viiruse enda valgud täidavad funktsioone, mida viirus rakult laenata ei saa. Kui kõik sellega piirdukski, oleks viiruste uurimine oluliselt lihtsam ja ühtlasi ka igavam töö. Õnneks või õnnetuseks peab viirus arvestama ka ligi miljoni raku valguga, millest osa saab ta oma tarbeks ära kasutada; kuid leidub ka valke, mida (või mille toimet) viirus peab vältima. Selline jagamine on muidugi tinglik, sest on ka pere-mehe valke, mis kuuluvad mõlemasse ülaltoodud gruppi. Interaktsioonid raku valkudega ongi viiruse valkude (ja ka RNA) üks olulisi funktsioone. Ka selliste interaktsioonide uurimine on väga oluline valdkond, kus seisab ees veel väga-väga palju tööd.

Viirus-peremees interaktsioonide juurde jõudsimise me tegelikult viiruse replikaasi valkude uurimise kaudu. Nimelt näitas uurimistöö, mille tulemused avaldasime 2010. aastal, muu hulgas ka seda, et SFV nsP3 valgu 'sabas' peab paiknema midagi väga huvitavat. Selle regiooni kõrvaldamine põhjustas ootamatuid bioloogilisi efekte ja mõjutas oluliselt viiruse paljunemist (Varjak jt, 2010). Üheks selliseks efektiks olid muudatused raku stress-graanulite moodustamises, täpsemalt – oli häiritud nende moodustamise takistamine viiruse poolt. Koos Karolinska Instituudi kolleegidega läbi viidud uurimus näitas, et see regioon nsP3 valgust sisaldab järjestusi, mis seondavad raku G3BP1 ja G3BP2 valke ja selle kaudu takistavad raku stress-graanulite moodustamist (Varjak jt, 2013). Sellest tööst hakkasid hargnema ka täiendavad töösuunad, mis on praegu veel aktiivses faasis.

Uurimaks, millised raku valgud veel replikaasiga seonduvad, töötasime välja uudse lähenemise. Traditsiooniliselt uuritakse viiruse replikaasiga seonduvaid valke nii, et rakkudes ekspresseeritakse ühekaupa viiruse valke ja uuritakse, mis nendega seondub. Kahtlemata on see produktiivne lähenemine, mida oleme rakendanud ka meie ja meie koostööpartnerid. Selle lähenemise miinuseks on aga ülaltoodud asjaolu – viirus on keerulisem kui tema komponentide matemaatiline summa. Seepärast üritasime identifitseerida korraga kõiki raku valke, mis mitte ainult ei seonu individuaalsete replikaasi valkudega, vaid paiknevad ka funktsionaalsetes replikaasi kompleksides. See uurimistöö viis ligikaudu saja raku valgu identifitseerimiseni, mille hulgas leidis nii varem tuntud alfaviiruse partnereid (sh G3BP valgud) kui ka selliseid, mida varem alfaviiruste infektsiooniga seondatud ei ole. Valitud valkude detailsem analüüs näitas, et selles komplektis leidub nii viirusele vajalikke kui ka viiruse infektsiooni takistavaid valke (Varjak jt, 2013). Kasutades klassikalisemaid meetodeid, identifitseerisid meie kolleegid Singapurist ka rea valke, mis seondavad individuaalseid replikaasi subühikuid: nsP3 ja nsP4 valke (meie poolt läbi viidud sõltumatu analüüs kinnitas nende tulemuste õigsust). Ka õnnestus näidata ühe sellise valgu – HSP-90 – tähtsust viiruse infektsioonile, raku valgu vastast inhibiitorit ja CHIKV loomumudelit kasutades (Rathore jt, 2014). Ehkki meie roll selles töös oli üsna tagasihoidlik, on see heaks näiteks, kuidas erinevad lähenemised võivad anda samu tulemusi. Kasutatud meetodi poolest väga erinev (*siRNA knock-down*), kuid tulemuselt analoogne oli ka Šveitsi ja Soome teadlaste juhtimisel läbi viidud uurimistöö. Selles töös näidati, et mitte ainult individuaalsed valgud, vaid terved raku metaboolsed rajad (antud juhul *nonsense mediated decay* rada) mõjutavad viiruse infektsiooni. Seejuures avaldas see rada suuremat efekti viiruse mutantidel, mis sisaldasid erinevaid geneetilisi defekte (Balistreri jt, 2014). Sellised tulemused näitavad muu hulgas ka seda, et looduslik (mitte defektne) viirus kasutab nende radade antiviiralse toime vältimiseks mingeid vastumeetmeid.

Kaasasündinud ja adaptiivne immuunvastus selgroogses peremehes

Kui raku metaboolsete radade roll viiruse infektsiooni takistamisel on uudne, siis see, et immuunsüsteemi erinevad osad on ette nähtud infektsiooni blokeerimiseks, on ammu teada. Paraku ei ole reeglina selge, millist tähtsust immuunsüsteemi erinevad osad mingi konkreetse viiruse infektsiooni puhul omavad. Palju on ebaselget ka selles, kuidas immuunvastus üldse käivitub ja millised on tema käivitumise tagajärjed. Põhjus on siin lihtne: immuunsüsteemi erinevate osadega on seotud tuhandeid geene ja nende koostoime on kõike muud kui triviaalne.

Antud tsükli tööde puhul oli algpunktiks küsimus, kuidas rakud üldse aru saavad, et nad on alfaviirusega nakatunud? Valitsenud arvamus oli, et RNA viiruste (nagu alfaviirused) infektsiooni puhul on peamiseks, kui mitte ainukeseks, äratuntavaks molekuliks viiruse replikatsiooni käigus moodustuvad rakule võõrad (kahe-ahelalised ja/või capeerimata) RNA molekulid. Nagu seda ikka ette tuleb, selgus (mulle ootamatult), et see pole veel kõik ja võib-olla isegi mitte peamine. Nii näitasime, et alfaviiruste puhul eksisteerib veel ka põhimõtteliselt uudne mehhanism: viiruse replikaas sünteesib rakule võõraid RNAsid mitte ainult oma genoomilt, vaid ka raku RNAd maatriksil (Nikonov jt, 2013). Siin on kohane märkida, et kui algselt pidasime seda mehhanismi omaseks kõikide alfaviiruste replikaasidele, siis hilisemad tööd on seda arvamust muutnud. Rakuliste maatriksite kasutamine osutus hoopis alfaviiruse varajase replikaasi omaduseks ja viiruse võime seda mehhanismi kasutada sõltub otseselt varajase replikaasi stabiilsusest rakus (mis omakorda sõltub proteaasi tööst ja toob meid tagasi viiruse replikaasi moodustumise ja funktsioneerimise juurde). Nii on SFV väga efektiivne interferoonide – molekulid, mida rakud sünteesivad vastusena võõra RNA leidmisele – indutseerijad; CHIKV isolaadid indutseerivad interferoonide sünteesi palju madalamal tasemel. Peamiseks vaheks ongi mitte viiruse RNAd erinev hulk, vaid SFV replikaasi võime sünteesida täiendavaid interferoonide sünteesi indutseerivaid molekule.

Interferoon ise viirust ei takista, küll aga paneb ta rakke sünteesima paljusid viirusevastase toimega valke. Ka siin tähendab sõna 'palju' sadu, kui mitte tuhandeid erinevaid valke. On selge, et kõik need valgud ei saa olla ühtviisi efektiivsed iga konkreetse viiruse vastu. Kuidas teha kindlaks, milline neist on eriti tõhus CHIKV tõrjumiseks? Parim viis on muidugi analüüsida viirusega nakatunud inimeste vereproove ja võrrelda saadud andmeid haiguslugudega. Siin on muidugi peidus üks suur 'aga': Eestis CHIKV patsiente ei ole. Riikidest, kus CHIKV on tavaline, pole küll puudust, kuid enamikus neist pole olemas patsientidelt võetud (ja korrektselt säilitatud) proove ega kõrge kvaliteediga haiguslugusid. Kohaks, kus on olemas nii viirus, proovid kui ka meditsiinilised andmed, on Singapur. See paikneb meist küll väga kaugel, kuid sealsete teadlastega on võimalik teha väga efektiivset koostööd.

Nii näitasimegi (loomulikult kuulus juhtiv osa selles projektis Singapuri teadlastele), et CHIKV poolt indutseeritavad interferoonid käivitavad paljude antiviraalsete valkude tootmise, millest mitmed on otseselt seotud viiruse leviku blokeerimisega organismis. Selliseid funktsioone omavad muude hulgas valk nimega viperin (Teng jt, 2012) ja ka raku retseptor TLR3 (Her jt, 2014), mis on ühtlasi ka üheks molekuliks, mis tunneb ära organismile võõraid RNAsid. Erinevused vastavate geenide ekspressioonis (ja ka järjestuses) mõjutavad nii haigestumise tõenäosust CHIKV nakkuse puhul kui ka tekkiva haiguse kulgu.

Tavaliseks arusaamaks on, et kõik immuunsüsteemi osad on ühtviisi efektiivsed ja vajalikud iga infektsiooni tõrjumisel. Tegelikult on ammu teada, et immuunsüsteem (või mingi selle osa) võib teatud tingimustel kasu asemel hoopis kahju tuua. Näib, et seda teavad ka viirused, kes oskavad immuunsüsteemi enda kasuks ära kasutada. Üheks selliseks näiteks on omandatud immuunvastuse kahetine roll CHIKV infektsiooni tõrjumisel. Nii näitasime Singapuri teadlaste juhtimisel läbi viidud uurimistöös, et CHIKV infektsioonile iseloomulik sümptoom – liigese turse – tekib mitte otseselt viiruse, vaid viiruse vastu suunatud immuunsüsteemi osa (CD4⁺ rakkude) toimel (Teo jt, 2013).

Kuna immuunsüsteem mängib olulist rolli viiruse infektsiooniga kaasnevas patogeneesis, siis saab viiruse tekitatavat haigust mõjutada ka peremehe immuunsüsteemi mõjutades. Sama kehtib ka CHIKV infektsiooni puhul. Nii osalesime Austraalia teadlaste poolt läbi viidud uuringus, mille tulemused näitasid, et teatud immuunsüsteemi valkude sünteesi inhibiitor vähendab CHIKV infektsiooniga kaasnevaid sümptomeid, muu hulgas ka luukoe vähenemist (Chen jt, 2015). Tõsi, kaks viimast tööd on tehtud hiirte mudelis ja kas need leiud peavad paika ka inimeste puhul, pole hetkel teada.

Vaktsiinikandidaadid

Ülal kirjeldatud uurimissuuna loogiliseks jätkuks olid uurimistööd eesmärgiga luua ja katsetada CHIKV vastaseid vaktsiinikandidaate. Taas on tegemist suure konsortsiumi poolt läbi viidud uurimistööde tsükliga. Meie uurimisrühm panustas läbiviidud töödessa peamiselt vaktsiinikandidaatide kavandamise, täiustamise ja valmistamisega. Kokku valmistasime projekti raames enam kui kümme põhimõtteliselt erinevat vaktsiinikandidaati, mida meie kolleegid Rootsis (hiire mudel) ja Prantsusmaal (ahvide mudel) analüüsisid. Uurimistöö tulemused näitavad, et CHIKV peaks olema vaktsiinide abil lihtsasti välditav viirus: enamuse, kui mitte kõik, loodud vaktsiinikandidaadid töötavad ja teevad seda väga hästi (Hallengärd jt, 2014a). Vaktsiinikandidaatide omavaheline kombineerimine andis veelgi suurema efekti. Kõige efektiivsemate vaktsiinide kombinatsioonide kasutamine tekitas hiirtes immuunvastuse, mille tugevus (otsustades viiruse vastaste antikehade ja T-rakkude hulga järgi) ületas tavalise infektsiooni käigus tekkivat immuunvastust kümneid või isegi sadu kordi (Hallengärd jt, 2014b). Seega kujunes katsete viimasesse etappi

(ahvide mudel) minemisel peamiseks probleemiks mitte töötava vaktsiinikandidaadi leidmine, vaid paljude väga heade kombinatsioonide seast kõige perspektiivsemate valimine. Praegu tundub, et valik sai tehtud hea: ahvidel tekkinud immuunvastus on vähemalt võrdväärne sellega, mida nägime hiirtel, ja annab täieliku kaitse CHIKV nakkuse eest. Nii on tekkinud võimalus, et parim meie laboris loodud vaktsiinikandidaatidest läheb lähiajal ka kliinilistesse katsetustesse.

Alfaviiruste interaktsioonid putukvektoriga

Peaaegu kõik, mis on eelpool alfaviiruse infektsiooni kohta kirjutatud, käib eeskätt selgroogses peremehes (või sellest pärinevates rakkudes) toimuva infektsiooni kohta. Vektorputuka rakkudes on viiruse RNA replikatsiooniga seotud peamised sündmused ülalkirjeldatutega üsna sarnased; samas kui interaktsioonid peremehega on vägagi teistsugused kui selgroogses peremehes. Peamiseks erinevuseks on muidugi asjaolu, et alfaviiruse nakkus vektorist pärinevaid rakke (ega vektorit ennast) ei tapa. Vastupidi, vektori rakud saavutavad kiiresti kontrolli alfaviiruse üle. Kuidas see toimib ja miks viirus siin vastu ei hakka? Miks suudavad nakatatud putukarakud viirust küll kontrollida, kuid ei suuda temast täielikult vabaneda? Need küsimused on olulisemad, kui esimesel pilgul paista võib: ilma putukate vahenduseta alfaviirused levida ei saaks. Kuidas putukad ennast viiruse vastu kaitsevad? Interferooni neil ei ole, samuti puudub ka meie omandatud immuunsüsteemiga analoogne süsteem. Samas on putukarakud (ja putukad) kõike muud kui kaitsetud.

Varasemad uurimistööd on näidanud, et moskiito rakud kaitsevad ennast alfaviiruse (ja paljude teiste viiruste) eest peamiselt RNA interferentsi (RNAi) kasutades: viiruse kaheaheelalisest RNAs (replikatiivne intermediaat) moodustatakse lühikesed siRNAd, mida kasutatakse viiruse paljunemise inhibeerimiseks. siRNAd liiguvad putuka rakkude vahel ja näib, et alfaviirus ei oma nende toime vastu mingit kaitset. Ühest küljest on see igati loogiline, viirus ei tohi vektorit (liialt) kahjustada. Kuid kuidas alfaviirus üldse suudab sellises olukorras püsima jääda? Osalise vastuse sellele küsimusele andis uurimus, mille teostasime koostöös Ühendkuningriigi teadlastega. See näitas, et putukate rakkudes tekkivad viiruse-vastased siRNAd ei jaotu ühtlaselt üle kogu alfaviiruse genoomi. Genoomis leidub 'kuumi kohti', mille vastu suunatud siRNAd on väga arvukad, ja 'külmi kohti', mida sihtivaid siRNAsid on rakkudes vähe. Analüüsides erinevate regioonide vastu suunatud siRNade viirusvastast efektiivsust selgus, et arvukad (kuumi kohti sihtivad) siRNAd on samaaegselt ka väheefektiivsed. Õigeks osutus ka vastupidine – vähearvukad (külmi kohti sihtivad) siRNAd on oluliselt efektiivsemad.

Sellest võib teha järelduse, et alfaviiruse genoom on evolutsioneerunud nii, et kõrgelt efektiivsete siRNade moodustamine on viidud miinimumi. Teisisõnu, alfaviirus putukarakule aktiivselt küll vastu ei hakka, selle asemel kasutab ta passiivset vastupanu: enamus raku aktiivsusest suunatakse hästi kaitstud ge-

noomi regioonide vastu ja välditakse tundlike regioonide vastu suunatud rünnakut (Siu jt, 2011).

Peale RNAi on putukatel veel mitmeid muid mehhanisme, mis võimaldavad neil viiruseid ära tunda ja nendele reageerida. On teada, et isegi lähedaste viiruste puhul kasutavad putukad nende äratundmiseks ja tõrjumiseks mõnevõrra erinevaid mehhanisme, mille hulka kuuluvad JAK/STAT, *immune deficiency* (IMD) ja Toll radade poolt aktiveeritavad mehhanismid. Kasutades CHIKV mudelit näitasime, et see viirus on võimeline maha suruma neist viimast, Toll signaalirada. Paraku jääb ebaselgeks, mis on selle bioloogiline mõte – läbiviidud katsed ei näidanud, et ükski kolmest signaalrajast osaleks (vähemalt märgataval määral) viirusvastase kaitse tekitamises (McFarlane jt, 2014).

Sellele, milline võib olla üks reaalselt toimiv viirusvastane kaitsemehhanism, andis vastuse fenool-oksüdaase aktiivsuse viirusvastase toime uurimine. See on aktiivsus, mida putukad rakendavad mitmesuguste kahjustuste vastu ja mis viib rakkude ning kudede melaniseerumiseni. Kasutades fenool-oksüdaaside aktiivsust maha suruvat valku näitasime, et sellist valku sünteesivad alfaviirused paljunevad putukates looduslikest viirustest efektiivsemalt. Veel enam, sellise viiruse infektsioon vähendas nakatunud putuka eluiga (Rodriguez-Andres jt, 2012). Need andmed näitavad, et alfaviirused on sellele kaitsesüsteemile tundlikud ja seega on fenool-oksüdaasid üks mehhanisme, millega putukad alfaviiruse infektsiooni kontrolli all hoiavad.

TÄNUAVALDUSED

Minu erilised tänuavaldused kuuluvad kõikidele inimestele, keda antud kirjatüki alguses olen nimeliselt maininud. Kõigi teie roll on minule kui teadlasele olnud hindamatu. Samuti tänuavaldused kaastöötajatele doktoriõppe ja järel-doktorantuuri päevilt – kahtlemata olen teilt palju õppinud. Palju tänu töörühma praegustele ja endistele liikmetele – viroloogia on meeskonnatöö ja ilma Teie panusteta poleks olnud võimalik kirjeldatud tulemusi saavutada. Tänu-sõnad ka arvukatele koostööpartneritele erinevatest riikidest. Muidugi väärivad tunnustamist ka konkurendid, kellela oleks paljud asjad kulgenud aeglasemalt ja võib-olla ka teistes suundades. Kahtlemata kuulub palju tänu ka minu teadustööd finantseerinud organisatsioonidele nii kodu- kui ka välismaal. Nende hulgast soovin eraldi välja tuua Wellcome Trust'i, kelle toetus andis võimaluse töörühma loomiseks ja seega ka alfaviiruste uurimise toomiseks Eesti teadusmaastikule.

KIRJANDUS

Balistreri, G., Horvath, P., Schweingruber, C., Zünd, D., McNerney, G., Merits, A., Mühlemann, O., Azzalin, C., Helenius, A. 2014. The host nonsense-mediated mRNA decay pathway restricts Mammalian RNA virus replication. *Cell Host Microbe*, 16, 403-411.

- Chen, W., Foo, S. S., Taylor, A., Lulla, A., Merits, A., Hueston, L., Forwood, M. R., Walsh, N. C., Sims, N. A., Herrero, L. J., Mahalingam, S. 2015. Bindarit, an inhibitor of monocyte chemotactic proteins (MCPs) synthesis, protects against bone loss induced by Chikungunya virus infection. *J. Virol.*, 89(1), 581-593.
- Das, P. K., Merits, A., Lulla, A. 2014. Functional crosstalk between distant domains of Chikungunya virus non-structural protein 2 is decisive for its RNA-modulating activity. *J. Biol. Chem.*, 289, 5635-5653.
- Gläsker, S., Lulla, A., Lulla, V., Couderc, T., Drexler, J. F., Liljeström, P., Lecuit, M., Drosten, C., Merits, A., Kümmerer, B. M. 2013. Virus replicon particle based Chikungunya virus neutralization assay using Gaussia luciferase as readout. *Virol. J.*, 10(1), e235.
- Hallengård, D., Kakoulidou, M., Lulla, A., Kümmerer, B., Johansson, D., Mutso, M., Lulla, V., Fazakerley, J., Roques, P., Le Grand, R., Merits, A., Liljeström, P. 2014. Novel attenuated Chikungunya vaccine candidates elicit protective immunity in C57BL/6 mice. *J. Virol.*, 88, 2858-2866.
- Hallengård, D., Lum, F. M., Kümmerer, B. M., Lulla, A., Lulla, V., García-Arriaza, J., Fazakerley, J. K., Roques, P., Le Grand, R., Merits, A., Ng, L. F., Esteban, M., Liljeström, P. 2014. Prime-boost immunization strategies against Chikungunya virus. *J. Virol.*, 88, 13333-13343.
- Her, Z., Teng, T. S., Tan, J. J. L., Teo, T. H., Lum, F. M., Lee, W. W. L., Kam, Y. W., Gabriel, C., Melchioti, R., Andiappan, A. K., Lulla, V., Lulla, A., Win, M. K., Chow, A., Biswas, S. K., Leo, Y. S., Lecuit, M., Merits, A., Rénia, L., Ng, L. F. P. 2014. Loss of TLR3 aggravates CHIKV replication and pathology due to the regulation of virus-specific neutralizing antibody response. *EMBO Mol. Med.*, 7, 24-41.
- Lulla, A., Lulla, V., Merits, A. 2012. Macromolecular assembly-driven processing of the 2/3 cleavage site in the alphavirus replicase polyprotein. *J. Virol.*, 86, 553-565.
- Lulla, V., Karo-Astover, L., Rausalu, K., Merits, A., Lulla, A. 2013. Presentation overrides specificity: probing the plasticity of alphaviral proteolytic activity through mutational analysis. *J. Virol.*, 87, 10207-10220.
- McFarlane, M., Arias-Goeta, C., Martin, E., O'Hara, Z., Lulla, A., Mousson, L., Rainey, S. M., Misbah, S., Schnettler, E., Donald, C. L., Merits, A., Kohl, A., Failloux, A. B. 2014. Characterization of *Aedes aegypti* innate-immune pathways that limit Chikungunya virus replication. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, 8, e2994.
- Nikonov, A., Mölder, T., Sikut, R., Kiiver, K., Männik, A., Toots, U., Lulla, A., Lulla, V., Utt, A., Merits, A., Ustav, M. 2013. RIG-I and MDA-5 detection of

viral RNA-dependent RNA polymerase activity restricts positive-strand RNA virus replication. PLoS Pathogens, 9, e1003610.

Panas, M. D., Varjak, M., Lulla, A., Er Eng, K., Merits, A., Karlsson-Hedestam, G. B., McInerney, G. M. 2012. Sequestration of G3BP coupled with efficient translation inhibits stress granules in Semliki Forest virus infection. Mol. Biol. Cell, 23, 4701-4012.

Pohjala, L., Utt, A., Varjak, M., Lulla, A., Merits, A., Ahola, T., Tammela, P. 2011. Inhibitors of alphavirus entry and replication identified with a stable Chikungunya replicon cell line and virus-based assays. PLoS ONE, 6, e28923.

Rathore, A. P. S., Haystead, T., Das, P. K., Merits, A., Ng, M.-L., Vasudevan, S. G. 2014. Chikungunya virus nsP3 & nsP4 interacts with HSP-90 to promote virus replication: HSP-90 inhibitors reduce CHIKV infection and inflammation *in vivo*. Antivir. Res., 103, 7-16.

Ratnik, K., Viru, L., Merits, A. 2013. Control of the rescue and replication of Semliki Forest virus recombinants by the insertion of miRNA target sequences. PLoS ONE, 8, e75802.

Rodriguez-Andres, J., Rani, S., Varjak, M., Chase-Topping, M. E., Beck, M. H., Ferguson, M. C., Schnettler, E., Fragkoudis, R., Barry, G., Merits, A., Fazakerley, J. K., Strand, M. R., Kohl, A. 2012. Phenoloxidase activity acts as a mosquito innate immune response against infection with Semliki Forest virus. PLoS Pathogens, 8, e1002977.

Siu, R. W., Fragkoudis, R., Simmonds, P., Donald, C. L., Chase-Topping, M. E., Barry, G., Atterzadeh-Yazardi, G., Rodrigues-Andres, J., Nash, A. A., Merits, A., Fazakerley, J. K., Kohl, A. 2011. Antiviral RNA interference responses induced by Semliki Forest virus infection of mosquito cells: characterization, origin and frequency-dependent functions of viRNAs. J. Virol., 85, 2907-2917.

Teng, T. S., Foo, S. S., Simamarta, D., Lum, F. M., Teo, T. H., Lulla, A., Yeo, N. K., Koh, E. G., Chow, A., Leo, Y. S., Merits, A., Chin, K. C., Ng, L. F. 2012. Viperin restricts chikungunya virus replication and pathology. J. Clin. Invest., 122, 4447-4460.

Teo, T. H., Lum, F. M., Claser, C., Lulla, V., Lulla, A., Merits, A., Rénia, L., Ng, L. F. 2013. A pathogenic role for CD4⁺ T cells during Chikungunya virus infection in mice. J. Immun., 190, 259-269.

Varjak, M., Saul, S., Arike, L., Lulla, A., Peil, L., Merits, A. 2013. Magnetic fractionation and proteomic dissection of cellular organelles occupied by the late replication complexes of Semliki Forest virus. J. Virol., 87, 10295-10312.

Varjak, M., Žusinaite, E., Merits, A. 2010. Novel functions of the alphavirus nonstructural protein nsP3 C-terminal region. J. Virol., 84, 2352-2364.

*Teaduspreemia tehnikateaduste alal tööde tsükli
"Tehislihaste materjalide uurimine, juhtimine
ja rakendamine robotikas" eest*



Alvo Aabloo

Alvo Aabloo teadustöö on suunatud polümeersete materjalide liikumise juhtimiseks elektrivoolu abil, mille tulemusena materjalid muudavad oma kuju ja asendit ning käituvad kui robotid. Olulisel määral on õnnestunud parandada materjalide elektrijuhtivust, plastilisust ja töökindlust. Materjale on edukalt katsetatud erinevates insenerivaldkondades ja kosmosetehnoloogias.

ELEKTROAKTIIVSED POLÜMEERSED KOMPOSIIDID

EESSÕNA

Elektroaktiivseteks polümeerseteks komposiitideks (EAP) nimetatakse selliseid polümeerseid materjale, mille kuju või suurust saab muuta elektrilise signaali abil. See omadus võimaldab EAP materjale kasutada erinevates seadmetes ajamite ehk aktuaatoritena. Painduvad EAP aktuaatorid pakuvad uniikaalse kuju ja toimemehhanismi poolest rohkelt võimalusi elusloodusest inspireeritud seadmete valmistamiseks ning on seetõttu inseneridele huvipakkuvad. Lisaks mainitud omadusele on sellised materjalid tüüpiliselt kerged, odavad, painduvad ja murdumiskindlad, mistõttu pakuvad laialdast huvi erinevates valdkondades, nagu meditsiin ja robootika. Suurt potentsiaali nähakse EAP-dele biomimeetikas, kuna nende liigutustes esineb sarnasusi bioloogiliste süsteemidega. Seetõttu nimetatakse neid tihti ka tehisliahasteks.

Peale elektrilise stimulatsiooni on võimalik materjale aktiveerida ka keemiliselt, näiteks pH muutuse abil. Taolisi materjale kutsutakse kemomehaanilisteks aktuaatoriteks.

Inimesed on oma tehnoloogia arenduses aegade algusest olnud inspireeritud loodusest. Juba Ikaros, kui ta soovis lahkuda saarelt, võttis eeskuju loodusest, soovides matkida lindu. Kahjuks kasutas ta valesid materjale, mille voolavus ei olnud antud rakenduseks sobiv.

SISSEJUHATUS

Ioonsed polümeerid on materjalid, mis oma molekulaarstruktuuri tõttu on ioonselektiivsed. See omadus võimaldab nende materjalide kasutamist vee elektrolüüsi seadmetes, tahkel elektrolüüdil baseeruvates kütuselementides, gaasigeneraatorites. Esmane teadaolev käsitlus ioonsest materjalist kui mehaanilisest elektrokeemilisest täiturist pärineb 1940-ndatest. 1992. aastal uuriti seda teemat grupi USA teadlaste poolt prof Segalmani juhtimisel. Nende tööde põhjal patenteeriti polümeer-geelil põhinev täitur. Tänapäeval on üks enim kasutatud ioonne polümeer DuPonti poolt toodetav Nafion™. See polümeer sünteesiti esmakordselt 1960-ndate lõpus ja tööstuslikku tootmist alustati 1970-ndatel. Nafion™ on kopolümeer. Selle peaahele moodustab polütetrafluoroetüleen, mille vastav homopolümeer on tuntud Teflon™-na. Nafioni™ kõrvalahelad on eetersidemete kaudu seotud peaahele ja nende otstes on sulfohappe rühmad. Need happerühmad on Nafioni™ hüdrofiilsuse põhjustajad ja seetõttu seob selline materjal kuni 38 massiprotsendi ulatuses vett. Sulfohapperühmad teevad Nafionist™ katioonide suhtes selektiivse polümeeri ja välistavad samas teiste anioonide difusiooni selles materjalis.

IPMC e ioonsed polümeer-metall komposiitmaterjalid on teaduse tähelepanu pälvinud nüüdseks juba 15 aasta jooksul. Selle aja jooksul on uuritud palju nende materjalide omadusi ja on selgunud ka võimalikud rakendusvald-

konnad. Peamiselt on nende materjalide kasutusvaldkonnana pakutud välja rakendusi täiturite ja andurite valmistamisel.

Ioonne komposiitmaterjal koosneb ioonsest polümeerist ja seda mõlemalt poolt katvatest õhukestest metallikihtidest, mis täidavad elektrodide ülesannet. Selline komposiit on paindub ja teda võib lõigata mis tahes kuju järgi. IPMC materjalid töötavad madalatel pingetel (1–5 V) ja elektrivälja toimega kaasneb mehaaniline liigutus ning muutus materjali kujus. Materjali katvatele elektrodidele rakendatud pinge paneb liikuma membraanis olevad katioonid ja nendega seotud vee molekulid, mille tulemusena tekib materjali sees lokaalne ülerõhk ja membraan paindub anoodi suunas. Andurina töötavad materjalid sama mehhanismi kohaselt. Deformatsiooni tulemusena võib elektrodide vahel registreerida voolu, mille suurusjärg jäab μA skaalasse. On selge, et makroskoopilised muutused membraani kujus põhjustavad laenguga osakeste mikroskoopilist ümberpaiknemist membraani sisemuses. See omadus on leidnud rakendust eeskätt Nafionist™ valmistatud kiirusmõõdikutes ja maa-värinaid registreerivates seadmetes.

Esile on kerkinud ka mitmed nende materjalide laialdasemat kasutuselevõttu piiranud kitsaskohad. Peamisteks probleemideks on osutunud lihaste liigutuste täpne kontroll ja juhtimine. Suureks väljakutseks on lihase vastupidavuse suurendamine, sest elektrodikihil on kalduvus korduva deformatsiooni tagajärjel mõraneda. See aga suurendab elektrilist takistust ja selle tõttu liigutuste ulatus väheneb. Keerukaks on osutunud sellise kunstlihase valmistamine, mille liigutus oleks kiire ja samas jõud suur. Vesikeskkonnas töötavad lihased on suhteliselt kiired, kuid nende jõud on väiksem ja nad vajuvad kiiremini algasendisse, võrreldes ioonvedelikel baseeruvate lihastega. Viimaste puuduseks on aga aeglane liigutus. Siiski pole täheldada entusiasmi raugemist selles valdkonnas.

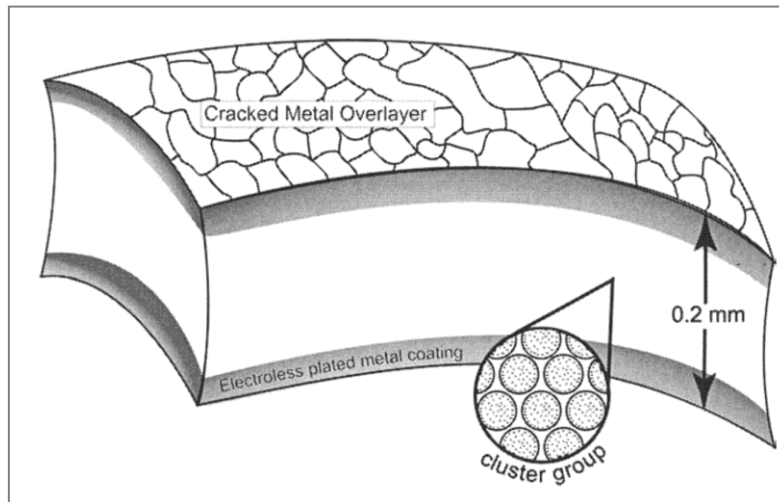
IPMC materjalide rakendamisel aktuaatoritena on vajalik saavutada kontrollitud koste elektrilise mõjutamise tulemusel.

IOONUHTIVATE ELEKTROAKTIIVSETE POLÜMEERIDE ÜLEVAADE

Elektroaktiivsed polümeerid (EAP) on materjalid, mis muudavad oma kuju või suurust, kui neile on rakendatud pinge. Selline käitumine meenutab looduslikke lihaseid, mistõttu kutsutakse EAP-sid ka kunstlihasteks (*artificial muscles*). EAP-d võib jagada kaheks liigiks: elektronjuhtivateks ja ioonjuhtivateks. Ioonjuhtivate EAP-de kuju muutmist põhjustab ionide liikumine materjali sees. Tavaliselt põhjustab ioonjuhtivate polümeeride deformatsiooni juba madalpinge (1–10 V). Kuid selline materjal ei suuda hoida oma kõverdatud kuju (v.a juhtivad polümeerid), kui seda pingestatakse alalisvooluga. Mõningaid ioonjuhtivaid EAP-e on vaja pidevalt hoida vesikeskkonnas, sest materjalide kuivades nende omadused muutuvad. Ioonjuhtivate EAP-de alla kuuluvad ioonpolümeer-metall komposiit, juhtivad polümeerid, süsinik-polümeerkomposiit ja teised.

Ioonpolümeer-metall komposiit

Ioonpolümeer-metall komposiit – IPMC (*Ionomeric Polymer-Metal Composite*) – on painduv täitur ja samaaegselt ka andur. Tüüpiline IPMC koosneb õhukesest (200 µm) ioonpolümeer-membraanist, mille mõlemal poolel on metallelektroodid (joonis 1). Polümeermembraaniks kasutatakse tavaliselt Nafioni, Flemioni või Aciplexi.



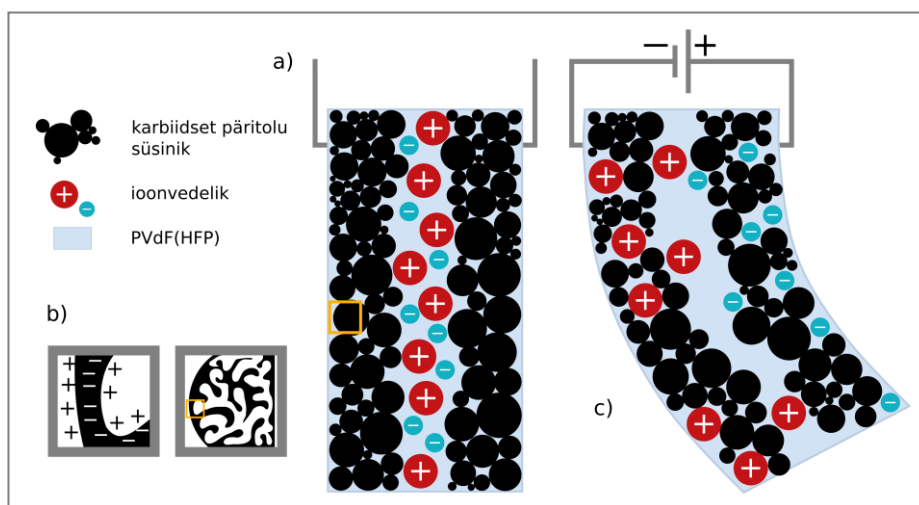
Joonis 1.

Ioonpolümeer-metall komposiidi ehitus, metallelektroodi kuju ja sisestruktuur.

IPMC-i elektrootide pingestamisel (1–5 V) toimub komposiidi kiire füüsiline paindumine ühe elektrooti suunas, millele järgneb materjali vastassuunaline lõtvumine. Paindumise ulatus ja kiirus sõltub elektrooti struktuurist, polümeermembraani omadustest ja teistest omadustest. Ka vastupidine protsess on võimalik. Membraani painutamisel elektrootide vahel tekib madalpinge (suurusjärgus alla 10 mV). Seega võib IPMC-d rakendada nii täiturina kui ka liikumisandurina

Süsinik-polümeerkomposiit

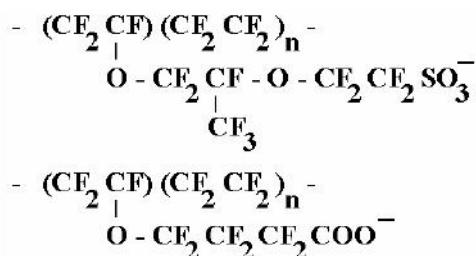
Süsinik-polümeerkomposiit – CPC (*Carbide-derived carbon*) – on plastiline elektromehaaniline täitur, mis koosneb kahest eraldi sünteesitud elektrootist ja neid eraldavast membraanist. Elektrootide valmistamisel kasutatakse ioonvedeliku, karbiidse süsiniku ja polümeeri lahust solvendis. Membraan valmistatakse polümeeri ja ioonvedeliku lahusest. Kui komposiiti pingestatakse, siis, sarnaselt IPMC-ga, materjal paindub anoodi poole (joonis 2). Lamineeritud CPC ei nõua vesikeskkonda, vaid töötab ka õhus madalpingete (1–3 V) rakendamisel. CPC on oma ehituselt väga sarnane elektrokeemilise kondensaatoriga.



Joonis 2. CDC täituri tööpõhimõte. a) – aktuaator algasendis; b) – laengute jaotus süsinikosakese pinnal pingestatud olekus; c) – aktuaator paindeasendis pingestatud olekus.

Elektroodid ja nende valmistamine

Ioonjuhtiv polümeermembraan koosneb reeglina perfluoreeritud alkaani ahelatest, millega on seotud SO_3^- või COO^- rühmad. Tuntumad neist on NAFION™ ja FLEMION™.



Joonis 3.

Nafion™ (ülal) ja Flemion™ (all) lihtsustatud struktuurvalemid.

Sellistele lähtematerjalidele on võimalik tekitada erinevate meetodite abil metallikiht. Pinda kattev õhuke elektroodikiht peab vastama paljudele spetsiifilistele nõuetele. See kiht peab olema painduv, et pidev tsükliline pinna deformatsioon ei tekitaks olulisi kahjustusi elektroodikihtile, mille tulemusena suureneks pinna takistus. Teiseks peab polümeeri kattev kiht olema poorne, et oleks võimalik katioonide liikumine membraani sisemusse. Kindlasti ei tohi unustada ka metalli inertsust väliste keskkonnamõjude suhtes ja head elektri-juhtivust. Sobivaimateks kattetmetallideks peetakse plaatina ja kulda. Plaatina

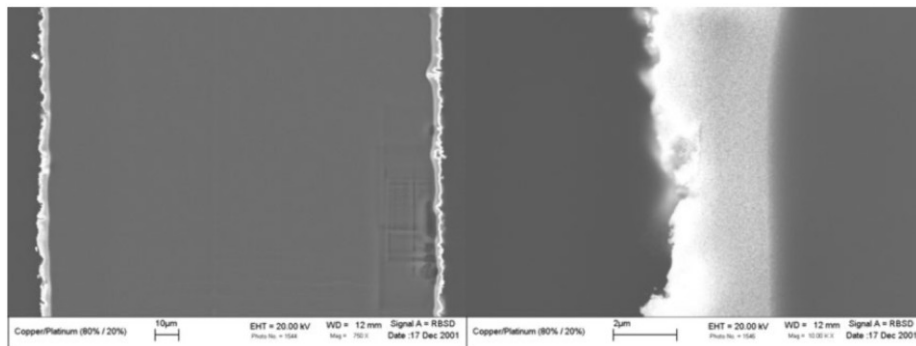
eelised seisnevad tema kõrges elektrokeemilises stabiilsuses ja lihtsalt teostatavas katmismeetodis.

Elektroodikihi valmistamise võimalusi on mitmeid ja seda tööd alustatakse alati polümeeri pinna ettevalmistamisega. Kirjanduse andmetel on enamasti esimeseks etapiks membraani töötlemine peene smirgelpaberiga, sellele järgneb deioniseeritud vees keetmine ja tugeva happe lahjendatud lahuses leotamine, tagamaks kõigi polümeeris olevate katioonide asendamine prootonitega. Järgnevalt viiakse Nafion™ lahusesse, milles on elektroodi materjaliks kasutatava metalli katioonne kompleks. Viimane difundeerub Nafioni™ sisse. Edasi viiakse reaktsioonikeskkonda redutseerija ning toimub katioonse kompleksi koostises oleva metalliooni redutseerumine membraani pinnale metallelektroodiks. Erialases kirjanduses on see tuntud kui 'impregnatsioon/reduktsioon' meetod. Enamasti valmistatakse sellisel viisil kuld- ja plaatinaelektroodid. Vähendamaks tarvitatavate väärismetallide hulka on uuritud ka nn paarisreduktsiooni meetodit, mille puhul kasutati võrdset hulka vase (Cu) ja plaatina (Pt) ioone sisaldavat lahust. Järgnevalt redutseeriti metallioonid NaBH_4 abil vastavate metallideni. Sel viisil valmistatud elektroodide röntgenanalüüs näitas, et membraan koosnes 99% ulatuses Pt ja 1% Cu aatomitest. Tulemuste erinevuse ootustest oli ilmselt tingitud ionide difusioonikoefitsientide ja redutseerumise kiiruste erinevusest. Edasises töös uuriti ka teiste metalli-kompleksi kontsentratsioonide suhete puhul saadavate elektroodide koostist ja omadusi ning selgus, et kõige vastupidavam mõlemad metalle sisaldav kunstlihas õn-nestus valmistada juhul, kui lahus sisaldas 80% Cu ja 20% Pt ioone. Selle elektroodimaterjali röntgenanalüüs näitas, et elektrood koosneb 90% ulatuses Pt ja 10% Cu aatomitest. Antud kunstlihase puhul saadi 250 000 töötükli läbimisel liigutus, mille ulatus oli 56% esialgsest väärtusest. Kunstlihasel, mille valmistamisel kasutati võrdse kontsentratsiooniga vase- ja plaatinakomplekse sisaldavat lahust, saadi vastavaks stabiilsuse väärtuseks 92%, kuid nagu eelnevast on teada, koosnes see elektrood 99% ulatuses platinast. Selle töö tulemusi esitlevad joonised 4 ja 5. Mõõtmised on tehtud skaneeriva elektronmikroskoobi (SEM) abil.

Kirjanduses on toodud andmed elektroodide otsesel meetodil valmistamise kohta, mille puhul metallipulber kuumpressitakse polümeeri pinnale. Selliselt on valmistatud kunstlihaseid prof Shahinpoori ja prof Kimi poolt, kes kasutasid elektroodimaterjalina pallaadiumi. Veel on uuritud ionomeeridest ja metalli pulbritest valmistatud segude elektroodidena kasutamist. Ka selle meetodi puhul kantakse segud vahetultioonjuhtiva polümeeri pinnale ja järgnevalt pressitakse elektrood kõrgel temperatuuril membraani pinnale.

IPMC-s kasutatavad solvendid

Erinevates lahustites on Nafion™-i pundumise määr erinev. Vees ei ole see väga suur ja seetõttu on membraan ka solvateeritud olekus suhteliselt jäik. Sellistes orgaanilistes lahustites, kus pundumine on oluliselt suurem, on ka



Joonis 4.

Vasakul: elektrood, mille valmistamisel kasutatud lahus sisaldas 80% vase- ja 20% plaatinaioone. Paremal: suurendus ühest elektroodist.

membraan oluliselt elastsem. IPMC-des kasutati algselt solvendina põhiliselt vett, kuid viimasel ajal on üha rohkem uuritud ionsete vedelike ja erinevate orgaaniliste ühendite kasutamise võimalusi. Vesikeskkonnas töötamine annab IPMC materjalidele rea eeliseid, näiteks võimaldab see rakendada neid implantaatidena inimkehas, kuid oluliseks limiteerivaks faktoriks tuleb pidada elektroodidele kõrgemate pingete rakendamisel tekkivat vee elektrolüüsi. See võib toimudaioonmembraani väga hea juhtivuse korral juba pingetel, mis on vaid veidi suuremad kui 1,23 V.

Ioonsed vedelikud

Ioonsed vedelikud, mida kasutatakse kunstlihaste valmistamisel, on toatemperatuuril vedelas olekus olevad soolad. Reeglina koosnevad nad orgaanilistest katioonidest ja anorgaanilistest anioonidest. Neil puudub keemistemperatuur, sest nad lagunevad enne keema hakkamist. Viskoossus on sellistel ionsetel vedelikel tavaliselt vesilahuste omast suurem. See alaneb temperatuuri tõustes ja temperatuurisõltuvus on eksponentsiaalne. Selliste vedelike viskoossus sõltub olulisel määral lisandite hulgast. Antud rakenduse jaoks on väga olulised ionsete vedelike lai termostabiilsuse vahemik ja suur tulekindlus. Samuti on neil väga madal aururõhk kuni lagunemistemperatuurini, mis tähendab, et aurustumisest tingitud vedeliku kadusid praktiliselt ei esine. Paljud levinumad ionsed vedelikud on stabiilsed ja pikaajaliselt kasutatavad temperatuurini 200 °C. Imidasooli derivaatidest katioonide baasil valmistatud ionsed vedelikud on enim uuritud potentsiaalsete elektrolüütidenä elektrookeemilistes vooluallikates. Palju on uuritud ka tetrafluoroboraataniooniga (BF_4^-) ionsete vedelike kasutamise võimalusi. Kuna ionsete vedelike elektrookeemilise stabiilsuse ala on lai, võib nende puhul kasutada kõrgemaid pinge väärtusi ja muuta niiviisi nende kunstlihaste poolt tekitatav jõud suuremaks. Samas on teada, et ioonseid vedelikke sisaldavate kunstlihaste puhul on liigutused märgatavalt

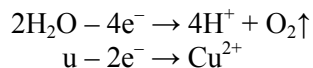
aeglasemad kui vett sisaldavate analoogide puhul. See tuleneb ioonsete vedelike suuremast viskoossusest ja katioonide suurematest mõõtmetest. Kombineerides omavahel sobivaid katioone ja anioone, võib saada lugematul hulgal erineva koostisega ioonseid vedelikke, mille omadused on veel uurimata ja see teeb valdkonna teaduslikust aspektist lähtudes perspektiivikaks.

Orgaanilised lahustid

Levinud orgaanilistes vedelikes, nagu näiteks etanool ja etüleenglükool, on Nafioni™ pundumine samuti suhteliselt suur. Üks perspektiivikas võimalus on neid vedelikke kasutada mitte ainult kunstlihase töökeskkonnana, vaid viia läbi ka elektrootide valmistamine nendes solventides. Maksimaalselt pundunud olekus membraani pinnale kasvatatud metallielektrood peaks omama head juhtivust ja suutma seda säilitada ka kunstlihase töötamisel toimuva deformatsiooni käigus. MuscleSheet™ patendikirjeldustest võib lugeda, et redutseerimisel onioonjuhtiv polümeer maksimaalselt välja venitatud ja seal saavutatakse see lisaks sobiva solventi kasutamisele ka veel mehhaanilise venituse abil. Solventidena on orgaanilised lahustid üldjuhul suurema viskoossusega kui vesi ja see muudab kunstlihase liigutuse aeglasemaks. Eeliseks on aga taoliste solventide lai elektrookeemilise stabiilsuse ala, mis on võimaldanud katsetada kunstlihaseid tööpingetel kuni 7 V.

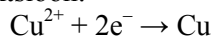
Vaskelektroodidega kaetud ioonsed polümeer-metall komposiidid

Vask on tavatingimustel elektrookeemiliselt suhteliselt aktiivne metall (võrreldes kulla ja platinaga) ning sellise kunstlihase valmistamine, mille elektrootideks oleks üksnes puhas vask, on mõeldamatu. Samas on saavutatud häid tulemusi kombineerides vaske mõne tuntud väärismetalliga, nagu näiteks platinaga või kuld. Sellised lihased on osutunud üsnagi püsivaks ka väliste keskkonnamõjude suhtes. Taoliste lihaste valmistamiseks kasvatatakse Nafioni™ pinnale ioonvahetus/taandamismeetodi abil õhuke väärismetalli kiht. Tänu selle kihi juhtivusele on võimalik suhteliselt lihtsate vahenditega ja kiirelt kasvatada membraani pinnale täiendav vase kiht. Vasel on kunstlihaste seisukohalt kaks väga perspektiivset omadust: esiteks, viie veemolekuliga solvateeritud vask(II) ioon on väga stabiilne süsteem, mis peaks tagama parema vee molekulide püsimise membraani sisemuses ja, teiseks, vase kasutamine elektrootidmaterjalina võimaldab välistada paukgaasi tekke kunstlihase töötamisel vesikeskkonnas. Anoodil toimuvatest konkureerivatest reaktsioonidest:



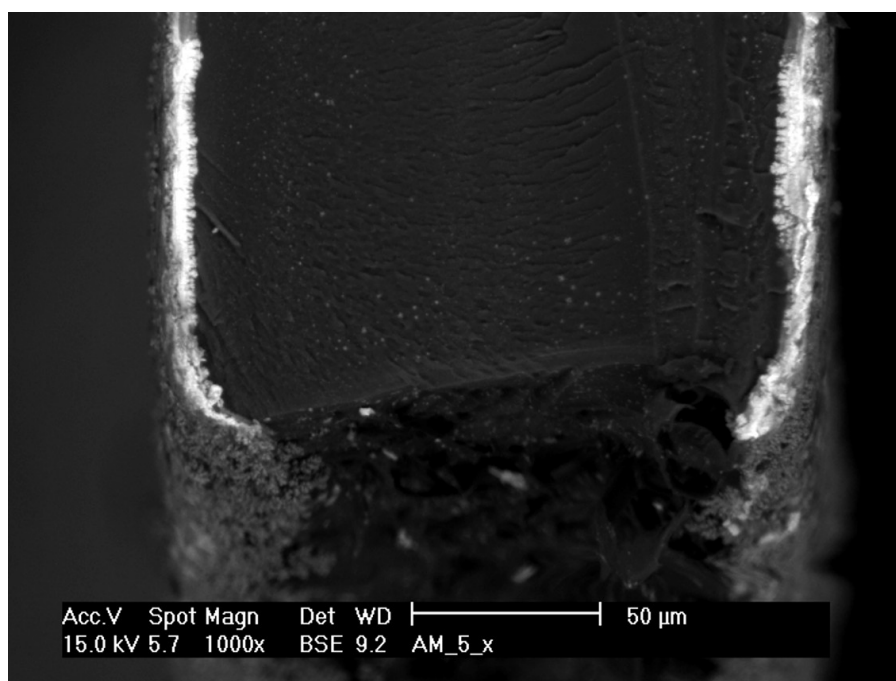
on eelistatum vase lahustumine ja hapnikku sellises süsteemis ei teki.

