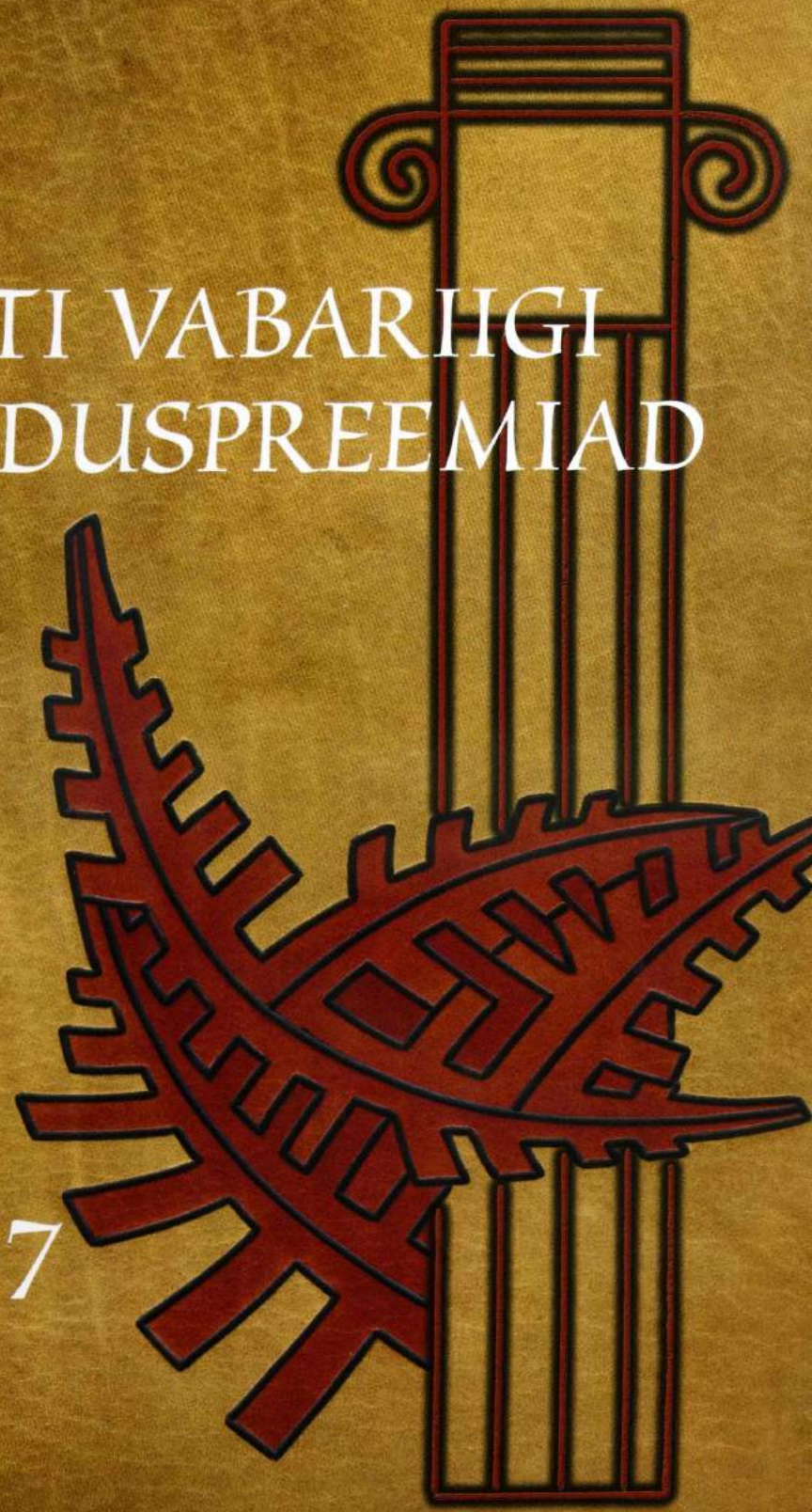
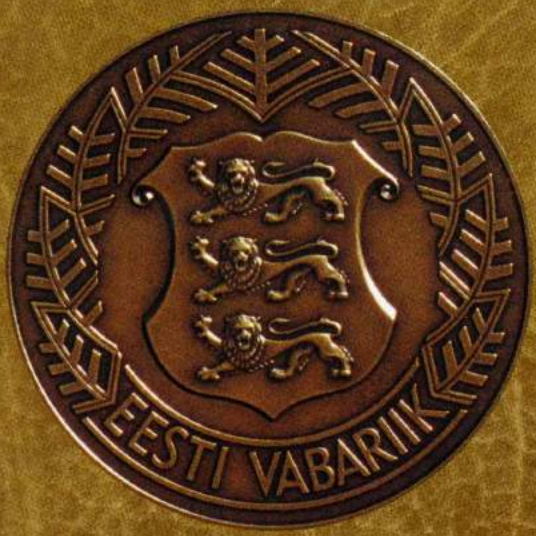
EESTI VABARIIGI TEADUSPREEMIAD



2007


EESTI VABARIIK

EESTI VABARIIGI TEADUSPREEMIAD

2007

TALLINN, 2007

Richard VILLEMS (vastutav toimetaja)
Riigi teaduspreemiate komisjoni esimees

Helle-Liis HELP, Siiri JAKOBSON, Ülle REBO
Galina VARLAMOVA

Raamatu kujundamisel kasutati laureaatide diplomi ja medali fotot
ning osaliselt kätteandmisel 24.02.2007 tehtud fotosid

ISSN 1406-2321

© EESTI TEADUSTE AKADEEMIA

OÜ · INFOTRÜKK ·

SISUKORD

EESSÕNA 5

Jaan Einasto (kollektiivi juht)
Maret Einasto, Enn Saar, Erik Tago
teaduspreemia teadusharu paradigmat ja maailmapilti mõjutava väljapaistva avastuse eest tööde eest teemal "Tumeaine avastamine galaktikate ümbruses ning universumi kärgstruktuur"
TUMEDA AINE LUGU 6

Ülo Kaasik
teaduspreemia pikaajalise tulemusliku teadus- ja arendustöö eest 22

Ants Viires
teaduspreemia pikaajalise tulemusliku teadus- ja arendustöö eest 28

Tõnu Kollo
teaduspreemia täppisteaduste alal uurimuste tsükli "Mitmemõõtmelised maatrikstehnikal põhinevad statistikamudelid" eest 44

Mihkel Kaljurand (kollektiivi juht)
Mihkel Koel, Merike Vaher
teaduspreemia keemia ja molekulaarbioloogia alal teadustööde tsükli "Elektromigratsioonilised meetodid bioprotsesside analüüsis" eest ... 54

Jaan Aarik, Aleks Aidla, Kaupo Kukli, Väino Sammerselg, Teet Uustare
teaduspreemia tehnikateaduste alal uurimuste tsükli "Dielektriliste materjalide aatomkihtsadestamise tehnoloogia arendamine" eest 66

Mati Rahu
teaduspreemia arstiteaduse alal uurimuste tsükli "Haiguste ja nende mõjurite esinemine Eesti rahvastikus" eest 82

Peeter Nõges, Ingmar Ott
teaduspreemia geo- ja bioteaduste alal monograafia "Verevi järv – teravalt kihistunud hüpertroofne veekogu" ja siseveekogude ökoloogiat käsitlevate teadusartiklite eest
JÄRVEDE ÖKOLOOGILISED UURINGUD 94

Mihkel Jalakas
Teaduspreemia põllumajandusteaduste alal monograafia "Veise tiinuse ja sünnituse patoloogia" ning vaagna ja urada kandeaparaadi anatoomia ning obsteetrilise pelvimeetria alaste uurimuste eest veisel
VEISTE VILJAKUSE PROBLEEMID VAJAVAD TEADLASTE TÄHELEPANU 106

Maaja Vadi
teaduspreemia sotsiaalteaduste alal uurimuste tsükli "Organisatsiooniline käitumine siirdemajanduses" eest 126

Mall Hiiemäe
teaduspreemia humanitaarteaduste alal folkloristika alase uurimistöö eest
FOLKLORISTIKA – MUUTUV TEADUS MUUTLIKUS AJAS 142

EESSÕNA

Endiselt käib vaidlus "käitumusliku kaasaegsuse" sünniaja üle inimese arengus. Personaalsed ehted augustatud teokarpidest, ilmselt selleks, et neid kaela riputada ja kena välja näha, on teada vähemasti saja tuhande aasta sügavusest minevikust. Koopamaalid on vähemasti kolmkümmend tuhat aastat vanad ja juba vanimate senituntute teostuslik meisterlikkus viitab pigem oskuste ammusele kujunemisele kui äsjatekkinud huvile. Tuhandete helmestega ehitud surnud haudadest, mis pärinevad vaid veidi hilisemast ajast, ei ole haruldased.

Me ilmselt ei suuda tõsikindlalt rekonstrueerida paleoliitilist vaimuelu, piisavalt selleks et teada, kas inimese loomingulisi saavutusi hinnati nende kaasaegsete poolt juba tollal – kas korraldati konkursse, autasustati võitjaid. Kuid me teame, et juba kõige varasemad kihistused mütoloogiast, mis ilmselt kaugelt ennetavad kirjalikke pärimusi, sisaldavad selgeid märke loomingulistest võistlustest ja auhindade jagamisest. Pea tuhat aastat antiikseid olümpiamänge on selles mõttes juba vaat et uusaegne detailne kroonika mitte vaid spordist, vaid ka inimmõtte saavutuste hindamisest.

Seega oleme me hoidmas traditsiooni, mis on sedavõrd iidne, et me isegi ei tea, kui iidne see parajasti on. Ma usun, et selles pole midagi ülespuhutut, kui öelda, et Eesti riik, avaldades oma aastapäeval austust meie teadlastele eriliselt pidulikus õhkkonnas Akadeema kaunis saalis, sealjuures samal tseremoonial, kus jagatakse tunnustust kunstiloominguga silmapaistnuile ja sportlastele, on jätkamas midagi, mis kuulub olemuslikult *Homo sapiens*'i määratlusse.

Richard Villems
Riigi teaduspreemiate komisjoni esimees

Teaduspreemia teadusharu paradigmat ja maailmapilti mõjutava väljapaistva avastuse eest tööde eest teemal "Tumeaine avastamine galaktikate ümbruses ning universumi kärgstruktuur"

Jaan Einasto (kollektiivi juht, esimene vasakult), 24.02.2007

Sündinud 2302.1929 Tartus

1947 Tartu I Keskkool
1952 Tartu Ülikool, astronoom
1955 füüsika-matemaatikakandidaat
1972 füüsika-matemaatikadoktor, Tartu Ülikool
1981 Eesti Teaduste Akadeemia liige
1982 Nõukogude Eesti teaduspreemia
1991 Euroopa Akadeemia liige
1992 professor
1994 Briti Kuningliku Astronoomia Seltsi liige
1998 Eesti Vabariigi teaduspreemia täppisteaduste alal
2003 Eesti Vabariigi teaduspreemia elutöö eest

Alates 1952. aastast Tartu Observatooriumis: teadur, vanemteadur, galaktikate füüsika sektori juhataja, kosmoloogia osakonna juhataja; 1998. aastast vanemteadur.

1983–1995 Eesti Teaduste Akadeemia Astronoomia ja Füüsika Osakonna juhataja.

Rahvusvahelise Astronoomiaühingu liige.

Avaldanud üle 260 teaduspublikatsiooni.

Maret Einasto (teine vasakult)

Sündinud 8.10.1958 Tartus

1976 Nõo Keskkool
1981 Tartu Ülikool, teoreetiline füüsika
1991 astronoomiadoktor
1998 Eesti Vabariigi teaduspreemia täppisteaduste alal

Alates 1981. aastast Tartu Observatooriumis: insener, teadur; aastast 2000 vanemteadur.
Rahvusvahelise Astronoomiaühingu liige.

Avaldanud üle 60 teaduspublikatsiooni.

Enn Saar (kolmas vasakult)

Sündinud 4.03.1944 Tallinnas

1962 Tallinna 21. Keskkool
1967 Tartu Ülikool, teoreetiline füüsika
1972 füüsika-matemaatikadoktor, Tartu Ülikool
1991 astronoomiadoktor, Tartu Ülikool
1982 Eesti teaduspreemia
2006 Eesti Füüsika Seltsi aastapreemia

Alates 1968. aastast Tartu Observatooriumis: nooremteadur, vanemteadur; aastast 1998 kosmoloogia osakonna juhataja.
Rahvusvahelise Astronoomiaühingu liige.

Avaldanud üle 90 teaduspublikatsiooni.

Erik Tago (neljas vasakult)

Sündinud 11.10.1950

1969 Paide Keskkool
1974 Tartu Ülikool
1982 Eesti teaduspreemia
1987 füüsika- matemaatikakandidaat, Eesti TA Astrofüüsika ja Atmosfäärifüüsika Instituut
1998 Eesti Vabariigi teaduspreemia täppisteaduste alal

Alates 1974 Tartu Observatooriumis: stažöör, teadur; aastast 2000 vanemteadur.
Rahvusvahelise Astronoomiaühingu liige, Eesti Astronoomiaseltsi liige, Tartu Tähetorni astronoomiaringi juhatuse liige.

Avaldanud üle 50 teaduspublikatsiooni.

TUMEDA AINE LUGU

20. sajandi teisel poolel on vaadetes Universumi ehitusest toimunud mitu paradigma nihet: on avastatud kosmiline foonkiirgus ja selle virvendused (mõlemad tööd on väärinud Nobeli preemiat); on avastatud, et põhilise osa Universumi ainest ei moodusta mitte tavaline barüonaine, vaid senitundmatu päritoluga tumeaine; on leitud, et galaktikad ei paigutu ruumis juhuslikult, vaid moodustavad pikki ahelaid, mis koonduvad superparvedesse, ning nendevaheline ruum on tühi (Universumi kärgstruktuur). Kahes viimases paradigma muutuses mängisid Tartu astronoomid Jaan Einasto juhtimisel juhtivat rolli, esitades esimesena argumendid uute paradigmade kohta. Kirjeldame selles loos veidi põhjalikumalt tehtud uurimusi ja probleemide praegust seisu.

Tumedaks aineks nimetatakse ainet, mille heledus on nullilähedane ja mis on vaatlustele kättesaadav ainult gravitatsiooni kaudu.

Esimene kaasaegne uurimus, kus käsitleti tumeda aine probleemi, oli Eesti astronoomilt Ernst Öpikult, kes 1915. aastal avaldatud töös uuris meie Galaktika – Linnutee ulatust ja mõõtmeid ning määras aine tiheduse Linnutee tasandi läheduses. Tolleaegsete üsna nappide andmete põhjal jõudis E. Öpik järeldusele, et aine tiheduse seletamiseks piisab täielikult tuntud tähepopulatsioonidest ja tumedat ainet Linnutees ei ole, vähemalt mitte suurel hulgal. Samale tulemusele on jõutud hiljem terves reas töödes, nende hulgas ka Tartu astronoomi Grigori Kuzmini artiklites (1952, 1955). Nende tööde põhjal võib arvata, et kui meie Galaktikas Päikese ümbruses ongi vaatlustele nähtamatut ainet, siis peab see esinema pruunide kääbuste või jupiterisarnaste objektide kujul.

Galaktikate ja galaktikaparvede ümber võib aga esineda ka teistsugust tumedat ainet. Esimesed tõendid niisuguse tumeda aine olemasolu kohta esitas Šveitsi päritolu Ameerika astronoon Fritz Zwicky 1933. aastal. Ta näitas, et Coma galaktikaparves liiguvad galaktikad kiiremini kui võiks oletada nende nähtava massi põhjal. Massiparadoksi saaks seletada nii, et galaktikaparves esineb veel mingi vaatlustele kättesaamatu tume aine, mis galaktikaparvi koos hoiab. Zwicky hinnangul peaks selle tumeda aine mass olema vähemalt kümme korda suurem nähtava aine massist. Sel ajal oli astronoomide tähelepanu suunatud teistele probleemidele ning Zwicky tulemus jäi kauaks ajaks astronoomilise üldsuse tähelepanuta.

Käesoleva artikli autoritest puutus tumeda aine probleemiga esimesena kokku Jaan Einasto, kui ta hakkas Grigori Kuzmini juhtimisel tööle meie Galaktika mudeli väljatöötamisel. Selles mudelis tuli Galaktika pöörlemiskõvera põhjal leida vastava integraalvõrrandi lahendusena tiheduse jaotus kui funktsioon kaugusest Galaktika keskmest. Tookord, viiekümnendate alguses, oli see vaid üks osa Galaktika modelleerimisega seotud probleemidest, põhitähelepanu oli

suunatud Galaktika täheliste populatsioonide kinemaatika uurimisele. See aitas ühtlasi selgitada tähtede arengusuunda. Jaan Einasto kandidaaditöö teemaks kujuneski tähtede põhijada kinemaatilise struktuuri uurimine. Järgmiseks sammuks oli Galaktika parameetrite süsteemi leidmine, mis oli esimeseks sammuks uue mudeli leidmisel. See Galaktika mudel valmis 1963. aastal ja oli esimene, kus olid arvesse võetud erinevad tähepopulatsioonid, mida sai esitada sujuva tihedusega komponentide abil. Tähepopulatsioonide lokaalne ehitus on hästi jälgitav meie oma Galaktikas, populatsioonide üldised omadused on aga lihtsamini määratavad teiste galaktikate puhul, mida näeme väljast. Seega oli otstarbekohane ühendada galaktikate modelleerimisel meie oma Galaktika ja teiste galaktikate kohta käivad andmed ja vaadelda ülesannet komplekssena.

Niisiis oli järgmiseks sammuks Andromeeda galaktika modelleerimine. Töö käigus sattus Jaan Einasto aga ootamatult kahele vastuolule – selgus, et pöörlemisandmetest leitud mudel ei sobi kokku populatsioonide tiheduse jaotusega galaktika tuuma ligidal ja perifeerias. Mudelist järeldus, et pöörlemiskõver peaks tsentri ligidal kiiresti kasvama ja saavutama maksimumi tsentri lähedal. Galaktika perifeersetes piirkondades peaks pöörlemiskiirus kahanema umbes selliselt nagu see on Päikesesüsteemis. Vaatluste järgi aga kasvab kiirus tsentri ligidal aeglaselt ja jääb suurtel kaugustel galaktika tsentrist enam-vähem konstantseks.

KUIDAS NEID VASTUOLUSID SELETADA?

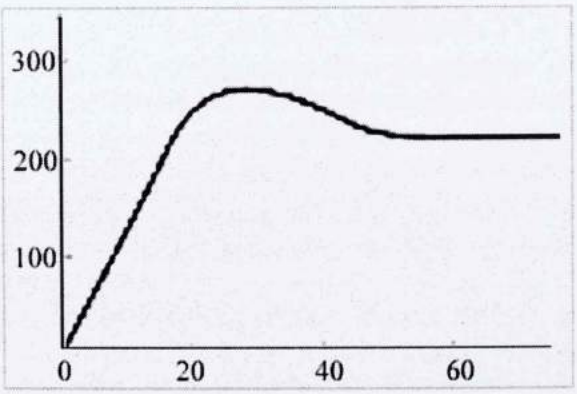
Esimest vastuolu saab seletada tolleaegsete raadioteleskoopide abil saadud pöörlemisandmete väikese lahutusvõimega. Arvutused näitasid, et lahutusvõimet arvestades on sobiv mudel, kus tsentraalsetes piirkondades domineerivad metallirikkad tähed suure massi-heleduse suhtega.

Teist vastuolu saab seletada kahel viisil. Üheks võimaluseks on oletada, et galaktikate välisosades domineerib mingi ulatuslik tume populatsioon. Teine võimalus on oletada galaktikate perifeersetes osades liikumiste olemasolu, mis moonutavad pöörlemist. Kaudseid tõendeid sellise võimaluse kohta on olemas. Osutus, et galaktikate erinevate poolte pöörlemiskõverad pole alati sarnased – meie suunas liikuva poole pöörlemiskiirus ei lange kokku meist kaugeneva poole pöörlemiskiirusega.

Uued vaatlusandmed näitasid üha veenvamalt, et galaktikate tegelikud pöörlemiskõverad on tunduvalt lamedamad kui fotomeetriliste andmete põhjal võiks oletada. Massiparadoksi galaktikates ei saanud ignoreerida, kuid oli võimalik, et vastuolu põhjuseks on hoopis vale ettekujutus tähepopulatsioonide evolutsioonist. Sel ajal (seitsmekümnendate algul) polnud galaktikate evolutsiooni teooria veel välja töötatud. Seetõttu valmis 1971. a jooksul tööde tsükkel, kus analüüsisime galaktikapopulatsioonide ja galaktikate endi evolutsiooni. Nende põhjal valmis ka Jaan Einasto doktoritöö 1971. a lõpul. Evolutsioonimudeleid arvutas ka noor ameerika astronoom Beatrice Tinsley. Meie mudelid olid mõ-

nevõrra usaldusväärsemad, sest olime täpsemini arvestanud tähtede tekkefunktsiooni ja selle mõju evolutsioonile. Meie arvutused näitasid, et galaktikate populatsioonide fotomeetrilisi ja dünaamilisi parameetreid on võimalik seletada, kui toetuda tähtede evolutsiooni kohta teada olevatele andmetele. Tundmatu tume populatsioon, kui ta olemas on, peab väga oluliselt erinema kõigist senituntud populatsioonidest. Teiselt poolt oli väga raske ette kujutada, kuidas selline populatsioon sai tekkida.

Sama aasta kevadel sai Jaan Einasto kutse esineda Euroopa astronoomide konverentsil Ateenas ettekandega galaktikate mudelitest. Selleks ajaks näitasid uued andmed galaktikate pöörlemisest, et enamiku galaktikate pöörlemiskõverad on lamedad (vt joonis 1). Ta arutas seda probleemi suvel oma kolleegi Enn Saarega, kes soovitas loobuda senisest eeldusest, et Universumis leiduvad ainult meile tuntud populatsioonid, mille teket ja parameetreid oskame seletada. Tuleb oletada, et tegemist on täiesti uute omadustega populatsiooniga ja vaadata, milliseks osutuvad selle omadused, lähtudes nii fotomeetrilistest kui ka dünaamilistest andmetest. Arvutused näitasid, et meie Galaktika ja Andromeeda galaktika puhul ületab tumeda populatsiooni mass tavaliste populatsioonide oma mitmekordselt, Virgo parve peagalaktika puhul aga enam kui kümnekordselt. Jaan Einasto kandis need tulemused Ateenas ette 8. septembril 1972.



Joonis 1.
Galaktika M31 pöörlemiskõver.

Ettekande põhijäreldused olid järgmised:

1. Eksisteerib kaks tumeda aine probleemi, lokaalne ja globaalne.
2. Lokaalne tume aine peab olema tähelise iseloomuga, kuna ta on tugevasti koondunud Galaktika tasandisse (juhul kui ta eksisteerib).
3. Globaalne tume aine ei koosne tähtedest; ta moodustab hõreda ümbrise galaktikate ümber. Et seda populatsiooni eristada tavalistest vanaks haloks kutsutud tähepopulatsioonidest, panime ette nimetada tundmatut populatsiooni krooniks.

4. Olemasolevad andmed ei võimalda usaldusväärselt määrata kroonide massi ja raadiust; saame vaid väita, et kroon on tunduvalt ulatuslikum kõigist tuntud tähepopulatsioonidest.

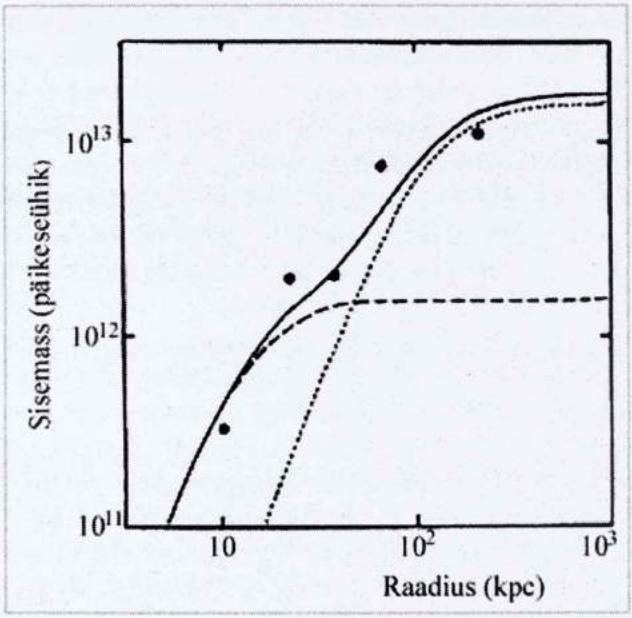
See oli ilmselt esimene konverentsiettekanne galaktikate tumedatest kroonidest. Argumendid tumeda krooni kasuks polnud sel ajal veel täiesti veenvad, ka ei osanud me kindlalt väita, millest kroon koosneb. Meie esialgne arvamus oli, et kroon võiks koosneda kuumast gaasist. Igatahes ei saanud ettekanne vaimustatud vastuvõtu osaliseks. Oli ilmne, et probleem vajab edasist uurimist. Eriti oli vajalik selgitada krooni võimalik mass ja raadius.

Massiparadoks esineb ka kaksikgalaktikate ja väikeste galaktikagruppide korral. Sobivaks näiteks on meie oma kohalik galaktikagrupp – Andromeeda galaktika läheneb meie Galaktikale. Kui oletada, et lähenemine on tingitud omavahelisest külgetõmbest, saab leida grupi kogumassi. See osutub umbes kümme korda suuremaks meie Galaktika ja Andromeeda kogumassist. Sellisele tulemusele jõudsid Kahn ja Woltjer 1959. a. Galaktikapaaride puhul sõltub massi ja heleduse suhe paari morfoloogiast. Elliptilisi galaktikaid sisaldavate paaride keskmine massi ja heleduse suhe on umbes 60. Spiraalgalaktikate puhul on suhe väiksem, kuid siiski oluliselt suurem kui kõigil meile tuntud tähepopulatsioonidel, kus see suhe on 1 ja 10 vahel – keskmiselt 3–4.

Neid töid lugedes tekkis mõte, et galaktikaparvedes, gruppides ja paarides võib massi paradoksi põhjuseks olla asjaolu, et galaktikad ise on ümbritsetud massiivsete kroonidega, mis panebki kaaslasgalaktikad kiiresti liikuma. Siit tärkas idee, kuidas leida galaktikate tumedate kroonide massi ja raadiust. Kui oletada, et krooni olemasolu on üldine nähtus, siis peaks kaksikgalaktikate puhul kaaslase liikumise põhjal leitud süsteemi mass sõltuma sellest, kui kaugel kaaslane peagalaktikast asub. Kaaslast võime nimelt vaadata proovikehana, mis liigub süsteemi kui terviku gravitatsiooni mõjul. Kui mingi keha liigub teise keha ümber, siis sõltub tema kiirus massist, mis asub orbiidi sees. Seega kaugemal orbiidil liikuvat kaaslast mõjutab suurem osa kogumassist kui ligemal orbiidil liikuvat kaaslast. Viimane tunneb vaid krooni sisemise osa massi. Selle hüpoteesi kontrollimiseks tarvitseb vaid leida erineva kaugusega galaktikapaaride keskmised suhtelised kiirused.

Galaktikapaaride suhtelised kiirused olid vaatluste põhjal teada, vastavate andmete otsimine raamatukogus ja analüüs ei võtnud kaua aega. 11. jaanuaril 1974. a olid esialgsed tulemused käes. Kaksikgalaktikad liiguvad tõepoolest nii nagu oodata, kui eeldada, et kõik galaktikad on ümbritsetud tumedate kroonidega. Kaksikgalaktikate andmed näitasid, et kroonide massid ja raadiused ületavad galaktikate nähtavate populatsioonide omi umbes kümnekordselt (joonis 2).

Saime arvutused valmis just õigeks ajaks. Jaanuari lõpul toimus Põhja-Kaukaasias Elbrusi lähedal järjekordne talvekool, kus Jaan Einastol oli kavas esinemine. See ettekanne oli täielikult pühendatud tumedatele kroonidele ja



Joonis 2
Massi jaotus galaktikates, saadud galaktikapaaride järgi. Katkendlik joon kujutab galaktikate nähtavate populatsioonide (tähtede) massi jaotust, punktiirjoon kroonide massi jaotust ning pidev joon summaarset jaotust.

sellest tulenevatele kosmoloogilistele järeldustele. Põhiväiteks oli: kuna andmed viitavad sellele, et kõik galaktikad on ümbritsetud tumedate kroonidega, siis on tume aine Universumi põhiline koostisosa. Talvekoolis osalesid juhtivad astrofüüsikud, kes hästi taipasid tulemuse tähtsust. Ettekande järel oli tunne, nagu oleks auditooriumis pomm lõhkenud, üks küsimus järgnes teisele. Peamiseks probleemiks oli muidugi tumeda aine loomus. Toetudes meie varasematele arvutustele väitsime, et tume aine ei koosne tõenäoselt tähtedest. Meie esialgne oletus oli, et sobivaks kandidaadiks võiks olla kuum gaas. Teine probleem oli tumeda aine mõju galaktikate evolutsioonile.

Tulemused õnnestus meil avaldada ajakirjas "Nature". Paar kuud pärast meie Nature artiklit avaldasid USA astronoomid Ostriker, Peebles ja Yahil oma tulemused, mis pea täpselt meie omadega kokku langesid. Ameeriklased viitasid ka Tartu astronoomide tööle. Läks mööda paar kuud ja ilmus veel kolmas artikkel, kus astrofüüsika korüfee Geoffrey Burbidge esitas rea kahtlusi meie tööde suhtes. Kõige olulisem punkt Burbidge arutluses oli nii meie kui ka Ostrikeri vaikiv eeldus, et kaksikgalaktikate puhul on tegemist füüsikaliste, see tähendab ruumis lähestikku asetsevate ja vastastikuse külgetõmbega seotud objektidega. Kui oletada, et kaksikgalaktikate komponendid saavad vaid juhuslikult kokku ja ei moodusta püsivaid süsteeme, siis ei saa muidugi mingeid järeldusi nende masside kohta teha.

Et selgitada selle vastuväite paikapidavust, tuli uurida galaktikasüsteemide omadusi, kus tsentraalsed hiidgalaktikad olid ümbritsetud kääbuskaaslastega, nii nagu meie oma Galaktika ja Andromeda galaktika. See uurimus viis varsti

uue avastuseni. Nimelt osutus, et peagalaktikale lähemal paiknevad kaaslased on elliptilised, see tähendab galaktikad, mis sisaldavad vähe gaasi. Kaugemal asuvad kaaslased on aga spiraalsed või korrapäratud galaktikad, milles gaasi sisaldus on suur. See tulemus kinnitas kõigepealt kaaslasgalaktikate alalist kuulumist peagalaktika juurde, sest juhuslik kääbuste kogu ei saa niisugust korrapära omada. Teiseks on gaasi puudumine peagalaktika ligidal hõlpsasti seletatav gaasilise krooni olemasolu korral. Peagalaktikat ümbritsev gaas pühib kaaslased gaasist puhtaks. Selline mõju on suurem peagalaktika ligidal, kus krooni gaasi tihedus on suurem. Siit tegime järelduse, et galaktikaid ümbritsev kroon on vähemalt osaliselt gaasiline. Ka selle töö tulemused avaldasime ajakirjas "Nature".

Need tulemused kinnitavad kaksikgalaktikate ümber olevate tumedate kroonide olemasolu. Kroonide füüsikaline olemus jäi aga selgusetuks. Teatud osa kroonist võis olla gaasiline. Arutelu tumeda aine füüsikalise olemuse üle jätkus, kusjuures skeptikuid oli esimestel aastatel oluliselt rohkem kui hüpoteesi toetajaid. Astronoomide suhtumine muutus alles 1978. a. Olulisteks olid Ameerika astronoomi Vera Rubini vaatlused, mille käigus ta mõõtis galaktikate pöörlemiskõveraid. Need mõõtmised kinnitasid tumeda aine halode olemasolu galaktikate ümber.

1970ndatel aastatel toimus mitmeid konverentse, kus tumeda aine probleeme arutati. Üldse esimene konverents, mis oli täielikult pühendatud tumeda aine probleemidele, peeti Tallinnas 1975. aastal. Tumeda aine probleeme arutati ka Grenobles IAU peaassamblee koosolekul 1976. aastal. Tehti ka oletusi tumeda aine füüsikalise olemuse kohta. Juba 1970ndatel aastatel oletati, et ühed tumeda aine osakesed võiksid olla neutriinod. Artur Chernin näitas 1981. aastal, et juhul, kui tume aine on mitte-barüonaine (näiteks neutriinod), siis aitab see seletada Universumis struktuuri teket väikestest tihedushäiritustest. Neid probleeme arutati Tallinnas 1981. aastal toimunud kosmoloogide ja osakeste füüsikute ühiskonverentsil. Võib öelda, et sellel konverentsil sai alguse uus teaduslik distsipliin – astrofüüsikaline osakestefüüsika. Sellel konverentsil näidati ka, et struktuuri tekkeks hästi varases Universumis on kindlasti vaja mitte-barüonainest tumeda aine olemasolu. Kui esialgu oli tumeaine vaid astronoomiline fakt, siis nüüd on see saanud oluliseks koostisosaks nii osakeste füüsikas kui Universumi struktuuri arengu teoorias. Osakeste füüsika ennustab mitmeid osakesi, mille omadused muudavad nad tumeaine kandidaatideks, ja neid otsitakse praegu mitmes eksperimentaalprojektis. Ilma tumeaineta oleks võimatu sobitada Universumi foonkiirguse virvenduste väikest amplituudi vaadeldava suuremastaabilise struktuuriga.

Tartu astronoomide ja Moskva kosmoloogide koostöö Universumi struktuuri uurimisel algas juba varem. See koostöö viis Universumi rakustruktuuri avastamiseni ja seda saab iseloomustada kui teadusrevolutsiooni, mis täielikult muutis seniseid arusaamu Universumi ehitusest. Nimelt töötas Moskva füüsik-teoreetik ja kosmoloog Jakov Zeldovits 1970ndate aastate alguses välja teooria

struktuuri tekkest Universumis, mille järgi tekkisid varases Universumis kõigepealt lapikud süsteemid (nn Pannkoogiteooria). Sellest erines Ameerika astronooni J. Peeblesi teooria, mille järgi pidid kõigepealt tekkima väiksed süsteemid, mis hilisema arengu käigus ühinesid suuremateks süsteemideks. Nende teooriate järgi oleks aine (galaktikate) jaotus suurtel skaaladel olnud erinev. Nii pöördus J. Zeldovits 1972. aastal Tartu astronoomide poole küsimusega: missugune on galaktikate ruumjaotus suurtel skaaladel? Vastus sellele küsimusele oleks näidanud, missugune struktuuri tekke teooria vastab tegelikkusele.

1970ndate aastate alguses oli galaktikate ruumjaotusest teada üsna vähe. Teati, et teatud osa galaktikaid kuulub süsteemidesse – gruppidesse ja parvedesse ning oletati, et ülejäänud galaktikad moodustavad nende ümber enam-vähem juhusliku välja. Mõiste "väljagalaktikad" on kasutusel praegugi. Seega oli vaja uurida galaktikate kolmemõõtmelist jaotust suurtel skaaladel. Sellest tööst võtsid osa lisaks Jaan Einastole ka Enn Saar, Mihkel Jõeveer, Jaak Jaaniste ja Erik Tago.

Tollal olid radiaalkiirused (nende põhjal leitakse galaktikate kaugused) teada suhteliselt väikese arvu galaktikate kohta. Galaktikate, galaktikagruppide ja -parvede ruumjaotuse visualiseerimiseks ehitati Tõraveres kolmemõõtmeline mudel plastmasskuulikestest. Mihkel Jõeveer tegi ettepaneku visualiseerida galaktikate kolmemõõtmelist jaotust nn kiildiagrammidel, kus kihtide kaupa saaks näidata galaktikate ja galaktikaparvede jaotust. Need diagrammid näitasid selgelt, et nii üksikgalaktikad kui galaktikaparved paiknesid süsteemides. Süsteeme ühendasid galaktikaketid, mida praegu nimetatakse filamentideks, ning ruum filamentide vahel oli tühi. Niisugune galaktikate ruumjaotus sai nimeks kärgstruktuur.

Tallinnas toimus 1977. aastal IAU sümpoosion teemal "Universumi suureskaalaline struktuur". See oli üldse esimene niisugusele teemale pühendatud konverents. Tartu astronoomide põhitulemus, mis sel konverentsil ette kanti, oligi Universumi kärgstruktuuri olemasolu näitamine. Ka mõned teised ettekanded kinnitasid niisuguse struktuuri olemasolu. Sellise ehituse teoreetilise põhjenduse esitas J. Zeldovits. Selle konverentsi tulemusena omandas mõiste "Universumi suureskaalaline struktuur" tänapäevase sisu.

Tallinna konverentsist võtsid osa ka J. Peebles ja J. Ostriker, kes esitasid oma teooria struktuuri tekke kohta Universumis. Vaatlusandmed aga näitasid, et parem kooskõla on Zeldovitsi "pannkoogiteooriaga". Võibki öelda, et selle konverentsi naelaks oli galaktikate superparvede, galaktikakettide ja nendevaheliste tühikute – kärg- või rakustruktuuri – avastamine.

Siiski peab ütlema, et hoolimata Tallinna konverentsi tulemustest ning mitmetest artiklitest maailma juhtivates astronoomiaajakirjades ei leidnud Universumi kärgstruktuuri olemasolu esialgu astronoomide hulgas üldist tunnustust. Kui Jaan Einasto 1980. aastal viibis Inglismaal, siis nägi ta üllatusega, et nii tumeda aine olemasolusse kui Universumi rakustruktuuri suhtuti skeptiliselt.

Oli selge, et on vaja veel väga palju tööd teha, et neid uudseid vaateid Universumi kohta astronoomilise üldsuseni viia.

Üheks oluliseks probleemiks oli struktuuri tekke ja evolutsiooni modelleerimine. Zeldovitsi teooria ennustas küll suurte lamedate süsteemide – superparvede – teket, kuid mitte peenstruktuuri olemasolu. Ühe lahendusena pakkusid teoreetikud Bond, Szalay ja Turner välja idee, et tumeda aine kandjaks võiks olla mitte neutriino (sel juhul ei saanud tekkida peenstruktuur), vaid mingi teistsuguste omadustega nõrgalt interakteeruv osake. Sellise osakese kiirus oleks võrreldes neutriinoga väike, seepärast pakkus Ameerika astronoom Joel Primack, et sellistest osakestest koosnevat tumedat ainet võiks nimetada külmaks, vastupidiselt neutriinodest koosnevale tumedale ainele (kuum tume aine).

Ameerika teoreetik Adrian Melott arendas esimesena välja arvutusprogrammid struktuuri arengu modelleerimiseks, kus arvestati nii külma kui kuuma tumedat ainet. 1983. aastal õnnestus korraldada Melotti külaskäik Tallinnasse, ja selle visiidi ajal õnnestus teha arvutused, mille abil sai võrrelda aine jaotust erinevates mudelites. See võrdlus näitas, et külma tumeda ainega mudelis tekib mudelis vaatlustele sarnanev superparvede ja tühikute võrgustik. Vastava analüüsi avaldasid Adrian Melott, Jaan Einasto, Enn Saar ja teised ühisartiklina 1983. aastal. 1984. aastal ilmus ajakirjas "Nature" põhjalik ülevaateartikkel tumeda aine kontseptsioonist, autoriteks Blumenthal, Faber, Primack ja Rees. Seda artiklit võib võtta kui tumeda aine olemasolu lõplikku tunnustust.

Kaheksakümnendatel aastatel jätkus Tartu astronoomide töö galaktikate ruumjaotuse uurimisel. Väga oluline oli, et sel ajal valmis esimene osa Harvardi Ülikoolis koostatud galaktikate punanihete mõõtmiste koondkataloogist, mille põhiautoriteks olid John Huchra ja Margaret Geller. J. Huchra käest sai need andmed ka Jaan Einasto. Selle kataloogi töötlemisel oli väga oluline ka galaktikate ruumjaotuse uurimise meetodite arendamine. Siin oli kõige tähtsam roll Enn Saarel, kes töötas välja nn klasteranalüüsi programmi, mille abil oli võimalik leida galaktikasüsteeme. Selle programmi abil leitud süsteemide uurimine kinnitas, et galaktikate ruumjaotus erineb oluliselt juhuslikust. Vaatlusandmed näitavad, et väljagalaktikaid, mille jaotus süsteemide suhtes oleks juhuslik, ei ole olemas.

Klasteranalüüs näitas, et vaatlusandmete järgi on olemas erineva rikkusega galaktikaketid, kõige rikkamad vastavad superparvedele. Üheks lähemaks rikkaks superparveks, mida Tartu astronoomid uurisid, oli Perseuse superparv ehk Perseuse kett. Kohalik, Virgo superparv on teistsuguse ehitusega – selle superparve põhikeha moodustab rikas Virgo parv, millest väljuvad galaktikaketid. Praegu võib öelda, et Universumis ongi kõige rohkem just niisuguseid vaeseid, Virgo tüüpi superparvi.

Lisaks galaktikasüsteemidele uurisime ka galaktikate omadusi superparvedes ja väljaspool superparvi asuvates ahelates, teiste sõnadega – galaktikate oma-

duste sõltuvust ümbrusest. Nende tööde põhjal valmis Maret Einasto dissertatsioon.

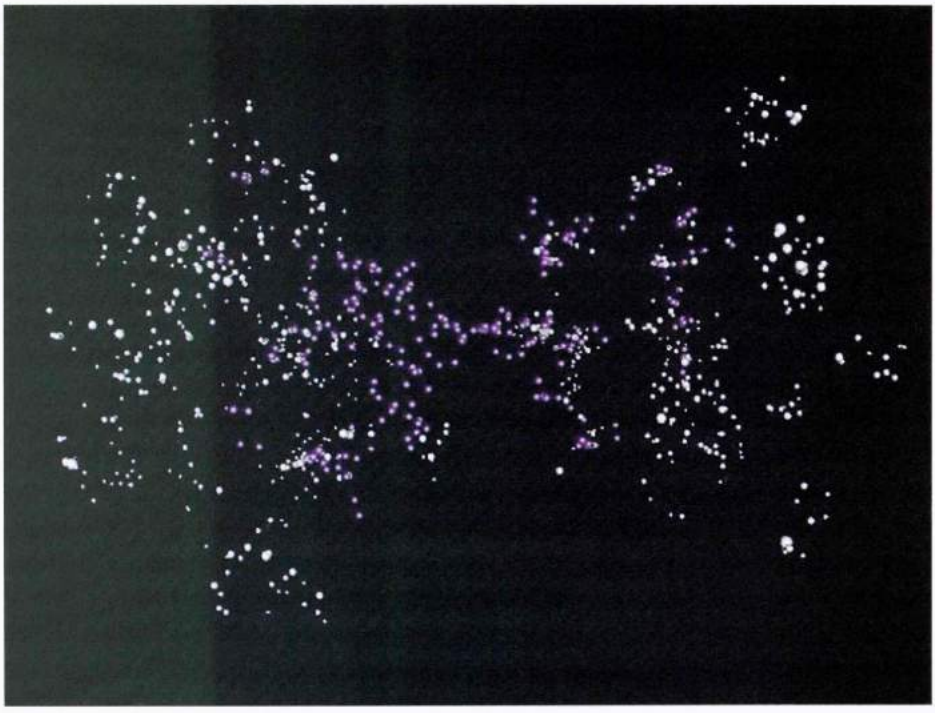
1990ndate alguseks oli selge, et kõige suuremate struktuuride uurimiseks oli vaja vaatlustesse haarata veel suuremaid Universumi osasid, seda nii valimi sügavuse kui ka kogu taeva ülevaate mõttes. Sellel eesmärgil asusime uurima rikaste Abelli galaktikaparvede ruumjaotust. Kuigi lisaks galaktikatele uurisime galaktikaparvi ka varem, kaldus nüüd põhirõhk parvedele. Olime varasematel aastatel ka ise vaadelnud galaktikate ja parvede punanihkeid, nii Tõraveres kui ka Bürakani observatooriumis Armeenias. Sai aga selgeks, et ulatusliku programmi jaoks oma vaatlustest ei piisa. Tuli hakata koostama andmebaasi paljude teiste uurijate vaatlustulemusi kasutades.

Galaktikaparvede eeliseks on, et nad on vaadeldavad väga suurte kaugusteni ja katavad pea kogu taevasfääri. Tolleaegsed galaktikate kataloogid ruumis nii kaugele ei ulatunud. Erik Tago hakkas avaldatud andmete põhjal koostama galaktikaparvede koondkataloogi.