Katoodil toimub aga reaktsioon:



Seega eraldub katoodil täiendav kogus vaske. Teatavasti paisub kunstlihas alati katoodipoolsel küljel ja sellest tingituna halveneb seal elektrijuhtivus,

sest elektroodil tekivad lõhed. Kuid kasvav vase kiht taastab uuesti nendes kohtades juhtivuse, ühendades 'saarekesed' omavahel. Selliselt töötava lihase omadused paranevad töötamise käigus, sest tekkinud vase kiht laguneb polaarsuse muutes vaid osaliselt ja polaarsuse taastades hakkab kasvama sealt, kus on juba vaseosakesi olemas. Sisuliselt on vask pidevas liikumises elektrootodide vahel, olles kas ioones (Cu^{2+}) vormis liikumas katoodi suunas või metalli kujul (Cu) elektrootodide koosseisus. Kui polaarsust pika aja jooksul mitte muuta, siis peaks kogu anoodil olev vask lahustuma ja see on halb, sest sellise elektrootodi juhtivus ei pruugi olla enam kunstlihase korrektseks töötamiseks piisav. Vask ei pruugi oksüdeeruda vask(II) ioonini, vaid teatud juhtudel võib toimuda ka komproportsioneerimisreaktsioon vase ja vask(II) ioonide vahel, mille tulemusel moodustuvad mittelahustuvad vask(I) ühendid. Cu_2O on nendest üks kõige halvemaid lihase töövõime seisukohalt, sest see oksiid ei juhi voolu ja on keemiliselt suhteliselt stabiilne.



Joonis 5.

Skaneeriva elektronmikroskoobi ülesvõte kuldelektrootodidega kunstlihase ristlõikest.

Kulla aatomid paistavad suurema aatommassi tõttu heledamad kui vase aatomid. Seetõttu on elektrootodi väliskihht pisut tumedam kui sisemine kiht. Nafioni pinnal paistvad 'täpikesed' on membraani sisemusse redutseerimise käigus tekkinud kullaosakesed.

Juhtivad polümeerid

Juhtivad polümeerid – CP (*Conductive polymers*) – erinevad teistestioonjuhtivatest EAP-dest. Nad on võimelised töötama nii õhus kui ka vedelikus väikse võimsuse (1 V, 15–20 mA) ja kõrge paindumissagedusega (kuni 400 Hz). Veel üks erinevus teistestioonjuhtivatest EAP-dest on CP-de omadus säilitada oma deformeeritud olekut. Materjali pingestamisel toimub elektrokeemiline reaktsioon, mille käigul polümeerkihid saavad ja kaotavad oma laenguid, vahetades iooneioonvedelikuga. Selline elektrokeemiline reaktsioon põhjustab polümeerkihide pundumist ja kontraheerumist, teiste sõnadega kogu materjali paindumist. Reaktsiooni kiirus ja ulatus sõltuvad nii materjali omadustest kui ka potentsiaali suurusest. Juhtivate polümeeridega täiturite paindumise kiirus sõltub materjali takistusest ja mahtuvusest. Mida väiksem on kogu takistus, seda kiirem on täituri toimimine.

Keemilise sünteesi meetodil valmistasime juhtivpolümeersed (JP) elektroodid, mida on võimalik elektrokeemiliselt modifitseerida ümberdopeerimise või elektrokeemilise sünteesi meetodil. Uurimistöö peamine eesmärk oli välja arendada ja esialgselt optimeerida sünteesimeetodid sobivaks rakendusvaldkondadele, millel on kvalitatiivselt erinevad nõudmised JP elektroodide struktuurile jaioonjuhtivusele. Keemilise ja elektrokeemilise sünteesi tingimused optimeeriti kahe kasutusala jaoks: tehislühased ja suure eripindalaga JP elektroodid. JP elektroodid on valmistatud hüdrogeelide keemilise sünteesi ja mittejuhtivale pinnale sobiva kombineeritud keemilis-elektrokeemilise sünteesi meetoditel. Sellistel elektroodidel on mitmeid eeliseid võrreldes tavapäraste elektroodidega ning nende valmistamise meetoditega. Laialtkasutatavatel JP-del, polüpürroolil ja PEDOT-il põhinevaid materjale ja neist valmistatud elektroode karakteriseeriti peamiselt elektrokeemiliste meetoditega.

Suutsime näidata, et kombineeritud keemilis-elektrokeemilisel meetodil valmistatud metallivabad aktuaatorid lahendavad efektiivselt delamineerumisprobleemi ja vastavad kommertseesmärgil tootmise eelistustele, vältides väärismetallide, toksiliste orgaaniliste lahustite ja vaakumtehnoogiate kasutamist. Teostati elektro-kemo-mehaaniline karakteriseerimine, mille tulemused näitasid, et valmistatud aktuaatorid on aktuatsiooniomadustelt võrreldavad alternatiivsetel meetoditel valmistatud aktuaatoritega. Oksüdatiivse keemilise sünteesi meetodil valmistati suure eripindalaga polüpürrool-hüdrogeel elektroodid, kasutades laialt levinud keskkonnasõbralikke ühendeid ja lihtsat ühetapilist sünteesimeetodit. Suure eripindalaga polüpürrool-hüdrogeelid sobivad võimsustiheduse piirangute leevendamiseks JP-d kasutavates energiasalvestites, kasutamiseks kontrollitaval ravimi manustamisel, andurites jm. Kasutades polüpürrool-hüdrogeeli lähtematerjalina, valmistati polüpürrool-aerogeelid ja karboniseeritud aerogeelid, mis laiendavad veelgi uudse materjali kasutusvõimalusi. Tulemused on teaduslikus vormis kättesaadavad Rauno Temmeri doktoritöös

<http://dspace.utlib.ee/dspace/handle/10062/40768>.

TÄNUAVALDUSED

Riiklik tunnustus teaduspreemia näol meie tööde tsüklile peegeldab ligemale 50-liikmelise tööühme ühistööd. Täpsemalt saab vaadata www.ims.ut.ee. Eriti tahaks välja tuua need inimesed, kelle töid on otseselt tsiteeritud käesoleva kirjatüki koostamisel: Janno Torop, Indrek Must, Friedrich Kaasik, Viljar Palmre, Rauno Temmer, Aapo Prii, Edgar Hamburg, Georgi Olentšenko, Jaas Ješov, Karl Kruusamäe, Mart Weber, Sven Kautenblach, Toomas Kaasik, Tõnis Lulla, Talis Raak, Erki Viidalepp.

*Teaduspreemia arstiteaduse alal
teadus-arendustöö
“Diabeedi teket ja arengut mõjutavad tegurid” eest*



Vallo Tõllmann

Vallo Tõllmanni uuringud lisasid olulist teavet parandamaks meie arusama 1. tüüpi diabeedi tekkemehhanismidest ja vältimaks seda tõsist haigust tulevikus. Näidati, et võrreldes moodsa ühiskonna vastsündinutega on traditsioonilise ühiskonna vastsündinutel immuunsüsteem küpsem. Samuti selgus, et erinevatel kasvufaktoritel on oluline osa 1. tüüpi diabeedi autoantikehade tekkes, mis omakorda on oluline leidmaks nende antikehade teket mõjutavaid ravimeid.

Olen liigutatud, et meie uurimisgrupi tulemused teemal “Diabeedi teket ja arengut mõjutavad tegurid” said sellise kõrge tunnustuse, nagu seda on Eesti Vabariigi teaduspreemia meditsiiniteaduse alal. Soovin rõhutada, et need tulemused on rahvusvahelise koostöö vili, kus meie uurimisgrupil on olnud au kaasa lüüa. See, et meie tööd märgati, on eeskätt tunnustus Tartu Ülikooli Kliinikumi lastekliiniku DIABIMMUNE 12-liikmelise meeskonna 7-aastasele tublile tööle. Püüan allpool kokku võtta, miks diabeedi-alased uuringud on olulised, kuidas ja mida tehti ning millised olid olulisemad tulemused.

Viimaste aastakümnete andmed näitavad, et 1. tüüpi diabeet (1TD) ehk suhkruhaigus sageneb ja nooreneb nii Euroopas kui ka Eestis (Teeäär jt, 2010). Kui üle maailma tõuseb 1TD esinemissagedus keskmiselt 3–4% aastas, siis ajavahemikus 2007–2013 tõusis see Eestis, võrreldes varasema perioodiga, 8% aastas. Samas avaldub haigus ka oluliselt nooremalt: kui varasematel aastatel haigestuti kõige sagedamini 10–14 aasta, siis nüüd 5–9 aasta vanuses.

Üheks põhjuseks, miks 1. tüüpi diabeet sageneb, on arvatud elukeskkonna standardite ja hügieeni paranemist, mida nimetatakse ka hügieeni hüpoteesiks. Selle järgi annab üha steriilsem elukeskkond vähem tööd meie immuunsüsteemile ning viimane rakendub tööle hoopis organismi enda kudede ja rakkude vastu, põhjustades nii mitmeid autoimmuunhaigusi, sh ka 1. tüüpi diabeeti. Seda hüpoteesi on kinnitanud mitmed uuringud diabeedi loomudelitel, kuid selle paikapidavust 1TD tekkes inimestel pole seni suudetud tõestada.

1. tüüpi diabeedi põhjusi on mitmeid, kus nii geneetilised kui ka keskkonnafaktorid mängivad olulist rolli. Geneetilistest teguritest on tähtsaim HLA II klassi geenide osakaal, mis kogu geneetilisest riskist 1TD tekkes moodustavad umbes 50%. HLA riskigenotüübid on levinud umbes 15–20% valgenahalistest inimestest, kuid ainult 5% nendest haigestub diabeeti. Isegi geograafiliselt suhteliselt väikeses Läänemere piirkonnas 1TD haigestumus erineb riigiti kuni 6 korda. Soomes, kus haigestumus on maailma kõrgeim, haigestub 60 last 100 000 kuni 15-aastase lapse kohta aastas, Eestis 30 last ja Venemaal 10–20 last. Kõik need faktid viitavad sellele, et suhteliselt kiire ja püsiva 1TD haigestumuse tõusu põhjuste taga on eeskätt muutused meie elukeskkonnas, mitte geneetilises taustas. Samas, et uurida keskkonna mõju, peab olema uuritavaid piisaval hulgal ja sarnase geneetilise riskiga, ning eriti hea, kui erinevatest keskkondadest. Nii saigi planeeritud DIABIMMUNE uuring, kus lapsed Helsingi linna piirkonnast esindaksid uuritavaid arenenud lääne keskkonnast, lapsed Lõuna-Eestist uuritavaid kiiresti muutuvast keskkonnast ja lapsed Karjala piirkonnast Venemaalt kui uuritavaid nn ‘vanast’ elukeskkonnast. Seega toimuks see uuring kui elavas laboris, kus saame võrrelda ja analüüsida erinevaid tegureid diabeedi tekkes.

DIABIMMUNE projekt, mida juhtis professor Mikael Knip Helsingi Ülikooli Lastehaiglast, algas 2008. aastal ja seda rahastati Euroopa Liidu 7. raamprogrammi kaudu. Selles osalesid uurimisrühmad Helsingi Ülikooli Lastehaiglast,

Tartu Ülikooli Kliinikumi lastekliinikust, Tartu Ülikooli immunoloogia õppe-
toolist, Tampere Ülikoolist, Turu Ülikoolist, Soome Tervise Instituudist, Grö-
ningeri Ülikoolist, Ludvig Maximiliani Ülikoolist Münchenist, Petrozavodski
Riiklikust Ülikoolist ja Massachusettsi Tehnoloogiainstituudi Broadi Insti-
tuudist USA-st. Selles uuringus oli väga suur vastutus Tartu Ülikooli pro-
fessoril Raivo Uibol, kelle laboris tehti kõik DIABIMMUNE tsöliaakia-
uuringud. Need tulemused on praegu analüüsimisel ja on oodata väga huvi-
tavaid artikleid.

Projektis oli kaks uuringurühma. Esimese rühma moodustasid vastsündinud,
kellel oli kõrgeenenud geneetiline risk diabeedi tekkeks. Selleks määrati HLA
II klassi geenid ligi 9000 vastsündinul, kes sündisid Tartu, Helsingi Espoo ja
Petrozavodski linna sünnitusmajades ajavahemikus 2008–2010. Selgus, et
madalaim geneetiline risk haigestuda 1TD on Eestis, kus 15,7% lastest kand-
sid spetsiifilisi HLA II geene, mis on seotud kõrgeenenud 1TD tekke riskiga.
Karjalas oli vastav näitaja 17% ja Soomes 23%. Seega on Soomes kõrge-
nenud geneetiline risk haigestuda 1TD, kuid see ikkagi ei seleta kordades
erinevust haigestumises. Jälgimisuuringusse haarati 343 last Tartust, 418 last
Espoost ja 122 last Petrozavodskist. Neid lapsi uuriti vanuses 3, 6, 9, 12, 18,
24 ja 36 kuud. Lisaks laste läbivaatusele võeti neilt igal visiidil ka vereproov,
täideti päevikut dieedi, ravimite ja haigestumiste kohta, koguti jooksvalt küm-
neid roojaproove, aga ka proove rinnapiimast, kodutolmust ja joogiveest.

Teise uuringurühma moodustasid kolmeaastased lapsed: 1 575 last Espoo lin-
nast Helsingis, 1 681 last Lõuna-Eestist ja 323 last Petrozavodskist. Neid lapsi
uuriti uuesti ka viieaastaselt. Osa lapsi, kellel kolmeaastaselt leiti veres dia-
beedi autoantikehi või allergia markereid, uuriti lisaks ka veel nelja-aastaselt.
Selliseid lapsi oli kokku 756.

Tegemist oli 7 aastat kestva väga mahuka uuringuga, kus ainuüksi Eestis tehti
kokku üle 5 500 uuringuviisi haiglas. See oli meie lastekliiniku 12-liik-
melisele meeskonnale tõeline väljakutse, millega saime suurepäraselt hakka-
ma. Veel rohkem tunnustamist väärivad need 2024 Eesti peret, kes uuringus
osalesid. Minu sügav kummardus ja tänu kõikidele peredele.

Püüan allpool lühidalt kirjeldada peamisi tulemusi, mis seni meie poolt ja
koostöös teiste partneritega on avaldatud. Minu enda huvi oli uurida nende
laste kasvu ja kasvufaktorite mõju diabeedi antikehade tekkele. Nimelt eelneb
diabeedi kui haiguse avaldumisele diabeediga seotud mitmete erinevate auto-
antikehade ilmumine verre. Määrates neid autoantikehi veres saame hinnata
konkreetsel lapse riski haiguse tekkeks. Mida rohkem erinevaid diabeediga
seotud autoantikehi veres on, seda suurem on tõenäosus haigestuda suhkru-
haigusse. Uurisime 7391 DIABIMMUNE vastsündinu sünnikaalu ja nende
geneetilist riski. Varasemad uuringud olid näidanud, et suurem sünnikaal on
seotud kõrgema geneetilise riskiga diabeedi tekkeks. Meie uuring seda seost
ei kinnitanud (Peet jt, 2012). Samuti uurisime laste kasvu esimesel kahel

eluaastal 496 Soome ja Eesti lapsel. Leidsime, et suurima geneetilise riskiga lapsed kasvasid kahel esimesel eluaastal oluliselt aeglasemalt, seda eriti Eestis (Peet jt, 2014). Uuringu tulemused viitavad sellele, et diabeedi väljakujunemiseks neutraalse või kaitsva genotüübiga lastel on vajalik suurem insuliiniresistentsus kui lastel, kelle geneetiline risk on suur. Samuti leidsime, et vahetult enne diabeedi autoantikehade teket suureneb insuliinisarnase kasvufaktori 1 siduva valgu 3 (IGFBP-3) kontsentratsioon veres. See on uudne avastus, mida varem kirjeldatud ei ole. Kas sellel võib olla ka praktiline väljund, näitab aeg, kuid teoreetiliselt on võimalik selle mehhanismi kaudu mõjutada autoantikehade teket ja seeläbi ka diabeedi teket.

Koostöös professor Riitta Lahesmaa uurimisgrupiga Helsingist uurisime 113 Eesti, Soome ja Karjala laste nabaväädi verest saadud RNA kogumit ehk genoomi transkriptoomi (Kallionpää jt, 2014). Leidsime, et Eesti ja Soome laste transkriptoomid olid üksteisega sarnased, kuid erinesid oluliselt Karjala laste omadest. Nimelt said Karjala lapsed üsasiseselt oluliselt tugevamaid ja mitmekesisemaid signaale immuunsüsteemi stimuleerimiseks kui lapsed Soomes või Eestis, mille tulemusel on Karjalas sündinud vastsündinute immuunsüsteem rohkem välja arenenud ja küpsem. Need tulemused kinnitavad, et keskkonnategurid, mis mõjutavad immuunsüsteemi poolt moduleeritud haigusi (näiteks 1. tüüpi diabeet), hakkavad kujundama vastsündinute immuunsüsteemi juba üsasiseselt ja see sõltub ümbritseva keskkonna mikroobide kooslusest.

Varasemad uuringud on näidanud, et D-vitamiini tase suhkruhaigusega patsientidel on madalam kui tervetel, kuid selle rolli diabeedi tekkes on näidatud vaid diabeedi loomudelil. Koostöös professor Outi Vaarala uurimisgrupiga Helsingist määrasime D-vitamiini taseme veres 115 Soome ja Eesti lapsel, neist 35-l olid ilmunud verre ka diabeediga seotud autoantikehad (Reinert-Hartwall jt, 2014). Eesti lastel oli võrreldes Soome lastega madalam D-vitamiini sisaldus vereseerumis, kuid see ei mõjutanud diabeedi autoantikehade tekkimist ega spetsiaalse valgu – FOXP3 – ekspressiooni. Meie töö ei kinnitanud, et D-vitamiinil oleks keskne roll autoantikehade tekkes või FOXP3 ekspressioonis diabeedi kujunemisel.

On teada, et 70% lastest, kellel on kaks või enam diabeediga seotud erinevat autoantikeha veres, areneb järgneva 10 aasta jooksul välja diabeet, aga 30% seda ei teki. Kas on võimalik ennustada, kellel haigus tekib, kellel mitte? Teadlased on püüdnud leida selliseid markereid. Professor Outi Vaarala juhtimisel uuriti lapsi, kelle hulka kuulus ka 90 Eesti ja Soome last DIABIMMUNE uuringust, lisaks veel 29 suhkruhaigusega last (Reinert-Hartwall jt, 2015). Varasemast on teada, et 1. tüüpi T-lümfotsüütide abistajarakud (Th1) mängivad olulist rolli diabeedi tekkes. Hiljutised avastused on näidanud, et ka interleukiin-17 sekreteerivad rakud Th17 võivad selles protsessis kaasa lüüa. Uurides erinevate laste verd, leiti, et Th1/Th17 rakkude suurem plastilisus oli seotud pankrease β -rakkude kiirenenud destruktsiooniga, mis annab alust

kasutada seda haiguse progresseerumise markerina neil lastel, kellel on juba tekkinud diabeedi autoantikehad. See leid vajab nüüd kinnitamist kliinilises praktikas.

Väga huvitavad tulemused saadi 1 044 lapse allergiauuringust, kus lisaks Soome lastele osalesid ka DIABIMMUNE lapsed Eestist (Ruokolainen jt, 2015). Nimelt leiti, et lastel, kelle kodu ümber on 2–5 km raadiuses rohkem metsa ja põllumaid, esines vähem atoopilist sensibiliseerumist ehk soodumust allergia tekkeks (Ruokolainen jt, 2015). Seos avaldub tõenäoliselt keskkonna mikrobioomi ehk mikroobide kogumi toime kaudu inimese naha mikrofloorale, kus eeskätt *Proteobacteria* mikroobidel on oluline roll. Uuringus oli grupp lapsi, kes olid vahetanud oma elukohta esimestel eluaastatel. Nende laste uuringust selgus, et mida rohkem oli metsa ja põllumaid sünnikodu ümbruses, seda vähem oli allergia soodumust 6. eluaastal. Sellist seost ei leitud hilisema kodu asukoha ja allergia vahel. Seega on väga oluline, et laps puutuks juba varases vanuses kokku roheline keskkonnaga, mida varem, seda parem.

Minu arvates kõige huvitavam ja olulisem tulemus saadi koostööst professor Ramnik Xavieri tööruhaga Massachusettsi Tehnoloogiainstituudi Broadi instituudist, kus uuriti DIABIMMUNE 33 last, kellel oli kõrgenenud geneetiline risk haigestuda 1. tüüpi diabeeti (Kostic jt, 2015). Uuringust selgus, et mikroobide liigirikkus erines suuresti laste vahel, kuid oli suhteliselt stabiilne ühel ja samal lapsel. Leiti, et ajaperioodil, mis jäi esimeste diabeedi autoantikehade ilmnemise ja haiguse avaldumise vahele, kahanes neil lastel, kellel tekkis diabeet, oluliselt soolestiku mikroobide liigirikkus. Selle foonil esinesid aga infektsioone soodustavate mikroobiliikide arvu lühiajalised tõusud. Need tulemused kinnitavad, et soole mikroflooral on oluline roll diabeedi väljakujunemisel. See tulemus võiks avada potentsiaalse uue ravimetoodika. Kuigi sellest tööst ei saa järeldada, et saaksime diabeeti ära hoida, on lootus, et soole mikrofloorat mõjutades saame haiguse avaldumist edasi lükata. Seda eriti olukorras, kus diabeedi avaldumine nooreneb ja pole haruldased haigestumised enne esimest eluaastat. Selles vanuses on aga diabeedi ravi suur väljakutse nii arstile kui ka perekonnale. Haiguse avaldumise edasilükkamisest isegi ühe-kahes aasta võrra oleks suur abi.

Lisaks 1. tüüpi diabeedi uurimisele oleme koostöös Tartu Ülikooli füsioloogia instituudiga, eeskätt professor Sulev Kõksi uurimisrühmaga, uurinud ka väga harva esinevat diabeedivormi – Wolfram sündroomiga kaasuvat diabeeti. Selleks kasutasime TÜ füsioloogia instituudis väljaaretatud spetsiaalseid hiiri, kellel Wolfram sündroomi põhjustav *Wfs1* geen on välja lülitatud. Meil õnnestus esimestena kirjeldada, et Wolfram sündroomi diabeedi korral on häirunud insuliini eelvormi, proinsuliini muutumine insuliiniks, mis viib lõpuks insuliini defitsiidi ja diabeedi tekkeni (Noormets jt, 2011). Ka see avastus võiks luua võimaluse välja töötada uudne ravim Wolfram sündroomiga kaa-

suva diabeedi raviks. Tänu nendele teadustöödele oleme nüüd tihedas koostöös mitme Euroopa, USA ja Jaapani teadusgrupiga, kes uurivad Wolfram sündroomi. Esitatud on Euroopa teadusprogrammi Horisont 2020 teise taotlusvooru granditaotlus Wolfram sündroomi raviks. Loodame väga, et see projekt saab rahastatud. Lisaks kirjeldasime teise harvaesineva diabeedivormi – MODY-2 (*Maturity onset diabetes of the young*) – uut mutatsiooni glükokinaasi GCK geenis (Pulst jt, 2012). See on pärilik diabeedivorm, kus pankrease beetarakud eritavad insuliini vaid väga kõrgete veresuhkru väärtuste puhul. Selle tulemusel on nendel patsientidel kogu aeg pisut kõrgeenenud veresuhkur, kuid õnneks pole neil riski diabeedi kaugtüsistuste tekkeks. Seega on nendel patsientidel väga oluline see diagnoos molekulaarselt kinnitada, sest nende ravi on erinev 1. tüüpi diabeedi patsientide omast.

On hea meel, et meie teadustööd diabeedi alal on märgatud ja see on loonud võimaluse osaleda rahvusvahelistes diabeedialastes teadusprogrammides (TRIGR, EURO-WABB, Type 1 Diabetes Genetics Consortium), mille käigus on publitseeritud mitmeid olulisi teadusartikleid. Need publikatsioonid lubavad lähiaastatel loota uusi olulisi avastusi diabeedi tekkemehhanismides ning selle kaudu leida uusi võimalusi haiguse ennetamiseks või selle progresseerumise aeglustamiseks.

DIABIMMUNE uuring sai teoks ainult tänu töökale meeskonnale, kuhu kuulusid Aleksandr Peet, Anne Ormisson, Pille Teesalu, Sille Vahtra, Maarja Lombiots, Ene Täht, Arle Urbola, Karin Tammik, Hele Rüga, Irina Apevalova, Juta Ernits, Pille Kool. Tänan professor Raivo Uibot ja tema meeskonda, samuti DIABIMMUNE uuringu kõiki teisi uurimisgruppe. See preemia on tunnustus kogu DIABIMMUNE meeskonna tublile tööle. Tänan teid kõiki. Sügav kummardus ja tänu tuhandetele Eesti peredele, kes uuringus osalesid.

Teaduspreemia pälvinud uuringuid on finantseeritud Euroopa Liidu 7. raamprogrammi grandid F2-2008-202063, haridus- ja teadusministeeriumi sihtfinantseeringu SF0180004s11 ning Eesti Teadusfondi grandid 9092 kaasabil.

KIRJANDUS

Kallionpää, H., Laajala, E., Öling, V., Tillmann, V., Dorshakova, N. V., Lähdesmäki, H., Knip, M., Lahesmaa, R., DIABIMMUNE Study Group. 2014. The standard of hygiene and immune adaptation in newborn infants. *Clin. Immunol.*, 155, 136-147.

Kostic, A. D., Gevers, D., Siljander, H., Vatanen, T., Hyötyläinen, T., Hämäläinen, A. M., Peet, A., Tillmann, V., Pöhö, P., Mattila, I., Lähdesmäki, H., Franzosa, E. A., Vaarala, O., de Goffau, M., Harmsen, H., Ilonen, J., Virtanen, S. M., Clish, C. B., Orešič, M., Huttenhower, C., Knip, M., DIABIMMUNE Study Group, Xavier, R. J. 2015. The dynamics of the human infant gut microbiome in development and in progression toward type 1 diabetes. *Cell Host Microbe*, 17, 260-273.

- Noormets, K., Köks, S., Muldmaa, M., Mäuring, L., Vasar, E., Tillmann, V. 2011. Sex differences in the development of diabetes in mice with deleted wolframin (Wfs1) gene. *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes*, 119, 271-275.
- Peet, A., Hämäläinen, A. M., Kool, P., Ilonen, J., Knip, M., Tillmann, V., DIABIMMUNE Study Group. 2014. Early postnatal growth in children with HLA-conferred susceptibility to type 1 diabetes. *Diabetes Metab. Res. Rev.*, 30, 60-68.
- Peet, A., Kool, P., Ilonen, J., Knip, M., Tillmann, V., DIABIMMUNE Study Group. 2012. Birth weight in newborn infants with different diabetes-associated HLA genotypes in three neighbouring countries: Finland, Estonia and Russian Karelia. *Diabetes Metab. Res. Rev.*, 28, 455-461.
- Pulst, K., Arbo, T., Kahre, T., Peet, A., Tillmann, V. 2012. MODY2 caused by a novel mutation of GCK gene. *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.*, 25, 801-803.
- Reinert-Hartwall, L., Honkanen, J., Härkönen, T., Ilonen, J., Tillmann, V., Lamberg-Allardt, C., Virtanen, S., Knip, M., Vaarala, O., DIABIMMUNE Study Group. 2014. No association between vitamin D and β -cell autoimmunity in Finnish and Estonian children. *Diabetes Metab. Res. Rev.*, 30, 749-760.
- Reinert-Hartwall, L., Honkanen, J., Salo, H., Nieminen, J. K., Luopajarvi, K., Härkönen, T., Simell, O., Veijola, R., Ilonen, J., Peet, A., Tillmann, V., Knip, M., Vaarala, O., DIABIMMUNE Study Group. 2015. Th1/ Th17 plasticity is a marker of advanced beta-cell autoimmunity and impaired glucose tolerance in humans. *J. Immunol.*, 194, 68-75.
- Ruokolainen, L., von Hertzen, L., Fyhrquist, N., Auvinen, P., Karvonen, A., Hyvärinen, A., Tillmann, V., Niemelä, O., Knip, M., Haahtela, T., Pekkanen, J., Hanski, I. 2015. Green areas around homes reduce respiratory atopy in children. *Allergy*, 70, 195-202.
- Teeäär, T., Liivak, N., Heilman, K., Kool, P., Sor, R., Paal, M., Einberg, U., Tillmann, V. 2010. Increasing incidence of childhood-onset type 1 diabetes mellitus among Estonian children in 1999-2006. Time trend analysis 1983-2006. *Pediatr. Diabetes*, 11, 107-110.

*Teaduspreemia geo- ja bioteaduste alal
uurimuste tsükli
“Järvede mikroobsed toiduahelad”
eest*



*Tiina Nõges (kollektiivi juht, keskel)
Helen Agasild (paremal)
Priit Zingel (vasakul)*

Tiina Nõgese juhitud teadlaste kollektiiv on saavutanud rahvusvaheliselt läbimurdelist edu madalate järvede toiduahelate kompleksuuringutes, sh näidates metaani ja ripsloomade rolli järve toiduahelas. Arvestades madalate järvede suurt osakaalu kogu maailmas, võivad uudsete pidevmõõtmiste abil saadud tulemused muuta senist arusaama globaalsest süsinikuringest.

TOIDUST VEES JA MITTE AINULT KALADEST

Mõistmaks veekogu ökosüsteemi toimimist, on ülimalt oluline selgitada välja sealse toitumisvõrgustiku struktuur. Toitumisahelad on omavahel ühendatud lihtsate, kuid samas eiramatute seadustega. Kõiki loomi, olgu nad siis väikesed või suured, paneb liikuma kaks keskset soovi, mille ümber keerleb kogu nende elu – vajadus süüa ja samas mitte ise sattuda kellegi teise söögiks. Mõneti on need soovid vastandlikud – näiteks veekogus oleks väikesel kalal lihtne leida ohutu pragu, sopp või alune, kust teda keegi otsida ei tea ja kus ta võiks elada, kartmata ärasöömist. Samas ei ole sellistes kohtades tavaliselt tal endal midagi süüa ja kala nälgiks surnuks. Vastandina leidub mitmeid piirkondi, mis lausa kihavad söögist, kuid sellised kohad on teada ka suurematele röövlomadele ja nende pideva tähelepanu all – seal õnnestuks külluslikult toituda, kuid on suur oht muutuda ka ise kellegi toiduks. Loomade elu kulgebki otsides edukat tasakaalu näljasurma ja ärasöömise vahel. Kui loom on ettevaatamatu ja siiski kellegi poolt ära süüakse, siseneb ta toitumisahelasse – tema kehas leiduvad ained kasutatakse ära röövloma keha tarbeks, kes omakorda süüakse ära järgmise ja suurema looma poolt jne. Paljud loomad on siiski edukad (kas siis aitavad erinevad kaitsekohastumused või lihtsalt hea õnn) ja neil õnnestub ärasöömist vältida – nad surevad vanadusse. Sellisel juhul siseneb nende keha nii öelda mikroobsesse toitumisahelasse e mikroobsesse lünga. Üldiselt võib öelda, et elusolend süüakse ära igal juhul, kas elusalt või surnult. Esimesel juhul on tegemist klassikalise toitumisahelaga, teisel juhul mikroobse laguahelaga. Surnud organismi kasutavad enda tarbeks ära esmalt bakterid, seejärel toituvad aga bakteritest juba ainuraksed algloomad ja nendest omakorda hulkraksed loomad. Kui baktereid ei oleks, läheks olulisi aineid ringlusest pidevalt välja ja kogu süsteem vaesustuks hukatuslikult. Toimuks nn kõrbestumine, tekiks suured eluvabad piirkonnad. Tänu mikroobsele toitumisahelale on ainete ringkäik pidev. Ka need loomad, kes oskasid ennast teiste eest nii hästi peita, et neid elusalt ära ei söödud, leitakse bakterite poolt üles – muidu jääksidki nad igavesti kadunuks.

Seega on mikroobne toitumisahel ülimalt oluline – selle tugevus näitab, kui palju orgaanilist ainet tagasi ringlusesse suunatakse. Klassikalise toitumisahela tugevus näitab meile omakorda, kui efektiivselt jõuab madalamatel toitumisahela tasanditel talletatud energia kõrgemate tasanditeni, veekogudes näiteks röövkaladeni.

MIKS ON TOIDUAHELAD JUST NII PIKAD, NAGU NAD ON?

Toiduahelate pikkus sõltub otseselt hingamise efektiivsusest. Hapniku kasutamise puhul on ka toidu muutmine uueks produktsiooniks efektiivsem – reaalseks väärtuseks peetakse 40% (Fenchel, Finlay, 1990). Seega, kui näiteks aerjalgne sööb meres 100 ühikut vetikaid, moodustub sellest 40 ühikut uusi aerjalgseid. Need 40 ühikut muutuvad 16 ühikuks väikesteks kaladeks, need

6,4 ühikuks suurteks kaladeks, kes suudavad omakorda toetada 2,5 ühiku haide teket. Rohkemaks enam materjali ei jagu ja haid on toitumisahela viimane lüli.

Hapniku puudumisel (anaeroobsetes tingimustes) selline skeem aga enam ei toimi. Anaeroobsete protsesside energiatootlikkus on väiksem, mis kajastub ka väiksemas kasvuefektiivsuses – keskmiselt on see kõigest 10% (Fenchel, Finlay, 1990). See tähendab, et 100 ühikut orgaanilist ainet toodab 10 ühikut baktereid, kellest saab omakorda ainult ühe ühiku anaeroobseid ripsloomi. Selline madal tootlikkus ei jäta ruumi hüpoteetilise anaeroobse röövloomi tekkeks, kes toituks ripsloomadest. Anaeroobses keskkonnas on biomassi produktsioon lihtsalt liiga madal, toetamaks pikemaid kui kahelülilisi toiduahelaid – suuremate loomade jaoks puuduvad vajalikud nišid.

Muistsetel aegadel, kui elu meie planeedi ürgmeredes tärkas, olidki valdavaks üksnes sellised lihtsad kaheastmelised toitumisahelad. Kõik esimesed elusorganismid olid anaeroobid, lihtsalt sellepärast, et varases Maa atmosfääris leidis hapnikku üksnes väga väikestes kogustes.

HAPNIK PIKENDAB TOIDUAHELAIK

Anaeroobid võimutsesid Maal rohkem kui 500 miljonit aastat, enne kui hapnik hakkas elu arengus tähtsat rolli mängima. Mingil hetkel omandas üks eeltuumsete (prokarüootide) rühm võime kasutada päikeseenergiat – tekkis fotosüntees. Selleks rühmaks olid sinivetikad e sinikud. Pärast seda läbimurdelist sündmust hakkas Maa atmosfääri kuhjuma hapnik – sinikud vabastasid seda gaasi kui jäädet. Hapnikusisaldusega atmosfääri teke avas ukse selliste organismide arenguks, kes kasutavad hapniku molekule hingamisahelas energia saamiseks. Elu arengu seisukohalt oli see erakordselt edukas samm. Esiteks muutis see energiavahetuse tohutult efektiivsemaks. Ja põhiliselt võitsid sellest muutusest päristuumsed organismid (eukarüoodid). Kuigi ka mõned eeltuumsed on õppinud hapnikku oma energiavahetuses kasutama, olid need just päristuumsed, kes arenesid ja mitmekesistusid kui hapnikust sõltuvad organismid. Võib väita, et päristuumsed arenesid nii mitmekesisteks hulkrakseteks loomadeks just sellepärast, et suuta alla kugistada teisi loomi ja mitte ise saada kugistatud. Loomulikult kaasnes sellega ka elu levimine maismaale. Kisklus ja keerulised toitumisahelad, mida me tänapäeval tunneme, poleks seega kuidagi mõeldavad ilma hapnikuta. Kogu selle arengu vallapäästjaks oli fotosünteesi teke ja hilisem aeroobne hingamine.

Hoolimata sellest on paljudel päristuumsetel (inimene kaasa arvatud) näha selgeid märke nende anaeroobsest minevikust – vaba hapnikku kasutatakse üksnes energia saamiseks hingamisahelas, kuid mitte vajalike ainete sünteesiks. See näitab ilmekalt, et vaba hapnik hakkas elu ajaloos mängima olulist rolli alles siis, kui enamus biokeemilistest protsessidest oli juba 'leiutatud'. Kõik aeroobsed organismid peavad pidevalt tootma ensüüme, mis teevad kah-

jutuks neile ohtlikud hapniku vabad radikaalid. Anaeroobid aga elavad oma elu, vältides hoolikalt hapnikuga kohtumist, kuna neil vastavad kaitseensüümid puuduvad.

VEEKOGUDES ON HAPNIKUPUUDUS TAVALINE

Hapnikuvaba keskkond pole aga kuhugi kadunud. Anaeroobseid elupaiku on meie planeedil esinenud katkematult läbi kogu tema ajaloo – see võimalikest elupaikadest iidseim on alati olnud ja jääb ka edaspidi. Levinuimad hapnikuvabad elupaigad on ookeanide põhjasetted, mis moodustavad hämmastava, kogu maakera katva ja globaalselt katkematu hapnikuvaba biotoobi. Aga ka järvede setted on tihti hapnikuvabad – ülevalt settiva orgaanilise materjali lagundamise käigus kasutatakse hapnik ära. Lisaks sügavamad järved kihistuvad – alumised veekihi isoleeritakse atmosfäärist ja muutuvad samuti hapnikuvabaks.

Anaeroobsed veeökosüsteemid kasutavad valdavalt settivat orgaanilist ainet. Selle lagundamiseks – energia ja eluks vajalike ühendite saamiseks on hapnikuvabas keskkonnas võimalik üksnes nn anaeroobne hingamine, kus elektronide aktseptoriks kasutatakse hapniku asemel muid oksüdeeritud ühendeid, sealhulgas ka süsihappegaasi. See gaas eraldub enamiku laguprotsesside käigus ja on seetõttu saadaval ka seal, kus kõik muu võimalik on juba ära hingatud. Sellistes tingimustes saab toimida üksnes kaheastmeline käärimine. Esmalt algab alati tavaline käärimine, mille käigus lagundavad kääritajad bakterid keerukad orgaanilised molekulid väiksemateks ja lihtsamateks. Metaankäärimine ehk metanogeneesis on laguprotsessi viimane vaatus, milles nendest väikestest orgaanilistest molekulidest moodustub metaan. Selle viimase etapi eest vastutavad metanogeensed arhead. Ilma nende mikroorganismideta koguneks anaeroobsesse keskkonda tohutus koguses orgaanilist süsinikku. Nüüd vabaneb see aga metaanina atmosfääri. Metaan on tuntud kui oluline kasvuhoonegaas, mille panus globaalsesse soojenemisesse on 25 korda suurem kui süsihappegaasil.

METAAN EI OLE AINULT KASVUHOONEGAAS, VAID 'TOIDAB' KA TOIDUAHELAI

Metaani pääsemist atmosfääri aitavad õnneks takistada metaani tarbivad bakterid ehk metanotroofid. Need on bakterid, kes oma eluks vajaliku süsiniku ja energia saavad metaanist, seda efektiivselt kasutades. Metanotroofid võivad oksüdeerida kuni 90% veekogus toodetud metaanist uuesti veeks ja süsihappegaasiks, aidates seega vähendada metaani kui ohtliku kasvuhoonegaasi eraldumist (Kankaala jt, 2007). Metanotroofseid baktereid söövad omakorda ainuraksed algloomad, aga ka mitmed hulkraksed zooplankterid ning veekogu põhjal elutsevad suurselgrootud (Kankaala jt, 2006; Murase, Frenzel, 2007; Deines jt, 2007), lülitades metaani kui süsinikuallika sedasi tagasi veekogude toitumisahelatesse.

Senini on metaani liikumist toiduahelasse peetud eelkõige väikestes sügavates boreaalsetes järvedes toimuvaks protsessiks (Jones, Grey, 2011), kuid meie töörühma uuringud uuenduslikul stabiilsete isotoopide meetodil (foto 1) tõestasid, et metaan võib olulisel määral olla veeorganismide süsinikuallikaks ka sellistes madalates järvedes nagu Võrtsjärv. Arvestades madalate järvede suurt osakaalu kogu maailmas annab see tulemus olulist informatsiooni laiendamaks arusaama globaalsest süsinikuringest. Metaanile on iseloomulik väga madal süsiniku isotoopväärtus ($\delta^{13}\text{C}$ –60 kuni –80‰, Eller jt, 2005), mis annab võimaluse jälgida selle süsinikuallika liikumist läbi toiduahela. Võrtsjärve madalas taimestikurikkas lõunaosas lülitub metaanisüsinik nii pelaagilisse kui ka bentilisse toiduahelasse. Selle süsinikuallika kasutamisel on ka sesoonsed eripärad: kevadel ja suvel, mil põhjalähedastes veekihtides esineb hapniku-puudust, liigub metaani oksüdeerivatelt bakteritelt pärinev süsinik zooplanktoni vahendusel pelaagilisse, vabas vees toimivasse toiduahelasse; sügisel, hapnikutingimuste paranemisel toimub metaani oksüdeerimine settes, kus see on surusääsklaste (Chironomidae) vastsete vahendusel kättesaadav bentilises, ehk setete toiduahelas. Piirkonniti võib metaanisüsinik moodustada ligi poole surusääse vastsete kehasüsinikust (joonis 1).

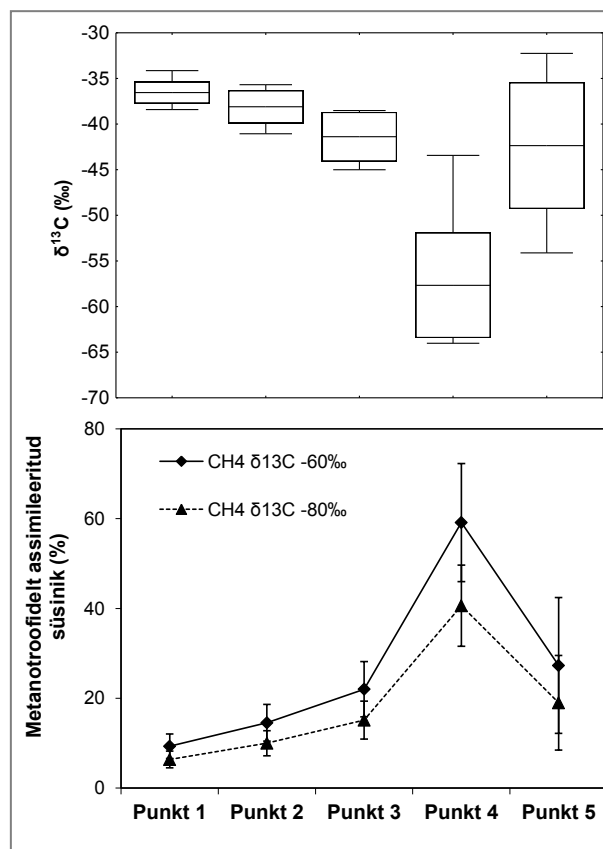
VÄIKESTE LOOMADE SUUR JA TÄHTIS TÖÖ

Toiduahela vahendusel liigub metaanist pärinev süsinik edasi kõrgematele troofilistele tasemetele, toetades mingil määral isegi kalaproduktsiooni (Aga-sild jt, 2014; Cremona jt, 2014). Erinevalt Võrtsjärve taimestikurikkast lõunaosast on vabaveelises põhja- ja keskosas veekiht hästi läbi segatud ja hapnikurikas. Metaani tekib ka seal, kuid toiduahelatesse lülitub see vaid talvel jää all, kui tekib hapnikupuudus. Kuna metaani kasutavad metanotroofsed bakterid pole oma väiksuse tõttu toiduna kättesaadavad enamusele hulkraksetest organismidest, moodustab bakteritest toituvate algloomade poolt vahendatud nn 'mikroobne ling' äärmiselt tähtsa vahelüli metanogeense süsiniku jõudmisel hulkrakse zooplanktoni ja kalavastseteni. Meie tulemused selles väheuuritud valdkonnas näitasid, et erinevalt sügavatest järvedest, võimaldavad madalates järvedes metaanisüsiniku levikut toiduahelasse vee- ja settekoosluste tihedad seosed. Meie uuringud Võrtsjärvel ja Peipsil on aidanud mõista algloomade üliolulist rolli veekogude toiduahelates. Kui valdavas osas maailma järvedest pole algloomi üldse uuritudki, siis Võrtsjärve zooplanktoni biomassist moodustavad algloomade hulka kuuluvad ripsloomad keskmiselt 66% (Zingel, Nõges, 2010) (joonis 2). Ripsloomade tähtis roll mikroobsetes toiduahelates on küll juba ammu teada (nt Fenchel, 1987; Sanders jt, 1989), kuid meie tööd on näidanud, et nende tähtsus kogu toiduahela seisukohalt võib olla seni arvatust palju suurem, Võrtsjärve ainevahetuses on see lausa valdav (Cremona jt, 2014). Ripsloomad on üherakulised loomad ja mõõtmelalt väga väikesed, enamasti 20–100 µm, kuigi leidub ka väiksemaid ja suuremaid liike. Nende kõige iseloomulik tunnus on rakupinda katvad ripsmed (foto 2). Ta-

valiselt on ripsmeid väga palju – nende arv võib küündida isegi mitmekümne tuhandeni. Iga ripse teeb aerulöögitaolisi liigutusi – kõverdub järsku ja jõuliselt ühele poole, et seejärel taas aeglaselt sirguda. Ripsmete koordineeritud töö tulemusena liiguvadki ripsloomad kiiresti edasi. Paljudel liikidel ühinevad üksikud ripsmed üksteisega, moodustades keerulisi struktuure.

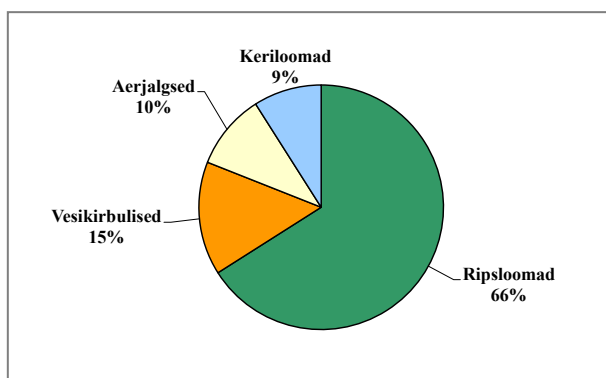


Foto 1.
Võrtsjärv päeval ja öösel.



Joonis 1.

Võrtsjärve taimeistikurikka lõunaosa punktis 4 olid surusääse vastsete (*Chironomus plumosus*) novembrikuised $\delta^{13}\text{C}$ väärtused väga madalad ja see viitab metaani süsiniku tarbimisele. Metanotroofsete bakterite vahendusel assimileeriti seal üle poole surusääse vastsete keha süsinikust.



Joonis 2.

Erinevate zooplanktonirühmade biomassi osakaal Võrtsjärves.

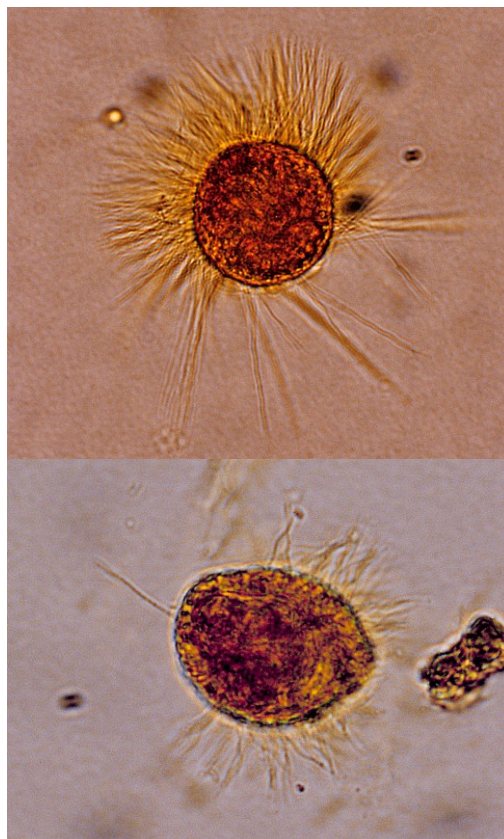
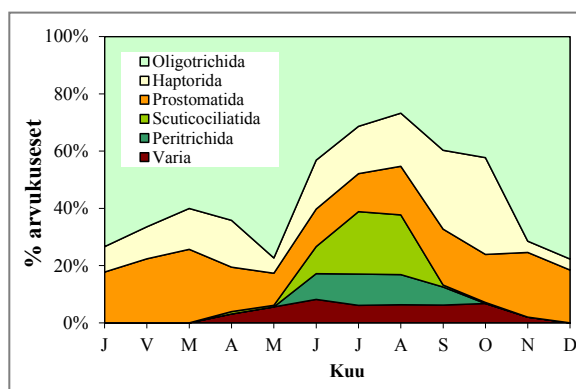


Foto 2.

Kaks Võrtsjärve ripslooma – *Halteria grandinella* (üleval) ja *Urotricha farcta* (all).

Halteria grandinella on väike bakteritoiduline ripsloom, kelle arvukus on Võrtsjärves kõrgseisus suvel. *Urotricha farcta* toitub bakteritest, viburloomadest ja väikestest vetikatest ning on kõige arvukam sügisel.

Uuritud aastatel on Võrtsjärves domineerinud viis ripsloomade seltsi: oligotrihhid (Oligotrichida), skutikotsiliaadid (Scuticociliatida), haptoriidid (Haptorida), prostomatiidid (Prostomatida) ja peritrihhid (Peritrichida), kes moodustavad tavaliselt umbes 95% kogu ripsloomade arvukusest (joonis 3).

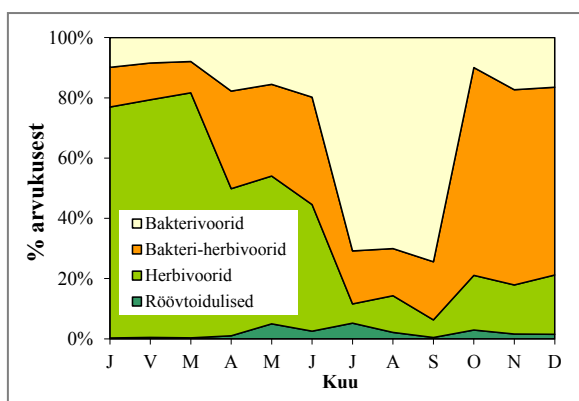


Joonis 3.

Erinevate ripsloomarühmade osakaal Võrtsjärves.

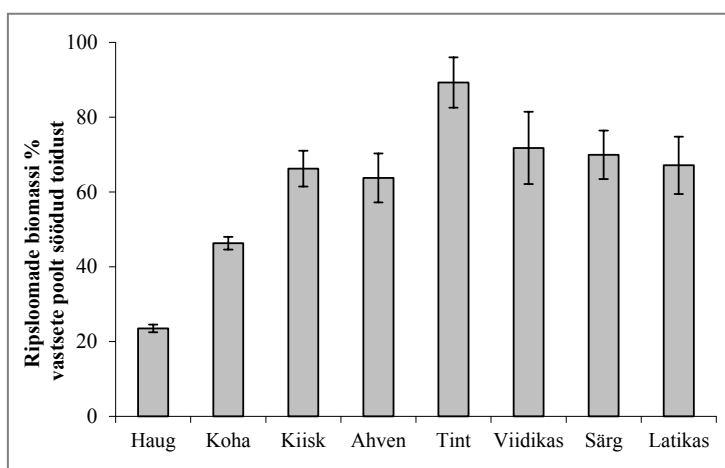
Võrtsjärve ripsloomade sesoonne dünaamika on uuritud aastate jooksul järginud küllaltki kindlat mustrit (Zingel, Nõges, 2010), milles võib eristada nelja omanäolist perioodi (joonis 4):

- I (jaanuar–märts) madal arvukus, domineerivad vetiktoidulised liigid.
- II (aprill–juuni) kevadine kõrgseis, domineerivad vetiktoidulised.
- III (juuli–september) suvine kõrgseis, domineerivad bakteritoidulised, saavutatakse aasta suurimad arvukused ja biomassid.
- IV (oktoober–detsember) sügisene kõrgseis, domineerivad liigid, kes söövad nii baktereid kui ka vetikaid.



Joonis 4.
Ripsloomade erinevate
toitumisrühmade osakaal
Võrtsjärves.

Ripsloomade vahendusel liigub toiduahelat pidi kaladeni eelkõige ‘mikroobse lingu’ süsinik. Uuenduslike uurimismeetodite kasutamine Võrtsjärves näitas, et kui ripsloomi toidubaasis mitte arvestada, jäaksid kalavastsed seal nälga ja hukkuksid (Zingel jt, 2012). Võrtsjärves pärineb 60% kalavastsete poolt omandatud süsinikust just nimelt ripsloomadest (joonis 5).



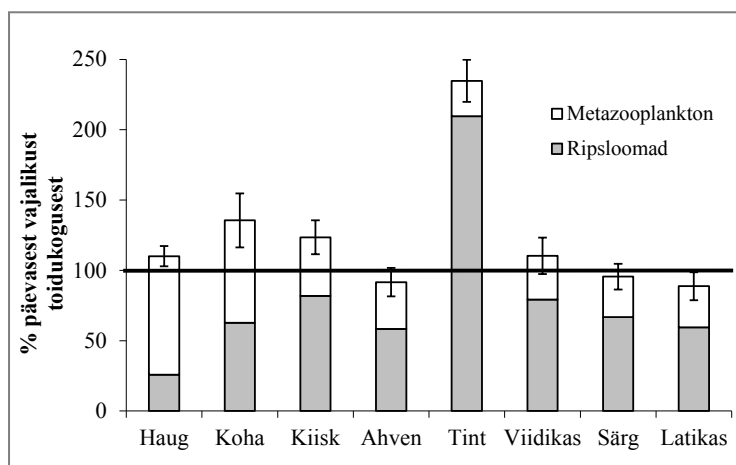
Joonis 5.
Ripsloomade osakaal Võrtsjärve kalavastsete toidus.

Ripsloomad on paljudele kaladele esimeseks toiduks, mida hakatakse jahtima kohe pärast rebukotis leidunud varude ammendumist. Seda perioodi peetakse kalade elus kõige kriitilisemaks – kui vastsed leiavad küllaldaselt sobilikku toitu (ja seda nende jaoks ohututes tingimustes), jäävad nad elama ja loovad aluse tugeva põlvkonna kujunemiseks (Houde, 2008; Browman, 2014).

Meie töörühm näitas, et kõigi uuritud kalaliikide vastsed toitused ripsloomadest ja et ükski liik ei suutnud ilma ripsloomadest toitumata rahuldada oma päevast toiduvajadust (joonis 6). Seega võib ‘mikroobsest lingust’ otseselt sõltuda kalapõlvkondade tugevus ja struktuur. Magevetes pole vastavaid uuringuid varem läbi viidud. Samuti on haruldased uuringud, kus käsitletakse ühtse kvantitatiivse tervikuna nii zooplanktonit kui ka kalu (Montagnes, 2010).

Lisaks viidi läbi ainulaadselt kompleksed uuringud kalaliikides (Karus jt, 2014), mis aitasid selgitada kala noorjarkude otsest mõju nii mikroobsele kui ka klassikalisele toiduahelale. Näidati veenvalt, et mõistmaks mingi ökosüsteemi toimimist, tuleb tunda süsteemis leiduvate liikide ökoloogilist omapära ja käitumist. Enamiku mikroobse lingu komponentide puhul on vastavad teadmised paraku endiselt väga kasinad või puuduvad sootuks. Meie uuringutest selgus, et planktontoiduliste kalade esinemisel on põhilisteks bakteritarbijateks ripsloomad, nende puudumisel aga heterotroofsed viburloomad. Kalade puudumisel oli bakterite arvukus palju madalam.

Selgus, et kui veekogus planktonist toituvaid kalu ei esine, määrab zooplanktoni koosluse struktuuri suurte röövtoiduliste plankterite (nt *Leptodora kindtii*) esinemine. Sama tähtis on teada ka ripsloomade koosluse liigilist struktuuri – kas esineb röövtoidulisi vorme, või on mõnedel väikestel bakteritoidulistel liikidel kujunenud välja mingeid katsekohastumisi? Ilma vastavate



Joonis 6.

Vajaliku toidukoguse omandamine kalavastsete poolt Võrtsjärves. Must joon tähistab kriitilist kogust, mille vastsed peaksid igapäevaselt tarbima.

teadmisteta on väga raske ennustada, kuidas reageerib toiduahel võimalikele muutustele. Meie katsetiikides esinesid näiteks kaks väikest bakteritoidulist ripsloomaliiki – *Hastatella radians* ja *Halteria grandinella* –, kellest esimest kaitsevad ärasöömise eest ogad ja teist järsk hüplik liikumine. Mõlemad liigid olid väga arvukad, hoolimata mitme suurema röövtoidulise liigi esinemisest, ning suutsid edukalt toituda ja paljuneda tingimustes, kus teised väikesed bakteritoidulised ripsloomaliigid selgelt kiskluse all kannatasid. See kajastus ka bakterite väiksemas arvukuses ja jättis jälje kogu toiduahelale.

Kes ja kui palju ripsloomi söövad ja nende hulka veekogus kontrollivad, on seega oluline ja seni maailmatasemel ähmane küsimus (Jürgens jt, 1999; Zingel jt, 2007), millesse Võrtsjärve uuringud on aidanud selgust tuua. Ilmnes, et lisaks kalavastsetele sööb ripsloomi ka nn 'tavaline' hulkrakne zooplankton (vesikirbulised, aerjalgsed ja keriloomad; foto 3), kuid ometi ei suuda nemad ripsloomade hulka järves olulisel määral mõjutada (Agasild jt, 2013).

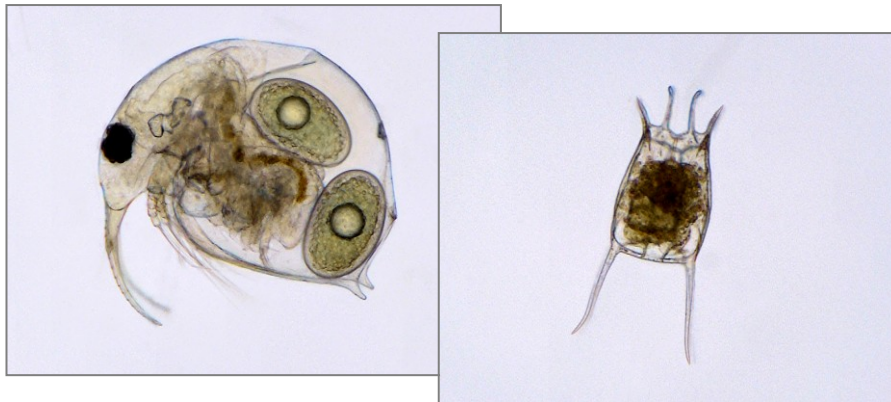


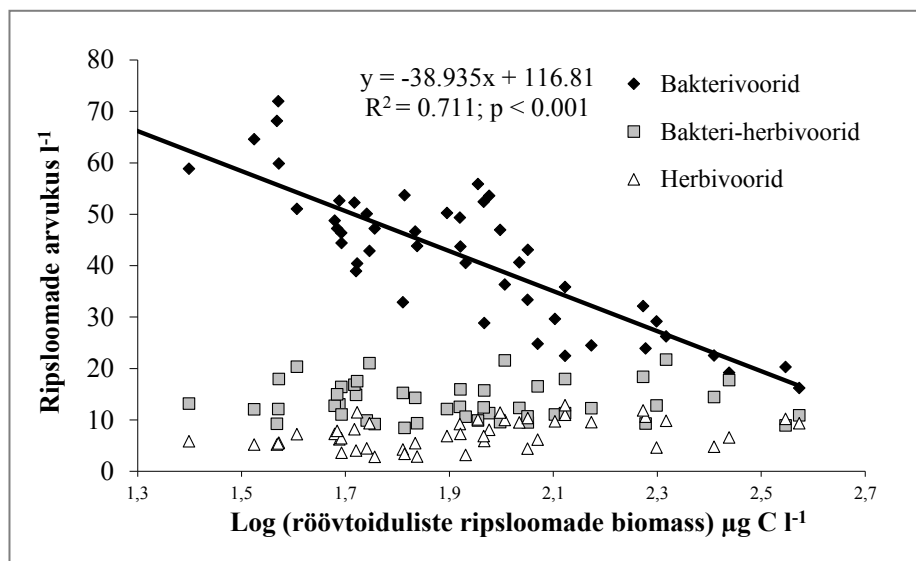
Foto 3.

Kaks Võrtsjärve hulkrakset zooplankterit – vesikirbuline *Bosmina longirostris* (vasakul) ja keriloom *Keratella quadrata* (paremal).

Bosmina longirostris on Võrtsjärves üks tavalisemaid vesikirbulisi. Vesikirbulised on filtraatorid, kurnates veest endale toiduks baktereid, väikeseid vetikaid, algloomi ning surnud orgaanilist ainet – detriiti. *Keratella quadrata* on Võrtsjärves jahedamal perioodil esinev keriloom. Tema toiduobjektide hulka kuuluvad peamiselt väikesed vetikad ja algloomad.

Seda teevad nad kaudselt, vähendades eelkõige röövtoiduliste ripsloomade (>300 µm; *Paradileptus* sp., *Dileptus* sp.) hulka ja muutes ripsloomade koosluse sees toimivaid toitumissuhteid niimoodi, et väikestele taim- ja bakteritoidulistele ripsloomadele jääb rohkem eluvõimalusi (joonis 7).

Meie tulemused näitasid veel, et röövtoidulised ripsloomad võivad olla toiduahelates oluliseks sillaks väikeste ripsloomade ja suurte hulkraksete zooplankterite vahel.



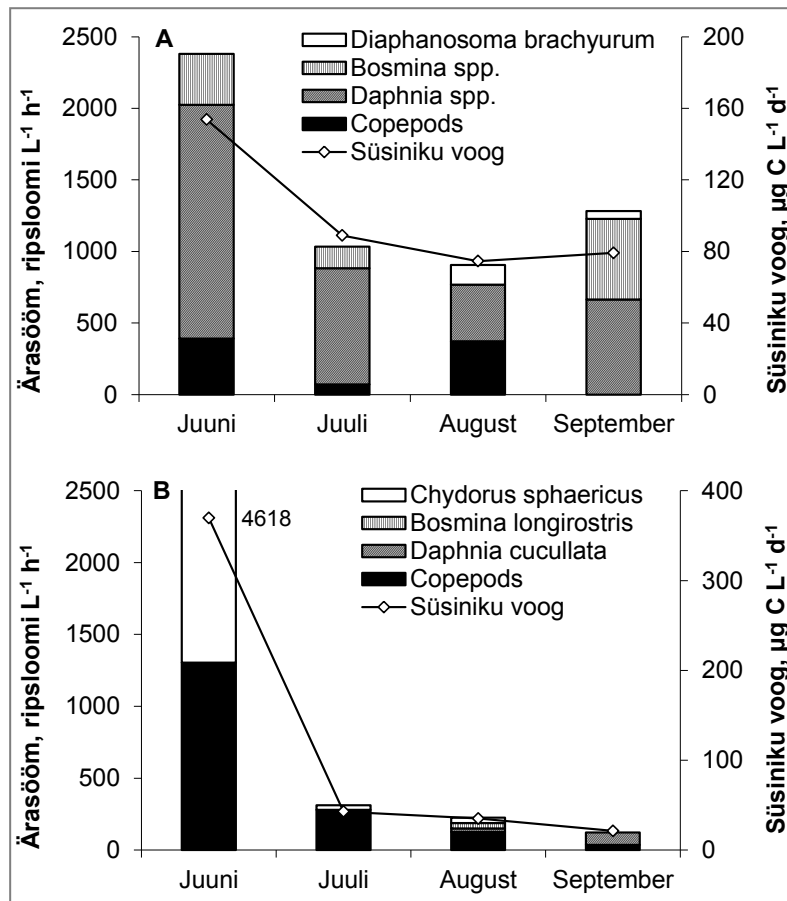
Joonis 7.

Seos röövtoiduliste ja bakteritoiduliste ripsloomade vahel Võrtsjärves.

VÕRTSJÄRV JA PEIPSI – SARNASED VÕI ERINEVAD?

Isegi pealtnäha sarnastes veekogudes võib toitumisahel olla sootuks erinev. Heaks näiteks on siin kahe meie suure madala järve, Võrtsjärve ja Peipsi võrdlus. Võrtsjärves jääb palju rohkem vetikaid söömata ning suundub laguahelasse, mistõttu sealses ökosüsteemis on bakteritel palju suurem roll kui Peipsi toiduahelates. See väljendub ka nende järvede zooplanktoni kooslustes (Zingel, Haberman, 2008). Keskmise hulkrakne zooplankter on Peipsis üle poole suurem kui Võrtsjärves. Samuti on Peipsis tunduvalt rohkem röövtoidulisi zooplanktereid (nt *Leptodora kindtii*). Ilmekalt kajastub erinevus ka ripsloomade osatähtsuses: kui Võrtsjärves moodustavad ripsloomad kogu zooplanktoni biomassist keskmiselt 66%, siis Peipsis vaid 6%. See on omakorda otseselt seotud hulkrakse zooplanktoni toitumismõjuga ripsloomadele. Peipsis reguleerivad suuremakehalised vähilaadsed edukalt väiksemate ripsloomade hulka, kuid Võrtsjärves jääb otsene ärasöömismõju üliarvukale algloomade kooslusele tagasihoidlikuks (Agasild jt, 2012; joonis 8). Ilmekas on ka fütoplanktoni ja zooplanktoni biomasside suhte mitmekordne erinevus – Võrtsjärves on see 12, Peipsis vaid 4. Suurem suhe Võrtsjärves viitab sellele, et fütoplanktoni ja zooplanktoni vahel on toiduahelas lisalüli bakterite kui lagun-dajate näol. Nii venib toiduahel pikemaks ja on väiksema kasuteguriga. Võrtsjärves moodustab kalaproduktsioon primaarproduktsioonist vaid ca 0,3%. Peipsis on toiduahel lühem ja kaladesse jõuab ca 1% primaarproduktsioonist. Sama seaduspära näitab ka bakterite biomassi ja produktsiooni võrdlus neis

kahes järves. Võrtsjärves on bakterite biomass *ca* 7 korda väiksem, kuid bakterite produktsioon *ca* 9 korda suurem kui Peipsis (Nõges jt, 2003, 2008). Siin tulevadki jälle mängu ripsloomad, kes Võrtsjärve baktereid hoolega söövad ja nende biomassi madalal hoiavad. Peipsis on ripsloomi üle 10 korra vähem kui Võrtsjärves ja seal saab bakterite hulk madalale produktsioonile vaatamata kõrgeks kasvada.



Joonis 8.

Vähilaadse zooplanktoni toitumine mikrosuurusega (15–40 µm) ripsloomadest ja süsinikuvoog ripsloomade kooslusest Peipsis (A) ja Võrtsjärves (B).

KIRJANDUS

Agasild, H., Zingel, P., Nõges, T. 2012. Live labeling technique reveals contrasting role of crustacean predation on microbial loop in two large shallow lakes. *Hydrobiologia*, 684, 177-187.

- Agasild, H., Zingel, P., Karus, K., Kangro, K., Salujõe, J., Nõges, T. 2013. Does metazooplankton regulate the ciliate community in a shallow eutrophic lake? *Freshwater Biol.*, 58, 183-191.
- Agasild, H., Zingel, P., Tuvikene, L., Tuvikene, A., Timm, H., Feldmann, T., Salujõe, J., Toming, K., Jones, R. I., Nõges, T. 2014. Biogenic methane contributes to the food web of a large, shallow lake. *Freshwater Biol.*, 59(2), 272-285.
- Browman, H. I. 2014. Commemorating 100 years since Hjort's 1914 treatise on fluctuations in the great fisheries of northern Europe: where we have been, where we are, and where we are going. *ICES J. Mar. Sci.*, 71(8), 1989-1992.
- Cremona, F., Kõiv, T., Kisand, V., Laas, A., Zingel, P., Agasild, H., Feldmann, T., Järvalt, A., Nõges, P., Nõges, T. 2014. From bacteria to piscivorous fish: Estimates of whole-lake and component-specific metabolism with an ecosystem approach. *PLoS ONE*, 9(7), e101845.
- Cremona, F., Timm, H., Agasild, I., Tõnno, T., Feldmann, R., Jones, I., Nõges, T. 2014. Benthic foodweb structure in a large shallow lake studied by stable isotope analysis. *Freshwater Sci.*, 33, 885-894.
- Deines P., Bodelier, P. L. E., Eller, G. 2007. Methane derived carbon flows through methane-oxidizing bacteria to higher trophic levels in aquatic systems. *Env. Microbiol.*, 9, 1126-1134.
- Eller, G., Deines, P., Grey, J., Richnow, H. H., Krüger, M. 2005. Methane cycling in lake sediments and its influence on chironomid larval partial derivative $\delta^{13}\text{C}$. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 54, 339-350.
- Fenchel, T. 1987. Ecology of Protozoa. *The Biology of Free-Living Fagotrophic Protists*. Springer.
- Fenchel, T., Finlay, B. J. 1990. Anaerobic free-living protozoa: growth efficiencies and the structure of anaerobic communities. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 74, 269-276.
- Houde, E. D. 2008. Emerging from Hjort's Shadow. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 41, 53-70.
- Jones, R. I., Grey, J. 2011. Biogenic methane in freshwater food webs. *Freshwater Biol.*, 56, 213-229.
- Jürgens, K., Skibb, O., Jeppesen, E. 1999. Impact of metazooplankton on the composition and population dynamics of planktonic ciliates in a shallow, hypertrophic lake. *AME*, 17, 61-75.
- Kankaala, P., Taipale, S., Grey, J., Sonninen, E., Arvola, L., Jones, R. I. 2006. Experimental d^{13}C evidence for a contribution of methane to pelagic food webs in lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 51, 2821-2827.

- Kankaala, P., Taipale, S., Nykänen, H., Jones R. I. 2007. Oxidation, efflux, and isotopic fractionation of methane during autumnal turnover in a polyhumic, boreal lake. *J. Geophys. Res.*, 112, G02003.
- Karus, K., Paaver, T., Agasild, H., Zingel, P. 2014. The effects of predation by planktivorous juvenile fish on the microbial food web. *Eur. J. Protistol.*, 50, 109-121.
- Murase, J., Frenzel, P. 2007. A methane-driven microbial food web in a wetland rice soil. *Environ. Microbiol.*, 9, 2025-3024.
- Nõges, T., Haberman, J., Kangur, A., Kangur, K., Kangur, P., Künnap, H., Timm, H., Zingel, P., Nõges, P. 2003. Võrtsjärve toiduahelad. Võrtsjärv. Loodus, aeg, inimene. Toim J. Haberman, E. Pihu, A. Raukas, A. Eesti Entsüklopeediakirjastus, 393-404.
- Nõges, T., Nõges, P. 2008. Peipsi tervislik seisund. Peipsi. Toim J. Haberman, T. Timm, A. Raukas, A. Eesti Loodusfoto, Tartu, 387-394.
- Sanders, R. W., Porter, K. G., Bennett, S. J., DeBiase, A. E. 1989. Seasonal patterns of bacterivory by flagellates, ciliates, rotifers, and cladocerans in a freshwater planktonic community. *Limnol. Oceanogr.*, 34, 673-687.
- Zingel, P., Agasild, H., Nõges, T., Kisand, V. 2007. Ciliates are the dominant grazers on pico- and nanoplankton in a shallow, naturally highly eutrophic lake. *Microb. Ecol.*, 53, 134-142.
- Zingel, P., Haberman J. 2008. A comparison of zooplankton densities and biomass in Lakes Peipsi and Võrtsjärv (Estonia): rotifers and crustaceans versus ciliates. *Hydrobiologia*, 599, 153-159.
- Zingel, P., Nõges, T. 2010. Seasonal and annual population dynamics of ciliates in a shallow eutrophic lake. *Fund. Appl. Limnol.*, 176, 133-143.
- Zingel, P., Paaver, T., Karus, K., Agasild, H., Nõges, T. 2012. Ciliates as the crucial food source of larval fish in a shallow eutrophic lake. *Limnol. Oceanogr.*, 57(4), 1049-1056.

*Teaduspreemia põllumajandusteaduste alal
tööde tsükli
"Toidu kvaliteet, sensoorsed ja tervislikud omadused
ning nende püsivus" eest*



Toomas Paalme

Toomas Paalme tööde tsükkel demonstreerib tähelepanuväärset edu toidu olemuse transformeerimisel teaduslikult mõõdetavateks suurusteks. Analüüsitakse ja kvantifitseeritakse toidu kvaliteedi ja maitseomaduste kujunemist ja püsimist tootmise ja tarbimisahela erinevates lülides ning fookuses on Eestile traditsiooniliste bakterkultuuride roll rukki- ja leiva tootmise ja tarbimisega seotud protsessides.

SISSEJUHATUSEKS

Toit, selle kättesaadavus, maitse ja tervislikkus on inimese heaolu seisukohast üliolulised tegurid. Hiljutine instrumentaalsete, modelleerimis- ja sensoorika meetodite areng avas uued võimalused süsteemseteks uuringuteks nii toidu- tehnoloogia ja -teaduse kui ka toitumise valdkonnas. See teeb võimalikuks mõista keerulisi seoseid toidu tarne- ja seadeahelas, sh toitumuse, toidu tervislikkuse ning maitse ja aroomiga seotud aspekte, ning leida teaduslikult põhjendatud vastuseid meid igapäevaselt puudutavatele küsimustele.

Kogu uus toetub vanadele, juba koolis õpitud looduseadustele, mille põhitõed toiduvaldkonna käsitlemisel kipuvad paraku ununema ja taganema lihtsustatud käsitlemise ees, mistõttu meedia kohati vohab toiduga seotud eksitavatest ja kahtlase väärtusega artiklitest. Põhjusteks on siin nii probleemistiku keerukus kui ka valdkonna interdistsiplinaarsus, st probleem hõlmab väga erinevaid teadusvaldkondi: põllumajandusteadusi, loodusteadusi, tehnikateadusi, ökoloogiat ja meditsiini, ja ka meie endi võime haarata kõike seda ühtse tervikuna.

Selle terviku mõistmiseks peame alustama kõige esmasest, s.o toidu kättesaadavusest, toiduga kindlustatusest (ingl *food security*), mis on probleemiks mitte ainult arenguriikides, vaid ikka veel ka paljudele meie inimestele, seda põhiliselt küll asendamatute toitainete osas. FAO – Ülemaailmse Toidu ja Põllumajandusorganisatsiooni hinnangul toodetakse Maal piisavalt toitu, et katta kõikide oma asunike toitainevajadused. Probleemiks on aga tarneahel, s.o kuidas tagada kõigi meie elutegevuseks vajalike toitainete jõudmine piisavas koguses kõikide Maa elanike toidulauale, ja seda rahvastiku arvu pideva kasvu ning maaviljeluseks kasutatava maa-ala ökoloogiliselt kriitilise piirini lähenemise tingimustes. Sellele lisandub üha suurem sekundaarse produktiooni kasutamine toiduks kiirelt arenevates riikides ning mahetootmise mahu kasv lääneriikides. Mõlemad tendentsid vähendavad Maa toiduressurssi ja võimet kindlustada kogu Maa elanikkond toiduga.

Lihtsustatult vaadatuna tundub mahetootmine väga keskkonna- ja inimsõbraliku tootmisviisina ning võttena, mis tagab toidu parima kvaliteedi, nii toiteväärtuse, toiduohutuse, tervislikkuse kuid ka maitseomaduste aspektist. Kuid kas see tegelikkuses on ikka (alati) nii? Kui oleme seeläbi sunnitud võtma suured maa-alad täiendavalt põllumajanduslikku kasutusse, siis milline on mõju ökosüsteemidele ja inimese heaolule.

Kohalikku toitu käsitletakse kui palju maitsvamat, tervislikumat, keskkonnasõbralikumat ja ohutumat. Inimesed on nõus selle eest lisahinda maksma, kas alati õigustatult? Nii toetatakse maaelu, kuid kas kohaliku toidu kvaliteet, maitse on (alati) parem ja riigi majandusele pikas perspektiivis kasulik? Kui oluline on siin sõjalis-strateegiline aspekt?

Vastupidiselt tendentsidele arenguriikides, kus inimeste jõukuse kasv tõukab üha enam kasutama loomset toitu, on läänemaailmas suur osa inimesi liikumas kas tervislikel või eetilistel kaalutlustel taimetoitluse teele. Ökoloogilisest seisukohast on see tervitatav, aga kas taimetoitlus on ka inimese tervise, heaolu seisukohast mõistlik?

Praktikas nendele küsimustele vastust otsides lähtutakse pigem sisetundest, autoriteetidest, mõnekordsest isiklikust kogemusest, kitsastest huvidest kui süsteemsest, looduseadustel ning konkreetsetel arvutustel põhinevast käsitlusest. Ka teadlastel ei jätku alati teadmisi, oskusi, tööriistu, raha ja võib-olla ka piisavalt tahtmist, et anda ülalpool toodud ja paljudele teistele igapäevaselt toidu ja toitumisega esile kerkivatele küsimustele ammendavad, mitte-eksitavad vastused.

TOIDUSÜSTEEMIDEST

Selleks, et mõista süvitsi juba ülaltoodud ja paljusid teisi, tihti vastuolulisi toidu ja toitumisega seotud aspekte, peame vajalikuks süsteemset lähenemist toidu tarne- ja seadeahelale kui tervikule. Süsteembioloogia kui teadus on teinud suure sammu selles suunas, eriti arendades välja 'oomika' meetodid: proteoomika, metagenoomika, metabooloomika, transkriptoomika ning võttes kasutusele saadud andmete töötlemisel bioinformaatika ja modelleerimise. See katab suure osa toiduteaduse ja -tehnoloogiaga seotud probleeme, kuid mitte päris kõike olulist, sh ka toidu struktuuri ja maitseomadustega seonduvat. Toidu süsteembioloogia, haarates füüsika ja sensoorika meetodid ning lõppkokkuvõttes ka inimese, hõlmab laia seoste ringi toidu tarne- ja seadeahelas, kaasates nii toidu põllumajandusliku tootmise, tarneahela, käitlemise, tarbimise ja seedimise, maitse- ja tarbijaeelistused kui ka ökoloogiaga seotud aspekte.

Toidusüsteemide analüüsiks ja vääriti üksteisemõistmise vältimiseks käsitleme kõigepealt mõningaid olulisi toiduga seonduvaid mõisteid, nagu toit, toitaine, toiduaine ja toitumine. Igapäevakeeles võib sõna toit sõltuvalt kontekstist omada mitmeid erinevaid tähendusi. Näiteks 'toitu' käsitletakse nii i) toiduaine või -tootena ii), roa, söögina, iii) tarvitatud toiduna. Toiduseaduse kohaselt on toit defineeritud kui toiduaine või -toode (www.riigiteataja.ee/akt/12817050?leiaKehtiv). Toitaineid defineeritakse aga kui valke, süsivesikuid, rasvu, kiudaineid, naatriumi, vitamiine ja mineraaltoitaineid ning aineid, mis kuuluvad ühte nimetatud gruppidest või on selle koostisosad (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX:32011R1169>).

Mis on tervislik toit? Kas defineerides toitu toiduseaduse mõistes on üldse selline küsimuse püstitus õige? Üks ja sama toiduaine ja -toode võib personaalse dieedi (täiend)osana olla nii tervislik kui ka mitte nii tervislik, sõltudes konkreetsest inimesest, tema füsioloogilisest seisundist, tarbimiskogusest ning toi-

du tarbimise 'ajaloost'. Seetõttu on toitumisealaseid väiteid raske tõestada, aga ka ümber lükata. Rääkides tervislikust toidust peame silmas eeskätt tervislikku toitumist. Selle teaduslikul käsitlusel ei saa me aga üle ega ümber MASSI JA ENERGIA JÄÄVUSE SEADUSEST, mis on ühtlasi üheks süsteemibioloogia alustalaks.

Toidu (s.o toiduaine või -toote) funktsionaalsuse, sh tervislikkuse, esmaseks kriteeriumiks on ohutuse kõrval tingimus, et see dieedi osana aitaks rahuldada organismi vajadust kõikide asendamatute toitainete ja energia järele. Asendamatute toitainete hulka kuuluvad kõik keemilised elemendid, millel on organismis selgelt väljendatud bioloogiline funktsioon ja nad on seega asendamatud – nii makro- kui ka mikroelemendid (vt KEGG andmebaas: www.genome.jp/kegg/catalog/elements.html). Need elemendid võivad esineda nii toitainete (näiteks valkude, ensüümide) koostises kui ka mineraal-sooladena. Teiseks rühmaks on asendamatud orgaanilised ühendid, s.o ühendid, mida inimese organism ei ole võimeline sünteesima *de novo* teistest toitainetest, näiteks glükoosist, glutamiinhapest, veest ja mineraalainetest. Imetajatel kuuluvad asendamatute toitainete hulka aminohapped (histidiin, isoleutsiin, leutsiin, lüsiin, metioniin, fenüülalaniin, treoniin, trüptofaan, valiin ja tinglikult ka mõned teised), vitamiinid (A, B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₁₂, foolhape, C, D, E, K₁, K₂), mõned ω-3 ja ω-6 rasvhapped (vitamiin F). Taimed on aga võimelised kõiku neid aineid ise sünteesima (vt www.genome.jp/kegg/pathway.html). Inimesele kasulikke (funktsionaalseid) agente on toidus kindlasti veel teisigi, nagu kiudained, füstosteroolid, mikroobid ja paljud teised, mille kõigi toimemehhanismid ning inimese vajadus nende järele ei ole veel kaugeltki selge.

Seda, kui palju üht või teist (asendamatut) toitaine *i* organism vajab, saab kirjeldada lihtsa massibilansi võrrandiga, kus aine *i* hulga (päevane, kuine) akumuleerumine (või vähenemine) organismis (ORG_i) on võrdne:

$$ORG_i = TOIT_i - VÄLJA_i - LAG_i \quad (1)$$

Muutujad $VÄLJA_i$ ja LAG_i , mis näitavad vastavat toitaine *i* väljaviimis- ja lagunemiskiirust organismis, varieeruvad sõltuvalt organismi toitumisest, selle füsioloogilisest seisundist ja vajadustest, sõltuvalt sellest, kuidas ja kui võrd organismisisesed kontrollimehhanismid suudavad kontrollida nende ainete kontsentratsiooni vajalikul tasemel. Juhul kui organismi seisund on stabiilne, s.o aine *i* hulk organismis ei muutu ($ORG_i = 0$), peab komponendi *i* hulk manustatud toidus ($TOIT_i$) olema võrdne selle komponendi väljaviimise ja lagunemise summaga ($LAG_i + VÄLJA_i$). Arvestades inimese organismi võimet reguleerida organismisisesest ainete hulka, peab tervislik dieet sisaldama igat asendamatut toitekomponenti vähemalt nii palju, kui ta seda kokku minimaalselt lagundab ja organismist välja viib. Täpsed väärtused (mg kehakaalu kg kohta ööpäevas) on individuaalsed. Toitumissoovitustes tuuakse välja tarbimishulgad, mis välistavad asendamatute toitainete puuduse enamikul ini-

mestest. Asendamatute aminohapete kohta võib vastavad ($VÄLJA_i + LAG_i$) väärtused leida WHO toitumissoovitustes (http://whqlibdoc.who.int/trs/who_trs_935_eng.pdf), vitamiinide jaoks aadressil <http://whqlibdoc.who.int/publications/2004/9241546123.pdf> ja rasvhapete kohta www.who.int/nutrition/topics/FFA_summary_rec_conclusion.pdf. Elu näitab, et mitmekülgse läänemaise dieedi puhul esineb füüsiliselt aktiivsel (energiatarve > 2 000–2 500 kcal päevas) inimesel reaalne puudus toidu asendamatutest toitainetest pigem vaid erijuhtudel. Suuremaks probleemiks osutub pigem toiduenergia ning mõningate toitainete, näiteks naatriumi liigtarbimine. Seetõttu tuuakse naatriumi kontsentratsioon kohustuslikus korras toidutoote märgistamisel energiasisalduse kõrval ära.

Tervisliku menüü kriitiliseks komponendiks on ületarbimisest tingitud suur energiasisaldus. Selle all mõeldakse kuivatatud toidu põletamisel tekkivat energiat, millest on maha arvatud vaid kiudainete, st peensooles mitteomastatavate süsivesikute sisaldus. Ka inimorganismist eralduvast energiast on põhi-osa seotud põletamisega – oksüdatiivse fosforüleerimisega –, millega seotud protsesside tulemusel vabaneb soojusenergia. On ilmne, et kui inimese elutegevuse tulemusena eraldub rohkem energiat, kui tema poolt OMASTATUD toit seda sisaldab, siis kehakaal pikas ajaaknas langeb. Teiseks oluliseks massi ja energiaseadusest tulenevaks toidusedeli tervislikkust ja kehakaalu mõjutavaks teguriks on ühe või teise toiduaine seeditavus ja bioloogiline omastatavus organismi poolt. Mitte kogu valk, rasvad, süsivesikud ei omastata inimese poolt, osa väljub organismist väljaheidete, uriini, higi ja ka väljahingatava õhu (näiteks etanool) kaudu. Seetõttu on üheks loogiliseks kehakaalu alandamise lahenduseks toitainete tarbimise vähendamise ja füüsilise koormuse suurendamise kõrval toidu bioloogilise omastatavuse vähendamine. Viimane paraku võib sisaldada suuri terviseriske ja on vastupidine ajalooliselt väljakujunenud toidu käitlemise tendentsile: parandada toidu seeditavust ja seeläbi vähendada füsioloogiliselt vajalikku toidukogust.

Toiduaine ja -toote tervislikkuse kriteeriumiks on selle ohutus, st toit ei tohi sisaldada aineid koguses, mis tarbimisel osutuvad inimese tervisele kahjulikuks. Seega ei tohi nii lisa- kui ka võõr- ja jääkained akumulieeruda organismi kogustes, mis võivad põhjustada tervist kahjustavaid efekte. Lisaainete puhul on tegu valdavalt ainetega, mis on mõne toiduaine või -toote tüüpiline koostisosa. Võõrained ei kuulu loomupäraselt toiduaine koostisesse ja sattuvad sinna keskkonna saastumise või käitlemise tõttu (näiteks kantserogeensed ühendid). Võõrainete hulka võib lugeda ka ained, mis annavad toitaineile, toidule võõraroomi või/ja -maitse, olles seeläbi inimese jaoks ohusignaaliks. Ka nende puhul kehtib massibilansi võrrand (1).

Ohusignaaliks on ka jääkainete (näiteks pestitsiidide, raskmetallide) jälgede leidumine analüüsitavates toiduproovides. Seetõttu on tarbijatel põhjendatud ootus, et mahetoit, kus 'keemiat' ei tohi viljelusel kasutada, on tervislikum kui tavaviljeldud toit. Tegelikuses ei pruugi see aga alati paika pidada, sest jääk-

ained võivad sattuda toitu ka mullast, õhust ja töötlemisel, samuti võib orgaaniline väetis sisaldada toidutaimedesse akumuleeruvaid võõraineid isegi enam kui mineraalväetised. Selge erinevus on pestitsiidide sisaldus, kuna pestitsiide lihtsalt ei tohi maheviljeluses kasutada. Teisalt jälle mahetoidus on suurem tõenäosus olla saastatud patogeensete organismide ja nende poolt toodetud toksiinidega, nagu näiteks mükotoksiinid. Toidu maitstes pole mahe- ja tavatoidul statistiliselt usaldusväärseid erinevusi näidatud.

MAITSEST JA LÕHNAST

Üks tähtsamaid töösuundi meie toidu-uuringutes on olnud kvantitatiivsete sensorsete ja instrumentaalsete meetodite väljatöötamine toidu maitse kirjeldamiseks ja püsivuse hindamiseks (Koppel jt, 2011; Kaseleht jt, 2011ab; Vene jt, 2013; Timberg jt, 2014ab). Toidutoodete ebameeldivad või mittetüüpilised maitse, lõhnad on indikaatorid toidu riknemise ja söögiks mittesobivuse kohta. Meeldivad ja iseloomulikud lõhnad aga vastupidiselt viitavad toote tervislikele omadustele. Maitseaisting on tugevasti sõltuv inimesest, tema kogemusest ning füsioloogilisest ja psühholoogilisest seisundist. Üha enam tõuseb toidu tähtsus naudingu allikana ja stressi maandamisel. Seetõttu muutuvad toidu maitseomadused, nende püsivus säilitamisel (vertikaalne stabiilsus) ja ka toidutoote partiide lõikes (horisontaalne stabiilsus) hinna kõrval üha olulisemaks teguriks ostuotsuste tegemisel.

Maitsev toit on tervislik – nii on evolutsiooniliselt kujunenud. Maitsekoolitus toimub juba lapsepõlves ja jätkub pea märkamatult läbi kogu elu. Muidugi evolutsioon ei ole jõudnud arvesse võtta tänapäeva suundumusi toiduainete rafineerimisel ja komponentideks lahutamisel. Viimastest valmistatud tooted – sai, maiustused, karastusjoogid jt on isuäratavad, kuid nendest on töötlemise käigus eemaldatud meie jaoks olulised toitained, millest meie organismil nende toodete liigtarbimisel võib puudus tekkida. Seetõttu ei saa toidumenüü valikul tänapäeval enam lähtuda ainult maitseomadustest, vaid tuleb teadlikult piirata liigmagusa, -rammusa ja -soolase toidu tarbimist.

Mõningatel juhtudel võivad väga heade, iseloomulike maitseomadustega, mitmekülgse toitainete valikuga toidutooted sisaldada tervisele suures koguses kahjulikke ühendeid, tingituna retseptuuri, töötlemise ja säilitamise eripärast ja tooraine päritolust (näiteks Läänemere kalad). Kuid mitmekülgse dieedi korral jäävad nende ainete kogused märkimisväärselt allapoole tervist ohustavat piiri ning inimese organism on võimeline need ohutult eemaldama. Arvestades asjaolu, kui oluline roll inimese tervisele ja enesetundele on maitseelamust pakkaval hästi serveeritud mitmekülgse toidul, ei ole ilmselt ratsionaalne nendest toidutoodetest loobuda.

Asendamatud toitained tavaliselt toidu maitset ei mõjuta, kuid need käivad pea alati kaasas nii tera-, köögi- ja puuviljadega kui ka liha- ja kalatoodetega, st meie jaoks meeldivat ja harjumuspärast maitset omavate toodetega. See kehtib nii asendamatute aminohapete, millega kaasneb näiteks lihale omane,

glutamiinhappe poolt põhjustatud umami maitse, kui ka vitamiinide kohta, mis on näiteks puuviljades seotud magushapu maitsega.

VITAMIINIDEST

Vitamiinide, s.o asendamatute toitainete kontsepti autoriks loetakse Sir Frederick Gowland Hopkinsit, kes aastal 1906 näitas, et toit sisaldab lisaks süsivesikutele, rasvadele, mineraalidele ja valkudele täiendavalt teatud asendamatuid ühendeid – toitaineid. Pärast anti-beriberi faktori avastamist ja ekstraheerimist riisiterade viljakestast 1912 anti sellele nimeks vitamiin B. Kristalses, keemiliselt puhtas vormis isoleeriti see faktor (tiamiin, B₁) 1925. aastal. Rasvas lahustuv asendamatu faktor sai nime vitamiin A 1920. aastal. Selle toimeaine retinooli struktuur avati 1931 ja ühend sünteesiti esmakordselt keemiliselt 1947. aastal. Ka teiste vitamiinide puhul avastati esmalt teatud spetsiifilise bioloogilise toimega preparaat, mis tähistati avaldunud bioloogilise aktiivsuse järgi avastamise järjekorras vitamiinidena A, B₁, B₂, C jne. Alles pärast seda identifitseeriti toimeaine struktuur ja sünteesiti see keemiliselt. Tänapäeval nimetatakse vitamiine toitainete nimede järgi, millel antud vitamiinile iseloomulik bioloogiline aktiivsus tuvastati esimesena: tiamiin (B₁), riboflaviin (B₂), nikotiinhape ja nikotiinamiid (B₃), pantoteenhape (B₅), püridoksiin ja püridoksaal (B₆), foolhape. Pärast keemilise struktuuri määramist osutus võimalikuks vitamiine kui puhtaid aineid toota keemilisel ja/või mikrobioloogilisel sünteesil ning turustada neid kui meditsiinilisi preparaate ja toidulisandeid.

Hiljem biokeemia arenedes ja ainevahetuse võrgustike väljaselgitamisel ilmes, et paljud vitamiinid, eriti vees lahustuvad B-rühma vitamiinid, ei oma otsest ainevahetust toetavat aktiivsust, vaid on nn toimeainete, kofaktorite eelased (tabel 1). Pärast assimileerimist organismi poolt konverteeritakse need vitamiinid, põhiliselt rakusiseselt, bioloogiliselt aktiivsesse vormi, näiteks tiamiin tiamiindifosfaadiks, mis on vajalik ensüümi püruvaat dehüdrogenaasi toimimiseks. Ka vitamiinide metabolismi vaheproduktid, kofaktorid võivad omada vitamiinile omast bioloogilist aktiivsust. Kõiki ühendeid, mis toiduna manustatult evivad vitamiinile (näiteks B₁, B₂, B₃) iseloomulikku bioloogilist aktiivsust inimorganismile, nimetatakse vitameerideks. Reeglina sisaldavad kõik vitameerid nendele iseloomulikku ühesugust struktuurset keemilist ühikut, mida imetajaorganism ei suuda ise sünteesida.

Seega ei piisa vitamiinide sisalduse määramiseks toidus üksnes lihtvitamiinide kontsentratsiooni määramisest, vaid tuleb määrata kõigi (näiteks tiamiini või riboflaviiniga) sarnast bioloogilist toimet omavate ühendite hulk, mis on võimelised liikuma toidust inimese vereringesse ja seal muunduma bioloogiliselt aktiivsesse vormi. Tuleb tõdeda, et see pole lihtne ülesanne ja nii mõnegi vitamiini korral ei olegi head ja lõpuni adekvaatset analüütilist lahendust veel leitud, rääkimata kõikide vitamiinide üheaegsest määramisest, kasutades metaboolika meetodeid.

Tabel 1

B rühma vitamiinid, kofaktorid ja teised vitameerid.

Tähistus	Lihtvitamiin	Ko-faktorid ja teised vitameerid
B ₁	tiamiin	tiamiin-P, tiamiin-PP, tiamiin-PPP
B ₂	riboflaviin	FAD, FMN
B ₃	nikotiinamiid	NAD, NADH, NADP, NADPH, nikotiinamiid ribosiid ja mononukleotiid, trüptofaan
	nikotiinhape	Nikotiinhappe ribosiid ja adeniinnukleotiid
B ₅	pantoteenhape	Panteteiin, fosfopanteteiin, KoA
B ₆	püridoksiin	Pürodoksiin-P, pürodoksiin-5'-b-D-glülosiid, PN-ja PNP-valgud
	püridoksaal	Püridoksaal-P (PLP), PL ja PLP-valgud
	püridoksamiin	

Oma tegevuses vitamiinide määramismeetodite ja -kittide väljaarendamisel (Hälvin jt, 2013, 2014) oleme meie püüdnud seda probleemi lahendada kahel moel. Esiteks, muundada kofaktorid (ja teised vitameerid) esmalt lihtvitamiinideks ja seejärel määrata lihtvitamiinide kontsentratsioon ning, teiseks, määrata kõik ühendid, mis on võimalised inimese seedetraktist sisenema lihtvitamiinide kujul inimese vereringesse.

Vitamiinide/kofaktorite ja teiste vitameeride määramiseks kasutame sise-standardina stabiilse isotoobiga ²H, ¹³C, ¹⁵N märgistatud ühendeid, mille füüsikalised-keemilised omadused on väga sarnased tavapäraste ¹H, ¹²C ja ¹⁴N keemiliste ühenditega. Seetõttu väljuvad need ained (isotopomeerid) kromatograafi kolonnist ja sattuvad mass-spektromeetri (MS) detektorisse samaaegselt. See on oluline, sest sellisel juhul on toidumaatriksi efekt nii märgistatud standardühendile kui ka märgistamata toiduproovis analüüsivavatele ühendile ühesugune. Viimane asjaolu võimaldab meil, teades märgistatud sisestandardi kontsentratsiooni, arvutada LC/MS abil piikide intensiivsuste võrdluse abil vitamiini kontsentratsiooni proovis. Siin on kaks põhilist probleemi: esiteks, toidu maatriksis leiduvad ained annavad MS spektris jooni, mis võivad kokku langeda nii uuritava aine kui ka selle sise-standardi massiga ja seeläbi segada määramist. Teiseks ja veelgi tõsisemaks probleemiks on kommertsiaalsete ¹³C või ¹⁵N standardainete puudumine või nende väga kõrge hind. Sellele probleemile oleme leidnud lahenduse, kasutades bioloogiliselt ¹³C või ¹⁵N märgistatud materjali, näiteks pärmimassi, ekstraheerides sellest vees lahustuvate vitamiinide/kofaktorite fraktsiooni. Viimane meetod evib suurt perspektiivi mitte ainult vitamiinide, vaid ka paljude teiste toidus leiduvate ühendite, nagu aminohapped, nukleotiidid, nukleosiidid, lämmastikalused, peptiidid, maitse ja aroomiained, absoluutse kontsentratsiooni määramisel.

Kuigi oleme vitamiinide/kofaktorite määramise probleemide analüütilisele lahendusele lähedal, jääb ikkagi veel probleemiks toidus leiduvate kofaktorite ja teiste vitameeride bioloogiline kättesaadavus. Kuna enamus toidus leiduvaid kofaktoreid toiduna manustatuna otseselt inimese peensoole epiteelrakkude poolt adsorbeeritavad ei ole, on vajalik nende konversioon lihtvitamiinideks. See võib aset leida toidu tarneahelas inimese seedetraktis toimuvate seedimisprotsesside toimetel. Tuleb rõhutada, et see pole omane üksnes kofaktoritele, vitamiinidele, vaid ka valkudele, polüsahhariididele, rasvadele, mis konverteeritakse vastavalt aminohapeteks ja peptiidideks, suhkruteks ning glütserooliks, rasvhapeteks.