Esimese tulemused rikaste Abelli parvede jaotusest ulatuslike andmete alusel ilmusid juba 1990ndate aastate alguses. Ulatusliku parvede andmebaasi aastatepikkusel koostamisel osutus viljakaks koostöö mitmete teiste uurimiskeskuste ja vaatlejatega, eriti aga Heinz Andernachiga, kes töötas mitmes Euroopa ja Ameerika observatooriumis.

Maret Einasto koostas galaktikaparvede andmeid kasutades superparvede kataloogi, uuris superparvede ja nendevaheliste tühikute omadusi ning ruumjaotust. Sellest sai esimene töö, milles kirjeldati Universumi kärgstruktuuri kui superparvede – tühikute võrgustikku suurtel kaugustel ja üle kogu taeva (joonis 3). Üks selle uurimuse huvitavaid tulemusi oli, et rikaste superparvede vaheliste tühikute iseloomulik läbimõõt on ligikaudu 100 Mpc. Seda, et mõne suurima lähima tühiku läbimõõt on ligikaudu 100 Mpc, olid Tartu astronoomid näidanud juba oma varasemates töödes. Tuntuim lähedane suur tühik asub Karjuse tähtkujus. Vaesemad superparved paiknevad rikaste superparvede vahel tühikute seintes, kuid mitte suurte tühikute sees. Need suurimad superparvedevahelised tühikud ei ole siiski päris tühjad, neid läbivad galaktikaketid, mis koosnevad vaestest süsteemidest – galaktikagruppidest ning üksikgalaktikatest. Nende galaktikaahelate vaheline iseloomulik läbimõõt on *ca* 30–60 Mpc. Võib öelda, et galaktikate ja galaktikasüsteemide jaotus on hierarhiline. Selle hierarhia ülemise osa moodustavad galaktikate superparved. Kõige heledamad galaktikad, kõige rikkamad galaktikaparved, röntgen- ja raadiogalaktikad ja -parved paiknevad superparvedes. Vaesemad süsteemid paiknevad ahelates, mis ühendavad superparvi ja võivad läbida ka hiigeltühikuid superparvede vahel. Galaktikad neis vaestes süsteemides on väiksema heledusega kui rikastes süsteemides.

1993. aastal toimus Krakovi lähedal kosmoloogia suvekool, millest võtsid osa põhiliselt teoreetikud. Maret Einasto tegi seal ettekande superparvede – tühi-



Joonis 3.
Rikaste galaktikaparvede järgi leitud superparvede ruumjaotus. Valged ringid vastavad Abelli parvedele, lillad ringid – röntgenvaatlustest leitud parvedele.

kute võrgustikust, milles ta rääkis ka süsteemide hierarhiast. Kõige rikkamad superparved sellest hierarhiast moodustavad võrgustiku. Selles võrgustikus on näha teatav korrapära, mille iseloomuliku skaala määravad suurimate tühikute läbimõõdud. See tulemus võeti vastu väga skeptiliselt. Kosmoloogilised teooriad ennustasid küll superparvede – tühikute võrgustiku olemasolu, kuid teooriate järgi oli rikkaid superparvi vähe ja nende ruumjaotus juhuslik.

Isegi praegu võib õelda, et väga rikaste superparvede ruumjaotuse uurimine pole seni veel andnud lõplikku vastust küsimusele nende ruumjaotust iseloomustavate karakteristikute kohta. Põhjuseks on väga rikaste superparvede suhteliselt väike arv meie lähedases ruumis.

Rikkad tuhandeid galaktikaid sisaldavad Abelli parved osutusid tol ajal kõige paremateks objektideks Universumi suure struktuuri uurimisel. Need parved hõlmavad kogu taevast ligi 2/3, kust välja jääb vaid Palomari observatooriumist mittevaadeldav lõunataevas ja ka Linnutee vöönd. Abelli parvedekataloogi täiendamiseks koostas Abell koos kahe noore astronoomi Corwini ja Oloviniga kataloogi lõunataevas nähtavatest parvedest, nii suurenes parvede koguarv kuni umbes 5300-ni. See parvede valim sisaldab parvi umbes kauguseni, mis vastab punanihkele 0,2.

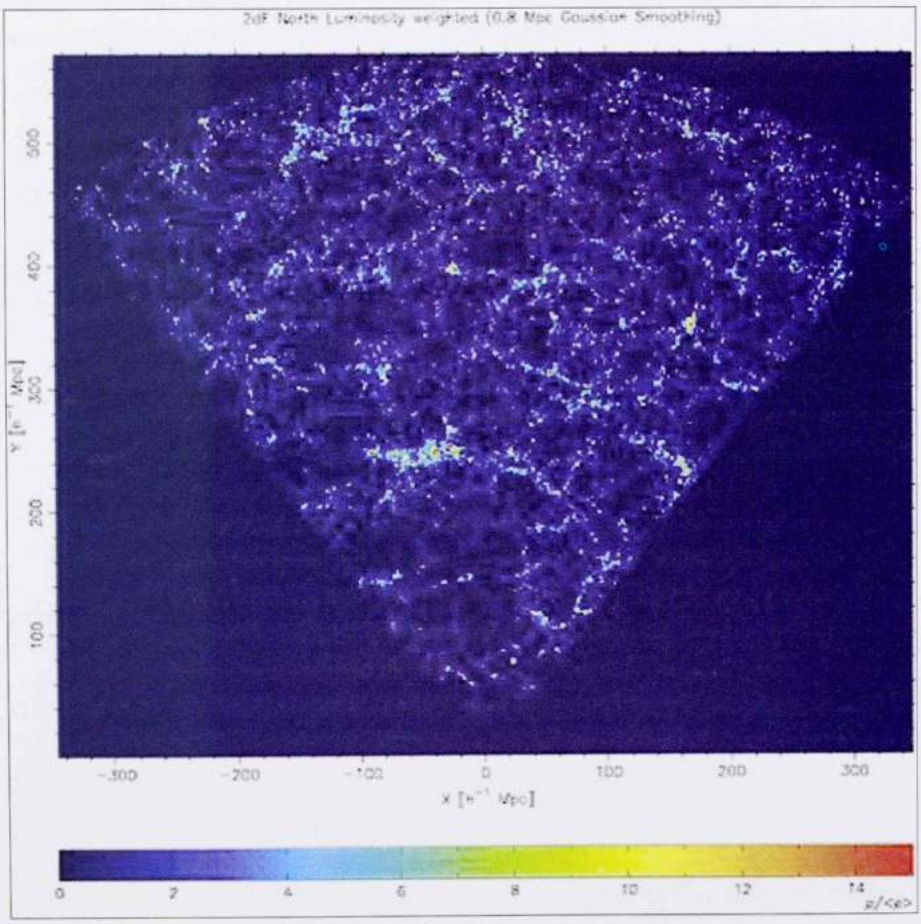
Siiski olid 1990ndate aastate teiseks pooleks vaadeldud kaugustega vaid ligi pooled Abelli parvedest ning efektiivseks punanihkepiiriks osutus 0,12. Sellest aga piisas ning 1997. aastaks saadud tulemused näitasid superparvede ja tühikute võrgustiku olemasolu ka kõige sügavamate, vaid rikaste parvede ruumjaotusest leitavate valimite põhjal. Veelgi enam, parvede jaotus osutas teatavale perioodilisusele mastaabiga üle 100 Mpc. Need tulemused leidsid kajastumist 1997 a. Nature artiklis, kus põhiautoriteks olid Tõravere astronoomid Jaan Einasto, Maret Einasto, Veikko Saar ja Erik Tago. Ka kodumaine teadus- ja ajakirjandus kajastas neid tulemusi laiaulatuslikumalt kui kunagi varem.

Vaatluslikus kosmoloogias oli ühtlasi algamas uus ajastu – ulatuslike, miljonite vaadeldud punanihetega galaktikate taevaülevaadete ajastu. Ka Tõravere astronoomid asusid uuele superstruktuuri uurimisringile. Esimesed galaktikate punanihete ülevaated küündisid vaid lähimate superparvedeni ja sisaldasid andmeid mõne tuhande galaktika punanihete kohta. Viimase aastakümne jooksul on vaatluslikus astronoomias olukord täielikult muutunud. On käivitatud ja osalt ka lõpule viidud mitu suurt rahvusvahelist projekti, mille käigus on mõõdetud sadade tuhandete, isegi miljonite galaktikate spektrid väga suurte punaniheteni. Esimeseks niisuguseks nn süvavalimiks oli Las Campanase Observatooriumi galaktikate punanihete ülevaade, mille käigus mõõdeti ligi kolmekümne tuhande galaktika spektrid kuues kitsas taevaribas. Üheks süvavalimitest, mis katab suurema taevaala, on nn Sloani Digitaalne Taevaülevaade (SDSS), mille käigus mõõdetakse enam kui miljoni galaktika spektrid ja enam kui saja miljoni galaktika kohta saadakse fotomeetrilised andmed. Sloani taevaülevaates on galaktikate tüüpiliseks kauguseks umbes 300 megaparsekit (ligikaudu miljard valgusaastat), kõige kaugemate galaktikate kauguseks on aga enam kui 1500 megaparsekit (ligi 5 miljardit valgusaastat).

Teiseks tähtsaks galaktikate punanihete mõõtmiste programmiks on Anglo-Austraalia 3,9 m teleskoobiga teostatav nn Kahe-Kraadi-Välja ülevaade (2d-Field Galaxy Redshift Survey – 2dFGRS), mille käigus mõõdeti üle paarisaja tuhande galaktika spektrid. Nende spektrite järgi saab määrata lisaks galaktikate punanihetele ka terve hulga galaktikate füüsikalisi parameetreid – galaktikate tüüp, tähetekke intensiivsus jne.

Galaktikate süvavalimite andmed on tehtud astronoomilisele üldsusele kättesaadavaks, ja ka Tartu astronoomid võtavad osa nende andmete töötlemisest. Kui varem rikaste galaktikaparvede põhjal koostatud superparvede kataloogis oli kõige rikkamates superparvedes teada mõnikümmend galaktikaparve, siis uued valimid sisaldavad rikastes superparvedes tuhandeid galaktikaid ning superparvede omadusi saab nüüd detailselt uurida. Kuna superparved on väga ulatuslikud, siis on nende evolutsioon aeglane, mistõttu nende omadused peegeldavad ehedalt struktuuri tekke algaegu.

Aluseks võtsime 2dFGRS ja SDSS ülevaated, mille põhjal koostasime esialgsed superparvede kataloogid ja alustasime nende omaduste uurimist. Kuna aluseks olevad galaktikakataloogid on määratud piirheledusega, siis muutub vaadeldud galaktikakooslus kaugusega meist ja homogeense superparvede valimi leidmine on keeruline. Seetõttu on loomulik töötada järkjärguliste lähendustega, koostades esialgsed superparvede kataloogid, uurides saadud superparvede omadusi, parandades valikureegleid ja leides nii uued superparved. Esimese sammuna oleme leidnud üle 400 superparve 2dFGRS ülevaate põhjal (vt joonis 4) ja üle 500 superparve SDSS andmete põhjal (see ülevaade katab ka suurema ruumala). Meie valimid sisaldavad mitmesuguse suurusega superparvi, rikastest kuni vaeste superparvedeni, mis koosnevad vaid kahest galakti-



Joonis 4.
Nn. Kahe-kraadi-välja galaktikate heledustihedusväli. Kaugusel ligikaudu 250 Mpc on näha väga rikas superparv (SCL126 meie kataloogis).

kagrupist ning neid ühendavast galaktikaketist. Oleme uurinud superparvede omaduste sõltuvust nii kaugusest kui ka superparve koguheledusest.

Võrdluseks oleme kasutanud sama metoodika abil leitud mudel-superparvi, mille koostasime numbriliste simulatsioonide tumeaine halode ja simuleeritud galaktikate põhjal. Kasutasime Saksamaal Garchingus arvutatud Millennium-simulatsiooni 500 megaparsekilises kuubis (viimases on leitud ka mudel-galaktikad). Sellise suurusega kuupides on leitud 2000 kuni 2500 superparve, kusjuures nende keskmine ruumiline tihedus on sama, nagu vaadeldud superparvede oma.

Võrreldes vaadeldud ja modelleeritud superparvede omadusi osutub, et kõige olulisem erinevus vaatluste ja mudelite vahel seisneb superparvede kordsuses: vaatluslike superparvede hulgas on ligi kümme korda rohkem eriti massiivseid (heledaid) superparvi kui modelleeritud superparvede hulgas. Selle erinevuse põhjus ei ole veel selge, nõudes teooria (numbriliste mudelite) täpsustamist ja veel mahukamat vaatlusmaterjali.

Nii tumeaine füüsikalise olemuse tuvastamine kui Universumi suuremastaabilise struktuuri kirjeldamine on praegu füüsikas ja kosmoloogias väga aktuaalsed teemad.

Tumeaine olemuse tuvastamine on aga üldse kujunenud peamiseks ja kõige enam väljakutset pakkuvaks probleemiks nendes teadustes ning on sünnitanud ka uue interdistsiplinaarse teadusharu – osakeste kosmoloogia.

Ülo Kaasik

Sündinud 9.11.1926

1953 Tartu Ülikool, matemaatik
1957 füüsika-matemaatikakandidaat, Tartu Ülikool

1953–1993 Tartu Ülikoolis: vanemõpetaja, geomeetria kateedri juhataja, arvutuskeskuse teaduslik juhendaja, arvutusmatemaatika kateedri juhataja, matemaatilise statistika ja programmeerimise kateedri asutaja ja esimene juhataja, programmeerimise kateedri professor, rakendusmatemaatika labori tarkvara sektori teaduslik juhendaja.
Alates 1993 Tartu Ülikooli emeriitprofessor

Täiendanud end 1961–1962 Stanfordi ja 1966 Harvardi Ülikoolis USAs.

1998 Gerhard Rägo nim mälestusmedal
2001 Valgetähe III klassi teenetemärk
2002 Tartu Ülikooli Raefondi preemia
2006 Tartu Ülikooli suur medal

Avaldanud 249 teaduspublikatsiooni, sealhulgas üle 80 monograafia, teatmeteose, sõnastiku ja õppevahendi.

Ülo Kaasik on mitme põlvkonna matemaatikute õpetaja ning matemaatilise kultuuri, täpsuse ja korrektsuse kujundaja. Tema pedagoogitöö algas 1953. aastal Tartu Ülikoolis, kus ta alustas vanemõpetajana ja läbis erinevad ametiastmed kuni professorini (alates 1979). Palju aastaid suunas ta matemaatika arengut kateedrijuhatajana. Professor Kaasikut võib täie õigusega nimetada Eesti rakendusmatemaatika teerajajaks. Tema juhendamisel on kaitstud 12 kandidaaditööd.

Ülo Kaasiku teaduslike huvide ring on väga avar. Tema esimene teadustöö suund oli iteratsioonimeetodite uurimine ja nende üldise teooria väljaarendamine funktsionaalanalüüsi vahendite abil. Funktsionaalanalüüsi meetodite kasutamisega arvutusmatemaatikas pani ta aluse arvutusmeetodite-alase uurimissuuna kujunemisele Eestis.

Ülo Kaasik oli ka informaatika suuna rajaja Tartu Ülikoolis ja ühtlasi kogu Eestis. Tema initsiatiivil avati matemaatikateaduskonnas uus eriala ARVUTUSMATEMAATIKA, asutati 1959. a Tartu Ülikooli arvutuskeskus ning hangiti Eesti esimene elektronarvuti. Tema eestvõttel tegeldi Eestis juba 1950ndate aastate lõpul masintõlkega. Suurem osa Ülo Kaasiku teaduslikest artiklitest ja õpikutest on programmeerimisest, arvutiteadusest ja diskreetsest matemaatikast, kuid ta arendas ka uudseid rakendusmatemaatika valdkonda kuuluvaid distsipliine, ennekõike matemaatilist planeerimist, operatsioonianalüüsi, optimeerimismeetodeid, mänguteooriat jmt.

Ülo Kaasik on loonud hästi korrastatud ja loogiliselt kooskõlalise terminoloogia kõigi uute matemaatika valdkondade jaoks, mille pioneeriks ta Eestis on olnud, ning arendas oluliselt ka matemaatika traditsiooniliste valdkondade sõnavara. Ta on toimetanud ja ühtlustanud kõik ENE ja EE matemaatikaalased artiklid. Eesti kultuuri ja teaduse arengut on enim mõjutanud Ülo Kaasiku töö teatmeteoste ja entsüklopeediate ning matemaatika- ja informaatikasõnastike koostamisel.

Kõik Ülo Kaasiku poolt kirjutatud õpikud ja õppevahendid paistavad silma isikupärase, sügavalt läbitunnetatud käsitluse poolest. Tema sulest ilmus 1958. a esimene TÜ kirjastuses (rotaprindis) avaldatud õppevahend – kompleksmuutuja funktsioonide teooria konspekt. Ta algatas populaarteadusliku ajakirja "Matemaatika ja kaasaeg" ning kaks TÜ arvutuskeskuse trükiste seeriat – venekeelse "Arvutuskeskuse töid", mida refereeriti ka ajakirjas "Mathematical Reviews", ning arvutikasutajatele suunatud "Programme kõigile".

Ülo Kaasiku eestvõttel alustas 1965. aastal tööd Mittestatsionaarne Matemaatikakool (praegu TÜ Teaduskool). Ta on Nõo Keskkooli ja A. H. Tammsaare nimelise Tartu 1. Keskkooli matemaatika-füüsika eriklasside loomise initsiaator ning Eesti Matemaatika Seltsi asutajaliige. Laiem üldsus tunneb Ülo Kaasikut eeskätt kui matemaatika populariseerijat, kelle toimetamisel ilmus nuputamisülesannete rubriik ajakirjas "Horisont". Otsitud ja hinnatud on tema keerdülesannete kogud, mis pakuvad põnevat peamurdmist paljudele.

INTERVJUU PROFESSOR ÜLO KAASIKUGA

Esitades professor Ülo Kaasiku elutööpreemia kandidaadiks, märkis Tartu Ülikooli matemaatika-informaatikateaduskond muuhulgas alljärgnevat: "Ülo Kaasikut tuleb esile tõsta kui võimekat teaduse organisaatorit. Ta on informaatika ja arvutiteaduse suuna rajajaks Tartu Ülikoolis, kuid ühtlasi ka kogu Eestis. Tema initsiatiivil ja organiseerimistöö tulemusel rajati Tartu Ülikooli arvutuskeskus ning hangiti Eesti esimene elektronarvuti Ural-1 1959. aastal. Tartu Ülikooli Arvutuskeskus oli üks esimesi ülikoolide arvutuskeskusi Nõukogude Liidus ning Tartu Ülikool oli ka üks esimesi kohti, kus arvuti kasutamist hakati süstemaatiliselt õpetama. Enamgi, kui 1961. aastal avati tolleaegses Tartu 1. Keskkoolis vabariigis esimene matemaatika eriklass, siis oli Ülo Kaasik see, kes esimesena õpetas selles klassis arvutite ja programmeerimise kursust".

Kuna 80 monograafiat, teatmeteost, sõnastikku ja õppevahendit räägivad ise enda eest, aga organiseerimistööst näeme tihti vaid nimesildita tulemusi, palusin Ülo Kaasikut meenutada ja kommenteerida just seda mitmepalgelist tahku tema pikast elutööst teadlase ja õpetajana.

Professor Ülo Kaasik, te lõpetasite Ülikooli matemaatikateaduskonna 1953. a ja juba 1957. a lugesite üliõpilastele esimese programmeerimisalase kursuse. Sel ajal polnud Eestis veel mitte ühtegi arvutit ja teie loetud kursus oli kõige esimene siinmail loetud sellealane kursus.

Meil avanes võimalus stažeerida terve nädal Moskva Ülikoolis, sealses matemaatikateaduskonna arvutuskeskuses. Nagu tol ajal kombeks, tuli tellida kolme küüruga kaamel, st tellisime 2 kohta lootuses, et ühe saab. Aga tuli vastus, et võite kahekesi tulla ja nii läksime mõlemad Leo Võhanduga. See oli 57. aasta jaanuaris, eksamid olid just läbi. Moskva Ülikoolis oli tol ajal kolmeaadressiline arvuti Strela. Harjutuseks anti meile ülesanded ja läks lahti. Mina sain nädalaga enam-vähem selgeks selle asja. Samal semestril, Tartus tagasi, hakkasin siis programmeerimise kursust lugema. Kirjandust ei olnud sel ajal mitte mingisugust. Nii palju, kui Moskvas märkmeid tegime. Seal anti meile materjale ainult koha peal kasutamiseks. Paljundusvahendeid ju tol ajal ei tuntud, ainult sulepea oli.

Strela oli kole kiire – tegi 2000 tehet sekundis. Kui me paar aastat hiljem saime Tartu Ülikoolile arvuti Ural, siis see tegi ainult 100 tehet sekundis.

Muuseas, seda esimest programmeerimise kursust ei saanud kuidagi kursuste plaani panna. Ta läks valikkursuste alla, aga valikkursuste nimekiri oli kõik Moskvast ette antud. Tuli valida olemasolevatest kursustest selline nimi, mis oleks nimekirjas olemas, aga mida meil kindlasti ei ole plaanis

lugeda. Nii õpetasime programmeerimist hoopis teise kursuse nime all, oli vist "Kaasaegse algebra täiendavaid peatükke".

Aastal 1959 organiseerisite arvuti Ural-1 saamise Ülikoolile. See oli kõige esimene arvuti Eestis.

Põhilised teened selle arvuti saamisel on akadeemik Harald Keresel, kes tol ajal oli Tartu Ülikooli teadusprorektor. Tema käskis minul kirjutada ühe projekti, ma siis tegin mingi hädise, mille Keres radikaalselt ümber kirjutas. Mina kirjutasin, et ülikoolis on tehtud juba ettevalmistusi arvuti saamiseks ja suutsin välja mõelda ainult kolm põhjendust. Üks oli igal juhul see, et programmeerimise kursust juba loetakse, teisi ma ei mäleta. Keres ütles, et tuleb kirjutada hoopis, et meil käivad siin tõsised ettevalmistused arvuti saabumiseks ja sulgudes lisas siis, et näiteks. ... ja siis need 3 asja. Selline väljendus oli muidugi palju efektsem.

Arvuti tuli augustis 1959 ja paigutati TÜ peahoone kõrval asuvasse majja, kus enne oli pank olnud. Käima läks ta kuu aega hiljem, septembris. Arvuti saabus vedrudega kastides, mida me siis tänaval, kahe maja vahel lahti pakkisime. Insenerid otsis välja Harald Keres TÜ füüsikute hulgast. Pealikuks oli Elmar Vesman, kes mõne aasta pärast läks Füüsika Instituuti. Juhatajat algul ei olnud, oli ainult teaduslik juhendaja.

1964. aastal saime Ural 4, mille hankimine käis palju lihtsamalt, temaga enam nii palju õiendamist vaja ei olnud.

1961/62 õppeaasta veetsite USAs, Californias. Kuidas sel ajal sinna sai ja mida see uut õpetamisse Ülikoolis kaasa tõi?

Kunagi sai tehtud taotlus ja siis tuli vastus – minge. Olin 11 kuud Californias, Stanfordi Ülikoolis. Seal ei tohtinud tol ajal ülikoolilinnakus muu kui jalgrattaga liikuda. Tegelesin seal peamiselt arvutite ja programmeerimisega. Oli Burroughsi firma arvuti ja peamine keel oli Burroughsile kohandatud Algol. Kohe pärast Tartusse saabumist hakkasime algoritmiliste keelte kursust lugema.

1961. a loodi Tartu 1. Keskkoolis matemaatika eriklass, mille loomises on "süüd" ka teil. 1962. a sügisel alustasite seal programmeerimise õpetamist 10. klassi õpilastele. Programmeerimise õpetamine üliõpilastele ja kooliõpilastele on kaks eri asja. Kust tuli metoodika?

Metoodikat ei olnud mitte mingisugust. Praktika sai läbi viidud sel Eesti ainukesel arvutil Ural-1. Arvutitealaseid raamatuidki ei olnud sel ajal olemas, ka mitte vene keeles. Üks raamat Ural-arvuti kohta oli ilmunud – selle andis välja Kahurväe Akadeemia Moskvas, aga seda ei olnud võimalik mitte kusagilt saada. Sõitsin siis Moskvasse seda hankima, võtsin kaasa igasuguseid soovituskirju. Lõpuks sain kindralpolkovniku jutule, kes oli

seal mingi ülem. Pärast pikka selgitust kirjutas tema avaldusele peale "Anda välja 20 eksemplari". Kui läksin neid kätte saama, siis selgus, et mingit 20 eksemplari pole olemas, midagi ei olnud. Seal öeldi, et kindral võib küll kirjutada, aga meil lihtsalt ei ole. Lõpuks siis ikka sain ühe eksemplari. See raamat oli ainus kogu Tartu peale.

Ega ma seda koolilaste õpetamist ei olekski ette võtnud, aga mitte kedagi teist ei olnud võtta. Aasta hiljem hakkas kooliõpilasi õpetama juba Andres Jaeger. Tahtsin kooliõpilaste õpetamise tööd teha ühiskondlikus korras, aga seda ei olnud võimalik seaduste järgi teha. 1. Keskkooli direktor Allan Liim ütles, et tema ei saa niimoodi lasta õpetada ja siis ta maksiski mulle palka – 8 rubla kuus.

Esimene eestikeelne raamat arvutitest on ka teie kirjutatud.

Jah, "Elektron-arvutusmasinad". Kaasautorid (H. Salum ja M. Sinisoo) olid insenerid, Tallinnast. Nemad organiseerisid siis järgmist arvutit Eestisse, Tallinnasse.

Kuidas see programmeerimise kursuste lugemine siis edasi arenes?

Algul oli see masinkoodis programmeerimine Strela põhjal, siis algoritmiliste keelte oma Algoli-põhiselt. Aga seal vahel lugesin kursuse ka arvutite ehitusest. Olen ise otsinud skeemide järgi vigu arvutist. Lampidega arvuti puhul oli põhiline tööriist kummihaamer, millega lampe koputati. Siis tulid kursused Assembleritest jne – kõigist nendest keeltest, mida meie arvutipargi juures edaspidi kasutati.

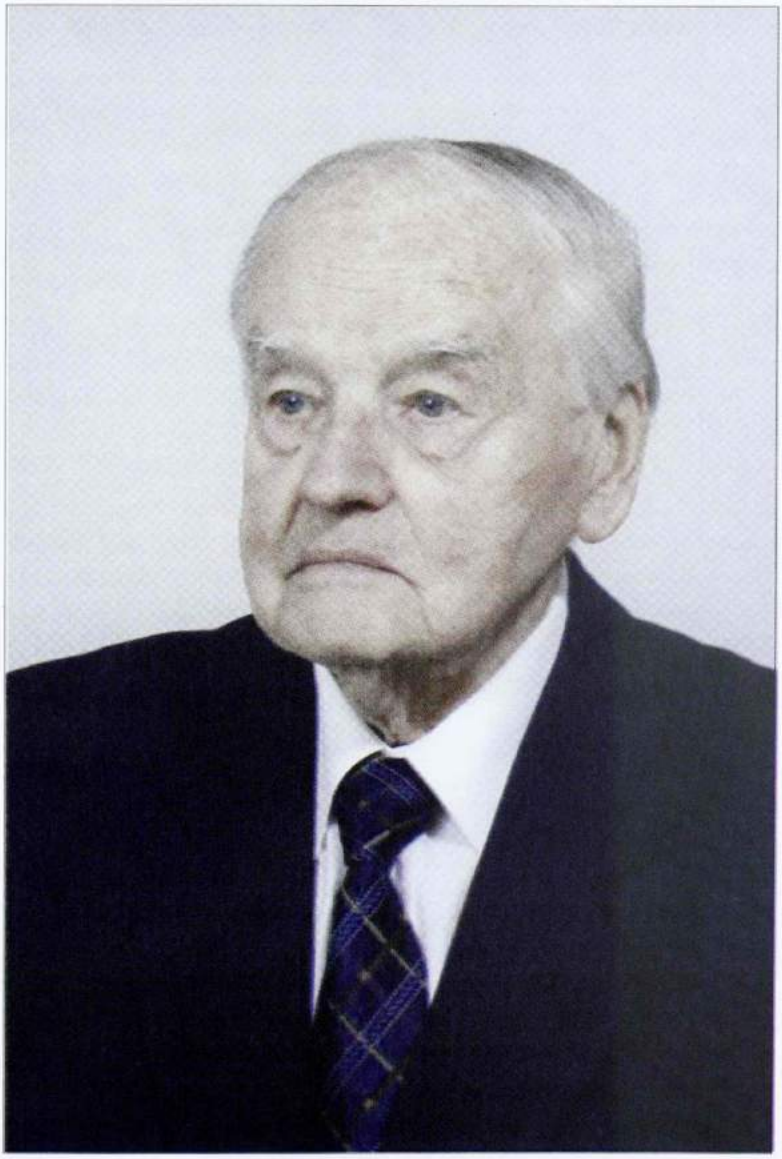
Nüüd asub matemaatika-informaatikateaduskond aadressil Liivi tänav 2, majas, kus me ka praegu juttu ajame. See maja, nüüdseks märgatavalt kõrgemaks sirgunud, ehitati arvutuskeskusele.

Selle majaga oli väga palju õiendamist. Maja ehitust alustati 1965, aga valmis sai alles 1972. a. Selleks tuli palju vaeva näha ja õlut juua, kuigi ma muidu õlut ei joo. Maja ehitamist algatasime koos ülikooli haldusprorektor Viktor Simmiga. Tema teadis, et Arnold Green, kes siis oli Plaanikomitee esimees, oli Käärikul. Talvel 1963/64 võtsime kasti õlut ja sõitsime ülikooli väikese bussiga Käärikule. Istusime saunas. Rääkisime siis ja saime niikaugele, et ta andis meile 380 tuhat rubla. Kõik teadsid muidugi, et sellest ei jätku, sinnapoolegi mitte, vaja oli vähemalt 5 miljonit, aga selle rahaga sai hakata projekti tellima. Projekti tegi Tööstusprojekt, kus peainseneriks oli minu koolivend. Sain nii tellida, et meile tehti 2 projekti korraga. Üks oli kolmekorruseline, näitamiseks, teine aga neljakorruseline, ehitamiseks. Isegi kõik välisvaadete joonised olid kolmekorruselise maja omad. Aga tööplaanid olid 4-korruselise omad. Oluline vahe oli selles, et oleks maja 3-korruseline, siis oleks vaja kolmanda korruse peale üks raud-

betoonist vöö valada, neljakorruselisele oli aga vaja kaks vööd – 2. korruse peale ja 4. korruse peale. Mäletan, et samal päeval kui lõpetati 2. korruse peale betoonvöö valamine, saime lõpuks loa 4-korruliselise maja ehitamiseks. Algusest peale kauplesime me linnalt, et siia oleks võimalik ehitada 3 kuni 4-korruseline maja. Ehitamine kestis kaua. 1965. aastal alustati, masinasaal sai valmis 1967. aastal, kui saabus arvuti Minsk 32. Maja ise aga sai lõplikult valmis alles 1972. aastal.

Aga need on juba seitsmekümnendad aastad ja me lõpetame oma intervjuu siinkohal.

Intervjueeris Anne Villems, kes oli Ülo Kaasiku õpilane Tartu 1. KK 10. klassis 1962. a, hiljem kuulas mitmeid Ülo Kaasiku loengukursusi üliõpilasena ja kelle Ülo Kaasik programmeerimise kateedrisse, mille juhataja ta oli, ka tööle võttis.



Ants Viires

Sündinud 23.12.1918 Tartus

1937 Hugo Treffneri Gümnaasium Tartus
1945 Tartu Ülikool, ajaloolane-etnograaf
1955 ajalookandidaat, Tartu Ülikool
1963 Suomalais-ugrilainen Seura, välisliige
1964 Kalevalaseura, välisliige
1970 Suomen Muinaismuistoyhdistys, välisliige
1979 ajaloodoktor, NSVL TA Etnograafia Instituut, Moskva
1981 Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, välisliige
1982 Helsingi Ülikooli audoktor
1984 Suomalainen Tiedeakatemia, välisliige; Gustav Adolfi Akadeemia (Uppsala), tööliige
1988 Suomalais-ugrilainen Seura, auliige
1989 teeneline teadlane
1996 Riigivapi IV klassi orden; Avatud Eesti Fondi iseseisvuspäeva preemia; Kultuurkapitali eluaegne pension
1997 Gustav Adolfi Akadeemia (Uppsala) preemia
1998 Eesti Rahvuskultuuri Fondi preemia
1999 koos Elle Vunderiga preemia parima ajalooraamatu eest
2002 Kultuurkapitali aastapreemia "Meie jõulude loo" eest
2004 Kultuurkapitali rahvakultuuri aastapreemia; Jakob Hurda preemia
2005 Tartu Ülikooli audoktor
2007 riiklik teaduspreemia elutöö eest; riiklik kultuuripreemia

Alates 1956 kuni pensionile jäämiseni 1996 Ajaloo Instituudis: nooremteadur, vanemteadur, sektorijuhataja, juhtivteadur.

Avaldanud 330 teadustööd.

Kasvasin üles Eesti esimese iseseisvuse päevil ülikoolilinnas Tartus, kus mul juba koolipõlves kujunes südamelähedaseks tore Eesti Rahva Muuseum linnalähedases kaunilt kujundatud Raadi pargis (foto 1). See oli ülikooli kõrval selgesti üks Eesti põhilisi kultuurikeskusi. Kõik see, nagu ka kodune kultuurihuviline keskkond, meelitas mind humanitaarhariduse liinis edasi pürgima. Olukord Euroopas aga süngenes 1930. aastate lõpul suure kiirusega. Olin Tartus algav eesti filoloogia üliõpilane, kui Nõukogude väed mõni kuu pärast Soome talvesõja lõppemist 1940. a suve hakul maa okupeerisid. Venelasi ei osanud eriti kartagi, sest eestlaste põhivaenlased olid paljude sajandite vältel olnud maad hallanud sakslased. Kuid peagi algasid arvukad arreteerimised, ja kui siis 14. juuni ööl 1941 toimus massiline Siberisse küüditamine, tundus sellele peatselt järgnev Saksa okupatsioon päästmisena. Osalesin tudengina selle alguskuudel küüditatud inimeste varanduse arvelevõtmises, sealhulgas ka suuremate raamatukogude Ülikooli Raamatukokku toimetamises.

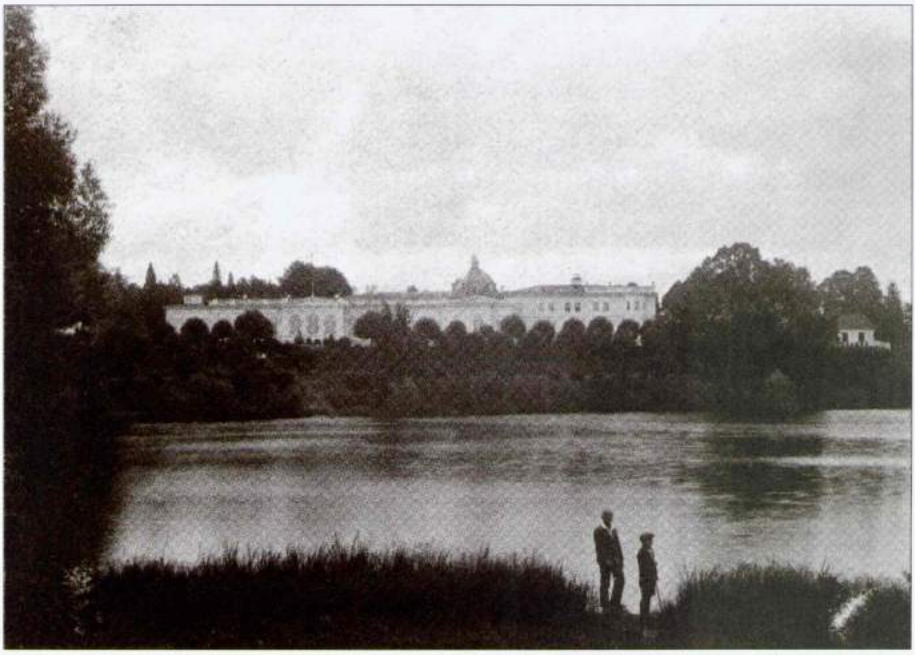


Foto 1.
Koos vanema venna Kallega 1920. aastail Raadi pargis Eesti Rahva Muuseumi lähistel.

1942. aasta algul pääsesin tööle ERMi rahvateaduslikku osakonda, kus leidsin eest toredad noored mehed Ilmar Talve, Helmut Hagari ja Eerik Põllu, kes kõik ülikoolis tõsiselt etnograafiat õppisid. Nendele sekundeeris muuseumi sõbramehelik direktor Eerik Laid. Kujunes mõnus sõpruskond. Sellega oli minu saatus teaduse teel otsustatud. Eesti vana rahvakultuuri uurimisele keskendunud etnograafiast, millest ma enne ülikooli astumist midagi ei teadnud, sai nüüd kiiresti minu keskne õppeaine. 1942–1943 õiendasin professor Gustav Rängale nõutavad eksamid ja tegin ära kõik kolm seminaritööd, neist esimesena pisikese töö küünlatoosidest ja muist väikestest karpidest. Et Hagar ja Talve olid uurimisele võtnud eesti talurahva liikluse põhivahendid, reed ja vankrid, siis võtsin järgmisena vaatlusele ka 19. sajandil veel olulisel kohal olnud ratsutamise. Lõputööks soovitas sõber Hagar mulle huvipakkuva verise teemana koduloomade kohitsemise, mille abil kultidest said hoopis paremini maitseva lihaga orikad ja täkkudest rahulikumad ruunad. Selle kirjutamisel konsulteerisin ka mõnede Tartu ülikooli loomaarstiteaduskonna õppejõududega, eelkõige professor Elfriede Ridalaga.

Iseäranis meelepärane oli see, et etnograafilistel teemadel tuli ainest koguda maal külast külla ringi rännates. Minu esimene uurimismatk 1942. a suvel taot-

les küll hoopis teisi eesmärke. Nimelt läkitas direktor Laid mind Alutagusele eelmise aasta sõjasuvel Nõukogude mobilisatsiooni eest peitu läinud metsavendade peatuspaiku otsima ja pildistama. Matk osutus tõepoolest erakordselt huvitavaks. Leidsin mitu okstest onnidega laagrikohta, kusjuures neist ühe keskel uhkeldas laagriülema teistest kõrgemale tõusev kooniline telk. Ja vastuvõtt oli kõikjal ülimalt lahke ja sõbralik, eriti kui kuuldi, et Eesti Rahva Muuseum on mind läkitanud neid asju uurima. Nagu hiljem teada sain, matsid ERMi töötajad 1944. a sügisel toimunud järjekordse võimude vahetuse eel minu kogutud materjali kuskil Läänemaal maha, kartes, et see võiks tuua ohtu seal nimepidi mainitud inimestele. Sinna see on jäänud tänini. Mõned minu fotod on pildistajat nimetamata avaldatud 1943. a kevadel ilmunud kogumikus "Eesti rahva kannatuste aasta".

1944. a veebruari algul toimunud mobilisatsiooni puhul astusin Tartu lähistel tegutsevasse Eesti politsei pioneeripataljoni, kus teenisin viis kuud. Ehitasime punkreid Emajõel Jänese raudteesilla kaitseks ja kaevasime seejärel Värska lähedal kaevikuid. Juuli algul puhkusele lastuna jäin ennast sügiseni varjama ema kodutalus Otepää lähedal Valgjärvel. Augusti lõpul vallutasid Nõukogude väed Kagu-Eesti. Septembri keskpaiku käisin korra Võrus, et lasta ennast kinnitada Valgjärve kooli õpetajaks, millega pääsesin järjekordsest, Nõukogude mobilisatsioonist. Poolpõlenud Võru oli siis Eesti NSV pealinn, kus paiknes hulk valitsusasutusi. Kui rinne septembri lõpul Emajõelt kiires korras Tallinna poole liikuma hakkas, kihutasin kohe jalgrattal Tartusse. Pool linna oli varemeis, sealhulgas ka meie korter ja ERMi hoone Raadil. Selle keldris oli säilinud sinna paigutatud esemeid, muu hulgas ka mingi Põhja-Eesti mõisa raamatukogu, mis oli 1939. a sügisel baltisakslaste lahkumise puhul muuseumi toodud. Üht raamatut lehitsedes leidsin sellest vene sõduri sissekirjutuse, milles oli öeldud, et siin me nüüd istume ja sakslased tulistavad meid. Ilmselt oli hoone sõjategevuses põlema süttinud. Püüdsin koos kohalejäänud muuseumi kojamehega muuseumi keldrite aknaid marodööride vastu telliskividega kindlustada. Kohalike kultuurivarade kaitse alla võtmise volinikuna töötas tollal Leningradist saabunud Tartu ülikooli prorektor dotsent Karl Taev. Temalt sain venekeelse tõendi, millega mind volitati ERMi asju ajama. Nii ma siis üritasingi lühikest aega tulemusteta ERMile uut hoonet leida, kuni oktoobri lõpul ootamatult ilmus Tallinnast muuseumi direktoriks kinnitatud Eerik Põld, näpus Nigol Andresenilt saadud paber, millega ERMi käsutusse olid antud ruumid Veski tänaval asuvas kohtuhoones. Jäingi sinna tööle. Muuseumi päralt on see hoone tänini.

Kui ma 1946. a kevadel professor Harri Moora ettepanekul astusin Tartu ülikooli juures avatud aspirantuuri kandidaadikraadi taotlema, siis valisin seni peaaegu täiesti käsitlemata käsitööde hulgast oma uurimisteemaks rahvapärase puutöönduse. Materjali kogumiseks koostasin mitu ERMi küsimuslehte ja tegin suvedel 1946–1948 jalgrattal uurimismatku lisaks Avinurmele ka teistesse puutöökeskustesse Haanjas, Lääne-Eestis, Hiiu- ja Saaremaal. Ühtlasi

pani Moora mind 1947–1949 kõigile ajaloo üliõpilastele kohustuslikku etnograafia algmete kursust lugema. Samuti olid minu hoolel etnograafia eriharu üliõpilastele loetavad etnograafia põhikursus ja etnograafia historiograafia ning erialaste seminaride juhendamine. Etnograafia eriharus õppisid tollal muide ka hilisemad tuntud tegijad Jüri Linnus (tema isa, ERMi direktor Ferdinand Linnus, oli arreteeritud 1941 juunis ning suri 1942 algul kaugel Nõukogude tagalas) ja Gea Troska (siis Reiman). 1947. a kevadel toimetasin trükki esimese sõjajärgse ERMi aastaraamatu (nr XVII), milles leidis avaldamist ka minu esimene uurimus "Ratsutamine – vana rahvapärane liiklusviis". Järgmine aastaraamat ilmus alles 12 aasta pärast, seoses muuseumi 50. aastapäevaga 1959. a.

1949. a märgitses eesti kultuurile raske perioodi algust. Pärast aspirantuuriaja lõppu sel kevadel ma ülikoolis ega ERMis endale enam töökohta ei saanud. Professor Moora soovitusel kirjutasin selle ja järgmise aasta jooksul valmis oma uurimuse eesti rahvapärasest puutööndusest, kuid kandidaaditööna kaitsmisele see enam ei pääsenud. Pidin leidma endale mingit muud tööd. 1951–1952 töötasin Elva Rajooni Tööstuskombinaadi kantseleis ja 1952–1956 Tallinna lähedal Saku Maakorraldus- ja Maaparandustehnikumis eesti, saksa ja inglise keele õpetajana.

Poliitilise "sula" päevil käisin 1955. a kevadel mõne sõbra soovitusel Tartu ülikooli rektori professor Feodor Klementi jutul, kes lubaski mu kandidaaditöö kaitsmisele. Kaitsmine toimus juunis 1955 ja Kõrgem Atestatsioonikomisjon Moskvas omistas mulle ajalooteaduste kandidaadi kraadi 7. jaanuaril 1956. Raamat "Eesti rahvapärane puutööndus" ilmus küll alles 1960. a (2. tr äsja, 2006). See teos tõlgiti hiljem Washingtoni Smithsonian Institutioni tellimusel minu teadmata inglise keelde ja avaldati 1969. a pealkirjaga "Woodworking in Estonia" Jeruusalemmas sarjas "Israel Program for Scientific Translations".