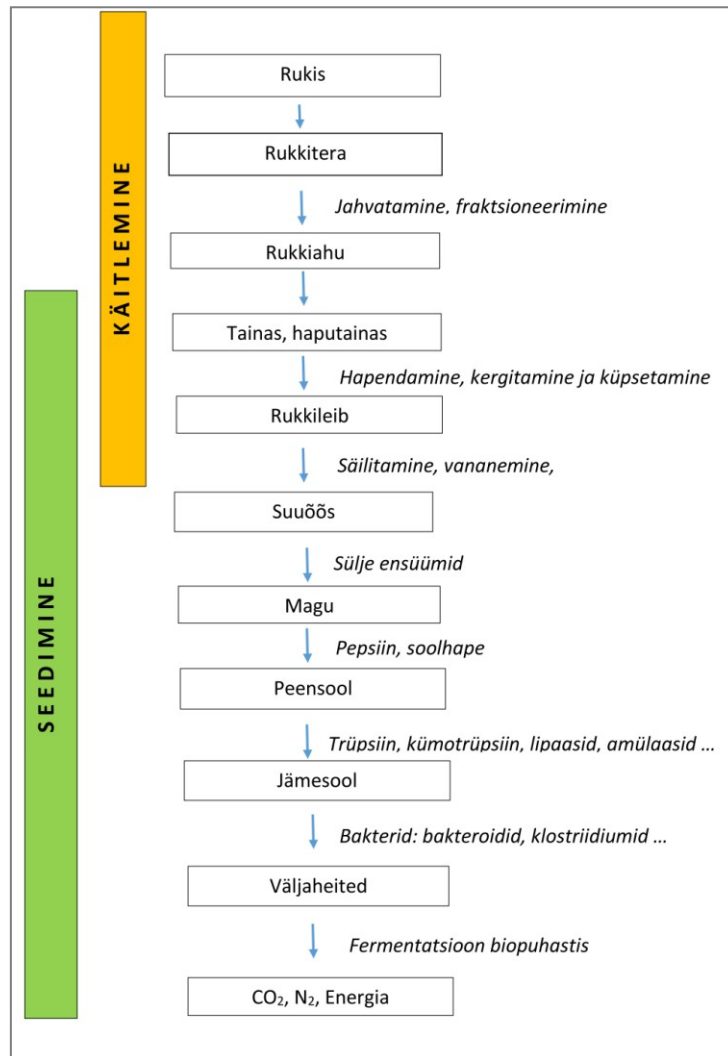
SEEDIMISEST TOIDU TARNE- JA SEEDEAHELAS

Seedimise all käsitleme protsesse, mis teevad toiduainetes leiduvad toitained, sh vitamiinid, valgud, süsivesikud, rasvad, inimese jaoks (paremini) omastavaks. Nende hulka kuuluvad nii füüsikalised, keemilised kui ka bioloogilised protsessid. Füüsikalisteks protsessideks on toidu peenendamine, hüdreerumine ja lahustumine, faasiüleminekud, sh kristalsete toitainete (näiteks tärklis) üleminek amorfsesse vormi. Füüsikaliste protsesside tulemusena muutuvad toitained paremini ligipääsetavaks nii keemilistele toimeainetele – hapetele ja emulgaatorite (näiteks sapisooladele), mis omakorda teevad need paremini kättesaadavaks kõrge molekulkaaluga valkudele, ensüümidele. Toidu ensümaatiline hüdroolüüs on määrava tähtsusega nii toidukäitlemis- kui ka seedimisprotsessis. Toidu seedimine algab enne inimese seedetrakti jõudmist – viljade valmimisel, toidu käitlemisel, valmistamisel, st juba toidu tarneahela alguses.

Näiteks, vili sisaldab rakulisi struktuure, mille funktsiooniks on toota energiat ja ühendeid, mis on vajalikud viljatera moodustumiseks. Need rakud ise fotosünteesi läbi ei vii ja võimalik, et nagu imetajarakudki vitamiine *de novo* ei sünteesi. Taimlehtedes sünteesitud vitamiinid, nagu ka aminohapped, suhkrud, rasvhapped, akumuleeruvad viljateradesse ja ka teistesse reproduktiivsetesse organitesse, kus nad leiavad kasutust idanemisprotsesside käigus. Vitamiinide transport ühest taimeosast teise toimub lihtvitamiinide (näiteks tiamiini, riboflaviini) kujul ja alles kujunevates viljades konverteeritakse need bioloogiliselt funktsionaalseteks kofaktoriteks. Viimased püsivad sellisena viljateras kuivatamisel ja jahvatamisel. Sellisele strateegiale viitavad meie pseudoteravilja kinoa seemnetega teostatud katsed, kus me, kasutades ekstraktsioonimeetodeid, mis välistasid endogeensete ensüümide (happeliste fosfataaside toimetel) hüdroolüüsi, näitasime, et kinoa seemnetes on vitamiinid põhiliselt kofaktorite vormis (Hälvin jt, 2013). Seemnejahule vee lisamisel (hüdreerimisel) toimub taimedele omaste happeliste fosfataaside toimetel väga kiire kofaktorite konverteerimine B rühma vitamiinideks.

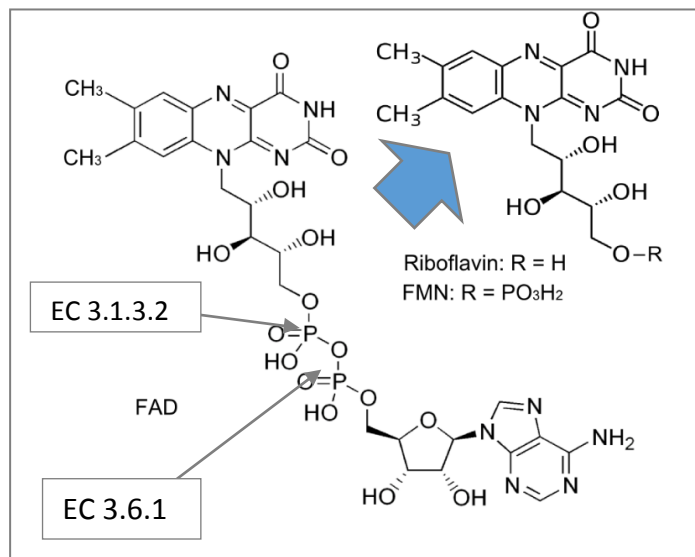
Ka rukkiteras (joonis 3) leiduvad B-vitamiinid põhiliselt kofaktorite ja mitte lihtvitamiinide vormis (Mihhalevski jt, 2013). Omades analüütilist arsenalit vi-

tamiinide/kofaktorite, suhkrute, aminohapete ja kiudainete määramiseks, uuri-
sime protsesse, mis toimuvad rukki(tera) käitlemis-seedimisahelas (joonis 1),
ja ka seda, kuidas mõjutab käitlemine rukkileiva koostist ja omadusi.



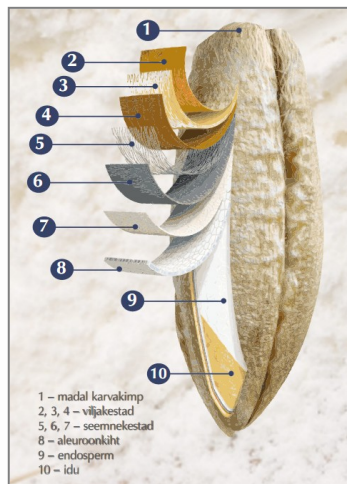
Joonis 1.
Rukki tarne-seedeahel.

Olles koondunud kestakihti ja idusse, langeb teraga võrreldes vitamiinide
sisaldus rukkijahus sõltuvalt jahvatusetüübist: tiamiini puhul 40%, riboflaviini
puhul 20%, pantoteenhappe puhul 45%, püridoksiini ja püridoksaali puhul
20%. Kiudainete sisaldus langeb isegi 50% (Mihhalevski jt, 2013).



Joonis 2.

Kofaktori flaviin adeniin dinukleotiid FAD konverteerimine riboflaviiniks taimse happelise fosfataasi, mis sisaldab nii pürofosfataasi (EC 3.6.1) – sinine nool ja happeline fosfataasi (EC 3.1.3.2) punane nool, toimel.



Joonis 3.

Rukkitera ja selle ehitus. Täistera sisaldab 15% kiudainet, 1,4% tuhka, 9% valku; tume jahu 11% kiudainet, 1,1% tuhka, 9% valku ja hele jahu 7% kiudainet, 0,7% tuhka ja 10% valku.

Lisaks lõhub jahvatusprotsess oluliselt rukkiteras leiduvate rakkude struktuuri ja soodustab taigna valmistamisel hüdrolüütiliste ensüümide, näiteks proteaaside ja happeliste fosfataaside lahustumist ja aktiveerumist. Tulemusena algab taignas sisuliselt toidu seedimisprotsess, mille tulemusena moodustuvad aminohapped ja di-, tri- ja tetrapeptiidid, suhkrud, ning lihtvitamiinid. Jahvatamata tera vees leotamisel kasutavad need ained ära idus leiduvad rakud, idulehtede ja idujuurte kasvuks, jahutaignas aga piimhappe bakterid ja pärmid.

Rukkijahus leidub peaaegu alati taigna hapendamiseks sobivaid piimhappe bakterite tüvesid, probleem on vaid selles, et protsessi alguses on neid võrreldes mitesobivate bakteritega vähe (Bessmeltseva jt, 2014). Selleks, et piimhappe bakterite hulka taignas tõsta hapendamiseks vajalikule tasemele, kasutatakse juuretist, mis tavapäraselt saadakse pidevalt korduvas haputaigna uuendamisprotsessis (Viiard jt, 2013). Kasutades ühtesid ja samasid tehnoloogilisi tingimusi (hapendamistemperatuur ja -aeg, külvi suurus), saadakse stabiilse koostisega haputaigna juuretis. Haputaignas hapendusprotsess peatub pigem happesuse tõusu kui hapendamiseks vajalike substraatide lõppemise tõttu (Mihhalevski jt, 2011). Lisaks vabadele aminohapetele on piimhappe bakterid võimalised asendamatute aminohapete allikana ka peptiidide kasutama (Kevvai jt, 2014). Haputainas sisaldab ka kergitamiseks vajalikke pärme, mis vaatamata sellele, et vitamiinid ei ole nende kasvuks asendamatud, assimileerivad neid (Paalme jt, 2014). Selle tulemusena hapendus/kergitusprotsessi käigus toimub teatud hulga jahus leiduvate vitamiinide osaline akumulereumine piimhappe bakterites ja pärmides, mis võib alandada vitamiinide kättesaadavust inimese peensooles. Erinevalt nisuleivast on rukkileiva puhul probleemiks, et rukkis puudub kleepvalk, mis oksüdeerides ja S-S sildasid moodustades tekitab CO₂ kinni pidava võrgustiku ja annab leivale õhulise struktuuri. Rukkileiva puhul teevad CO₂ kinnipidamise võimalikuks kiudainetena tuntud polüsahhariidid – põhiliselt arabinoksülaanid. Selleks, et polümeerid ei kaotaks CO₂ sidumisvõimet endogeensete ensüümide, ksülanaaside tõttu on vajalik hoida rukkitaigna pH madal.

Küpsetamise käigus tõuseb leiva temperatuur 99°C-ni, mistõttu juuretise bakterid ja pärmid hävivad ning ka enamus taignas leiduvaid ensüüme inaktiveeritakse pöördumatult. Lisaks toimub osaliselt ka vitamiinide lagunemine, kuid vähemalt B-rühma vitamiinide puhul see ei ületa 10%. Erandiks on vaid püridoksaal, mis küpsetamisel liitub keemiliselt taignas leiduvate valkude ja süsivesikutega. Teisalt toimub aga küpsetamise käigus nii leiva struktuuri kui ka leiva maitseomaduste ja seedimise seisukohalt väga oluline protsess, nimelt tärklise geelistumine (Mihhalevski jt, 2012). Viimane annab värskelt küpsetatud leiva sisule sellele omase pehme õhulise struktuuri ja tagab amüloosi ja amüülopektiini osaliselt amorfse struktuuri tõttu nende hea bioloogilise omastatavuse.

Kuid juba leiva jahtumisel, eriti aga seismisel algavad leivas nn tärklise ümberkristalliseerumise (retrogradatsiooni) protsessid, mis, sidudes vett, muuda-

vad leiva kuivaks ja tihkeks. Säilitamisel rukkileiva maitseomadused halvenevad, kuid mitte nii kiirelt kui saial. Teisalt halvendavad tärglisse rekristsall-satsiooni protsessid sama kiirelt tärglisse seeditavust ja kättesaadavust inimese peensooles (Mihhalevski jt, 2012).

Tabel 2

Vitamiinide kontsentratsioonid ja kadu tarneahelas, %
(Tabelis toodud arvud näitavad vastavate lihtvitamiinide kontsentratsioone pärast töötlemist happelise fosfataasiga)

Proov	Tia- miin	Ribo- fla- viin	Niko- tiin- hape	Niko- tiin- amiid	Panto- teen- hape	Püri- dok- saal	Püri- dok- siin
	µg/100 g kuivmassi kohta						
rukkitera	295	115	165	44	310	50	120
tume jahu	160	90	135	40	165	30	85
rukkileib	140	90	120	440	170	10	75
Kadu küpsetamisel, %	10	0	10		0	60	10
Kadu tarneahelas, %	50	20	25		45	80	35
Päevane vajadus	1200	1300	1600		5000	1300	
100 g leiba = % soovitud	12	7	35		4*	7**	

* pole võetud arvesse koensüüm A-na esinevat vormi,

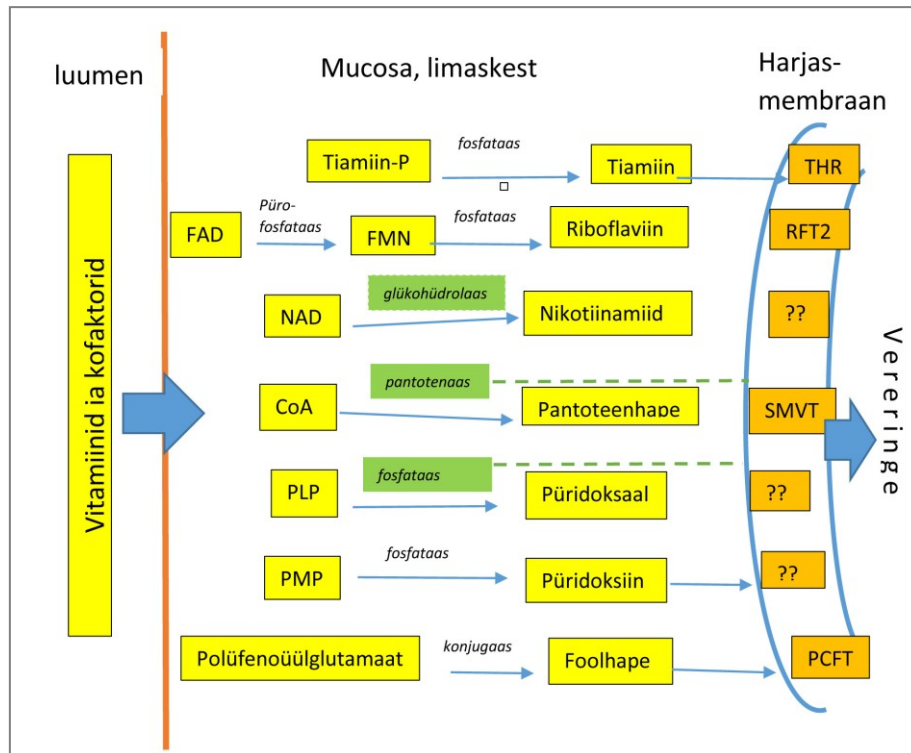
** pole võetud arvesse glükosideeritud ja valgu külge seotud vorme.

Leivas sisalduvate toitainete, sh vitamiinide, seedimine algab leiva sattumisel suhu, kus sulje hüdrolyütilised ensüümid, nagu proteaasid, amülaasid ja lüsootsüüm, koos mälumisel toimuva mehhaanilise töötlemisega aitavad kaasa seedimisele ja toitainete omastatavusele. Maos võib maohappe toimel toimuda püridoksaalijääkide vabanemine valkudest ja osaline tiamiini, riboflaviini vabanemine kofaktoritest. Edasi, liikudes maost peensoolde, toidumass dispergeeritakse sapisoolade abil ja pH viiakse naatriumkarbonaadi abil seede-ensüümide jaoks optimaalsele tasemele (pH = 6,5) ning pankreasest pärit seedemahla komponentide, proteaaside, amülaaside ja lipaaside toimel toimub valgu hüdrolyüs aminohapeteks ja peptiidideks, tärglisse hüdrolyüs suhkruteks ja rasvade hüdrolyüs rasvhapeteks. Kõik need monomeerid adsorbeeritakse efektiivselt, kasutades aktiivset transporti peensoole epiteelrakkude poolt, ja nad sisenevad seejärel vereringesse. Lisaks seedefunktsioonile moodustavad sapisoolad koos maohappega tugeva barjääri mikroorganismidele, tappes valdava osa söögiga inimese seedetrakti sattunud mikroorganisme (Sumeri jt, 2012).

Erinevalt tärglisest, valgust ja rasvast ei toimu kofaktorite, NAD, KoA, FAD jne hüdrolyüs peensooles pankrease poolt sekreteeritud seedemahla, vaid suu-

res osas limaskestaga kaetud epiteelrakkude pinnal leiduvate ensüümide toimel. Toidu käitlemise tulemusel toidutoormes leiduvad kofaktorid ja nende metabolismi produktid konverteeritakse suures osas lihtvitamiinideks, mis inimese peensoole epiteelrakkude abil kantakse edasi vereringesse (joonis 4). Limaskesta funktsioon on kaitsta harjasembraani nii mikroorganismide kui ka seedemahlades leiduvate proteolüütiliste ensüümide kahjustava toime eest.

Mitte kogu valk, rasv, tärklis ja ka kofaktorid ei muundu peensooles adsorbeeritavateks lihtsateks ühenditeks. Osa neist rändab koos kiudainetega, s.o mitteseeduvate süsivesikutega, jämesoolde, kus nad on potentsiaalseks toiteallikaks seal elunevatele bakteritele. Bakterid moodustavad jämesooles keerulise ja dünaamiliselt muutuva koosluse, millel tänu oma erilistele ensüümidele on võime omastada inimese peensooles mitteseedunud substraate, k.a β -glükosiidseid polümeerseid ühendeid, raskesti seduvaid valke, rasvasid, tärklisi, kofaktoreid, nende laguprodukte jne.



Joonis 4.

Vitamiinide/kofaktorite seedimine: adsorptsioon peensoole harjasembraani ümbritsevas limaskesta kihis. Rohelisega tähistatud ensüümid on ankurdatud epiteelrakkude membraani külge.

SEEDEPROTSESSIDEST JÄMESOOLES

Millised bakterite liigid või isegi tüved ühel või teisel ajamomendil jämesooles domineerivad, sõltub oluliselt inimese seedesüsteemi füsioloogilisest eripärasest, tervislikust seisundist, toidusedelist ja ka inimese jämesoole püsimikrofloorast. Teatud bakteritüved on inimese jämesoole püsiasunikud, kes on seal eluks kohastunud ning püsivad seal aastaid, võib arvata, et aastakümneid. Mingi bakteritüve elimineerimise põhjuseks jämesoole mikrofloorast võib-olla sellele tüvele kasvueelst andva spetsiifilise substraadi manustamise lõppemine toiduga, konkurentsivõimelisema tüve jõudmine toidust peensoolde või ka tõsine seedeinfektsioon. Kriitilistel juhtudel võib osutada elu päästvaks terve inimese jämesoole bakterikoosluse viimine patsiendi jämesoolde. Toidus leiduvate jämesoole bakterite seedetrakti jõudmise efektiivsus on üldjuhul madal, sest toit läbib enne peensoolde jõudmist mitmed seedetrakti mikroobsed barjäärid – mao happelise keskkonna ja sapisooladega töötamise sisenemisel peensoolde (Sumeri jt, 2010), kus valdav osa potentsiaalselt konkurentsivõimelisi, rangelt anaeroobseid baktereid hukkub. Märkimisväärne on ilmselt vaid spooride moodustavate tüvede, sh rangelt anaeroobsete klostriidiumi tüvede jõudmine jämesoolde.

Suure tõenäosusega leidub jämesooles ka tavapäraselt piisavalt suures hulgas erinevaid bakteritüvesid, et katta peensooles mitteabsorbeerunud toidu seedimiseks vajalik funktsionaalsuste ring. Seetõttu, olulisem kui uute bakteritüvede sisestamine organismi, on jämesoole tervise seisukohalt mikroobse koosluse suunamine toiduvaliku abil. Nimelt jämesoole mikroobse püsikoosluse määrab suures osas peensoolt läbivate bakteritoiteainete muster. Lülitades menüüsse enam ühtede bakteritüvede kasvu soodustavaid kiudaineid või kofaktoreid või valke jne ning vähendades teiste mikroobide kasvu soodustavate ainete hulka toidus, on võimalik oluliselt suunata jämesoole mikrofloorat. Kuidas, mis suunas, mis mida mõjutab – vajab veel väljaselgitamist. Siiani puudub selge arusaam, millises ulatuses varieerub terve inimese jämesoole mikroobne kooslus ja kuidas seda hoida, suunata? Omaette küsimus on, kui võrd muundab jämesoole mikrofloora inimese peensooles mitteadsorbeerunud toitu jämesooles adsorbeeritavateks, bioloogiliselt kättesaadavateks toitaineteks, näiteks lühikese lineaarse ahelaga orgaanilisteks hapeteks, nagu propioonhape, butaanhape. Teisalt võib muidugi esitada küsimuse, kui võrd see, sisuliselt lisaenergia saamine, tänapäeva inimese jaoks vajalik, kasulik on.

Ka vitamiinid/kofaktorid jõuavad teatud hulgas peensoolest jämesoolde, kus nad enamuses kiiresti assimileeritakse jämesoole mikrofloora poolt, sõltumata sellest, kas nad on bakteritüve jaoks asendamatud või mitte. See süvendab vitamiinide defitsiiti jämesoolebakterite välises ruumis ja võib olla üks põhjusi, miks tuntud ja laialtreklaamitud probiootikumide, vitamiinidest sõltuvate laktobatsillide tüved (näiteks *Lactobacillus fermentum*, *acidophilum*, *rhamnosus* jt) tavaliselt ei kuulu jämesoole püsikoosluse hulka.

VITAMIINIDE/KOFAKTORITE, AMINOHAPETE MÄÄRAMISEST TOIDUAINETES JA TOIDUMENÜÜS

Inimese vitamiinide vajadust iseloomustatakse päevase vajadusega milligrammides kilogrammi kehakaalu kohta. Kuigi praktika näitab, et mitmekülgse ja rikkaliku läänemaise toidusedeli puhul vitamiinide puudust üldjuhul ei esine, tulevad probleemid haiguste kõrval esile toidusedeli moonutuste ja toiduenergiat piiravate dieetide puhul. Sel juhul on väga oluline teave vitamiinide, aminohapete ja rasvhapete sisalduse kohta toidus. Kuna toidutoodete valik on väga suur, puuduvad enamiku toodete kohta adekvaatsetele keemilistele analüüsidele toetuvad andmed. Enam andmeid toidutoodetes leiduvate asendamatute toitainete sisalduse kohta on arvutuslikud, st põhinevad toidutoorme keskmiste väärtuste ja retseptide alusel tehtud arvutustel (Mihhalevski jt, 2013). Lisaks on tihti ka toidutoorme algandmed, tulenevalt kasutatavatest 'vanaaegsetest' meetoditest, ebatäpsed nii vitamiinide kui ka aminohapete puhul. Toidu analüüsil kasutatavad meetodid annavad küll võrreldavaid tulemusi, kuid tihti mitte absoluutseid, st tegelikke analüüsitava aine kontsentratsioone. Absoluutväärtuste saamiseks on uued meetodid, mis põhinevad isotoopmärgistatud sisestandardite ja mass-spektromeetria kasutamisel, mille arendamisega me viimasel ajal tegeleme, ja mitte ainult vitamiinide, vaid ka aminohapete ning aroomi- ja maitseühendite määramisel.

Iseküsimus on, kuivõrd oluline see täpsus on toitumise seisukohast, st kui täpselt me oleme võimelised hindama ühelt poolt oma toiteainevajadusi ja teiselt poolt söödud toidu hulka? Võib-olla on lihtsam, töökindlam lahendus niiöelda igaks petteks vitamiini tablettide, valgühüdroolüsaatide ja teiste toidulisandite korrapärane kasutamine. Kuid see võib kätkeada endas ka üllatavaid riske. Näiteks, kui lihtvitamiinid tarvitatuna tablettides leiduvates kogustes adsorbeeritakse pea 100% peensooles, võib teatud jämesoole mikroobi-koosluse seisukohalt olulisi tüvesid kimbutama jääda vitamiinide puudus ja põhjustada pikema perioodi vältel nende muidu kasulike tüvede väljapeseamise inimese seedetraktist. Samuti võivad jämesoole bakterite kasvu mõjutada toiduhüdroolüsaatides leiduvad peptiidid, mis ei pruugi inimese peensooles imenduda, kuid on heaks toiduks mikroorganismidele.

Seega ei ole ilmselt päris ükskõik, kas organism saab enda jaoks vajalikud vitamiinid kätte toidust, kus lihtvitamiinid on kofaktoritega inimese jaoks harjumuspärase vahekorras, või siis tabletivitaminidest, mis tüüpiliselt sisaldavad vaid lihtvitamiine. Hindamine, kas kõiki vitamiine ja teisi asendamatuid toitaineid on toidumenüüs piisavalt, on pea keerulisem kui nende analüütiline määramine toidus. Kasutatakse põhiliselt kahte alternatiivset võimalust: määramist inimese veres ja inimese toidusedeli analüüsi. Viimase jaoks aga peame teadma nii toitainete sisaldust toidus, nende püsivust töötlemisel, seedimisel ja tarbitud hulka. Uudseid meetodeid toitainete sisalduse määramiseks toidus käsitlesime juba eespool, samad meetodid on kasutatavad ka vere puhul. Ka toiduenergia ja toitainete tarbimise määramiseks pakub tänapäev

uusi lahendusi, näiteks ostukorvi alusel, mis kajastub iga partnerkaardi omaniku elektroonilistel arvetel internetis. Vajalik on vaid lihtne rakendus, kus toidu kood (näiteks triipkood) on seotud selle müügiartikli toitainelise koostisega, mis teeks arvepidamise, kas või juba tarbitud kalorite hulga osas, tava-inimese jaoks mugavaks ja lihtsaks.

LÕPPKOKKUVÕTTEKS

Toitude tervislikkusest saame rääkida vaid dieedi kontekstis. Mahetoidu tähendus toidumenüü tervislikkuse parandamisele on minoorne, taimetoidul pigem negatiivne. Oluline roll tervisliku toitumise kujunemisel on inimese maitse-eelistustel, nende koolitamisel, suunamisel. Maitstva ja mitmekülge toiduainete ja toidutoodete buketiga käivad kaasas toidu asendamatud toitained, aminohapped, ω -rasvhapped, kiudained ning vitamiinid, mikroelemendid. Toidu tarne- ja seadeahel mõjutab oluliselt toitainete sisaldust ja bioloogilist kättesaadavust toidust. Toiduainete lahutamine komponentideks, liigne töötlemine ja tarbimine ning väike füüsiline koormus võivad viia oluliste asendamatute toitainete ja ka teatud funktsionaalsete agentide, nagu fütosteroolid, kiudained, bakterid jt, defitsiidini toidusedelis. Toidumaastik on väga keeruline, kuid ka väga põnev – seosed pole kaugeltki veel selged. Kuid süsteembiooloogia, sensoorika ja instrumentaalsete meetodite areng ning personaalne lähenemine on loonud eeldused toidumaailma mõistmiseks ja uute teadmiste rakendamiseks iga inimese kui indiviidi hüvanguks.

TÄNUAVALDUSED

Suur tänu kõigile minu kolleegidele, allpool loetletud artiklite autoritele, kellest enamus, õppides Tallinna Tehnikaülikoolis magistri- ja doktoriõppes ning töötades paralleelselt Toidu ja Fermentatsioonitehnoloogiate Arenduskeskuses, tegid selle laiaulatusliku uuringu toidu süsteemide valdkonnas tulemusrikkaks, laiendasid oluliselt meie arusaamist toidu tarne- ja seadeahelates toimuvast ja lõid unikaalse teadmiste baasi – kompetentsi edaspidisteks süsteemseteks toidu-uuringuteks.

KIRJANDUS

Bessmeltseva, M., Viiard, E., Simm, J., Paalme, T., Sarand, I. 2014. Evolution of bacterial consortia in spontaneously started rye sourdoughs during two months of daily propagation. PLoS One, 4, e95449.

Hälvin, K., Nisamedtinov, I., Paalme, T. 2014. Comparison of different extraction methods to determine free and bound forms of B-group vitamins in quinoa. Anal. Bioanal. Chem., 406, 7355-7366.

Hälvin, K., Paalme, T., Nisamedtinov, I. 2013. Comparison of different extraction methods for simultaneous determination of B complex vitamins in

nutritional yeast using LC/MS-TOF and stable isotope dilution assay. *Anal. Bioanal. Chem.*, 405, 1213-1222.

Kaseleht, K., Leitner, E., Paalme, T. 2011a. Determining aroma-active compounds in kama flour using SPME-GC/MS and GC-olfactometry. *Flavour Frag. J.*, 26(2), 122-128.

Kaseleht, K., Paalme, T., Mihhalevski, A., Sarand, I. 2011b. Analysis of volatile compounds produced by different species of lactobacilli in rye sourdough using multiple headspace extraction. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 46(9), 1940-1946.

Kevvai, K., Kütt, M.-L., Nisamedtinov, I., Paalme, T. 2014. Utilization of ¹⁵N-labelled yeast hydrolysate in *Lactococcus lactis* IL1403 culture indicates co-consumption of peptide-bound and free amino acids with simultaneous efflux of free amino acids. *Anton Leeuwenhoek Int. J. Gen. M.*, 105, 511-522.

Koppel, K., Timberg, L., Salumets, A., Paalme, T. 2011. Possibility for a strawberry jam sensory standard. *J. Sensory Stud.*, 26(1), 71-80.

Mihhalevski, A., Heinmaa, I., Traksmäa, R., Pehk, T., Mere, A., Paalme, T. 2012. Structural changes of starch during baking and staling of rye bread. *J. Agric. Food Chem.*, 60(34), 8492-8500.

Mihhalevski, A., Nisamedtinov, I., Hälvín, K., Ošeka, A., Paalme, T. 2013. Stability of B-complex vitamins and dietary fibre during rye sourdough bread production. *J. Cereal Sci.*, 57(1), 30-38.

Mihhalevski, A., Sarand, I., Viirard, E., Salumets, A., Paalme, T. 2011. Growth characterization of individual rye sourdough bacteria by isothermal microcalorimetry. *J. Appl. Microbiol.*, 110(2), 529-540.

Paalme, T., Kevvai, K., Vilbaste, A., Hälvín, K., Nisamedtinov, I. 2014. Uptake and accumulation of B-group vitamins in *Saccharomyces cerevisiae* in ethanol-stat fed-batch culture. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 30, 2351-2359.

Sumeri, I., Adamberg, S., Uusna, R., Sarand, I., Paalme, T. 2012. Survival of cheese bacteria in a gastrointestinal tract simulator. *Int. Dairy J.*, 25(1), 36-41.

Sumeri, I., Arike, L., Stekolššikova, J., Uusna, R., Adamberg, S., Adamberg, K., Paalme, T. 2010. Effect of stress pretreatment on survival of probiotic bacteria in gastrointestinal tract simulator. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1925-1931.

Timberg, L., Koppel, K., Kuldjäär, R., Chambers IV, E., Soontrunnarudrugsri, A., Suwonsichon, S., Paalme, T. 2014a. Seasoned sprat products' acceptance in Estonia and in Thailand. *J. Aquat. Food Prod. Tech.*, 23, 552-566.

- Timberg, L., Koppel, K., Kuldjärv, R., Paalme T. 2014b. Ripening and sensory properties of spice-cured sprats and sensory properties development. J. Aquat. Food Prod. Tech., 23, 129-145.
- Vene, K., Seisonen, S., Koppel, K., Leitner, E., Paalme, T. 2013. A method for GC-olfactometry panel training. Chemosens. Percept., 6, 179-189
- Viiard, E., Mihhalevski, A., Rühka, T., Paalme, T., Sarand, I. 2013. Evaluation of the microbial community in industrial rye sourdough upon continuous back-slopping propagation revealed *Lactobacillus helveticus* as the dominant species. J. Appl. Microbiol., 114(2), 404-412.

*Teaduspreemia sotsiaalteaduste alal
tööde tsükli "Geenide ja keskkonna koosmõju käitumise
kujunemisel ja tervisehäirete tekkimisel" eest*



Jaanus Harro

Jaanus Harro uuringud käsitlevad fundamentaalset küsimust, kas meie käitumist kujundavad eelkõige pärilikkus või keskkond. Tsüklis on demonstreeritud nende kahe komponendi – keskkonna ja inimese geenide – koosmõju laade ja ajumehhanisme, mille vahendusel need võivad käitumist ja tervist mõjustada, samuti, kuidas inimene, sõltuvalt päritud geenivariantidest, kohaneb keskkonnaga.

KÄITUMINE, GEENID JA KESKKONNAD

Arvamuste pendel kõigub käitumise seletamise ümber suure amplituudiga. XX sajandil sobis psühholoogidele ettekujutus, et käitumises on kõik õpitud ja seetõttu saab keskkonna manipuleerimisega teha ükskõik kellest ükskõik mida. Selline vaatenurk sobis ka mõnele poliitilisele voolule ja nii kulus ootamatult palju aega, enne kui etoloogide ja geneetikute, psühhofarmakoloogide ja aju-uurijate tulemused hakkasid üldsust veenma selles, et meie sees asuvad varjatud eeldused, mis rulluvad lahti ettemääratult ja lihtsa koodi järgi. Ühtäkki hakkas avalik teaberoom täituma senistele suisa vastupidistest sõnumitest, et meie käitumist juhib pärilikkus. Selleks andis otsustava tõuke inimgenoomi üksikasjalik väljalugemine molekulaargeneetiliste meetoditega, kuid eeldused olid loodud juba klassikalise geneetika poolt, mis näitas, et ühemunarakukaksikud on palju rohkem teineteise moodi kui kahemunarakukaksikud, kas või näiteks psüühikahäirete esinemise kokkulangemise poolest, ja et kasuperre antud lapsed sageli meenutavad käitumisvalikutelt pigem oma bioloogilisi kui adoptiivvanemaid. Klassikalise geneetika tarkused millegipärast aga ei olnud seganud õppimiskesksel käitumisteadusel oma elu rahu-likult edasi elamast, kuni saabusid lootused mõistmisele molekulide tasemel. Koos inimgenoomi projekti kulgemisega läksid liikvele kuuldused, et inimese käitumise saab ühe või teise geeni eripäraga täielikult ära seletada. Rida geenivariantide avastamisi, mida ühe või teise psüühika aspekti või psühhiaatrilise häirega siduda andis, aitasid sellel usul püsida ka siis, kui iga uue sensatsioonilise avastuse kinnitamine teiste teadlaste poolt tulemata jäi – nagu see enamasti juhtus.

Viimastel aastatel on moemõisteks aga saanud $G \times E$: geenide ja keskkonna (*gene by environment*) koosmõju. Päris argiteadvuslik tõsiasi, et käitumises ja vaimses tervises on täiesti ilmselt olemas nii pärilikud kui ka keskkonnast tulenevad alged, on muutunud ka käitumisteaduse peavooluks. Kuid ainult peavooluks ja vahest ainult üheks neist, sest ka mõlema äärmusliku suuna – puhas geenimõju ja puhas õppimine – käsitlused jätkavad häirimatult. Kuigi esmapilgul tundub see ju enesestmõistetav, et mõlemad mõjupooled, pärilik ja omandatud, mis päris selgesti aju ehitust ja talitlust mõjustavad, enamasti midagi koos teevad, ei ole geenide ja keskkonna koosmõju käsitlemine mitte nii lihtsalt käima läinud kui esmalt eeldada võis. Küllap seepärast, et ka geenide ja keskkonna koosmõju vallas kogutud tulemused on korduvates uurin-gutes halvasti reprodutseeruvad. Miks? Seda me peamegi teada saama. Esmalt tuleb seejuures rohkem teada saada ka käitumist ja vaimset tervist mõjustavatest geenidest ja keskkondadest ühekaupa.

Geene on palju ja suurem osa neist on ekspresseeritud ka peaaegu, mis teeb kokku palju potentsiaalseid sihtmärke. Keskkondadega on veel keerulisem, sest meil õigupoolest puudub peenendatud arusaam ja kokkulepe, kuidas keskkondi määratleda. Neil põhjustel koguneb empiirilist materjali rohkesti ja

süsteemiseerimisele see hästi ei allu. Kontseptuaalne arutelu peaks teaduse niisuguses arengujärgus olema suure prioriteetsusega ja on meie uurimisrühma töös seda ka olnud. Nii koosneb meie tööde loetelu esmapilgul väga erinevate uute üksikfaktide kirjeldustest, kuid neid ühendab põhimõtteliselt uue geenide ja keskkondade koosmõju mõistmise taseme poole püüdlemine. Tõepoolest, rahvastiku tasemel on iga üksiku geeni (variatiivsuse) tähtsus psüühikahäire – näiteks depressiooni – tekkimises väga tilluke, aga asjasse puutuvaid genee näib olevat väga palju. Kui käsitleda nende rolle ühekaupa ja eraldi, nagu loomkatsemudelites tehakse enamasti ja kliinilistes uuringutes peaaegu alati, teadmata, kuidas täpselt nende paljude geenivariantide mõju tervikliku kliinilise pildi kujundab, võiks skeptiliselt küsida, kas meie käsitus mitte liigselt ei meenuta Hippokratese ettekujutust depressioonist kui musta sapi liiasusest, ainult väikese edasiarendusega, et must sapp on paljude piskeste piiskadena ajus laiali (Harro, Kiive, 2011). Kuidas me saaksime selle kujutluspildi tegelikkusele lähemale? Kusagilt peab alustama stratifitseerimisega ja üheks mõistlikuks lähenemisviisiks näib olevat patogeneetilises protsessis osalevate ja sellele eelnenud suurema haavatavuse aluseks olevate bioloogiliste elementaarprotsesside eristamine. Teiste sõnadega, geenid ja geeniproduktid, mis muudavad mõned inimesed tundlikumaks elusündmuste suhtes, ei pruugi üldse olla needsamad, mille eripärad juhivad haiguslikke protsesse just konkreetsele inimesele omases voolusängis.

Patogeneetilisi protsesse ajus peame uurima loomkatsemudeleid appi võttes, kuid haavatavuse kontseptsioon katseloomadel on olnud väga aeglaselt arenev, vaatamata sellele, et individuaalsed erinevused tundlikkuses uimastitele teadvustati 1980-ndate aastate lõpul (Piazza jt, 1989). Kõrvalmärkusena võiks lisada, et indiviididevaheliste käitumiserinevuste neurobioloogia tõusis sel ajal tähelepanu orbiiti ka Tartu neurofarmakoloogiakoolkonnas (Rägo jt, 1988; Harro jt, 1990), kuid järgnenud arengud ajuteadustes ei olnud pikka aega 'personaliseeritud rotiteadusele' soodsad. Esimest korda püüdsid depressiooni loomkatsemudelitel käsitlemisel haavatavuse mudeleid eraldi välja tuua Willner ja Mitchell (2002), kuid need ei leidnud erilist resonantsi depressiooniuurijate kogukonnas. Loomkatsemudelitel kasutamisetstarbe osas on arvamuste mitmekesisus endiselt märkimisväärne, ja selle vähendamiseks näib olevat otstarbekas stressidiateesi kontseptsioon süstemaatiliselt aluseks võtta. See tähendab, kuna depressioon ja teised psühhiaatrilised häired tekivad elusündmuste mõjul eelnevalt olemasoleva haavatavuse (diateesi) foonil (Fava, Kendler, 2000), tuleb ka loomkatsed kavandada kahefaktorilise disainiga, rakendades stressi võrdlevalt nii suurenenud haavatavusega kui ka resiliientsetele katseloomadele (Harro, 2013). Meie eksperimentides on stressidiateesi rakendamine aidanud kindlaks teha uusi aju kohanemisvõimega seotud genee (Kanarik jt, 2011), regioone (Harro jt, 2011) ja dünaamilisi *in vivo* jälgitavaid neurokeemilisi protsesse nendes ajupiirkondades (Raudkivi jt, 2012).

Loomkatsed aitavad sageli ratsionaalsemalt ja väiksema riskiga jõuda inimeste ravimisel kasutatavate meetodite juurde, kuid psühhofarmakoloogias on viimastel aastatel uusi saavutusi vähe ette näidata. Kuigi põhjusi on sellel mitmeid (Williams, 2011), langeb sageli süüdistusi ebaadekvaatsete loomkatsemudelite arvele, mille ennustusväärtus uute juhtlõngade järgimisel on väike ja tulemused sageli halvasti reprodutseeritavad. Ühe võimalusena suurema usaldusväärsusega katsemudelite loomiseks on nähtud otsesemat tõlkimist inimese patogeneetilistest protsessidest loomkatsesse. Näitena sellest lähenemisviisist õnnestus meil depressioonihaigete verest eraldatud neuropeptiid Y vastaste autoantikehadega katseloomadel esile kutsuda depressioonilaadne seisund (Garcia jt, 2012), mis on osaks uuringusuunast koos professor Serguei Fetissovi juhitava uurijate rühmaga Roueni ülikoolis neuropeptiidevastaste autoantikehade rolli selgitamisel psühhiaatriliste häirete tekkes, ja mis on hiljuti osutanud ka mikroobikeskkonna võimalikule panusele, kuna nende antikehade algseks sihtmärgiks võivad olla hoopis mikroobivalgud (Tennoune jt, 2014).

Sageli, või pigem enamasti, ei lange sama häire – näiteks depressiooni – erinevate loomkatsemudelitega saadud neurobioloogilised tulemused kokku. Otseselt seda käsitles 6. raamprogrammi projekt NEWMOOD. Selle konsortsiumi tegevuse kokkuvõtte ilmus ajakirja *European Neuropsychopharmacology* erinumbrina jaanuaris 2011 ja, kuigi toimetajate-poolses eessõnas (Deakin jt, 2011) püüdsime rõhutada depressioonimudelites meetodite harmoniseerimisel ilmnevaid seaduspärasusi, pole pääsu tõsiasi, et depressioonilaadsete fenotüüpide taga on muutused väga paljude geenide ekspressioonis ja ekspressioonimuster sõltub pigem keskkonnast kui on üheselt seotud fenotüübiga. Kuigi teadmine, et depressioonifenotüüpide väljakujunemises osaleb keskkonnast sõltuvalt sadu, kui mitte tuhandeid geene sobib suurde pilti, kerkib sellel taustal esile uus tähtis küsimus: millisel organisatsioonitasemel kujunevad välja erinevat teed mööda tekkinud depressioonipiltide ühised neurobioloogilised alusmehhanismid? NEWMOOD näitas, et see ei toimu geeniekspressiooni tasemel, aga kus siis? Meie tegime katset ühtsesse andmeanalüüsi integreerida aju kestva regionaalse aktiivsuse taset näitava tsütokroomi oksüdaasi histokeemiliselt mõõdetud aktiivsust väga erinevates depressiooni loomkatsemudelites ja leidsime, et sellel tasandil võib depressiooni ühtse substraadi kirjeldamine olla võimalik, kui läbivald stressidiateesi käsitlust rakendada (Harro jt, 2014). Senised tulemused ütlevad meile, et ajupiirkonnad, mis reageerivad väliskeskkonnast pärit stressile, eristuvad piirkondadest, mis kannavad haavatavust, ning stressivastuses saab eristada kolme erinevat aju regionaalse aktiivsuse mustrit, millest arvatavasti sõltub kohanemisvõime või selle puudumine.

Loomkatsemudelite eeliseks on ajukoe uurimise võimaluste rohkus, ja kuigi näriliste käitumine peegeldab inimekäitumise elementaarprotsesse, sealhulgas sotsiaalseid, puuduvad selles inimearengu komplekssemad aspektid. Inimese

käitumise kujunemine leiab aset paljukomponendilises keskkonnas, mis muutub ja mille muutumisele igaüks rohkem või vähem omalt poolt vastab. Keskkonnategurite tervismõju saab põhjuslikult hinnata prospektiivsetes longituud-uuringutes. Üheks niisuguseks on 1998. aastal alustatud ELIKTU – Eesti Laste Isiksuse, Käitumise ja Tervise Uuring –, mille Tartu maakonna koolidest moodustatud valim on väga suure esinduslikkusega rahvastiku suhtes ja milles osalenud on väga hästi kordusuuringutesse tulnud, tehes ELIKTU-st maailmamastaabiga ettevõtmise.

Kõige suuremaks tervishoiuprobleemiks tänapäeval on kardiovaskulaarsüsteemi haigused, ja nende varajaste riskitegurite uurimiseks on ELIKTU valim eriti hästi sobiv, kuna algtõukeks oli Euroopa Noorte Südameuuringu (vt näiteks Andersen jt, 2006) kava. Südame ja veresoonte tervist kujundavate tegurite otsimisel oleme leidnud, et olulise keskkonnategurina tuleb arvesse võtta imikute rinnaga toitmist, mis võib olla oluline geenivariantide pikaajalise mõju vahendaja lapse varajase arengu (esimese sünnijärgse poolaasta) perioodil (Labayen jt, 2012ab). Rinnaga toitmise mõju pikaajalisuse iseloomu geneetilised vs. epigeneetilised tegurid on veel ebaselged, kuid mõju suurus kardiovaskulaarsüsteemi näitajatele ja sõltuvus rinnaga toitmise kestusest lubavad seda pidada eriti oluliseks keskkonnateguriks. Kas tähtis on rinnapiim ise või midagi muud, tuleb samuti välja selgitada. Et lähedus emaga on oluline keskkonnategur, mis jätab pikaajalise jälje ajju, saab ka loomkatses nähtavaks teha: korduv lühiajaline eraldamine emast muudab aju nii, et kokku puude alkoholiga täiskasvanueas mõjustab neurokeemilisi protsesse hoopis teistmoodi (Oreland jt, 2011). Hoopis teistlaadi näide keskkonna pikaajalistest mõjudest on longituudanalüüs sotsiaalsete tegurite seosest riskidega kardiovaskulaartervisele, millest selgus, et oluline kaitsev toime on eelkõige ema haridusel (Ortega jt, 2013).

Kui ELIKTU eelkäija, Euroopa Noorte Südameuuringu Eesti haru, oli algselt mõeldud südame ja veresoonte haiguste riskitegurite varajaseks kindlakstegemiseks, siis aastatega on uuringu fookus nihkunud vaimsele tervisele ja psühhiaatrilistele häiretele. Kardiovaskulaarsüsteemi haigused esinevad sageli koos vaimse tervise häiretega. Mitmed ajuhaigused kuuluvad samuti peamiste haiguskoormuse allikate hulka. Sealhulgas on depressioon WHO poolt prognoositud tõusma lähitulevikus teisele kohale ja alkoholitarvitamishäire kujunemas Euroopas meeste seas kõige sagedasemaks psühhiaatriliseks häireks. Seetõttu kerkib esile küsimus komorbiidsuse mehhanismidest, sealhulgas võimalus, et mõned geneetilised riskitegurid langevad kokku. Teiselt poolt on raske ette kujutada geenivariante, mis püsivad rahvastikus vaatamata pleiotroopsele ebasoodsusele. Tomsoni ja kaasautorite (2011) artikkel kirjeldab hästituntud kandidaatgeeni variatiivsuse mõju pleiotroopsust, näidates nn riskigenotüübi positiivset külge. 5-HTTLPR – serotoniini transporteri geeni promooterpolümorfism – on bioloogilises psühhiaatrias ja psühholoogias enimkäsitletud geenivariatiivsus, kuna mõjustab tugevasti aju ehitust ja talit-

lust, sealhulgas eriti mandelkeha ärgastumist ohtlikena tajutud stiimulite peale. 5-HTTLPR nn s-alleeli on alates avastamisest (Lesch jt, 1996) peetud geeni riskivariandiks, mis soodustab ärevushäirete ja depressiooni tekkimist. Mõned uuringud eakatel inimestel on kirjeldanud südamele ja veresoontele parema vere lipiidideprofiili sagedasemat esinemist s-alleeli kandjatel. Meie näitasime esimestena, et s-alleeli kandjatel on LDL ja kogukolesterooli tase madalam juba noores eas, mis osutab selle genotüübi otseselt positiivsetele omadustele kardiovaskulaarsüsteemis.

5-HTTLPR populaarsus – selle geenivariatiivsuse kohta on avaldatud mitu tuhat artiklit – tuleneb ikkagi seostest aju ehituse, talitluse, psüühika ja käitumisega. Esialgne tulemus suurest mõjust ärevusele ja neurootilisusele siiski väga hästi reprodutseeritav ei olnud, meta-analüüs näitab olulist, kuid väga väikest mõju depressiooni esinemisele (Lopez-Leon jt, 2008). Küll on aga hästikorratav tulemus see, et s-alleeli kandjatel on mandelkeha ärevusttekitavatele stiimulitele tundlikum (Hariri jt, 2002). Suuresti just 5-HTTLPR avas aga käitumisteadustes geenide-keskkondade koosmõju peatüki, seda Caspi ja kaastöötajate (2003) Dunedini sünnikohordi longituuduuringu andmete analüüsi tulemusena. Sellel valimil on hästi näha tugevat stressi põhjustavate elusündmuste depressioonitekitav mõju, kuid selle ulatus sõltus väga ilmselt 5-HTTLPR genotüübist: kui l/l-homosügootidele oli stressi mõju väike, siis l/s-heterosügootidele märksa suurem ja s/s-homosügootidele veelgi suurem. Selle artikli jooniste hoolikam vaatamine annab ühe huvitava täiendava vihje: stressivabas keskkonnas on s-alleeli kandjatel depressiivsus isegi väiksem kui 'riskialleelita' inimestel. Sama asja näeme meie Eestis ELIKTU valimi naistel. ELIKTU valimis on s-alleeli kandvatel naistel 25-ndaks eluaastaks ärevushäireid esinenud harvem kui l/l-homosügootidel. Kuidas seda seletada? Neil on kõrgem haridustase ja parem elu (Kiive, Harro, 2013)! Arusaadavalt peavad mandelkeha suurema tundlikkusega inimesed oma elu korraldama viisil, mis tagab neile väiksema häirituse, ning mõistagi on selle universaalseimaks viisiks ülikoolihariduse omandamine.

Kuid seos geenivariatiivsuse ja hariduse vahel võiks ju ka juhuslik kokkusaatus olla. Otsustasime kontrollida kahe populaarsuselt järgmise geenivariatiivsuse seost ülikooliharidusega. Väga suur mõju käitumisegeenide käsitlemise sensatsioonijanususele on olnud niinimetatud 'agressiivsuse geeni' avastamisel (Brunner jt, 1993): ühes flaami suguvõsas tekkinud mutatsioon, mis muudab monoamiinide oksüdaasi A-isoensüümi koodimise võimatuks ja tekitab selle ensüümi aktiivsuse täieliku puudumise, on meesliikmetel antisotsiaalse käitumise tõenäoliseks põhjustajaks (vt foto).

Järgnenud põhjalikud *MAOA* geeni uuringud on näidanud, et üks promooterpiirkonnas esinev laialt levinud variatiivsus, mis ensüümi aktiivsust vähendab, on meeste antisotsiaalse käitumisega seotud, kui nad lapsepõlves on väärkohtlemist ja eluraskusi kogenud (Caspi jt, 2002).



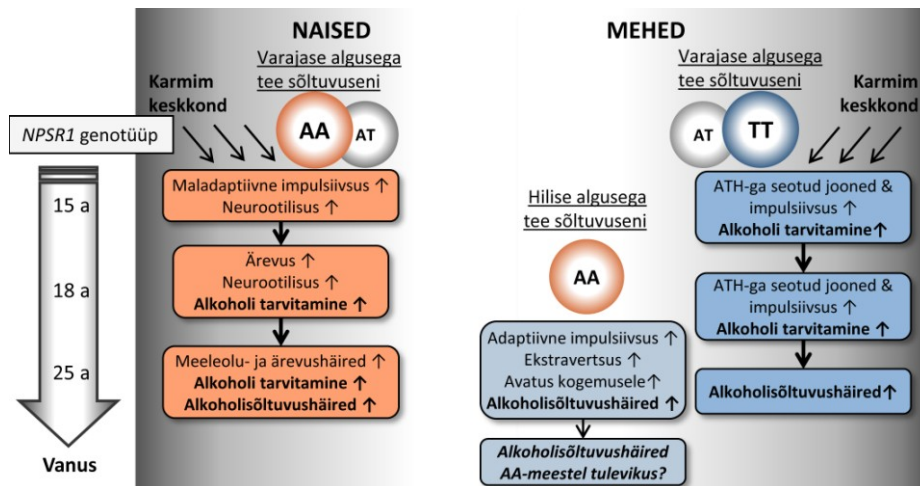
Foto.

‘Agressiivsuse geeni’ avastajana tuntud Nijmegeni Ülikooli professor Han Brunner (http://en.wikipedia.org/wiki/Brunner_syndrome) selgitab 7. Raamprogrammi konsortsiumi *Aggressotype* avakonverentsil, miks *MAOA* geen siiski agressiivsuse geen ei ole. Slaidil on näha originaalskeem kõnealuselt flaami perekonnast (Brunner jt, 1993).

Mõningase pettumusega olime ELIKTU valimil leidnud, et see geenivariatiivsus meeste agressiivse käitumise kalduvusi kuidagi ei mõjutanud; pöörates aga tähelepanu haridustasemele avastasime, et nn riskialleeliga meeste haridustase oli 25-ndaks eluaastaks oluliselt kõrgem (Kiive jt, 2014). Ülikoolihariduse omandamisega on Eestis seotud ka kolmas paljukäsitletud geenivariatiivsus: *COMT* Val158Met prefrontaalse ajukoore funktsioneerimisel optimaalseim, heterosügootne genotüüp eristub teistest, ainult et kui selle genotüübiga naistel on kõrgeim haridustase, siis sama genotüübiga mehed on astunud ülikooli harvem (Lehto, 2013).

Juhuslikkuse võimalust ei välista need tulemused ikkagi, kuid kokkulangevused moodustavad mõtlemapaneva mustri nii kaugeleulatuvate järeldustega, et neid tuleb enne väljahõikamist veel mitut moodi kontrollida. Kindlasti sobivad meie uuringute tulemused aga tõdemusega, et rahvastikus tavalisi ‘riskigenotüüpe’ on mõistlikum vaadelda kui n-õ plastilisuse genotüüpe – niisuguste alleelide kandjad on keskkonnamõjudele tundlikumad, olgu need siis head või halvad. Samalaadseid tulemusi õnnestus meil näha veel mitme

aju ehitust ja talitlust kujundava genotüübi osas. Loomkatsetes ilmnenu põhimõtet, et geneetilisel kaardil on palju teid samasse lõpp-punkti, leiab rahvastiku-uuringutes kinnitust isegi ühe ja sama geeni tasemel (vt joonis).



Joonis.

Kuidas sama geeni erinevad variandid viivad eri teid pidi sama tulemuseni? *NPSR1* geen koodib hiljuti avastatud neuropeptiid S-i retseptorvalku. Selle Asn107Ile variatiivsus tähendab suuremat või väiksemat signaali edastamise määra. Tõhusamat retseptorit koodiva A-alleeliga naistel on suurem emotsionaalne tundlikkus, kui neil on olnud rohkesti stressirikkaid elusündmusi. See soodustab alkoholi kuritarvitamist. T-alleeliga mehed on impulsiivsemad ja alustavad alkoholiga varakult, mis 25-ndaks eluaastaks annab ka nähtavaid tagajärgi. Ekstravertsemad AA-mehed aga joovad palju siis, kui nad alkoholi joomise ikka on jõudnud. Vähemalt meie kultuuris, kus alkoholi tarvitamine on mõneski olukorras sotsiaalselt soovitatav. Kas sellel halbu tagajärgi on, näitab aeg. Modifitseeritud Laas kaastöötajatega (2015) järgi.

Teadlased võivad maailma mitut moodi seletada, kuid asi seisab vajaduses teda muuta. Kui inimestel on valikuvõimalusi, siis keskkonda sekkumisega võib teha ka head. Nii päädisid meie pikaajalised liikluses käitumise uuringud sekkumisuuringuga autokoolides, milles juhtisime õppurite tähelepanu personaalselt nende endi impulsiivsetele käitumiskalduvustele. Sekkumise tõhusus selgus aasta pärast (Paaver jt, 2013) ja on püsinud ka neli–viis aastat hiljem. Meie meetod on möödunud aastast kasutusel *Mercedes-Benz Driving Academy* autokoolides Vancouver'is ja Los Angeles'is. Kuid geenide ja keskkondade koosmõju reegel kehtib siingi – sekkumise tõhusust saab seostada ajutalitlusele oluliste geenivariantidega.

KIRJANDUS

- Andersen, L. B., Harro, M., Sardinha, L. B., Froberg, K., Ekelund, U., Braage, S., Anderssen, S. A. 2006. Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: A cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *Lancet*, 368, 299-304.
- Brunner, H. G., Helen, M., Breakfield X. O., Ropers, H. H., van Oost, B. A. 1993. Abnormal behavior associated with a point mutation in the structural gene for monoamine oxidase A. *Science*, 262, 578-580.
- Caspi, A., McClay, J., Moffitt, T. E., Mill, J., Martin, J., Craig, I. W., Taylor, A., Poulton, R. 2002. Role of genotype in the cycle of violence in maltreated children. *Science*, 297, 851-854.
- Caspi, A., Sugden, K., Moffitt, T. E., Taylor, A., Craig, I. W., Harrington, H., McClay, J., Mill, J., Martin, J., Braithwaite, A., Poulton, R. 2003. Influence of life stress on depression: Moderation by a polymorphism in the 5-HTT gene. *Science*, 301, 386-389.
- Deakin, J. F. W., Harro, J., Anderson, I. M. 2011. NEWMOOD: A productive European model of collaboration for translational research in depression. *Eur. Neuropsychopharmacol.*, 21, 1-2.
- Fava, M., Kendler, K. S. 2000. Major depressive disorder. *Neuron*, 28, 335-341.
- Garcia, F. D., Coquerel, Q., Do Rego, J. C., Cravezic, A., Bole-Feysot, C., Kiive, E., Dechelotte, P., Harro, J., Fetissov, S. O. 2012. Anti-neuropeptide Y plasma immunoglobulins in relation to mood and appetite in depressive disorder. *Psychoneuroendocrinol.*, 24, 1225-1235.
- Hariri, A. R., Mattay, V. S., Tessitore, A., Kolachana, B., Fera, F., Goldman, D., Egan, M. F., Weinberger, D. R. 2002. Serotonin transporter genetic variation and the response of the human amygdala. *Science*, 297, 400-403.
- Harro, J. 2013. Animal models of depression vulnerability. Cowen, P., Sharp, T., Lau, J. Y. F. (eds.). *Behavioural Neurobiology of Depression and its Treatment*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 29-54.
- Harro, J., Kiive, E. 2011. Droplets of black bile? Development of vulnerability and resilience to depression in young age. *Psychoneuroendocrinol.*, 36, 380-392.
- Harro, J., Kanarik, M., Kaart, T., Matrov, D., Kõiv, K., Del Rio, J., Tordeira, R., Ramirez, M. 2014. Revealing the cerebral regions and networks mediating vulnerability to depression: Oxidative metabolism mapping in rat brain. *Behav. Brain Res.*, 267, 83-94.
- Harro, J., Kanarik, M., Matrov, J., Panksepp, J. 2011. Mapping patterns of depression-related brain regions with cytochrome oxidase histochemistry: Rele-

vance of animal affective systems to human disorders with focus on resilience to adverse events. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 35, 1876-1889.

Harro, J., Kiivet, R. A., Lang, A., Vasar, E. 1990. Rats with anxious or non-anxious type of exploratory behaviour differ in their brain CCK-8 and benzodiazepine receptor characteristics. *Behav. Brain Res.*, 39, 63-71.

Kanarik, M., Alttoa, A., Matrov, D., Kõiv, K., Sharp, T., Panksepp, J., Harro, J. 2011. Brain responses to chronic social defeat stress: Effects on regional oxidative metabolism as a function of a hedonic trait, and gene expression in susceptible and resilient rats. *Eur. Neuropsychopharmacol.*, 21, 92-107.

Kiive, E., Harro, J. 2013. The effect of serotonin transporter gene promoter polymorphism on adolescent and adult ADHD symptoms and educational attainment: a longitudinal study. *Eur. Psychiatry* 28, 372-378.

Kiive, E., Laas, K., Akkermann, K., Comasco, E., Orelund, L., Veidebaum, T. 2014. Mitigating aggressiveness through education? The monoamine oxidase A genotype and mental health in general population. *Acta Neuropsychiatr.*, 26, 19-28.

Laas, K., Reif, A., Akkermann, K., Kiive, E., Domschke, K., Lesch, K. P., Veidebaum, T., Harro, J. 2015. Neuropeptide S receptor gene variant and environment: Contribution to alcohol use disorders and alcohol consumption. *Addict. Biol.* 20, 605-616.

Labayen, I., Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Loit, H.-M., Harro, J., Villa, I., Veidebaum, T., Sjöström, M. 2012a. Association of exclusive breastfeeding duration and fibrinogen levels in childhood and adolescence. *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.*, 166, 56-61.

Labayen, I., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Loit, H.-M., Harro, J., Villa, I., Veidebaum, T., Sjöström, M. 2012b. Exclusive breastfeeding duration and cardiovascular fitness in children and adolescents. *Am. J. Clin. Nutr.*, 95, 498-505.

Lehto, K., Akkermann, K., Parik, J., Veidebaum, T., Harro, J. 2013. Effect of *COMT* Val158Met polymorphism on personality traits and educational attainment in a longitudinal population representative study. *Eur. Psychiatry*, 28, 492-498.

Lesch, K. P., Bengel, D., Heils, A., Sabol, S. Z., Greenberg, B. D., Petri, S., Benjamin, J., Möller, C. R., Hamer, D. H., Murphy, D. L. 1996. Association of anxiety-related traits with a polymorphism in the serotonin transporter gene regulatory region. *Science*, 274, 1527-1531.

Lopez-Leon, S., Janssens, A. C., Gonzales-Zuleota Ladd, A. M., Claes, S. J., Oostra, B. A., van Duijn, C. M. 2008. Meta-analyses of genetic studies on major depression disorder. *Mol. Psychiatry*, 13, 772-785.

- Oreland, S., Raudkivi, K., Oreland, L., Harro, J., Arborelius, L., Nylander, I. 2011. Ethanol-induced effects on the dopamine and serotonin systems in adult Wistar rats are dependent on early-life experiences. *Brain Res.*, 1405, 57-68.
- Ortega, F., Ruiz, J. R., Labayen, I., Hurtig-Wennlöf, A., Harro, J., Kwak, L., Oja, L., Merenäkk, L., Veidebaum, T., Sjöström, M. 2013. Role of socio-cultural factors on changes in fitness and adiposity in youth: a 6-year follow-up study. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.*, 23, 883-890.
- Paaver, M., Eensoo, D., Kaasik, K., Vaht, M., Mäestu, J., Harro 2013. Preventing risky driving: A novel and effective brief intervention focusing on acknowledgement of personal risk factors. *Accid. Anal. Preven.*, 50, 430-437.
- Piazza, P. V., Deminiere, J. M., Le Moal, M., Simon, H. 1989. Factors that predict individual vulnerability to amphetamine self-administration. *Science*, 245, 1511-1513.
- Rägo, L., Kiivet, R. A., Harro, J., Pöld, M. 1988. Behavioral differences in elevated plus-maze: Correlation between anxiety and decreased number of GABA and benzodiazepine receptors in mouse cerebral cortex. *Naunyn Schmiedeberg's Arch. Pharmacol.*, 337, 675-678.
- Raudkivi, K., Mällo, T., Harro, J. 2012. Effect of chronic variable stress on cortocosterone levels and hippocampal extracellular 5-HT in rats with persistent differences in positive affectivity. *Acta Neuropsychiatr.*, 24, 208-214.
- Tennoune, N., Chan, P., Breton, J., Legrand, R., Nait Chabane, Y., Akkermann, K., Järv, A., Ouelaa, W., Takagi, K., Ghouzali, I., Francois, M., Lucas, N., Bole-Feysot, M., Pestel-Caron, M., Do Rego J. C., Vaudry, D., Harro, J., De, E., Dechelotte, P., Fetissof, S. O. 2014. Bacterial ClpB heat-shock protein, an antigen-mimetic of the anorectic peptide α -MSH, at the origin of eating disorders? *Transl. Psychiatry*, 4, e458.
- Tomson, K., Merenäkk, L., Loit, H.-M., Mäestu, J., Harro, J. 2011. The relationship between serotonin transporter gene promoter polymorphism and serum lipid levels at young age in a longitudinal population-representative study. *Progr. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry*, 35, 1857-1862.
- Williams, M. 2011. Productivity shortfalls in drug discovery: contributions from the preclinical sciences? *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, 336, 3-8.
- Willner, P., Mitchell, P. J. 2002. The validity of animal models of predisposition to depression. *Behav. Pharmacol.*, 13, 169-188.

*Teaduspreemia humanitaarteaduste alal
monograafia
“Esitledes iseend. Tallinlane ja tema elamu varauusajal” eest*



Krista Kodres

Krista Kodrese monograafia on etappiloovalt uudne ja tasemelt silmapaistev käsitus Tallinna jõukama elanikkonna elamust varauusajal. Rohkele empiirikale tuginedes ning teiste humanitaar- ja sotsiaalteaduste metoodikatega lõimudes avab see uusi perspektiive Eesti kunstiajaloo uurimises.

ESITLEDES ISEEND. TALLINLANE JA TEMA ELAMU VARAUUSAJAL

Linnad on alati ja igavesti muutuvad mitte ainult seetõttu, et nad täituvad kogu aeg uute inimestega, vaid ka seepärast, et muutub nende füüsiline kude ja ilme. Majaomanike üha uued tahtmised kujundavad elamuid, mis omakorda annavad näo tänavatele ja väljakutele. Veelgi enam muutub ajas majade sisemus, sest seda ümber kujundada ja täiendada on lihtsam ja odavam.

Oma uurimuses tegelesin ühe üsna tüüpilise varauusaegse Läänemere ruumi-äärse linna – Tallinnaga, vaatlemaks selles ajavahemikul u 1550–1750 aset leidnud materiaalseid ja visuaalseid muutusi. Tähelepanu keskendasin jõuka linlase elamule, mis koosluses teiste omasugustega määratles Rootsi ja Vene ajal Tallinna all-linna ja Toompea ilmet. Neis kahes Tallinna osas elas siis kokku u 9 000–11 000 inimest. Eliidid, st ehitamis- ja ostuvõimeline seltskond, moodustasid elanike koguarvust maksimaalselt paarkümmend protsenti. Raehärrad, suurkaupmehed ja aadlikud olid majade kõrval minu raamatu 'peategelased'.

* * *

Ent enne kui kokku võtta uurimuse tulemusi, püüan paari sõnaga iseloomustada oma positsioone uuritava materjali suhtes. Kui varasemad käsitlused keskendasid tähelepanu majade arhitektuursele ja kunstilisele stilistikale ning ruumiprogrammile, siis mind huvitas märksa enam elamu kui kompleksne uurimisobjekt. Minu veendumuse järgi koondab elamu endas nii sotsiaalset kui esteetilist, nii individuaalset kui kultuurilist, nii teadmistesse kui elupraktikasse puutuvat. Seetõttu oli ka varauusaegse Tallinna elamu visuaalset ilmet analüüsides vältimatu teistest humanitaar-, aga ka sotsiaalteadustest pärit teoreetiliste ideede ja mõistete kasutamine. Need olid 'tööriistad' (Bal, 2002), mis inspireerisid esitama oma materjalile küsimusi, mida seni polnud esitatud.

Mõistetest üks kesksemaid oli minu jaoks 'representatsioon'. Ühelt poolt seetõttu, et arhitektuuril ja kunstil on põhimõtteliselt semiootiline loomus – maja ja teos 'seisavad' alati 'millegi eest', tähistavad midagi. Nagu igasugusele representatsioonile, on ka neile omane võime esitleda korraga nii iseend kui ka midagi muud (Representation, 1997; Foucault, 2003). Teisalt oli *repraesentatio* mõiste kõne all oleva ajastu arhitektuuri- ja kunstidiskursuse tuumaks. Olles ühelt poolt sotsiaalsete ja kultuuriliste arengute tulemus, oli see diskursus – mh kirjapanduna arhitektuuri- ja kunstitraktaatidesse – omakorda (enamasti ilmselt vaikimisi ja vahendatult) kujundamas inimeste arusaama majadest, piltidest ja asjadest ning tegutsemisest nendega seoses. Diskursus, mis on muidugi ka ajas mõnevõrra muutuv, määratles representatsioonipraktikaid (Chartier, 1989) – miks ja kuidas oma elamut ehitada ja kaunistada.

Visuaalseid ja materiaalseid objekte kui representatsioone võib kirjeldada ka kommunikatsiooniteooriast lähtuvalt. Elamut ja selle kujundust saab tõlgendada – ja seda püüdsin teha ka mina – ühe sümboolse kommunikatsiooni viisina, mida iseloomustab seotus ulatuslikumate semiootiliste süsteemidega (Hodge, Kress, 1988; Stollberg-Rilinger, 2004). Antropoloogid rõhutavad, et need süsteemid on oma loomult sotsiaalsed (Gell, 1998; Geertz, 2003). Sümboolne kommunikatsioon toimib, sest ühiskond tajub ja väärtustab visuaalsete ja materiaalsete representatsioonide agentsust, mistõttu nad toimivad sümboolse kapitalina (Bourdieu, 1998, 2002; Althoff, 1989; Stollberg-Rilinger, 2004). Sümboolne kapital on aga konverteeritav näiteks sotsiaalseks kapitaliks või ükskõik milliseks muuks reaalselt toimivaks kapitaliks, mis annab lisandväärtust – näiteks prestiiži. Elamu väljendab või reedab selles kontekstis otsustavalt oma omaniku sotsiaalset olemist, tema 'vahendeid', aga ka maitset, kogu vara omandamisel rakendatud klassifikatsioonisüsteemi. Viimane esemestub majas ja asjades ning pakub ühtlasi sümboolse omandamise lähtekoha teistele sotsiaalses ruumis olijatele.

On ilmne, et elamu kui sümboolne kapital ei toiminud mitte üksnes ühtekuuluvuse, vaid ühtlasi ja paratamatult ka erinevuse 'tunnistajana', ning oli seotud kapitali omaniku enesemõtestamise ehk identiteedi probleemiga (Tajfel, Turner, 1986; Anderson, 1991; Markova, 2007; Moloney, Walker, 2007). Varauusajal tajus inimene end eelkõige seisusliku kuuluvuse kaudu. Identiteeti iseloomustab performatiivsus, seda presenteeritakse – seda esitatakse või etendatakse (Goffman, 1959; Zwischen Schein und Sein, 1993; Wijzenberg-Olthuis, 1996; Material Identities, 2007; Architecture as a Performing Art, 2013). Elamu kui üks oma omaniku identiteedi väljendus- ja esitamisviise, oli minu uurimuse kõige kesksemaid aruteluprobleeme.

* * *

Niisiis oli mulle kirjutamist alustades selge, et elamu on keeruline tervik, mille esteetiline ja ikonograafiline ilme sünnib, põimides aega ja kohta, sotsiaalset ja kultuurilist, teadmisi ja oskusi. Asusin toda 'põimitust' lahti harutama, et aru saada, miks ja kuidas sotsiaalsed ja kultuurilised kontekstid end hoones kui representatsioonis 'vormistavad', ning teisalt – missugune oli majade ja asjade eneste võim ja vahendajaroll, kuidas need Tallinna linna-keskkonnas toimusid. Kuna võtsin vaatluse alla umbes kaheksa aasta pikkuse perioodi, siis oli loomulik küsida ka hoonete ja nende interjööride esteetiliste muutumiste põhjuste ja tagajärgede kohta. Kokkuvõttes: maja oli minu jaoks visuaal- ja materiaalkultuuri tekst, mida püüdsin lugeda (Experiencing Material Culture, 1997; Roeck, 2004).

Alustasin 'lugemist' Tallinna all-linna ja Toompea elamute fassaadide vaatlusest, mille käigus said kaardistatud vanad ja uued arhitektuurivormid.

Varauusajal ehitati linnas suhteliselt vähe, sest sõjad, poliitiline ebakindlus, majanduse üldine kiratsemine vaheldusid väga lühikeste soodsate perioodidega.



Foto 1.

Kuninga 1 elamu. Kuulus 1530.–40. aastatel raehärra Heysele. Fassaadipildidel Kristus, neli evangelisti ja Püha Kolmainuse sümbol nn Armutroon.

didega, mis lubasid linnaelanikel oma reeglina keskaegse kapitaalse kivist elamu radikaalsemaid ümberehitusi ette võtta (Üprus, 1965, 1979; Maiste, 1993, 1998; Hein, 1995). Samas näitas materjal, et kogu valitud *long durée*'le oli iseloomulik representatsiooniteadlikkus: oma elamu fassaadi käsitleti linna poole suunatud informatiivse ekraanina, millele sai midagi 'üles riputada'. Iseloomulik oli seegi, et kõik arhitektuurielemendid, reljeefid, maalid, mis Tallinnas fassaadile telliti (Üprus, 1987, 1990), olid laenatud kaasaegsetest arhitektuuri- ja mustriamatutest ja olid seega vormilt 'moodsad'. Nende kaudu sai võimalikuks nii ajas kui ka ruumis kauge antiigi visuaalne kohalolu (Antiquity, 2000).

Üldistatult võib öelda, et Tallinna eliitpürjelid 'kirjutasid' kahe sajandi jook-sul oma elamuid aeg-ajalt üle, vanu elemente 'kustutades' ja uutega asenda-des – tegevus, mida võiks nimetada arhitektuurseks palimpsestiks. Veelgi ta-valisem oli aga, et uus tekkis vana kõrvale ehk siis et maja 'lugu' ei katke-nudki.



Foto 2.

Lai 17, esimesi moodsaid aadlipaleesid Tallinnas. Ehtasid Rootsi aadlikud von Wangersheimid ja von Pahlenid 1660.–1680. aastatel. Arhitekt Jacob Stael von Holstein (?).



Foto 3.

Portaali pealdis tekstiga
WENN HASS VND NEID BRENT
WIE EIN FEVR / SO WERE HOLZ
VND KOLEN NICHT TEVR / SO
GESCHEHT DOCH WAS GOT
HABEN WILL – “Kui viha ja
vaen põleksid kui tuli, poleks
puu ja süsi kallid, aga juhtub
ikka see, mida Jumal tahab”.
(Praegu sekundaarsel kohal
Uus 14 fassaadil). U. 1650.

Kas too taevasse sirutuva fassaadiga arhitektuurse põhiilme säilitamine oli tingitud ratsionaalsest majanduslikust mõtlemisest või oli tegu end ehk endiselt Hansa Liidu liikmena tuntava linnakogukonna visuaalse identiteedi teadliku representatsiooniga, nagu on oletatud Lübecki ja ka teiste Euroopa linnade puhul (Lubbock, 1995; de Jonge 2008), jääb paraku ikka veel kindla vastuseta.

Vajadus uurida ja mõtestada kohaliku visuaalse ja materiaalse keskkonna kujundamise traditsioone ja muutumisi suunas vaatama fassaadide 'üle- ja edasikirjutuste' sisu. Reljeefidel ja (harvemini) maalingutel kujutatud vooruste allegooriad, piiblilood ja -tegelased ning neid sageli saatnud tekstid osutasid väärtustele, mida elamu omanik pidas vajalikuks avalikkusega jagada (Bandmann, 1951, 1958/59; Mildner-Flesch, 1983; Goldtwhite, 1993; Uhle-Wetter, 1994; Kaspar, 1998; Blockmans, 1999; Kivimäe, 2002; Burioni, 2011; Bartmanky, Alexander, 2012). Nendeks olid usklikkus, kindlameelsus, mõõdukus, suuremeelsus ning tarkus (Warnke, 1987; Philipp, 1990, 1997; Tipton, 1996; Kern, 2002; Vieth, 2002; Locher, 2002; Heyen, 2008).

Miks esitlesid Tallinna raehärrad ja kaupmehed majadel just selliseid inimlike omadusi? Kuivõrd kohalikud allikad ei pakkunud sellele küsimusele vastamiseks just palju võimalusi, tuli vastuseid otsida kaugemalt, lähtepunktiks veendumus, et Tallinn oli üsna tüüpiline Euroopa varauusaegne linn ning suur osa selle elanikest olidki eurooplased. Tallinn oli demograafiliselt ka väga dünaamiline linn, mille elanikkond pidevalt täienes Läänemere-äärsetelt territooriumidelt väljarännanutega (Johansen, Mühlen, 1973; Gierlich, 1991; Weinmann, 1991; Pullat, 1972, 1992).

Mõistagi kujutas ka Tallinn endast seisuslikku linnaühiskonda, kus ühed valitsesid ja teised allusid neile. Linna poliitiliselt ja majanduslikult juhtivatesse seisustesse kuulunud isikuid (Redlich, 1935; Mühlen, 1985; Mänd, 2005; Paravicini, 2007; Mänd jt, 2011) ühendas seisuslik identiteet, mis eeldas põhiliste väärtushoiakute jagamist. Töö käigus saigi ühelt poolt selgemaks siinse eliidi ning siin elanud aadli eluväärtuste kuulumine varauusaegse Euroopa ühiskonna ühtsesse väärtussüsteemi ning teisalt nende väärtuste sügavalt ajalooline iseloom.

Kaasaegset valitsemis- ja kombeliteratuuri lugedes torkas silma tekstide eesmärk, milleks oli lõppkokkuvõttes ühiskondliku korra ja stabiilsuse tagamine (Singer, 1981; Rüther, 2005; Knape, 2008; Göttert, 2009). See aga, nagu kirjutati, sündivat vaid siis, kui peetakse kinni reeglitest ja ühiskonna eesotsas on õigete omadustega inimesed. Kristlikus kultuuris juurdunud teadmine ühiskondliku korra kõrgemalt poolt antusest ütles ette, et 'õigete omadustega' inimesed kuuluvad ühiskonna juhtide hulka, st et väärt omadused kuuluvad kokku teatud seisustega. Õiget valitsejat defineerisid vastavad voorused, tema isikus nähti kindlate sotsiaalsete väärtuse kehastust. Seetõttu õpetati, et rae koosseisu tuleb võtta 'vagam, ausad ja vooruslikud isikud' ning õige raehärra peab olema 'isiklik eeskuju, kes vastutab, nagu vastutab laeva kapten laeva eest'. Juhtivad seisused pidid olema teistele eeskujuks ning töötama 'ühise kasu' nimel (Bleek, Garber 1982; Ordnung, Fleiss und Sparsamkeit, 1984; Schilling, 1985; Philipp, 1990, 1997; Dinges, 1993; Oexle, 1998; Vec, 1998; Tipton, 1996; Kern, 2002; Vieth, 2002; Paravicini, 2007; Kessel, 2008).



Foto 4.
Raehärra Matthias Poorteni
Lai 19 elamu fassaadile kuu-
lunud kivitahvel antiikkang-
elase Mucius Scaevolaga,
kes ei kartnud oma kätt Roo-
ma kaitseks tulle panna.
Arent Passeri töökoda (?),
1636. Tallinna Linnamuuse-
um.

Valitsemis- ja kombekirjandus õpetas sedagi, et õiget valitsejat eristavad teatud välised märgid (nt Cyriacus Spangenberg “Adels Spiegel”, 1591). Sama ideed paljundasid ka arhitektuuri- ja kunstiraamatud, mille järgi arhitektuur seisis ühiskonna teenistuses ning maja ‘nägu’ oli ühtlasi tema omaniku nägu (Warnke, 1987; Ellenius, 1988; van Eck, 2000; Schütte, 2000; Hahn, Schütte, 2003; Till, 2004; Sittig, 2010). Sellise arhitektuuri ja kogu omandi imagot ilmsesti tähtsustava probleemipüstituse taustal on reeglite loomise püüdlus mõistetav. Vajadus tulenes eriti kaunistustele omasest potentsiaalsest paljutähenduslikkusest, mis oli ohuks kogu maja kommunikatiivsusele – soovitud sõnum võis minna kaduma. Seetõttu püüti spetsiaalsetes, kogu Euroopas ringelnud ikonoloogiaraamatutes ‘väliste märkide’ – arhitektuuriüsteemi või arhitektuurse üksikelemendi, kujutise, pildimotiivi või terve pildinarratiivi – tähendusi kinnistada. Ikonoloogiaraamatute kordustrukid ja muidugi ka representatsioonipraktika ise osutavad, et varauusaegne ühiskond oli ehitus- ja pildikunstide retoorilises potentsiaalis, nende sümbolises teovõimes vägagi veendunud (Praz, 1975; Warnke, 1987; Baudekoration, 1993; Jones, 1995; Carpo, 2001; Stil als Bedeutung, 2008; Iconic Power, 2012).



Foto 5.
Kaupmees Huecki elamu Lai 29 perekonnaportreede galeriiga esinduslik eeskoda. 1680. aastad – 18. sajandi algus. Foto 19. sajandi lõpust.



Foto 6.
Kaupmeheelamu elutuba Raekoja 3/Raekoja plats 18. 16.–18. sajand.

Vaadeldes Tallinna materjali võib öelda, et arhitektuur ja kaunistused nii ühendasid kui ka eristasid (Burnett, 1985; Häussermann, Siebel, 1996; Lubbock, 1995; Hahn, 2003; Rüther, 2005; Markova, 2007; Sittig, 2010). Linna eliidi elamute ja linnavalitsemise keskuse raekoja (Ehasalu, 2007) pildi-programmide ikonograafia oli paljuski sarnane. Arhitektuur ja ikonograafia kui erisuse rõhutusvahendid ilmneseid aga eriti selgelt Rootsi kuninga teenistuses olnud administratiivaadli linnapaleede puhul (Hein, 1995). Nende stiilivalik oli suure tõenäosusega demonstratiivne: hansalinna viilmajade kõrval pidi hollandi palladionism patriootlikule pürjelile mõjuma provokatsioonina. Üksikud allikad lubavad oletada, et visuaalne konkurents oli eri seisuste vahel tõepoolest olemas.

Tallinlase elamusse sisenemist alustasin maja plaani vaatlusega. Arhitektuurset plaanilahendust koos sisustusega võib põhimõtteliselt pidada isiku eluviisi või elustiili materialisatsiooniks, kuid teisalt, füüsiliselt juba olemasolevana, struktureerib ja raamib see maja kasutajate argipäeva (Elias, 1983, 2005; Dinges, 1997; Kaspar, 1998). Elustiil sõltub perekonna- ja majapidamise vormist, rahalistest ja kultuurilistest ressurssidest ning väärtushoiakutest (Rybczynski, 1987; Ariès, 1989; Geschichte des Wohnens, 1998). Muuhulgas kujundas viimaseid kasvava mõjuga arhitektuuridiskursus, mis õpetas, kuidas muutuva elupraktikaid ruumiliselt õigesti elamusse paigutada. Elamu õige planeering kuulus enese 'hea väljanäitamise' kohustuse juurde.



Foto 7.

Kõige tavapärasem sisustuse 16.–17. sajandi Tallinna elamus. Tallinna Linnamuuseum.

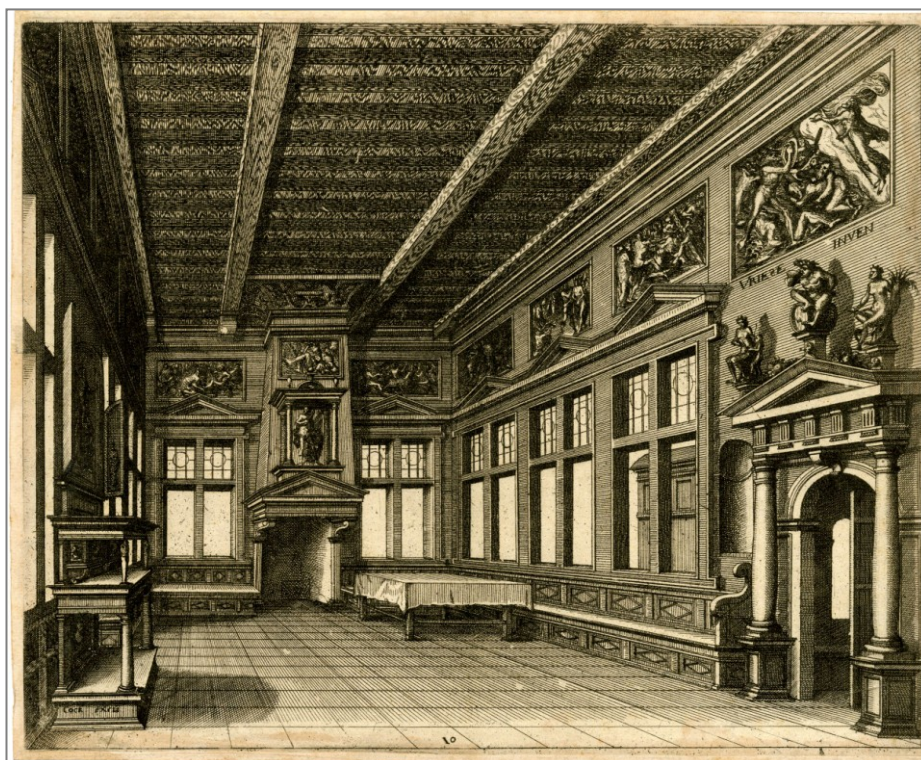


Foto 8.

Interjöörivaade. Hans Vredeman de Vriesi raamatust, *Scenographiae, sive perspectivae*. Antwerpen 1560.

Tallinna kõrgemate seisuste perede eluviisi kohta on konkreetseid andmeid väga napilt, kuid linlaste varaloendites (Nachlassverzeichnisse, 1997, 2007) kirjapandud ruuminimetused, nagu ka majades läbiviidud väliuurimised, pakkusid võimaluse seda teemat mõnevõrra edasi arendada. Kõigepealt kinnitasid varaloendid, et varauusaegses Tallinnas moodustas elamu ühe perekonna ja selle kodakondsete (sellide, õpipoiste, teenijate) elamis- ja tegutsesmisüksuse. All-linnas elas selline suurpere 16. sajandil reeglina keskaegses nn *diele-dornse* tüüpi, vaid kahe või kolme eluks ja tööks kasutatava ruumiga majas ning õuemajades. Kahe sajandi jooksul toimusid majas selged planeeringulised muutused. Ilmnes, et kõik vaadeldud linnaeliidi perekonnad tegelesid oma eluruumi laiendamisega, tükeldades olemasolevaid ruume, võttes kasutusele ülemisi korruseid ja/või ehitades ruume juurde õuepoolele. Kapitalse ehituskehami tõttu polnud kõike seda ilmselt kerge teha.

Elamu tsoneeriti: aegamööda eristati töö-, esindus- ja privaatruumid, ruumid perekonna eri sugudele ja generatsioonidele. Jälgitav on ka soov luua elamuse esinduslik tsoon eeskoja ja suure toa näol, 17.–18. sajandil ka esinduslike

saalide sisseseadmine teisele majakorrusele, kuhu sai eeskojast algava paraadtrep'i kaudu. Selgelt on näha ka magamiskambrite arvu kasv ning pereteenivate kodakondsete eristamine õuepoole tubadesse või hoonetesse. Seega toimus ruumiplaani abil sotsiaalne ja funktsionaalne hierarhiseerimine, kuigi mitte alati polnud võimalik, või ei peetud pragmaatilistel põhjustel vajalikuks, reserveerida näiteks eeskoda ja suurt tuba ainult pere esindamisele. Nii selguski, et suuresti olid just need kaks ruumi pigem polüfunktsionaalsed, kus sai 'enese esitlemise' kõrval ka töötada ja/või magada (vt võrdluseks Hähnel, 1975; Kaspar, 1985; Kokkelink, 1985; Mohrmann, 1985; Reichstein, 1986; Pelus-Kaplan, 1993; Mohrmann, 1990; Legant-Karau, Scheftel, 1993; Korduba, 2005; Cavallo, Evangelisti, 2009).

Ilmselt kõige enam sai majaomanik end näidata kodus leiduvate asjade kaudu. Ka neist võimaldavad aimu saada Tallinna Linnaarhiivi kogudes leiduvad varaloendid, mis on ühtlasi pea ainuke varauusaegse kohaliku sisustuse uurimise allikas, sest füüsiliselt leidub selle ajastu esemeid vähe isegi muuseumides. Pere omanduses olnud sisustusesemete puhul huvitasid mind nii nende välimus – n-ö tarbekunstiajalugu – kui ka ostmise põhjused. Kunagiste varaloendajate kirjeldused võimaldasid eristada 'puhtalt' tarbeesemeid (nt järid, potidkaused jms) ja 'enam-kui-tarbeesemeid'. Viimaste puhul sai vaadata, kuidas nende esteetika suhestus euroopaliku asjademoega, kuid uurida ka muid omadusi, mis tegid võimalikuks esemete kasutamise esindusesemetena, seega veel ühe elamu visuaalse ja materiaalse komponendina, mis 'seisis omaniku eest' (Douglas, Isherwood, 1981; Appaduray, 1992; Kopytoff, 1992; Blockmanns, 1999; Müller, 2007; Berg, 2012).

Tallinna varaloendite põhjal võis järeldada, et linna eliitpürjelid hakkasid aja jooksul muretsema üha rohkem asju ning et tarbeesemete kõrvale ilmus üha enam luksusesemeid: peegleid, väärispuidust ja skulpturaalsete kaunistustega mööblit, kallite kangastega baldahhiinvoodeid, portselannõusid, kelli. Samuti omasid mõned kodanikud üsna suuri portreegaleriisid, mis olid nii perekondlikuks visuaalseks mäluarhiiviks kui ka – üsna paljudel juhtudel – poliitilise lojaalsuse demonstratsiooniks.

Luksusasjade 'võim' toimis esemete materiaalsete ja visuaalsete omaduste – vormi, materjali, teostuse meisterlikkuse, kullatise, värvide, dekoori jm – kaudu (Raff, 1994). Asjadele omistatud toime ning nende tajumine potentsiaalse sümboolse kapitalina kehutas perekonda iseend asjade abil esindama, nende kaudu oma varakuse ja hea maitsega hooplema (Roche, 2000; North, 2003; de Vries, 2009; Roeck, 2011). Omamisrõõmu kihutasid tagant uuenev maitse- ja kombediskursus ning linnaühiskonna sisene konkurents, mis kahtlemata toimis ka sümboolsel väljal, olles ühtlasi uute ostusoovide mootoriks.

Selgus, et Tallinnas hakkas sisustuse omandamist alates 17. sajandi lõpust üha enam dikteerima esteetiline diskursus, mis eeldas ühtse kujundusega (*en suite*) mööbli omandamist või nõude omandamist vormilt ühtse serviisina. Kuid ka

sisustuse puhul ei tähendanud uue ostmine alati vana väljaviskamist. Kaupmeeste ja raehärrade kodudes omandati ese, mis pidi olema 'valmistatud uusima moe järgi' (18. sajand), enamasti vana kõrvale. Seevastu aadlik, kes ehitas 18. sajandil endale uue linnapalee, sisustas selle terviklikult prantsuse moe järgi (vt Tallinna kohta ka: Mühlen, 1980; Hess, 2004; Dreisner, Riemer, 2004; Pullat, 2011; Pullat, Suurmaa, 2008). Varaloendid võimaldasidki jälgida ka tallinlaste omandatud asjade kultuurigeograafiat.

Nii tarbe- kui ka luksusesemed olid 'osalised' teatud tegevustes. Seega kajastas asjademaailm, enam kui raskesti muudetava elamu planeering, ka Tallinnas nii argielu mugavamaks muutumist kui ka selle uuenevaid viise (vt ka Kreisel, Himmelheber, 1981; Thornton, 1985; Ausstattung, 1993; Crowley, 2001; Elias, 2005; Bogucka, 2005; Dejean, 2009; Rice, 2007; Luxus und Lifestyle, 2008; Margairaz, 2012). Näiteks vihjab esinduslike mööblikomplektide, serviiside ja muusikariistade olemasolu, et omaks olid võetud uued kodused 'rituaalid': seltskondlik tee- ja kohvijoomine, musitseerimine jne.

Asjadele lisaks huvitas mind mõistagi ka ruumide kujundus. Sai selgeks, et Tallinna parimate pürjelite elamud olid kujunduse poolest üsna sarnased ning ka muutusid sarnaselt. Kahe sajandi jooksul kuulusid interjööride kaunistamise meelisvõtete hulka maalingud laes, seinal, akendel ja ustel, kivist nikerdatud aknasambad, kiviportaaliga varakambriuksed. Seega, eksisteeris teatav järjepidevus selles, MIDA üldse ruumis esile tõsta. Sellega seoses saab eriti 16. ja 17. sajandil taas rääkida nii palimpsestist kui ka 'juurdekirjutamisest'. Nii mõnigi olemasolev ruumielement 'kirjutati üle' – asendati uue ja moodsama vormi või dekooriga –, kuid sama sageli jäi vana alles ja uus leidis koha selle kõrval. 18. sajandi puhul võib ka interjööride puhul märgata esteetilise diskursuse 'võimu' toimet, mis avaldus püüdes ruum stiililiselt ühtseks kujundada.

Kujunduse ikonograafia järele küsides ilmnes, et linlaste absoluutne lemmik oli 150 aasta jooksul leheväänaldega – akantusega, loorberi- ja eefeuga, akantuse-paelornamendiga – maalitud tala- või laudislagi. On tõenäoline, et tegu oli varauusaegse inimese usu ja lootuse väljendusega, mille visuaalseks võrdkujuks oli õitsev-rohetav paradiis (Gramatzki, 1994). Tallinna elamute interjööridesse maaliti ka teoloogilisi ja klassikalisi voorusi, sealjuures ajastu populaarseima antiikkirjaniku Ovidiuse "Metamorfoosidest" pärit lugusid. Allegooriliste kujutiste ikonograafilised tõlgendused jäävad paratamatult hüpoteetilisteks, sest tellijate konkreetsete taotluste kohta puuduvad Tallinna puhul andmed sootuks. Teisalt ei saanud ühelgi mustril või motiivil olla lõpmatult palju tähendusi, sest Euroopas trükistena ringelnud, seletustega varustatud 'pildipangad' ühtlustasid tähendusi.

Sageli levitasid need raamatud kuningalossides, vürstipaleedes ja kirikutes juba teostatud maalinguid vms, et kõik saaksid neist eeskuju võtta. Üldiselt ei tohiks olla kahtlust, et eriti lagedele maalitud pildilugude – *historia*'te – puhul



Foto 9.

Lõuendplafoon-maaling Rooma tarkusejumalanna Minervaga Kuninga 6 elamu teise korruse saalis. U. 1730–1740.

oli tegu tellijapoolse retoorilise ambitsiooniga, et midagi olulist “metafoorselt teisiti öelda” (vt Mrazek, 1953; Bandmann, 1958/59; Mildner-Flesch, 1983; Büttner, 1989; Locher, 2002; Thiman, 2010). Ilmselt ei saanud sõnum olla muu kui enesekohane, kujutades ja vahendades neid eluväärtusi, mida oluliseks peeti. Mõnikord rõhutati maalingu kokkukuuluvust maja omanikuga tema ja ta abikaasa maalimisega pildi ‘sisse’.

Raamatu kõige viimases osas vaatlesin lähemalt meistreid, kes andsid maja-omanike representatsioonisoovidele konkreetse vormi. Kuidas nad seda oskasid, missugused olid nende teadmised, kogemused ja töömeetodid?

Varauusaegse Euroopa meistri tegutsemise kontekstiks oli linn kui üha keerulisem süsteem (Kommunikationsrevolutionen, 1995; Cowan, 1998; Keene, 2007). Selles keskkonnas sündisid uued nõudmised, mis vajasid teostumiseks uusi teadmisi ja oskusi (Burke, 2009). Kunstide kasvav tähtsustamine seisuslik-korporatiivse ja isikliku representatsioonivahendina tõi kaasa kunstniku-institutsiooni tekkimise ja tõusva tähtsustumise (Warnke, 1987, 1996; Thiman, 2010), mida tõendab ka Tallinna materjal. Arhitektuuri- ja pildikunstni-

kul oli seega vaikumisi kasutada ühiskonna silmis kasvav isiklik sümboolne kapital, mis ilmselt ei jätanud puudutamata tegija enesehinnangut ega identiteeti. Lõppkokkuvõttes kajastus kasvav sotsiaalne prestiiž mõistagi ka meistri sissetulekus.

Tallinnas tegutsenud meistrite enesepildi uurimisel pakkusid abi vaid üksikud arhivaalid. Vabameistrid rõhutasid end positsioneerides, et “käsitöö ja kunst on TÄIESTI erinevad asjad” ning et “kui kuningad ja vürstid tahavad elada imelistes paleedes, siis saavutavad nad oma eesmärgi KUNSTI kaudu” (E. W. Londicer, 1684). Võis näha, et lõpuks ‘kodustas’ uue arhitekti- ja kunstnikukaanoni ka tsunftisüsteem. 18. sajandil pidas juba iga Tallinnas töötanu end mitte üksnes osavate käte, vaid ka kõrge intellekti ja teadmistega varustatud loojaks.

Tegijate teadmiste ja oskuste probleem seostub osalt nende päritolu küsimusega. Tallinn oli kogu varauusaja jooksul immigratsioonipump mitte ainult kaupmeestele, vaid ka Euroopas oma kohta otsivatele loovmeistritele ja -selidele (Soom, 1971; Kangro, 1994; Kaplinski, 1995).

Iga Tallinna jäänud meister oli ‘rahvusvaheline mees’, sest pidi olema läbinud kohustuslikud rännuaastad oma kodust eemal. Tallinna tuldi valdavalt Lääne-mere-äärsest kultuuriruumist, eelkõige Saksa ja Rootsi aladelt.



Foto 10.

Peeter I Kadrioru maja ‘moodne’ interjäär 18. sajandi algusest. Tallinna Linnamuuseum.

Linnas kanda kinnitades või siin ka ainult lühemalt peatudes sai meistrist luust ja lihast 'kunstiagent', kes vahendas õpitut ja kogetut kohaliku keskkonna tarvis. Kaasa toodi ka raamatukast. Viimasesse oli siinsete ridade kirjutajal võimalik piiluda paraku vaid üksikute varaloendite abil, mis siiski lubasid järeldada, et peamised trükised, mida omati, olid ornamendiraamatud ja 'pildiraaamatud' (Hein, 1993).

Nagu majad, interjöörid ja pildid ka Tallinnas reedavad, olid rahvusvahelise levikuga eeskujuraamatud ja gravüürimapid loovmeistri töövahendid. Töötamise seda tüüpi abivahenditega kirjutas põhimõtteliselt ette arhitektuuri- ja kunstidiskursus, mis sisendas, et esteetika on iseloomult normatiivne (Deutsche Architekturtheorie, 1988; Jones, 1995; Lubbock, 1995; Rosenfeld, 1996; Eck, 2000; Schütte, 2000; Carpo, 2001; Thiman, 2010). Garanteerimaks 'õige teose' sündi tuli toetuda reeglitele, neid juba õigesti rakendanud teostele ja teada, mis piires on lubatud isiklik 'leiutamine'. Varauusaegne meister võttis need nõudmised omaks ega taotlenud midagi luues originaalsust, vaid nimelt reeglitele vastavust, ja kujundas oma teose erinevatest allikatest ideid ja vorme ' hübriidteoseks' kokku miksides. Niisiis erines varauusaegne loomemeetod põhimõtteliselt modernismiajastule omasest kunstnikuisiksuse väljendamisega ja omavormi väljamõtlemisele suunatud strateegiast. See tähendab, et pole ka mõtet toonaseid linnameistreid originaalsuse puudumise pärast süüdistada või neid uurides vaikimisi piinlikkust tunda, nagu on teinud paljud uurijatepõlvkonnad ka Eestis.