1956–1957 pidasin Tartu Ülikoolis 30 tundi loenguid etnograafia historiograafiast, mida kordasin 1960–1961. Ka pääses 1956. aastal trükki paar mu teadusartiklit, mispeale sain aasta lõpul teaduri töökoha Ajaloo Instituudi arheoloogia sektoris, mida juhatas professor Harri Moora. Ajaloo Instituuti jäin tööle 40 aastaks, lahkudes sealt aastavahetusel 1996/97.

Olen õnnelik, et elu on mind kokku viinud Harri Mooraga, kes oli erakordselt avarapilguline teadlane ja kultuurinimene sõna kõige paremas mõttes. Teaduse valdkonnas ulatusid professor Moora teadmised kaugele väljapoole tema eriala – arheoloogiat ja sellele lähedast etnograafiat. Tema mõtlemise loogika oli selge ja mõistetav, temaga oli igasuguseid küsimusi hõlpus arutada ja tema nõuandeid võis kindlalt usaldada. Teisena on mind teaduse liinis oma laiahaardeliste teadmistega samuti tugevasti mõjustanud sõbramehelik ja elavaloomuline Paul Ariste, kes mind tudengipõlves juba esimesel kohtumisel natist kinni võttis ja pani otsemaid eesti keele harjutustöid tegema. Nii viskas ta mulle kätte mingi tiitelleheta aianduse käsiraamatu 19. sajandist, kust pidin

hakkama välja sedeldama aiandusalast sõnavara. Töö osutus ootamatult huvitavaks, pannes aluse minu aiatöö tundmisele. Endel Annuse eesti raamatute bibliograafiale tuginedes arvan, et see võis olla Tartus Laakmani kirjastusel 1860 välja antud L. Klekampfi "Kärneri-ramat, kust sees iggamees woib õppida, kuidas temma omma aia seest woib sada keiksuggust tarwilist aiarohto, pu wilja ja põõsade marjad: Jure on pantud üks Aia-Kalender, ehk juhhataja, mis igga ku sees on tarwis aedas ettewõtta; ja kuidas pahhad aia-lomad woib ärrahukkata". Juba see pikk ilus pealkiri osutab, et ilma seda raamatut uurimata oleksid minu tagasihoidlikud teadmised aiatööst jäänud märgatavalt viletsamaks. Aristega aga jäime lähedasteks terveks eluajaks.

Töö instituudis sujus aastaid rahulikult oma rada, pakkumata erilisi elamusi. Seevastu on tugevasti meelde sööbinud mitmele poole väljapoole Eestit toimunud uurimismatkad, mis on valdavalt kulgenud tulemusrikkalt ja pakkunud sealjuures palju ilusaid elamusi. Järgnevas peatungi neist mõnede juures pikemalt.

3. kuni 19. juulini 1957 toimus minu esimene uurimismatk Ingerimaale. Tallinnast asusime teele 8 inimesega (mina, Aliise Moora, Ellen Karu, Aleksei Peterson, Lei Kindel, Vabaõhumuuseumi töötaja Veera Fuchs ja Moskva Eestile pühendunud etnograaf Natalja Šlõgina koos joonistaja Marina Semaškevitšiga). Narvas ühines meiega minu joonistaja Evi Tihemets. Sõitsime Luuga lahe idakaldale Soikkola poolsaarele, kus jäime peatuma selle keskseljandikul Tarinaisi külas Andrejevštšina koolimajas. Südaöö paiku saabus sinna minu märkmiku andmeil "suure kärina ja mürinaga" Paul Ariste oma nelja jüngriga, kes olid bussiga lähikonda jõudnud. Ariste jüngrite hulgas olid Arvo Laanest, Mart Mäger ja Tiit-Rein Viitso. Mõne päeva pärast tuli Aristele lisaks veel tudengipoisse, nii et tema rühm kasvas 8 inimeseni. Tarinaisi jäi kuni 12. juulini meie kesksekspeatuskohaks, kust tegime mitmele poole väljasõite.

Olen sealset maastikku lüürilises meeleolus kirjeldanud järgmiselt: "Tarinaisi – see nagu tõesti oleks muinasjutumaa, eriti valgetel öödel ja tärkaval hommikul. Õhtuti toimub siin ikka rukkirääkude võistlus, kumab oma sumedat valgust täiskuu üle metsades tekkinud udujärvede. Hommikuks on udust saanud meri, millest ulatuvad välja kuuselatvade saared. Päeval sulavad taevas ja meri kokku ühiseks hele-heledaks sinaks, millel pole lõppu ega algust. Jah, just selline võiks olla muinasjuttude sünnimaa, Põhjamaa meeli lummavate videvikuliste ööde maa."

12. juulil sõitsid Ariste ja Laanest lähedasest Viistinäst bussiga ära Narva poole. Me teised alustasime piki Kaporje lahe kallast pikemat sõitu ida suunas, käändudes Kovaši jõge jälgides sisemaale. Lähedases raudteejaamas panime Ariste poisid maha, et nad saaksid Leningradi sõita. Ise jäime tööle jõe ääres Lendovštšina külas, kus ööbisime paar ööd. 14. juulil sõitsime edasi itta Lomonossovini (Oranienbaumini), kust pöördusime lõuna poole, et jõuda umbes Peipsi põhjakalda laiuskraadil asuva Samro järve äärde. Tee sinna, mis viis

meid üle Moloskovitsõ raudteejaama ja Luuga lisajõel Vrudal asuva Izvozi asula ning edasi Osmino kaudu, oli võrdlemisi vilets, kuid 15. juuli õhtul jõudsime pärale. Järve ümbruse elanikud (samrakud) käisid laialt välistöödel, eriti Leningradis, kuid nende kaubaretked ulatusid omal ajal ka Eestisse, kus samrakud olid tuntud eriti hobuseparistajatena. Järv ise oli ilusate liivakallastega, mis aga kihisesid väikestest kihulastest, kes meid jalamaid ründama tulid. Käisime ka Samrost paarkümmend kilomeetrit lääne pool asuvas Stolbovo külas, kus elasid reemeistrid. 17. juulil alustasime Samrost teed Narva poole, kust õhtuks jõudsime edasi Kuremäele. Ööbisime sealses rahvamajas. Järgmisel päeval jäime õhtule Avinurmes. Seal läks meie seltskond laiali. Mind viidi 19. juulil autoga Jõgevale, kust sõitsin rongiga Tallinna.

Juuli algul 1958 asusin uuele uurimismatkale, sedapuhku Leningradi ja Pihkva oblastisse, et näha saada esmajoones sealseid vanu eesti asulaid. Meeskonnas olid Eestist peale minu Aliise Moora, folklorist Richard Viidalepp, keeleuurijad Arvo Laanest ja Paul Ariste, joonistajad Evi Tihemets ja Herald Eelma ning autojuht Ülo Sutermäe, Moskvast lisaks Natalja Šlõginale ja joonistaja Marina Semaškevitšile veel kolm naisuurijat. Kokku seega 13 inimest. Tallinnast lahkusime kümnekesi. Ariste võtsime peale Narvast, Evi Tihemetsa ja ühe moskvalanna Gatšina jaama ooteruumist. Esimese öö veetsime umbes 70 km kaugusel Leningradist Tširkovitsõ koolimajas. Teine öö möödus Leningradis.

8.–11. juulini sõitsime ringi Leningradi oblasti lõunaosas, peatuskeskuseks Oredeži linn, kus olime kolm ööd. Käisime peamiselt vene külades. 12. juulil sõitsime läbi lähedase, Leningrad-Pihkva maanteel asuva Luuga Pihkvasse, kus Ariste ja Laanest õhtul Tallinna rongile istusid. 13.–21. juulini toimus ringsõit peamiselt Pihkva oblasti Pihkva järve taguses osas, kus vana eesti asustus oli valdavalt venestunud. Peatuspaigaks jäi seal algul Melnitsõ koolimaja endiste poluvernikukülade keskel, hiljem Samolva küla Peipsi kagurannikul. Šepulino külas sattusime 14. juulil võimsa rahesaju kätte, milles raheterad olid 3–4 cm läbimõõdus. Peksis lähikonnas põllud puruks.

Samolvast jätkasime 21. juulil üle Remda (Rämeda) ja Jammi Peipsi idakaldal asuvasse Spitsinõ külla, kus ööbisime (foto 2). Järgmisel päeval külastasime ka lähedast Podlipje lodjameistrite küla. 23. juulil jõudsime Oudovasse, mis osutus kõledaks ja ilmetuks linnakeseks. Kuni 30. juulini järgnes ringsõit Pihkva oblasti Peipsi-taguses osas. Töötasime pikemalt oblasti põhjaosas Ljadõ rajoonis, kus olid säilinud mitmed eesti külad, ja hiljem Strugi Krasnõje rajoonis. Kogu ringsõidul Pihkva oblasti põhjaosas olime hädas viletsate teedega, jäädes sageli poriaukudesse kinni ja pidades nii mõnegi matka tegema jalgsi, vahel ka paadiga (foto 3).

30. juulil jõudsime taas Pihkvasse. Siit läkitasime õhtupoolse rongiga Moskva poole teele kõik moskvalannad peale Šlõgina ja mõni tund hiljem Aliise Moora teise rongiga Tartusse. Seejärel alustasime ülejäänud kuue inimesega

Foto 2.
Meie ekspeditsiooniauto 1958. a Rämeda poolsaare läänerannal Pnevo küla vahel ninaga Mehikoorma poole. Auto taga seisavad Aliise Moora ja Richard Viidalepp, auto ees mina ja Evi Tihemets.

Foto 3.
Meie auto 1958. a Peipsi taga järjekordses poriaugus.

suurt teed mööda sõitu üle Ostrovi lõuna poole, et külastada Kraasna maarahvast, s.o vana eesti asundust Läti piiri taga Krasnogorodski rajoonis. Umbes 60 km kuni Ostrovini oli maastik sile ja lage, sealt edasi muutus künklikuks ja metsasemaks. Öömaja leidsime Opotška lähedal ühes Velikaja kaldal asuvas koolimajas. 31. juulil asusime pärast hommikupoolikul kohapeal tehtud tööd lõuna paiku üle Opotška teele 60 kilomeetrit lõuna poole Sebeži linnakesse, mille lähedal töötas moskvalase Aleksejevi antropoloogiliste kaevamiste grupp. Linnake asus kaunis kohas poolsaarel keset suurt Sebeži järve. Ööbisime seal kohaliku muuseumi ruumides.

1. augustil sõitsime Opotškasse tagasi ja sealt 30–40 kilomeetrit loodesse Krasnogorodski rajooni, kus Viidalepp Mõza külas sattus veel ühe vanamehe peale, kes mäletas mõningaid eesti sõnu. Teine taat, kellelt Paulopriit Voolaine mõni aasta tagasi oli kirja pannud veel eestikeelset teksti, oli vahepeal surnud. Õhtu eel alustasime tagasisõitu Eestisse, jäädes keset ööd poolel teel Ostrovi ja Pihkva vahel ühe surnuaia varju ööbima. Järgmisel päeval jõudsime õnnelikult koju.

1959. a aprillis tähistati Tartus Eesti Rahva Muuseumi 50. aastapäeva. Sel puhul saabus Soomest tervitusi tooma sealne juhtiv muuseumitöötaja Niilo Valonen, kelle võtsin Tallinnas vastu ja sõitsin temaga koos Tartusse. Sõlmusid eluaegsed sõprussidemed. Juuni algupoolel 1959 toimus Ajaloo Instituudi väikebussil koos paleozooloog Kalju Paaveri ning arheoloogide Lembit Jaanitsa ja Aita Kustiniga nädalapäevad kestnud sõit Läti koduloomuuseumidesse Aluksnes, Ludzas, Madonas, Jekabpilsis ja Cesises. Ludza lähedal käisin nn Lutsi maarahva Kirbu ja Jaani küla vaatamas. Eesti keele oskajaid leidus seal põhiliselt veel vaid vanema põlve hulgas. Juuni lõpust juuli keskpaigani tegin veel kaks pikemat jalgrattasõitu Lõuna-Tartumaale ja Võrumaale, käies ka setude juures. Augusti lõpul ja septembri algul aga sõitsin ringi Saaremaal.

1961. aasta juulis tegin Minski etnograafi Vladimir Ivanovi kutsel koos joonistaja Uno Toruga mälestusväärse uurimismatka Valgevenesse. 4. juuli hommikul sõitsime lennukil Tallinnast Minskisse, kust jätkasime koos Ivanovi 7-liikmelise töörühmaga bussil teed Berezina jõel asuvasse Bobruiskisse. Umbes 100 000 elanikuga Bobruisk osutus tüüpiliseks vene linnaks tervete kvartalite ümarpalkehitistega, tänavad valdavalt munakasillutisega. Jõgi linna vahel meenutas suuruselt Emajõge Tartus. Edasi võtsime suuna läände Pripjati jõge ümbritseva hõreda asustusega Polesje metsa- ja soodeala poole, kus elu pidi olema veel üsna vanapärane. Polesjele lähenemisel ilmus teeäärsete puude otsa aina enam pakkmesipuid ja põldudel võis näha naisi sirpidega rukist lõikamas. Ühes külas, kus ööbima jäime, ütles meile hommikul tallimees, et meie tuleku puhul läinud külarahva hulgas lahti jutt, nagu oleks prantslased saabunud. 12. juulil jõudsime Polesje keskosas Pripjati kõrgel põhjakaldal asuvasse Petrikovi linna ja sealt edasi metsade keskele Brinjovi külla.

Kuna Ivanovi rühm eelistas üksikutes peatuspaikades pikka aega töötada, mina aga tahtsin Valgevenemaal rohkem ringi vaadata, otsustasin koos Toruga hakata omal käel laiemalt liikuma. 13. juuli õhtul viidi meid lähedasse Koptševitši jaama Gomel-Bresti raudteel. Sealt sõitsime öise rongiga Pinskisse, kuhu jõudsime kell 5 hommikul. Pina jõel asuv Pinsk osutus ilusaks umbes Tartu suuruseks linnaks, kus peaaegu kõik tänavad olid puudega äärestatud. Kohalik muuseum oli võrdlemisi suur, etnograafiline väljapanek aga halb ja tagasihoidlik. Raudteel ja bussidega ringi sõites tutvusime eluga Pinski ümbruskonna külades Ivanovoni läänes ja Luninetsini idas, kuni jõudsime Pinskist sadakond kilomeetrit põhja pool asuvasse Baranovitšisse Minsk-Bresti šosseel. Sealt käisime 21. juulil paaritunnise bussisõidu kaugusel Mala Blošna külas Grodno oblasti piiril. Kohalik kooliõpetaja pani meid magama oma abieluvoodisse, kus vajusime sügavale sulgedega täidetud aluskoti sisse, peal imekerge sulgtekk. Järgmisel hommikul jätkasime teed bussiga Baranovitšist Minskisse, kõikjal tee ääres endiselt näha linakitkujaid ja sirbiga rukkilõikajaid. Minskist tegime päevase väljasõidu 20–30 km taha Dehnauka külla Zaslavli lähedal. Ka sain Minski Kunstiajaloo, Folkloori ja Etnograafia Instituudis läbi vaadata mitmete ekspeditsioonide materjale 1946.–1960. aastani. 24. juuli õhtul jõudsime lennukil Riiga, kus kiirustasime Tallinna rongi peale. Jaamas selgus, et rong oli just läinud. Piletimüüja soovitas meil rongile, mis kõigis Riia-lähedastes jaamades pidi peatuma, Siguldasse taksoga vastu sõita. Nii tegimegi. Kuigi meid teel ühes kohas kinni pidas teetegemine, tuli Siguldas rongi ikkagi veel tükike aega oodata.

Aprillis 1962 esinesin Tartus ERMi konverentsil ettekandega rahvarõivaste kandmisest tänapäeval. Mais käisin Moskvas suure koguteose "Narodõ mira" Baltimaade osa arutelul (ilmus 1964). Juuli algupoolel tehtud laiemal ringsõidul Lõuna-Eestis leidsin Torma ja Palamuse kihelkonnas rühma iselaadse põhiplaaniga rehielamuid, milles rehealune ei paiknenud mitte rehetoa ja köögi ning elutubade kõrval, vaid nende vahel.

Juunis 1963 leidis aset minu teine matk Valgevenesse, sedapuhku vahepeatustega Leedus. 29. mai varahommikul asusime koos joonistaja Lilian Kalvo ja vene vanausulistest huvitatud Jelizaveta Richteriga Ajaloo Instituudi autol Tallinnast teele. Lõunat sõime Heinaste taga Salacgrivas. Edasi jätkus sõit üle Riia ja Miitavi Šiauliaisse, kuhu jõudsime kell pool 9 õhtul. Järgmisel kahel päeval töötasin sealse muuseumi kogudes. 1. juunil külastasime teel Vilniusse Panevežyse ja Ukmerge koduloomuuseume. 2. juunil töötasin suure osa päevast Vilniuse muuseumi kogudes. Õhtupooles käisime lähedases kaunis järvemaastikus äsja restaureeritud keskaegse Trakai linnusega tutvumas. Trakai oli Leedu suurusaegadel riigi halduskeskus. Järgmine päev kulus sõiduks Vilniusest Grodnosse. Valgevenes muutus tee hoopis kehvemaks kui Leedus, asfaldi asemel peamiselt kruus. Neemeni ääres asuvas Grodnos leidsime peavarju võõrastemajas "Neman".

Grodnost 4. juuni pärastlõunal ida suunas teele asunud, jõudsime 6. juunil üle Molodetšno Minskisse. Sealt jätkasime ringiga lõuna pool asuva Slutski ja Bobruiski kaudu Dnepri äärde Mogiljovi ja edasi ilmetusse Oršasse, kust 12. juunil sõitsime mööda viletsat teed kitsukese Lääne-Dvinaa (Daugava) äärde Vitebskisse. Seal tohterdasin paar päeva tetratsükliiniga oma krõbisema hakanud kõri. Vitebskist läks sõit Polotskisse, mis osutus näotuks ja räämas linnaks. Ainuke enam-vähem korras tänav oli peatänav Karl Marxi puiestee. Lossimäelt avanes väga maaliline vaade Lääne-Dvinaale, mis oli siin juba vägev ja lai. 16. juunil alustasime teed Leedu-Läti piiri suunas, peatudes lõunaks Drissas (Verhnedvinskis) täisvõimsa Dvinaa põhjakaldal. Sealt jätkasime läbi künkliku sakiliste järvedega maastiku kuni piirilähedase Braslavini, mis oli sümpaatne vaikne linnake kahe järve vahel. Saime seal restoranis süüa linaskit ja kokre. 17. juunil jõudsime umbes 50 km sõidu järel Leedu kirdenurgas Läti piiril asuvasse väga meeldivasse Zarasaisse. Maastik Braslavi ja Zarasai vahel oli kogu matka ilusaim, meenutades meie Otepää kanti. Sealt alustasime kojusõitu, jõudes õhtuks üle Daugavpilsi Ogreni (37 km Riiast). 18. juunil algas Ogrest sõit Riia kaudu Tallinna poole.

1960. aastail tegin lisaks kodumaistele ringsõitudele veel mitmeid uurimismatku naabermaadesse. 1964 sooritasin sõidu läbi Leedu kohalike muuseumide, 1965 toimus koos antropoloog Karin Margiga iseäranis tulemusrikas matk vepsa aladele Leningradi oblasti idaosas ja sõitsin ringi ka Lätis Kuramaal. 1966 käisin Lääne-Leedus Žemaitias ja Užnemunes ning 1969 koos Aliise Mooraga taas Leedus, seekord maa lõunaosas, 1970 aga Lätis Vidzemes ja Latgales.

Neil aegadel sai alguse ka välismaine tunnustus. Detsembri algul 1963 valis Suomalais-ugrilainen Seura minu oma välisliikmeks ja 26. veebruaril 1964 tegi sama Kalevalaseura. Mai lõpul 1964 olin professor Niilo Valoneni etnograafide rühma vastuvõtjaks Eestis. Ja suvel ilmus professor Moora ja minu ühisel toimetusel saksakeelne esinduslik ülevaateteos eesti rahvakultuurist "Abriss der estnischen Volkskunde", mis oli määratud esitamiseks 1.–12. augustini Moskvas toimuval VII rahvusvahelisel antropoloogiliste ja etnoloogiliste teaduste kongressil. Sel kongressil sain tuttavaks mitmete välisetnoloogidega, eeskätt Ida- ja Lääne-Saksamaalt (Wolfgang Jacobeit, Günter Wiegelmann, Ulrich Bentzien jt), Rootsist (Gösta Berg) ja Šotimaalt (Alexander Fenton). Samal aastal ilmus ka minu esimene välismaine artikkel "Der Heubogen in Osteuropa" Saksamaal regulaarselt väljaantavas kogumikus "Deutsches Jahrbuch für Volkskunde". Ja kui siis septembris 1966 osalesin tolleaegses Ida-Berliinis toimuval Läänemeremaade etnoloogide ühisüritusel Kolloquium Baltikum Ethnographicum, olid mu rahvusvahelised teaduslikud sidemed kindlalt sõlmunud. 1968 tegin pikema sõidu Ungarisse ja 1970 juba ka kapitalistlikku Soome, kuhu Nõukogude ametivõimud mind kui Saksa sõjaväes teeninud meest mitmetest kutsetest hoolimata kaua ei tahtnud lubada. Tegelikult olid mu Soome-sidemed juba alates sealsete juhtivate etnograafide akadeemik

Kustaa Vilkuna ja Niilo Valoneni Eestis käikudest 1950.–1960. aastate vahetusel üsna tihedaks kujunenud. Nõnda oli maailm minu ees nii teaduslikul kui isiklikul tasandil kenakesti avaramaks muutunud ja avardus sealtpeale aina enam. Olin välja pääsenud Nõukogude rahvaste vanglast.

Minu hilisemast teadustoodangust võib esile tõsta järgmist. Tuginedes oma "Eesti Looduses" 1970. a avaldatud artiklisarjale "Mets eesti talurahva elus" avaldasin 1975 populaarraamatu "Puud ja inimesed", mille põhisisuks olid eri puuliikide kasutamise traditsioonid eestlaste elus. Veerand sajandit hiljem tuli raamatust teinegi trükk. 1980 ilmus tõsiteadusliku käsitlusena suurem teos "Talurahva veovahendid. Baltimaade rahvapäraste põllumajanduslike veokite ajalugu". Raamatus leidsid lähemat vaatlust esmajoones taluvankrid ja reed, rõhuasetusega neis avalduvaile sidemetele naaberrahvastega. Selgus nii mõndagi huvitavat, nagu näiteks see, et neljarattaline vanker tungis omal ajal Läänemere ümbruses kiiluna kõige kaugemale põhja poole just Baltikumis. Naaberaladel Rootsis, Soomes ja ka Loode-Venemaal oli vanaks rahvapäraseks suveveokiks kaherattaline kaarik, mida meil Eestis mõnevõrra tunti esmajoones sõiduriistana.

Tihedamini hakkas minult raamatuid tulema aga alles kümmekond aastat hiljem, üsna vanas eas. 1995 ilmus minu toimetusel "Eesti rahvakultuuri leksikon", mille viie autori hulgast olime valdava osa artiklitest kirjutanud mina ise ja Gea Troska. Teos äratas niivõrd tõsist huvi, et peatselt (aastal 2000) tuli välja anda täiendatud ja parandatud uustrükk. 1998 ilmus teine, hoopis suurem koguteos "Eesti rahvakultuur", mis minu ja Elle Vunderi toimetusel andis pikema läbilõike kogu vanast talurahvakultuurist ja selle saatusest 20. sajandil. Siingi oli üks põhiautoreid Gea Troska ja sellestki raamatust on oodata uut täiendatud trükki. Kirjastus "Ilmamaa" avaldas minu valitud artiklite kogumiku "Rahvas ja kultuur" (2001).

Seejärel võtsin kätte ja kirjutasin ka paar väiksemat monograafiat. Esimene neist oli "Meie jõulude lugu" (2000, 2. tr. 2002), milles võtsin vaatluse alla jõulupuu ja jõuluvana ajaloo. Teisena ilmus kokkuvõtlik ülevaade eesti rahvakultuurist pealkirjaga "Vana eesti rahvaelu" (2004), millest samaaegselt tuli välja ka ingliskeelne versioon "Old Estonian Folklife". Ja kui suvel 2006 läks Raimo Pullati toimetusel trükki suurteos "Johann Christoph Brotze. Estonica", milles kommenteeritult avaldati 18. saj. lõpul Riias tegutsenud rahvaelu uurija Brotze Eesti kohta kogutud materjalid, siis kirjutasin selle Eesti maarahva elu käsitlevasse ossa omapoolsed kommentaarid.

Üldiselt tundub mulle, et võin oma vanapõlve kirjatöödega rahule jääda.

VALIKBIBLIOGRAAFIA

Viires, A. (1947). Ratsutamine – vana rahvapärane liiklusviis. Eesti Rahva Muuseumi aastaraamat, uus sari I (XV), 36-80.

Viires, A. (1956). Mihkel Veske etnograafia-alasest tegevusest. ENSV TA toimetised. Ühiskonnatead. seeria, 4, 297-307.

Viires, A. (1958). Eesti tööree ajaloost. ENSV TA toimetised. Ühiskonnatead. seeria, 1, 58-73.

Viires, A. (1959). Chr. H. J. Schlegeli "Reisen in mehrere russische Gouvernements" etnograafilise allikana. Etnograafia Muuseumi aastaraamat XVI, 249-274.

Viires, A. (1960). Eesti rahvapärane puutööndus. Ajalooline ülevaade. Tallinn, 336 lk.

Viires, A. (1960). Eesti taluehitiste uurimisest. Etnograafiamuuseumi aastaraamat XVII, 105-128.

Moora, H., Viires, A. (toim.). (1964). Abriss der estnischen Volkskunde. Tallinn, 306 lk.

Viires, A. (1964). Der Heubogen in Osteuropa. Deutsches Jahrbuch für Volkskunde. Bd. 10, II, 280-291.

Viires, A. (1964). Rahvakunstimeistrid õllekanne valmistamas. Etnograafiamuuseumi aastaraamat XIX, 143-166.

Viires, A. (1964). Töölis- ja linnaolustiku etnograafilise uurimise objektist ja meetodist. ENSV TA toimetised. Ühiskonnatead. seeria, 3, 247-255.

Viires, A. (1965). Baltikumi rahvaste põllumajanduslikus transpordis avalduvaist ajaloolis-kultuurilistest suhetest. Etnograafiamuuseumi aastaraamat XX, 29-39.

Viires, A. (1965). Über die ethnographische Forschungsarbeit in Sowjet-Estland. Finnisch-ugrische Forschungen (Helsinki) XXXV, 334-349.

Viires, A. (1967). Niveläes Itä-Karjalassa ja Pohjois-Venäjällä. Kalevalaseuran vuosikirja, 47, 227-238.

Viires, A., Linnus, J. (1967). Eesti nõukogude etnograafia bibliograafia 1945–1966. Tallinn, 128 lk.

Viires, A. (1968). Härjarakend Baltimaades. Etnograafiamuuseumi aastaraamat XXIII, 134-174.

Viires, A. (1969). Woodworking in Estonia. Translated from Estonian. Jerusalem, 336 lk.

Viires, A. (1970). Itämerensuomalaisten hevosvaljaiden historiasta. Kalevalaseuran vuosikirja, 50, 282-309.

Viires, A. (1971). Über die Herkunft und Verbreitung des Krummholzes im Pferdegeschirr. Studia ethnographica et folkloristica in honorem Bela Gunda. (Müveltseg es Hagyomany XIII–XIV). Debrecen, 427-449.

Viires, A. (1972). Typen des Pferdeanspanns im Baltikum in ihren räumlichen und zeitlichen Verbreitung. Festschrift Mathias Zender. Studien zu Volkskultur, Sprache und Landesgeschichte 1. Bonn, 249-263.

Viires, A. (1973). Draught Oxen and Horses in the Baltic Countries. Land Transport in Europe. Copenhagen, 428–456. (Folkelivs studier; 4).

Viires, A. (1975). Puud ja inimesed. Puude osast eesti rahvakultuuris. Tallinn, 160 lk.

Viires, A. (1976). On the Methods of Studying the Material Culture of European Peoples. Ethnologia Europaea IX, 1. Göttingen, 35-42.

Viires, A. (1977). Russian Influence in East Baltic Wheeled Vehicles. Ethnologia Slavica (Bratislava), 7, 49–63.

Viires, A. (1978). A Proposition for the Typological Classification of European Farm Wagons. Ethnologia Europaea X, l. Göttingen, 76–87.

Viires, A. (1980). Talurahva veovahendid. Baltimaade rahvapäraste põllumajanduslike veokite ajalugu. Tallinn, 272 lk.

Viires, A. (1983). Eestlaste värvimaailm. Keel ja Kirjandus, 6, 290-302.

Viires, A. (1983). Semantic Interpretation of Estonian Folk Art. Res referunt repertae. Helsinki, 409-419. (Suomalais-ugrilaisen seuran toimituksia; 183).

Viires, A. (1984). Muuseumi sünd. Looming, 4, 508-519.

Viires, A. (1985). A Great Change in Estonian Folk Culture. National Movements in the Baltic Countries during the 19th Century. Stockholm, 543-554. (Studia Baltica Stockholmiensia; 2).

Viires, A. (1985). Kokaraamatud kultuuriloo kajastajatena. Keel ja Kirjandus, 3, 158-166.

Viires, A. (1986). Discovering Estonian Folk Art at the Beginning of the 20th Century. J. of Baltic Studies, XVII, 2, 79-97.

Viires, A. (1986). Folklorismi sünd Eestis. Keel ja Kirjandus, 10, 595-602.

Viires, A. (1987). Die traditonelle Bauernkultur und die Stadt in Estland im 20. Jahrhundert. Dorf- und Stadtkultur. Helsinki, 173–184. (Suomalais-ugrilaisen seuran toimituksia; 198).

Viires, A. (1988). Die estnische Riegenwohnung im gegenseitigen Wirkungsfeld der Tradition und Innovation. Wandel der Volkskultur in Europa, 2. Münster, 503-514. (Beiträge zur Volkskultur in Nordwestdeutschland; 60).

Viires, A. (1989). Kui vana on vanapagan? Keel ja Kirjandus, 9, 542-551.

Viires, A. (1989). Some Glimpses into the Ancient Estonian Religion. Uralic Mythology and Folklore. Budapest, Helsinki, 139-146. (Ethnologia Uralica; 1).

Viires, A. (1990). Eesti rahvarõivaste uurimise tulemusi ja probleeme. Akadeemia, 6, 1260-1270.

Viires, A. (1990). Taara avita! Looming, 10, 1410-1421.

Viires, A. (1991). The Development of Estonian Ethnography during the 20th Century. J. of Baltic Studies, XXII, 2, 123-132.

Viires, A. (1991). Pseudomythology in Estonian Publicity in the 19th and 20th Century. Ethnologia Europaea, 21, 2, 137-143.

Viires, A. (1993). Etnograafia arengust Eesti NSV päevil (1940–1990). Muunduv rahvakultuur. Tallinn, 5-40.

Viires, A. (1993). Rahvakunsti olemus ja piirid. Eesti Rahva Muuseumi aastaraamat XXXIX, 7-22.

Viires, A. (koost. ja toim.). (1995). Eesti rahvakultuuri leksikon. Tallinn, 400 lk.

Viires, A. (1995). Viron kansankulttuuri. Viro. Historia, kansa, kulttuuri. Helsinki, 178-195.

Viires, A. (1998). Eesti pagulasetnograafid Rootsis. Keel ja Kirjandus, 10, 691-703.

Viires, A., Vunder, E. (koost. ja toim.). (1998). Eesti rahvakultuur. Tallinn, 676 lk.

Viires, A. (1999). Identity Problems in Present-Day Estonia. Ethnologia Europaea, 29, 2, 133-138.

Viires, A. (koost. ja toim.). (2000). Eesti rahvakultuuri leksikon. 2., täiend. ja parand. tr. Tallinn, 413 lk.

Viires, A. (2000). Puud ja inimesed. 2. tr. Tallinn, 207 lk.

Viires, A. (2001). Eestlaste ajalooteadvus 18.–19. sajandil. Tuna, 3, 20-36.

Viires, A. (2001). Kultuur ja traditsioon. Tartu, 543 lk. (Eesti mõttelugu; 39).

Viires, A. (2002). Meie jõulude lugu. Tallinn, 126 lk.

Viires, A. (2002). Vaateid eesti rahvakultuuri muundumistele. Keel ja Kirjandus, 3, 165-172.

Viires, A. (2003). Eesti ajalugu stalinlikus haardes. Tuna, 1, 32-47.

Viires, A. (2004). Old Estonian Folk Life. Tallinn, 263 lk.

Viires, A. (2004). Vana eesti rahvaelu. Tallinn, 239 lk.

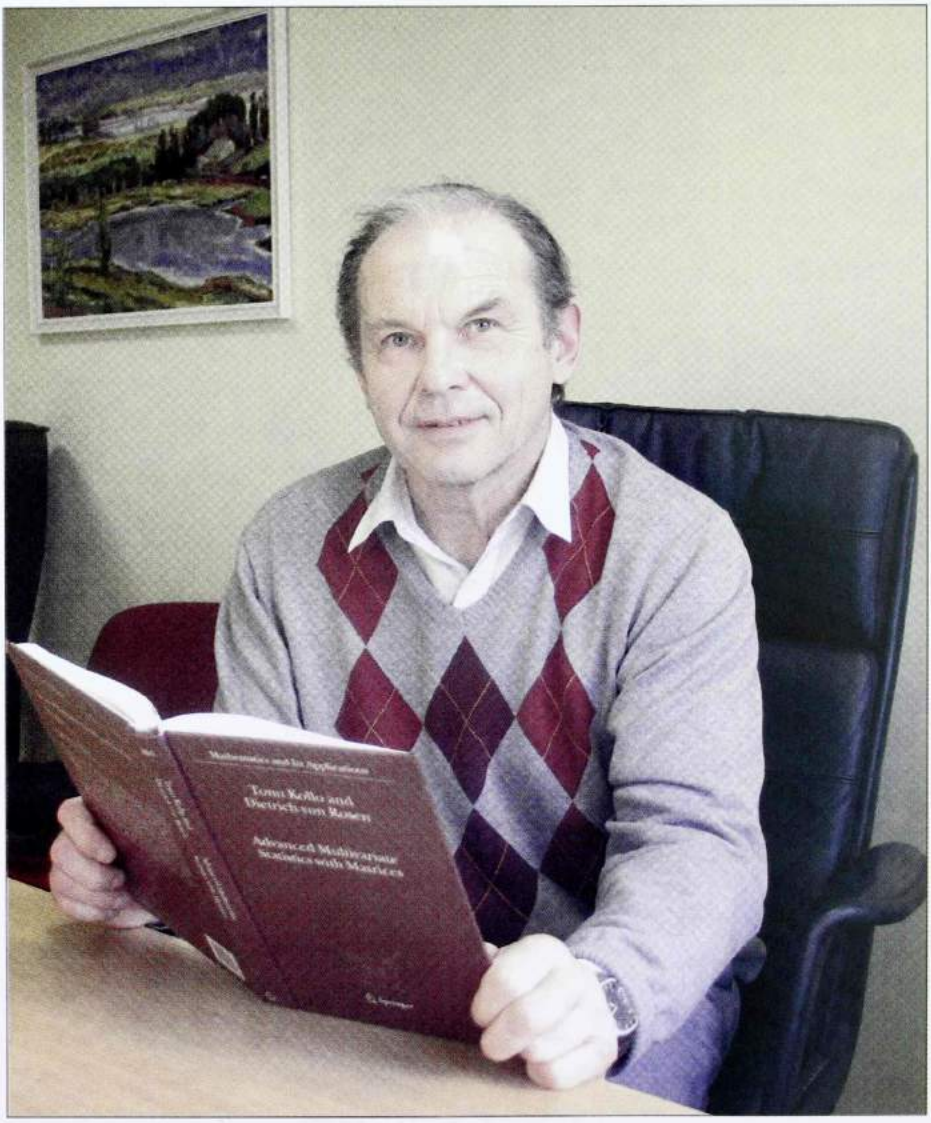
Viires, A. (2005). Meie jõulude lugu. 2. täiend. tr. Tallinn, 174 lk.

Viires, A. (2005). Tallinna kaupmeeste ja talurahva vahelised sidemed 18. sajandil. Vana Tallinn XVII (XXI). Tallinn, 191-216.

Hein, A., Leimus, I., Pullat, R., Viires, A. (koost.). (2006). Johann Christoph Brotze. Estonica. Tallinn, 619 lk.

Viires, A. (2006). Eesti rahvapärane puutööndus. Ajalooline ülevaade. 2. tr. Tallinn, 296 lk.

Teaduspreemia täppisteaduste alal uurimuste tsükli "Mitmemõõtmelised maatrikstehnikal põhinevad statistikamudelid" eest



Tõnu Kollo

Sündinud 1.06.1948 Saaremaal

1966 Orissaare Keskkool
1971 Tartu Ülikool, matemaatika
1979 füüsika-matemaatikakandidaat, Vilniuse Ülikool
1999 Tartu Ülikooli matemaatilise statistika professor

Alates 1971 Tartu Ülikool: insener, vaneminsener, Teadusliku Uurimistöö Sektori juhataja, teadusprorektori asetäitja, rakendusmatemaatika laboratooriumi juhataja, vanemteadur, dotsent, professor, instituudi juhataja.

Aastatel 1999–2004 Eesti Statistikaseltsi president, ajakirjade Current Index to Statistics ja Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis toimetaja. International Statistical Institute valitud liige, Rahvusvahelise Bernoulli Ühingu European Regional Committee liige.

Avaldanud üle 60 teaduspublikatsiooni.

EELLUGU, TÄHISTUSED

Matemaatilise statistika eesmärk on teha vaatluste põhjal järeldusi ja otsustusi meid ümbritseva maailma kohta. Esmalt peame määratlema uuritava nähtuse. Järeldusi ja otsustusi selle nähtuse kohta teeme vaatluste ehk valimi põhjal. Vaatluste arvu n valimis nimetatakse valimimahuks. Me eeldame, et uuritavat nähtust kirjeldab p tunnusest koosnev juhuslik vektor x, mille tõenäosusjaotus P_x annab meile informatsiooni vaatluste võimalikust käitumisest: kui suure tõenäosusega paiknevad x väärtused mingis piirkonnas. Valimi tõenäosuslikud omadused on kirjeldatud juhusliku $p \times n$ – maatriksiga $X = (x_1, \ldots x_n)$, kus x_i on sõltumatud vektoriga x sama jaotusega juhuslikud p-vektorid, $x \sim P_x$. Klassikalise eelduse kohaselt on vektor x normaaljaotusega: $x \sim N(\mu, \Sigma)$, kus parameeter μ on keskväärtusvektor ja Σ on $p \times p$ dispersioonimaatriks, mis kirjeldab juhusliku vektori x hajuvust keskväärtuse suhtes.

On mitmeid nähtusi, mille tunnusvektorit normaaljaotus hästi kirjeldab. Aga väga tihti on normaaljaotuse eeldus kunstlik. Peapõhjus tema kasutamiseks on saadava matemaatilise mudeli lihtsus ja omaduste põhjalik läbitöötatus. Samal ajal võivad andmed normaaljaotusest tunduvalt erineda. Teatavasti võib aga valedest eeldustest lähtumine viia valede tulemusteni. Viimaste aastakümnete üks peamisi arengutendentse matemaatilises statistikas on suunatud normaaljaotuse eeldusest vabanemisele.

Selle saavutamiseks on mitmeid võimalusi, neist kolm on vaatluse all ka käesolevas tööde tsüklis:

- jaotuste lähendamine reaksarendustena,
- mitmemõõtmeliste ebasümmeetriliste jaotusperede kasutamine,
- koopulate teooria rakendamine.

Rahvusvahelise Tõenäosusteooria ja Matemaatilise Statistika Bernoulli Ühingu president Wilhelm van Zwet sõnastas 1986. aastal ühingu I kongressil kõige olulisema statistika arengusuunana asümptootiliste meetodite arendamise. Millega on tegemist?

Ka normaaljaotusest erineva jaotuse korral on keskväärtusvektor μ ja dispersioonimaatriks Σ informatiivsed: nad iseloomustavad andmete paiknemist ja hajuvust. Valimist leitud nihketa hinnangud neile suurustele on valimikeskmine

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

ja valimi dispersioonimaatriks

$$S = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})',$$

kus A' tähistab transponeeritud maatriksit A. Nende hinnangute suurepärane omadus on see, et ka siis, kui vaatlused x_i ise ei ole normaaljaotusega, on $\bar{x}$ ja S ikkagi kirjeldatavad normaaljaotusega, kui valimimaht n on suur. Sama omadus on ka $\bar{x}$ ja S enamkasutatavatel funktsioonidel. Seetõttu on väga paljude statistikameetodite korral tulemused kirjeldatavad normaaljaotusega suure valimimahu korral. Vastavat jaotust, mis tekib protsessis $n \to \infty$, nimetatakse asümptootiliseks normaaljaotuseks. Valimifunktsioonide asümptootiliste normaaljaotuste leidmisega hakati intensiivselt tegelema 1970ndatel aastatel, ka Tartus tekkis see uurimissuund 1970ndate teisel poolel. Paraku ei anna asümptootiline normaaljaotus kaugeltki alati praktikas rakendatavat tulemust. Väga ebasümmeetrilise jaotusega vaatluste x_i korral on koondumine normaaljaotuseks aeglane, samuti sõltub koonduvuskiirus funktsioonist, mille jaotust leitakse. Ka tuhandetesse ulatuv valimimaht ei ole mõnikord piisav praktikas kasutatava lähendi saamiseks. Samas on vaja rakendada statistilisi meetodeid ka olukorras, kus valimimaht on mõnikümmend. Tekib küsimus, kas on võimalik korrigeerida asümptootilist normaaljaotust selliselt, et võttes arvesse andmetes leiduva informatsiooni paiknemise, hajuvuse, ebasümmeetria ja keskväärtusest kaugel paiknevate vaatluste osakaalu kohta, saame tunduvalt parema lähendi, kui seda on asümptootiline normaaljaotus ise. Osutub, et see idee on realiseeritav. Juba 1937. aastal konstrueeriti neid põhimõtteid silmas pidades seos kahe juhusliku suuruse tõenäosustiheduste ja jaotusfunktsioonide vahel [Cornish, Fisher, 1937]. Tundmatu keeruka jaotusega juhusliku suuruse

Y tõenäosustihedus $f_Y(x)$ avaldub tuntud jaotusega juhusliku suuruse X tõenäosustiheduse $f_X(x)$ kaudu reaksarendusena järgmiselt:

$$f_Y(x) = f_X(x) + a_1 f_X^{(1)}(x) + a_2 f_X^{(2)} + a_3 f_X^{(3)} + \ldots, \qquad (1)$$

kus $f_X^{(i)}(x)$ tähistab tiheduse $f_X(x)$ i-ndat järku tuletist ja kordaja a_i avaldis sisaldab kuni i-ndat järku momentide vahesid. See tähendab, et a_1 sisaldab keskväärtuste vahet $EY - EX$, a_2 võtab arvesse dispersioonide erinevuse $DY - DX$, a_3 võtab arvesse ebasümmeetriat sisaldades kolmandat järku momentide vahet jne.

See, kas saadud $f_Y(x)$ esitust $f_X(x)$ kaudu saab ka lähendina kasutada, sõltub konkreetsest juhuslikust suurusest Y. Juhul kui Y rollis on valimikeskmine, valimidispersioon või nende funktsioon ja X jaotusena kasutame asümptootilist normaaljaotust, kahanevad liidetavad reaksarenduses $n^{-1/2}$ astmetena ja esituse (1) esimesed liikmed annavad meile $f_Y(x)$ jaoks teatud järku lähendi.

Tartus hakkas asümptootiline statistika arenema 1970ndate teisel poolel just mitmemõõtmeliste valimifunktsioonide koonduvuse uurimisega (T. Kollo, A.-M. Parring, E. Saar, E.-M. Tiit). Seega sattusime aktuaalsele uurimistemaatikale kümmekond aastat enne selle väljatoomist ühe statistika arengu põhisuunana. See andis teatud edumaa ja äratas huvi ka mujal maailmas. Siiski õnnestus alles 40 aastat pärast Cornishi ja Fisheri [1937] tööd leida analoogiline tihedustevaheline seos mitmemõõtmelisel juhul [Traat, 1986]. See sai võimalikuks tänu maatriksalgebra vahendite kasutamisele, millega 1970ndatel tuletati Tartu rühma poolt erinevate $\bar{x}$ ja S funktsioonide asümptootilisi normaaljaotusi. Kolm olulist mõistet, mille süstemaatilisel kasutamisel põhineb tänapäeva mitmemõõtmelise statistilise analüüsi esitus, on olemuselt lihtsad:

- vec-operaator,
- otsekorrutis,
- maatrikstuletis.

Vec-operaator teisendab $p \times q$ – maatriksi A veergude üksteise alla asetamise teel pq – vektoriks vec$A$.

Maatriksite A ja B otsekorrutis $A \otimes B$ on plokkmaatriks, mis koosneb plokkidest $a_{ij}B$.

Maatrikstuletis $\dfrac{dY}{dX}$ on osatuletistest $\dfrac{\partial y_{kl}}{\partial x_{ij}}$ koosnev maatriks, kus osatuletised on järjestatud vec-operaatori ja otsekorrutise abil määratud struktuuri kohaselt.

Need kolm mõistet on omavahel orgaaniliselt seotud ja maatrikstehnika abil õnnestuski võrdus (1) üle kanda mitmemõõtmelisele juhule. Saadud võrduses

asendusid tavalised tuletised maatrikstuletistega, tavaline korrutamine otsekorrutisega ja vec-operaator teisendas maatriksid vektoriteks.
Kahjuks ei lahenda paljusid probleeme ka võimalus lähendada huvipakkuvat p-mõõtmelise jaotuse tõenäosustihedust lihtsama p-mõõtmelise jaotuse tihedusega. Statistiliste otsustuste puhul on vaja hinnata selliste suuruste nagu maatriksi S jälje, determinandi, omaväärtuste ja omavektorite jaotust. Need on reeglina juhuslikud suurused või väiksemamõõtmelised juhuslikud vektorid, kui seda on vektor x või maatriks S. Oleks hea, kui saaksime nende juhuslike suuruste või vektorite jaotuse kirjeldamisel ära kasutada kogu valimis oleva informatsiooni. Artiklis Kollo ja von Rosen [1998] on leitud üldine seos, mille abil saab väiksemamõõtmelist tundmatut tõenäosustihedust esitada reaksarendusena suuremadimensionaalse kaudu. Matemaatiliselt avaldub see seos võrduse (1) analoogina. Lisandunud on võimalus lähendada tihedust $f_Y(y)$ tiheduse $f_X(x)$ kaudu nii, et tiheduste argumendid on erinevad.

LÄHENDAMINE REAKSARENDUSENA

Tööde tsükli esimene teemadering puudutab tundmatu jaotuse lähendamist reaksarendusena teise lihtsama jaotuse kaudu. Ülalkirjeldatud seosest kahe eridimensionaalse tõenäosustiheduse vahel kasvas välja monograafia [Kollo, von Rosen, 2005], mis on vaadeldavas tööde tsüklis keskse kohal. Raamatu esimeses peatükis on esitatud põhjalik ülevaade kasutatavast maatriksaparatuurist ja võreteooriast, kus autoritepoolsed tulemused on seotud eeskätt maatrikstuletise ja kujundmaatriksitega. Viimaste puhul on tegemist maatriksitega, kust osa elemente on välja jäetud. Saadud mõiste võimaldab eraldada maatriksitest korduvad ja konstantsed elemendid, mis on oluline maatrikstuletise rakendamisel sümmeetrilistele ja korrelatsioonimaatriksi tüüpi maatriksitele. Viimased sisaldavad ka konstante lisaks sümmeetriale. Ka raamatu teine peatükk on lähenduste seisukohalt vaadates ettevalmistava iseloomuga, samas sisaldab ta hulgaliselt uusi tulemusi. Selles on esitatud olulisemad mitmemõõtmelised ja maatriksjaotused, mida kasutatakse töö kolmandas ja neljandas peatükis. Pearõhk on siin maatriks-normaaljaotuse ja Wisharti jaotuse omaduste kirjeldamisel, esitatud on ka ülevaade elliptilistest jaotustest, mis üldistavad normaaljaotust. Leitud on kõigi uuritud jaotuste esimeste momentide avaldised ja tuletatud on edaspidi arendustes kasutatavad Hermite maatrikspolünoomid.

Jaotuste, eeskätt tihedusfunktsioonide, lähendamisega tegeleb kolmas peatükk. Siin on tuletatud asümptootilised normaaljaotused põhiliste mitmemõõtmeliste valimifunktsioonide, sealhulgas hinnangute $\bar{x}$ ja S funktsioonide jaoks, esitatud on üldine seos kahe mitmemõõtmelise tihedusfunktsiooni vahel ja rakendatud seda juhul, kui lähendavaks jaotuseks on nii normaaljaotus kui ka Wisharti jaotus. Samuti on leitud lähendid uuritavale tihedusele kahe mitmemõõtmelise normaaljaotuse segu kaudu. Valimi dispersioonimaatriksi kõrval on valimi korrelatsioonimaatriks teine väga oluline vaatluste funktsioon, millel põhine-

vad paljud mitmemõõtmelise analüüsi meetodid. Korrelatsioonimaatriksi jaotusele on leitud lähendid normaaljaotuse ja Wisharti jaotuse kaudu. Need tulemused on avaldatud artiklis Kollo, Ruul [2003].

Üks statistikameetodite eesmärke on tunnustevaheliste seoste kindlakstegemine ja andmetes leiduva informatsiooni kokkusurumine mitmesuguste mudelite konstrueerimise teel. Kõige levinumaks statistikamudeliks on lineaarne mudel, mis püüab kirjeldada andmeid lineaarse funktsiooni abil. See mudel on klassikaliseks mudeliks juhul, kui vaatlused on sõltumatud. Laialt kasutatavatest mudelitest kuuluvad lineaarsete mudelite hulka näiteks regressioonanalüüs ja dispersioonanalüüs. Statistilisi mudeleid on vaja konstrueerida aga ka olukorras, kus on tegemist sõltuvate vaatlustega. Üheks tüüpolukorraks on juhtum, kus sama objekti on ajas korduvalt mõõdetud. Sel juhul on tegemist nn üldiste lineaarsete mudelitega, mis erijuhul on tuntud kui kasvukõvera mudelid. Kasvukõvera mudeliga esitatakse vaatluste p x n-maatriks X järgmise seosega:

$$X = ABC + \Sigma^{1/2} E,$$

kus $A : p \times q$ ja $C : k \times n$ on teadaolevad konstantsed maatriksid ning $B : q \times k$ ja $\Sigma : p \times p$ tundmatud parameetermaatriksid, mida tuleb hinnata. Maatriks $E : p \times n$ on normaaljaotusega juhuslike vigade maatriks.

Lineaarse mudeli korral on üks maatriksitest, A või C, võrdne ühikmaatriksiga. Kui lineaarsete mudelite omadused on hästi teada, siis teise konstantse nn disainimaatriksi lisamine mudelisse komplitseerib olukorda märgatavalt. Kirjandusest on teada maatriksite B ja Σ suurima tõepära meetodi hinnangud [Khatri, 1966], kuid nende hinnangute tõenäosuslik käitumine vajas uurimist. Raamatu Kollo ja von Rosen [2005] neljas peatükk on pühendatud üldiste lineaarsete mudelite kirjeldamisele. Siin on põhjalikult esitatud nii klassikaline kasvukõvera mudel kui ka teised üldised lineaarsed mudelid. Ühtlasi on selle peatüki tulemuste näol tegemist ka eelmistes osades esitatud teooria mittetriviaalsete rakendustega. Leitud on parameetermaatriksi B hinnangu tõenäosustiheduse lähend normaaljaotuse kaudu, mis osutus üllatavalt täpseks (järku n^{-2}). Lähem analüüs näitas [Kollo, Roos 2005; Kollo jt, 2007], et saadud lähendi näol on tegemist nn elliptiliste jaotuste klassi kuuluva kahe jaotuse: normaaljaotuse ja Kotzi jaotuse seguga. Samuti on leitud teise parameetermaatriksi Σ hinnangu tõenäosustihedusele lähend reaksarendusena Wisharti jaotuse kaudu.

MITMEMÕÕTMELISED EBASÜMMEETRILISED JAOTUSED

Teine tee ebasümmeetriliste mitmemõõtmeliste jaotuste lähendamiseks on ebasümmeetriliste jaotuste perede kasutamine. Kuni 1990ndate keskpaigani selline võimalus praktiliselt puudus – peale mitmemõõtmelise normaaljaotuse teisi võimalusi juhusliku vektori jaotuse kirjeldamiseks polnudki, kui oli vaja jaotuses arvesse võtta ka tunnustevahelisi sõltuvusi. Viimase kümne aasta jooksul on selles valdkonnas aga toimunud tõsine murrang. Kasutusele on võe-

tud mitmed uued jaotuste pered, mis võimaldavad modelleerida ka ebasümmeetrilisi andmeid. Neist esimene on ebasümmeetriline normaaljaotus, mis saadakse mitmemõõtmelisest normaaljaotusest deformeerimise teel [Azzalini, Dalla Valle, 1996]. Tema tõenäosustihedus on kujul

$$f_{SN}(x) = 2 f_{N(0,\Sigma)}(x)\Phi(\alpha' x),$$

kus $f_{N(0,\Sigma)}(x)$ on p-mõõtmelise normaaljaotuse $N(0,\Sigma)$ tihedus ja $\Phi(\bullet)$ standardse normaaljaotuse $N(0,1)$ jaotusfunktsioon.

Jaotusel on kaks parameetrit: hajuvust kirjeldav maatriks Σ: $p \times p$ ja kujuparameeter p-vektor α. Ebasümmeetrilise normaaljaotusega juhusliku vektori x tähistame $x \sim SN(\Sigma, \alpha)$. Tööde tsükli kolmes artiklis on arendatud teooriat ebasümmeetrilise normaaljaotuse kohta. Selle jaotuse kasutamise muudavad komplitseerituks raskused parameetrite hindamisel. Momentide meetod annab nihkega hinnangud ja suurima tõepära meetod võib viia valedele tulemustele. Esimeses artiklis [Dunajeva jt, 2003] on leitud parandusliige kujuparameetri α momentide meetodi hinnangule ja esitatud uus, senisest lihtsam simuleerimiseeskiri asümmeetrilisest normaaljaotusest väärtuste genereerimiseks. Teises artiklis [Gupta, Kollo, 2003] on leitud ebasümmeetrilise normaaljaotuse esimesed momendid ja konstrueeritud lähendusvalem tundmatu tõenäosustiheduse $f_Y(y)$ lähendamiseks reaksarendusena ebasümmeetrilise normaaljaotuse baasil ning kolmandas töös [Kollo, Selart, 2004] on rakendatud eelmise artikli tulemusi korrelatsioonikordaja ja korrelatsioonimaatriksi omaväärtuste jaotuste lähendamiseks.

Teine atraktiivne uus jaotuste klass on mitmemõõtmelised Laplace jaotused. See jaotus tõusis statistikute tähelepanu orbiiti Tomasz J. Kozubowski ja kaasautorite töödega 1990ndate teisel poolel [Kozubowski, 1997]. Raamat Kotz, Kozubowski ja Podgorski [2001] andis ülevaate tulemustest 2001. aasta seisuga. Selle jaotuse väärtus rakenduste jaoks peitub eelkõige võimaluses võtta ebasümmeetrilise jaotuse korral arvesse keskväärtusest kaugel asetsevaid väärtusi suurema tõenäosusega kui normaaljaotuse korral (nn raske sabaga jaotus). See teeb jaotuse eriti väärtuslikuks finantsandmete analüüsimisel. Nagu ebasümmeetriline normaaljaotus, nii ka mitmemõõtmeline Laplace jaotus moodustab kaheparameetrilise jaotuste pere. Üks parameeter – $p \times p$-maatriks Σ on hajuvusparameeter ja teine – p-vektor Θ on kujuparameeter. Mida suuremate väärtustega on Θ koordinaadid, seda ebasümmeetrilisem on jaotus. Samas on parameetrite hindamine komplitseeritud. Artiklis Kollo ja Srivastava [2004] võtsime kasutusele uue parametrisatsiooni Laplace jaotuse jaoks, mille korral sai parameetrite hindamisülesande lahendada. Samuti leidsime artiklis Laplace jaotuse esimeste momentide avaldised ja rakendasime saadud tulemusi hüpoteeside kontrollimiseks jaotuse parameetrite kohta.

STATISTILISED KOOPULAMUDELID

Kolmas võimalus tundmatu mitmemõõtmelise jaotuse kirjeldamiseks on koopulate teooria rakendamine. See teooria sai alguse artiklist Sklar [1959] ja arenes mõõduteooria osana aastakümneid ilma rakendusteta, kuni 1990ndate lõpul avastati tema väärtus finants- ja kindlustusandmete analüüsimiseks. Ülevaate koopulate teooriast leiab asjahuviline näiteks raamatust Nelsen [1999]. Kui senivaadeldud jaotuste perede korral juhusliku vektori koordinaadid on kõik sama tüüpi (normaaljaotusega, Laplace jaotusega jne), siis koopulate teooria annab võimaluse mitmemõõtmelise jaotuse modelleerimiseks ka juhul, kui koordinaadid on eri tüüpi jaotustega. Seejuures on võimalik arvesse võtta ka tunnustevaheline sõltuvus. Mis on koopula? Üks võimalus on seda defineerida ühtlase jaotusega juhuslike suuruste ühisjaotuse jaotusfunktsioonina. Kahemõõtmelisel juhul saab selgitada koopula seost suvalise kahe juhusliku suurusega järgmiselt. Olgu U ja V standardse ühtlase jaotusega juhuslikud suurused: $U,V \sim U(0,1)$ ning X ja Y rangelt monotoonselt kasvavate pidevate jaotusfunktsioonidega $F_X(x)$ ja $F_Y(y)$. Kasutades tõsiasja, et $F_X(X)$ ja $F_Y(Y)$ on ühtlase jaotusega $U(0,1)$, saame X ja Y ühisjaotusfunktsiooni $F_{X,Y}(x,y)$ esitada koopula $C(u,v)$ kui U ja V jaotusfunktsiooni kaudu järgmiselt:

$$F_{X,Y}(x,y)=P(X\le x,Y\le y)=P(F_X(X)\le F_X(x),F_Y(Y)\le F_Y(y))=P(U\le u,V\le v)=C(u,v),$$

kus $u = F_X(x)$ ja $v = F_Y(y)$.

See tähendab, et juhuslike suuruste X ja Y ühisjaotus on esitatav koopulana, kusjuures sama väärtusega on ka monotoonset sõltuvust kirjeldavad korrelatsioonikordajad U ja V ning X ja Y vahel. Probleem seisneb siin selles, et erinevaid koopulate peresid on väga palju ja nende hulgast sobivaima leidmine ei ole lihtne. Kahjuks ei ole seni leitud üldist lähenemisviisi parima koopula leidmiseks, mudelite konstrueerimine seisneb eelkõige paljude erinevate perede sobitamises andmetele ja nende hulgast parima valimises. Vaadeldavas tööde tsüklis modelleeritakse artiklis [Kollo, Pettere, 2006] koopulate abil kindlustusfirma vajalikke reserve liikluskindlustuse korral toimunud, aga veel teatamata kahjude jaoks.

KIRJANDUS

Azzalini, A., Dalla Valle, A. (1996). The multivariate skew normal distribution. Biometrika, 83, 715-726.

Cornish, E. A., Fisher, R. A. (1937). Moments and cumulants in the specification of of distributions. Int. Stat. Rev., 5, 307-322.

Dunajeva, O., Kollo, T., Traat, I. (2003). Bias correction for the shape parameter of the skew normal distribution. Tatra Mt. Math. Publ., PROBASTAT'02, Part II, 26, 281-289.

Gupta, A. K., Kollo, T. (2003). Density expansions based on the multivariate skew normal distribution. Sankhya, 65, 821-835.

Khatri, C. G. (1966). A note on manova model applied to problems in growth curve. Ann. Inst. Stat. Math., 18, 75-86.

Kollo, T. Pettere, G. (2006). Copula models for estimating outstanding claim provisions. Liski, E. P., Isotalo, J., Niemelä, J., Puntanen, S., Styan, G. P. H. (eds.). Festschrift for Tarmo Pukkila on His 60th Birthday. University of Tampere, Tampere, 115-125.

Kollo, T., Roos, A. (2005). On Kotz-type elliptical distributions. Fan, J., Li, G. (eds.). Contemporary Multivariate Analysis and Design of Experiments. World Scientific, New Jersey, 159-170.

Kollo, T., Roos, A., von Rosen, D. (2006). Approximation of the distribution of the location parameter in the Growth Curve model. Scand. J. Stat., 16 pp. (accepted)

Kollo, T., von Rosen, D. (1998). A unified approach to to the approximation of multivariate densities. Scand. J. Stat., 25, 93-109.

Kollo, T., von Rosen, D. (2005). Advanced Multivariate Statistics with Matrices. Springer, Dordrecht.

Kollo, T., Ruul, K. (2003). An approximation to the distribution of the sample correlation matrix. J. Multivariate Anal., 85, 318-334.

Kollo, T., Selart, A. (2004). Density expansions for correlations and eigenvalues of the covariance matrix. Acta et Comm. Univ. Tartuensis Math., 8, 155-168.

Kollo, T., Srivastava, M. S. (2004). Estimation and testing of parameters in multivariate Laplace distribution. Comm. Stat. Theory Meth., 33, 2363-2387.

Kozubowski, T. J. (1997). Characterization of multivariate geometric stable distributions. Statistics & Decisions, 15, 397-416.

Kotz, S., Kozubowski, T. J., Podgorski, K. (2001). The Laplace Distribution and Generalizations. A Revisit with Applications to Communications, Economics, Engeneering and Finance. Birkhäuser, Boston.

Nelsen, R. B. (1999). An Introduction to Copulas. Springer, New York.

Sklar, A. (1959). Fonctions de répartition à n dimensions et leurs marges. Publications de l'Institut de Statistique de l'Universit de Paris, 8, 229-231.

Traat, I. (1986). Matrix calculus for multivariate statistics. Acta et Comm. Univ. Tartuensis, 733, 64-84.

Teaduspreemia keemia ja molekulaarbioloogia alal teadustööde tsükli "Elektromigratsioonilised meetodid bioprotsesside analüüsis" eest

Mihkel Kaljurand (kollektiivi juht, esimene vasakult)

Sündinud 3.07.1945 Rakveres

1963	Rakvere I Keskkool
1973	Tartu Ülikool, füüsika-keemiateaduskond
1973	Eesti Teaduste Akadeemia Keemia Instituut: nooremteadur, osakonnajuhataja
1979	keemiakandidaat, Leningradi Riiklik Ülikool
1990	keemiadoktor, NSVL TA Füüsikalise Keemia Instituut
1991	Eesti Vabariigi teaduspreemia (koos M. Koeli ja E. Küllikuga) töödetsükli "Kompuuterkromatograafia" eest
1995	Tallinna Tehnikaülikooli alus- ja rakenduskeemia instituut, professor
1995	NASA, NRC uurija
2002	Carbondale Ülikool, USIS Fulbrighti stipendium
2002	Tallinna Tehnikaülikooli keemiainstituut, professor

Avaldanud rohkem kui 85 teaduspublikatsiooni.

Mihkel Koel (kolmas vasakult)

Sündinud 18.09.1949 Saaremaal

1967 Orissaare Keskkool
1972 Tartu Ülikool, füüsika-keemiateaduskond
1989 keemiakandidaat, Leningradi Riiklik Ülikool
1974 Eesti Teaduste Akadeemia Keemia Instituut: insener, nooremteadur, teadur, vanemteadur
1991 Eesti Vabariigi teaduspreemia (koos M. Kaljuranna ja E. Küllikuga) töödetsükli "Kompuuterkromatograafia" eest
2002 Tallinna Tehnikaülikooli matemaatika- ja loodusteaduskond: vanemteadur, juhtivteadur
2002 Los Alamose Rahvuslik Laboratoorium, USIS Fulbrighti stipendium
2006 Valgetähe IV klassi teenetemärk

Avaldanud enam kui 65 teaduspublikatsiooni.

Merike Vaher (teine vasakult)

Sündinud 5.06.1955 Tartus

1973 Fr. R. Kreutzwaldi nim Võru I Keskkool
1978 Tartu Ülikool, füüsika-keemiateaduskond
1977 Tartu Ülikool, insener
1978 Eesti Teaduste Akadeemia Keemia Instituut: insener, teadur
1987 Eesti NSV riiklik preemia kollektiivi liikmena (A. Aaviksaare juhtimisel) töö "Puhtad biopreparaadid looduslikust toorainest: uurimine ja tootmistehnoloogiad" eest
1999 loodusteaduste magister, TTÜ
2002 loodusteaduste doktor, TTÜ
2002 Tallinna Tehnikaülikool, vanemteadur

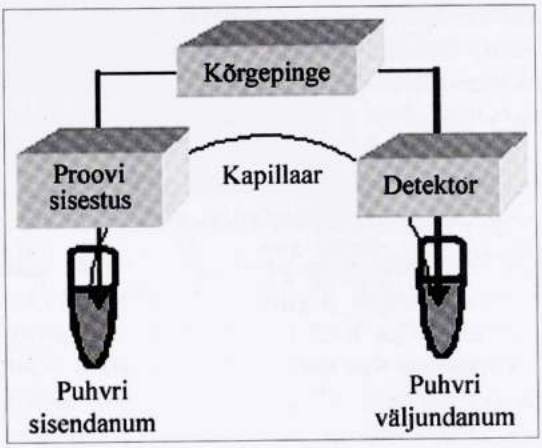
Avaldanud rohkem kui 35 teaduspublikatsiooni.

Kaasaegses analüütilises keemias toimuvad muutused sama kiirelt kui paljudes teistes teadusvaldkondades. Uute teadmiste integreerimine analüütiliste meetodite arendamisse peab olema iga uurimisrühma eesmärk. Käesoleval juhul on valdkonnaks lahutusmeetodid analüütilises ja bioanalüütilises keemias ning vahendiks elektroforees. Grupi töö on seotud lahenduste otsimisega elektroforeesiga seonduvatele probleemidele, püüdes pakkuda uusi rakendusi elektromigratsioonil põhinevatele meetoditele. Üheks oluliseks eesmärgiks on vähendada orgaaniliste lahustite kasutamist ja juurutada alternatiivseid, ohutuid lahusteid analüüsi praktikasse. Aparatuuri miniaturiseerimise ja mitme lahutusmeetodi ühendamisega saavutatakse sünergia, mis võimaldab arendada väga aktuaalseid, kuid samas komplitseeritud metaboloomika- jt bioproovide selektiivseid ja tundlikke analüüsimeetodeid. Paljudel juhtudel on seejuures võimalik saada märgatavalt efektiivsemaid analüütilisi lahendusi kui seda suudavad pakkuda laialt levinud kromatograafilised meetodid. Käesoleval juhul ühilduvad edukalt analüüsi jaoks vajalikud meetodi usaldusväärsus, täpsus ning saavutatakse aja kokkuhoid seoses jääkide tekkimise olulise vähenemisega.

UURIMUSE ÜLDTEOREETILINE TAUST, PROBLEEMI PÜSTITUS JA UURIMISTEMAATIKA

Elektroforeesi instrumentaalne variant: kapillaarelektroforees (KE) on kaasajal omandamas üha suuremat populaarsust. Kontseptuaalselt on KE aparatuur triviaalne (joonis 1), koosnedes kõrgepingeallikast, elektroodidest, mis paiknevad puhvri anumates, detektorist ja kvartskapillaarist. Sobiva puhverlahusega täidetud kapillaarile rakendatakse kõrgepinge. Kui kapillaari on viidud kitsas tsoon uuritavat segu, siis tänu segu komponentide erinevatele elektroforeetilistele liikuvustele lahutub esialgse segu tsoon üksikute komponentide tsoonideks. Need erinevad tsoonid detekteeritakse tavaliselt spektroskoopiliselt. Elektroforeesi nähtus on tuntud juba sadakond aastat ja ka kapillaarelektroforeesi seadmeid on konstrueeritud alates möödunud sajandi 50ndatest aastatest, kuid alles J. Jorgensoni poolt kasutusele võetud väikese sisediameetriga (0,1 mm) kapillaarid tõid läbimurde meetodi kasutamisel.

Tol ajal veel teoreetilised ülalnimetatud eelised olidki põhjuseks, miks kümmekond aastat tagasi otsustati KE meetodi võimalusi uurima hakata Eesti TA Keemia Instituudi analüütilise keemia osakonnas (praeguses TTÜ matemaatika-loodusteaduskonna keemiainstituudi analüütilise keemia õppetoolis). Nüüd võib kindlalt väita, et KE valdkonnas on tekkinud märkimisväärne kompetents: meetodit õpetatakse bakalaureuseõppe üliõpilastele, on kaitstud loodusteaduste doktori kraade ning toimub tihe koostöö mitme Eesti ja välismaa teadusorganisatsiooniga. Uurimistöö temaatika on kümne aasta jooksul teisenenud esialgsest meetodi instrumentaalsete aspektide omandamisest kapillaari sees toimuvate protsesside uurimisele, eriti kapillaar-elektroforeesi uute rakendusvõimaluste otsimisele.



Joonis 1.
Kapillaarelektroforeesi põhimõtteline skeem.

Püstitatud programmi realiseerimise käigus tõusid esile seatud ülesannete lahendamiseks kõige enam sobivad uurimissuunad: (i) kapillaarelektroforees ja kapillaar-elektrokromatograafia (KEK) kui uus ja arenev analüütiline tehnika, (ii) proovi ettevalmistus, kasutades keskkonnasõbralikke lahusteid. Kombineerides komputeriseerimist ja miniaturiseerimist meetodite arenduses, oli paljudel juhtudel võimalik saada märgatavalt efektiivsemaid analüütilisi lahendusi, kui seda on võimelised pakkuma laialt levinud vedelik-kromatograafia ja mass-spektromeetria.

PÕHILISED UURIMISTULEMUSED

Töögrupp on saavutanud olulisi läbimurdeid kolmes omavahel seotud valdkonnas:

- KE instrumentaariumi ja lahutusprotokollide arendamisel;
- KE rakendamisel bioprotsesside seireks ja reaktsioonide kineetika mõõtmiseks;
- alternatiivsete solventide kasutamisel bioproovide töötlemiseks ja KE analüüsiks.

Analüüsimeetodite arendamine ja aprobeerimine on toimunud koostöös TTÜ keemiainstituudi teiste õppetoolidega, mitmete TTÜ instituutidega, KBFI bioenergeetika töörühmaga, TÜ arstiteaduskonna biokeemia õppetooliga, TÜ Pärnu Kolledžiga ja Stockholmi Ülikooli biofüüsika instituudiga.

KE INSTRUMENTAARIUMI ARENDAMINE

Esiplaanil on olnud proovi automaatsete, arvuti poolt juhitavate sisestusseadmete väljatöötamine. Tänu töögrupi varasemale kogemusele kompuuter-kromatograafia väljatöötamisel ja arendamisel on konstrueeritud pneumaatiline automaatdosaator, mille juurutamise ja edasiarenduse käigus töötati läbi rida komputeriseeritud proovisisestuse valdkonna teoreetilisi aspekte kapillaar-

elektroforeesi jaoks ja pakuti mittetraditsiooniliste proovisisestusrežiimide baasil uudseid praktilisi lahendusi. KEs lahutatavate nanoliitri suurusjärgus olevate ainekoguste automaatne sisestamine kapillaari ei ole lihtne ülesanne ja paradoksaalsel kombel on kõige lihtsam võimalus väikseid proovi koguseid sisestada käsitsi. See ei ole aga vastuvõetav automatiseeritud seire korral. Suure hulga proovide käsitsi sisestamine, mis tihti peab toimuma keerulise ajalise programmi järgi, ei ole võimalik kergesti tekkivate inimlike eksimuste tõttu.

Üheks originaalseks võimaluseks proovi sisestamiseks on füüsikast tuntud kiirete protsesside jälgimiseks mõeldud stroboskoopilise sisestuse tehnika, mis võimaldab ka KEd kasutada kiirete (lahutuse ajaga võrreldes) reaktsioonide uurimiseks. Stroboskoopilise sisestuse meetod seisneb selles, et reagendid segatakse kiiresti kapillaari ees, surutakse rõhu toimel kapillaari ja lastakse seal reageerida. Pärast etteantud inkubatsiooniaja möödumist rakendatakse kapillaarile kõrgepinge, mis reaktsioonisegu kiiresti (5 s jooksul) lahutab. Elektroferogrammidelt mõõdetud piikide pindalad annavad ühe konkreetse punkti reaktsiooni komponentide kontsentratsioonide ajalise muutuse graafikult. Protseduuri korratakse erinevate inkubatsiooniaegadega, kuni kontsentratsioonikõveratele saadakse piisavalt punkte selleks, et üksikute komponentide reaktsiooni kiiruskonstandid välja arvutada. Töögrupi poolt on välja töötatud KE tingimustele vastavad dosaatori lülitusprotseduurid ja ajalised jadad ning uuritud erinevaid suhteliselt kiireid keemilisi reaktsioone. Nimetatud meetod andis informatsiooni üksikute reaktsiooni komponentide (nii reagendid kui ka produktid) käitumise kohta, mida ei ole võimalik saada traditsiooniliste spektromeetriliste testide korral. Stroboskoopilise sisestuse kasutamine võimaldas lahendada olulise vedelikkromatograafia-kapillaarelektroforeesi ühendamise probleemi, kusjuures liidesena mõlema tehnika vahel kasutati pneumaatilist sisendseadet. Nimetatud pneumoseade on rakendatav KE-elektropihustus-MS analüüsi korral ja võimaldab KEs töötada tingimustes, kus mõlemad kapillaari otsad on pidevalt kõrgepinge all.

Eelnevale lisaks pakuti lahendusi mikroliitriliste proovikoguste automaatsisestuseks, mis on erakordselt olulised piiratud kogustega bioproovide korral.

Bioprotsesside KE seire

Mõned tõsiasjad – (i) bioreaktori sisu või kehavedelikud on keerukas segu, mis ei sobi otsesisestamiseks 10–75 μm siseläbimõõduga kapillaari, (ii) elektroforees klassikalisel kujul on suhteliselt aeglane lahutusmeetod, mis on olnud takistuseks kapillaarelektroforeesi kasutamisel kiiremate bioprotsesside seireks, hoolimata suurest efektiivsusest ja lihtsusest.

Uute analüüsitehnikate kasutuselevõtmisega koostöös erinevate uurimisgruppidega on saadud märkimisväärseid tulemusi mitmesuguste protsesside uurimisel.

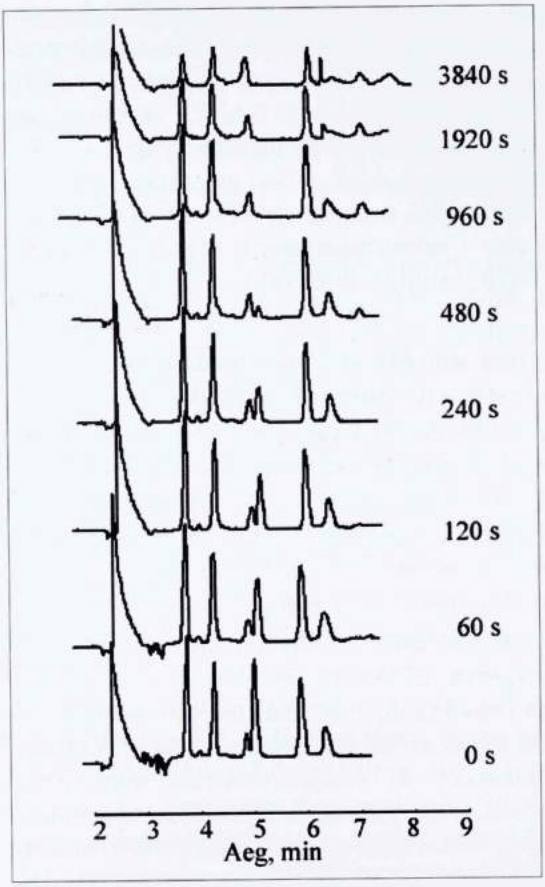
Adenosiintrifosfaadi (ATP) konversioon adenosiindifosfaadiks (ADP), kasutades ensüümina nii heksokinaasi kui ka katselooma lihaskiude (*Gastrocnemius*), on juba pikka aega pakkunud suurt huvi bioenergeetilistes uuringutes. Viies läbi erinevatel tingimustel adenosiintrifosfaadi (ATP) ensümaatilise konversiooni adenosiindifosfaadiks (ADP), õnnestus demonstreerida, et KE lubab ühemõtteliselt eraldada ATP signaali ADP omast ja uurida protsessi laiemas ATP kontsentratsioonide vahemikus, mida ei ole võimaldanud senised vedelik-kromatograafilised meetodid. Uurimistulemusena selgus, et lihases toimuvate protsesside kineetika võib osutuda erinevaks sellest, mida seni arvati.

Uuriti KE kasutamise võimalusi uute antioksüdantsete omadustega sünteetiliste tetrapeptiidide analüüsiks ja nende aktiivsuse määramiseks. Jälgiti oksüdatsiooniprotsessi käigus redutseeritud vormide üleminekut oksüdeeritud vormideks. Seejuures toimus analüüs ilma proovi keemilise modifitseerimiseta, väga selektiivselt, nõudes oluliselt väiksemat proovi kogust võrreldes vedelik-kromatograafiaga. KE mõõtmistes jälgiti nii reagentide kadu kui ka produktide teket. Selle põhjal arvutati reaktsioonide kiiruskonstandid, mille kaudu oli võimalik hinnata erinevate peptiidide antioksüdatiivsust.

Paljude taimede marjad sisaldavad polüfenoole, mis on tuntud oma bioloogilise aktiivsuse poolest ja on tugevad antioksüdandid. Nende uurimine pakub suurt huvi funktsionaalse toidu lisandite tegeliku väärtuse hindamisel, sest polüfenoolide omavahelised suhted erinevad üksikute taimede puhul oluliselt. Ferogrammide analüüsil tehti kindlaks, et marjaekstraktide summaarne antioksüdatiivsus korreleerub praktiliselt lineaarselt polüfenoolide summaarse kontsentratsiooniga ekstraktis. Seega lubab KE meetod selektiivselt hinnata erinevate ühendite panust ekstrakti antioksüdatiivsusesse. Uuriti taimsete polüfenoolide antioksüdatiivset potentsiaali, viies vastava reaktsiooni läbi sama, lahutamiseks kasutatava kapillaari sees. Stroboskoopiline sisestus võimaldas jälgida nende polüfenoolide segu oksüdatsioonireaktsioonis H_2O_2-ga, reagentide/produktide koostist sõltumatult analüüsi ajast ning hinnata segu erinevate komponentide reaktsioonikiirusi üheainsa katse käigus. Antud oksüdatsioonireaktsiooni illustreerib joonis 2, millelt on näha astelpajuekstraktis sisalduvate antioksüdantide kadumine ja oksüdatsiooniproduktide tekkimine.

Märkimist vääriv tähelepanek oli kvertsetiini suur antioksüdatiivsus ja sünergeetilised efektid tema oksüdeerumisel koos askorbiinhappe ja kohvhappega.

Pneumosisendist ja membraansondist koosnevat süsteemi kasutati vetikate ja veekogudes lahustunud orgaanilise ainega (humiinainega) toimuvate protsesside jälgimiseks. Metallide ja humiinainete vastasmõju kineetikat uuriti kapillaari sees, viies reaktsiooni läbi elektrivälja toimel. Selgitati, et humiinainetes on vähemalt kahte tüüpi tsentreid, mille vastasmõjumehhanismid metallidega on oluliselt erinevad.



Joonis 2.
Polüfenoolide oksüdatsiooni kineetika seire, kasutades stroboskoopilist proovi sisestust. Piigid on migratsiooniaja kasvu järgi järgmised: vesinikperoksiid, rutiin, klorogeenhape, *p*-kumaarhape, kvertsetiin, kohvhape, gallushape.

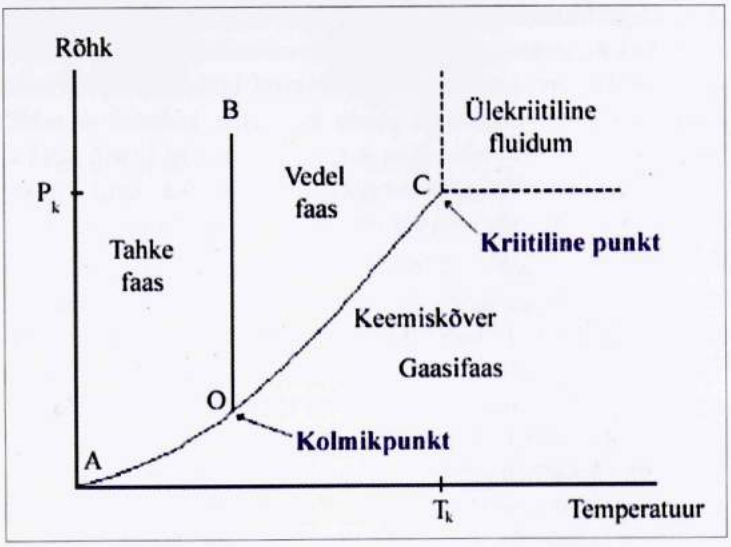
Numbrid paremal kõrval näitavad inkubatsiooniaega.

ALTERNATIIVSED LAHUSTID

Keskkonnasõbralikkus on muutumas loomulikuks standardiks ka keemias, mis tähendab keemilises analüüsis alternatiivsete lahustite juurutamist analüüsi praktikasse. Alternatiiviks võib siin osutuda ka tuntud lahusti kasutamine teises olekus – ülekriitilises olekus.

Iga aine olekudiagrammil (joonis 3) on vedeliku ja aurufaasi tasakaalukõveral, st keemiskõveral olemas lõpp-punkt – kriitiline punkt, kust algab ülekriitiline piirkond. Kriitilises punktis on vedelik ja selle aur eraldamatud ning on kadunud erinevus vedela ja gaasilise oleku vahel.

Ülekriitilises olekus on võimalik lahusti omadusi reguleerida gaasi-sarnasest kuni vedeliku-sarnaseni, muutes rõhku ja/või temperatuuri, ning fluidumi jaoks on võimalikud sellised vahepealsed tihedused, mida ei saavutata kriitilisest madalamatel rõhkudel ja temperatuuridel. Kriitilise punkti ümbruses vastavad väikestele rõhu- ja temperatuurimuutustele suured muutused fluidumi



Joonis 3. Põhimõtteline aine oleku diagramm.

tiheduses ja ka muudes füüsikalistes omadustes, nagu viskoossus, difusioon, dielektriline läbitavus, soojusjuhtivus jms.

Ülalöeldust on näha, et ülekriitiliste fluidumite omadused on tavalistest lahustitest erinevad. See asjaolu võib anda eelised nende kasutamisel ekstraktsioonil või reaktsioonikeskkonnana, kuna kombineeruvad gaasi-sarnased massi ülekandeomadused ja vedeliku-sarnased lahustamise omadused.

Kõige keskkonnasõbralikemateks aineteks selliste meetodite arendamiseks on süsihappegaas – CO_2 ja vesi – H_2O. Pidades silmas ülekriitilises olekus CO_2 kasutamist, saame eriti ekstraktsiooni juures olulise eelise: protseduur lahusti eraldamiseks on väga lihtne. CO_2 on normaaltingimustel gaas ning selle eraldamine ekstraktist toimub lihtsalt normaaltingimustele üleminekuga.

Uurimisgrupp on omandanud suure kogemuse ülekriitilise CO_2 kasutamiseks looduslike materjalide töötlemisel. Ülekriitilist CO_2 kasutatakse suures ulatuses taimse materjali ekstraheerimisel, kuna võimaldab hoiduda klassikaliste meetodite puudustest, nagu termiline lagunemine, hüdrolüüs, lahusti jäägid. Näidati, et ülekriitiline CO_2 on heaks lahustiks teatud polüfenoolsetele ühenditele, mis võivad osutuda toiduainetetööstusele nii vajalike looduslike antioksüdantide allikaks. Seda tööd täiendati ka muudes protsessides kasutatavatele orgaanilistele lahustitele asendajate otsimisega.

Kui vesi ja süsinikdioksiid on väga tuntud ained ja ka nende käitumist kõrgetel rõhkudel ja temperatuuridel hakati uurima juba kaua aega tagasi, siis viimasel ajal peaaegu kõik keemia ajakirjad vallutanud ioonsed vedelikud on üsna kaasaegne avastus.

Kui ülekriitilises olekus ainete puhul nende kui lahustite omaduste muutmiseks saab kasutada temperatuuri ja rõhu muutmist, siis ioonsete vedelike puhul räägitakse rohkem keemilise varieerimise võimalustest. Vedelaid sooli on lihtne valmistada ja varieerida nende keemilist koostist – eraldi anioonset ja katioonset osa. Tulemuseks on muidugi erinevad ained, kuid suhteliselt lähedaste füüsikalis-keemiliste omadustega. Vaadeldes neid ühtse vedelate soolade klassina, võib siiski rääkida omaduste varieerimisest klassi piires.

Uurimisgrupp lööb aktiivselt kaasa toatemperatuuril vedelate soolade ehk ioonsete vedelike uurimisel – nende omaduste määramisel ja kasutamisvõimaluste leidmisel. Töörühmas on sünteesitud mitmeid imidasoolium-katioonil põhinevaid ioonseid vedelikke. Teema läbitöötamisel on uurimisrühm saavutanud märkimisväärse kompetentsi ning olnud pioneeriks maailmas alküülimidasoolium-soolade omaduste uurimisel ja kasutamisel mittevesikeskkonnalises kapillaarelektroforeesis. Osutus, et nende soolade baasil saab valmistada sobivaid elektrolüüte mittevesilahuste elektroforeesis, mis tagavad vajaliku elektrijuhtivuse ning mõjutavad sobivalt paljude ühendite elektroforeetilist mobiilsust.

Pakuti idee kapillaarelektroforeesi ja massispektromeetria ühendamise korral kasutada spetsiaalseid ioonseid vedelikke puhvri komponentidena, mis pärast lahusti eemaldamist töötavad MALDI maatriksitena, kus on vajalik homogeenne ja vaakumis mittelenduv, hästi UV kiirgust neelav aine. Esmased katsed selles töös näitasid, et vastavaid sooli saab kasutada ka elektroforeetiliseks lahutamiseks, mis annab võimaluse edasiseks elektroforeesi ja massi-spektromeetria otseühendamiseks. Näidati võimalust kasutada ioonseid vedelikke ka teiste lahutusmeetodite nagu gaas-kromatograafia ja vedelik-kromatograafia arendamiseks.

KOKKUVÕTE

Töögrupil on teedrajav osa Eestis kapillaarelektroforeesi ja alternatiivsete lahustite (ülekriitiline CO_2 ja ioonsed vedelikud) uurimissuundades ning nende baasil uute meetodite arendamisel. Käeoleva töödetsükli põhilised tulemused on avaldatud aastatel 2003–2006 rohkem kui kahekümnes publikatsioonis (põhiliselt maailma juhtivates erialaajakirjades Electrophoresis, Journal of Chromatography jm; kahes doktoritöös ja Eesti TA Akadeemia Toimetiste Keemia seeria elektroforeesile pühendatud kahes erinumbris – 2004, nr 1 ja 2). Grupi töö kõrget rahvusvahelist taset kinnitavad ISI Web of Science viidatavuse andmed.

Töö tulemusi on ette kantud paljudel rahvusvahelistel konverentsidel ja Tallinnas organiseeritud esinduslikul jätkusuutlikule keemiale pühendatud sümposionil. Töögrupil on tihedad sidemed mitmete rühmadega välismaa ülikoolides – Duke Ülikool, Durham, USA; Lõuna-Illinoisi Ülikool, Carbondale, USA; Nottinghami Ülikool ja Yorki Ülikool, UK; Åbo Akademi, Turu ja

Kuopio Ülikool, Soome; Stockholmi Ülikool, Rootsi jt. Tulemused on leidnud kajastust ka ühispublikatsioonides. Nendesse töödesse on panuse andnud kaks 2006. aastal kaitstud doktoritööd (Maria Kulp ja Sille Ehala) ning mitu kaitstud magistritööd.

Üheks lahendamist vajavaks probleemiks, mille kallal grupi liikmed edasi töötavad, on KE ühe seni rakendamata potentsiaali – võimaluse töötada nanoliitriliste ainekogustega – täielik realiseerimine. Tuleviku kiiplaborite juures on probleemiks nende ühendus teiste seadmetega, ja siin võivad elektroforeesis leitud lahendused osutuda kasulikuks "liideste kavandamiseks makromaailma ja mikromaailma vahele". On juba välja pakutud suhteliselt lihtsaid ja odavaid (ilma töömahuka mikrokiip-töötluseta) lahendusi proovi sisestamiseks kapillaarelektroforeesi kolonni.