Peatüki ja ühtlasi raamatu lõpulehekülgedel püüdsingi polemiseerida mõnede kunstiteaduses ikka veel käibivate seisukohtadega. Mulle näib, et kunstiajaloolased ei anna sageli endale aru, kui suur on kunstiajaloodiskursuse võim, mis avaldub selles, kuidas me objekte või kunstinähtusi tõlgendame (Locher, 2012). 19. sajandil sündinud distsiplinaarse kaanoni järgi seisnes kunsti ajaloo uurimine kunsti arengu ja selle seaduspärasuste tuvastamises. Euroopa õpetlaste ühisjõul loodi suur ja kaua domineerinud universaalnarratiiv, kunsti esteetiline arengulugu, mille struktuurseteks alustaladeks olid ühelt poolt geniaalsete kunstnike stiil ja teisalt perioodi stiil. Keskendumine hegellikust arengumudelitest inspireeritud stiililisele uuenemisele viis avantgardsete kunstinähtuste ja nende sünnikohtade tähtsustamisele. Muud kunsti- paigad jäid alati 'perifeeriateks', kus vohas esteetiline epigoonlus ja oli, tunda ajast maha jäämist. Nende kunstiproduktioonist huvituti vaid kohapeal ja ka siis pakkusid nad huvi eelkõige rahvusliku kultuuriajaloolise ilminguna, mille esteetikat püüti küll ka stiilikaanonile lähedasemaks kirjeldada. Niisugune perspektiiv, milles diskursuse võim avalduski, kahtlemata moonutas enamiku Euroopa territooriumil (nagu teada, ka väljaspool) loodud kunsti tähendusi, sest kehtestas neile 'stiili aja', mille suhtes nad olid 'hilinenud' (Kaufmann, 2003; Michalski, 2007; Marx, 2007).

Siinse uurimuse lõpuosas pakkusin varauusaegse Tallinna kunstiproduktiooni kohasemaks seletamiseks välja kaasaegses saksa- ja prantsuskeelses ajalooteaduses üsna tuntud kultuuriülekanne teooria (Middell, 2000). Kultuuritransfeeri teoreetilise mudeli aluseks on Euroopa ajaloolises kultuuriruumis mitte metropolide ja geniaalsete kunstikorüfee ühesuunaliste mõjutuste jälitamine, vaid ühiskondade vastuvõtuvalmiduse uurimine. Vastuvõtuvalmidus on teisiti öeldes 'tõlkevõime', mida määratleb VASTUVÕTVA KULTUURI ARUSAAMISE JA HUVIDE HORISONT: uue (idee, vormi vm) vastuvõtt toimub alati 'kohalikul' valikul ja valijate tingimustel. Selles protsessis sündiv teos ei kujuta endast seetõttu ei kordust ega imitatsiooni, vaid on olemuslikult alati uus, on seega alati ka 'originaal'. Kultuuri ja selles loodut 'tõlkena' tõlgendades tühistub originaali/originaalsuse mõiste selle varasemas hierarhiseerivas tähenduses. Ühtlasi teiseneb ka arusaam teose autorist kui partikulaarsest ja autonoomsest Loojast. Ning teisalt tähtsustub ka selles kontekstis kindlasti veelgi enam elamu teadlik, lugenud (Reimo, 2005; Aarma, 2006; Viiding, 2011) ja reisinud omanik koos oma perekonnaga, kes teeb valikuid, millega end, kunstnike abil, esitleda.

Eespool öeldu valgusel peaks olema selge, et Tallinnas varauusajal sündinud looming, selle tellijad ja teostajad, nagu ka paljud targad eurooplased, kes toonast elu mõtestasid ja suunasid, väärivad kultuuriloojatena sügavat austust. Loodan, et austus ja mõista tahtmine paistis välja ka minu tekstist, ning et see ulatus ka enne mind samal teemal kirjutanuteni. Kuigi tegelesin olemasolevate tekstide kriitilise lugemisega, poleks minu raamat saanud sündida ilma nüüdseks juba sada viiskümmend aastat kestnud Tallinna ajaloo uurimiseta.

KIRJANDUS

Aarma, L. 2006. Die Bücher in Reval um die Wende des 16. und 17. Jahrhunderts. Books and Libraries in the Baltic Sea Region from the 16th to the 18th Century. Ed. by L. Kõiv, T. Reimo. Tallinn City Archives & Academic Library of Tallinn University, Tallinn, 48-61.

Althoff, G. 1989. Zur Bedeutung symbolischen Kommunikation für das Verständnis des Mittelalters. Westfälische Wilhelms-Universität, Münster, 370-389.

Anderson, B. 1991. Imagined Communities: Reflections on the Origin and Spread of Nationalism. Verso, London.

Antiquity and Its Interpreters. 2000. Ed. by A. Payne, A. Kuttner, R. Smick. Cambridge University Press, Cambridge.

Appadurai, A. 1992. Introduction: Commodities and the politics of value. The Social Life of Things. Commodities in Cultural Perspective. Ed. by A. Appadurai. Cambridge University Press, Cambridge, 3-63.

- Architecture as a Performing Art. 2013. Ed. by M. Feuerstein, G. Read. Ashgate, Aldershot.
- Ariès, P. 1989. Introduction. A History of Private Life. III. Passions of the Renaissance. Ed. by R. Hartier. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London, 1-10.
- Ausstattung Lübecker Häuser im Spätmittelalter und in der frühen Neuzeit. 1993. Hrsg. M. Eickhöfer, R. Hammel-Kiesow. Wachholz Verlag, Neumünster. (Häuser und Höfe in Lübeck, Bd. 4).
- Bal, M. 2002. Traveling Concepts in the Humanities. A Rough Guide. University of Toronto Press, Toronto, Buffalo, London.
- Bandmann, G. 1951. Ikonologie der Architektur. Jahrbuch für Aesthetik und allgemeine Kunstwissenschaft 1951, 67-109. (Reihe Libelli, 290).
- Bandmann, G. 1958/59. Ikonologie des Ornaments und der Dekoration. Jahrbuch für Aesthetik und allgemeine Kunstwissenschaft 1958/59, Bd. 4, 232-258.
- Bartmanski, A., Alexander, J. C. 2012. Introduction. Materiality and meaning in social life: Toward an iconic turn in cultural sociology. Iconic Power. Materiality and Meaning in Social Life. Ed. by J. C. Alexander, D. Bartmanski, B. Giesen. Palgrave Macmillan, London, 1-12.
- Baudekoration als Bildungsanspruch, Materialien zur Kunst- und Kulturgeschichte im Nord- und Westdeutschland. 1993. Bd. 5. Hrsg. B. Uppenkamp, R. Gerhardy, C. Bernheiden. Jonas Verlag, Marburg.
- Berg, M. 2012. Luxury's modern identities. The Oxford Handbook of the History of Consumption. Ed. by F. Trentmann. Oxford University Press, Oxford, 173-191.
- Bleeck, K., Garber, J. 1982. Nobilitas: Standes- und Privilegienlegitimation in den Adelstheorien des 16. und 17. Jahrhunderts. Hof, Staat und Gesellschaft. Daphnis. Zeitschrift für Mittlere Deutsche Literatur, 11(1-2), 49-114.
- Blockmans, W. 1999. The feeling of being oneself. Showing Status: Representations of Social Positions in the Late Middle Ages. Ed. by W. Blockmans, A. Janse. Turnhout, Brepols, 1-18. (Medieval Texts and Cultures of Northern Europe, 2).
- Bogucka, M. 2005. Furnishings and furniture of grain merchant's house. Gdańsk, 17th century. Modus vivendi II. Vana Tallinn XVI (XX). Ed. by R. Pullat, T. Kala, I. Leimus, L. Suurmaa. Estopol, Tallinn, 185-191.
- Bourdieu, P. 1998. Eine sichere Geldanlage für die Familie. Das Einfamilienhaus: Produktspezifika und Logik des Produktionsfeldes. Der Einzige und sein Eigenheim. Hrsg. P. Bourdieu u.a. VSA: Verlag, Hamburg, 26-83. (Schriften zur Politik und Kultur, 3).

- Bourdieu, P. 2002. *Distinction: A Social Critique of the Judgement of Taste*. Routledge, London.
- Burioni, M. 2011. Begründungen des Gemeinwesens. Performative Aspekte frühneuzeitlicher Palastfassaden. *Das Auge der Architektur. Zur Frage der Bildlichkeit der Baukunst*. Hrsg. A. Beyer, M. Burioni, J. Grave. Wilhelm Fink, München, 289-320.
- Burke, P. 2009. Translating knowledge, translating culture. *Kultureller Austausch in der Frühen Neuzeit*. Hrsg. M. North. Böhlau Verlag, Köln, Weimar, Wien, 69-77.
- Burnett, J. 1985. *A Social History of Housing*. 2nd rev. ed. Methuen, London, New York.
- Büttner, F. 1989. Rhetorik und barocke Deckenmalerei. Überlegungen am Beispiel der Fresken Johann Zicks in Bruchsal. *Zeitschrift des deutschen Vereins für Kunstwissenschaft*, 43(1), 49-72.
- Carpo, M. 2001. *Architecture in the Age of Printing: Orality, Writing, Typography, and Printed Images in the History of Architectural Theory*. MIT Press, Cambridge.
- Cavallo, S., Evangelisti, S. 2009. Introduction. *Domestic and Institutional Interiors in Early Modern Europe*. Ed. by S. Cavallo, S. Evangelisti. Ashgate, Aldershot, 1-26.
- Chartier, R. 1989. Einleitung: Kulturgeschichte zwischen Repräsentationen und Praktiken. *Die unvollendete Vergangenheit. Geschichte und die Macht der Weltauslegung*. Verlag Klaus Wagenbach, Berlin, 7-20.
- Cowan, A. 1998. *Urban Europe 1500–1700*. Arnold, London.
- Crowley, J. E. 2001. *The Invention of Comfort: Sensibilities and Design in Early Modern Britain and Early America*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Cultural Exchange in Early Modern Europe. 2007. Vol. IV. *Forging European Identities, 1400–1700*. Ed. by H. Roodenburg. Cambridge University Press, Cambridge, 28-41.
- Dejean, J. 2009. *The Age of Comfort. When Paris Discovered Casual – and the Modern Home Began*. Bloomsbury, New York, Berlin, London.
- Deutsche Architekturtheorie zwischen Gotik und Renaissance. 1988. Hrsg. H. Günther. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Dinges, M. 1993. Von der “Lesbarkeit der Welt” zum universalisierten Wandel durch individuelle Strategien. *Die soziale Funktion der Kleidung in der höfischen Gesellschaft. Saeculum Themenheft*, 44, 90-112.

- Dinges, M. 1997. "Historische Anthropologie" und "Gesellschaftsgeschichte". Mit dem Lebensstilkonzept zu einer "Alltagskulturgeschichte" der frühen Neuzeit? *Zeitschrift für Historische Forschung*, 24, 179-214.
- Douglas, M., Isherwood, B. 1981. *The World of Goods: Towards an Anthropology of Consumption*. Basic Books, New York.
- Dreisner, J., Riemer, R. 2004. Spiegel und Bilder in den Nachlassinventaren deutscher Kaufleute in Reval im 18. Jahrhundert. Land und Meer. Kultureller Austausch zwischen Westeuropa und dem Ostseeraum in der Frühen Neuzeit. Hrsg. M. Kieger, M. North. Böhlau Verlag, Köln, Weimar, Wien, 165-198.
- van Eck, C. 2000. Architecture, language, and rhetoric in Alberti's *De re aedificatoria*. *Architecture and Language. Constructing Identity in European Architecture, c. 1000–c. 1650*. Ed. by G. Clarke, P. Crossley. Cambridge University Press, Cambridge, 72-81.
- Ehasalu, P. 2007. *Rootsiaegne maalikunst Tallinnas 1561–1710. Produktsioon ja retseptsioon*. Eesti Kunstiakadeemia, Tallinn. (Dissertationes Academiae Artium Estoniae).
- Elias, N. 1983. *Die höfische Gesellschaft*. Suhrkamp, Frankfurt a. M.
- Elias, N. 2005. *Tsiviliseerumisprotsess. I kd. Käitumise muutused Õhtumaa ilmalikes ülemkihtides (1939)*. Tlk. T. Relve. Varrak, Tallinn.
- Ellenius, A. 1988. Visual culture in seventeenth-century Sweden. Images of power and knowledge. *The Age of New Sweden*. Ed. by A. Losman, A. Lundström, M. Revera. Livrustkammaren, Stockholm, 41-68.
- Experiencing Material Culture in the Western World*. 1997. Ed. by S. M. Pearce. London, Washington.
- Foucault, M. 2003. *The Order of Things. An Archeology of Human Sciences*. Routledge, London, New York.
- Geertz, C. 2003. Kunst kui kultuurisüsteem. Omakandi tarkus. Esseed tõlgendavast antropoloogist. Tlk. T. Pakk-Allmann. Varrak, Tallinn, 126-158.
- Gell, A. 1998. *Art and Agency. An Anthropological Theory*. Clarendon Press, Oxford.
- Geschichte des Wohnens*. 1998. Bd. 2. 500–1800. Hausen, Wohnen, Residieren. Hrsg. U. Dirlmaier. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart.
- Gierlich, E. 1991. *Reval 1621 bis 1645: von der Eroberung Livlands durch Gustav Adolf bis zum Frieden von Brömsebro*. Kulturstiftung der deutschen Vertriebenen, Bonn.
- Goffman, E. 1959. *The Presentation of Self in Everyday Life*. Doubleday Anchor Books, New York.

- Goldtwite, R. A. 1993. *Wealth and the Demand for Art in Italy 1300-1600*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, London.
- Gramatzki, R. 1994. Dornse, Diele und Paradiesgärtlein. Malereien in bürgerlichen Wohnhäusern Lübecks des 16. bis 18. Jahrhunderts. Ausstattung Lübecker Häuser im Spätmittelalter und in der frühen Neuzeit. Hrsg. M. Eickhölder, R. Hammel-Kiesow. Wachholz Verlag, Neumünster, 153-264. (Häuser und Höfe in Lübeck, Bd. 4).
- Götttert, K. H. 2009. *Zeiten und Sitten. Eine Geschichte des Anstands*. Philip Reclam, Stuttgart.
- Hahn, P.-M., Schütte, U. 2003. Thesen zur Rekonstruktion höfischer Zeichensysteme in der Frühen Neuzeit. Kiel, 19-47. (Mitteilungen der Residenzen-Kommission der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, 13(2)).
- Hein, A. 1993. Jacob Stael von Holstein ja kunstikogumise algusajad Eestis. Eesti Teaduste Akadeemia Toimetised. Humanitaar- ja Sotsiaalteadused, 42/43, 238-251.
- Hein A. 1995. Jacob Stael von Holstein ja palladionism Eesti arhitektuuris. Eesti kunsti ajalugu. 2. kd. 1520–1770. Koost. K. Kodres. Eesti Kunstiakadeemia, Tallinn, 221-229.
- Hess, C. 2004. Mobiliar und Wohnungsauskleidung Danzigs im 17. und 18. Jahrhundert. Land und Meer. Kultureller Austausch zwischen Westeuropa und dem Ostseeraum in der Frühen Neuzeit. Hrsg. M. Kieger, M. North. Böhlau Verlag, Köln, Weimar, Wien, 129-152.
- Heyen, E. V. 2008. Metaphern für “Ampts-Personen” und “Ampts-Tugenden” in lutherischen Predigten des späten 17. Jahrhunderts. *Figures of Authority: Contributions Towards a Cultural History of Governance from the Seventeenth to the Twentieth Century*. Ed. by P. Becker, R. v. Krosigk. Peter Lang, Brussels, 29-50.
- Hodge, R., Kress, G. 1988. *Social Semiotics*. Polity Press, Cambridge, Malden.
- Hähnel, J. 1975. *Stube. Wort- und sachgeschichtliche Beiträge zur historischen Hausforschung*. Verlag Aschendorff, Münster.
- Häussermann, H., Siebel, W. 1996. *Soziologie des Wohnens. Eine Einführung in Wandel und Ausdifferenzierung des Wohnens*. Juventa Verlag, Weinheim, München.
- Iconic Power. Materiality and Meaning in Social Life. 2012. Ed. by J. C. Alexander, D. Bartmański, B. Giesen. Palgrave Macmillan, London.
- Johansen, P., Mühlen, H. v. zur. 1973. *Deutsch und Undeutsch im mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Reval*. Böhlau Verlag, Köln, Wien.

- Jones, P. M. 1995. Art theory as ideology: Gabriele Paleotti's hierarchical notion of painting's universality and reception. *Reframing the Renaissance: Visual Culture in Europe and Latin America, 1450–1650*. Ed. by C. Farago. Yale University Press, New Haven, London, 127-139.
- de Jonge, K. 2008. Style and Manner in Early Modern Netherlandish Architecture (1450–1600). *Contemporary Sources and Historiographical Tradition. Stil als Bedeutung in der nordlapinen Renaissance. Wiederentdeckung einer methodischer Nachbarschaft*. Hrsg. S. Hoppe, M. Müller, N. Nussbaum. Schnell & Steiner, Regensburg, 264-285.
- Kangropool, R. 1994. Tallinna maalijad ja puunikerdajad 1530 – ca 1640. *Kataloog. Kunstiteaduslikke Uurimusi 7. Kunst*, Tallinn, 113-133.
- Kaplinski, K. 1995. Tallinn – meistrite linn. *Koolibri*, Tallinn.
- Kaspar, F. 1985. Bauen und Wohnen in einer alten Hanestadt. Zur Benutzung von Wohnbauten zwischen dem 16. und 19. Jahrhundert, dargestellt am Beispiel der Stadt Lemgo. *Aschendorff Verlag, Bonn. (Denkmalpflege und Forschung in Westfalen, IX)*.
- Kaspar, F. 1998. Das mittelalterliche Haus als öffentlicher und privater Raum. Die Vielfalt der Dinge. Neue Wege zur Analyse mittelalterlicher Sachkultur. Hrsg. H. Hundsichler, G. Jaritz, T. Kühtreiber. *Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien, 207-236. (Österreichische Akademie der Wissenschaften. Philosophisch-historische Klasse. Forschungen des Instituts für Realienkunde des Mittelalters und der Frühen Neuzeit, 3)*.
- Kaufmann, T. da Costa. 2003. Early modern ideas about artistic geography related to the Baltic region. *Cultural Traffic and Cultural Transformation Around the Baltic Sea 1450–1720*. Ed. by S. T. Christensen, B. Noldus. *Special Issue of Scandinavian Journal of History*, 28, 3/4, 263-272.
- Keene, D. 2007. Cities and cultural exchange. *Cultural Exchange in Early Modern Europe. Vol. IV. Forging European Identities, 1400–1700*. Ed. by H. Roodenburg. *Cambridge University Press, Cambridge*, 3-27.
- Kern, M. 2002. Tugend versus Gnade. Protestantische Bildprogramme in Nürnberg, Pirna, Regensburg und Ulm. *Gebr. Mann Verlag, Berlin*.
- Kessel, M. 2008. Neuzeit. Individuum/Familie/Gesellschaft. *Europäische Mentalitätsgeschichte. Hauptthemen in Einzeldarstellungen. 2., durchgesehene und ergänzte Auflage*. Hrsg. P. Dinzelbacher. *Alfred Kröner Verlag, Stuttgart*, 44-60.
- Kivimäe, M. 2002. Argipäeva ajalookultuur ja elavikuline identiteet. Reflektsioone "igapäevaelu" ja "elumaaailma" mõisteist argiajaloo. *Vana Tallinn XIII (XVII). Modus vivendi. Toim. Raimo Pullat, T. Kala, Risto Pullat, L. Suurmaa. Estopol, Tallinn*, 23-49.

- Knape, J. 2008. Rhetorik und Stilistik der deutschsprachigen Länder im Humanismus, Renaissance und Reformation in europäischen Kontext. Rhetorik und Stilistik: ein internationales Handbuch historischer und systematischer Forschung. Halbband. 1. Hrsg. U. Fix, A. Gardt, J. Knape. De Gruyter, Berlin, New York, 73-96.
- Kokkelink, G. 1985. Hausbau und Hausnutzung in Lübeck vom 13. bis 17. Jahrhundert. Neue Forschungen zur Geschichte der Hansestadt Lübeck. Hrsg. A. Grassmann. Schmidt-Römhild, Lübeck, 51-62. (Veröffentlichungen zur Geschichte der Hansestadt Lübeck. Reihe B, Bd. 13).
- Kommunikationsrevolutionen: die neuen Medien des 16. und 19. Jahrhunderts. 1995. Hrsg. M. North. Böhlau Verlag, Köln, Weimar, Wien.
- Kopytoff, I. 1992. The cultural biography of things. The Social Life of Things. Commodities in Cultural Perspective. Ed. by A. Appadurai. Cambridge University Press, Cambridge, 64-94.
- Korduba, P. 2005. Patrycjuszowski dom gdański w czasach nowożytnych. Wydawnictwo Neriton, Warszawa.
- Kreisel, H., Himmelheber, G. 1981. Die Kunst des deutschen Möbels: Möbel und Vertäfelungen des deutschen Sprachraums von den Anfängen bis zum Jugendstil. Bd. 1. Von den Anfängen bis zum Hochbarock. (Dritte Auflage. Bearbeitet von G. Himmelheber). Verlag C. H. Beck, München.
- Legant-Karau, G., Scheftel, M. 1993. Die Stadt des Kaufmanns. Zur Topographie Lübecks. Der Lübecker Kaufmann. Aspekte seiner Lebens- und Arbeitswelt vom Mittelalter bis zum 19. Jahrhundert. Hrsg. G. Gerken, A. Grassmann. Museum für Kunst- und Kulturgeschichte der Hansestadt Lübeck, Lübeck.
- Locher, H. 2002. Erbauliche Kunst? Tugend- und Moralvermittlung als Motivation des frühneuzeitlichen "Gemäldes". Tugenden und Affekte in der Philosophie, Literatur und Kunst der Renaissance. Hrsg. J. Poechke, T. Weigel, B. Kusch. Rhema, Münster, 221-250.
- Locher, H. 2012. The idea of the canon and canon formation in art history. Art History and Visual Studies in Europe. Trans-national Discourses and National Frameworks. Ed. by M. Rampley et al. Brill, Boston, 29-40.
- Lubbock, J. 1995. The Tyranny of Taste. The Politics and Architecture in Britain 1550–1960. Yale University Press, New Haven, London.
- Luxus und Lifestyle. Lübecker Kolloquium zur Stadtarchäologie im Hanseraum IV. 2008. Hrsg. M. Gläser. Schmidt & Römhild, Lübeck.
- Maiste, J. 1993. Das Wohnhaus in Tallinn in der schwedischen Zeit. Kunst und Architektur im Baltikum in der Schwedenzeit. Hrsg. A. Loit, L. O. Larsson. Almquist & Wicksell, Stockholm, 145-167. (Acta Universitatis Stockholmiensis. Studia Baltica Stockholmiensis).

- Maiste, J. 1998. Aadlipalee Toompeal. Vana Tallinn VIII (XII). Koost. R. Pullat. Estopol, Tallinn, 96-137.
- Margairaz, D. 2012. City and country: Home, possessions, and diet, Western Europe 1600-1800. *The Oxford Handbook of the History of Consumption*. Ed. by F. Trentmann. Oxford University Press, Oxford, 192-210.
- Marková, I. 2007. Social identities, social representations. How are they related? *Social Representations and Identity. Content, Process, and Power*. Ed. by G. Moloney, I. Walker. Palgrave MacMillan, London, 215-235.
- Marx, B. 2007. Wandering objects, migrating artists: the appropriation of Italian renaissance art by German courts in the sixteenth century. *Cultural Exchange in Early Modern Europe. Vol. IV. Forging European Identities, 1400–1700*. Ed. by H. Roodenburg. Cambridge University Press, Cambridge, 178-226.
- Material Identities*. 2007. Ed. by J. Sofaer. Blackwell Publishing, Oxford.
- Michalski, S. 2007. The concept of national art, problems of artistic periphery and questions of artistic exchange in early modern Europe. *Ars. Journal of the Institute of Art History of Slovak Academy of Sciences*, 40(2), 207-215.
- Middell, M. 2000. Kulturtransfer und historische Komparatistik – Thesen zu ihrem Verhältnis. *Comparativ*, 10(1), 7-41.
- Mildner-Flesch, U. 1983. *Das Decorum. Herkunft, Wesen und Wirkung des Sujetstils am Beispiel Nicolas Poussin*. Verlag H. Richard, Sankt Augustin. (Kölner Forschungen zur Kunst und Altertum, Bd. 5).
- Mohrmann, R.-E. 1985. Wohnen und Wohnkultur in nordwestdeutschen Städten im Spätmittelalter und in der frühen Neuzeit. *Stadt im Wandel. Kunst und Kultur des Bürgertums in Norddeutschland 1150–1650*. Bd. 3. Hrsg. C. Meckseper. Landesmuseum Braunschweig, Herzog-Anton-Ulrich-Museum, Stuttgart, Bad Cannstadt, 513-530.
- Mohrmann, R.-E. 1990. *Alltagswelt im Land Braunschweig*. Bd. 1. Städtische und ländliche Wohnkultur vom 16. bis zum frühen 20. Jahrhundert. F. Coppenrath Verlag, Münster.
- Moloney, G., Walker, I. 2007. Introduction. *Social Representations and Identity. Content, Process, and Power*. Ed. by G. Moloney, I. Walker. Palgrave Macmillan, London, 1-8.
- Mrazek, W. 1953. *Ikonologie der barocken Deckenmalerei*. Wien. (Österreichische Akademie der Wissenschaften. Phil. Hist. Klasse, Sitzungsberichte, Bd. 220).
- Mänd, A. 2005. Kaupmehe sotsiaalsest karjäärist hiliskeskaegses Tallinnas. *Acta Historica Tallinnensia*, 9, 165-186.

- Mänd, A., Leimus, I., Männisalu, M. 2011. Gildimaja seest ja väljast. Tallinna Suurgild ja gildimaja. Koost. I. Leimus, R. Loodus, A. Mänd, M. Männisalu, M. Raisma. Eesti Ajaloomuuseum, Tallinn, 271-319.
- Mühlen, H. v. zur. 1980. Besitz und Bildung im Spiegel Revaler Testamente und Nachlässe aus der Mitte des 17. Jahrhunderts. Reval und die baltischen Länder. Festschrift für H. Weiss zum 80. Geburtstag. Hrsg. J. v. Hehn, C. J. Kenz. Herder-Institut, Marburg a. L., 263-280.
- Mühlen, H. v. zur. 1985. Reval vom 16. bis 18. Jahrhundert. Gestalten und Generationen eines Ratsgeschlechts. Böhlau Verlag, Köln, Wien.
- Müller, M. 2007. Bildlichkeit und bildhaftigkeit in der Architektur. Geschichte der bildenden Künste Deutschlands. Bd. 4. Spätgotik und Renaissance. Hrsg. K. Krause. Prestel, München, Berlin, New York, 254-296.
- Die Nachlassverzeichnisse der deutschen Kaufleute in Reval 1702–1750. 1997. Hrsg. R. Pullat. Estopol, Tallinn.
- Die Nachlassverzeichnisse der Literaten in Tallinn 1710–1805. 2007. Hrsg. R. Pullat. Estopol, Tallinn.
- North, M. 2003. Genuss und Glück des Lebens. Kulturkonsum im Zeitalter der Aufklärung. Böhlau Verlag, Köln, Weimar, Berlin.
- Oexle, O. G. 1998. Soziale Gruppen in der Ständergesellschaft: Lebensformen des Mittelalters und ihre historischen Wirkungen. Die Repräsentation der Gruppen: Texte – Bilder – Objekte. Hrsg. O.-G. Oexle, A. v. Hülsen-Esch. Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen, 9-44.
- Paravicini, W. 2007. Werner Paravicini, Hansische Personenforschung. Ziele, Wege, Beispiele. Werner Paravicini, Edelleute und Kaufleute im Norden Europas. Gesammelte Aufsätze. Hrsg. J. Hirschbiegel, A. Ranft, J. Wettlaufer. Jan Thorbecke Verlag, Ostfildern, 489-515.
- Pelus-Kaplan, M.-L. 1993. Raumgefüge und Raumnutzungen in Lübecker Häusern nach den Inventaren des 16., 17. und 18. Jahrhunderts. Ausstattungen Lübecker Wohnhäuser. Raumnutzungen, Malereien und Bücher im Spätmittelalter und in der frühen Neuzeit. Häuser und Höfe in Lübeck IV. Hrsg. M. Eickhölter, R. Hammel-Kiesow. Karl Wachholz Verlag, Neumünster, 11-31.
- Philipp, M. 1990. Regierungskunst im Zeitalter der konfessionellen Spaltung. Politische Tugendlehre und Regierungskunst. Studien zum Fürstenspiegel der Frühen Neuzeit. Hrsg. H. O. Mühleisen, T. Stammen. Max Niemeyer Verlag, Tübingen, 71-116.
- Philipp, M. 1997. Vorwort. Georg Lauterbeck, Regentenbuch. Hrsg. M. Philipp. Olms-Weidmann, Hildesheim, Zürich, New York.

- Praz, M. 1975. *Studies in Seventeenth-Century Imagery*. Second Edition Considerably Increased. Edizioni de Storia e Letteratura, Roma.
- Pullat, R. 1972. Eesti linnad ja linlased 18. sajandi lõpust kuni 1917. aastani. Eesti Raamat, Tallinn.
- Pullat, R. 1992. Eesti linnarahvastik 18. sajandil. Olion, Tallinn.
- Pullat, R. 2011. Peegeldusi 18. sajandi tallinlaste elulaadist varandusinventaride põhjal: muusikariistad, kunstilembus, relvad ja liiklusvahendid. Vana Tallinn XXII (XXXVI). Toim. T. Liibek. Estopol, Tallinn, 128-145.
- Pullat, R., Suurmaa, L. 2008. Varandusinventarid kui luksuse ajaloo uurimise allikad varauusaegse Eesti linnades 18. sajandil. Vana Tallinn XIX (XXIII). Koost. R. Pullat. Estopol, Tallinn, 19-29.
- Raff, T. 1994. *Die Sprache der Materialien. Anleitung zu einer Ikonologie der Werkstoffe*. Deutscher Kunstverlag, München. (Kunstwissenschaftliche Studien, Bd. 61).
- Redlich, F. A. 1935. *Sitte und Brauch des livländischen Kaufmanns*. Verlag AG "Ernst Plates", Riga. (Veröffentlichungen der volkskundlichen Forschungsstelle am Herderinstitut zu Riga, Bd. III).
- Reichstein, R. 1986. Inventare als Quelle für die Hausforschung. *Jahrbuch für Hausforschung* 35. Hrsg. K. Bedal, G. U. Grossmann, K. Freckmann. Merkur Druck, Sobernheim, 201-214.
- Reimo, T. 2005. Raamat Tallinnas 15. ja 16. sajandil. *Modus vivendi II*. Vana Tallinn XVI (XX). Toim. R. Pullat, T. Kala, I. Leimus, L. Suurmaa. Estopol, Tallinn, 158-176.
- Representation. *Cultural Representations and Cultural Practices*. 1997. Ed. by S. Hall. Sage, London, New Dehli.
- Rice, C. 2007. *The Emergence of the Interior. Architecture, Modernity, Domesticity*. Routledge, London, New York.
- Roche, D. 2000. *A History of Everyday Things. The Birth of Consumption in France, 1600–1800*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Roeck, B. 2004. *Das historische Auge. Kunstwerke als Zeugen ihrer Zeit. Von der Renaissance zur Revolution*. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen.
- Roeck, B. 2011. *Lebenswelt und Kultur des Bürgertums in der Frühen Neuzeit*. Zweite, erweiterte Auflage. Oldenburg, München.
- Rosenfeld, M. N. 1996. *Sebastiano Serlio on Domestic Architecture*. Dover Publications, London.
- Rüther, S. 2005. Soziale Distinktion und städtischer Konsens. Repräsentationsformen bürgerlicher Herrschaft in Lübeck. *Ordnung und Distinktion. Praktiken sozialer Repräsentation in der ständischen Gesellschaft*. Hrsg. M. Füssel, T. Weller. Rhema, Münster, 103-135.

- Rybczynski, W. 1987. Home – A Short History of an Idea. Penguin Books, New York.
- Schilling, H. 1985. Vergleichende Betrachtungen zur Geschichte der bürgerlichen Eliten in Nordwestdeutschland und in den Niederlanden. Bürgerliche Eliten in den Niederlanden und in Nord-Westdeutschland. Studien zur Sozialgeschichte des europäischen Bürgertums im Mittelalter und in der Neuzeit. Hrsg. H. Schilling, H. Diedriks. Böhlau Verlag, Köln, Wien, 1-32. (Städte-forschung, Reihe A, Bd. 23).
- Schütte, U. 2000. Deutsche Architekturbücher zur Zivilbaukunst aus dem 16. und 17. Jahrhundert. Saur, München.
- Singer, B. 1981. Die Fürstenspiegel in Deutschland in Zeitalter des Humanismus und der Reformation. Bibliographische Grundlagen und ausgewählte Interpretationen. Fink, München.
- Sittig, C. 2010. Kulturelle Konkurrenzen. Studien zu Semiotik und Ästhetik adeligen Wetteifers um 1600. de Gruyter, Berlin, New York. (Reihe: Frühe Neuzeit, Bd. 15).
- Soom, A. 1971. Die Zunfthandwerker in Reval im 17. Jahrhundert. Almqvist & Wiksell, Stockholm.
- Stil als Bedeutung. Stil als Bedeutung in der nordalpinen Renaissance. Wiederentdeckung einer methodischen Nachbarschaft. 2008. Hrsg. S. Hoppe, M. Müller, N. Nussbaum. Verlag Schnell & Steiner, Regensburg, 9-13.
- Stollberg-Rilinger, B. 2004. Symbolische Kommunikation in der Vormoderne. Zeitschrift für Historische Forschung, 31, 489-505.
- Zwischen Schein und Sein. Kleidung und Identität in der städtischen Gesellschaft. 1993. Saeculum. Hrsg. N. Bulst, R. Jütte. Böhlau Verlag, Freiburg, München. (Jahrbuch für Universalgeschichte, Bd. 44/1).
- Tajfel, H., Turner, J. C. 1986. The social identity theory of intergroup behavior. Psychology of Intergroup Relations. Ed. by S. Worchel, W. G. Austin. Nelson-Hall, Chicago, 7-24.
- Thimann, M. 2010. Bilddiskurse von Dürer bis Winckelmann. Ein Revision anlässlich der Edition von Harsdörffers *Kunstverständigen Discurs* von der edlen Mahlerey. Georg Philipp Harsdörffers „Kunstverständigen Discurs“. Beiträge zu Kunst, Literatur und Wissenschaft in der Frühen Neuzeit. Hrsg. M. Thimann, C. Zittel. Manutius Verlag, Heidelberg, 11-38.
- Thornton, P. 1985. Authentic Decor. The Domestic Interior 1620–1920. Weidenfeld and Nicolson, London.
- Till, D. 2004. Die Lesbarkeit des Hofmannes. Die Metaphorologie der Vorstellung in frühneuzeitlichen Verhaltenslehren. Offen und Verborgen. Vorstellungen und Praktiken des Öffentlichen und Pri-vaten in Mittelalter und Früher Neuzeit. Hrsg. C. Emmelius. Wallstein, Göttingen, 149-166.

- Tipton, S. 1996. *Res publica bene ordinata*. Regentenspiegel und Bilder vom guten Regiment. Rathausdekorationen der Frühen Neuzeit. Hildesheim, Olms Verlag, Zürich, New York. (Studien zur Kunstgeschichte, Bd. 104).
- Uhle-Wetter, S. 1994. Kunsttheorie und Fassadenmalerei. VDb. Verlag, Alfter.
- Vec, M. 1998. Zeremonialwissenschaft im Fürstentum im Fürstentum. Studien zur juristischen und politischen Theorie absolutistischer Herrschaftsrepräsentation. Klostermann, Frankfurt a. M.
- Vieth, A. 2002. Verzauberung der Affekte. Symbolische Kommunikation der Tugend. Tugenden und Affekte in der Philosophie, Literatur und Kunst der Renaissance. Hrsg. J. Poeschke, T. Weigel, B. Kusch. Rhema, Münster, 21-44.
- Viiding, K. 2011. Haritlaste tunnuslaused 17. sajandi Eesti- ja Liivimaa: allikad ja kasutusviis. Lugesime kunst. Eesti Rahvusraamatukogu. Koost. P. Lotman. Tallinn, 220-271. (Eesti Rahvusraamatukogu Toimetised, 13).
- de Vries, J. 2009. The Industrious Revolution: Consumer Behaviour and the Household Economy from 1650 to the Present. Cambridge University Press, New York.
- Warnke, M. 1987. Das Bild als Herrschaftsbestätigung. Kunst. Die Geschichte ihrer Funktionen. Hrsg. W. Busch, P. Schmook. Quadriga/Beltz, Ullstein, Berlin, 314-437.
- Warnke, M. 1996. Hofkünstler. Zur Vorgeschichte des modernen Künstlers. DuMont, Köln.
- Weinmann, A. 1991. Reval 1646 bis 1672: vom Frieden von Brömsebro bis zum Beginn der selbständigen Regierung Karl XI. Kulturstiftung der deutschen Vertriebenen, Bonn.
- Wijsenbeek-Olthuis, T. 1996. Noblesse Oblige. Material culture of the nobility in Holland. Private Domain, Public Inquiry. Families and Life-Styles in the Netherlands and Europe, 1550 to the Present. Ed. by A. Schuurman, P. Spierenburg. Verloren, Hilversum, 112-124.
- Üprus, H. 1965. Tallinn 1825. Kunst, Tallinn.
- Üprus, H. 1979. Das Wohnhaus in Tallinn (Reval) vor 1500. Häuser und Höfe der handeltreibenden Bevölkerung im Ostseeraum und im Norden. Acta Visbyensa, 5, 141-164.
- Üprus, H. 1987. Raidkivikunst Eestis XIII–XVII sajandini. Kunst, Tallinn.
- Üprus, H. 1990. Tallinna vanalinna elamute välisarhitektuuri juurde kuulunud raidkividest Tallinna Linnamuseumi kogude põhjal. Kunstist Eestis läbi aegade. Uurimusi ja artikleid. Koost. I. Solomõkova. Kunst, Tallinn, 69-105.

RIIGI
Ferdinand Johann Wiedemanni
KEELEAUHIND

Ferdinand Johann Wiedemanni keeleauhind



Leelo Tungal

Aastakümneid kestnud oskusliku sõnaseadmise eest rohketes algupärastes ja tõlkelistes luule- ja proosateostes, õpetajatöö ning eesti keele õpperaamatute eest, Hea Lapse toimetamise, laulupeoidentiteedi kujundamise ja 'seltsimees lapse' meenutuste eest.

SISSEJUHATUSEKS

Esimest korda tutvustatakse käesolevate soliidsete kaante vahel riigi teaduspreemiate laureaate kõrval ka keeleauhinnaga äramärgitut. Otsust seda teha saab ainult kiita: esiteks ei ole teadusuuringuil lõppkokkuvõttes mõtet, kui need ei leiaks kasutamist teiste riiklikult tunnustatavate valdkondade, ka keelega tegelemisel, ning teiseks sisaldab keelegi alal tehtav ja tunnustatav sageli ka uuringulist osa (mõnikord koguni ainult seda). Öeldust tulenevalt on põhjust enne laureaadi ja tema töö tutvustamist lühidalt selgitada, mis Ferdinand Johann Wiedemanni keeleauhind on, kuidas see on kujunenud, mille eest see antakse ning kes leiavad laureaadi.

Keeleauhind asutati 20. märtsil 1989 tollase “Energia” kolhoosi juhatuse otsusega (Ross, 2005) – Irma ja Jüri Silla, Rudolf Rimmeli ning Taima Kiisvergi algatust toetades (ideed oli tutvustatud ka Lennart Merile, Paul-Eerik Rummo, Enn Vetemaale, Andres Ehinile jt); põhikirja koostasid Mart Remmel, Rudolf Rimmel, Paul-Eerik Rummo, Joel Sang ja Mart Susi. Kuidas sai auhind Wiedemanni nime, pole teada; tõenäoliselt peeti tollastes oludes silmas vähemalt kaht põhjust: Wiedemannil olid kahtlemata suured teened eesti keele uurimisel ning ühtlasi oli Peterburi akadeemiku nime kasutamist raske ära keelata (nõukogude võim veel kestis). Esimeseks auhinna saajaks oli Henn Saari, laureaadi valisid Mart Mäger, Mart Remmel, Jüri Sild, Ingeborg Murakas, Heinar Palumäe ja Huno Rätsep.

Pärast 12-aastast kohati ennastsalgavatki auhinna väljaandmist hakkasid selle loojad väsima, kimbutas ka rahapuudus. Kui Euroopa keelteasta korraldamise Eesti komitee ja peaminister Mart Laari kohtumisel 13. juunil 2001. a jõuti kokkuleppele asutada riiklik auhind eesti keele säilimisele ja arendamisele kasu toonud isiku(te)le, siis oli tee senise auhinna uues vormis säilitamiseks lahti. 15. oktoobril 2003 – pärast kõigi asjaosaliste arutelusid ning ministriumidevahelist kooskõlastamist – võttis Riigikogu ““Riigi kultuuripreemiate ja kultuuristipendiumide seaduse” muutmise seaduse” vastu (Ross, 2005). Ühiskondlik auhind oli saanud riiklikuks.

Riiklikuks saamisega muutusid auhinna määraja – Vabariigi Valitsus ühiskondliku žürii asemel –, üleandmise aeg – emadepäeva asemel vabariigi aastapäev või selle lähedus – ja koht – aastapäevaürituste üldises kavas valitud linn senise Väike-Maarja asendajana; auhind muutus ka tunduvalt suuremaks. Tähtsaim: endiseks jäi ning on jäänud eesmärk anda auhind “väljapaistvate teenete eest eesti keele uurimisel, korraldamisel, õpetamisel, propageerimisel või kasutamisel”. Kui varem võis auhinda ka jagada, siis riiklikult tunnustatakse igal aastal ainult üht isikut. Laureaate arvestust peetakse alates 1989. aastast ja Henn Saarist. Lisaks seadusega määratud protseduuridele on säilinud tava, et laureaata istutab iga-aastaselt Väike-Maarja keelepäeval puu sealsesse keeletammikusse. Riigiauhinna perioodil on laureaadid koos asutanud Eesti Rahvuskultuuri Fondi osana Wiedemanni fondi eesti keele õppe ja

rahvusliku kasvatusetoetuseks (Erelt, Valge, 2013) ning on hakatud korraldama rahvusvahelisi konverentse “Emakeelne Eesti, emakeelne Euroopa” (I – 2008, II – 2013, III – ettevalmistamisel; vt Sutrop, Valge, 2008; Valge, 2013). Seosele tunnustuse ühiskondliku perioodiga osutab ka tema nimi – erinevalt preemiast on see auhind –, mille juurde jäämist selle kunagised asutajad tähtsaks pidasid. Rõhutada tuleb sedagi, et oma vaimu poolest on Wiedemanni keeleauhind elutööpreemia – seda eriti 2007. aastast alates välja antava aasta parima keeleteo auhinna kõrval.

Kokku on F. J. Wiedemanni keeleauhind antud 35-le eesti keele kasuks silmapaistvalt töötanud inimesele. Eesti Teaduste Akadeemia liikmetest on selle saanud Uno Mereste, Juhan Peegel, Huno Rätsep, Haldur Õim ja Arvo Krikmann ning välisliige Ilse Lehiste (Lennart Meri sai akadeemikuks pärast keeleauhinna saamist); Eesti Vabariigi teaduspreemia on keeleauhinna laureaati-dest saanud Juhan Peegel, Henn Saari, Tiiu Erelt ja Mari Must (Ross, 2013).

Vabariigi Valitsuse kehtestatud korra järgi valib laureaadikandidaadi valitsuse poolt haridus- ja teadusministri ettepanekul moodustatud komisjon, kuhu 2015. a kuulusid Jevgeni Ossinovski (minister, komisjoni esimees), Martin Ehala (Tartu Ülikool, professor), Toomas Kiho (ajakiri Akadeemia, peatoimetaja), Margit Langemets (Eesti Keele Instituut, osakonnajuhataja), Helle Metslang (Emakeele Selts, juhatuse esimees), Tõnu Seilenthal (Eesti Keele Sihtasutuse esindaja), Irma Sild (keeleauhinna asutajate esindaja), Jüri Valge (Haridus- ja Teadusministeerium, nõunik) ja Anna Verschik (Tallinna Ülikool, professor).

Ettepanekuid kandidaadi esitamiseks võivad teha Haridus- ja Teadusministeerium, keeleauhinna senised laureaadid ning sellised asutused ja organisatsioonid, mille põhikiri näeb ette tegelemist eesti keele ja kultuuriga. 2015. aasta laureaadi valimiseks tegid ettepanekuid Emakeele Selts, Tartu Ülikool, Eesti Keele Instituut, Eesti Kirjanike Liit, Tallinna Teadlaste Maja ning ühiselt keeleauhinna asutaja Irma Sild, Väike-Maarja vallavalitsus, Väike-Maarja gümnaasium ja Väike-Maarja valla raamatukogu. Auhinnakandidaatideks, kelle hulgast komisjon esitas Vabariigi Valitsusele auhinna määramiseks Leelo Tungla, olid esitatud veel Peep Nemvalts, Reet Kasik, Marja Kallasmaa ja Asta Põldmäe.

LEELO TUNGLA MÕISTMISEKS

Leelo Tungal on veel liialt noor selleks, et teised tema elulugu põhjalikult kirja panema hakkaksid. “Eesti elulugudes” nenditakse pärast nappide CV-andmete esitamist: “Alustas romantilise tundelüürikuna (esikkogu “Kummaliselt kiivitajad kurtsid”, 1966). Viljelnud traditsioonilist luulet, milles vaadeldud maailma naise ja ema pilgu läbi.” (EE 14, 2000). Lapsepõlvemälestused on laureaati kirja pannud kahes rahvusvahelistki tähelepanu pälvinud mälestusteraamatus (Tungal, 2008, 2009). Erilise väärtuse annab neile lapse-

silmil vahendatud mälestustele see, et ühe lapse traagiliste läbielamiste kaudu on jõutud kogu rahva ajaloolise kogemuse kirjeldamiseni. Vähetähtis pole ka see, et kurbi sündmusi on osatud edasi anda jonnakalt püsida, edasi kesta ja vastu hakata tahtvalt, optimistlikult, ilusastigi – kui nii öelda tohib.

Oma elu ühest hilisemast perioodist, ülikooliaastatest, ja sellest, kuidas lapsepõli järgnevat mõjutas, kirjutab Leelo Tungal ise: “Intrisse mindi siis tõesti ainult magama. Ühel ööl aga ilmusid keldriuksele miilitsamehed. Tuled pandi põlema ja korralvurid uitasid taburettidega kolistades ja vahetikke liigutades ruumis ringi. Mõned tüdrukud tõstsid protesti, mina tundsin ennast nagu halvatuna – ilmselt kangastus alateadvuses see aeg, kui mundrimehed meile koju tulid ja ema kaasa viisid. Tollal polnud ma küll veel neljanegi, aga hirmu mundrimeeste ees tunnen siiani. Olin peaaegu kindel, et mina see olengi, keda otsitakse: eks sai ju ülikooli kohvikus igasuguseid jutte räägitud ja klubis metsavendade laulu lauldud, ja tegelikult polegi ju mingit süüd vaja – mundrimehed võivad igaühe ära viia, kui ainult tahavad... Kuigi minu voodi juurde astunud miilits heitis mulle samasuguse põgusa pilgu nagu teistele tüdrukutele ja läks koos ametivendadega peatselt minema, ei saanud ma öö otsa sõba silmale. Tundsin, et midagi hirmsat on juhtunud – äkki algab uus küüditamine?” (Tungal, 2014). Tsiteeritud lõigu pealkirjaks on “Hirm”, kuigi tegelikult ei puudutanud kirjeldatud vahejuhtum otseselt ühtki toas viibinut (miilitsareid oli seotud teises ühiselamus toimunud traagilise kuriteoga).

Vaevalt oleks Leelo Tungla auhinnakandidaadiks esitanud väikemaarjalased, veel enam aga auhinnakomisjon tulnud mõttele teda keeleauhinnaga tunnustada, kui tänavuse laureaadi teened oleksidki piirdunud ainult lapsepõlve-mälestuste kirjanekuga või rohkete muudegi teoste kirjutamisega. Viiest valdkonnast, mida laureaadi valimisel ja otsustamisel vaetakse, pole Leelo Tunglal tegemist olnud vaid keelekorraldusega. Isegi uurimisega on: kuidas muidu oleks võimalik leida suurepäraseid riime, äratada ellu sõnu ja tähendusvarjundeid, mis nooremal põlvkonnal juba ununema kipuvad või pole isegi passiivsesse mällu jõudnud (aktiivsest rääkimata)? Seevastu eesti keele õpetamine, kasutamine ja propageerimine on esindatud ülitugevalt.

EESTI KEELE ÕPETAJA JA ÕPPEMATERJALIDE AUTOR

Pedagoogide peres kasvanuna oli Tunglal küll väike tõrge kooli tööle asumise vastu, kuid just sinna ta ülikoolist suunati. Laste vastu polnud tal midagi ning tagantjärele on ta arvanud, et tal on õpilastega vedanud: “vallatuid ja vaimukaid on nende seas olnud palju, aga mitte ainsatki pahatahtlikku.” Veerandkoormusega töö Pirita koolis sai siiski aasta järel otsa ning läks 17 aastat, kuni Tungal n-ö häda sunnil Ruila põhikooli pakkumise seal emakeeleõpetajana tööle asuda vastu võttis. Nimelt oli ta oma noorima tütre päevikust leidnud sellel kohal töötanud – äsja keskkooli lõpetanud – noormehe märkuse KODU TÖÖD TEGEMATTA ja märganud, et sama õpetaja oli VI klassi vihikus parandanud ANEKDOODI ANEKTOODIKS. Rohkem direktoril peale käia ei tulnud.

Nelja aasta jooksul tegi õpetaja Tungal õpilastega lisaks muule ka rohkesti loovtöid, millest mõnigi sobis avaldamiseks just ilmuma hakanud Heas Lapses. Peatoimetaja Tungal on, muuseas, siiani veendunud, et oma väljaannet pole vaja mitte ainult kõige pisematele, vaid ka 9–12-aastastele lastele.