Käesoleva uurimistöö tulemused on kergesti rakendatavad mitmesugustes kontroll-laborites ja võivad aidata tõsta nende konkurentsivõimet maailmas. Kohalike bio- ja meditsiinianalüüsiga tegelevate uurimisrühmade huvi on juba suur ning suure tõenäosusega leivad need uued analüüsimeetodid laialdasemat kasutust.

TEEMAGA SEOTUD AVALDATUD TÖÖD

Ehala, S., Kaljurand, M., Kudrjashova, M., Vaher, M. (2004). Stroboscopic sampling in comprehensive high-performance liquid chromatography-capillary electrophoresis via a pneumatic sampler. Electrophoresis, 25, 7-8, 980-989.

Ehala, S., Vaher, M., Kaljurand, M. (2005). Characterization of phenolic profiles of Northern European berries by capillary electrophoresis and determination of their antioxidant activity. J. Agricult. Food Chem., 53, 16, 6484-6490.

Kaljurand, M., Smit, H. C. (2005). Application of random and regular input in analytical separation methods: A critical insight. Chemometr. Intel. Lab. Syst., 79, 1-2, 65-72.

Koel, M. (2005). Ionic liquids in chemical analysis. Crit. Rev. Anal. Chem., 35, 3, 177-192.

Koel, M. (2005). Use of ionic liquids in oil shale processing. Rogers, R. D., Seddon, K. R. (eds.). Ionic Liquids IIIB: Fundamentals, Progress, Challenges and Opportunities; Transformations and Processes, ACS, Washington, DC, 397. (ACS Symposium series; 902).

Koel, M., Borissova, M., Kaljurand, M. (2006). Application of ionic liquids for permanent silica surface modification in capillary electrophoresis. Rogers, R. D., Seddon, K. R. (eds.). 231st ACS National Meeting. ACS Sympo-sium series, ACS, Washington, DC. (in press).

Koel , M., Hollis, W. K., Rubin, J. B., Lombardo, T. J., Smith, B. F. (2003). Ionic liquids for oil shale extraction. Rogers, R. D., Seddon, K. R., Volkov, S. (eds.). Green Industrial Applications of Ionic Liquids, Kluwer. (NATO Science ser. II : Math.Phys.Chem.; 92).

Koel, M., Kaljurand, M. (2006). Applications of the principles of green chemistry in analytical chemistry. Pure Appl. Chem., 78, 11, 1993-2002.

Kuldvee, R., Vaher, M., Koel, M., Kaljurand, M. (2003). Heteroconjugation-based capillary electrophoretic separation of phenolic compounds in acetonitrile and propylene carbonate. Electrophoresis, 24, 1627-1634.

Kulp, M., Kaljurand, M. (2004). On-line monitoring of enzymatic conversion of ATP to ADP by micellar electrokinetic chromatography. J. Chromatogr. A, 1032, 305-312.

Kulp, M., Kaljurand, M., Käämbre, T., Sikk, P., Saks, V. (2004). In situ monitoring of kinetics of metabolic conversion of ATP to ADP catalyzed by MgATPases of muscle Gastrocnemius skinned fibers using MEKC. Electrophoresis, 25, 2996-3002.

Kulp, M., Urban, P. L., Kaljurand, M., Bergström, E. T., Goodall, D. M. (2006). Visualization of electrophoretically mediated in-capillary reactions using a complementary metal oxide semiconductor-based absorbance detector. Anal. Chim. Acta, 570, 1, 1-7.

Kulp, M., Vaher, M., Kaljurand, M. (2005). Miniaturization of sampling for chemical reaction monitoring by capillary electrophoresis. J. Chromatogr. A, 1100, 1, 126-129.

Mahlapuu, R., Vaher, M., Ehrlich, K., Kaljurand, M., Soomets, U. (2006). Comparison of stability of glutathione and related synthetic tetrapeptides by HPLC and capillary electrophoresis. J. Peptide Sci., 12, 796-799.

Menaker, A., Kravets, M., Koel, M., Orav, A. (2004). Identification and characterization of supercritical fluid extracts from herbs. Comp. Rendus Chimie, 7, 6-7, 629-633.

Sokolova, M., Orav, A., Koel, M., Kailas, T., Müürisepp, M. (2005). Composition of the oil and supercritical fluid CO_2 extract of sweet gale (*Myrica gale L.*) fruits. J. Essent. Oil Res., 17, (March/April), 188-191.

Tahkoniemi, H., Helmja, K., Menert, A., Kaljurand, M. (2006). Fermentation reactor coupled with capillary electrophoresis for on-line bioprocess monitoring. J. Pharm.&Biomed. Anal., 41, 5, 1585-1591.

Truus, K., Vaher, M., Koel, M., Mähar, A., Taure, I. (2004). Analysis of bioactive ingredients in the brown alga Fucus vesiculosus by capillary electrophoresis and neutron activation analysis. Anal&Bioanal. Chem., 379, 5-6, 849-852.

Vaher, M., Ehala, S., Kaljurand, M. (2005). On-column capillary electrophoretic monitoring of rapid reaction kinetics for determination of the antioxidative potential of various bioactive phenols. Electrophoresis, 26, 4-5, 990-1000.

Vaher, M., Koel, M. (2003). The separation of polyphenolic compounds extracted from plant matrices using capillary electrophoresis. J. Chromatogr. A, 990, 1-2, 225-230.

Vaher, M., Koel, M. (2004). Electrophoretic mobilities in nonaqueos capillary electrophoresis. Proc. Estonian Acad. Sci. Chem., 53, 1, 36–45.

Vaher, M., Koel, M. (2005). Specific background electrolytes for nonaqueous capillary electrophoresis. J. Chromatogr. A, 1068, 83–88.

Vaher, M., Viirlaid, S., Erlich, K., Mahlapuu, R., Jarvet, J., Soomets, U., Kaljurand, M. (2006). Characterization of the antioxidative activity of novel nontoxic neuropeptides by using capillary electrophoresis. Electrophoresis, 27, 13, 2582-2589.

Übner, M., Kaljurand, M., Lopp, M. (2004). Interactions of Pb2+ with fulvic acid by electrophoretically mediated on-capillary microanalysis. J. Chromatogr. A, 1057, 1-2, 253-256.

Übner, M., Lepane, V., Lopp, M., Kaljurand, M. (2004). Electrophoretic aggregation of humic acid. J. Chromatogr. A, 1045, 253-258.

You, J., Kaljurand, M., Koropchak, J. A. (2003). Direct determination of glyphosate in environmental waters using capillary electrophoresis with electrospray condensation nucleation light scattering detection. Int. J. Environ. Anal. Chem., 83, 9, 797-806.

Teaduspreemia tehnikateaduste alal
uurimuste tsükli "Dielektriliste materjalide aatomkihtsadestamise tehnoloogia arendamine" eest

Jaan Aarik (esimene vasakult)

Sündinud 1.01.1951 Lääne-Virumaal, Rakvere vallas, Sepa külas

1969 Rakvere I Keskkool
1974 Tartu Ülikool, füüsikaosakond
1994 magistrikraad füüsikas
1982 Eesti riiklik preemia teaduse ja tehnika alal autorite kollektiivi liikmena
2005 Eesti Füüsika Seltsi aastapreemia

Aastatel 1971–1975 Tartu Ülikoolis laborant, aastatel 1974–1986 ja 1990–1992 Eesti TA Füüsika Instituudis nooremteadur, vanemteadur, aastast 1986 Tartu Ülikoolis juhtivinsener, vanemteadur, sektorijuhataja, teadur. Aastatel 1994–1997 teadur Tampere Tehnika Ülikoolis ja 1997–1999 teadur-konsultant ettevõttes Coherent Tutcore Ltd. (Soome, Tampere).

Avaldanud 90 publikatsiooni rahvusvahelistes (ISI) teadusajakirjades.

Aleks Aidla (teine vasakult)

Sündinud 15.11.1935 Valgamaal, Tõlliste vallas, Paju külas
1954 Valga I Keskkool
1959 Tartu Ülikool, füüsikaosakond
1981 füüsika-matemaatikakandidaat

Alates 1959. a Eesti TA Füüsika ja Astronoomia Instituudis aspirant, insener, nooremteadur, aastatel 1973–1982 Eesti TA Füüsika Instituudi nooremteadur. Aastast 1982 Tartu Ülikooli vanemteadur, insener, erakorraline teadur.

Avaldanud 46 publikatsiooni rahvusvahelistes (ISI) teadusajakirjades.

Kaupo Kukli (kolmas vasakult)

Sündinud 22.12.1967 Valgas
1986 Põlva Keskkool
1992 Tartu Ülikool, füüsikaosakond
1993 magistrikraad füüsikas
1999 doktorikraad rakendusfüüsikas

Aastatel 1993–1996 Helsingi Ülikooli teadur, 1996–1997 Helsingi Tehnika Ülikooli teadur. Alates 1998 Helsingi Ülikooli teadur. Alates 1999 Tartu Ülikooli teadur, vanemteadur.

Avaldanud 86 publikatsiooni rahvusvahelistes (ISI) teadusajakirjades.

Väino Sammelselg (neljas vasakult)

Sündinud 13.11.1949 Tallinnas
1968 Kohtla-Järve Keemiatehnikum
1973 Tartu Ülikool, füüsikaosakond
1989 füüsika-matemaatikakandidaat
1982 Eesti riiklik preemia teaduse ja tehnika alal autorite kollektiivi liikmena

Aastatel 1972–1973 Tartu Ülikooli laborant, 1975–2003 ja alates 2007 Tartu Ülikooli Füüsika Instituudi (end Eesti TA Füüsika Instituut) insener, vaneminsener, rühmajuht, teadur ja vanemteadur, materjaliteaduse osakonna asejuhataja. Aastast 2003 Tartu Ülikooli anorgaanilise keemia korraline professor.

Avaldanud 52 publikatsiooni rahvusvahelistes (ISI) teadusajakirjades.

Teet Uustare (viies vasakult)

Sündinud 16.04.1952 Tallinnas
1970 Tallinna 16. Keskkool
1975 Tartu Ülikool, füüsikaosakond
1984 füüsika-matemaatikakandidaat

Alates aastast 1975 Tartu Ülikooli nooremteadur, aspirant, vanemteadur, sektorijuhataja, vanemteadur

Avaldanud 45 publikatsiooni rahvusvahelistes (ISI) teadusajakirjades.

UURINGUTE TAUST

Inimkond on jõudnud ajajärku, mil probleemiks on kujunemas üha suurenevate infohulkade töötlemine. Seepärast vajatakse kaasaegsetes infotehnoloogia seadmetes aina kiiremaid protsessoreid ja suurema mahuga püsi- ja muutmälusid. Samas ei tohi uute seadmete mõõtmed ja energiatarve senistest oluliselt suuremad olla. Need nõuded on esitanud tõsise väljakutse nii elektroonikatööstusele kui ka seal kasutatavatele materjalitehnoloogiatele. Juba 1990ndatel aastatel jõuti arusaamisele, et traditsioonilisi materjale kasutades pole edasine areng väiksemate mõõtmete ja suuremate töökiiruste ja mälumahtude suunas varsti enam võimalik. Nimelt olid integraalskeemide e kiipide väljatransistorides ja kondensaatorites kasutatavad dielektrikukihid tehtud nii õhukeseks, et edasine paksuse vähendamine oleks kaasa toonud nende kihtide dielektriliste omaduste halvenemise tunnelvoolu tõttu. Lahendusena nähti ränidioksiidil ja räninitriidil põhinevate traditsiooniliste dielektrikute asendamist mingi teise materjaliga, millel oleksid võrreldavad isoleerivad omadused, kuid tunduvalt suurem dielektriline läbitavus. Huvitav on asjaolu, et ränidioksiidile otsiti alternatiive ka rohkem kui 35 aastat tagasi [Pakswer, Skoug, 1970; Smith, 1970; Huber, 1970]. Tolleaegsed tehnoloogiad ei võimaldanud paraku valmistada sobivaid materjale sellise kvaliteediga, millest piisanuks konkureerimiseks ränidioksiidiga. Ilmselt ei suudetud füüsikaliste sadestusmeetoditega valmistada piisavalt ühtlase paksusega, homogeenseid ja defektivabu kihte, samas kui keemiliste aurufaas-sadestamise meetodite lähteainekeemia alles hakkas arenema. Mikroelektroonikadetailide karakteristlike mõõtmete kahanemine mõnekümne nanomeetrini sundis aga teadureid nii ülikoolides [Ritala jt, 1994] kui tööstuses [Gusev jt, 2000; Zhang jt, 2000; Sneh jt, 2002] tegema jõupingutusi uute, senisest palju täpsemate sadestusmeetodite arendamiseks ja kasutuselevõtuks. Ühe sellise murrangulise, üliõhukeste tahkiskihtide sadestamise tehnoloogia, mida tunti nimetuse "aatomkihtsadestamine" all, avastas elektroonikatööstus enda jaoks hiljutise sajandivahetuse eel [Gusev jt, 2000; Zhang jt, 2000; Sneh jt, 2002].

Aatomkihtsadestamise aluseks olevaid adsorptsiooniprotsesse ja adsorbeeritud molekulkihtide reaktsioone oksüdeerijatega uuriti juba 1950ndatel aastatel [Kohlschütter jt, 1956]. Selle meetodi võimalikke rakendusi tahkiste sünteesiks hakati arendama 1960ndate aastate lõpul Leningradi Lensoveti nim Tehnoloogia Instituudis akadeemik Valentin Borisovitš Aleskovski juhtimisel, kuigi sellal nimetati meetodit teisiti – kas keemiliseks koosteks või molekulaarladestamiseks. Põhjalik ülevaade nendest töödest avaldati aastal 1974 [Алесковский, 1974]. Saadud tulemused näitasid muuhulgas, et töödeldes pinda vaheldumisi näiteks titaantetrakloriidiga ja veeauruga, oli võimalik pinnale sünteesida titaandioksiidi üliõhukesi kihte. Kuna süntees põhines küllastuvatel adsorptsiooniprotsessidel, oli saadud tahkisekihi paksus määratud läbiviidud reaktsiooniastmete arvuga ja ühtlasi väga nõrgalt sõltuv lähteainete doosidest. Samas oli oksiidikihi kasv väga aeglane. See ja ilmselt ka kasutatud tehno-

loogiliste seadmete ebatäiuslikkus olid ühed põhjustest, miks ei leidu teateid selle meetodi praktilistest rakendustest 1960ndatel aastatel ja 1970ndate aastate esimesel poolel.

1970ndate aastate keskel patenteerisid Soome teadlased Tuomo Suntola ja Jorma Antson meetodi [Suntola, Antson, 1977], mis samuti põhines gaasiliste ainete küllastuval adsorptsioonil tahkisepindadele. Meetod, mida nimetati aatomkihtepitaksiaks, erines akadeemik Aleskovski töörühma poolt kasutatust selle poolest, et kahest keemilisest elemendist koosnevad ühendid sünteesiti elementaarsetest lähteainetest. Nii valmistati elektroluminestsents-seadistele vajalikku tsinksulfiidi (ZnS) tsingi ja väävli aurudest. Fotodioodide ja päikesepatareide jaoks sobivat kaadmiumtelluriidi (CdTe) saadi aga alusmaterjali järjestikusel töötlemisel kaadmiumi ja telluuri aurudega. Viimasel juhul realiseeriti ka sünteesitava CdTe kile epitaksiaalne, s.o aluse kristallstruktuuri poolt määratud struktuuri ja kristallograafilise orientatsiooniga kasv samast materjalist alusele. Suntola ja Antsoni teeneks oli ka selliste tehnoloogiliste seadmete loomine, mis lubasid mõistliku kiirusega sadestada tolleaegseteks rakendusteks vajalikke, suhteliselt pakse tahkisekihte.

Kahjuks on aga looduses suhteliselt vähe selliseid elementaarseid aineid, mille adsorptsioon tahkisepindadele on küllastuv ja mis samal ajal moodustavad praktilist huvi pakkuvaid ühendeid. See asjaolu sundis uurijaid edasistele otsingutele, mille tulemusena Suntola koos kaastöötajatega patenteeris aparatuuri, milles tahkisekilede valmistamiseks kasutati elementaarsete lähteainete asemel keemilisi ühendeid [Suntola jt, 1981]. See sünteesimeetod sarnanes Aleskovski töörühma poolt kirjeldatule. Teistsugune oli aga aparatuur selle realiseerimiseks. Terminit aatomkihtepitaksia kasutati endiselt ja see domineeris 1990ndate aastateni, mil publikatsioonidesse ilmus meetodi nimetusena aatomkihtsadestamine. Praeguseks on just viimane muutunud valdavaks üldnimetuseks, hõlmates nii epitaksiaalseid kui ka mitteepitaksiaalseid tahkiste sünteesimeetodeid, mis põhinevad järjestikustel küllastuvatel pinnareaktsioonidel.

Eestis alustati aatomkihtsadestamise alaste töödega aastal 1982, kusjuures esimesed katsed selles valdkonnas viis läbi Aleks Aidla. Jaan Aarik lülitus nedesse uuringutesse aastal 1986 ja Kaupo Kukli aastal 1990. Esimene Eesti autorite aatomkihtsadestamise alane töö avaldati rahvusvahelise levikuga väljaandes 1990. aastal [Aarik jt, 1990]. 1990ndate aastate algusest on aatomkihtsadestamise meetodi arendamisega olnud otseselt seotud ka Väino Sammelselg ja Teet Uustare, kes on kandnud hoolt sellel meetodil sünteesitud materjalide koostise ja struktuuri uuringute eest.

VARASEMAD AATOMKIHTSADESTAMISE ALASED UURINGUD EESTIS

Aatomkihtsadestamise tehnoloogia iseärasuseks on küllalt ranged ja mõneti ka üksteisega sobimatud nõuded lähteainete omadustele. Näiteks juhul, kui prot-

sess viiakse läbi gaasikeskkonnas, peavad lähteained olema kergesti aurustuvad ja keemiliselt aktiivsed. Samas peavad nad olema termiliselt stabiilsed ja võimelised moodustama nii aluse kui ka kasvava kile pinnaga kindlalt seotud vaheprodukte. Seepärast on tänapäevani oluline potentsiaalsete lähteainete ja kasvava kile pinna vahel toimuvate reaktsioonide senisest täpsem kirjeldamine. Vastavate uuringute edukuse tagatiseks on olnud reaalajaliste seiremeetodite kasutamine kasvuprotsesside jälgimisel.

Üheks meetodiks, mida aatomkihtsadestamisel toimuvate protsesside jälgimiseks võib edukalt kasutada, on kvartsresonantskaalumine [Aarik jt, 1990]. Kasvuprotsesside uurimiseks sellel meetodil sadestatakse tahkisekile elektroodidega varustatud kvartskristallile (foto 1). Kvartskristall omakorda on lülitatud kõrgsagedusgeneraatori tagasisideahelasse. Sellises lülituses määrab kvartskristalli mehaaniline omavõnkesagedus ära genereeritava elektrilise signaali sageduse. Kuna kvartskristalli omavõnkesagedus sõltub kristallile kantud elektroodide ja sinna aatomkihtsadestamise protsessi käigus kasvatatud kile massist, siis mõõtes genereeritud elektrilise signaali sagedust või perioodi, saab registreerida kasvuprotsessi käigus toimuvaid kile massi muutusi. Temperatuuridel, mis ei ületa 300–350 °C, ulatub kvartsresonantskaalumise meetodi reaalne tundlikkus kile materjalist sõltuvalt 0,01–0,1 aatomkihini. Meetodi rakendamisel aatomkihtsadestamise protsesside tundmaõppimiseks on olnud arvestatav roll Eesti teadlastel [Aarik jt, 1990, 1994abcd, 1996ab, 1997, 1999, 2000abc, 2002c; Kukli jt, 1997].

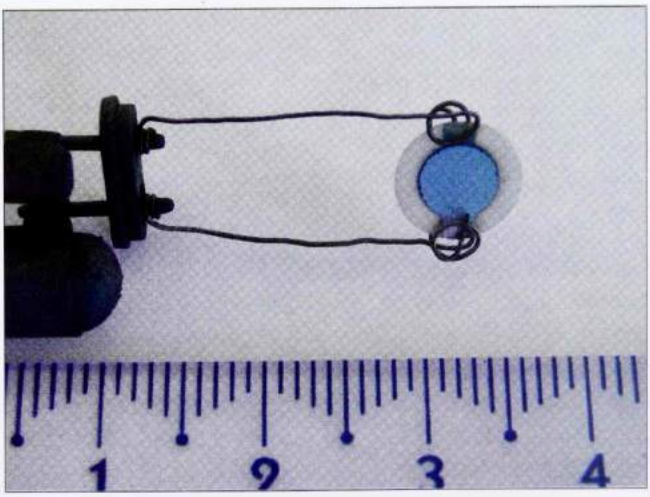


Foto 1.
Aatomkihtsadestamise protsessis toimuvate massimuutuste seireks kasutatud kvartskristall, mille pinnale on kantud ringikujulised metallelektroodid. Elektroodidele rakendatud pingega tekitatakse kvartskristallis mehaaniline võnkumine, mille sagedus sõltub elektroodidele sadestatud dielektrikukihi massist.

Seejuures on esmakordselt uuritud mitme üldist huvi pakkuva materjali kasvumehhanisme [Aarik jt, 1990, 1994c, 1999]. Selle meetodi rakendamisel põhinesid ka esimesed rahvusvahelised ühispublikatsioonid, nimelt professor Lauri Niinistö töörühmaga Helsingi Tehnika Ülikoolist ja professor Markku Leskelä töörühmaga Helsingi Ülikoolist [Aarik jt, 1994ab]. Esimestele ühisuuringutele on järgnenud pikaajaline, praeguseni kestev koostöö, mis omakorda on soodustanud mitmete uute rahvusvaheliste kontaktide teket.

Tänu reaalajaliste mõõtmiste võimalustele on Tartu Ülikooli seadmetel käinud tehnoloogilisi eksperimente tegemas mitmed välismaa uurijad [Schuisky jt, 2000, 2001, 2002; Forsgren jt, 2002; Sundqvist jt, 2003]. Uppsala Ülikooli kunagised doktorandid Mikael Schuisky, Katarina Forsgren ja Jonas Sundqvist on Tartus sünteesitud materjale ulatuslikult uurinud ja kirjeldanud ka oma doktoriväitekirjades [Shuisky, 2000; Forsgren, 2001; Sundqvist, 2003]. Tähelepanuväärne on, et Tartu Ülikoolis läbi viidud ühisuuringutes on esmakordselt katsetatud mitmeid aatomkihtsadestamise protsesse [Shuisky jt, 2001; Forsgren jt, 2002; Kukli jt, 2001; Aarik jt, 2002d]. Edu saavutati ka epitaksiaalsete aatomkihtsadestamise meetodite arendamisel [Shuisky jt, 2000, 2002; Forsgren jt, 2002; Aarik jt, 2002b]. Need on sellised meetodid, kus sünteesitud materjali kristallstruktuuri tüüp ja orientatsioon on määratud selle materjali kristallstruktuuriga, mille pinnale uus tahkis sünteesitakse.

Tuleb kindlasti lisada, et 1990ndatel aastatel arendati doktor Arnold Rosentali eestvedamisel Eestis välja veel üks meetod aatomkihtsadestamise protsesside reaalajaliseks uurimiseks [Rosental jt, 1996, 1997]. Meetod põhineb polariseeritud valguse peegeldusel kasvava kile pinnalt ja seda nimetatakse astmelise dielektrikpeegelduse meetodiks. Sellegi meetodi tundlikkus võimaldab reaalajas jälgida vähem kui ühe aatomkihi lisandumist sünteesitava tahkise pinnale. Astmelise dielektrikpeegelduse senised rakendused on põhiliselt olnud suunatud siiski sensormaterjalide aatomkihtsadestamise uurimisele.

Kuigi võimalused materjalide omaduste uuringuteks on Eestis olnud piiratud, on meil olemas mõned väga õhukeste materjalikihtide karakteriseerimiseks sobivad meetodid. Eelkõige tänu sellistele meetoditele, nagu näiteks elektrondifraktsioon, teravikmikroskoopia ja Auger' elektronide spektroskoopia, saadi originaalseid tulemusi aatomkihtsadestamise käigus toimuvate kristalliseerumisprotsesside tundmaõppimisel [Aarik jt, 1995, 1996a, 1997, 1999, 2000a, 2001ab, 2002a]. Ühtlasi tehti kindlaks, et kasvava materjali kristalliseerumisel on omakorda tugev mõju aatomkihtsadestamise aluseks olevatele adsorptsiooninähtustele [Aarik jt, 2000a, 2001b]. Õnnestunuks osutus ka 1990ndate aastate algul tehtud materjalide valik. Oksiididele (Al_2O_3, Ta_2O_5, TiO_2, HfO_2) orienteeruti, pidades silmas nii võimalikke rakendusi elektroonikas, optoelektroonikas ja sensoorikas kui ka nende materjalide sünteesiks kasutatavate lähteainete ja sünteesitud tahkiste endi kasutaja- ja keskkonnasõbralikkust. Just neidsamu materjale hakati veidi hiljem intensiivselt uurima kui suure di-

elektrilise läbitavusega oksiide, mis võiksid asendada ränidioksiidi protsessorites ja mäluseadistes.

DIELEKTRILISTE MATERJALIDE AATOMKIHTSADESTAMISE ARENDAMINE EESTIS

Varasemad edusammud tehnoloogiliste protsesside arendamisel ja tundmaõppimisel lubasid hilisemates uuringutes keskenduda rakendustele orienteeritud struktuuride optimeerimisele ja karakteriseerimisele. Arvestatava tasemega tehnoloogia olemasolu lõi ühtlasi soodsad tingimused rahvusvaheliseks koostööks, milles valdav osa ühisuuringuteks vajalikest tehnoloogilistest eksperimentidest viidi läbi Tartus. Need materjaliuuringud, milleks puudusid võimalused Eestis, tehti aga partnerite juures. Dielektrikute aatomkihtsadestamiseks kasutati omakonstrueeritud tehnoloogilist aparatuuri (foto 2), mille algversioon valmis 1980ndate aastate lõpuks ja mis võimaldab muuseas kasvuprotsesside reaalajalist seiret kvartsresonantskaalumise meetodil. Hiljem on seadet mitmel korral täiustatud.

Foto 2.
Dielektriliste materjalide aatomkihtsadestamiseks kasutatud Tartu Ülikoolis konstrueeritud seade.

Täiustuste tulemusena on saadud seade, mis lubab varieerida tahkiste aatomkihtsadestamise tingimusi väga laiades piirides ning sadestada tahkisekihte väga erineva kuju ja suurusega alustele. Seejuures tasub märkida, et samasuguseid võimalusi paljudel tänapäeval tööstuslikult toodetavatel seadmetel ei ole.

Viimase 4–5 aasta töö on olnud põhiliselt suunatud õhukeste oksiidikilede dielektriliste omaduste parandamisele ja nende paremale sobitamisele metall-dielektrik-pooljuht- ja metall-dielektrik-metall-struktuuridesse. Üldtuntud probleemideks on siin dielektrikukihtide homogeensus, eriti väga õhukeste (1–10 nm paksuste) kihtide korral, ning väikese dielektrilise läbitavusega räni-dioksiidi teke ränist pooljuhtkihi ja sellele sünteesitud suure dielektrilise läbitavusega oksiidi piirpinnale.

Mittehomogeensus alandab dielektriku läbilöögipinget, mis aga rakenduslikust aspektist lähtudes peaks olema võimalikult kõrge. Ränidioksiidist vahekiht küll suurendab läbilöögipinget, kuid vähendab samas kogu isoleeriva kihi efektiivset dielektrilist läbitavust. Veel on probleemiks piirpinna lähedale tekkivad laengulõksud, mille tõttu muutub raskesti ennustatavaks selliseid materjale kasutavate seadiste käitumine.

Nende probleemide lahendamisele oligi suunatud suur osa tehnoloogilistest eksperimentidest. Kuna vastavateks materjaliuuringuteks oli vaja tipptasemel aparatuuri, analüüsiti Tartus sünteesitud materjale mitmetes maailma laborites. Näiteks aatomkihtkasvu algfaasi uuringutesse, mis võeti ette dielektrikukihtide homogeensuse tagamiseks, andsid arvestatava panuse Rootsi sünkrotronkiirguse keskuses MAX-lab tehtud mõõtmised. Võrreldes nende mõõtmiste tulemusi mitmete Eestis tehtud analüüside andmetega õnnestus näidata, et kui elektroonikatööstusele suurt huvi pakkuva hafniumdioksiidi sünteesil valida lähteaineks uudse lahendusena hafniumjodiid üldkasutatava hafniumkloriidi asemel, võib oluliselt suurendada väga õhukeste kilede homogeensust [Aarik jt, 2004a]. Samuti näidati, et ka kloriidipõhistes protsessides võib üliõhukeste kihtide homogeensust suurendada, kui optimeerida kasvutemperatuur ja seda kile kasvu käigus sobivalt muuta [Aarik jt, 2004a]. Samas katseseerias saadi uut infot erinevate kristalliliste faaside tekke kohta üliõhukestes hafniumdioksiidi kiledes. Täiendavate uuringutega tehti kindlaks, et inertgaasil, mida kasutatakse lähteainete transportimiseks reaktsioonitsooni, on ootamatult tugev mõju aatomikihtsadestamisel toimuvatele pinnareaktsioonidele. Selgus, et inertgaasi rõhk ja eriti voolu kiirus mõjutavad nii üksikutes reaktsiooniastmetes pinnaga seotud ainehulka kui ka moodustunud tahkise struktuuri [Aarik jt, 2006].

Teise olulise probleemi lahendamine, s.o siirdekihtide tekke pärssimine, nõudis aatomlahutusega elektronmikroskoopilisi uuringuid. Õnneks oli olemas juurdepääs selleks sobivale aparatuurile Uppsala Ülikooli Ångströmi laboratooriumis, kus doktor Jun Lu tehtud mõõtmised andsid olulist teavet siirdekihtide moodustumise kohta pooljuht-dielektrik ja metall-dielektrik siiretel

[Kukli jt, 2004, 2005ab; Lu jt, 2005; Jõgi jt, 2006ab; Dueñas jt, 2006]. Lisaks tuli koostööpakkumine Austraalia Tuumateaduse ja Tehnoloogia Organisatsioonist doktor David R.G. Mitchellilt. Tartus sünteesitud materjalide uuringud selles uurimiskeskuses näitasid, et sünteesitemperatuuride optimeerimisega on teatud juhtudel võimalik vältida ränidioksiidi teket hafniumdioksiidi ja räni piirpinnal [Mitchell jt, 2006].

Tartus sünteesitud dielektrikukihtide elektrilisi omadusi uuriti nii Tartu Ülikoolis [Jõgi jt, 2006ab], Helsingi Ülikoolis [Kukli jt, 2004, 2005abc] kui ka Valladolidi Ülikoolis Hispaanias [Dueñas jt, 2004, 2006]. Viimasel juhul kasutati professor Salvador Dueñase töörühmas välja töötatud meetodit elektrilaengute liikumist mõjutavate defektide iseloomustamiseks. Nende mõõtmistega näidati muuhulgas, et Tartus kasutatud tehnoloogilised uuendused võimaldasid parandada aatomkihtsadestamisel saadud alumiiniumoksiidi dielektrilisi omadusi [Dueñas jt, 2006].

Mitmekihiliste metall-dielektrik-metall-struktuuride uurimisel toimis rahvusvaheline koostöö ka uurimisobjektide valmistamisel. Nimelt valmistati väärismetallidest elektroodkihid Helsingi Ülikoolis, dielektrilised kihid aga Tartu Ülikoolis. Mõlemal juhul kasutati kihtide sünteesiks aatomkihtsadestamise meetodit [Kukli jt, 2005ac]. Lisaks olid töödesse kaasatud Itaalia Rahvusliku Materjalifüüsika Instituudi uurijad, kes analüüsisid siirdekihtide koostist, kasutades selleks sekundaarioonide mass-spektroskoopia meetodit [Kukli jt, 2005c].

Uuritud materjalide dielektriliste omaduste paremaks tundmaõppimiseks vajalikku lisainfot saadi ka optilistest mõõtmistest [Aarik jt, 2003, 2004b]. Neeldumisspektritest määratud keelutsooni laiused [Aarik jt, 2003, 2004b] annavad otsest teavet materjalide rakendatavuse kohta isolaatorina kahe metalli ja/või pooljuhi ja metalli vahel. Samas on selline info vajalik ka nendesamade dielektrikute optilisteks rakendusteks, millest olulisemad on peegeldust suurendavad ja vähendavad pinnakatted, optilised kitsas- ja lairibafiltrid ning lainejuhid, kus suure dielektrilise läbitavusega oksiide kasutatakse kihtides, mille murdumisnäitaja peab olema suur.

Dielektriliste materjalide aatomkihtsadestamise meetodi arendamine lõi eeldused ka mitmete huvipakkuvate objektide valmistamiseks teistele Eestis viljeldavatele uurimissuundadele. Eelkõige tasuks nimetada elektronide emissiooni mõjutavaid dielektrilisi pinnakatteid [Laan jt, 2003; Matulevich jt, 2006], mis võiksid leida rakendust gaaslahendusseadistes, samuti suure energiaga osakeste ja kalkide kiirguste registreerimiseks sobivaid materjale [Kirm jt, 2005]. Samas on sellel meetodil sünteesitud materjalid lubanud läbi viia rea tunnetuslikku huvi pakkuvaid optilisi uuringuid [Kiisk jt, 2004; Lange jt, 2004; Tkachev jt, 2005]. Lõpuks on hästi kontrollitava sünteesimeetodi olemasolu olnud eelduseks mitmete materjalianalüüsi meetodite edasiarendamisel ja katsetamisel. Olulisemaks tuleks siin pidada elektronsond-mikroanalüüsi

meetodi täiustamist [Lulla jt, 2006], samuti fotoelektronspektroskoopia ja skaneeriva teravikmikroskoopia kombineeritud rakendusi nanomeetrilises mastaabis kirjeldatava struktuuriga objektide iseloomustamiseks [Sammelselg jt, 2007].

Eelkirjeldatut kokku võttes võib väita, et dielektriliste materjalide aatomkihtsadestamise tehnoloogia arendamine Tartu Ülikoolis lubas välja pakkuda meetodid üliõhukeste dielektrikukihtide omaduste märgatavaks parandamiseks. Osutus võimalikuks suurendada sünteesitud materjalide homogeensust, vähendada defektsust, parandada dielektrilisi omadusi ning saada pooljuht-dielektrik-siirdeid, milles erinevalt paljude teiste uurimisrühmade poolt kirjeldatud analoogidest puudusid kontrollimatult moodustunud, nanoelektroonika seadiste tööd häirivad siirdekihid.

Uuringutest saadi uusi alusteadmisi aatomkihtsadestamisel toimuvate füüsikalis-keemiliste protsesside kohta. Tehti kindlaks kristallisatsiooniprotsesside iseärasused tehnoloogiliselt tähtsates üliõhukestes oksiidikihtides ja selgitati välja uued võimalused nende protsesside mõjutamiseks. Ühtlasi saadi uusi andmeid selle kohta, kuidas mõjutavad muutused kristallstruktuuris nende materjalide dielektrilisi ja optilisi omadusi. Näidati, et mõned aatomkihtsadestamise tingimused, näiteks reaktsioonikambris kasutatava inertse kandegaasi rõhk ja liikumise kiirus, mõjutavad seniarvatust tunduvalt tugevamini materjalide sünteesi ja omadusi. See tulemus lubas seletada erinevate uurimisrühmade seniste andmete ootamatult suurt hajuvust. Samuti saadi uut teavet dielektrikukihtide sünteesi iseärasuste kohta erinevatest materjalidest ja erinevalt töödeldud pindadel, mis on vajalikud pooljuht-dielektrik- ja metall-dielektrik-siirdeid sisaldavate elektroonikaseadiste valmistamise tehnoloogia arendamiseks.

KIRJANDUS

Aarik, J., Aidla, A., Jaek, A., Kiisler, A.-A., Tammik, A.-A. (1990). Properties of amorphous Al_2O_3 films grown by ALE. Acta Polytech. Scand., 195, 201-208.

Aarik, J., Aidla, A., Jaek, A., Leskelä, M., Niinistö, L. (1994a). In situ study of a strontium β-diketonate precursor for thin-film growth by atomic layer epitaxy. J. Mater. Chem., 4, 1239-1244.

Aarik, J., Aidla, A., Jaek, A., Leskelä, M., Niinistö, L. (1994b). Precursor properties of calcium β-diketonate in vapor phase atomic layer epitaxy. Appl. Surf. Sci., 75, 33-38.

Aarik, J., Aidla, A., Kasikov, A., Mändar, H., Rammula, R., Sammelselg, V. (2006). Influence of carrier gas pressure and flow rate on atomic layer deposition of HfO_2 and ZrO_2 thin films. Appl. Surf. Sci., 252, 5723-5734.

Aarik, J., Aidla, A., Kiisler, A.-A., Uustare, T., Sammelselg, V. (1997). Effect of crystal structure on optical properties of TiO_2 films grown by atomic layer deposition. Thin Solid Films, 305, 270-273.

Aarik, J., Aidla, A., Kiisler, A.-A., Uustare, T., Sammelselg, V. (1999). Influence of substrate temperature on atomic layer growth and properties of HfO_2 thin films. Thin Solid Films, 340, 110-116.

Aarik, J., Aidla, A., Kikas, A., Käämbre, T., Rammula, R., Ritslaid, P., Uustare, T., Sammelselg, V. (2004a). Effects of precursors on nucleation in atomic layer deposition of HfO_2. Appl. Surf. Sci., 230, 292-300.

Aarik, J., Aidla, A., Kukli, K. (1994c). In situ characterization of ALE- growth by reagent pulse delay times in a flow-type reactor. Appl. Surface Sci., 75, 180-184.

Aarik, J., Aidla, A., Kukli, K., Uustare, T. (1994d). Deposition and etching of tantalum oxide films in atomic layer epitaxy process. J. Cryst. Growth, 144, 11-119.

Aarik, J., Aidla, A., Mändar, H., Sammelselg, V. (2000a). Anomalous effect of temperature on atomic layer deposition of titanium dioxide. J. Cryst. Growth, 220, 531-537.

Aarik, J., Aidla, A., Mändar, H., Uustare, T. (2001a). Atomic layer deposition of titanium dioxide from $TiCl_4$ and H_2O: investigation of growth mechanism. Appl. Surf. Sci., 172, 148-158.

Aarik, J., Aidla, A., Mändar, H., Uustare, T., Sammelselg, V. (2002a). Growth kinetics and structure formation of ZrO_2 thin films in chloride-based atomic layer deposition process. Thin Solid Films, 408, 97-103.

Aarik, J., Aidla, A., Mändar, H., Uustare, T., Schuisky, M., Hårsta, A. (2002b). Atomic layer growth of epitaxial TiO_2 thin films from $TiCl_4$ and H_2O on α-Al_2O_3 substrates. J. Cryst. Growth, 242, 189-198.

Aarik, J., Aidla, A., Sammelselg, V., Siimon, H., Uustare, T. (1996a). Control of thin film structure by reactant pressure in atomic layer deposition of TiO_2. J. Cryst. Growth, 169, 496-502.

Aarik, J., Aidla, A., Sammelselg, V., Uustare, T., Ritala, M., Leskelä, M. (2000b). Characterization of titanium dioxide atomic layer growth from titanium ethoxide and water. Thin Solid Films, 370, 163-172.

Aarik, J., Aidla, A., Uustare, T., Kukli, K., Sammelselg, V., Ritala, M., Leskelä, M. (2002c). Atomic layer deposition of TiO_2 thin films from TiI_4 and H_2O. Appl. Surf. Sci., 193, 277-286.

Aarik, J., Aidla, A., Uustare, T., Ritala, M., Leskelä, M. (2000c). Titanium isopropoxide as a precursor for atomic layer deposition: Characterization of titanium dioxide growth process. Appl. Surf. Sci., 161, 385-395.

Aarik, J., Aidla, A., Uustare, T., Sammelselg, V. (1995). Morphology and structure of TiO_2 thin films grown by atomic layer deposition. J. Cryst. Growth, 148, 268-275.

Aarik, J., Karlis, J., Mändar, H., Uustare, T., Sammelselg, V. (2001b). Influence of structure development on atomic layer deposition of TiO_2 thin films. Appl. Surf. Sci., 181, 339-348.

Aarik, J., Kukli, K., Aidla A., Pung, L. (1996b). Mechanism of suboxide growth and etching in atomic layer epitaxy of tantalum oxide from $TaCl_5$ and H_2O. Appl. Surf. Sci., 103, 331-341.

Aarik, J., Mändar, H., Kirm, M. (2003). Spectroscopic characterization of ZrO_2 thin films grown by atomic layer deposition. Proc. Estonian Acad. Sci. Phys. Math., 52, 289-298.

Aarik, J., Mändar, H., Kirm, M., Pung, L. (2004b). Optical characterization of HfO_2 thin films grown by atomic layer deposition. Thin Solid Films, 466, 41-47.

Aarik, J., Sundqvist, J., Aidla, A., Lu, J., Sajavaara, T., Kukli, K., Hårsta, A. (2002d). Hafnium tetraiodide and oxygen as precursors for atomic layer deposition of hafnium oxide thin films. Thin Solid Films, 418, 69–72.

Dueñas, S., Castán, H., García, H., Barbolla, J., Kukli, K., Aarik, J., Aidla, A. (2004). The electrical-interface quality of as-grown atomic-layer-deposited disordered HfO_2 on p- and n-type silicon. Semicond. Sci. Technol., 19, 1141-1148.

Dueñas, S., Castán, H., García, H., de Castro, A., Bailón, L., Kukli, K., Aidla, A., Mändar, H., Uustare, T., Lu, J., Hårsta, A. (2006). Influence of single and double deposition temperatures on the interface quality of atomic layer deposited Al_2O_3 dielectric thin films. J. Appl. Phys., 99, 054902-1-8.

Forsgren, K. (2001). CVD and ALD of Group IV- and V-Oxides for Dielectric Applications. Acta Univ. Ups. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 665. Uppsala.

Forsgren, K., Hårsta, A., Aarik, J., Aidla, A., Westlinder, J., Olsson, J. (2002). Deposition of HfO_2 thin films in HfI_4-based processes. J. Electrochem. Soc., 149, F139-F144.

Gusev, E. P., Copel, M., Cartier, E., Baumvol, I. J. R., Krug, C., Gribelyuk, M. A. (2000). High-resolution depth profiling in ultrathin Al_2O_3 films on Si. Appl. Phys. Lett., 76, 176-178.

Huber, F. (1971). Properties of hafnium dioxide thin film capacitors. IEEE Trans. Parts, Hybrids and Packaging, PHP-7, 141-147.

Jõgi, I., Aarik, J., Laan, M., Lu, J., Kukli, K., Käämbre, H., Sajavaara, T., Uustare, T. (2006a). Effect of preparation conditions on properties of atomic layer deposited TiO_2 films in Mo-TiO_2-Al stacks. Thin Solid Films, 510, 39-47.

Jõgi, I., Kukli, K., Aarik, J., Aidla, A., Lu, J. (2006b). Precursor-dependent structural and electrical characteristics of atomic layer deposited films: Case study on titanium oxide. Mater. Sci. Semicond. Process., 9, 1084-1089.

Kiisk, V., Sildos, I., Sild, O., Aarik, J. (2004). The influence of a waveguiding structure on the excitonic luminescence of anatase thin films. Opt. Mater., 27, 115-118.

Kirm, M., Aarik, J., Jürgens, M., Sildos, I. (2005). Thin Films of HfO_2 and ZrO_2 as potential scintillators. Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res., A 537, 251-255.

Kohlschütter, H. W., Best, P., Wirzing, G. (1956). Umsetzung von Trimethylsiliciummonochlorid mit Silicagel. Z. Anorgan. Allgem. Chem., 285, 236-245.

Kukli, K., Aaltonen, T., Aarik, J., Lu, J., Ritala, M., Ferrari, S., Hårsta, A., Leskelä, M. (2005a). Atomic layer deposition and characterization of HfO_2 films on noble metal film substrates. J. Electrochem. Soc., 152, F75-F82.

Kukli, K., Aarik, J., Aidla, A., Siimon, H., Ritala, M., Leskelä, M. (1997). In situ study of atomic layer epitaxy growth of tantalum oxide thin films from $Ta(OC_2H_5)_5$ and H_2O. Appl. Surf. Sci., 112, 236-242.