Töö koolis viis loogiliselt ühe järgmise ettevõtmiseni Leelo Tungla tööelus – kooliraamatute koostamiseni. Aabitsa pani ta koos õpetaja Ene Hiiepuu ja Edgar Valteriga kokku 1997. aastal. Suure populaarsuse võitnud, korduvalt välja antud – tõsi, leidus ka hurjutajaid – raamatus, mis loomulikult kõikidele õppekava nõudmistele vastas, on varasemate aabitsaraamatutega võrreldes mõndagi uut. Kõik lood ja laulud on ühistegelaste kaudu omavahel seotud, ‘f’ ja ‘š’ kõrval on sisse toodud teisedki võõrtähed (tänapäeva laps näeb neid tänavapildis igal sammul), tekstid on koostatud kahes raskusastmes – ühed suuremas kirjas ja lihtsamad, teised väiksemas kirjas, pikemate lausete ja nõudlikuma sõnastusega (nendele, kel lugemine juba paremini käes). Aabitsa koostamisest saadud kogemused on leidnud jätkamist ja edasi arendamist eesti keele õpikute koostamisel kümnekond aastat hiljem: koos Hiiepuuga on Tungal koostanud kaheosalised õpperaamatud I ja II klassile (2007), koos Anne Kloreniga III klassile (2008). Mainimist väärib ka keeleõppefilm “Printsess Mari ja konn Konrad” (koostöös Mati Hindi ja Tiiu Salasooga, 1993).

Leelo Tungal on ikka arvanud, et ega keeleõpe ning -kasutus pea olema kuiv ja igav. Juba ülikooli ajal hakkas ta koolipraktikate ajal koguma lasteanekdoote ning on nüüdseks jõudnud mitmete kogumike väljaandmiseni: “Oi, Juku!” (1995), “Suur Juku” (2002), “Juku, sääsk ja elevand” (2014) jt. Õpetajate hulgas on osutunud väga populaarseks Haridus- ja Teadusministeeriumi toetusel ilmunud “Juku juntsüklopeedia” (2010), millesse on koondatud koolinaiju ja salmikuvärsse, aga ka viltu kiskunud lauseid Hea Lapse toimetusse saabunud kaastöödest.

HEA LAPSE ASUTAJA JA IDEOLOOG

Ajakirja Hea Laps senine lugu avab suhteliselt ettearvamatult 2015. a keeleauhinna laureaadi olemuses – organiseerimisvõime ning majandusliku kalkuleerimis- ja toimetulekuoskuse. AS Pikker toel ning selle juhataja Vladislav Koržetsi õhutusel 1994. a aprillis sündinud väljaandel on olnud mitmeid erineva iseloomuga, kuid üldjuhul raskeid, Tungla sõnul läbi ‘tule, vee ja vasktorude’ käimist meenutavaid perioode: Pikri pankrot, petlikud ootused, kahtlused OÜ Vaimukirjastus suhtes ja nende tõeks osutumine 1990-ndate lõpu Lastekaitse Liidus, MTÜ-aeg; Kultuuriministeeriumi ning Haridus- ja Teadusministeeriumi (tagajärjekas) veenmine ... Alates jaanuarist 2014 on Hea Laps üks SA Kultuurileht väljaannetest ning peatoimetaja Leelo Tungla sõnutsi tellijate arv kasvab.

Staatusliku ning kultuuripoliitilisegi siksakitamise taga on aga alati olnud laureaadi kindel soov välja anda ajakirja 9–12-aastastele lastele; ka siis, kui eesti lasteajakirjandus 90ndatel aastatel kaduma kippus (Miki-Hiir pidi kõik ära sööma). Tõdenud, et lapsed jäävad ikka lasteks, möönab Leelo Tungal, et side autoritega oli aastate eest tugevam: kui tollal võis kirjasaatja käekirja järgi ära tunda, siis nüüd on käekirjad sarnaseks muutunud. Ikka *Times Roman* või *Courier*. Küll kaastööliste kohta öeldud, kuid kehtib ka ajakirjategija enda kohta: “Veri on see, mis rahnipoja puu otsa viib!”

STENI MUINASJUTUVÕISTLUS JA TEISED ŽÜRIID

Kurvad sündmused on mõnikord tõukeks millelegi väga heale. Haapsalu poisi Sten Roosi (6.09.1970–29.10.1991) mälestuse jäädvustamiseks hakkasid tema vanemad Ann ja Ants Roos 1993. aastal korraldama muinasjuttude kirjutamise võistlusi 10–15-aastastele lastele. Põhjuseks see, et Sten oli võrratu loomamuinasjuttude väljamõtleja – tema looming on ilmunud 2 kogumikus: “Steni muinasjuttudes” (1992) ja “Pääsuemanda jutustustes” (1995).

1993. aastast siiani on perekond Roos korraldanud võistlust 23 korda. Käesolevaks ajaks on võistlusele saadetud enam kui 6 000 omaloomingulist tööd, autasustamisele on kutsutud üle 500 õpilase (2015. a vastavalt 386 ja 41). Igal aastal on žüriisse kuulunud ka Leelo Tungal. Tema oli ka esimesi, kellega Roosid võistluse algatamise ideed arutasid. Kui Tungal 1994. a asutas ajakirja Hea Laps, tekkis võimalus avaldada iga aasta võidutööd seal. Leelo Tungla koostatuna on Hea Lapse toel 2010. aastal ilmunud ka 2004.–2009. a võidutööde kogumik “Muinasjutuline”.

Enne seda koostas Tungal Eesti Kõitekunstnike Ühingu palvel laste omaloomingukogumiku “Maailma parim asi”, mis sai inglise keelde tõlgituna aluseks 2005. aastal toimunud rahvusvahelisele kõitekunstnike võistlusele “Scripta manent”. Selle konkursi käigus illustreerisid ja köitsid meie koolilaste luuletusi ja jutte raamatuteks nii ameerika, brasiilia, itaalia, jaapani, hollandi kui ka saksa ja taani kunstnikud. Steni võistluse võidutööde tase oli 17 välisriigi kunstnikele meeldivaks üllatuseks.

Steni muinasjutuvõistluse hindajad ei ole ainsad, kes ilma Leelo Tungla professionaalsete oskusteta hakkama pole saanud. Nimetatagu teisi konkursse, mille žüriidesse Leelo Tungal on kuulunud: Eesti Muinsuskaitse Seltsi Muinas-Julle kirjandus- ja joonistusvõistlus (2002–2010), Palamuse koolinaljade võistlus (2004), Anna Haava luulepäevad (2010), Betti Alveri luuleteatrite festivalid “Tuulelapsed” ja “Tähetund” (2007–2015), Vabariigi Presidendi ja Tartu Ülikooli eetikakeskuse esseekonkurss (2007) ning eetikakeskuse ja presidendi kantselei visioonikonkurss “Eesti 100” (2009), Kaitseministeeriumi loomevõistlus “Minu tuleviku Eesti” (2013), pokuluulevõistlus (2014).

LAULUPEOLAULUDE AUTOR

Alates 1993. aastast pole ükski laulupidu möödunud ilma Leelo Tungla sõnadele tehtud viisideta: VII noorte laulupeo “Põhjamaisest päikesest”, “Koolimelanhooliast” ja “Olla või mitte ollast” mullu esitatuteni (“Laul inimlikkusest”, “Kiire, kiire, kiire”, “Nüüd”). Vahepeale mahuvad teiste hulgas sellised üldtuntud laulud nagu “Tõnni kosjasõit” (1999), “Leib jahtub” (2002), “Las jääda ükski mets”, “Sõit pilvelaeval” (2004), “Kaerajaan”, “Põlev puu” (2007), “Mu ema”, “Oma tuba, oma luba” “Väike eestimaine laul”, “Kodu” (2009), “Olles osa oma maast”, “Ilusa rõõmu laul” (2011). Muljet avaldav, kodumaistest klassikutest rahvusvahelisteni ulatuv on nende heliloojate hulk, kelle meloodiad Leelo Tungla sõnad rahvani on kandnud: Raimo Kangro, Alo Põldmäe, Peeter Vähi, René Eespere, Olav Ehala, Andres Valkonen, Valter Ojakäär jt. Tema sõnad on lauluväljakul kostnud aga ka vahendajateta: 2007. a noorte laulu- ja tantsupeol oli ta kõneisikuks koos Tõnis Mägi, Gerli Padari ja Marko Matverega. Laulupidude tähtsust rahvusliku ühtekuuluvustunde süvendajana ning optimistliku tulevikunägemuse sisendajana on raske üle hinnata ning oluline osa selle sõnumi vahendamisel kuulub ette kantavatele tekstidele.

MUU EESTI KEELT PROPAGEERIV TEGEVUS

Suure kasutajate arvuga keeltes kirjutatud muusikateoseid on Eestiski originaalkujul ette kantud ning kindlasti leidub argumente sellise tava kasuks. Mingil juhul ei saa aga eitada vajadust lisaks teose meloodiale ka selle sõnadega väljendatud sisu vaataja/kuulajani tuua (milleks see muidu on kirjutatud?). Publiku informeerimise kõrval tähendab tõlkimine ka eesti keele ja kultuuri sidumist maailmakultuuriga ning keele arenguvõime kindlustamist.

Viieteistkümne lastele kirjutatud ooperi- ja muusikalibreto kõrval on Tungal tõlkinud muljet avaldava hulga täiskasvanute ooperite ja muusikalide libreto-sid: Gaetano Donizetti “Rügemendi tütar”, Carl Orffi “Tark talunaine”, Jerry Hermani “Hallo, Dolly”, Richard Rodgersi “Helisev muusika”, Harlod Arleni “Võlur Oz”, Richard M Shermani “Mary Poppins”, Andrew Lloyd Webberi “Cats” ja “Ooperifantoom”.

Eraldi eesti keele alaseid loenguid pole Leelo Tungal pidanud, aga ta on kümnetes Eesti koolides ennast ja oma loomingut tutvustades selgeks teinud, mida saab eesti keelega ja keeles teha. On kindlasti märkimisväärne, et keelekasutuse misjonitöö pole piirdunud ainult tavapäraste kohtumistega Eesti koolides. Leelo Tungal on toetanud eestluse säilitamise tahet eesti koolides Helsingis, Kopenhaagenis, Londonis, Luksemburgis, Pariisis, Riias, Stockholmis ja Tampere. Ning lõimumisprotsess kodumaalgi on Tunglalt toetust leidnud – esinemiste kaudu Sillamäe, Narva ning Tallinna vene koolides.

Loomulikult on eesti keel eelkõige eesti verbaalse kultuuri kandja ning osa, kuid hinnata tuleb ka Leelo Tungla oskust kirjutada eesti keeles üldinimlikel

teemadel nii, et tema loomingut teistesse keeltesse tõlkimist väärivaks on peetud. Tema raamatuid on tõlgitud vene, soome, inglise, läti, leedu armeenia ja monte negro keelde; üksikuid luuletusi on ilmunud itaalia, saksa, ungari, esperanto jt keeltes. Muu kõrval kannavad need tõlked sihtkeelsele kultuuritarbijale teavet eesti keele väljendusvõimaluste kohta.

KIRJANDUS

EE. 2000. Eesti Entsüklopeedia 14. Eesti elulood. Eesti Entsüklopeediakirjastus, Tallinn.

Erelt, T., Valge, J. 2013. Wiedemanni fond – minevikult tulevikule. Ferdinand Johann Wiedemanni keeleauhind 25. Koost J. Valge. Eesti Keele Sihtasutus, Tallinn, 63-68.

Ross, E. 2005. Ferdinand Johann Wiedemanni keeleauhind 1989–2003. Koost ja toim E. Ross. Eesti Keele Sihtasutus, Tallinn.

Ross, E. 2013. Tagasi minevikku. Ferdinand Johann Wiedemanni keeleauhind 25. Koost J. Valge. Eesti Keele Sihtasutus, Tallinn, 21-38.

Sutrop, U., Valge, J. 2008. Emakeelne Eesti, emakeelne Euroopa. Koost U. Sutrop, J. Valge. Eesti Keele Sihtasutus, Tallinn.

Tungal, L. 2008. Seltsimees laps ja suured inimesed. Tänapäev, Tallinn.

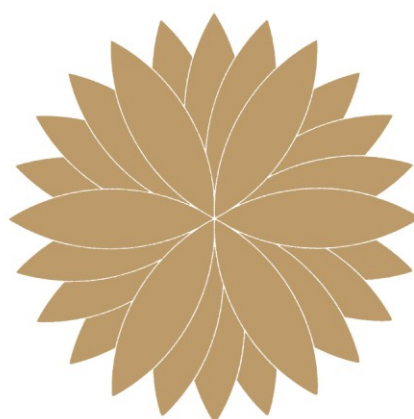
Tungal, L. 2009. Samet ja saepuru. Tänapäev, Tallinn.

Tungal, L. 2014. Kes vana asja meenutab. Eesti keeles ja meeles. Koost A. Saluäär-Kall, H. Karm, J. Valge; toim A. Saluäär-Kall. Eesti Keele Sihtasutus, Tallinn, 150-155.

Valge, J. 2013. Ferdinand Johann Wiedemanni keeleauhind 25. Koost J. Valge. Eesti Keele Sihtasutus, Tallinn.

Kirjutanud
Jüri Valge

RIIGI
KULTUURIPREEMIA



*Kultuuri elutööpreemia
pikaajalise väljapaistva loomingulise tegevuse eest*



Ene Mihkelson

Ene Mihkelson sündis Viljandimaal, Imavere vallas 21. oktoobril 1944. Ta on õppinud Tartu Ülikoolis eesti filoloogiat ning töötanud teadurina Eesti Kirjandusmuuseumis. Aastast 1979 pühendus Ene Mihkelson kirjutamisele.

Ene Mihkelsonist on kujunenud Eesti kirjanduse suveräänne suurkuju, kes on pikki aastaid olnud viljakas looja nii luules kui ka proosas. Eesti kirjandusse ilmus Mihkelson esmalt luuletajana 1978. aastal. Noore Ene Mihkelsoni luule kohta on öeldud, et mõistatuslikult raskepärase poeesia painav taust hakkab selginema alles aastaid hiljem, proosas. Pärast iseseisvuse taastamist asub Mihkelson tammsaareliku sügavusega lahti kirjutama eesti ajaloo keerdkäike; sündmusi II maailmasõja päevil ja järel ning toimunu mäletamist iseseisvuse taastanud Eestis.

Ühtekokku on Ene Mihkelson avaldanud 13 luulekogu, 6 romaani ja ühe novellikogu. Ene Mihkelsoni kirjanikukreedo kohaselt tuleb rahvusliku identiteedi ja kestvuse nimel selgeks rääkida kõik mineviku traumad, kulgegu see protsess nii valuliselt kui tahes. Mihkelsoni looming on oma rahva saatuse lugu, väljendatud heas eesti keeles, ainulaadses kujundlikus stiilis igasuguse moraalse allahindluseta.

Ene Mihkelsoni on hinnatud üheks kompromissitumaks loojaks eesti kirjanduses. Tema romaani “Ahasveeruse uni” (2001) on peetud tähtsaimaks romaaniks taasiseseisva Eesti esimesel kümnendil – või kogu iseseisvusperioodi olulisimaks kirjandusteoseks. Romaani “Katkuhaud” (2007) on aga nimetatud 21. sajandi eesti romaanikirjanduse tähtteoseks. Kummaski romaanis uurib Mihkelson süvapsühholoogiliselt lähiajaloo traumaatilise mõju kestmist inimteadvuses kuni nende siireteni ja paralleelideni meie vahetus kaasajas ja saatustes. Mõlema teose eest on Eesti Kultuurkapital tunnustanud Ene Mihkelsoni aastapreemiaga.

Ene Mihkelsoni kirjanduslik mälutöö ületab oma aja ruumi ja piire, ehkki tema romaanide kultuuriline tihedakoelisuus ja vormiline eksperimentaalsus on mõnevõrra aeglustanud teoste tõlkimist. Ometi ei ole see takistanud rahvusvahelist kirjanduspublikut ära tundmast Ene Mihkelsoni teoste suurust. Nii on Mihkelsonile osaks saanud rahvusvaheline Herderi auhind (2006) ning Balti Assamblee kirjanduspreemia (2010). Soome keeles on ilmunud luulekogu “Torn”, nii soome kui ka läti keeles on ilmunud “Katkuhaud”; viimast tõlgitakse praegu ka saksa keelde.

Ene Mihkelsoni tunnustamisega kultuuri elutööpreemiaga vääristab Eesti Vabariik kõrgkirjandust ja looja jäägitut pühendumist loomingule.

MÄLU JA KULTUUR KUI INIMLIKKUSE JA JÄRJEPIDEVUSE KANDJAD

Tartu muinsuskaitsepäevad, 14.–17. aprill 1988. Varahommikust öötundideni toimub tihedas ajakavas arvukalt sündmusi, mis kõik teenivad Eesti rahva kultuurimälu taastamise eesmärki. Verinoore tudengina osalen niipalju kui vähegi võimalik loengutel, filmi- ja teatrietenduste vaatamisel ning avastan tuttavat Tartus korraldatavatel kultuuriloolistel retkedel arvukalt paiku täiesti uues valguses. Kuigi vahepeal on hirm kinnivõtmise ees, võidab alati tahtmine hingata vabamat õhku ja, mis kõige määramam, olla ajaloo oma silmaga tunnistajaks, et hiljem saaksin toetuda oma kogemusele, kuidas kõik tookord tegelikult oli. Reede, 15. aprilli hilisõhtul on rongkäik TRÜ peahoone juurest üle Toome EÜSi majani, mille ees peetakse miiting Eesti lipu värvide väljatoomisega. Tunne on eriline. Kulgeda koos paljude inimestega läbi Tartu ja seista nendega õlg õla kõrval. Esimest korda näha rahvusvärve, mis ettevaatlikult piire kompavas ajas julgelt ja võimalikke sanktsioone ülekavaldavalt esil. Tunda ühtsust kõigi inimestega suures rahvasummas.

Kümmekond aastat hiljem satun Ene Mihkelsoni “Nime vaeva” esimesest lõigust teose lummusesse, kui minajutustaja räägib tollestsamast rongkäigust ja miitingust. “Elevil näod ja naeratused õõtsusid EÜS-i maja poole,” vahendab ta toimuvat, pakkudes rõõmsa äratundmise, et hiljem jagada juba kultuurimälu jälge Tartu tänavatel kunagi kulgenud ajaloolistest isikutest, mis tagantjärele kõnetab: “mul polnud kunagi varem olnud seda ajaloolise aja tunnet, mis iga paiga teeb nägevaks. Tänavad mäletasid neid, olevik avas lahkunute meie poole jäävaid uksi” (Mihkelson, 1994). Siis aga võtab minajutustajas maad kõrvaltvaataja pilk, mis paneb teda teadlikult ja kaalutlevalt distantsilt hindama vanemate inimeste meeleliigutust, noorte rõõmu ning ta enda võbelemist rahvahulka sulandumise joovastuse ja sellest hoidumise vahel: “Ma ei taha küll kaotada äkki tekkinud meretundest piiskagi, kuid samal ajal uurin, kuidas see ilmub ja areneb. Millised kõned, žestid, värvid ja loosungid aitavad kaasa hulga muutumisele üheks hiiglakordustes ilmnevaks isikuks, millised lagundavad ühistundelist samasust.” Miitingustseeni lõpuosas haarab minajutustajat äkki hirm ja ärevus, põhjuseks teadlikuks saamine millestki, mida ei oleks ma osanud sündmuse põlvkond noorema kaasaegsena ega ka hiljem enne teose lugemist arvata: “Olin otsinud iseennast ajas, mida ma polnud valinud, nüüd otsisin aega, mis alati oli mulle kuulunud. Linnatänavad ärkasid nõidusunest enne kui ma ise. [...] Miski polnud enam enesestmõistetav ja kõige eest tuli anda vastust.” Seega olid need piisad seal miitingu inimmere jagatud kogemuses tegelikult igaüks isemoodi, nagu edaspidi ka inimeste mälestused sellest ajaloolisest sündmusest.

Ene Mihkelsoni luule- ja proosateosed on omavahel tihedalt seotud kesksete identiteedi, päritolutausta, kuuluvuse, kodu, ajaloo, mälu ja loo jutustamise teemade kaudu. Samuti rändavad raamatust raamatusse paljud juhtmotiivid ja

intertekstuaalsed viited, kuid nende taasilmumine igas tekstimustris on alati üllatuslik ja pakub värsket vaatenurka. Nii mõnigi hämarapäraseks või hoomamatuks jäänud vihje ühes luuletuses, laastus, novellis või romaanis võib saada suurema selguse teises tekstis. Teoste kandvad teemad ja lood põimuvad, motiivid kristalliseeruvad, teisenevad ning saavad juurde tähendusi ja kaalu, üksikud ja mitmikhääled kajavad kord koos, kord vastu, kord risti vastu, moodustades ühe suure elu ja olemise sümfoonia, mis iga kord kuulates pakub mõne uue heli, kõlavärvi ning avab kuulaja valmis olles temale uue tunnetuse ja tähenduse.

Ene Mihkelsoni proosateoste eri eas peategelased otsivad läbi elu iseennast ajas ja ruumis ning teistes inimestes. Selle rahutu kulgemise põhjuseks on perekondlike ja põlvkondade sidemete katkestused, hülgamised ja reetmisedki, mis omakorda tulenevad ajaloo keerdkäikudest, milles saatust ei saa sageli vältida. Seejuures on need eneseotsingulood oma näilistes kordustes kordumatud ja unikaalsed, andes mõista, et inimese identiteet ei ole kunagi täielikult ette määratud ega muutumatu. On ühteaegu hirmutav ja julgustav, et identiteet ei ole ega saa kunagi valmis, vaid allub pidevale järelekatsumisele ja ümbervaatamisele, et isiklik ja kollektiivne mälu kuuluvad jätkuvalt revideerimisele ning omaenda ja rahva lugu selles protsessis sündivatest seostest ja äratundmistest iga kord uuesti kokkupanemisele.

Kirjaniku romaanides avanevad individuaalsed lood on teoste tegelaste fiktsionaalsed lood, aga kuna nende tegelaste kujunemine on nii lahutamatult seotud Eesti ajaloo, ühiskonna ja kultuuriruumiga, siis pakub iga Ene Mihkelsoni teos ühel või teisel viisil olulisi pidepunkte ja mäluankruid ning laiemat raamistikku, kus lugeja saab suhestuda selle maa ja rahvaga, mõtestada oma elu ja kogemust ning juurelda oma identiteedi ja kuuluvuse üle. Nende lugemine on teekond, mis annab lugejale võimaluse või isegi sunnib teda tõsisemalt endasse ja teistesse inimestesse vaatama, peatuma, seisma silmitsi omaenda kahtluste ja ebamugavustundega, kaevama välja leide oma isiklikust, perekondlikust ja rahvuslikust mälestusest ning otsima neile tähendusi.

Mida tähendab olla inimene? Mida tähendab olla inimene ühes ajas, kohas ja kultuuriruumis sündimise tõttu ning aegade ja kohtade vaheldumises? Kuidas saada iseendaks? Mis on inimlikkuse ja endaksjäämise mõõt? Mis on ellujäämise ja kohanemise hind? Kuidas elada mineviku varjudega, ootamatult ikka ja jälle ilmuvate mälupeegeldustega? Kuidas eemalduda ideedest, mida hing omaks ei hüüa? Kuidas vabaneda ideoloogiast, millega ei saa samastuda? Kuidas hüljata ohvripositsioon, mis juba sündimisega kaasa antud? Kuidas teha valikuid, kui neid ei ole? Kuidas vaadata tagasi, aga mitte jääda minevikku kinni? Kuidas otsustada, mida või keda uskuda ja usaldada? Kuidas aru saada, mis on õige? Kas mõistmine, andeksand ja lepitus on võimalikud? Kuidas mitte jääda hüüdjaks hääleks? Mida tähendab võtta ja kanda vastutust iseenda, oma perekonna, rahva ja riigi ees?

Need on vaid mõned küsimused, mida Ene Mihkelsoni fiktsionaalsetes maailmades rändaja tegelaste kaasteelisenä koos nendega või nende tõukel üha uuesti kohtab. Küllap kõnetab sõltuvalt vanusest, elusituatsioonist ja -kogemusest iga lugejat mõnevõrra erinev küsimuste ring, mis võib teiseneda ka sama lugeja puhul, kui ta mõne teose esmakordselt või uuesti kätte võtab. Aga üks on kindel: vastused nendele küsimustele ei ole lihtsad ega ühesed, kuigi võivad sellistena esmapilgul tunduda, niisamuti ei ole need vastused igas hetkeselguses lõplikud ega igaveseks päevakorrast maha võetud. Pigem vastupidi, nagu Ene Mihkelsoni teostest aimub, on see jätkuv küsimine ja kostmine inimesele loomulik ning eluliselt vajalik indiviidile ja rahvale, et mõista olnut ja olevikku, iseend, oma eelkäijaid ja kaasaegseid ning näha oma tulevikku. Samuti on kultuur ja keel inimese päriskodu, ka siis, kui ta seda veel ei tea ega taipä, eriti aga siis, kui füüsiline kodu on tundmatuseni muutunud või hävinud ja vaimne kodu näib olevat kättesaamatus kauguses või kadunud.

Ene Mihkelsoni teoste retseptsioonis on veel palju ruumi sellisele süvenemisele, probleemikäsitluste järjekindlusele ning järelduste üldistusjõule, mis iseloomustab kirjaniku enda loomingut. Ühtlasi võib juba praegu väita, et nii nagu kirjaniku tegelased toetuvad oma otsingutes ja elu mõtestamises mitmesugustele kultuuritekstidele, mis on asendamatuks, teinekord ainsaks allikaks, mille toel kujutlusvõime ja loojutustamise abiga taastada ähmastunud või hääbumisohus mälu, katkenud järjepidevus ja ebaselge või kõikuma löönud identiteet, nii on Ene Mihkelsoni teostest omakorda saanud nende lugejatele olulised kultuuritekstid.

KIRJANDUS:

Mihkelson, E. 1994. Nime vaev. Ilmamaa, Tartu, 5.

Eva Rein

Artikkel ilmus esmakordselt Sirbis, 27.02.2015:

www.sirp.ee/s1-artiklid/c7-kirjandus/malu-ja-kultuur-kui-inimlikkuse-ja-jarjepidevuse-kandjad/

*Kultuuri elutööpreemia
pikaajalise väljapaistva loomingulise tegevuse eest*



Raul Meel

Graafik, maali- ja installatsioonikunstnik Raul Meel sündis 2. märtsil 1941. aastal. Meel õppis Tallinna Polütehnilises Instituudis (praegune Tallinna Tehnikaülikool) energeetika erialal, kuid kunstnikuoskused omandas Raul Meel iseseisvalt. Ta on Eesti olulisemaid kontseptualismi ja konkreetse luule teerajajaid.

Inseneritaustaga Raul Meel astus kunstiteed käima 1960. aastate lõpus. Juba esimestel aastatel pani ta iga oma leiuga aluse mõnele uuele kunstinähtusele. Tasub vaid meenutada Eesti esimest installatsiooni 1969. aastal, “Täringud 1–6” – luuletus-skulptuure, mida võis põrandalt vabalt veerida. Samal perioodil tõi Raul Meel kunstipubliku ette toona erandlikud masinakirjakujundid, nn konkreetse poeesia, kust ta laiendas hiljem oma tegevuse graafika ja maalini. 1990. aastatel viis Raul Meel koos noorte kunstnikega läbi seninägematuid tuuletendusi.

Raul Meele loometee on põnev ja mitmekesine, kuid tema loomingust kõneldes jääb lahutamatuks fluidumiks inseneriharidus. Raul Meele algatatud inseneriteaduse ja kunsti dialoog on rajanud teed kontseptualistlikule kunstimõtte arengule Eestis. Meel on suutnud tõestada, et kujutav kunst suudab kajastada ja analüüsida nüüdismaailma vaimselt keerulisi probleeme, ärgitada kaasa mõtlema.

Raul Meele esimese paarikümne loomeaastaga seostub eesti kunstiloo laialt rääkimata peatükk: kunstniku mittetunnistamine ja toetuseta jätmine. Klassikalise kunstimõiste raamidest väljunud kunstikeelt hakati avalikult hindama alles perestroika-aastatel. Kui Eestil oli vaja lähendada maailmale positiivne sõnum Eesti euroopalikust-läänelikust kunstiidentiteedist, selgus, et ‘saadikuks’ sobib kõige paremini – Raul Meel.

Huvitav on märkida, et kunstnikku ennast ei muserdanud paariasse surutus kuigivõrd. Illegaalselt raudse eesriide jäisest haardest välja viidud Raul Meele looming äratas huvi ja tähelepanu. Tema tööd olid esimese eesti kunstnikuna eksponeeritud juba 1972. aastal Veneetsia biennaali kuraatorinäitusel “Uued suunad maailma graafikas”.

Raul Meel on aktiivne looja tänini. Tema loomingu ülevaatenäituseks “Raul Meel. Dialoogid lõpmatuses” jäi sajaruutmeetrine saal kitsaks, mahutades vaevu loomingu paremiku. Sama aasta suvel otsustas Raul Meel kinkida kogu oma klassika Eesti Kunstimuuseumile. See kingitus on hindamatu. Sinna kuuluvad joonistused, masinakirja originaalid, maalid ja kuni 100 tööd hõlmavad sarjad. Seniajani oli Raul Meel suveräänse loojana esindatud Eesti Kunstimuuseumis vaid üksikute näidetega.

Riigi kultuuri elutööpreemia on vääriline tänu kunstnikule, kelle tähendus on silmahakkav mitte ainult kunstielu, vaid kultuurielu arengus. See on kummar-dus loojale, kes on loovutanud oma sümboolse kapitali ehk loomepärandi Eesti riigile.

MAAILM TOIMUB

Määratlus 'avangardi klassik' tähendab kõike ja ei midagi. Oleneb, kui kergelt ja kelle kohta seda kasutada. Raul Meele puhul on määratlusel tõsi taga – ta on avangardist nii Eesti kui ka maailma kontekstis. Ta lõi konkreetset luulet üsna sünkroonis suurte kontseptualistidega Lääne-Euroopas ja Ameerikas. Raul Meel on klassik, kes on jätkanud 1960-ndatel alustatud teed järjekindlalt ja jätkusuutlikult tänase päevani. Ta ei ole kontseptuaalse visuaalse kujundi ehk väikevormi looja. Tema loomingus on hoopis kõrvuti ambitsioonikad, rauast installatsioonid, tuleskulptuurid, graafilised lehed – suurte serigraafia- tehnikas seeriade ja üksikute, unikaalsete masinkirjas lehtedena – ning maalid. Raul Meel on koha- ja ajatundlik looja, Eesti oma kunstnik, kes ajab eesti asja. Samas on ta globaalne looja, kes puudutab üldinimlikke teemasid, tõlgendab piiblit, kas siis Saalomoni ülemlaulu või üldisema sõnumi vormis. "Konrad Mäe ja Raul Meele vahele jääb kogu eesti XX sajandi kunsti- ajalugu," ütles tema viimase suure väljapaneku saatetekstis Eesti kunstimuuseumi nüüdiskunsti kuraator Eha Komissarov.

Raul Meele loomingu kohta doktoritööd kirjutades tegi New Jersey Rutgersi ülikooli doktorant Jeremy Canvelli 2005. aasta novembris temaga intervjuu. Canvelli oli töötanud Jane Voorhees Zimmerli muuseumis, tundis hästi Norton Townshend Dodge'i kogutud Ida-Euroopa avangardkunsti kollektsiooni, aga elavate kunstnikega kokkupuutumine andis uurimusele tõsisema pinnase.

2015. aasta veebruaris pälvis Raul Meel Eesti Vabariigi kultuuri elutöö-premia. Talle meenusid noore ameerika kunstidoktorandi küsimused, sest Eestis ei olnud keegi temalt just nende asjade kohta pärinud. Ta leidis, et vastused küsimustele räägivad temast praegugi. Raul Meel vaatas intervjuu üle ning toimetas vastused lühemaks ja täpsemaks, nagu ta on teinud ka oma kunstiga.

Reet Varblane

Ameeriklane *Jeremy Canvelli* küsib, eestlane *Raul Meel* vastab.

KAS SU KUNST ON SÜNDINUD REAKTSIOONINA EELNENULE?

Vähemalt alguses polnud mul asja suhelda traditsiooni ja valitseva peavoolu kunstnikega. Tulin ju kunstiellu kõrvalt, profaanselt alalt, süütuna. Mul tuli 'leiutada oma jalgratas' ja selles on mu talupoeglik ja insenerlik oskus abiks olnud.

KUIDAS HINDAD SÕPRADE ROLLI ERITI OMA LOOMINGULISE ELU ALGUSES?

Sõbrad kirjanikud ja sõbrad kunstnikud tulid pärast mu esimesi loomingulisi avastusi ja katsetusi. Eriti tähtis oli, et see suhtlemine julgustas ja innustas mind loomingulise isiksusena toimima.

MIKS OLED VÄLJENDANUD TÕRKSTUST ÕPETAJATE EESKUJU TÄHTSUSTAMISE SUHTES?

Teadmised, kogemused, aimused sünteesitakse loominguks märksa varjatult. Milleks on inimesel sündimisest kaasas leidurivaist, uue või teadmatu avastamise võime?

Loomingulised ideed võivad tekkida eelkäinud meistritest üsnagi sõltumatult, tingituna justkui argisest informatsioonitulvast. Siis on ideed ebaisikulised ja hõljuvad õhus eriliselt olemuslikult. Kui see nõnda poleks võimalik olnud, siis ei oleks sündinud mu kunstiteoseid. Selles võtmes on kriitikud klassifitseerinud mind Eesti kunsti üksiklaseks.

KUIDAS JÕUDSID KONKREETSE LUULENI?

See juhtus 7. novembril 1967. aastal Severomorskis Nõukogude Liidu Põhja Sõjamerelaevastiku spordiroodu relvalaos. Vaatasin trellitatud akna taga tasa langevat lumesadu. Olin tüdinenud ja igatsesin ära koju. Mõtlesin kirjutamisele, millegi loomisele, aga sõnad kirjutusmasinast ei tulnud. Hakkasin lõpuks järgima üht impulssi, lõin o-tähega ja miinusmärgiga paberile märke, üles-alla hüplevaid, tegin märkidest read.

Ühitasin abstraktselt tingliku ja elementaarselt kujutava mõtte. Sel ajal, kui nägin üldmõistelisi kujundeid kirjutusmasinajoonistusena ilmnemas, jõudsin jälgida kujutletaval trummil hüplevaid herneteri, lapsena nähtud suure tuulamise sõela põhjast läbi pudenenud, mu nägemises veelgi pudenevaid rukkiteri. Ühtaegu panin tähele nimetava, verbaalse mõtlemise, rääkimise keele häälikute eri tugevusi ja kestvusi, mis sealsamas kuskil justkui päris nähtavana elasid.

1968. aastal tegin poolsada tekstpilti, konkreetset luuletust, enne kui sain teada, et midagi sellele lähedast võiks leida ka kuskil mujal maailmas. 1969. aasta sügistalvel sain Paul-Erik Rummolt ja Jaan Krossilt näha-lugeda kahte läänest toodud konkreetse luule antoloogiat.

KUIDAS ON KONKREETNE LUULE KONKREETNE?

Traditsioonilisemalt käsitletava kirjanduse ja kujutava kunsti ning hääle ja heliloomingu vahelises *interregnum*'is toimib 'konkreetne luuletaja'. Termin 'konkreetne luule' on rahvusvaheliselt kasutusel. See eksitab asjasse pühendamuid. Uuemal ajal on leitud ja kasutatakse ka uuemat terminit: *visual poetry* & *sound poetry* ehk visuaalne ja heliluule.

KUIDAS SÜNDIS SERIGRAAFIATE SARI "EESTI TAEVA ALL"?

Ärkamine tuli 1961. aastal Tallinna Polütehnilise Instituudi neljanda semestri ühel kõrgema matemaatika loengul. Oli märts, päike paistis ja selle valguses oli tunda edenevat kevadet. Professor joonistas kriidiga mingi funktsiooni graafiku tahvlile ja mina mõtlesin – nägin, osalt 'ära olles', et näe, see joon ju on nagu inimelu võrdluspilt, püüdluste sünni ja surmaga, isegi seksuaalsusega ... Edasi panin tähele, juba otsisin 'elusamaid' tehnilisi graafikuid.

1971. aastal avastasin ja arendasin serigraafiatrüki kunstilist praktikat. Ühendasin tehnilistest graafilistest joonistustest lähtudes vabakunstilisi kujundeid: mul valmis väike serigraafiapiltide sari “Teaduse ja tehnika revolutsioonist”. 1973. aastal sündis hiiglaslik, täielikult hõlmamatu “Eesti taeva all”. See on nii avar füüsiliselt, emotsionaalselt ja vaimselt, et jääbki hõlmamatuks. Sinine, must ja valge värvus sobisid hästi inimeste kosmilise avarilma taju resoneerima. Aga ühtaegu oli sinimustvalge Nõukogude Liidu annekteeritud Eesti Vabariigi lipp.

MILLINE ON MAALIDE REA “TEEKOND ROHELUSSE” LUGU?

1973. aasta aprilli lõpus joonistasin ja kirjutasin “Teekonna rohelusse” alustuseks grafiitpliatsiga paberile. 1979. aastal akrüülvärvidega lõuendile maalitud pildijada põhi on permanentne roheline. Et viimane valetavalt soojaks ei jääks ning tõtsiks värvitud kangaks ei materialiseeruks, maalisin talle alla külma tooni: sain roheluse diskreetseks ja varjundirohkeks nagu maastiku. Must ühtlane riba, mis pildist pilti eksimatult langeb peaaegu ülevalt vasakult paremale allapoole, ületades viimases pildis keskjoone, on ükskõiksest inertne, kuid ometi ta otsekui kutsub mingile liikumisele järele vaatama, kalde suunas kulgema kaasa. Altpoolt saadab kujutluslikku liikumise visiooni vasakult paremale eelviimases pildis lõpuni ahenev võrdhaarne kolmnurk, mida täidab otsekui lihalik läbivalgustamatu jõud; *caput mortum* – selline on värvi nimi. Ansambli pole algust ja tal pole ka lõppu. See on nagu vaadete jada ridastikku vaguniakendest mingis äramääratud vahemikus.

Võib-olla tõesti on “Teekond rohelusse” mu tähtsaim, programmilisim maalikunsti teos, millega ehk võiks kukutada seni eeskätt Euroopas valitsenud-valitsevaid maaliteooriaid.

MIKS TÖÖTASID SEERIAE KAUPA?

Ma olen mõelnud aistides, aimusi tundes, visuaalselt kujutledes, verbaalselt nimetades ehk protsesse lugedes. Minu meelest maailm toimub. Ka minu tajud ja kujutlused maailmast toimuvad.

MIKS OTSUSTASID SEERIATI TÖÖTAMISE LÕPETADA?

Avatud seeriade lõpetamist polegi võimalik määrata, need on mul aina lõpetamata ...

Suletud tüüpi element-teoste kooslus, rea- või väljaansambel vm sulgeb ennast ise oma sisemise toimumise loogika nõudeid järgides üsna objektiivselt.

KUIDAS VALISID PROGRESSIOONIDE REEGLID?

Progressioonide reeglid valisin, püüdes hoida kokku tööjõudu, materiaalseid vahendeid, aega. Matemaatikat appi võttes projekteerisin edasise tegevuse võimalikult positiivselt efektiivseks. Jätsin varasemat muutva, hiljem järelduva viimase otsustamise võimalikuks. Lõpuks jäi üle lihtsalt (muidugi, ärevalt!) oodata, milline ikkagi tuleb oodatav tulem.

MIKS SEADSID SÜSTEEMID ÜKSTEISEGA KATTUMA?

Püüdsin ilmselt kasutada eri süsteemide toimumiste teineteist või üksteist hõlmavate mõjude vahel tekkida võivat tugevdavat või nõrgendavat interferentsi nähtust.

KAS SIND EI HÄIRINUD VASTUOLU ERI ELEMENTIDE JA

TÄIELIKU, KAASNEVATE OSADETA INTEGRAALI KOOSTAMISE VAHEL?

See vastuolu ei ole mind eriti vaevanud. Lisaks tundus mulle vahetevahel, et mingil viivul toimus kunst eriti olemuslikult just eri elementide vahele jäävates alades ning elementide ja tervikliku mõiste vahel, *interregnum*'is – õieti nägematuna, päriselt tabamata.

KAS OLED MINIMALIST?

Võib-olla võib mu kunsti millalgi pidada minimalistlikuks, kuna olen ikka kasutanud lihtsaid, elementaarseidki algkujundeid ja stiihiaid.

KAS OLED KONTSEPTUALIST?

Näib, et minu kunstiteoste juures tõesti võib jälgida, kuidas olen üritanud justkui puhastada ja rakendada algseid üldmõisteid, mis mu tegevuse õnnestumise tulemustega otsekui haaravad asjade üldist, sügavat olemust.

KUIDAS PRAEGUSED VAATAJAD VÕIKSID MÕISTA

SINU 1970NDATEL JA 1980NDATEL TEHTUD KUNSTI?

Nad võivad kogeda ajaliselt kaugemaid teoseid oma päevade kontekstis.

MIDA VEEL IHKAD?

Kui noore mehena kunsti juurde jõudsin, siis uskusin naiivselt, et kunst on kõigi kunstitegijate ühine tegu ja armastus. Tahan seda ikka veel uskuda.

Intervjuu ilmus esmakordselt Sirbis, 27.02. 2015:

www.sirp.ee/s1-artiklid/c6-kunst/maailm-toimub/

*Kultuuri elutööpreemia
pikaajalise väljapaistva loomingulise tegevuse eest*



Kalju Komissarov

Näitleja, lavastaja ja teatripedagoog Kalju Komissarov sündis 8. märtsil 1946 Võrus. 1964. aastal lõpetas Komissarov Tallinna 4. Keskkooli ja 1968. aastal näitlejana Tallinna Riikliku Konservatooriumi lavakunstikateedri III lennu Voldemar Panso õpilasena. Esimesed loomeaastad töötas Kalju Komissarov Tallinnfilmi režissöörina. Aastail 1974–1986 oli ta toonase Eesti Riikliku Noorsooteatri peanäitejuht. Hiljem on Kalju Komissarov olnud nii Ugala teatri peanäitejuht kui ka Endla teatri kunstiline juht.

Lavastajana on Kalju Komissarov toonud publikuni üle saja lavastuse Eesti eri teatrites. Tema eriline tähelepanu kuulub maailmaklassikutele, nagu Shakespeare, Molière, Tšehhov, Gogol. Teisalt paistab Komissarovi loomingus silma koostöö eesti autoritega, nii on just tema olnud mitmete Mati Undi näidendite esmalavastaja. Külalislavastajana on Kalju Komissarov töötanud Soomes, Venemaal ja Mongoolias.

Kalju Komissarovile on tegutsemisaja jooksul omistatud peaaegu kõik olulisemad Eestis välja antavad teatripreemiad, lisaks on ta pälvinud mitmeid tunnustusi välisriikidest. Komissarov on ise rõhutanud, et teatris on esmatähtis sõnum, mis peab olema arusaadav ka laiematele publikugruppidele. Sõnum aga ei dikteeri žanri ega vormi valikut.

Kalju Komissarovit võib pidada teatri-isaks väga paljudele silmapaistvatele eesti näitlejatele ja lavastajatele, kelle töö vilju võib näha enamikus Eesti teatrites. Pedagoogilist staaži kõrgkoolis on Komissarovil 29 aastat. Aastatel 1986–1995 oli Kalju Komissarov praeguse EMTA lavakunstikooli juhataja, aastast 2002 on ta Tartu Ülikooli Viljandi Kultuuriakadeemia etenduskunste osakonna juhataja.

Viljandi Kultuuriakadeemias juhitava osakonna kõrghariduslike õppekavade ülesehitamise idee teatri mudelina kuulub just Kalju Komissarovile. Tema pikaajalisel eestvedamisel alustati Viljandis teatrite tehniliste töötajate kõrgharidusõpet. Õppeprotsessis koos õppides ning üksteist täiendades omandavad tulevased teatri tehnilised ja loomingulised töötajad selge arusaamise toimivast teatrimehhanismist ja ühisest loomingust.

Professor Kalju Komissarovi õpilastest kuus on tänaseks eesti teatrite kunstilised juhid või direktorid. Tema käe all on õppinud kümned eesti teatripildis aktiivsed lavastajad, teatripedagoogid, näitlejad. Õpilased ise on öelnud, et Kalju Komissarov, hüüdnimega Koma, on suurepärane organisaator ja inimeste koondaja. Tal on piisavalt nõudlikkust ja autoriteeti, et oma vaadete eest seista ja ideed ellu viia. Õppejõu ja teatrijuhina oskab ta kiita ja ka noomida – ning seda ka siis, kui teatris kohtutakse juba kolleegidena, mitte enam õpetaja ja õpilasena.

KALJU KOMISSAROV – ÕPETAJA JA LAVASTAJA

Kultuuri elutööpreemia antakse teatavasti pikaajalise loomingulise tegevuse eest. Seletussõnaraamat täpsustab, et elutöö on elu jooksul tehtud tähtsaim, peamine töö. Mis on õieti Kalju Komissarovi – lavastaja, näitleja, pedagoogi – elutöö, ei olegi nii lihtne vastata, kui esimesel hetkel paistab. Esiteks ei ole suurt osa sellest silmaga näha ega saa seda käega katsuda, nagu kaduviku kunsti puhul ikka: rollidest ja lavastustest, mis elu jooksul tehtud, saab aimu paremal juhul videosalvestuste, sageli ainult kirjelduste ja fotode põhjal, ja ega õpetamisega ole teisiti. See, mis toimub erialatundides, jääb võõra pilgu eest varju. Kui lavastaja öeldakse surevat näitlejas, siis õpetaja sureb oma õpilastes.

Teiseks tõuseb küsimus, mis on tähtsaim ja peamine. Kas õpetamine, nagu näib viitavat üks Komissarovi mõtteavaldus paari aasta tagant (elu olevat möödunud pedagoogina töötades ning vahetevahel olla sinna sattunud lavastusi ja muid ettevõtmisi)? Tõepoolest, nüüdseks on ta tulevasi näitlejaid ja lavastajaid koolitanud kolmkümmend aastat: algul Toompeal lavakunstikoolis, kus ta juhendas XIII, XV ja XVII lendu ning juhatas kogu kooli aastatel 1986–1996, seejärel kaksikümmend aastat Viljandi kultuuriakadeemias, neist kümme taas erialakateedri (hiljem etenduskunstide osakonna) juhatajana. Koolitööd ehk õppe-, diplomi-, bakalaureuselavastused näitekunsti tudengitega moodustavad ligi viiendiku tema sadakonnast lavastusest. Tema lendudest on tulnud lavastajaid ja teatrijuhte, kellela eesti teater oleks vaesem ja ühevärvilisem: Elmo Nüganen, Andres Noormets, Hendrik Toompere jr, Ingomar Vihmar, Üllar Saaremäe, Tiit Palu, Taavi Tõnisson jt, rääkimata näitlejatest. Nii lavakunstikooli praegune juht Peeter Raudsepp kui ka Viljandi etenduskunstide osakonna juhataja Garmen Tabor on samuti Komissarovi õpilased.

Niisiis mõjutab Komissarov praegusaja teatrit ennekõike kui pedagoog oma õpilaste kaudu. Lavastajana tegi ta (teatri)ilma pigem nõukogude eesti teatri 'kuldsetel seitsmekümnendatel' ja mitte nii kuldsetel kaheksakümnendatel. 1990. aastate algul, iseseisva Eesti taastamise aegu, näib olevat toimunud kui mitte katkestus, siis pööre: ei saa öelda, et Komissarov hakkas lavastama vähem, kuid ta hakkas lavastama teisi asju ja teisiti. Elu esimeses pooles oli fookus lavastamisel, viimastel kümnenditel pedagoogitööl. Nii ütles ta ise elutööpreemiat kommenteerides. Kuidas need kaks poolt omavahel seostuvad?

Komissarov tuli teatrisse (väikese ringiga filmitegemise kaudu) 1970. aastate algul pärast lavakunstikateedri III lennu lõpetamist (1968). Samas lennus õppis Jaan Tooming, kultuuri elutööpreemia laureaat 2012. aastal. Kui erisugused ja mõnes suhtes vastandlikudki need kaks eakaaslastest lavastajat ka ei ole, on neil ka midagi ühist: sõnumikindlus (olgugi et sõnum erineb) ja seegi, et nad mõlemad on ühtlasi erakordselt andekad näitlejad. Tõsi, Komissarov on mänginud suhteliselt vähe, nooremad põlvkonnad tunnevad teda kui näitlejat

arvatavasti vaid teleekraanilt “Kelgukoerte” komissar Kelguna. Teatris mängis ta sagedamini omaenda lavastustes, muu hulgas ka ühte õpetajat – õpetaja Lauri Lutsu “Kevades” (1984, kaaslavastaja Kalju Orro).

Lavastaja Komissarovile ei olnud teater eesmärk iseeneses, vaid “ainus reaalne vorm tegelda poliitikaga”, nagu ta on öelnud Teater. Muusika. Kino intervjuus 1988. aastal. Ta oli oma põlvkonnas teravaima sotsiaalse närviga lavastaja, idealist ja maailmaparandaja, nagu kolleegid teda kirjeldavad. Komissarovi “poliitilises ohuteatris” (nii nimetas seda Reet Neimar) käsitleti olulisi sotsiaalseid küsimusi ning pilgati nõukogude süsteemi absurdsusi. See tõi muidugi kaasa jõukatsumisi tsensuuriga. Hoiatamise, kriitilise küsimise, totalitaarse süsteemi lahkamisega tegeles ta niisugustes teatrilukku jäänud lavastustes nagu “Protsess” (1975, Abby Manni järgi), kus tegi kaasa ansambel Ruja, Georgi Džagarovi “Prokurör” (1978), Ivo Brešani ““Hamleti” lavastamine Alamkolka külas” (1980), Ljudmila Razumovskaja “Armas õpetaja” (1981), mis pärast 67. etendust ära keelati, Lion Feuchtwangeri “Vennad Lautensackid” (1985) jt. Ehkki süsteemi suhtes kriitilised, ei pannud Komissarovi lavastused küsimuse alla selle süsteemi alusideoloogiat ehk marksistlikku maailmamõistmist ning usku kommunismi kui ideaali või utoopiasse. Siit leiab põhjused, miks tuleb Komissarovi poliitilisest teatrist rääkida mineviku vormis: 1990. aastatel, uues ideoloogilises olukorras, pidas ta õigeks tagasi tõmbuda ja täielikult loobuda poliitikas kaasa rääkimast. Kaasajakriitilise poliitilise teatri koht jäi tühjaks, kuni Ojasoo ja Semperi lavastusteni teatris NO99.

Komissarovi omaaegsed lavastused polariseerisid publikut ja kriitikat mitte ainult ideoloogiliste positsioonivõttudega (mida avalikult arutada ei saanud), vaid teatrikeelega. Plakatlikult lihtsad ja löövad kujundid, provokatiivsus, julged võõritused ja räme grotesk ei olnud igale maitsele vastuvõetavad. Samuti kasutas ta teadlikult ja irooniliselt popkultuuri elemente, nii et vaid natuke liialdades võib Komissarovi kuulutada postmodernistliku esteetika ‘maaletoojaks’, kuigi elunägemise poolest ei ole ta kindlasti postmodernist. Kaheksakümnendatel muutusid ta lavastused psühholoogiliselt põhjendatumaks ja lavalised metafoorid mahedamaks. XIII lennu lõpulavastust “Kolm öde” (1988) on Reet Neimar pidanud eesti tšehhoviaana kõige troostitumaks ja Komissarovi kõige paremaks lavastuseks.

Et jõuda sõnumiselge, jaoti didaktilise ning jõulise kujundikeelega lavastaja juurest pedagoogini, tasub meenutada veel üht rolli, mida Komissarov on täitnud – teatrijuht. Lühiajaliselt ja pigem olude sunnil juhtis ta poliitilise pöördaja Ugalat (1989–1991) ning hiljuti Endla teatrit, kuid põhiosas kuulub see töö nõukogude aega: 1974. aastal sai Komissarovist kolmeteistkümneks aastaks Riikliku Noorsooteatri (praegune Tallinna Linnateater) peanäitejuht. Linnateatri raamatus “Tühi ruum ehk Meie elu kunstis” (1996) meenutatakse teda juhina, kes laskis teistel lavastajatel katsetada ja eksperimenteerida, selmet anda teatril omaenda nägu. Tõesti, Komissarovi tüüritud Noorsooteater, kus

töötasid nii erisugused lavastajad, nagu Lembit Peterson ja Merle Karusoo, ning oma esimesed lavastused tegi Mati Unt, oli omas ajas kunstiliselt kõige mitmekülgsem ning kõige põnevama repertuaariga teater. Siin sai Peterson tuua lavale Beckett'i "Godot'd oodates", Leonhard Lapin teha Eesti esimese multimeedialavastuse "Multiplitseeritud inimene" ja Peeter Volkonski katsetada *happening*'iga; etendati luule- ja laulukavu ning alguse sai Karusoo dokumentaalne elulooteater. Lavastajaisiksuste kooseksistentsil rajanevat demokraatlikku mudelit ei õnnestunud peanäitejuhil siiski päriselt tööle panna. Aga eesmärk ise näitab selgesti, et Komissarov ei ole seadnud kõrgeimaks sihiks isiklikku eneseteostust lavastajana, vaid mõistnud ja teinud teatrit kui sügavalt kollektiivset kunsti.

Need põhilised hoiakud ja väärtused seovadki õpetaja Komissarovit lavastaja Komissaroviga ja pidevustavad ta elutöö – ei ole põhjust üht poolt teisest tähtsamaks pidada. Eitused ja jaatused on samad: totalitaarsete süsteemide vastu ning solidaarsuse ja koostöö poolt; ennast kehtestava võimupositsiooni vastu ja iseseisvalt mõtleva isiksuse poolt. Kui lugeda Komissarovi mõtteavaldusi ja õpilaste arvamusi, on ilmselge, et ta ei ole guru tüüpi õpetaja, kes ootab tingimusteta lojaalsust ainuõigele õpetusele. Sootuks vastupidi. "Õpetaja esmane ülesanne on õpilases olemasoleva potentsiaali avamine, mitte enese teostamine teises inimeses," ütleb ta ühes intervjuus. "Lavastajaraamatus" peab ta koolis kõige tähtsamaks seda, et õpilane jääks iseendaks, säilitaks oma individuaalsuse ega muutuks "mingisuguse masstoodangu ohvriks". Õpilase ja õpetaja suhtes on aga kõige olulisem, et ei oleks hirmu ("Lavakooliraamat"). Õpilased omakorda kinnitavad, et Komissarov nõuab neilt iseseisvust, kas või isepäisust; säilitades oma arvamuse, talub ta erisuguseid maailmapilte (nõnda kirjutab Jaanus Rohumaa "Teatrielus 99") – peaasi et õpilasel oleks oma maailmapilt ja oma nägu. Ta peab oluliseks õpetada, kuidas elus ja teatris ise toime tulla: teha valmis roll, kui lavastajast pole abi, või teha teater, kui töökohta ees ootamas pole. "Ta justkui suurendab õpilases ego jõudu, õpilane peab tahtma ja suutma oma maailma luua," kirjutab Katri Aaslav-Tepandi. Õpilased ei pea käima õpetaja sissetallatud ja ettenäidatud teed, vaid olema "ise isiksused". Ja nad ongi. Kolmandik täna avalikustatud lavastaja- ja näitlejaauhindade nominentidest on õppinud Komissarovi käe all.

Luule Epner

Artikkel ilmus esmakordselt Sirbis, 27.02.2015:

www.sirp.ee/s1-artiklid/teater/kalju-komissarov-opetaja-ja-lavastaja/

*Kultuuri aastapreemia
lavastuse “Joobnud” eest*



Lembit Peterson (kolmas vasakult)
Lilja Blumenfeld (teine vasakult)
Tiina Mölder (neljas vasakult)
Marius Peterson (viies vasakult)
Rene Liivamägi
Sander Põldsaar (esimene vasakult)

Esietendus 25. oktoobril 2014 Theatrumis. Lavastus valmis Theatrumi 20. sünnipäeva eel ning lisaks Theatrumi trupile tegid kaasa näitlejad, kes on Theatrumi tegemistega eri aegadel olnud seotud.

Autor Ivan Võrõpajevi (1974) lavastused, näidendid ja muud kunstiprojektid on Euroopas laialdaselt teada ja tunnustatud. Ta on nüüdisaja üks enam maailma lavadel mängitud vene autoreid.

“Joobnud” (“Пьяные”) on kirjutatud vene kirjanduse parimaid traditsioone jätkates – naerdes läbi pisarate. Gogollikult. Võrõpajevi tegelased on “meie aja kangelased”: pankurid ja nende abikaasad, filmimaailma ja PR-inimesed, reklaamiagentuuri töötajad, modellid, prostituudid. Vaataja on tunnistajaks ehmatava selgusega väljendatud tänapäeva inimeste hingeseisunditele, olgu selleks allakäigutrepp või kõrgemad vaimsed püüdlused, alatiseks kaaslasteks valus kaasaetundmine või vabastav huumor.

Theatrumi trupile esitas väljakutse tegelaskonna alkoholijoobe seisund kogu etenduse jooksul. Viinas peitub tõde, öeldakse. Purjus inimene on aus ja otsekohene ning satub sageli rääkima sellest, mis on kõige rohkem südamel. Kriitika on sedastanud, et Theatrumile omased inimeseks olemise tuumteemad ongi armastus, valetamine, usk, andestus, truudus.

Autor kasutab purjusolekut kui võimalust rääkida asjust, millest kainenena rääkida ei saa. Rääkimata jätta oleks ka viga. Tegelased arutlevad eksistentiaalsetel, kunstilistel ja religioossetel teemadel, kust ei puudu “mädanev Lääne liberalism”, püüe vabaneda süümepiinadest ja armastusavaldused. Theatrumi lavastust on nimetatud puhtaks teeside kogumiks, kuidas saada paremaks ja tõelisemaks inimeseks. Joobnud suu läbi räägib jumal. Et aga mõtted, paleused ja aated esitatakse läbi absurdihumori ja groteski, tungib sõnum sügavamale, kuna naeru abil on omaksvõtt märksa kergem kui range mustvalgele kirjutatud kümne käsu abil.

Kriitikas on lisatud, et eluterve suhtumine “Ära põe!” kumab läbi terve lavastusest. Kristlaste alandlikkus on suurus: võtta vastu see, mida muuta ei saa, ent samal ajal püüelda paremuse poole. Inimene on ekslik ja teeb vigu, vahel petab ja valetab, müüb end ja teeb ligimesele haiget – ent Theatrumi lavastuses andestavad kõik tegelased üksteisele.

Kasutades teatrivaatleja Monica-Linde Klemeti sõnu, saab lavastuse viimase stseeni järel end üksnes ülevana tunda, lootes, et sellest vaimsest joobumusest ei saagi enam kunagi kaineks. “Rõõmustada, et meil on selline lavastaja, et naaberriigis elab selliste väärtustega näitekirjanik ning et räägitakse ühtaegu tõsiselt ja samas humoorikalt sellest kõige olulisemast: paremaks, tõeliseks inimeseks saamisest. Soovitusest ‘anda kõik tagasi’, teha end tühjaks anu-maks, et ‘enda’ asemel jääb alles üksnes Jumal sinu sees.”

*Kultuuri aastapreemia
Norra Rahvusooperis esietendunud ooperi “Peer Gynt” eest*



Jüri Reinvere

Helilooja Jüri Reinvere on sündinud 2. detsembril 1971 Tallinnas. Ta õppis kompositsiooni Tallinna Muusikakeskkoolis Lepo Sumera klassis ning klaverit Virve Lippuse juhendamisel. Kompositsiooniõpingud jätkas Reinvere 1990. aastate algul Varssavis Chopini nimelises muusikaakadeemias ja jätkas hiljem õpinguid Helsingis Sibeliuse akadeemias, mille lõpetas 2004. aastal magistrikraadiga.

Henrik Ibseni samanimelisel näidendil põhinev ooper “Peer Gynt” esietendus Oslos 29. novembril 2014. Norra Rahvuslik Ooperi- ja Balletiteater tellis Jüri Reinverelt ooperi Norra Kuningriigi põhiseaduse 200. aastapäevaks. Nagu sageli varem, on helilooja Reinvere ise ka lavateose libretist.

Jüri Reinvere elab ja töötab põhiliselt Berliinis. Soome kirjanik, eesti lähiajaloo saadik maailmas, Sofi Oksanen, on Reinveret kirjeldanud kui tõelist eesti päritoluga kosmopoliiti. Reinvere eelmine ooper valmis just Oksaneni “Puhastuse” põhjal ning esietendus Soome Rahvusooperis.

Jüri Reinvere päevikumärkmeid perioodist, mil ta alustas tööd “Peer Gyntiga”: “Elan Roomas hoopis teises rajoonis kui Ibsen, kui ta “Peer Gynti” kirjutas. Mina elan Vatikani kõrval, tema Hispaania treppide juures. Käin sellest hoolimata tema tollastel tänavatel peaaegu et iga teine päev: nurga taga elas Hans Christian Andersen, sealt edasi olid elanud Keats ja Byron. Üldiselt mul puudub sentimentaalsus kohtadega seoses, kuid nüüd, teades ette, millised minu järgmised kaks aastat on, katsun kuidagi leida siit mingit lähtepunkti. Norralane, läbi Kopenhaageni Roomas, kirjutamas tulevast rahvussümbolit. Mina, eestlane, läbi Berliini Roomas, lahkamas seda sümbolit üle saja aasta hiljem.”

Jah, Peer Gynti peetakse õigusega Norra kultuuri kõikehõlmavaks sümboliks. Seetõttu on mõistetav, et publiku nõudlikkus on kõrge ning materjal esitab kõrgeid väljakutseid kõigile, kes sellega loominguliselt kokku puutuvad. Liiatigi heliseb “Peer Gyntile” kirjutatud Edvard Griegi muusika kõrvus ning on tuntud kogu maailmas.

Jüri Reinvere aga vaatleb oma teostes pigem maailma üldisi poliitilisi probleeme ühe inimese läbielamiste kaudu. Helilooja ise on mõtisklenud, et see lugu on meist kõigist, meie kasvamisest inimestena. See lugu võiks vaatajat puudutada, on helilooja soovinud.

Jüri Reinvere sai sellega hakkama: ooper tõi mitmed varasemast tuttavad romantilised ideed oskuslikult tänapäeva, osutades seejuures mitmetele ühiskonna valupunktidele. Tervik kujunes silmapaistvaks, retseptsioon mitmekesiseks – hinnanguid kogu spektrist. Ooper pani mõtlema, tekitas huvi, aga ka ärritas ja pahandas. Lõplik otsustaja on publik. Euroopa üheks paremaks peetava Oslo uue ooperimaja täissaalid kõnelevad ise enda eest.

*Kultuuri aastapreemia
loomingulise tegevuse eest 2014. aastal*



Hendrik Lindepuu

Tõlkija, näitekirjanik ja kergejõustikutreener Hendrik Lindepuu on sündinud 11. novembril 1958 Mõisakülas. Tema elutee on põnev ja käänuline: lõpetanud Viljandi kaugõppekeskkooli, töötas ta lukksepana, tuletõrjuna, hiljem aga hoopis Helsingi raamatukogudes.

Värsse ja lühiproosat hakkas Hendrik Lindepuu kirjutama 1979. aastal. Kirjandusloolisi näidendeid on Lindepuu kirjutanud luuletajatest või kirjanikest, olgu nimetatud Henrik Visnapuu või Juhan Liiv. Eesti Kirjanike Liidu liige on ta alates 1996. aastast.

Hendrik Lindepuu on sündinud Poola iseseisvuspäeval. See võib olla juhus, kuid sel juhul kindlasti juhus, millel on hilisem tähendus. Poola kirjandusest on saanud Lindepuu pärisosa, tunnetatud paratamatus, eluarmastus. Hendrik Lindepuu ise on meenutanud, et võis olla 14-aastane, kui nägi režissöör Andrzej Wajda filmi "Tuhk". Sellest piisas, et tärkas piiritu huvi poola kultuuri vastu.

Kord sattus Hendrik Lindepuule ühes antikvariaadis kätte poola keele õpik. Kas ka juhus? Ilmselt mitte, sest Lindepuu on meenutanud, et sai poola keele selgeks, kui töötas kaheksa ja pool aastat Viljandi tuletõrjes vahtkonnaülemana. "Tuletõrjuja amet oli eneseharimise mõttes teadlikult valitud – üks ööpäev tööl ja kolm ööpäeva vaba." Veel mõni aasta ning Lindepuu hakkas tõlkima. Poola keelest eesti keelde.

Praeguseks on tänu Hendrik Lindepuule eesti keeles ilmunud poola kirjandust terve väikese raamatukogu jagu – kümnete tõlgete seas on nii luulet, proosat kui ka poola näitekirjandust, millest paarkümmend on ka lavale jõudnud.

Jürgen Rooste on tema kohta öelnud: "Kui peaks soovitama ühe virna raamatuid, siis kõik Hendrik Lindepuu tõlked, kogu tema vahendat poola kirjandus on olnud jalustrabav. Minu jaoks viimase kümnendi vahest olulisimad tõlked on kõik Lindepuud, olgu luulekogud, mälestused, krimkad, isegi näidendid: poola kirjanduses on midagi eriomast, eestlasele mõistetavat ja tabatavat, samast paigast-ajast pärinevat ja samas midagi suurt ja kättesaamatut."

*Kultuuri aastapreemia
animafilmi “Lendurid koduteel” eest*



*Olga Pärn
Priit Pärn*

Joonisfilmitegijate Olga Pärna (1976) ja Priit Pärna (1946) animafilm “Lendurid koduteel” on Pärnade triloogia “Meeste maailm” teine film ja abielupaari neljas koostööfilm. “Lendurid koduteel” jutustab meeste fantaasiatest. Film on inspireeritud Priit Pärna samanimelisest sõejoonisest. Film on loodud uuenduslikus liivaanimatsiooni tehnikas. Ja see film on ülierootiline.

“See on film, mis räägib sellest, et vaata – naine, see on ilu meeste elus,” on öelnud Olga Pärn.

Kolme lenduri kodutee on pikk ja ränk. Kõrbekuumus vaheldub mägede jäise tuulega, mudamülgaste ja moskiitodega. Kolme rändaja lootusetute päevade vahele eksivad ööd, mis on täis fantaasiat ja erootikat.

Priit Pärna uuenduslik tehnika tähendab liivapritsiiga joonistamist matile plaadile. Joonistamiseks kasutatav liiv oli pärit Piusalt; liiv oli filtreeritud, põletatud, pestud ning äärmiselt ühtlase terasuurusega. Olga Pärn on rääkinud, et terviku kokkuseadmine oli üksjagu suur väljakutse, kuid filmi lõpliku visuaalse küljega võib väga rahule jääda. Ja Priitu peab Olga maailma parimaks stsenaaristik.

Nõustus ka kriitika. Kui Priit Pärna varasema loomingu retseptisioonis kordub iseloomustava märksõnana ‘rämedus’, siis nüüdne film on vaatamata seksistseenidele üllatavalt soojades toonides, lüürilisem ja helgem. Lummas pildi-maailm on detailitäpne ja läbikumavalt pehme. Uuenduslikust liiva-animatsioonist poleks nii kaunist ja graafikalähedase muljega tulemust osanud loota. Terviku esteetilist audiovisuaalseiklust pole väsitav ka mitu korda järjest vaadata.

Lidne tarkus annab mõista, et oma koda ei tule mitte liiva peale rajada. Iga laps õpib kord ära, et ka teistele liiva silma ajada ei ole ilus. Ometi on Olga ja Priit Pärn mõlemat teinud: nad on Piusa liiva saatnud terve ilma nägemisulatusse genereerima tähendusnihkeid. See film on jõuline küsimusepüstitus tiibadeta inimese igatsustest nende igavesel koduteel.

Nii saabki “Lenduritest koduteel” jõuline tugisammas nii autorite endi kindlalt seatud rajal kui ka Eesti animatsiooni aina rikkalikumas varasalves.

*Kultuuri aastapreemia
filmi "Risttuules" eest*



Martti Helde

Stsenarist-režissöör Martti Helde on sündinud 23. augustil 1987 Kohila vallas Rootsi külas. Kooli ajal tegeles Helde maalimise ja näitemänguga. Tema loomingulise maailmapildi kujundaja oli kirikuõpetajast vanaisa.

Pärast Kohila Gümnaasiumi lõpetamist asus Martti Helde õppima Tallinna Ülikooli Balti Filmi- ja Meediakoolis, mille lõpetas 2010. aastal režii erialal. 2012. aastast õpib Martti Helde Eesti Muusika- ja Teatriakadeemia magistrantuuris näitejuhtimist. Ta on end täiendanud stsenaristika ja näitejuhtimise alal Berliinis, Ankaras, Pekingis, Los Angeleses ja Londonis. Martti Helde ambitsioonikas debüüt, ajalooline täispikk mängufilm “Risttuules” jõudis kinopubliku ette märtsis 2014.

Mida me ju kindlasti ei taha, on kultuuri tardumus, katkestus; et pilt kiilub kinni. Kui aga maailma filmiloo taustal kord jutustada üks Eesti hingedriipiv lugu nõnda, et pilt on jäetud seisma, sest keerulisest ajaloost väljakasvav lugu nõuab vaikust ja tähelepanu, mitte lärmi, siis on see lahendus mitte ainult innovatiivne, vaid ka asjakohane.

“Risttuules” on inimesed tardunud. Kolmemõõtmelises pildis liigub ainult kaamera. Lummav, mõjuv, põhjendatud.

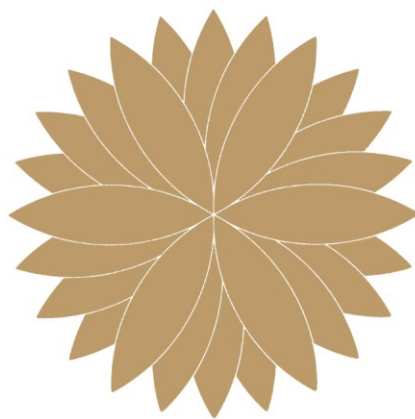
1940. aastate algul oli Tartu ülikooli filosoofiatudeng Erna õnnelikus abielus väikese tütre ema. 27-aastase naise perekond küüditati koos tuhandete eestlastega Siberisse 1941. aasta saatuslikul juuniööl. Erna jaoks peatus aeg hetkel, kui ta oma kodust vägivaldselt ära viidi. Erna koos tütrega lähetati Siberi asustamata aladele, abikaasa Heldur aga vangilaagrisse. Vaatamata viletsusele, alandustele ja traagikale ei kaota Erna kordagi lootust pääseda tagasi kodumaale ja kohtuda taas Helduriga.

Ajaloolise mängufilmi alus on Erna päevikumärkmed, aga ka küüditamisest rääkivad kirjad, mälestused, arhiivimaterjalid, joonistused, fotod, intervjuud.

2014. aasta tõestas, et eesti film uueneb, lavale astub uus, uute sõnumite, oskuste ja võtetega põlvkond. Ja see põlvkond oskab rääkida Eesti lugusid nõnda, et neid maailmas kuulama jäädakse. “Risttuules” on pälvinud tähelepanu ja auhindu nii välisfestivalidelt kui ka Eesti filmiajakirjanike poolt välja antava Neitsi Maali auhinna.

“Palja pildiga kaugele ei sõida, tähtis on siiski ilus lugu,” on möönnud filmi produtsent Piret Tibbo-Hudgins. Martti Helde nõustub: ehkki uuenduslikkus ja eksperimentaalsus talle meeldivad, tahab ta oma järgmiseks filmiks ette võtta “täiesti tavalise asja”. Sellise, kus näitlejad räägivad ja mängivad. Sulg on igal juhul juba soojas.

RIIGI
SPORDIPREEMIA



*Spordi elutööpreemia
pikaajalise ja tulemusliku töö eest
Eesti spordielu arendamisel ja korraldamisel*



Enn Tasalain

Enn Tasalain on sündinud 5. aprillil 1942. aastal Pärnumaal. 1969. aastal lõpetas ta Sindi Keskkooli ja 1973. aastal Tartu Riikliku Ülikooli kehakultuuriteaduskonna.

Juba ülikooliõpingute ajal asus Enn Tasalain tööle kehalise kasvatuse õpetajana Pärnu 4. Keskkoolis. 1976. aastal vahetas ta kooliõpetaja ameti Pärnu rajooni spordikomitee esimehe ülesannete vastu, mida täitis kuni 1992. aastani. Samal ajal jätkas ta tööd Pärnu Kalevi spordikooli kergejõustiku- ja suusatreenerina. Aastatel 1992–2002 töötas Enn Tasalain Pärnu maavalitsuse spordinõunikuna, kuuludes 1996–1998 Eesti Kultuurkapitali kehakultuuri ja spordi sihtkapitali nõukokku ning juhtides 2000–2001 Eesti Regionaalset Spordinõukogu. Aastast 2002 on Enn Tasalain juhtinud sihtasutust Jõulumäe Tervisespordikeskus. Oma töös on ta alati pööranud tähelepanu regiooni kõigi vanuserühmade spordi- ja liikumisharrastuse arendamisele.

Sportlasena on Enn Tasalain kaasa löönud kergejõustikus, suusatamises ja jalgrattaspordis, harjutades treenerite Herbert Koiksoni ja Avo Nurme juhendamisel. Hiljem on ta tegutsenud ka aktiivse suusaspordikohtunikuna ja kuulunud aastatel 1990–1994 Eesti Suusaspordiliidu volikokku.

Enn Tasalainu initsiatiivil alustati Pärnumaal Võiste rahvaspordibaasi rajamist. Seda paika on ta ligi 40 aasta jooksul sihiteadlikult kujundanud, panustades keskuse arendamisse nii enda kui ka lähikondlaste aega ja armastust.

Omaaegsest rahvaspordibaasist on tänaseks kujunenud kaasaegne üleriigilise tähtsusega Jõulumäe Tervisespordikeskus, kus on avarad võimalused nii võistlus- kui ka tervise- ja rahvaspordiga tegelemiseks erineval tasemel ja eas sportlastele. Keskuses on viimaste aastate jooksul toimunud mitmeid rahvusvahelisi võistlusi, mis kroonivad aastakümnete pikkust sihiteadlikku arendustegevust.

Tubli ja tulemusliku töö eest on Enn Tasalainule omistatud mitmeid tiitleid ja aumärke. Ta on Eestimaa Spordiliidu “Jõud” auliige (1986), Pärnumaa vapimärgi (1998) ja Tahkuranna valla vapimärgi (2002) ning Norra Kuningriigi Buskerudi maakonna teenetemedali (2006) kavaler. 2000. aastal sai Enn Tasalain Eesti Kultuurkapitali aastapreemia ning kahel korral kehakultuuri ja spordi sihtkapitali aastapreemia (2009, 2014). 2003. aastal autasustati teda Eesti Punase Risti IV klassi teenetemärgiga.

*Spordi elutööpreemia
silmapaistvate saavutuste eest tippsportlasena kergejõustikus ja
pikaajalise tegevuse eest spordi arendamisel*



Jaak Uudmäe

Jaak Uudmäe on sündinud 3. septembril 1954. aastal Tallinnas. 1972. aastal lõpetas ta Tartu 8. Keskkooli ning 1979. aastal Eesti Põllumajandusakadeemia majandusteaduskonna.

Kergejõustikuga alustas Jaak Uudmäe 9. klassis õpetaja Ants Kuusiku ja spordikoolis Eldur Eedla õpilasena. Süstemaatilised kolmikhüppetreeningud algasid 1972. aastal, esialgu Arvo Lillestiku, hiljem Jaan Jürgensteini ja Vitold Krejeri juhendamisel.

Jaak Uudmäe sportlaskarjääri säravaim tulemus on kuldmedal kolmikhüppes 1980. aasta Moskva olümpiamängudel tulemusega 17.35. Lisaks olümpia-kullale on tema medaliterivi kaalukamas osas seitse tiitlivõistluste medalit, sh kergejõustiku sisemaailmameistrivõistluste hõbemedalid 1977. ja 1980. aastal ning pronksmedal 1979. aastal. Samast aastast pärineb ka universiaadi hõbemedal. 1981. aastal oli Jaak Uudmäe Euroopa karikavõistlustel esimene ning maailma karikavõistlustel neljas. Ta on kümnekordne Eesti meister kolmikhüppes. Kolmikhüppajate jaoks märgilise 17 meetri piiri on Uudmäe ületanud seitsmel võistlusel.

Tiit Lääne koostatud raamatu “Jaak Uudmäe” eessõnas ütleb sportlane ise: “Olümpiavõit on üks etapp, üks osa minu elus, aga mitte kogu elu. Jah, see võit midagi näitab, et oled suutnud pingutada ühe selge sihi nimel, et oled kohusetundlik ja töökas. Kogu elu ei ole võimalik elada ühe olümpiavõidu valguses. Minu edaspidine elu on kulgenud ikkagi nii, et ei ole see olümpiavõit mind eriliselt edasi aidanud.”

Pärast aktiivse tippspordiga tegelemise lõppu tegutses Jaak Uudmäe spordi-valdkonnas edasi, kuid mitte ainult. Aastatel 1987–1990 oli ta Kääriku spordibaasi juhataja ja kergejõustikutreener, seejärel osales kaheksa aasta jooksul aktiivselt kohaliku omavalitsuse töös, täites Otepää aselinnapea ja linnavolikogu esimehe ülesandeid. 1998–1999 oli Jaak Uudmäe kergejõustikuliidu peasekretär ning aastast 2000 tegutses Rocca al Mare kooli spordi ja liikumise õppetooli juhatajana. Aastatel 2013–2015 oli Jaak Uudmäe Tallinna Linnavolikogu liige.

Kogu karjääri jooksul on Jaak Uudmäe pidanud oluliseks lastes spordivaimu kasvatamist. Tema eestvõttel on alates 1981. aastast toimunud noortele mõeldud auhinnavõistlused kolmikhüppes. Heaks näiteks on tema enda pere, kus kõik viis last on tegelenud või tegelemas kergejõustikuga. Vanim poeg Jaanus saavutas isa juhendamisel 2009. aastal Torinos toimunud Euroopa sisemeistrivõistlustel seitsmenda koha.

Jaak Uudmäe on nimetatud Eestimaa Spordiliidu “Jõud” (1979), Eesti Olümpiakomitee (2002) ja Eesti Kergejõustikuliidu (2007) auliikmeks. 2001. aastal autasustati teda Eesti Punase Risti II klassi teenetemärgiga.

*Spordi aastapreemia
hõbemedali võitmise eest 400 m tõkkejooksus kergejõustiku Euroopa
meistrivõistlustel 2014. aastal*



Rasmus Mägi

Rasmus Mägi on sündinud 4. mail 1992. aastal Tartus kergejõustikutreenerite peres. 2011. aastal lõpetas ta Miina Härma Gümnaasiumi.

Eesti kergejõustiku viimaste aastate edukaim noorsportlane on sisuliselt staadionil üles kasvanud, kus ta oma treeneritest vanematega kaasas käis. Tema esimesed kaalukamad saavutused pärinevad tugeva konkurentsiga võistlussarjast TV 10 olümpiastarti 2004. ja 2006. aastal.

Maailmatasemel tulemusi hakkas Rasmus Mägi näitama 2011. aastal, mil saavutas Tallinnas toimunud juunioride Euroopa meistrivõistlustel neljanda koha. Sellele järgnes 2012. aastal rida uusi suurepäraseid saavutusi, millest eredaim oli ligi 27 aastat püsinud Eesti rekordi ületamine Euroopa meistrivõistlustel Helsingis. Samal aastal osales Rasmus Mägi Londonis toimunud olümpiamängudel 400 meetri tõkkejooksus, olles esimene Eesti kergejõustiklane, kes sellel alal olümpiale on jõudnud.

Edulugu jätkus 2013. aastal, kui Rasmus Mägi püstitas hooaja alguses Eesti U23 rekordi 400 meetri jooksus. Oma põhialal, 400 meetri tõkkejooksus parandas ta 2013. aastal Eesti rekordit kahel korral. Samal aastal Moskvas peetud kergejõustiku maailmameistrivõistluste 16. kohaga tegi Rasmus Mägi suure sammu lähemale maailma tippudele.

Eelnevad saavutused tipnesid 2014. aastal Zürichis toimunud Euroopa meistrivõistluste hõbemedaliga, mis vääris Eesti Spordi Nõukogu ettepanekul riiklikku spordipreemiat. Samal aastal parandas Rasmus Mägi Eesti 400 meetri tõkkejooksu rekordit kolmel korral. Praeguseks on tema nimel Eesti juunioride, alla 23-aastaste ja täiskasvanute rekord 400 meetri tõkkejooksus.

*Sporti aastapreemia
tulemusliku töö eest treeneritena Rasmus Mägi ettevalmistamisel
kergejõustiku Euroopa meistrivõistlusteks 2014. aastal*



Anne Mägi



Taivo Mägi

Anne Mägi on sündinud 26. jaanuaril 1960. aastal Paides. Ta lõpetas 1978. aastal Türi keskkooli ning viis aastat hiljem Tartu Riikliku Ülikooli kehakultuuriteaduskonna. Kergejõustiku treeninguid alustas ta Türil Leonhard Soomi juhendamisel. Eesti meistrivõistlustelt on ta võitnud erinevatel aastatel ja erinevatel distantsidel kokku kuus medalit, lisaks esikümnekohti üleliidulistelt võistlustelt. Aastatel 1985–1999 töötas Anne Mägi treenerina Tartu Kalevi kergejõustikukoolis ja alates 2000. aastast Tartu Ülikooli Akadeemilises Spordiklubis.

Taivo Mägi on sündinud 19. oktoobril 1960. aastal Tartus, kus ta lõpetas 1979. aastal 7. keskkooli ning 1987. aastal Tartu Riikliku Ülikooli kehakultuuriteaduskonna. Jooksualade treeninguid alustas ta 1970. aastal Tartu kergejõustikukoolis Andres Nirgi juhendamisel. 1980-ndate alguses võitis ta Eesti meistrivõistlustelt tõkke- ja teatejooksudes kokku 19 medalit. Aastast 1987 tegutses ta treenerina Tartu Kalevi kergejõustikukoolis ning aastast 2000 Tartu Ülikooli Akadeemilises Spordiklubis.

Anne ja Taivo Mägi juhendavad Tartus edukalt enam kui sadat noort kergejõustikuharrastajat, kelle hulgast tõuseb igal aastal mõni õpilane Eesti noorte- või täiskasvanute kergejõustikukoondise tasemele. Nende hoole all on ka sportlased, kes konkureerivad Euroopa ja maailma kergejõustiku paremikutega. Anne ja Taivo Mägi õpilased on jõudnud nii maailmameistrivõistlustele, olümpiamängudele kui ka noorte tiitlivõistlustele.

Rasmus Mägi poolt 2014. aasta Euroopa meistrivõistlustel 400 meetri tõkkejooksus võidetud hõbemedal tõestas, et Anne ja Taivo Mägi on saanud edukalt hakkama tõelise meistertreeneri ühe keerulisema ülesandega – eduka noorsportlase viimisega täiskasvanute tippkonkurentsi.

2011. aastal anti Anne Mägile Euroopa Kergejõustikuliidu (EAA) treeneritöö auhind. 2012. aastal pälvisid Anne ja Taivo Mägi riikliku spordipreemia. 2014. aastal omistati neile Eesti parima treeneri tiitel.

*Spordi aastapreemia võistkondliku hõbemedali võitmise eest
vehklemise maailmameistrivõistlustel 2014. aastal*



*Julia Beljajeva (kolmas vasakult), Irina Embrich (teine vasakult),
Erika Kirpu (esimene vasakult), Kristina Kuusk (neljas vasakult)*

Eesti võidukasse epeenaiskonda kuulub neli tiptasemel vehklejat: Julia Beljajeva, Irina Embrich, Erika Kirpu ning Kristina Kuusk. Nende sihikindlat ja täpset tegutsemist 2014. a vehklemise maailmameistrivõistlustel Kaasanis kroonis hõbemedal, mis oli Eesti vehklejatele esimene naiskondlik MM medal 12 aasta järel. Teel medalini alistati järgemööda tugevad vehklemisriigid, nagu Iisrael, Rootsi, Hiina ja Itaalia. Relv käes, naeratus näol ja medalid kaelas – selline on olnud Eesti epeenaiskond viimasel kahel aastal.

Naiskonna noorim liige Julia Beljajeva on sündinud 21. juulil 1992 Tartus. 2011. a lõpetas ta Tartu Annelinna gümnaasiumi ja 2015. a Tartu Tervishoiu Kõrgkooli. Vehklemisega alustas ta 2002. a treener Natalja Kotova juhendamisel. Eesti epeekoondisse kuulub ta alates 2009. a. Julia Beljajeva säravaim individuaalne tulemus on 2013. a maailmameistritiitel, 2012. a krooniti ta Eesti meistriks. Ta on kuulunud võidukatesse naiskondadesse, kes on toonud medaleid Euroopa meistrivõistlustelt, juunioride maailmameistrivõistlustelt, samuti maailma karikavõistluste etappidelt. 2013. a valiti Julia Beljajeva Eesti parimaks naissportlaseks, aastatel 2013 ja 2014 Eesti parima võistkonna liikmeks ning 2013. a Eesti parimaks noorsportlaseks. Kahel korral (2011 ja 2015) on ta saanud riikliku spordipreemia ning aastal 2014 autasustati teda Valgetähe III klassi teenetemärgiga.

Naiskonna kogenuim liige Irina Embrich on sündinud 12. juulil 1980 Tallinnas. 1998. a lõpetas ta Tallinna 6. keskkooli ning 2004. a Tallinna Tehnikaülikooli keemiateaduskonna. Lapsena tegeles Irina Embrich iluvõimlemisega, vehklemise juurde jõudis ta 1988. a, kui alustas treeninguid Samuil Kaminski juhendamisel. Aastatel 2005–2010 treenis ta Nikolai Novosjolovi käe all. Eesti epeekoondisse kuulub Irina Embrich 1998. aastast. Individuaalselt on ta maailmameistrivõistlustelt võitnud ühe hõbe- ja ühe pronksmedali (2006 ja 2007), tulnud auhinnalistele kohtadele nii juunioride kui täiskasvanute Euroopa meistrivõistlustel, samuti maailma karikavõistluste etappidel. Naiskondlikus arvestuses on tal samuti mitmeid suurepäraseid tulemusi, sh kaks hõbemedalit maailmameistrivõistlustelt (2002 ja 2014) ja Euroopa meistrivõistluste kuldmedal (2013). Irina Embrich on kolmekordne Eesti meister individuaalarvestuses ning kuuekordne Eesti meister naiskondlikus arvestuses. Ta on valitud Eesti parimaks naissportlaseks (2007) ning Eesti parima võistkonna liikmeks (2002, 2013 ja 2014). Kolmel korral on Irina Embrich pälvinud riikliku spordipreemia (2003, 2008 ja 2015).

Erika Kirpu on sündinud 22. juunil 1992 Moskvas. 2010. a lõpetas ta Tartu Annelinna Gümnaasiumi ja 2014. a Tallinna Tehnikaülikooli õigusteaduskonna. Vehklemistreeningutega alustas ta 1999. a Irina Satanenko ja isa Viktor Kirpu juhendamisel. 2014. a maailmameistrivõistlustelt pärineb naiskondlik hõbemedal ja individuaalne pronksmedal, 2013. a oli ta Euroopa meistrivõistlustel esikoha saanud naiskonna koosseisus. Eesti epeenaiskonna liikmena on ta võitnud kuldmedali 2010. a juunioride maailmameistrivõistlustelt, 2007. a juunioride Euroopa meistrivõistlustelt ja 2009. a kadettide Euroopa meistrivõistlustelt, lisaks hulk hõbe- ja pronksmedaleid. Naiskondlikus arvestuses on Erika Kirpu tulnud kahel korral ka Eesti täiskasvanute meistriks (2008 ja 2009). Talle on omistatud 2014. a Eesti parima naissportlase tiitel, samuti nimetatud Eesti parima võistkonna liikmeks 2013. ja 2014. a. Ta on pälvinud SA Vabariigi Presidendi Kultuurirahastu noore sportlase preemia (2009) ning kahel korral riikliku spordipreemia (2011 ja 2015).

Kristina Kuusk on sündinud 16. novembril 1985 Haapsalus. Ta õppis Haapsalu Gümnaasiumis ja Haapsalu Täiskasvanute Gümnaasiumis. Alates 2012. aastast on ta haridusteed jätkanud Tallinna Tehnikaülikoolis avaliku sektori majanduse erialal. Vehklemisega alustas ta 1992. aastal Helen Nelis-Naukase käe all Haapsalus. Hiljem on treeninud ka Peeter Nelise, Boris Joffe ja Kaido Kaaberma juhendamisel. Eesti epeekoondisse kuulub Kristina Kuusk alates 2006. a. Naiskondlikus arvestuses tuli ta 2013. a Euroopa meistriks, 2012. a Euroopa meistrivõistlustel saavutati pronksmedal. Individuaalarvestuses on ta jõudnud juunioride ja U23 võistlustel korduvalt esikümnesse, 2014. a võitis ta Eesti täiskasvanute meistritiitli. Neljal korral on Kristina Kuusk kuulunud Eesti meistriks kroonitud naiskonda. Kahel korral on ta nimetatud Eesti parima võistkonna liikmeks (2013 ja 2014).

*Spordi aastapreemia
kuldmedalite võitmise eest veemoto Euroopa ja
maailmameistrivõistlustel 2014. aastal*



*Rasmus Haugasmägi (paremal)
Gregor Eevardi*

Rasmus Haugasmägi on sündinud 11. veebruaril 1993. aastal Tartus. 2012. aastal lõpetas ta Ülenurme gümnaasiumi ning jätkas õpinguid Tallinna Tehnikaülikoolis avaliku halduse erialal. Veemotospordiga on Rasmus Haugasmägi tegelenud alates 2005. aastast Üllar Põvvati juhendamisel. Esimese Eesti veemotosportlasena tuli ta 2014. aastal täiskasvanute OSY-400 klassis nii maailma- kui Euroopa meistriks. Varem on ta noorteklassis JT-250 võitnud Euroopa meistri tiitli, samuti tulnud täiskasvanute klassis OSY-400 maailmameistriks ning Euroopa meistrivõistlustel hõbemedalile. Ta on kroonitud kahel korral OSY-400 klassi Balti meistriks ning kolmel korral samas klassis Eesti meistriks. Aastatel 2012 ja 2014 on Rasmus Haugasmägi nimetatud Eesti parimaks veemotosportlaseks. 2013. aastal pälvis ta SA Vabariigi Presidendi Kultuurirahastu noore sportlase preemia ning kahel korral on saanud riikliku spordipreemia (2014 ja 2015).

Gregor Eevardi on sündinud 1. jaanuaril 1998. aastal Haapsalus ja õpib Tallinna Tööstushariduskeskuses. Veemotospordiga tegelemist alustas ta alles 2012. aastal, kuid on juba lühikese ajaga kogunud mitmeid rahvusvahelisi tiitleid. 2014. aastal võitis Gregor Eevardi juunioride GT-15 klassi maailmameistri ja Euroopa meistri tiitlid ning Euroopa meistrivõistlustel JT-250 klassis hõbemedali. Ta on kahekordne Eesti juunioride meister JT-250 klassis (2012 ja 2013), samuti kahekordne Balti meister samas võistlusklassis (2013 ja 2014). Lisaks kuulub talle 2014. aasta Balti meistri tiitel GT-15 klassis. Gregor Eevardi on valitud 2014. aastal Eesti parimaks nooreks veemotosportlaseks.

Need kaks Eesti veemotokoondise liiget on toonud Eestile aastate jooksul tiitlivõistlustelt 12 medalit, nendest kolm maailmameistri- ja kaks Euroopa meistri tiitlit.

*Spordi aastapreemia silmapaistva ja tulemusliku tegevuse eest
liikumisharrastuse populariseerimisel ja edendamisel Eestis ning
veebilehekülje "Suusatades..." loomise ja arendamise eest*



Kaarel Zilmer

Kaarel Zilmer on sündinud 9. juunil 1947. aastal Kaagjärve vallas Valgamaal. 1964. aastal lõpetas ta Valga 1. Keskkooli ja 1968. aastal Tartu Riikliku Ülikooli kehakultuuriteaduskonna. Sporditeed alustas ta Valga spordiklubis, jätkates suusatamistreeninguid Erna ja Herbert Abeli juhendamisel Tartus.

Ülikooli lõpetamise järel asus Kaarel Zilmer tööle TRÜ suusaspordikateedri õppejõuna. 1975. aastal omistati talle pedagoogikakandidaadi kraad. Pärast kümmet aastat Tartu Riiklikus Ülikoolis suundus ta 1978. aastal tööle Tallinna Pedagoogilisse Instituuti tali- ja veespordikateedri vanemõpetajana. 1980. aastast jätkas ta dekaanina ning 1984. aastal sai dotsendiks. Aastatel 1991–2001 oli ta Tallinna Pedagoogikaülikooli talispordi õppetooli juhataja. Kaarel Zilmer on arendanud Eesti suusasporti suusaspordiföderatsiooni presiidiumi koosseisus, tegutsenud seejärel aastaid suusaliidu volikogu esimehe, hiljem peasekretäri ning juhatuse liikmena.

Kaarel Zilmer on järjepidevalt rõhutanud liikumisharrastuse olulisust, sisen-
danud 45 aasta jooksul seda veendumust ka oma üliõpilastele nii Tartu kui Tallinna ülikoolis töötades. Zilmeri aktiivne tegevus liikumisharrastuse propa-
geerimisel sai 2014. aastal tähistatud liikumisaastal veelgi suurema hoo –
toimusid loengud, ilmusid artiklid ja käivitus kõige laiemale üldsusele suuna-
tud spordi- ning liikumisveeb “Suusatades...”, mille on lühikese ajaga üles
leidnud juba tuhanded liikumisharrastajad.

*Spordi aastapreemia
silmapaistva ja tulemusliku tegevuse eest
liikumisharrastuse edendamisel projekti “Liikumisaasta 2014” juhina*



Aivo Normak

Aivo Normak on sündinud 19. augustil 1978. aastal Rakveres. 1996. aastal lõpetas ta Kadrina keskkooli. Kahel korral on ta saanud lõpudiplomi Tartu Ülikoolist – aastal 2001 liikumis- ja sporditeaduse erialal ning aastal 2003 gümnaasiumi kehalise kasvatuse ja terviseõpetuse õpetaja erialal. Aivo Normak on aktiivselt tegutsenud kergejõustiklasena, alustades treeninguid 1985. aastal Kadrinas Aivar Lankei käe all. Hiljem on tema treeneriteks olnud Jaanus Kriisk, Paul Hojbjerg ja Vladimir Stepanišin. Mitmevõistlejana on Aivo Normak kuulunud 11 korral Eesti koondisse. Ta on kahekordne Eesti meister kümnevõistluses, teivashüppes ja 4×110 meetri tõkkejooksus, lisaks hõbe- ja pronksmedalid samadel aladel ning ka klassikalises tõstmises.

1998. aastal asus Aivo Normak tööle Tartu Forseliuse Gümnaasiumis, aasta hiljem lisandus treeneritöö Tartu Kalevi kergejõustikukoolis. Aastatel 2001–2005 oli ta kehakultuuri- ja spordiinstruktor Kaitseväge Ühendatud Õppeasutustes ning 2005–2011 tegutses kergejõustikuliidu peatreenerina.

2012. aastal asus Aivo Normak tööle Spordimeditsiini Sihtasutuses, kust aasta hiljem suundus Eesti Olümpiakomiteesse vedama liikumisharrastuse teema-aasta tegevusi. Aasta jooksul läbi viidud teavituskampaaniad, aktsioonid ja üritused aitasid tõsta liikumisharrastusega tegelejate osakaalu Eesti elanikkonnas läbi aegade kõrgeimale tasemele. Uuringu järgi tegeles regulaarse liikumisharrastusega liikumisaasta lõpuks 42% Eesti elanikest. Liikumisaasta kalendrisse koondus ligi 2000 liikumisharrastusega seotud sündmust, kus aasta jooksu lõi kaasa enam kui 250 000 eestimaalast.

Alates 2015. aastast kuulub Aivo Normak Eesti Kultuurkapitali kehakultuuri ja spordi sihtkapitali nõukokku.

RIIGI TEADUSPREEMIADE KOMISJONI KOOSSEIS

Kinnitatud Vabariigi Valitsuse korraldusega 03.10.2013 nr 430

ESIMEES

Tarmo Soomere akadeemik, Eesti Teaduste Akadeemia president

LIIKMED

Jaak Järv akadeemik, Tartu Ülikooli professor

Valter Lang akadeemik, Tartu Ülikooli professor

Ülo Langel Stockholmi Ülikooli professor

Irja Lutsar Tartu Ülikooli professor

Lauri Mälksoo akadeemik, Tartu Ülikooli professor

Anu Mänd Eesti Maaülikooli professor

Ergo Nõmmiste akadeemik, Tartu Ülikooli professor

Anu Realo Eesti Teaduste Akadeemia uurija-professor

Martin Zobel akadeemik, Tartu Ülikooli professor

Tõnis Timmusk Eesti Teaduste Akadeemia uurija-professor

Enn Tõugu akadeemik, TTÜ Küberneetika Instituudi juhtivteadur

Jaan Undusk akadeemik, Underi ja Tuglase Kirjanduskeskuse direktor

Rein Vaikmäe Tallinna Tehnikaülikooli professor

Urmas Varblane akadeemik, Tartu Ülikooli professor

Andres Öpik Tallinna Tehnikaülikooli professor

RIIGI F. J. WIEDEMANNI KEELEAUHINNA
KOMISJONI KOOSSEIS

Kinnitatud Vabariigi Valitsuse korraldusega 29.11.2012 nr 494

ESIMEES

Jevgeni Ossinovski haridus- ja teadusminister

LIIKMED

Martin Ehala	Tartu Ülikooli professor
Toomas Kiho	ajakirja Akadeemia peatoimetaja
Margit Langemets	Eesti Keele Instituudi sõnaraamatute peatoimetaja
Helle Metslang	Emakeele Seltsi esimees
Tõnu Seilenthal	Eesti Keele Sihtasutuse esindaja
Irma Sild	F. J. Wiedemanni keeleauhinna asutajate esindaja
Jüri Valge	Haridus- ja Teadusministeeriumi keeleosakonna nõunik
Anna Verschik	Tallinna Ülikooli professor

RIIGI KULTUURIPREEMIADE KOMISJONI KOOSSEIS

Kinnitatud Vabariigi Valitsuse korraldusega 20.11.2014 nr 496

ESIMEES

Urve Tiidus kultuuriminister

LIIKMED

Kiur Aarma

Tiina Abel

Irina Belobrovtseva

Eri Klas

Kai Lobjakas

Priit Raud

Riho Sibul

Mati Sirkel

Hagi Šein

Marek Tamm

Toomas Tammis

Mare Tommingas

Helena Tulve

EESTI SPORDI NÕUKOGU KOOSSEIS
RIIGI SPORDIPREEMIADE KOMISJONI STAATUSES

Kinnitatud kultuuriministri käskkirjaga 07.01.2014 nr 5

ESIMEES

Urve Tiidus kultuuriminister

LIIKMED

Kristi Kirsberg Eesti Spordiajakirjanike Seltsi juhatuse liige

Gunnar Kraft Ühendus "Sport Kõigile" president

Madis Lepajõe Haridus- ja Teadusministeeriumi asekancler

Lauri Luik Riigikogu liige

Neinar Seli Eesti Olümpiakomitee president

Tarmo Volt EOK esindajate kogu liige, maakondade esindaja

EESTI VABARIIGI PREEMIAD

2015

TEADUS

F. J. WIEDEMANNI KEELEAUHIND

KULTUUR

SPORT

TALLINN, 2015