Kukli, K., Aarik, J., Ritala, M., Uustare, T., Sajavaara, T., T. Lu, T., Sundqvist, J., Aidla, A., Pung, L., Hårsta, A., Leskelä, M. (2004). Effect of selected atomic layer deposition parameters on the structure and dielectric properties of hafnium oxide films. J. Appl. Phys., 96, 5298-5307.

Kukli, K., Aarik, J., Uustare, T., Lu, J., Ritala, M., Aidla, A., Pung, L., Hårsta, A., Leskelä, M., Kikas, A., Sammelselg, V. (2005b). Engineering structure and properties of hafnium oxide films by atomic layer deposition temperature. Thin Solid Films, 479, 1-11.

Kukli, K., Forsgren, K., Aarik, J., Uustare, T., Aidla, A., Niskanen, A., Ritala, M., Leskelä, M., Hårsta, A. (2001). Atomic layer deposition of zirconium oxide from zirconium tetraiodide, water and hydrogen peroxide. J. Cryst. Growth, 231, 262-272.

Kukli, K., Ritala, M., Pilvi, T., Aaltonen, T., Aarik, J., Lautala, M., Leskelä, M. (2005c). Atomic layer deposition rate, phase composition and performance of HfO_2 films on noble metal and alkoxylated silicon substrates. Mater. Sci. Engn., B 118, 112-116.

Laan, M., Aarik, J., Josepson, R., Repän, V. (2003). Low current mode of negative coronas: mechanism of electron emission. J. Phys. D: Appl. Phys., 36, 2667-2672.

Lange, S., Sildos, I., Kiisk, V., Aarik, J. (2004). Energy transfer in the photo-excitation of Sm^{3+}-implanted TiO_2 thin films. Mater. Sci. Engn., B 112, 87-90.

Lu, J., Aarik, J., Sundqvist, J., Kukli, K., Hårsta, A., Carlsson, J.-O. (2005). Analytical TEM characterization of the interfacial layer between ALD HfO_2 film and silicon substrate. J. Cryst. Growth, 273, 510-514.

Lulla, M., Asari, J., Aarik, J., Kukli, K., Rammula, R., Tapper, U., Kauppinen, E., Sammelselg, V. (2006). EPMA of highly insulating HfO_2 thin films supported by conductive or insulating substrates. Microchim. Acta, 155, 195-198.

Matulevich, Y. T., Lee, M.-S., Kim, J.-H., Choi, J.-S., Kim, S.-K., Suh, S.-S., Zang, D.-S., Aarik, J., Aidla, A., Aints, M., Raud, J., Kirm, M. (2006). Ion-induced electron emission from different crystalline phases of ZrO_2. Appl. Phys. Lett., 88, 211504-1-3.

Mitchell, D .R. G., Aarik, J., Aidla, A. (2006). Transmission electron microscopy studies of HfO_2 thin films grown by chloride-based atomic layer deposition. Appl. Surf. Sci., 253, 606-617.

Pakswer, S., Skoug, P. (1970). Thin dielectric oxide films made by oxygen assisted pyrolysis of alkoxides. Proc. Intern. Conf. Chem. Vapor Deposition 2, 619-636.

Ritala, M., Leskelä, M., Niinistö, L., Prohaska, G., Friedbacher, G., Grasserbauer, M. (1994). Development of crystallinity and morphology in hafnium dioxide thin films grown by atomic layer epitaxy. Thin Solid Films, 250, 72-82.

Rosental, A., Adamson, P., Gerst, A., Koppel, H., Tarre, A. (1997). Atomic layer deposition in travelling wave reactor: in situ diagnostics by optical reflection. Appl. Surf. Sci., 112, 82-86.

Rosental, A., Adamson, P., Gerst, A., Niilisk, A. (1996). Monitoring of atomic layer deposition by incremental dielectric reflection. Appl. Surf. Sci., 107, 178-183.

Sammelselg, V., Rammula, R., Aarik, J., Kikas, A., Kooser, K., Käämbre, T. (2007). XPS and AFM investigation of hafnium dioxide thin films prepared by atomic layer deposition on silicon. J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom., 156-158, 150-154.

Schuisky, M. (2000). CVD and ALD in the Bi-Ti-O System. Acta Univ. Ups. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 594. Uppsala.

Schuisky, M., Aarik, J., Kukli, K., Aidla, A., Hårsta, A. (2001). Atomic layer deposition of thin films using O_2 as oxygen source. Langmuir, 17, 5508-5512.

Schuisky, M., Hårsta, A., Aidla, A., Kukli, K., Kiisler, A.-A., Aarik, J. (2000). Atomic layer chemical vapor deposition of TiO_2: low temperature epitaxy of rutile and anatase. J. Electrochem. Soc., 147, 3319-3325.

Schuisky, M., Kukli, K., Aarik, J., Lu, J., Hårsta, A. (2002). Epitaxial growth of TiO_2 films in a hydroxyl-free ALD process. J. Cryst. Growth, 235, 293-299.

Smith, F. T. J. (1970). Structure and electrical properties of sputtered films of hafnium and hafnium compounds. J. Appl. Phys., 41, 4227-4231.

Sneh, O., Clark-Phelps, R. B., Londergan, A. R., Winkler, J., Seidel, T. E. (2002). Thin film atomic layer deposition equipment for semiconductor processing. Thin Solid Films, 402, 248-261.

Sundqvist, J. (2003). Employing Metal Iodides and Oxygen in ALD and CVD of Functional Metal Oxides. Acta Univ. Ups. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 852. Uppsala.

Sundqvist, J., Hårsta, A., Aarik, J., Kukli, K., Aidla, A. (2003). Atomic layer deposition of polycrystalline HfO_2 films by the HfI_4-O_2 precursor combination. Thin Solid Films, 427, 147-151.

Suntola, T., Antson, J. (1977). Method for producing compound thin films. U.S. Patent No. 4058430.

Suntola, T. S., Pakkala, A. J., Lindfors, S. G. (1981). Apparatus for performing growth of compound thin films. U.S. Patent No. 4389973.

Tkachev, S.N., Manghnani, M.H., Niilisk, A., Aarik, J., Mändar, H. (2005). Raman and Brillouin scattering spectroscopy studies of atomic-layer-deposited ZrO_2 and HfO_2 thin films. Spectrochim. Acta, A61, 2434-2438.

Zhang, H., Solanki, R., Roberds, B., Bai, G.,, Banerjee, I. (2000). High permittivity thin film nanolaminates. J. Appl. Phys., 87, 1921-1924.

Алесковский В. Б. (1974). О химий и технологий твердых веществ. Ж. прикл. химий, 47, 2145-2157.

Teaduspreemia arstiteaduse alal uurimuste tsükli "Haiguste ja nende mõjurite esinemine Eesti rahvastikus" eest

Mati Rahu, 24.02.2007

Sündinud 30.01.1942 Paatsalus Läänemaal

1960 Tallinna Reaalkool
1968 Tartu Ülikool, bioloogia-geograafiateaduskond, meditsiinigeograafia
1976 bioloogiakandidaat onkoloogia erialal, NSVL MA Eksperimentaalse ja Kliinilise Onkoloogia Instituut (Moskva)
1997 Eesti Vabariigi teaduspreemia arstiteaduste alal (kollektiivi juht)
2006 Eesti Punase Risti II klassi teenetemärk
2007 Tartu Ülikooli tänukiri ja aumärk

Alates 1968 Eksperimentaalse ja Kliinilise Meditsiini Instituudi (alates 2003 Tervise Arengu Instituut) nooremteadur, vanemteadur, juhtivteadur ja osakonnajuhataja.

Alates 1993 Tartu Ülikooli tervishoiu instituudi külalisprofessor.

Avaldanud ligi 170 teaduspublikatsiooni.

TŠERNOBÕLI KATASTROOF JA EPIDEMIOLOOGILISED UURINGUD: TEADUSETEGEMISE SEES JA ÜMBER

Tšernobõli veteranide Eesti kohortuuring on Eesti kõigi aegade suurim ja rahvusvaheliselt tuntuim epidemioloogiline töö. Uuringu tulemusi kajastavatele põhiartiklitele [Bigbee jt, 1996, 1997; Granath jt, 1996; Inskip jt, 1997; Rahu jt, 1997; Tekkel jt, 1997; Littlefield jt, 1998; Wiest jt, 1998; Kiuru jt, 2003] on seisuga 4. aprill 2007 viidatud 212 korda.

Käesolevas kirjutises, milles on osaliselt kasutatud autori ülevaateartiklit [Rahu, 2003b], heidetakse pilk nimetatud kohortuuringu üldtaustale ja võetakse lühidalt kokku Tšernobõli katastroofi seni teadaolevad põhimõjud rahvastiku tervisele.

TAGASIPILK KATASTROOFILE

Kõik vallandus Tšernobõli tuumajaamas tehtud katsest, mis pidi matkima avariiolukorda ja aitama selgusele jõuda, kas voolukatkestuse korral tööle rakenduv avariisüsteem tagab tuumajaama reaktori seiskumise. Katse parema kulgemise eesmärgil oli välja lülitatud avarii-jahutussüsteem. Et mitmete inimvigade tagajärjel ei suudetud tuumareaktsioonide kiirust kontrolli all hoida, tõusis reaktoris temperatuur ja tekkinud veeauru survel toimus 26. aprillil 1986 järgemööda kaks plahvatust, neist esimene kell 01.23 [Mould, 2000]. Plahvatused vigastasid rängalt reaktorihoonet, hävitasid täielikult reaktori ja paiskasid sellest välja tuumakütuse. Radioaktiivse auru ja tolmu pilv kerkis 1,2 km kõrgusele ja hakkas liikuma loodesse. Radionukliidide eraldumine keskkonda kestis kokku kümme päeva.

Tšernobõli reaktorist atmosfääri paiskunud radionukliidid saastasid suure maaala Valgevenes, Ukrainas ja Venemaal, neid leiti peatselt kogu põhjapoolkeral. Rootsis avastati radionukliidid 28. aprillil, Jaapanis 2. mail, Indias 5. mail, Kanada ja USA ida- ning lääneranniku1 5.–6. mail [United Nations, 1998]. Rahvusvahelise projekti raames kaardistati pinnase radioaktiivse saastatuse tase Euroopas. Saastatuse indikaatoriks võeti 30-aastase poolestusajaga ^{137}Cs aktiivsus. Suhteliselt tugevalt saastusid mitmed piirkonnad Tšernobõlist kaugemalgi (Soomes, Rootsis, Norras ja Austrias).

Inimesed? Valgevene, Ukraina ja Venemaa piiridesse jääval saastunuks kuulutatud alal (^{137}Cs aktiivsus >37 kBq/m^2) pindalaga 150 000 km^2 elas 1995. aastal 5–6,7 miljonit inimest, kes jagunesid kolme riigi vahel enam-vähem võrdselt. Ala sees, nn range kontrolli piirkonnas (^{137}Cs aktiivsus >555 kBq/m^2) elas 130 000–190 000 inimest [United Nations, 2000; International Atomic..., 2001]. Aastal 1986 evakueeriti saastatud territooriumidelt 116 000, järgnevatel aastatel asustati ümber 220 000 inimest.

Peaaegu tundmatu sõna "Tšernobõl" muutus kuu-paari vältel üldkasutatavaks, seda teati ühtäkki igas peres. See nimi lisandus 20. sajandi teise poole suurimate tehnokatastroofide nimistusse, milles eespool seisid Tšeljabinsk-Majak (1957), Saveso (1976), Three Mile Island (1979) ja Bhopal (1984). Vene keele mõjul omandas uue tähenduse inglise "liquidator", millega hakati tähistama isikut, kes Tšernobõli piirkonnas tegeles tuumajaama avarii tagajärgede "kõrvaldamise" või seirega.

Ajavahemikul 1986–1990 saadeti Tšernobõli piirkonda mitmesugustele töödele 600 000 inimest kogu Nõukogude Liidust [United Nations, 1998], keda Eestis ja mitmel pool mujalgi tuntakse Tšernobõli veteranidena. Osa veteranidest, nt neid, kes eemaldasid vigastatud reaktori lähedaste hoonete katustelt radioaktiivselt saastatud materjali, kutsuti biorobotiteks – nad asendasid Lääne-Saksamaalt toodud pärisroboteid, mis läksid tugeva kiirguse tõttu rikki [Mould, 2000].

SALATSEMINE, HIRMUD JA KUULDUSED

Mitte asjata ei nimetata Tšernobõlis toimunut salajaseks katastroofiks. Esimene tõendus, et on aset leidnud ulatuslik tuumaavarii, saadi Rootsist. 28. aprilli hommikul avastati Stockholmist 100 km põhja pool asuva Forsmarki tuumajaamas vahetustöötajate tavapärase kiirguskontrolliga, et nende jalatsitel on radioaktiivne tolm. Varsti selgus, et radionukliidid ei pärine ei Forsmarki tuumajaamast ega mingist tuumakatsetusest, vaid et hoopis on toimunud suur õnnetus tuumareaktoriga. Õhumasside liikumise analüüsi järgi teati Rootsis kella üheks päeval, kust kandist süüdlast otsida.

Lääne meedia vahendusel sai maailm õnnetusest teada mitmeid tunde varem, kui Nõukogude Liit toimunut tunnistas. Lõpuks, samal 28. aprillil teavitati TASSi ja Novosti kaudu avariist algul välismaailma, õhtune Vremja saade

teatas õnnetusest nõukogude rahvale. Kuid pikaks ajaks jäi saladusse avarii ulatus. Vanaviisi jätkus "vaenulike" raadiosaadete segamine ja väärteabe paiskamine meediasse [Marples, 1996].

Ametlik saladuskate avarii ümber ja kaasnev infovaakum tekitasid hirmu ning ebakindlust. Tšernobõli kandi inimesed nägid, et kariloomad viidi ära, kuid ametnikud vaikisid. USA ajakirjanik tõdes, et "... inimesed on hirmust halvatud. Nad kardavad liikuda, kardavad seista, kardavad abielluda ja kardavad peret soetada" [Specter, 1996].

Samas leidus hulgaliselt inimesi, kes ei teadnud midagi ioniseeriva kiirguse ohtlikkusest ja keeldusid uskumast, et nende tervis võib kannatada. Need, kes pärast evakueerimist või ümberasustamist kolisid endisesse elukohta tagasi, arutlesid nii: "Vaadake mind. Ma olen terve. Minu lehm on terve. Siin ei ole mingit kiirgust. See on pettus. See on vale. Ametnikud tahavad meilt hoopis maa ära võtta." [Mapping the fallout..., 1994].

Hirmud omakorda sünnitasid kuulujutte. Neid tekkis ja levis palju – koletuslikke, usutavaid, täiesti uskumatuid. 2. mail 1986 teatas New York Post Kiievi massihauast tuumaplahvatuse 15 000 ohvrile [New York Post, 1986]. Kümme aastat hiljem käsitatakse Tšernobõli katastroofi ettekavatsetud katsena koguda teadmisi radioaktiivse kiirguse efektist inimestele, et niiviisi paremini valmistuda tuumasõjaks [Adams, 1996]. Aastal 2000 jõutakse järelduseni, et juba on kiirituse tagajärjel surnud 300 000 inimest [ITAR-TASS, 2000]. 15. detsembril 2000 edastab CNN Reutersi teate, et enamik Tšernobõli veterane on invaliidistunud, paljud on suremas ja ülejäänud surnud [CNN (Reuters), 2000]. Tõeline pommuudis selgitab, et [täpsustamata ajavahemikul] on katastroofi tõttu Rumeenias nahavähijuhtude arv suurenenud 60 korda [o.s. Earth Global...].

Autori oma kõrvaga kuuldu järgi olevat 1986. aasta aprillikuu lõpus liikunud Saaremaal Sõrve poolsaarel veokikolonn, mis toimetas teadmata sihtpunkti kümneid ja kümneid surnud põtru, 1000 km kauguselt kohale jõudnud kiirguse ohvreid.

MIDA ON PRAEGUSEKS TEADA

Veidi aega pärast katastroofi algas ulatuslik rahvusvaheline teadustegevus Tšernobõli tervistkahjustavate efektide uurimiseks. Kõigi uuringute tunnustatuim kokkuvõte sisaldub ÜRO Aatomikiirguse Efektide Teaduskomitee (UNSCEAR) aruandes [United Nations, 2000]. Aruande ja mõne muu teaduskirjutise [Tuttle, Becker, 2000; Moysich jt, 2002; Havenaar jt, 2003; Baverstock, Williams, 2006] põhijäreldused on järgmised:

- Kiirguse AINUS piisava tõendusandmestikuga tagajärg rahva tervisele on kilpnäärmevähi-haigestumuse järsk suurenemine lastel: 1990–1998 diagnoositi umbes 1800 haigusjuhtu Valgevene, Ukraina ja Venemaa saastatud aladel. Alguses suhtuti haigestumuse tõusu kahtlusega: ei suu-

detud uskuda, et kergesti lenduv joodi isotoop ^{131}I on niivõrd tugev kantserogeen ja et haiguse peiteperiood on nii lühike.

- Praegu PUUDUB rahvusvaheliselt tunnustatav tõendus leukeemiariski suurenemise kohta.
- PUUDUB teaduslik tõendus, et vähihaigestumuse või -suremuse suurenemine oleks seotud kiirgusega.
- PUUDUB tõendus sünnidefektide sagenemise kohta aja jooksul.
- On olemas SELGE tõendus kiirgusega mitteseotud psüühikahäirete kohta, mis on tingitud radiofoobiast, liialdatud kuulujuttudest kiirguse tervistkahjustavast mõjust, majandusraskustest, katastroofi tagajärgede tugevalt ülepolitiseeritud käsitlusest ja mitmest muust asjaolust.
- Teated kiirguse põhjustatud tervisekahjustustest rahvastiku tasandil on olnud SUURESTI LIIALDATUD.

TŠERNOBÕLI VETERANIDE EESTI KOHORTUURING

Eestist pärit veteranide tervise uurimine epidemioloogia ja selle lähiteaduste vahenditega algas 1991. aastal ja kestab tänaseni. Kohortuuring koos oma haru-uuringutega (tabel) on saanud teoks tänu ulatuslikule rahvusvahelisele ühistööle, milles osalesid/osalevad ühel või teisel määral kaheksa riigi (Eesti, Hollandi, Leedu, Läti, Prantsusmaa, Rootsi, Soome, USA) teadlased. Lisaks muule tuleb ülimalt väärtustada kogemusi, mis on uuringute käigus saadud suhtlemisel maailma tippteadlastega.

Tabel

Epidemioloogilised uuringud: Eestist pärit Tšernobõli veteranid

Uuringu nimetus	Uuringu tegemise või vaatluse periood	Uuringutulemuste avaldamine
Kohortuuring		
Postiküsitlus	12.1992–06.1993	[Tekkel jt, 1997]
Vähihaigestumusuuring	1986–1998	[Rahu jt, 1997, 2006a]
Suremusuuring	1986–2002	[Rahu jt, 1997, 2006a]
Biodosimeetria	1993–1996	[Bigbee jt, 1996, 1997; Granath jt, 1996; Littlefield jt, 1998]
Kilpnäärmeskriining	03.–04.1995	[Inskip jt, 1997; Wiest jt, 1998]
DNA minisatelliitide muutused veteranide lastel	1996–1997	[Kiuru jt, 2003]
Eesti ja Läti veteranide vähihaigestumusuuring	1986–1998	[Rahu jt, 2006a]
Kiirgusannuste rekonstrueerimine	1990–1998	[Kesminiene jt, 2002]

Uuringute kogumi keskmes on kohortuuring, mille tegemiseks koguti eri andmeallikatest nende meeste nimed (ja mõned muud tunnused), kes viibisid 1986–1991 Tšernobõli piirkonnas avariitöödel või nendega seotud tegevuse tõttu vähemalt päeva. Selliseid mehi oli uuringus kokku 4832. Kohortuuringus mõõdeti veteranide vähihaigestumust ja suremust sel teel, et nende andmestik lingiti Eesti Vähiregistri [Rahu, 2001] ja Eesti Statistikaameti surmaregistri [Rahu jt, 2006b] andmetega.

Veterane käsitlevate uuringute tulemusena oleme saanud teada, et Tšernobõlis:

- viibimise aja vältel said mehed kiiritada esialgselt eeldatust mitu korda vähem;
- saadud kiiritus ei ole seni suurendanud vähi- ega surmariski, see tähendab, et veteranid haigestuvad vähki ja surevad mitte sagedamini kui kogu samas vanuses Eesti meesrahvastik;
- kogetu on mõjunud psüühikaseisundile, mistõttu on suurenenud enesetapurisk;
- töötamine ei ole tekitanud geneetilisi efekte lastel, kes sigitati pärast Eestisse naasmist.

Tšernobõli veteranide tervist käsitlevate uuringutega alustamine ja töö plaanipärane käik said teoks tänu mitmele õnnelikule asjaolule. Nende hulgas tänu sellelegi, et 1990. aastate esimesel poolel EI OLNUD Eestis veel isikuandmete kaitse seadust.

KUI SOOVIKS EESTIS ALUSTADA UURINGUT TÄNA

Kohortuuringus kasutatakse tihti uuritava inimrühma (kohordi) moodustamiseks andmeid, mis on kusagil juba olemas. Need andmed korrastatakse ja uuringu käigus jälgitakse iga kohordi liikme terviseseisundit ühel või teisel viisil. Sageli toimub taoline jälgimine riigis loodud haigusregistrite abil. Seega võidakse kogu uuring teha "laua tagant tõusmata", s.o arvutis andmebaase linkides. Kui riigi "registrimajandus" on heal järjel – nt on loodud palju isikuandmetega registreid, tagatud andmete maksimaalne käideldavus (sh linkimine) ja kindlalt paika pandud ligipääsuõigused –, muutub mitut tüüpi epidemioloogiliste uuringute tegemine kiireks ja odavaks. Seejuures suureneb oluliselt tööviljakus ja nii saab loomulikult hõlpsamini luua uusi teadmisi. Näidet ei tule otsida kaugelt: PubMedi (www.pubmed.gov) kasutaja saab otsemaid veenduda, et Soome oskusliku tervise- ja registripoliitika tingimustes [Gissler, Haukka, 2004] on Soome Vähiregistri epidemioloog Eero Pukkala aastatel 2003–2006 avaldanud koguni 100 (loe: sada) teadusartiklit.

Paraku on Eestis alates 1996. aastast, kui võeti vastu teadusvaenulik isikuandmete kaitse seadus [Rahu, 2003a; Rahu, McKee, 2003], õiguslikult võimatu alustada selliseid epidemioloogilisi uuringuid, milles vajatakse olemasolevaid andmekogusid. Praegune seadus ei lubaks alustada Tšernobõli kohortuuringut, sest kohorti ei saa moodustada ilma isikuandmeteta. Need on aga kunagi ko-

gutud muul eesmärgil – ühed sõjaväe kordusõppustele saadetute ja teised osutatud sotsiaalhoolduse teenuste arvestuseks, kolmandad Tšernobõlis käinute tervisekontrolli tulemuste dokumenteerimiseks. Kui aga sellest tõkkest on mingil müstilisel moel üle saadud ja kohort moodustatud, peab kehtiva seaduse kohaselt enne linkimist vähiregistri ja surmaregistriga saama igalt Tšernobõli veteranilt või tema õigusjärglaselt kirjaliku nõusoleku linkimiseks. Niisugune titaanlik ülesanne, mis sisaldab ühtlasi aadresside täpsustamist rahvastikuregistris ja arhiivides, praeguseks ligi 750 manalateed läinud veterani õigusjärglase väljaselgitamist, kirjavahetusse astumist kõigi asjaosalistega, nõuaks väga ja väga heldet rahastajat. (Tõsi küll, 1. jaanuarist 2008 kehtima hakkav andmekaitseseadus [Isikuandmete kaitse seadus, 2007] möönab (§ 16 lõige 4) eurodirektiivi 95/46/EÜ [Euroopa Parlamendi..., 1995] eeskujul ükskord ometi, et teadustööks on kogutud isikuandmeid "lubatud töödelda... olenemata sellest, millisel eesmärgil neid isikuandmeid algselt koguti". Samuti on uues seaduses lõpuks sätestatud (§ 16 lõige 2), et teadusuuringu vajadusteks tohib andmeid töödelda andmesubjekti nõusolekuta, kui teisiti ei oleks "eesmärgid enam saavutatavad või oleks nende saavutamine ebamõistlikult raske".)

Nende hädade keskel peame täna arvestama, et pikaajalise ametkondliku hoolimatuse ja suutmatuse tagajärjel [Rahu jt, 2006b] on halvatud Eesti vähiepidemioloogide (ja riigi?) kauaaegse uhkuse, varem rahvusvaheliselt kõrgelt hinnatud Eesti Vähiregistri tegevus. Ametnike alailma vahelduvate "visioonide", nende elluviimise tähtaegade pideva muutmise ja maagiliste "indikaatorite" segadikku sattunud vähiregistri alusel ei ole enam mõtet veteranide vähiriski hindama hakatagi. Alates 2001. aastast jääb Eestis igal aastal registreerimata umbes 5% vähijuhte, sest ikka veel puudub õigusakt, mis lubaks vähiandmeid linkida surmaregistriga. Samuti on Eestis visalt ja põhjendusi esitamata keeldutud õigusliku aluse loomisest, võimaldamaks kasutada epidemioloogias ja selle lähiteadustes hästi tuntud [Dahl, 1993; Westerling, Rosen, 2002; Danø jt, 2004; Jartti jt, 2006] lähenemist – rahvaloenduse andmete linkimist surma- ja/või muu registriga. Ilmselt ei aita meid äsjane kadedusttekitav Leedu eeskujugi [Shkolnikov jt, 2007].

KOKKUVÕTTEKS

Teadustöö olustik ja kultuurikeskkond mõjutavad meie tõekspidamisi, meie arvamusi ja viisi, kuidas me tõlgendame ja püüame saada tõendusmaterjali [Neutra, 1996]. Epidemioloogia kui teadusharu, mis käsitleb haiguste ja nende mõjurite esinemist rahvastikus, on oma arengus suuresti sõltuv riigi võimekusest pidada mitmesuguseid registreid ja tahtest lasta neid registreid kasutada riigistatistikas ning teadustöös. Kui nõukogude ajal halvas epidemioloogilist uurimistööd tsensuur [Rahu, 1992], siis viimasel kümnendil on Eestis sedasama teinud avalikke huve eirav andmekaitseseadus [Rahu, 2003a, 2004; Rahu, McKee, 2003].

Epidemioloogilised uuringud Tšernobõli tagajärgede uurimiseks on tervikuna [Rahu, 2003b] küllalt keerukad, sest enim saastatud piirkondades ei ole kerge eristada kiirguse efekte majandusliku ja sotsiaalse allakäigu – madal töötasu, nigelad elutingimused, demoraliseerumine, halb toit, alkoholi- ja tubakasõltuvus, süvenev sotsiaalne kihistumine ja sõltuvuskultuur – mõjust. Nende piirkondade rahvastikus valitsevad haigused, mis on iseloomulikud madala sotsiaalmajandusliku staatusega inimrühmadele ja mis võivad varjutada kiirgusest tingitud tervisehäireid. Olukorda keerustab veelgi asjaolu, et inimeste teavitamisel kiirguse tegelikest ja võimalikest tagajärgedest "võistlevad omavahel hirmud, kuuldused ja eksperdid" [Abbott jt, 2006].

Eesti uuringu näitel olid Tšernobõlis saadud kiiritusannused väikesed ja need ei ole veteranidel seni suurendanud vähiriski ega surmariski. Täie selguse saamiseks tuumakatastroofi tekitatud tervisekahjustustest on esitatud üleskutse [Baverstock, Williams, 2006] jätkata kõigis riikides uurimistööd Tšernobõli piirkonnas kiiritatud inimeste tervise ELUAEGSEKS jälgimiseks.

KIRJANDUS

Abbott, P., Wallace, C., Beck, M. (2006). Chernobyl: living with risk and uncertainty. Health Risk Soc., 8, 105-121.

Adams, J. (1996). The Chernobyl experiment [online]. http://www.freerepublic.com/forum/a36422749023e.htm

Baverstock, K., Williams, D. (2006). The Chernobyl accident 20 years on: an assessment of the health consequences and the international response. Environ. Health Perspect., 114, 1312-1317.

Bigbee, W. L., Jensen, R. H., Veidebaum, T., Tekkel, M., Rahu, M., Stengrevics, A. et al. (1996). Glycophorin A biodosimetry in Chernobyl cleanup workers from the Baltic countries. BMJ, 312, 1078-1079.

Bigbee, W. L., Jensen, R. H., Veidebaum, T., Tekkel, M., Rahu, M., Stengrevics, A. et al. (1997). Biodosimetry of Chernobyl cleanup workers from Estonia and Latvia using the glycophorin A *in vivo* somatic cell mutation assay. Radiat. Res., 147, 215-224.

CNN (Reuters). (2000). Chernobyl: a chronology of disaster. December 15.

Dahl, E. (1993). High mortality in lower salaried Norwegian men: the healthy worker effect? J. Epidemiol. Community Health, 47, 192-194.

Danø, H., Hansen, K. D., Jensen, P., Petersen, J. H., Jacobsen, R., Ewertz, M. et al. (2004). Fertility pattern does not explain social gradient in breast cancer in Denmark. Int. J. Cancer, 111, 451-456.

Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 95/46/EÜ, 24. oktoober 1995, üksikisikute kaitse kohta isikuandmete töötlemisel ja selliste andmete vaba

liikumise kohta. (1995).
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/et/dd/13/15/31995L0046ET.pdf

Gissler, M., Haukka, J. (2004). Soome tervise- ja sotsiaalregistrid ning epidemioloogilised uuringud. Eesti Arst, 83, 543-552.

Granath, F., Darroudi, F., Auvinen, A., Ehrenberg, L., Hakulinen, T., Natarajan, A. T. et al. (1996). Retrospective dose estimates in Estonian clean-up workers by means of FISH. Mutation Res., 369, 7-12.

Havenaar, J. M., de Wilde, E. J., van den Bout, J., Drottz-Sjöberg, B. M., van den Brink, W. (2003). Perception of risk and subjective health among victims of the Chernobyl disaster. Soc. Sci. Med., 56, 569-572.

Inskip, P. D., Hartshorne, M. F., Tekkel, M., Rahu, M., Veidebaum, T., Auvinen, A. et al. (1997). Thyroid nodularity and cancer among Chernobyl cleanup workers from Estonia. Radiat. Res., 147, 225-235.

International Atomic Energy Agency. (2001). Present and Future Environmental Impact of the Chernobyl Accident. IAEA-TECDOC-1240. IAEA, Vienna.

Isikuandmete kaitse seadus. (2007). Vastu võetud 15. veebruaril 2007. a. RTI, 16.03.2007, 24, 127. https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12802623

ITAR-TASS. (2000). Major catastrophes at the second half of the 20th century. Planet's Echo, 48 [online]. http://www.explan.ru/archive/2000/48/s1.htm

Jartti, P., Pukkala, E., Uitti, J., Auvinen, A. (2006). Cancer incidence among physicians occupationally exposed to ionizing radiation in Finland. Scand. J. Work Environ. Health, 2006, 32, 368-373.

Kesminiene, A., Cardis, E., Tenet, V., Ivanov, V. K., Kurtinaitis, J., Malakhova, I. et al. (2002). Studies of cancer risk among Chernobyl liquidators: materials and methods. J. Radiol. Prot., 22, A137-141.

Kiuru, A., Auvinen, A., Luokkamäki, M., Makkonen, K., Veidebaum, T., Tekkel, M. et al. (2003). Hereditary minisatellite mutations among the offspring of Estonian Chernobyl cleanup workers. Radiat. Res., 159, 651-655.

Littlefield, L. G., McFee, A. F., Salomaa, S. I., Tucker, J. D., Inskip, P. D., Sayer, A. M. et al. (1998). Do recorded doses overestimate true doses received by Chernobyl cleanup workers? Results of cytogenetic analyses of Estonian workers by fluorescence in situ hybridization. Radiat. Res., 150, 237-249.

Mapping the fallout from the Chernobyl disaster: an interview with John Baldwin. (1994). Environ. Rev., 12, 1-6. http://www.environmentalreview.org

Marples, D. R. (1996). The Chernobyl disasters its effect on Belarus and Ukraine. Mitchell, J. K. (ed.). The Long Road to Recovery: Community Responses to Industrial Disaster. United Nations University Press, Tokyo, 183-230.

Mould, R. F. (2000). Chernobyl Record: The Definitive History of the Chernobyl Catastrophe. Institute of Physics Publishing, Bristol.

Moysich, K. B., Menezes, R. J., Michalek, A. M. (2002). Chernobyl-related ionising radiation exposure and cancer risk: an epidemiological review. Lancet Oncol., 3, 269-279.

Neutra, R. R. (1996). Epidemiology differs from public health practice [comment]. Epidemiology, 7, 559.

New York Post. (1986). May 2.

o.s. Earth Global Simulations OSEARTH). [Date not shown]. Briefing report [online].
http://www.osearth.com/resources/sampleNWG/NWG_beta/reports/eu/health.html

Rahu, K., Rahu, M., Tekkel, M., Bromet, E. (2006a). Suicide risk among Chernobyl cleanup workers in Estonia still increased: an updated cohort study. Ann. Epidemiol., 16, 917-919.

Rahu, M. (1992). Cancer epidemiology in the former Soviet Union. Epidemiology, 5, 464-470.

Rahu, M. 2001. Eesti Vähiregister. Hippokrates, 25, 240-245.

Rahu M. (2003a). Epidemioloogilised uuringud ja indiviidi privaatsus. Hippokrates, 42, 188-196.

Rahu, M. (2003b). Health effects of the Chernobyl accident: fears, rumours and the truth. Eur. J. Cancer, 39, 295-299.

Rahu, M. (2004). Haiguste levikukaardid: rännakuid Glavliti-ajast tänapäeva. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis, 89, 195-208.

Rahu, M., McKee, M. (2003). Effect of Estonian law on prospects for public health research [letter]. Lancet, 362, 2122.

Rahu, M., Rahu, K., Auvinen, A., Tekkel, M., Stengrevics, A., Hakulinen, T. et al. (2006b). Cancer risk among Chernobyl cleanup workers in Estonia and Latvia, 1986–1998. Int. J. Cancer, 119, 162-168.

Rahu, M., Rahu, K., Baburin, A. (2006c). Eesti surmaregister: tekkelugu ja andmekasutus teadustöös. Eesti Arst, 85, 449-455.

Rahu, M., Tekkel, M., Veidebaum, T., Pukkala, E., Hakulinen, T., Auvinen A, et al. (1997). The Estonian study of Chernobyl cleanup workers: II. Incidence of cancer and mortality. Radiat. Res., 147, 653-657.

Shkolnikov, V. M., Jasilionis, D., Andreev, E. M., Jdanov, D. A., Stankuniene, V., Ambrozaitiene, D. (2007). Linked versus unlinked estimates of mortality and length of life by education and marital status: evidence from the first record linkage study in Lithuania. Soc. Sci. Med., 64, 1392-1406.

Specter, M. (1996). A wasted land. The New York Times, March 31. http://www.michaelspecter.com/times/1996/1996_03_31_nyt_chernobyl.html

Tekkel, M., Rahu, M., Veidebaum, T., Hakulinen, T., Auvinen, A., Rytömaa, T. et al. (1997). The Estonian study of Chernobyl cleanup workers: I. Design and questionnaire data. Radiat. Res., 147, 641-652.

Tuttle, R. M., Becker, D. V. (2000). The Chernobyl accident and its consequences: update at the millennium. Semin. Nucl. Med., 30, 133-140.

United Nations. (1998). The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 1998 Report. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. New York, United Nations.

United Nations. (2000). The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2000 Report. Sources and Effects of Ionizing Radiation, Vol. II: Effects. New York, United Nations.

Westerling, R., Rosen, M. (2002). "Avoidable" mortality among immigrants in Sweden. Eur. J. Public Health, 12, 279-286.

Wiest, P. W., Hartshorne, M. F., Inskip, P. D., Crooks, L. A., Vela, B. S., Telepak, R. J. et al. (1998). Thyroid palpation versus high-resolution thyroid ultrasonography in the detection of nodules. J. Ultrasound. Med., 17, 487-496.

Teaduspreemia geo- ja bioteaduste alal monograafia "Verevi järv – teravalt kihistunud hüpertroofne veekogu" ja siseveekogude ökoloogiat käsitlevate teadusartiklite eest

Peeter Nõges

Sündinud 4.06.1957

1975	Tallinna 46. Keskkool, kujutava kunsti klass
1980	Tartu Ülikool, bioloog-ökoloog ja bioloogia-keemiaõpetaja
1987	bioloogiakandidaat, Tartu Ülikool, hüdrobioloogia
1980–1992	Eesti TA ZBI Võrtsjärve Limnoloogiajaamas insenerist kuni vanemteadurini
1992–2003	TÜ Zooloogia ja Hüdrobioloogia Instituudis lektor, dotsent, erakorraline vanemteadur
1999	Kasumigaura auhind 1999, Ibaraki prefektuur, Jaapan

Alates 2003 rahvuslik ekspert limnoloogia alal Euroopa Komisjoni Ühendatud Uurimiskeskuses, Keskkonna ja Säästva Arengu Instituut Itaalias.

Avaldanud üle 100 teaduspublikatsiooni.

Ingmar Ott, 24.02.2007

Sündinud 14.09.1955

1974	Tartu X Keskkool
1980	Tartu Ülikool, bioloog-ökoloog ja bioloogia-keemiaõpetaja
1987	bioloogiakandidaat, Tartu Ülikool, hüdrobioloogia
1992–2001	TÜ Zooloogia ja Hüdrobioloogia Instituut: lektor, dotsent

Eesti TA ZBI Võrtsjärve Limnoloogiajaamas (praegu Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja Keskkonnainstituudi Limnoloogiakeskus) alates 1980. aastast aspirandist kuni professorini.

Avaldanud üle 70 teaduspublikatsiooni.

JÄRVEDE ÖKOLOOGILISED UURINGUD

SISSEJUHATUS

Eestis katavad järved 4,8% riigi pindalast. Selle näitaja poolest oleme kolme Skandinaaviamaa järel auväärsel neljandal kohal Euroopas. Nelja protsendini küünib järvesus veel Šveitsis, kuid kõigis ülejäänud maades on järvi juba alla kahe protsendi riigi territooriumist. Üldiselt võib öelda, et limnoloogiliste e järveteaduslike uuringute ulatus ja tase on üsna heas kooskõlas riikide järvesusega. Eranditeks on ehk sellised kõrgeltarenenud riigid nagu Suurbritannia, Saksamaa ja Taani, kus vaatamata sellele, et järved moodustavad alla ühe protsendi riikide pindaladest, tegutsevad seal pikkade traditsioonidega auväärsed limnoloogia keskused. Eestis on järveuuringud koondunud peamiselt Eesti Maaülikooli Limnoloogiakeskusesse (end Võrtsjärve Limnoloogiajaam), kuid töid tehakse ka Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudis ja Geograafia Instituudis, Tallinna Ülikooli Ökoloogia Instituudis, Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituudis ja mujal.

Juba Eesti limnoloogia algaastatest saadik, mil uurimistöid korraldas Eesti Loodusuurijate Seltsi järvekomisjon, on uurimistöid iseloomustanud kompleksus ja ökosüsteemne lähenemine. Järve on püütud näha kui funktsionaalset tervikut, mille iseloomu määravad tema morfoloogilised tunnused (suurus, sügavus, kuju) ja valglast lähtuvad vee- ja ainevood ning milles põimuvad füüsikalised, keemilised ja bioloogilised protsessid. Selline lähenemisviis on nõudnud Eesti limnoloogidelt suurt universaalsust, aga ka koostöövalmidust, sest isegi lomonossovliku mitmekülgsuse korral ei jõuaks ennast kursis hoida kõige selles laias ainevallas toimuvaga, rakendada uusi meetodeid ja viia teadust edasi.

Siseveekogude, sealjuures järvede ökoloogilised uuringud on saanud suure väljakutse Euroopa Komisjoni Veepoliitika Raamdirektiivi rakendamise käigus. Eesmärgiks on tagada 2015. aastaks Euroopa Liidu liikmesriikides veekogude hea ökoloogiline seisund. Selle saavutamiseks on rakendatud suur hulk limnolooge ja iga riik püüab anda oma parima, tuginedes eelkõige oma teaduspotentsiaalile. Mida tugevam on teaduslik tase ja parem nende teadmiste rakendamine, seda paremad praktilised tulemused saavutatakse. Selles osas on Eesti limnoloogid tasemel, omades pikaaegseid kogemusi järvede uurimise erinevates aspektides. Kasuks tööde kompleksus, mis võimaldab paremini mõista nähtuste ökoloogilisi mehhanisme.

VEREVI JÄRVE UURINGUD

Rikutud veekogud on ühest küljest eemaletõukavad, teisest küljest aga ligimeelitavad. Ligi meelitab limnolooge küsimus, kuidas niisugused ökosüsteemid funktsioneerivad ja kas annab nende heaks midagi ära teha. Kui pikka aega on tegeldud looduslähedaste ökomehhanismide selgitamisega, siis selli-

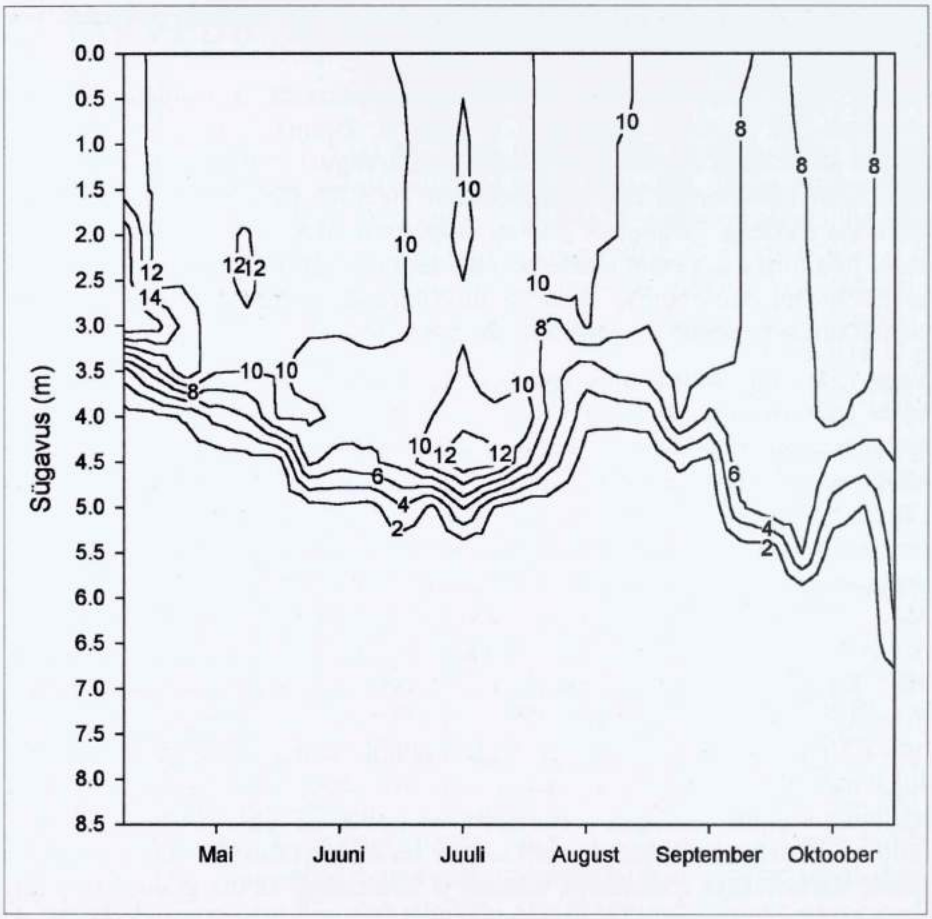
sed järved heidavad meile uue väljakutse. Eks katsu seletada protsesse veekogus, kus looduslik seisund on ammu unustatud.

Verevi järve on uurinud neli limnoloogide põlvkonda ja avaldatud on kaks monograafiat. Esimene ilmus 1991. a (toim. H. Timm). Verevi järve uuringud on hea näide Eesti limnoloogiliste uuringute arengust. Alustati 1920ndatel aastatel Eesti limnoloogia suurkuju professor Heinrich Riikoja juhtimisel inventeerivate töödega, järgnevalt pöörati limnoloogiajaama rajaja Neeme Mikelsaare juhtimisel suuremat tähelepanu elustiku ressurssidele, siis Aare Mäemetsa juhtimisel ökoloogilise seisundi hindamisele ja viimases etapis eelmiste taustal fundamentaalökoloogilistele uuringutele.

Verevi järv on läbinud oma arengus väga erinevad ökoloogilised seisundid. Mida rohkem inimene astub vahele normaalsele looduslikule arengule, seda ootamatumad on tulemused. Teisalt tekivad niimoodi uued huvitavad loodusnähtused, millest arusaamiseks tuleb teha suuri jõupingutusi, kuid on uurijatele väga huvitavad. Lahustunud soolade suure hulga tõttu süvakihtides on Verevi järv muutunud osaliselt meromiktseks, kus igal kevadel ei toimugi tavalist vee segunemist (joonis 1). Veesammas jääb peaaegu aastaringselt teravalt kihistunuks. Selle tõttu on mikroskoopilistest, vees hõljuvatest organismidest koosnev plankton jaotunud omakorda vertikaalsetesse ökoniššidesse, mis on kohati väga kitsad. Nii paiknes ruskvetika *Ceratium hirundinella* biomassi maksimum (18,6 g m^{-3}) 5 m sügavusel, neelvetika *Cryptomonas* spp. väga suurt hulka 56 g m^{-3} mõõdeti 6 m ja euglenofüütide maksimaalset biomassi 7 m sügavusel. Ka ainuraksete hulka kuuluvate tsiliaatide seas valdavad erinevatel sügavustel erinevad liigid, mis vahetavad kohta ka ajas. Hulkrakse loomse hõljumi e metazooplanktoni vertikaalsele levikule avaldavad suurimat toimet kalad, klaasiksääse *Chaoborus* vastsed ja lahustunud ainete gradiendid, kuna fütoplankton kui zooplanktoni sööt mõjutab rohkem sesoonset levikut. Planktonis ilmnevate kihtide täpsemaks uurimiseks täiustati ka planktoni kogumise meetodeid. Üsna raske oleks veekogu sügavamatest kihtidest teatava kitsa osa eemaldamine ilma täppisvahendita [Kõiv, Kangro, 2005; Ott jt, 2005a]. Selle ülesande lahendamiseks ehitati seade, mis võimaldas kätte saada vett 10 cm täpsusega.

Terava kihistumise tõttu levib ka valgus järves omapäraselt: temperatuuri hüppekihis (2,5–6 m) toimuvad olulised muutused optiliselt aktiivsete ainete koguse suurenemise toimel. Nii moodustub tõke, mis takistab valguse levikut hüpolimnionisse [Reinart jt, 2005].

Valguse, temperatuuri ja biogeenide omapärane jaotus veesambas soodustab vastupidiselt tavalisele väga intensiivset bakterite fotosünteesi sügavates kihtides (5–6 m). Fototroofsete bakterite suure hulga tõttu Verevi järves kasutati pigmentide määramisel traditsioonilise spektrofotomeetrilise meetodi kõrval ka kõrgsurve-vedelik-kromatograafiat, millega sai eristada vetika- ja bakterklorofülli [Nõges, Solovjova, 2005; Nõges, Kangro, 2005].



Joonis 1.
Hapnikujaotus (mg/l) Verevi järves 2001. a. Vahetult pärast jääminekut mõõdetud väärtused näitavad, et juba siis oli vesi kihistunud.

Osaline meromiktsus tekitab olukorra, kus planktoni dominandid võivad aastast-aastasse erineda. Põhjuseks on kevadiste keskkonnatingimuste väga lühiajaline, kuid otsustav mõju kogu kasvuperioodile. Sedimentatsiooniuuringutest selgus, et vaid seitsme päeva jooksul vegetatsiooniperioodi alguses langeb suur osa hõljumist alumistesse kihtidesse, viies ühtlasi toitesoolad eufootilisest kihist välja ja pikendades selgevee perioodi [Ott jt, 2005b].

Planktonile eluliselt tähtsate tingimuste tugev sõltuvus varakevadisest ilmastikust seletab ka planktonis ilmnevaid suuri aastatevahelisi erinevusi. Planktoni enda aktiivsus võib mõjutada lühiajaliselt ka toitesoolade kättesaadavust, näi-

teks lämmastiku fikseerimine, kuigi selle roll Verevi lämmastikuringes on üldiselt väike [Tõnno jt, 2005].

Suurtaimede arengut määravate tegurite seas on järves tekkinud omapärane mõjurite kombinatsioon vee kihistumisest ja veetaseme alandamisest. Tulemuseks on ka siin ebastabiilne dominantide koosseis. Meromiktsuse ajal levib valgus tavalisest sügavamale, soodustades veesisese taimestiku arengut. Veetaseme alandamine aga paljandab ulatuslikke kaldaalasid, kus setted oksüdeeritakse ja uutele taimedele avanevad võimalused nende alade hõivamiseks. Muutub ka sette keemiline ainete vahekord ja füüsikalised omadused. Esimestel aastatel pärast veetaseme alandamist saavad ülekaalu sõõr-särjesilm ja teised kiiresti veesambast toitesooli imavad taimed [Mäemets, Freiberg, 2005].

Põhjaloomad on rikkalikult esindatud vaid kaldavees, kuna laialdane ala on hapnikuta ja seal domineerivad vaid klaasiksääse vastsed [Timm, Möls, 2005]. Epilimnioni pealmises kihis oli 80–85% kalade kogubiomassist. Terav suvine kihistumine mõjutab oluliselt kalade ööpäevast liikumist [Järvalt jt, 2005].

Osalise meromiktsuse aastatel järv ei puhastu toitesooladest ja need akumuleeruvad setetesse. Neil aegadel on peamise vetikate kasvu piirava toiteelemendi fosfori erinevused pinna- ja põhjavees viieteistkümnekordsed (tavaliselt Eesti järvedes ca pooleteist-kahekordsed). Kuigi neil aastail võib järve üldine seisund olla hea, on see siiski näiline, sest ilmaolude muutumise korral vallanduvad põhjakihtidest ja settest väga suured toitesoolade kogused, mis muudavad taas kogu järve ökosüsteemi funktsioneerimist. Sette pealmises 10 cm paksuses kihis on veel 830 kg fosforit [Kisand, 2005].

Raamatus pakutakse välja ka järve põhjendatud tervendamisprogramm, milleks on settefosfori töötlemine ja hüpolimnioni aereerimine [Ott jt, 2005a]. Settefosforit töödeldakse raudkloriidiga, mis seob üleliigse fosfori lahustumatuna settesse. Samal ajal kasutatakse ka nn bioloogilisi meetodeid, aidates järvel endal reostusega toime tulla. Nimelt lisatakse järve kaltsiumnitraati. Viimast hakkavad kiiresti kasutama denitrifitseerivad bakterid, kes lagundavad järve sügavamatesse osadesse koondunud suure koguse orgaanilist ainet [Ripl, 1976]. Selle käigus lenduvad lahustunud gaasid. Järve lisatud nitraat muudetakse gaasiliseks molekulaarseks lämmastikuvormiks ja lendub. Orgaaniline aine on aga edukalt lagundatud, mis oligi eesmärk. Enam ei kuhju põhjakihtidesse selliseid kahjulikke gaase nagu väävelvesinik, metaan, ammoniaak. Veekogu tervendamisele aitab kaasa ka vee põhjakihtide aereerimine, mis soodustab hapnikurikkas keskkonnas samuti üleliigse lahustunud orgaanilise aine lagundamist ja pikendab vee-elustiku kasvuperioodi.

VALGLA AINEKOORMUS JA SELLE MÕJU JÄRVEDELE

Järve vee omadused ja kvaliteet kujunevad peamiselt valglas. Valgla geoloogiline iseloom määrab vee keemilise tüübi, valgla maakasutusest sõltub aga

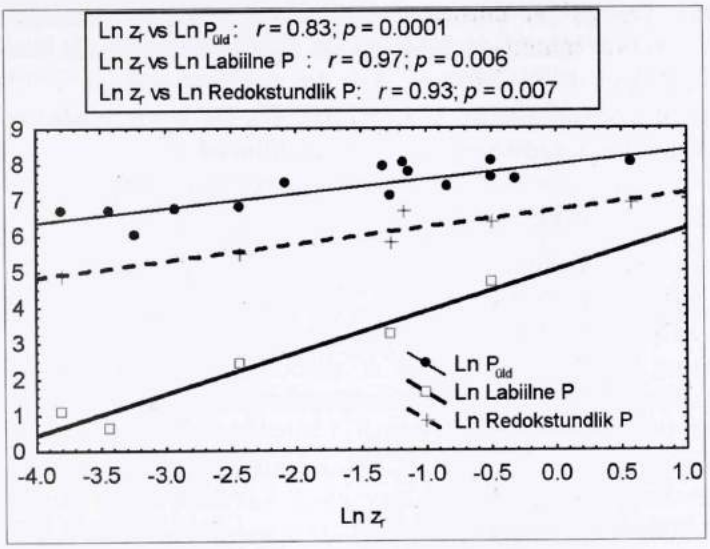
suuresti väetisainete sissekanne. Järve vee- ja ainebilansi mõõtmine, mis aitab mõista järvele tekitatud koormust, aga ka järve efektiivsust selle koormusega hakkamasaamisel, on viimastel aastatel olnud Limnoloogiakeskuse üks olulisi töösuundi. Detailsed ainebilansid on arvutatud Võrtsjärve [Nõges P jt, 2007a], Peipsi [Nõges P jt, 2003] ja Verevi järve kohta [Nõges, 2005]. Seoses paranenud veekaitseabinõudega on kogu Euroopas toimunud järvede eutrofeerumise pidurdumine või koguni oligotrofeerumine, kusjuures kõige enam on kahanenud fosfori koormus [Jeppesen jt, 2005]. Uuritud järvede hulgas oli ka Peipsi, mille antropogeenne koormus 1990ndatel aastatel samuti kahanes, kuid see kahanemine oli rohkem märgatav lämmastiku osas ja tingitud mitte niivõrd aktiivsetest kaitsemeetmetest kuivõrd põllumajandustootmise ja väetiste kasutuse madalseisust pärast Nõukogude Liidu lagunemist. Suurem osa Peipsi järve fosforikoormusest kandub järve Velikaja jõe kaudu Venemaalt. Selle probleemi üle kontrolli saavutamist takistab ka usaldusväärsete andmete vähesus Vene poolelt tuleva koormuse kohta, kuid järve üldseisundi muutused viimastel aastatel ei viita seni veel selle vähenemisele. Peipsi järves vohavatele veeõitsemistele saaks piiri panna just kättesaadava fosfori hulga vähendamisega. Vähenenud lämmastiku sissekanne vetikate kasvu ei pidurda, sest õitsenguid põhjustavad sinivetikad on võimelised kasutama lämmastiku allikana õhulämmastikku [Nõges jt, 2005].

SETTE JA VEE KEEMILINE KOOSTIS NING VASTASTIKUNE MÕJU

Sageli ei anna fosfori väliskoormuse vähenemine kohe soovitud muutust järve seisundis, kuna setetes võivad olla akumuleerunud suured fosfori varud, mille vabanemine (nn järve sisekoormus) võib veel aastaid toita vetikate kasvu. Suurtes ja madalates järvedes, kus lainetuse segav mõju setete pinnakihti pidevalt läbi peseb, ei ole suurte labiilse fosfori varude kogunemine siiski kuigi tõenäoline. Meie analüüs [Nõges T jt, 2007], mis põhines oma ja kirjanduse andmetel, näitas nii üldfosfori kui ka redokstundliku ja labiilse fosfori tugevat ja usaldusväärset kahanemist järve setetes koos järve suhtelise sügavuse vähenemisega (joonis 2). Suhteline sügavus on järve kuju iseloomustav näitaja, mis arvutatakse järve suurima sügavuse ja tema peegelpinna keskmise läbimõõdu suhtena. See tulemus näitab, et suurema keskmise sügavusega järvedes, nagu näiteks Verevi järves, võib eeldada tunduvalt pikaajalisemat sisekoormusest tingitud inertsi kui suurtes ja madalates järvedes, mille seisund peaks pärast väliskoormuse vähendamist üsna kiiresti paranema.

PALEOLIMNOLOOGIA

Järvesetted on ka väärtuslikuks informatsiooniallikaks, säilitades mõnede organismirühmade raskestilagunevaid osiseid, näiteks ränivetikate kodasid. Selliste mikrofossiilide järgi on võimalik rekonstrueerida minevikus järve asustanud ränivetikakooslus ja liikide ökoloogiliste nõudluste põhjal teha järeldusi järves valitsenud tingimuste üle. Viimastel aastatel on paleolimnoloogi-



Joonis 2.
Sette üldfosfori, redokstundliku fosfori (mõlemad mg P kg kuivaine kohta) ja sette poorivees sisalduva labiilse fosfori hulga (mg l^{-1}) seos järve keskmise sügavusega z_r. [Nõges T jt, 2007].

lised uuringud kõikjal Euroopas hoogu juurde saanud, kuna vastavalt EL Veepoliitika Raamdirektiivi nõuetele tuleb veekogude seisundit hinnata võrreldes nende hetkeolukorda minevikus valitsenud seisundiga ehk nn võrdlustingimustega. Just võrdlustingimuste väljaselgitamiseks annavad paleorekonstruktsioonid parimaid võimalusi. Koostöös TTÜ Geoloogia Instituudiga on analüüsitud Peipsi [Nõges jt, 2006] ja Võrtsjärve [Heinsalu jt, esitatud] seisundi muutusi, tuginedes muutustele sette ränivetikate koosseisus. Mõlemas järves tuli ilmsiks oluline muutus ränivetikakoosluses 20. sajandi teises pooles, mil mineraalväetiste ulatuslik kasutamine põllumajanduses põhjustas meie järvede kiire eutrofeerumise. Seega võiks nendes järvedes sajandi esimesel poolel valitsenud olukorda pidada inimmõju suhtes võrdlustingimusteks. Sel perioodil peegeldas Võrtsjärve ränivetikakooslus ka veetaseme muutusi, kuid need mõjud jäid hiljem eutrofeerumisest tingitud muutuste varju.

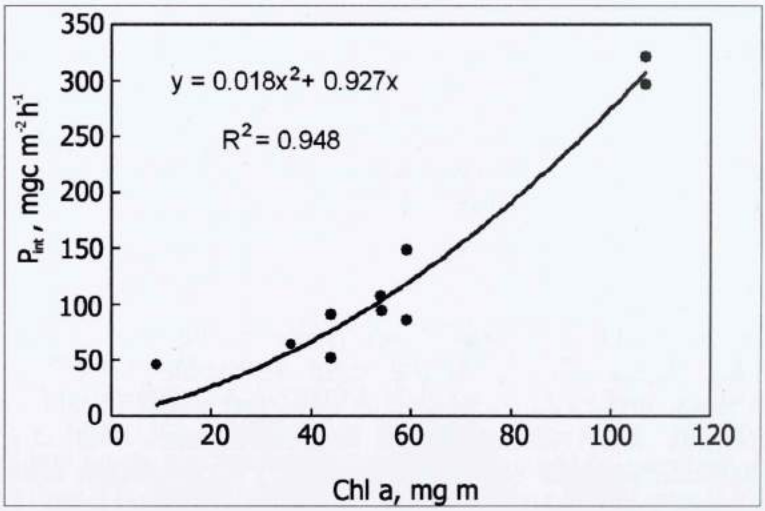
KLIIMA JÄRVEDE FUNKTSIONEERIMISE MÕJUTAJANA

Kliimamuutuste mõju vee-ökosüsteemidele uuritakse järjest enam. See areneb ka Eestis. Limnoloogiakeskuses on uuritud kliimamuutuste mõju kalade kudemistingimustele [Nõges, Järvet, 2005], fütoplanktoni dünaamikale [Nõges T jt, 2003], aga ka kogu ökosüsteemi ümberseadistumisele [Nõges, Järvalt, 2004]. Peeter Nõges on haaratud ka üle-Euroopalistesse uuringutesse, kus selgitatakse kliima mõju eutrofeerumisele ja veekogude ökoloogilisele seisundile [Eisen-

reich, 2005]. Praegu on uuringute tulipunktis selgitada, kuivõrd sõltuvad veekogude seisundi muutused looduslikust kliima dünaamikast, kuivõrd aga inimmõjust [Nõges P jt, 2007ab]. Kui tahetakse saavutada 2015. aastaks Euroopa Liidu siseveekogudes hea seisund, siis on tarvis teada, mil määral inimese kavandatavad meetmed seisundit parandavad.

JÄRVEVEE OPTILISED OMADUSED

Järve veesisese valguskliima määravad päikese kiirgusrežiim ja vee omadused, täpsemalt selliste optiliselt aktiivsete ainete nagu huumusained, vetikapigmendid ja mitmesuguse päritoluga heljum sisaldus. Vetikapigmentide hulk, millest lõviosa moodustab klorofüll *a*, iseloomustab üsna hästi planktonvetikate hulka vees ja järve produktiivsust (joonis 3).



Joonis 3.
Seos sügavuti integreeritud fütoplanktoni primaarproduktsiooni (P_{int}) ja klorofüll *a* sisalduse (Chl a) vahel Peipsis, Võrtsjärves ja Harku järves 2003. aastal [Arst jt, 2006].

Järve primaarproduktsiooni otsene mõõtmine planktonvetikate fotosünteesi kiirusena on üsna töömahukas. Tänapäeval kasutatakse selleks peamiselt radioaktiivsel ^{14}C isotoobil põhinevat meetodit, mis võimaldab hinnata vetikate süsiniku assimilatsiooni kiirust. Siiski annab see meetod ettekujutuse vaid fotosünteesi kiirusest teatud ajahetkel ja teatud sügavuses. Et saada ettekujutust selle protsessi dünaamikast, tuleks mõõtmisi korrata paljudes sügavustes ning erinevatel päeva- ja aastaaegadel. Teine võimalus on kasutada mudeleid. Kirjandusest võib leida mitmeid mudeleid, mis võimaldavad arvutada fotosünteesi kiirust lähtuvalt valguse ööpäevasest sügavusjaotusest vees ja vetikate

valguskasutuse näitajatest. Suurem osa veealuse valguskiirguse mõõtmisi tehakse lihtsate kiirgusmõõtjatega, mis mõõdavad laia spektri osa vahemikus 400–700 nm, ehk niinimetatud fotosünteetiliselt aktiivset kiirgust (PAR). Valguse spektraalseks mõõtmiseks on vaja kasutada tunduvalt keerukamat aparatuuri. Koostöös TÜ Eesti Mereinstituudi ja Tartu Observatooriumi töötajatega uurisime kolmes Eesti järves, Peipsis, Võrtsjärves ja Harkus, kui suure vea võib produktsioonimudelites põhjustada PAR andmete kasutamine spektraalsete andmete asemel [Arst jt, 2006]. Tulemused näitasid, et suurema läbipaistvusega vete puhul võib PAR andmete kasutamise puhul viga ulatuda 40–50 protsendini ja väga oluline on kasutada spektraalseid andmeid. Suure hägususega vetes jäi aga erinevus alla 20%.

Võrtsjärves mängivad valgustingimuste kujunemisel küllalt suurt rolli järve veetase ja sissekantavad huumusained [Reinart, Nõges, 2003]. Sademerohketel aastatel, kaasneb kõrge veeseisuga sageli ka suurenenud huumusainete sisaldus, mis muudab vee pruunikaks. Tume vesi ja suurem sügavus tekitavad järve põhja lähedal ulatusliku hämara vööndi, kus fotosünteesi saavad jätkata vaid varjulembesed vetikaliigid. Madala veeseisu korral on kogu veesammas suhteliselt paremini valgustatud, ehkki vees suureneb ka põhjast ülessegatud sette hulk, mis seda erinevust teatud määral vähendab. Madala- ja kõrgeveeliste perioodide vaheldumine toob Võrtsjärves kaasa märkimisväärseid muutusi planktonvetikate hulgas ja liigilises koosseisus [Nõges T jt, 2003].

VIIDATUD ALLIKAD

Arst, H., Erm, A., Kangro, K., Nõges, T., Nõges, P. (2006). Comparison of spectral and broad-band models for computing photosynthetically absorbed radiation in turbid waters. Boreal Environ. Res., 11, 55-65, 16.

Eisenreich, S. (ed.). (2005). Climate change and European water dimension. European Commission, EUR 21553 EN, 253 pp.

Heinsalu, A., Luup, H., Alliksaar, T., Nõges, P., Nõges, T. Can the ratio of planktonic to periphytic diatoms in the sediment indicate water level changes in a large shallow lake? Hydrobiologia. (esitatud)

Jeppesen, E., Søndergaard, M., Jensen, J.-P., Havens, K. E., Anneville, O., Carvalho, L., Coveney, M. F., Deneke, R., Dokulil, M. T., Foy, B., Gerdeaux, D., Hampton, S. E., Kangur, K., Köhler, J., Hilt, S., Lammens, E. H. H. R., Lauridsen, T. L., Manca, M., Miracle, M. R., Moss, B., Nõges, P., Persson, G., Phillips, G., Portielje, R., Romo, S., Schelske, C. L., Straile, D., Tatrai, I., Willen, E., Winder, M. (2005). Lake responses to reduced nutrient loading – an analysis of contemporary long-term data from 35 case studies. Freshwater Biol., 50, 10, 1747-1771. doi:10.1111/j.1365-2427.2005.01415.x.

Järvalt, A., Krause, T., Palm, A. (2005). Diel migration and spatial distribution of fish in a small stratified lake. Hydrobiologia, 547, 197-203; Ott, I., Kõiv, T.

(eds.). Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake. Springer.

Kisand, A. (2005). Distribution of sediment phosphorus fractions in hypertrophic strongly stratified Lake Verevi. Hydrobiologia, 547, 33-39; Ott, I., Kõiv, T. (eds.). Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake. Springer.

Kõiv, T., Kangro, K. (2005). Resource ratios and phytoplankton species composition in a strongly stratified lake. Hydrobiologia, 547, 123-135; Ott, I., Kõiv, T. (eds.). Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake. Springer.

Mäemets, H., Freiberg, L. (2005). Long- and short-term changes of the macrophyte vegetation in strongly stratified hypertrophic Lake Verevi. Hydrobiologia, 547, 175–184; Ott, I., Kõiv, T. (eds.). Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake. Springer.

Nõges, P. (2005). Water and nutrient mass balance of the partly meromictic temperate Lake Verevi. Hydrobiologia, 547, 21-31.

Nõges, P., Järvalt, A. (2004). Long-term changes in the ecosystem of Lake Võrtsjärv and their causes. Haberman, J., Pihu, E., Raukas, A. (eds.). Lake Võrtsjärv. Estonian Encyclopedia Publishers, Tallinn, 347-355.

Nõges, P., Järvet, A. (2005). Climate driven changes in the spawning of roach (*Rutilus rutilus* (L.)) and bream (*Abramis brama* (L.)) in the Estonian part of the Narva River basin. Boreal Environ. Res., 10, 45-55.

Nõges, P., Kägu, M., Nõges, T. (2007a). Role of climate and agricultural practice in determining the matter discharge into large shallow Lake Võrtsjärv, Estonia. Hydrobiologia, doi:10.1007/s10750-006-0504-6.

Nõges, P., Leisk, Ü., Loigu, E., Reihan, A., Skakalski, B., Nõges, T. (2003). Nutrient budget of Lake Peipsi in 1998. Proc. Estonian Acad. Sci. Ecol., 4, 407-422.

Nõges P., van de Bund, W., Cardoso, A. C., Heiskanen, A. S. (2007b). Impact of climatic variability on parameters used in typology and ecological quality assessment of surface waters – implications on the Water Framework Directive. Hydrobiologia, doi:10.1007/s10750-007-0604-y.

Nõges, T., Heinsalu, A., Alliksaar, T., Nõges, P. (2006). Paleolimnological assessment of eutrophication history of large transboundary Lake Peipsi, Estonia/Russia. Verh. Internat. Verein. Limnol., 29, 1135-1138.

Nõges, T., Järvet, A., Kisand, A., Laugaste, R., Loigu, E., Skakalski, B., Nõges, P. (2007). Reaction of large and shallow lakes Peipsi and Võrtsjärv to the changes of nutrient loading. Hydrobiologia, doi:10.1007/s10750-007-0603-z.

Nõges, T., Kangro, K. (2005). Primary production of phytoplankton in a strongly stratified temperate lake. Hydrobiologia, 547, 105-122; Ott, I., Kõiv, T. (eds.). Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake. Springer.

Nõges, T., Laugaste, R., Loigu, E., Nedogarko, I., Skakalski, B., Nõges, P. (2005). Is the destabilisation of Lake Peipsi ecosystem caused by increased phosphorus loading or decreased nitrogen loading? Water Sci. Technol., 51, 3-4, 267-274.

Nõges, T., Nõges, P., Laugaste, R. (2003). Water level as the mediator between climate change and phytoplankton composition in a large shallow temperate lake. Hydrobiologia, 506-509, 1, 257-263.

Nõges, T., Solovjova, I. (2005). The formation and dynamics of deep bacteriochlorophyll maximum in the temperate and partly meromictic Lake Verevi. Hydrobiologia, 547, 73–81; Ott, I., Kõiv, T. (eds.). Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake. Springer.

Ott, I., Kõiv, T., Nõges, P., Kisand, A., Järvalt, A., Kirt, E. (2005a). General description of partly meromictic hypertrophic Lake Verevi, its ecological status, changes during the past eight decades, and restoration problems. Hydrobiologia, 547, 1-20; Ott, I., Kõiv, T. (eds.). Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake. Springer.

Ott, I., Rakko, A., Sarik, D., Nõges, P., Ott, K. (2005a). Sedimentation rate of seston during the formation of temperature stratification after ice break-up in the partly meromictic Lake Verevi. Hydrobiologia, 547, 51-61; Ott, I., Kõiv, T. (eds.). Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake. Springer.

Reinart, A., Arst, H., Pierson, D. C. (2005). Optical properties and light climate in Lake Verevi. Hydrobiologia, 547, 41-49; Ott, I., Kõiv, T. (eds.). Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake. Springer.

Reinart, A., Nõges, P. (2003). Võrtsjärve valgusolud. Haberman, J., Pihu, E., Raukas, A. (toim.). Võrtsjärv. Loodus, aeg, inimene. Eesti Entsüklopeediakirjastus, 171-179.

Ripl, W. (1976). Biochemical oxidation of polluted lake sediment with nitrate. A new restoration method. Ambio, 5, 132–135.

Timm, H. (toim.). (1991). Verevi järve seisund. Tartu, 139 lk.

Timm, H., Möls, T. (2005). Macrozoobenthos of Lake Verevi. Hydrobiologia, 547, 185-195; Ott, I., Kõiv, T. (eds.). Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake. Springer.

Tõnno, I., Ott, K., Nõges, T. (2005). Nitrogen dynamics in the steeply stratified, temperate Lake Verevi, Estonia. Hydrobiologia, 547, 63-71; Ott, I., Kõiv, T. (eds.). Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake. Springer.

Teaduspreemia põllumajandusteaduste alal monograafia "Veise tiinuse ja sünnituse patoloogia" ning vaagna ja udara kandeaparaadi anatoomia ning obsteetrilise pelvimeetria alaste uurimuste eest veisel

Mihkel Jalakas

Sündinud 19.06.1940 Tallinnas

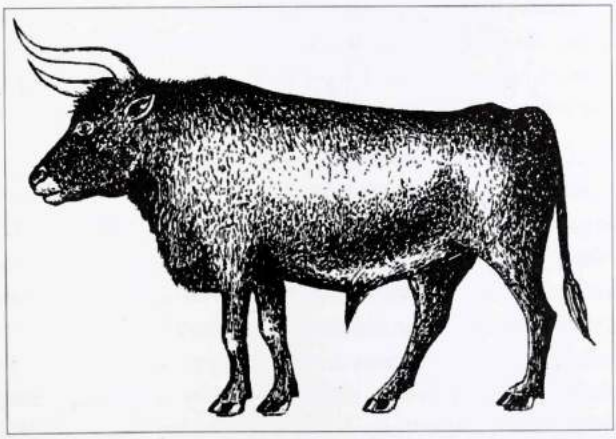
1958	Vana-Võidu Loomakasvatustehnikum
1963	Eesti Maaülikool, veterinaararst
1990	dotsent
1993–1998	Loomakliiniku juhataja
1994	MSc, veterinaarsünnitusabi, Eesti Maaülikool
2004	DVSc, morfoloogia ja sünnitusabi, Eesti Maaülikool
2005	vanemteadur

Avaldanud üle 100 teaduspublikatsiooni.

VEISEST MINEVIKUS, OLEVIKUS, TULEVIKUS

VEISEST MINEVIKUS

Soodsate klimaatiliste tingimuste ja rohkete rohumaade olemasolu tõttu on Eesti aladel veiseid kasvatatud juba alates muinasajast. Sellest annavad tunnistust rikkalikud arheoloogilised luuleiud muistsetes asulakohtades, samuti vanade kroonikate andmed. Koduveise tähtsust Eesti majandusele on raske ülehinnata, aga kodustatud pole ta mitte siinmail, vaid on lõuna poolt juba kodustatuna sisse toodud. Kõigi tänapäeva veisetõugude ulukeellaseks peetakse ürgveist ehk tarvast (joonis 1).



Joonis 1.
Tarvas *(Bos primigenius)*.

Tarvas oli kõrgejalgne (tarvapulli turjakõrgus 180–200 cm, ristluu ja sabajuure kõrgus 180 cm), sihvakas, laia otsmiku, sirge selja ja võimsa kaela ning rinnaga ilus loom. Tal olid pikad, heledad, tipmises osas mustad ja teravad ettepoole suunatud kaarekujulised sarved. Tarvapullid olid pruunikasmustad, lehmad punakaspruunid, kuid piirkonniti varieerus värvus suurel määral. Iseloomult oli tarvas metsik ja väga agressiivne. Arvestatavaid looduslikke vaenlasi tal polnud, hundid olid tema vastu jõuetud. Tarva iseloom, kiirus, suhteline kergus (700–800 kg) ja liikuvus tegid temast raskesti tabatava jahisaagi. Sellega on seletatav ka asjaolu, et vanades asulakohtades tehtud arheoloogilistel väljakaevamistel leitakse suhteliselt vähe tarvaluid. Teadaolevalt suri viimane tarvas 1627. a Varssavi lähedal Jaktorowa loomapargis. Tarva hävimine oli ajendiks looduskaitseliikumisele ohustatud liikide säilitamiseks [Bannikov, Flint, 1987]. Tarvas kodustati 8000–2000 aastat e.m.a ja tõenäoliselt mitmes erinevas piirkonnas – Vahemeremaades, Kesk-Euroopas ja Lõuna-Aasias. Esialgu kasutati tarvast kultuse-, liha- ja veoloomana, alles hiljem hakati tarvalehmi lüpsma [Lengerken, 1958]. Huvitaval viisil tõestasid koduveise põlvnemist ürgveisest vennad Lutz ja Heinz Heck, kes Berliini ja Müncheni loomaaias primitiivseid veisetõuge (Camarque, hispaania, korsika, ungari stepi-

veiseid, inglise pargiveiseid jt) ristates said järglased, kes välimuselt ürgveisest peaaegu ei erinenud. Aretajatel õnnestus isegi taastada värvuse sooline dimorfism (isased tumedamad kui emased), mida polnud ühelgi lähtetõul. Sellele vaatamata jääb tagasiaretatud ja praegu ka loomaaedades demonstreeritav "tarvas" ikkagi ainult koduveise üheks vormiks [Bannikov, Flint, 1987].

Kui Eestimaa 13. sajandi algul ristirüütlite poolt vallutati, siis rajati taludelt äravõetud parematele põllu- ja heinamaadele mõisad, kus hakati suurema tulu saamiseks arendama teraviljakasvatust. Teraviljakasvatuse eelisarendamine põhjustas loomakasvatuse kängujäämise. A. W. Hupeli [1777] andmetel olid XVIII sajandil Eestimaal veised väikesed ja kurnatud. Talvel lehmad ei lüpsnud. Veiseid kasvatati peamiselt sõnniku tootjatena, et edendada teraviljakasvatust [Vahtre, 1966]. Härgi kasutati tööloomadena põllul ja transpordis. Arheoloogilistel kaevamistel saadud veiste luuleidudest selgub, et keskajal oli meie aladel täiskasvanud veise turjakõrgus 97 kuni 106 cm ja arvatav kehamass keskmiselt 250 kg [Saks, 1996]. XVIII sajandil saadi Liivimaal lehmalt pärast vasika jootmist 450 kuni 500 liitrit piima aastas [Friebe, 1794].

XIX sajandi lõpuaastatel suurenes seoses majandusliku olukorra paranemisega veiste arv nii mõisates kui ka taludes. Söötmis-pidamistingimuste parandamisega saadi lehmadelt keskmiselt 600–750 liitrit piima ja paremates karjades kuni 1200 liitrit piima aastas [Karelson, 1981]. Eesmärgiga parandada maakarja produktiivsust, hakkasid ärksamad mõisnikud XIX sajandi teisel poolel importima veiseid maakarja toodanguvõime tõstmiseks. Nii saadi angli tõugu veiste ja taani punast tõugu veiste ristamisel maakarja veistega eesti punane veisetõug. Hollandi ja idafriisi tõu ristamisel maakarja veistega saadi eesti mustakirju veisetõug. Mõisatest levisid uued tõud ka taludesse.

1922.–1923. a oli Eestis kontrolli all olnud 135 karjast pärineva 1071 holsteinfriisi lehma piimatoodang 2311 kg ja kehamass 438 kg [Mägi, 1925].

Viimase poole sajandi jooksul on paremate söötmise ja pidamistingimuste loomise ja intensiivse tõuaretustöö tagajärjel arenenud piimakarjakasvatusega maades lehmade kehamass peaaegu kahekordistunud ja piimatoodang lehma kohta suurenenud 3,5–4 korda [Jalakas, 2006].

Viimasel kümnendil on Eestis lehmade arv vähenenud, kuid piimatoodang lehma kohta on kiiresti kasvanud (tabel 1). Meie paremates farmides, kus kasvatatakse EHF (eesti holsteini) tõugu lehmi, on toodang 7000–10 000 kg, lehmade keskmine elusmass 600–700 kg ning turjakõrgus 140–145 cm. EHF tõu osakaal Eestis on pidevalt kasvanud – 31,8%-lt 1964. a 73,9% -ni 2006. a.

Ehkki aretustöö on olnud edukas, on see toonud kaasa ka kõrvalnähtusi. Veiste vaagnaõõne ja vaagnapiirkonna elundite haigused moodustavad loomaarsti praksises olulise osa. Seoses tõuaretusega on koduloomade kehaehituses toimunud olulisi muutusi, millele seni ei ole pööratud piisavat tähelepanu. Veistel on suuremad muutused toimunud udara ja sellega seoses olevate struktuuride (udarasidemed, vaagen) ehituses. Seoses piimatoodangu (udaramassi) suu-

Tabel 1

Piimatoodang lehma kohta Eestis

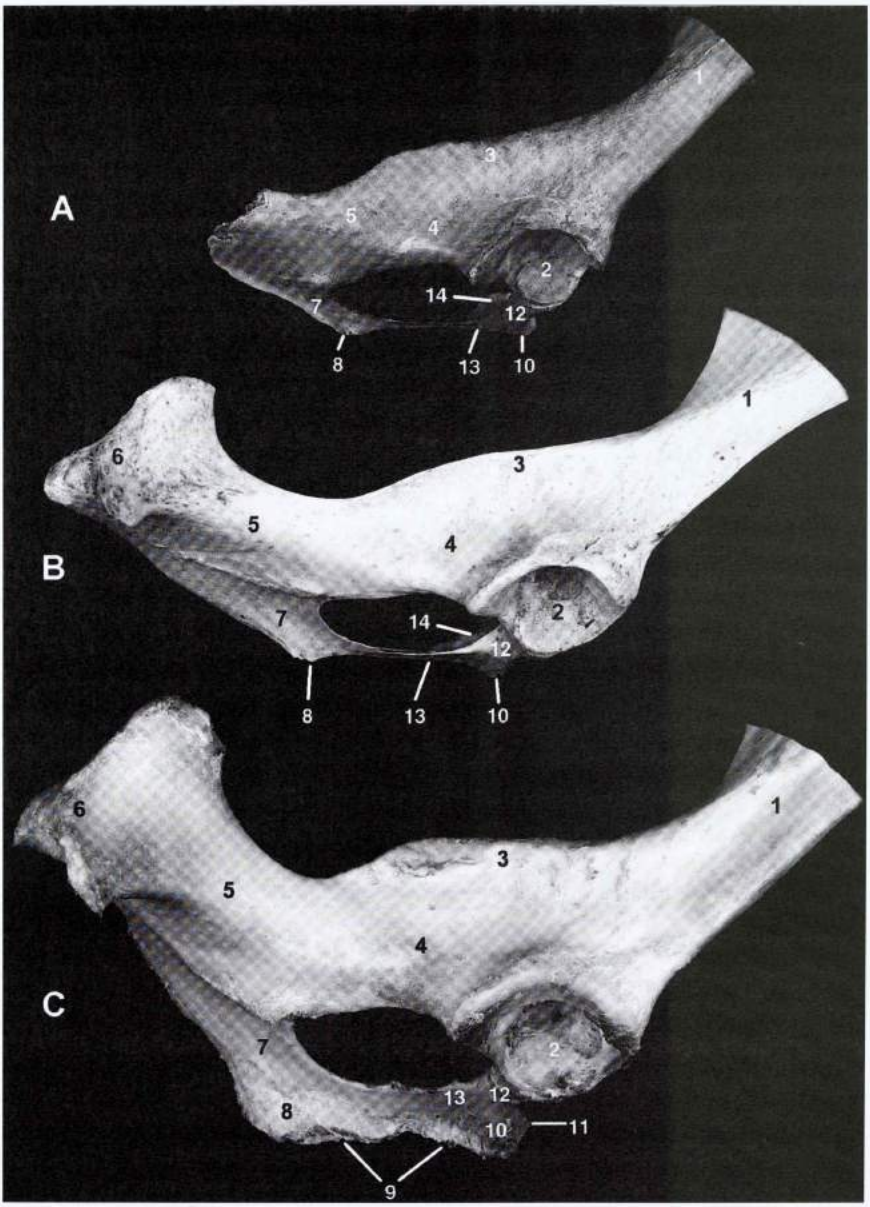
Periood	Toodang	Periood	Toodang	
			Keskmine	sh EHF*
18. saj.	450–500 liitrit	1995	3666 kg	3915 kg
19. saj.	600–750 liitrit	1996	3913 kg	4175 kg
1925	1614 kg	1997	4394 kg	4665 kg
1930	1910 kg	1998	4766 kg	5032 kg
1940	1976 kg	1999	4530 kg	4730 kg
1953	2097 kg	2000	4960 kg	5182 kg
1960	2844 kg	2001	5490 kg	5712 kg
1970	3256 kg	2002	5642 kg	5864 kg
1975	3556 kg	2003	5693 kg	5906 kg
1980	3626 kg	2004	6055 kg	6269 kg
1985	4059 kg	2005	6509 kg	6722 kg
1990	4232 kg	2006	6862 kg	7069 kg

* Kuni 1998. aastani eesti mustakirju kari (EB&W).

renemisega on muutunud udara kandeaparaadi ehitus. Järjest sagedamini rakendatavad udarat toetavad sidemed viitavad sellele, et kandeaparaat ei ole udaramassi suurenedes piisavalt tugevnenud. Vaagen moodustab luulise sünnitustee ja tema kuju ning mõõtmed on sünnituse häireteta toimumiseks erilise tähtsusega. Aretaja on eelistanud valikul sirge seljajoonega lehmi. Selle tulemusena on valitud horisontaalse vaagnaga loomi, kellel on kaudaalses (tagumises) osas tõusev vaagnapõhi, mis oluliselt raskendab loote väljutamist [Jalakas, 2006]. Anatoomiat peetakse klassikaliseks väljakujunenud teadusharuks, kus organismi kõik struktuurid on üksikasjalikult läbi uuritud ja kirjeldatud. Veterinaaranatoomia kohta see väide ei kehti.

ARENGULOOLISED MUUTUSED VAAGNA JA UDARA KANDEAPARAADI EHITUSES

KESKAJAL elanud lehma vaagna luuleidude järgi oli vaagnaliidus osaliselt luustumata ja liidusekõrgend ning liidusehari välja kujunemata. Vaagnat moodustavad puusaluud olid lehmadel saledad ning istmikuharjad madalad ja õhukesed, lihaste madalate kinnitusjoontega (joonis 2, A). Istmikuharjad tõusid vertikaalselt üles, mitte aga kaldu sissepoole, nagu kaasaegsetel korduvalt poeginud lehmadel. Õhuke oli ka luuline vaagnapõhi. Vaagnapõhi oli peaaegu sirge kuluga. Keskaja lehmade puusaluudel torkavad silma proportsionaalselt suured toppemulgud. Leitud ristluu osiste alusel võib arvata, et ristluu vaagenmise pinnaga ligilähedalt paralleelselt kulgev vaagnatelg moodustas keskosas 5 mm kõrguse küüru ja eesmine vaagnaava oli vertikaalselt ovaalne. Oma mõõtmetelt ja kujult oli keskajal elanud lehma vaagen kõigiti sobiv sünnituse häireteta toimumiseks.



Joonis 2.
Veise puusaluud külgvaates. A – aborigeense lehma puusaluu keskajast, B – aborigeense lehma puusaluu XX sajandi algusest, C – kaasaja EHF lehma puusaluu;1 – niudeluukeha, 2 – puusanapp, 3 – istmikuhari, 4 – istmikuluukeha, 5 – istmikuluuplaat, 6 – istmikuköber, 7 – istmikuluuharu, 8 – liidusekõrgend, 9 – liidusehari, 10 – alumine süleluuköbruke, 11 – süleluuoga, 12 – kraniaalne süleluuharu, 13 – kaudaalne süleluuharu, 14 – ülemine süleluuköbruke.

XIX SAJANDI JA XX SAJANDI VAHETUSEL ELANUD LEHMA VAAGEN (joonis 2, B) sarnanes oma kujult ja proportsioonidelt suures osas keskajal elanud lehma vaagnaga. Erinevusena tuleb märkida, et puusaluudel on rohkem jälgi lihaste kinnituskohtadest. Eesmine vaagnaava oli vertikaalselt ovaalne, samuti ka tagumine vaagnaava. Kaheksa aasta vanusel lehmal oli vaagnaliidus veel luustumata ning vaagnaliiduse keskosas esines 5 mm laiune pilu. Liidusekõrgend oli võrreldes keskaja lehmade vaagnaga tugevam. Luuline vaagnapõhi oli paksem kui keskaja lehmal, kuid võrreldes kaasaja lehmaga oli see ikkagi väga õhuke. Vaagnapõhi oli peaaegu sirge kuluga, hakates toppemulkudest tagapool pisut tõusma. Tõus istmikukaare suunas oli lauge. Et udara kinnitumist vaagnale võimaldav liidusekõrgend oli veel vähe arenenud ja liidusehari peaaegu arenemata, siis tõendab see udara kinnitumist ainult kõhuseinale tagakõhu piirkonnas (kõhuudar) [Jalakas, Saks, 1998]. Udara tagasihoidlikku arengut kinnitavad ka andmed madala piimatoodangu kohta.

VEISEST OLEVIKUS

KAASAJA SUURE PIIMAJÕUDLUSEGA EHF LEHMADE vaagna ehituses on toimunud olulised muutused. Mitmekordselt suurenenud kehamassi tõttu on kaasaegsete lehmade vaagen muutunud tunduvalt massiivsemaks (joonis 2, C). Lisaks sellele esineb olulisi erinevusi vaagna proportsioonides. Korduvalt poeginud lehmade eesmine vaagnaava on ümardunud nurkadega ruudu- või ristkülikukujuline ja tagumine vaagnaava horisontaalselt ovaalne. Vaagnatelg on liidusekõrgendi kohal allapoole murtud, mis võib olla mehaaniliseks takistuseks päramiste väljutamisel [Jalakas, 2000]. Sünnituse seisukohalt ebasoovitavateks muutusteks on vaagna ehituses vaagnapõhja järsk tõus toppemulkudest tagapool, vaagnaõõne ristiläbimõõdu kitsenemine istmikuluude kõrgenenud harjade vahelisel alal, istmikuluuplaatide viltune asend ning tagumise vaagnaavause horisontaaltasapinnas ovaalne kuju, mis põhjustab järglase sündimist poolkülgseisus. Külgedelt ahendavad tagumist vaagnaava järsult ülessuunduvad istmikuköbrud. Võib väita, et toppemulgud on arenguloolistе muutuste käigus jäänud puusaluude komponentide jämenemise arvel järjest väiksemaks. Istmikuluuplaadid on põikse asendiga, moodustades omavahel keskmiselt 115–120° ülespoole avatud nurga. Kõrged istmikuharjad ja istmikuluuplaatide põikne asend muudavad kaasaja lehma vaagnaõõne keskmise ja tagumise osa tunnelikujuliseks. Kõige väiksem ristiläbimõõt on vaagnaõõnel keskosas istmikuharjade vahel. Tugevasti arenenud liidusekõrgend ja liidusehari on sobivaks kinnituskohaks liidusekõõlusele, millel on väga oluline osa kaasaegse, suure piimaanniga lehma udara kandes [Jalakas, Saks, 1997; Jalakas, 2006].

Olulised muutused on toimunud ka udara asendis. Aretades lehma suurema piimajõudluse suunas, on aretaja läbi aegade pööranud erilist tähelepanu udarale, sealjuures udara kandesidemetele. Aretaja on põhjendatult eelistanud niisugust udarat, mille puhul nisade baas on ühel tasapinnal kandluuköpru läbiva horisontaaljoonega (või isegi kõrgemal). Niisuguse udara puhul on vähem

nisavigastusi ja lehma on parem lüpsta. Keskajal ja möödunud sajandi algul oli lehmade piimatoodang madal ning udaramass väike. Udar kinnitus pehmele kõhuseinale (kõhuudar), mis suutis seda kanda ja kandesidemete rebenemine ei olnud probleemiks. Udara kandeaparaadi kõige olulisemaks osaks olid kesksed lestmed. Sellest ajast on pärit kesksete lestmete kohta termin "udara kandeside". Õige on jagada kesksed ja külgmised lestmed kõhu- ja vaagnaosaks. Eesveerandite kinnitumisel kerele on olulisemad kesksete lestmete kõhuosad, tagaveerandite puhul aga liidusekõõlusele kinnituvate külgmiste lestmete vaagnaosad. EHF lehmal on kesksete lestmete vaagnaosa nii õhuke, et sageli on prepareerimisel raske lestmeid teineteisest eraldada. Piimatoodangu ja udara massi suurenedes on suurenenud süleluude-eesse kõõluse ja liidusekõõluse osa udara kandes ning udara raskuskese on nihkunud tahapoole. Mida rohkem on veisetõugu aretatud suure piimatoodangu suunas, seda enam on udar nihkunud tahapoole ja suurenenud vaagna osa udara kandes. Piimajõudluse suurenemise ja aretuse mõju udara kinnitumisele on selgesti märgatav ka meie erinevate veisetõugude juures. Aluseks võttes udara raskuskeset ning kandelestmete kõhu- ja vaagnaosa osatähtsust, võib öelda, et eesti maakarja lehmal (EK) on kõhuudar ja eesti holsteini lehmal (EHF) kõhuvaagnaudar. Eesti punast tõugu (EP) lehma udar on oma paiknemise alusel nende kahe vahepealne (joonis 3, A, B, C) [Jalakas, 2006].

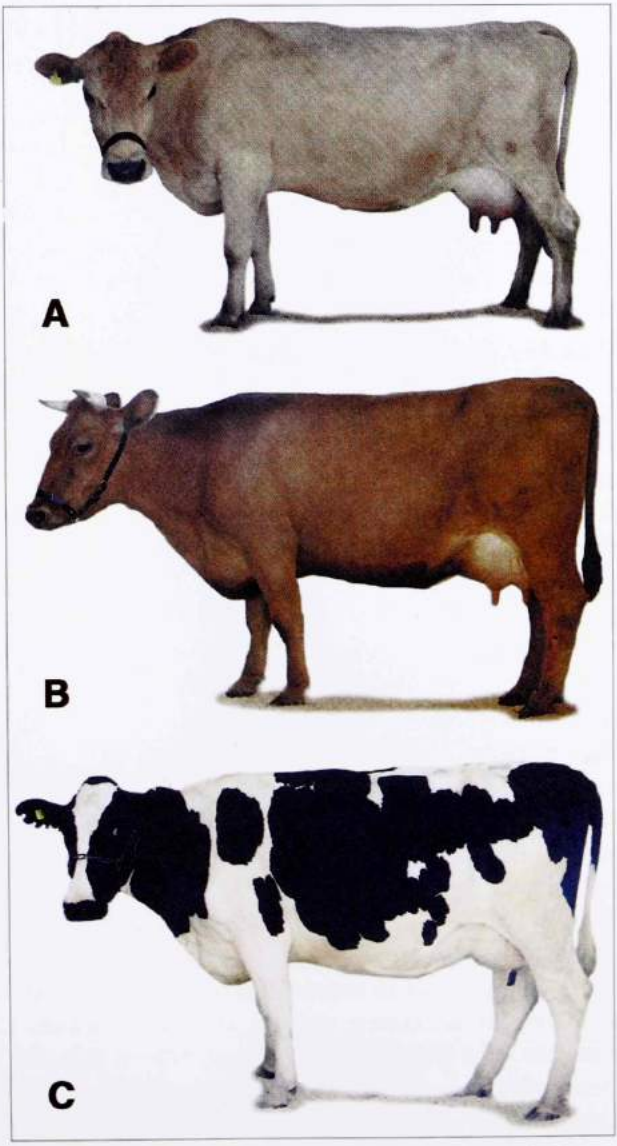
EALISED MUUTUSED VAAGNA EHITUSES

Lootelise arengu lõpus on veise loote kõhreline skelett põhiliselt luustunud. Puusanapas eraldavad süleluud ja niudeluud, süleluud ja istmikuluud ning niudeluud ja istmikuluud paksud kõhreplaadid. Suhteliselt lai ja paks on kõhreplaat ka vaagnaliiduses. Vastsündinul on puusaluu komponentidest luuliselt liitunud vaid süleluu ja istmikuluu süleluu kaudaalse haru ja istmikuluuharu vahendusel. Vastsündinu vaagnale ja eriti sellele, kuidas sünnituse ajal loote vaagen kohandub emalooma vaagnaga, on pööratud vähe tähelepanu. Loote vaagna rombikujuline ristilõige soodustab tema kohandumist emalooma vaagnaõõne kujuga. Sünnituse käigus loote reieluude suurpöörlitele külgedelt avaldatav surve kandub üle puusanappadele, mis lähendatakse teineteisele. Loote vaagna ahenemine sünnituse ajal on võimalik seetõttu, et loote vaagnaliiduses ja puusanapas on luude vahel paksud kõhre-plaadid ning ristluu-niudeluu liigese kapsel on veel elastne ja sidemed (eriti luudevahelised) välja arenemata. Kõhrelise vaagnaliiduse tõttu võivad loote puusaluud teineteise suhtes nihkuda ka pikisuunas. Samas suunas liigub reieluu suurpöörel puusaliigese kihnu ja sidemete elastsuse tõttu.

Esimestel elunädalatel muutub vasika vaagen kompaktsemaks ja jäigemaks. On kadunud vastsündinu vaagnale omane elastsus ja vetruvus, vaagna kuju ja proportsioonid oluliselt ei muutu.

Kuue kuu vanusest kuni seemendusealiseks (14–16 kuud) saamiseni toimuvad vaagna ehituses järgmised iseloomulikumad muutused. Sel ajavahemikul are-

neb vaagen suhteliselt rohkem laiusesse kui pikkusesse. Niudeluukeha kasvab pikemaks ja võtab samal ajal püstisema asendi. Niudeluutiib ja ristluu kasvavad rohkem laiuses kui pikkuses. Märgatav on niudeluutiiva ristluumise kõbru pikenemine. Erinevalt täiskasvanud lehmadest on selles eas ristluumise kõbru tipuosa ümardunud ja paksenenud. Väikese nimmelihase kõbruke on selgesti eristatav. Süleluukeha on võtnud rõhtsa asendi ja asub pikenenud kraniaalse haruga peaaegu ühel joonel. Nende muutuste tulemusena on eesmine avaus, eriti alumises osas, tunduvalt laienenud. Selles vanuses läheneb eesmise terminaaljoone kuju kõige enam ringile.



Joonis 3.
Udara asend:
A – eesti maakarja lehmal,
B – eesti punast tõugu lehmal,
C – kaasaja eesti Holsteini lehmal.

Lehma puhul on eriline tähtsus just laia ristluu-köbru sideme istmikuköbru eesmisele köprusele kinnituval osal, sest selle lõtvumise alusel ennustatakse lähenevat poegimisaega. Oleks otstarbekas eristada laia ristluu-köbru sideme kahte osa vastavalt nende struktuurile ja kinnitumiskohale – ristluu-köbru osa ja ristluu-harja osa.

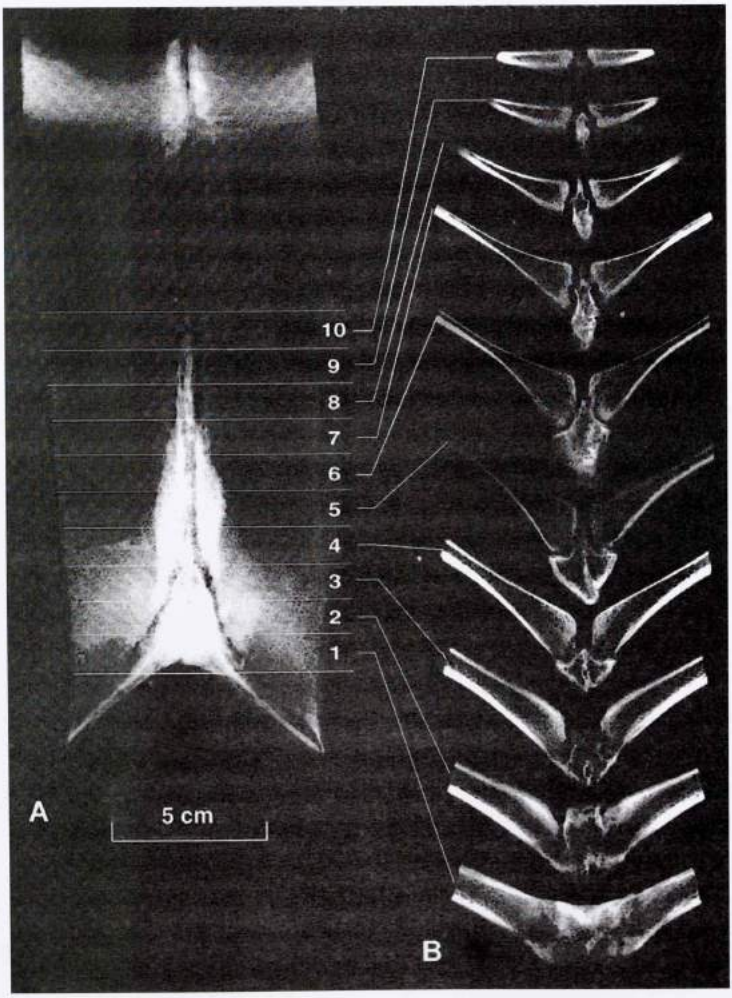
VAAGNALIIDUSE EHITUS, LUUSTUMINE JA VAHEISTMIKULUU

Vaagnaliidus e vaagnasümfüüs ühendab puusaluid vaagnapõhjas ja võtab osa selle kujundamisest. Süleliidusest ja istmikuliidusest koosnev vaagnaliidus on 14–22 kuu vanustel EHF mullikatel 18–24 cm pikkune. Kõhrekihis esineb vastu liidusepinda tumedama värvusega kasvutsoon. Ülemise ja alumise süleluuköbrukese harjade ühendusjoonel on süleliiduse kõhr ristilõikes allapoole paksenev, uhmrinuia kujuline.

Vaagnapõhja röntgenoloogilisel uurimisel selgus, et 14–15 kuu vanustel (kõikumisega 8–22 kuud) mullikatel on istmikukaare alumisse nurka tekkinud ovaalse või kolmnurkse kujuga luustumistuum. Sellest luustumistuumast areneb iseseisev, konstantselt esinev kindlakujuline paaritu luu, mille moodustamisest võtab osa 2–3 istmikuliiduse kõhres tekkivat väikest luustumiskeskust. Algul ühinevad nad omavahel ja seejärel istmikukaare nurgas paikneva luustumiskeskusega. Istmikuluude vahele tekkinud paaritu luumoodustis esines kõikidel meie poolt uuritud EHF veistel. Pärast tekkimist istmikuliiduse tagumisse nurka suureneb luustumistuum pidevalt ning suundub vaagnaliiduses istmikuluude vahele. Lisaks sellele näitavad röntgenogrammid vaagnapõhjas aktiivset luustumist istmikuluudel liidusekõrgendi ja istmikuluuplaatide piirkonnas ning kraniaalsel süleluuharul. Et vaagnapõhjast vertikaalselt ja külgsuunas tehtud röntgenogrammid ei andnud täit selgust vaagnapõhja ehitusest, siis tegime vaagnapõhjast, alates istmikukaare alumisest nurgast kuni toppemulkude keskkohani saetised risti vaagnaliidusega (joonis 4). Jooniselt on näha vaheistmikuluu kui iseseisev luu vaagnaliiduses. Puusaluude vahel istmikupiirkonnas vaagnavöödet täiendav luustruktuur oli kõikidel uuritud isenditel konstantse ehituse ja kujuga. Istmikuluude vahelist paaritut luustruktuuri nimetasime, arvestades selle paiknemist, vaheistmikuluuks ehk interishiaadluuks (*os interischiadicum*) [Jalakas, Saks, 2001; Jalakas jt, 2002; Jalakas, 2006]. Kirjandusest meie ei leidnud andmeid vaheistmikuluu esinemise kohta veisel. Põdral on vaheistmikuluud kirjeldanud E. Nahkur jt [2003]. Meie uurimisandmetel hobustel vaheistmikuluu puudub ja neil jääb istmikuliidus kogu eluks kõhreliseks. EMÜ loomaanatoomia muuseumis olevate skelettide uurimise alusel võib väita, et analoogiline luuline moodustis on vaagnaluude koosseisus olemas ka kaamelil ja seal. Vaheistmikuluu keha moodustab luu osa istmikukaare alumisest nurgast kuni üleminekuni liidusekõrgendiks. Vaheistmikuluu keha ühineb istmikuliiduse kõhres liitunud luustumiskolletega ja need moodustavad vaheistmikuluu kraniaalse haru. Selle alumisele pinnale tekib liidusehari. Vaheistmikuluu kehal ja kraniaalsel harul on eristatavad kaks külg-

pinda, mille vahele jääb vaheistmikuluu hari. Viimane ulatub istmikuliiduse ülemise pinnani ning täiskasvanud lehmadel on ka istmikuliiduse ülemine osa täielikult luustunud ja vaheistmikuluu on luuliselt liitunud istmikuluudega. Vaheistmikuluu kaudaalsed harud kasvavad piki istmikukaart ja ühinevad selle ülemises kolmandikus istmikuköbrult allapoole kulgeva luustumiskoldega.

Väljaarenenuna (joonis 5) on vaheistmikuluul eristatavad keha (*corpus*, pikkus 8–12 cm, laius keskosas 3,5 cm), istmikukaarde suunduvad paarilised kaudaal-

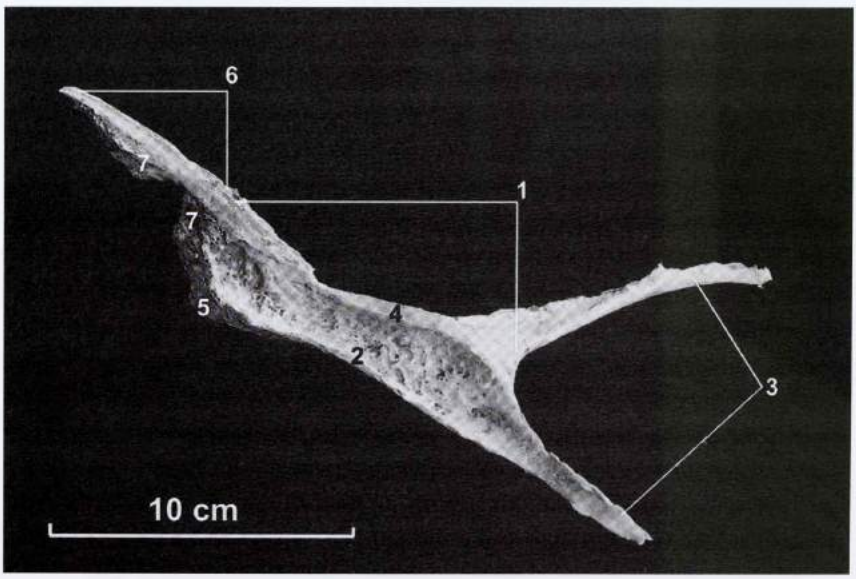


Joonis 4.
Röntgenogramm kahe ja poole aasta vanuse lehma vaagna põhjast ja selle ristilõikudest. A – röntgenogramm vaagnapõhjast vertikaalselt, B – röntgenogrammid ristilõikudest.

harud (*rami caudales*, 7–11 cm), paaritu kraniaalne haru (*ramus cranialis*, 7–9 cm), liiduse- e sümfüsiaalkõrgend (*eminentia symphysialis*, kõrgus vaagnapõhjast mõõdetuna 2,5 cm, paksus vaagnapõhjast mõõdetuna 2 cm), liiduse- e sümfüsiaalhari (*crista symphysialis*, pikkus 8 cm ja kõrgus keskosas 2 cm) ja külgpinnad (*faciei laterales*, laius 5–15 mm), mille vahele jääb vaheistmikuluu hari (*crista*). Mõõdud on võetud 5 aasta ja 1 kuu vanuselt loomalt pärinevalt preparaadilt [Jalakas jt, 2002; Jalakas, 2006].

Pärast tiinestumist toimub tõenäoliselt ka mullikatel luukoe osaline resorptsioon, nagu seda on kirjeldatud hirvedel ja merisigadel [Naaktgeboren, Slijper, 1970]. Kaudselt viitab luustumisprotsesside aeglustumisele tiinuse ajal see, et esmaspoegijatel oli vaheistmikuluu väiksem ja puusanapp vähem luustunud kui samaealistel mittetiinestunud mullikatel. Muutused vaagnaliiduses on seotud nii lehma vanuse, kui ka füsioloogilise seisundiga, eeskätt sünnitusega. Optimaalsel ajal (24–26 kuu vanuselt) poegivatel mullikatel on vaagnaliidus kogu ulatuses luustumata. Neil nihkuvad puusaluud sünnituse ajal liiduses teineteisest eemale ja vaagen avardub laiuses.

Ehkki nad pärast sünnitust mõnevõrra lähenevad, jääb vaagnaliidus laiemaks kui ta oli enne sünnitust. Liiga vanadel (3 aastat ja vanemad) esmaspoegijatel

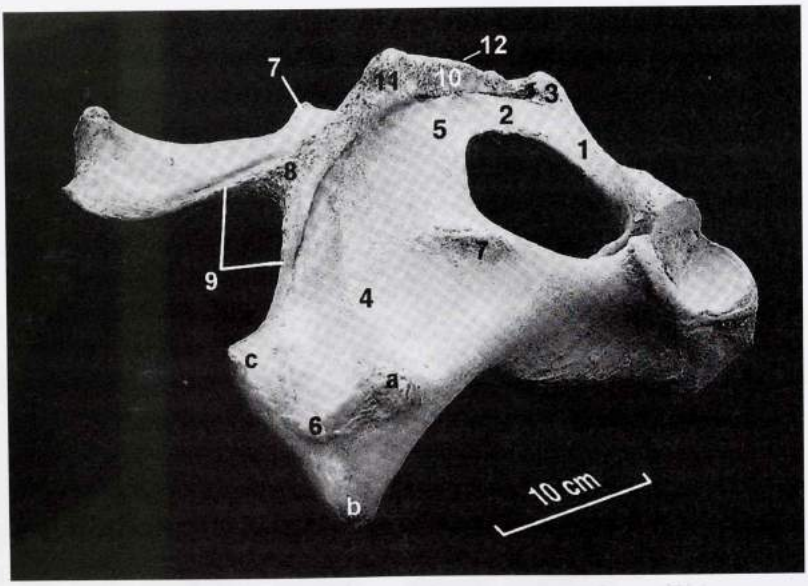


Joonis 5.
Nelja aasta ja üheksa kuu vanuse lehma vaheistmikuluu. 1 – vaheistmikuluu keha, 2 – vaheistmikuluu külgpind, 3 – vaheistmikuluu kaudaalharud, 4 – vaheistmikuluu hari, 5 – liidusekõrgend, 6 – vaheistmikuluu kraniaalne haru, 7 – liidusehari.

on vaagnaliidus vähem liikuv, ta avardub sünnituse ajal vähem ning jääb kogu eluajaks sünnituseks vähem kohanenuks kui optimaalsel ajal poegimise korral. Kui arvestada ainult vaagna mõõtandmeid, siis peaks esmaspoegijatel olema raskeid sünnitusi veelgi sagedamini. Nende vaagnaavad ja -õõs on väiksemad kui sama põlvkonna korduvalt poeginud lehmadel, kuid sünnituse ajal kompenseerib seda vaagna suurem elastsus.

Keskajal ja möödunud sajandi alguses oli lehmadel vaheistmikuluu väike ja vähemärgatav, kuid kaasaja suuretoodangulisel lehmal on see udara kandeaparaadi olulise osa – liidusekõõluse kinnituskohana silmatorkavalt arenenud (joonis 6). Vaagnale on tekkinud uued luulised moodustised – istmikuluude kõrgendid ja süleluuoga.

Vaatamata EHF lehmade kehamõõtmete ja sellega seoses vaagnaavade suurenemisele ei ole surnultsündide sagedus vähenenud, sest samal ajal on kasvanud ka loote sünnimass (EFH lehmadel aastatel 1998–2005 4 kg võrra). Surnultsündide sagedus näitab kaudselt ka raskete sünnituste sagedust, sest nende põhjused langevad paljuski kokku.

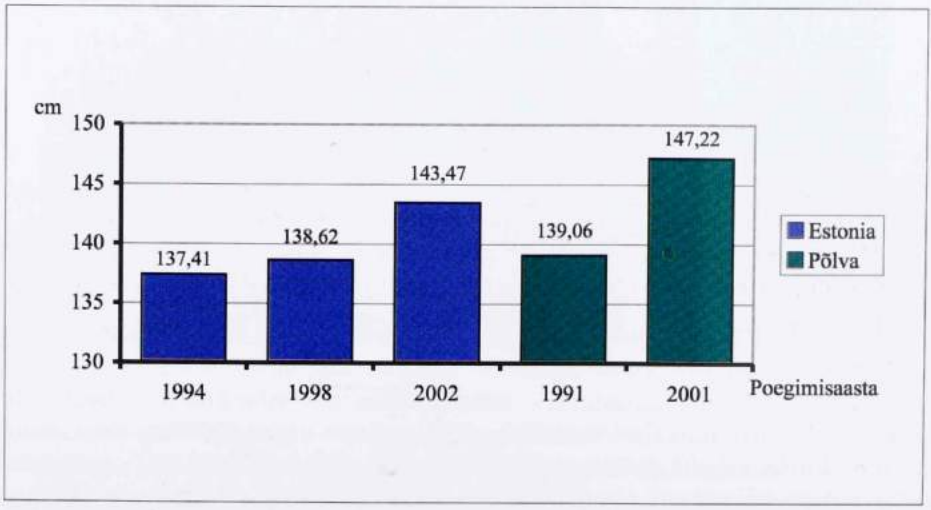


Joonis 6.
Viie aasta ja seitsme kuu vanuse lehma vaagnapõhi. 1 – süleluu kraniaalne haru, 2 – süleluu kaudaalne haru, 3 – alumine süleluuköbruke, 4 – istmikuluuplaat, 5 – istmikuluuharu, 6 – istmikuköber, a – istmikuköbru lateraalne köprus, b – istmikuköbru kraniaalne köprus, c – istmikuköbru kaudaalne köprus, 7 – istmikuluude kõrgendid, 8 – vaheistmikuluu keha, 9 – vaheistmikuluu kaudaalharud, 10 – vaheistmikuluu kraniaalne haru, 11 – vaheistmikuluu liidusekõrgend, 12 – vaheistmikuluu liidusehari.

ESMAS- JA KORDUVALT POEGINUD LEHMA VAAGEN

Esialgsel analüüsil selgus teatud üllatusena, et esmas- ja korduvalt poeginud lehmade vaagnaavade suurused olid peaaegu võrdsed – eesmine vaagnaava oli esmaspoeginutel isegi pisut suurem, tagumine vaagnaava aga oli suurem korduvalt poeginutel. See tulemus tundus olevat nii ebaloogiline kui ka vastuolus kirjanduse andmetega, kus üksmeelselt väidetakse, et esmaspoegijate vaagen pole veel piisavalt välja arenenud ja just seepärast on neil raskeid sünnitusi rohkem kui korduvalt poeginud lehmadel. J. van Donkersgoed [1997] väidab, et vaagnaluud kasvavad ja vaagnaavad suurenevad kuni viienda eluaastani. O. Weiheri jt [1989] andmetel olid teist, kolmandat ja neljandat korda poeginud lehmadel eesmise vaagnaava mõõtmed vastavalt 12,3, 18,6 ja 22,4% suuremad kui esmaspoegijatel. Samal ajal torkas silma, et esmaspoegijate ristluukõrgus oli 4,8 cm suurem kui korduvalt poeginutel, mis viitas sellele, et EHF lehmad on aretuse käigus muutunud suuremaks. Uurimaks lehmade kehaehituse muutust jõudluspõhise aretuse tagajärjel, moodustati andmebaas, mis sisaldas kahe farmi – Estonia OÜ ja Põlva OÜ – esmaspoeginud lehmade ristluukõrgusi (joonis 7).

Et uurimisalused esmaspoegijad olid kasvult suuremad loomad kui varasema põlvkonna korduvalt poeginud lehmad, siis on sellega seletatav ka erinevuse puudumine vaagnaavade suuruste vahel. Vaagnaõõne pikkus (diagonaalmõõt) ja vaagnaavade kuju aga olid erinevad. Selle tõestamiseks leidsime suhtarvud olulisemate vaagnamõõtmete vahel. Et esmas- ja korduvalt poeginud lehmade vaagnate mõõtandmed pärinesid erineva põlvkonna loomadelt, siis ei olnud võimalik eraldada üksteisest sünniaasta ja vanuse mõju. Seetõttu võrreldi esmas- ja korduvpoeginute vaagnaavauste mõõtmeid ning vaagna pikimõõte tavapärase t-testiga, tuvastamaks statistiliselt olulisi erinevusi.



Joonis 7. Esmaspoegijate ristluukõrgus.

Võrreldes esmas- ja korduvpoeginute kehamassi ja ristluukõrgust, võib väita, et korduvalt poeginute kehamass on suurem ja ristluukõrgus väiksem kui esmaspoeginutel (p vastavalt <0,05 ja <0,001). Väiksem ristluukõrgus korduvpoeginutel oli tingitud lehmade mõõtmete üldisest suurenemisest aretuse käigus, mistõttu esmaspoeginud kui nooremad on geneetiliselt suuremakasvulisemad võrreldes varem sündinud korduvalt poeginud lehmadega. Kehamassi suurenemine vanuse ja poegimiste arvu lisandudes on üldjuhul loomulik. Eesmise vaagnaavause osas on korduvalt poeginute eesmine ristimõõt oluliselt väiksem ($p<0,05$) ja anatoomilisel läbimõõdul tendents suurenemise suunas. Anatoomilise läbimõõdu ja eesmise ristimõõdu suhe on korduvpoeginutel oluliselt suurem ($p<0,001$) kui esmaspoeginutel. Seevastu eesmise ja eesmise-ülemise ristimõõdu ning eesmise ja eesmise-alumise ristimõõdu suhted on korduvpoeginutel oluliselt väiksemad (p vastavalt = 0,001 ja <0,001). Saadud tulemused lubavad tõenäoselt väita, et korduvalt poeginud lehmade vaagna eesmine avaus on ümardunud nurkadega ristküliku (või ruudu) kujuline, esmaspoeginutel ümarovaalne, allapoole pisut ahenev. Seoses sellega on esmaspoegijatel põikimõõdu ja keskpidise tasapinnna vaheline nurk väiksem kui korduvalt poeginud lehmadel. Siit tuleneb ka järeldus raske sünnituse abistamiseks suure loote korral – selleks, et loote suurim diameeter läbiks vaagnaava suurimat diameetrit, tuleb esmaspoegijatel loodet pöörata ümber pikitelje rohkem kui korduvalt poeginutel [Jalakas, Saks, 2000]. Selle väite paikapidavust oleme korduvalt kogenud esmaspoegijate raske sünnituse abistamisel. Korduvalt poeginud lehmade vaagna diagonaalmõõt oli oluliselt (p = 0,001) suurem kui esmaspoegijatel. See on tingitud sellest, et pärast esmaspoegimist jätkub vaheistmikuluu kasv – vaheistmikuluu keha pikeneb ja tema kaudaalsed harud jämenevad, mistõttu istmikuluukaar muutub lamedamaks ja samal ajal suureneb vaagnapõhja pikkus. Muutused eesmise vaagnaava kujus näitavad, et pärast esmaspoegimist kasvab ristluu peamiselt laiusesse ja süleluu kraniaalne haru ja keha pikkusesse ning viimane võtab peaaegu rõhtsa asendi. Tagumine vaagnaava on vertikaaltasandis ümarovaalne ja tema kuju pärast esmaspoegimist oluliselt ei muutu

Arvestamaks võimalike erinevustega esmas- ja korduvalt poeginute vaagnaavade mõõtmete ja diagonaalmõõdu vaheliste seoste osas, leiti lineaarsed korrelatsioonikordajad ja nende poolt kirjeldatavate seoste statistiline olulisus kummagi grupi jaoks eraldi. Selgus, et esmaspoegijatel on vaagnaavauste pindala tihedas seoses ristluukõrgusega ($p<0,001$), korduvalt poeginutel kehamassiga ($p<0,05$).

Korduvalt poeginud lehmade süleliiduses toimuvatest muutustest on kõige silmatorkavam ülemise süleluuköbrukese vähenemine. Köbruke redutseerub kõhr- ja luukoe remodelleerumise tulemusena ning süleluude kraniaalsete harude jämenemise (kompaktaine kihi paksenemise) arvel. Pärast kolmandat poegimist on lehmade süleliiduse ülemine pind sile või isegi pisut nõgus. Indiviiditi on siiski olulisi erinevusi. Mõnel 5–8 aasta vanusel lehmal on pära-

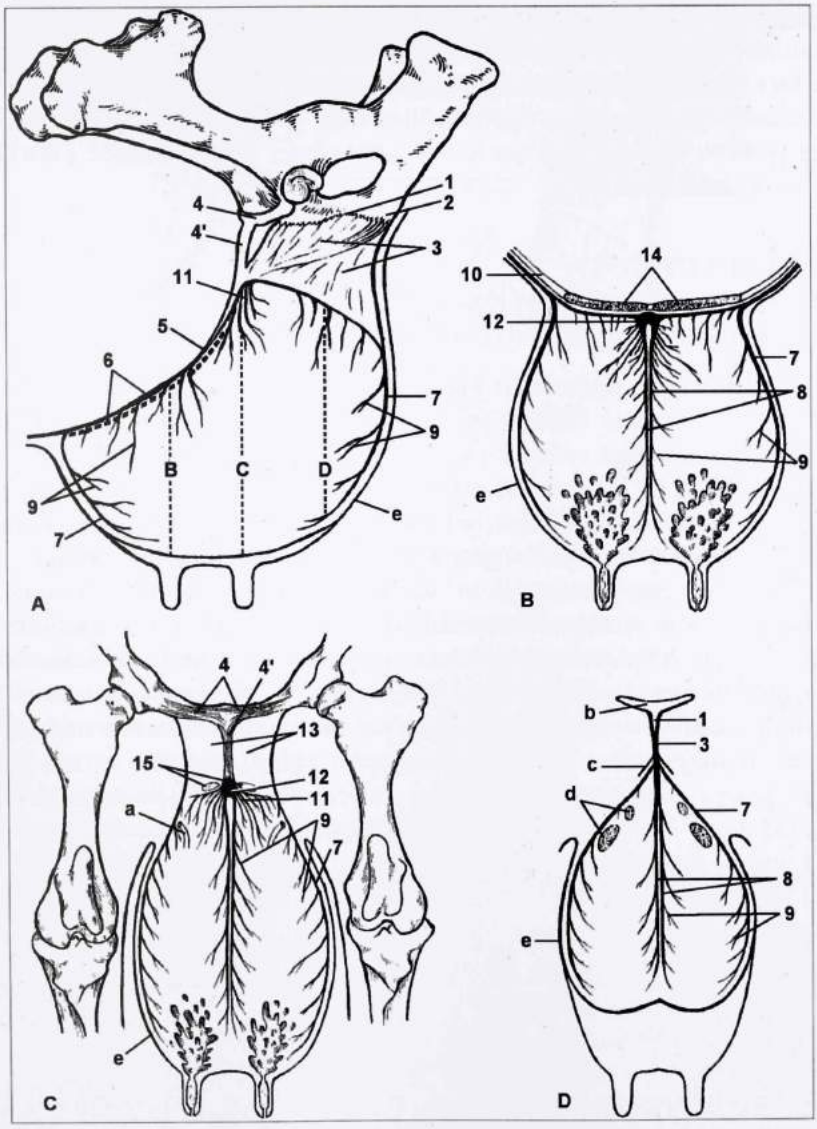
soolekaudsel uurimisel ülemine kõbruke hästi kombeldav, kuid selle pind on alati lame. Süleliiduse luustumine algab luulise silla tekkimisega süleluu alumisele kõbrukesele. Seejärel luustub süleluu kraniaalsete harude vahele jääv liiduse osa. Kõige hiljem luustub liidus süleluu kaudaalsete harude vahel. Kaheksandaks eluaastaks tekib sellesse piirkonda liiduse alumisele pinnale luukoe ladestumise tulemusena 3–8 mm kõrgune hari, mis jääb aga vaheistmikuluu liiduseharjast tunduvalt madalamaks. Korduvalt poeginud lehmal on liidusehari hästi arenenud ja see on kinnituskohaks liidusekõõlusele, mis kannab temale kinnituvate udara kandeaparaadi kesksete ja külgmiste lestmete vaagnaosade vahendusel suurt osa udara raskusest.

KAASAJA LEHMA UDARA KANDEAPARAAT

Vaagna ehituses toimunud muutused on olnud (ja tõenäoliselt on ka tulevikus) suuresti seotud udara massi suurenemisega. Udar kinnitub kõhuseinale ja vaagnale kandeaparaadi vahendusel (joonis 8).

Arenguloolise muutusena on vaagna osatähtsus udara kandes suurenenud. Seoses veiste söötmis-pidamistingimuste parandamise ja intensiivse tõuaretustööga on toimunud olulised muutused lehmade udara suuruses, kujus, paiknevuses, kinnitustes, massis ning piimatoodangus. Lähiminevikus võis lehma 6–12 kg kaaluv udar, mille mass vere ja piimaga täitunult oli 20 kg piires [Tehver, 1979], küll kinnituda peamiselt kõhuseinale, mis oli ka tema raskuse kandjaks. Kaasaja lehma udarat, mille mass koos selles leiduva vere ja piimaga on 60–80 kg ja rohkem, ei jõuaks elastne ja vetruv kõhusein kanda. Lisaks udarale tuleb kõhuseinal kanda ka kõhuorganite raskust, mis võib kaasaja lehmadel ulatuda üle 200 kilogrammi. Peamist osa sisuse kandmisel etendab kõhusirglihas. Liidusekõõlus kinnitus EHF lehmadel vaagna alumisele pinnale kogu vaagnaliiduse ulatuses, mitte kõõlusväätidena vaagnaliiduse üksikutele punktidele, nagu on varem väidetud. Liidusekõõlus oli ühtne plaatjas struktuur ka esmaspoegijatel lehmadel, kellel liidusekõõluse ulatuslikum kinnituskoht – liidusehari – ei ole veel täielikult välja arenenud. Plaatjas liidusekõõluses võib täheldada kõhusirglihase kahte kõõlusekiudude kimpu, mis suundusid vastavalt alumisele süleluuköbrukesele ja liidusekõrgendile.

Udara mõõtmete ja massi suurenemise tõttu on udara raskuskese nihkunud tahapoole ning udara kandeaparaat on täienenud liidusekõõluse abil vaagnapõhjale kinnituvate osadega. Eesti holsteini tõugu lehmadel paiknes udara raskuskese süleluude-eesse kõõlusega ühel vertikaaljoonel. Udara kandeaparaadi kõige olulisemad koostisosad on kesksed ja külgmised lestmed, mida nende paiknevuse alusel on otstarbekas jaotada kõhu- ja vaagnaosaks. Võrreldes varasemaga on kesksete lestmete kõhuosa täienenud uute struktuuridega. Juurde on moodustunud kõhukollakestal keskjoonel sidekoeväät, sidekoeplaadid ning sidemetejuur udara raskuskeskme kohal.



Joonis 8. Lehma udara kandeaparaat skemaatiliselt
A – udara keskpidine lõige, B – ristlõige eesmiste nisade kohalt, C – ristlõige tagumiste nisade kohalt, D – ristlõige viienda ristluulüli tagant; 1 – liidusehari, 2 – liidusekõrgend, 3 – liidusekõõlus, 4 – süleluude-eesne kõõlus, 4' – süleluude-eesse kõõluse ühendusjätke, 5 – kõhusein, 6 – sidekoekiht udarabaasil, 7 – külgmised lestmed, 8 – kesksed lestmed, 9 – kandelamellid, 10 – kõhukollakest, 11 – sidemetejuur, 12 – sidekoeväät kõhuseinal, 13 – kõhupõikilihaste kilekõõlused, 14 – kõhusirglihas, 15 – kõhusirglihase kõõlus; a – välimine häbemearter, b – istmikuluuharud, c – õrn- ja lähendajalihaste kinnitused, d – udaralümfisõlmed, e – nahk.

Esmajärguline tähtsus kaasaja lehma udara välimiku kujundamisel ja kerele kinnitumisel on udara eesmises osas kandeaparaadi kesksete lestmete kõhuosal ning udara tagaosas kandeaparaadi külgmiste lestmete vaagnaosal. Udar kinnitub süleluude-eesset kõõlust piiriks võttes EHF lehmadel 60% ulatuses kõhuseinale ja 40% ulatuses liidusekõõluse vahendusel vaagnapõhjale [Jalakas jt, 1999, 2000; Jalakas, 2006].

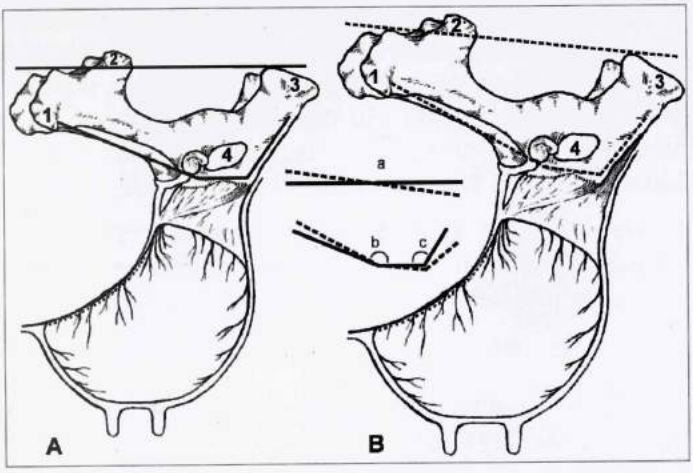
VEISEST TULEVIKUS

VEISE VAAGNA ARENGUPERSPEKTIIVIST SÜNNITUSE JA UDARA KANDEAPARAADI KINNITUMISE SEISUKOHALT

Arvestades tulemusi, mida andis keskaja, möödunud sajandi alguse ja kaasaja EHF lehmade vaagnate võrdlev-anatoomiline uurimine ning uurimistulemuste kõrvutamine muutunud söötmis-pidamistingimustega ja inimese poolt aretustöös lehma välimiku hindamisel eelistatud kriteeriumidega, võib arvata, millises suunas arenevad lehma udar, selle kandeaparaat ja vaagen tulevikus. Aretaja on lehmade valikul senini pika aja jooksul eelistanud sirge seljajoonega, horisontaalse vaagna ja ristluuga loomi. Möödunud sajandi jooksul on muutunud vaagen massiivsemaks. Muutunud on vaagna kuju ja ehitus. Täiskasvanud lehmal on vaagnaliidus kogu ulatuses luustunud, tekkinud on liidusehari ja süleluude-eesset kõõlust toetav oga. Kõrgenenud istmikuluuharjade ja istmikuluuplaatide vahelise nurga vähenemise tõttu on vaagnaõõs kitsenenud ja muutunud tunnelikujuliseks. Tagumise vaagnaava kõrgus on vähenenud. Valides aretuses lehma horisontaalse asendiga vaagna suunas on aretaja tahtmatult eelistanud neid loomi, kellel istmikuluuplaadi ja -haru vaheline ülespoole avatud nurk – vaagnapõhja nurk – on väiksem. Selle tagajärjel on lehma vaagnapõhi murdunud toppemulkude tagumise serva kohal ja suundub sealt kuni istmikukaareni üles. Tahapoole tõusev vaagnapõhi (seega ka sünnitustee) raskendab järglasel vaagnaõõne läbimist ja muudab veisel sünnituse suhteliselt raskemaks kui teistel koduloomadel. Kõigil teistel meie kodu- ja ulukloomadel on vaagnapõhi peaaegu sirge kuluga. Ka lambal ja kitsel ning metsloomadena elavatel mäletsejalistel on vaagen tahapoole luipa. Seoses muutustega luulise sünnitustee ehituses on seletatav see, et lehmadel on koduloomadest kõige sagedamini raskeid sünnitusi – abistamist vajavaid sünnitusi keskmiselt 10%.

Arenguperspektiivis lehma vaagna ehituses toimuvate muutuste suhtes lähtume kahest eeldusest:

- lehma aretatakse ka edaspidi suurema piimatoodangu suunas – suureneb lehma, udara ja siseorganite mass;
- aretaja eelistab sünnituseks sobivama, laia, tahapoole luipa vaagnaga, aga sealjuures horisontaalse ristluuga veiseid (vaagna luipsust mõõdetakse puusa- ja istmikuköbru ülemiste tippude ühendusjoonel; joonis 9).



Joonis 9.
EHF lehma vaagen külgvaates ja udar keskpidises lõikes kaasajal (A – vaagna luipsus ja nurgad näidatud pideva joonega) ning soovitavas arenguperspektiivis (B – vaagna luipsus ja nurgad näidatud katkendliku joonega). 1 – puusaköber, 2 – ristluumine köber, 3 – istmikuköber, 4 – toppemulk; a – vaagna luipsus: puusaköbru mediaalse köpruse ja istmikuköbru kraniaalse köpruse ülemisi tippe ühendav joon, mis näitab vaagna luipsust horisontaaltasapinna suhtes; b – niudeluukeha ja vaagnapõhja vaheline nurk: joonisel näidatud nurk niudeluukeha teljega paralleelselt kulgeva sirge ja vaagnapõhja kulgu (kuni vaagnapõhja nurgani) tähistava sirge vahel; c – vaagnapõhja nurk.

Kui aretaja lähtub nendest eeldustest, siis lehma udara, selle kandeaparaadi ja vaagna ehituses toimuvad järgmised muutused:

1. Vaagen muutub massiivsemaks, nii absoluutselt kui ka suhteliselt.
2. Tahapoole luipa vaagna eelistamisel valitakse aretuses paratamatult niisuguseid lehmi, kellel vaagna ehituses ja asendis toimuvate muutuste tulemusena: a) vaagnapõhi on kuni toppemulkude tagumise servani kas horisontaalne või pisut kaldu tahapoole; b) niudeluukeha on püstjama asendiga – eesmine vaagnaava muutub sobivamaks loote sisenemisele vaagnaõõnde sünnituse ajal; c) vaagnapõhja nurk õgveneb, sest istmikuluude plaatidest moodustunud vaagnaliiduse osa läheneb horisontaaltasandile (vaagnapõhi võtab sirgema kulu). Selle tulemusena suureneb tagumise vaagnaava kõrgus, mis soodustab sünnituse õnnestumist; d) vaagnapõhi on sirgema kuluga; e) liidusehari tugevneb ja areneb välja ka vaheistmikuluu kehal.
3. Vaagna ehituses toimuvate muutustega kaasnevad eeldatavasti järgmised muutused udara ja kandeaparaadi osas: a) kuna istmikuluude plaatidest ja vaheistmikuluu kehast moodustunud vaagnaliiduse osa võtab rõhtsama asendi, siis sümfüsiaalkõõluse kinnituskoht ulatub tulevikus istmikukaare

nurgani. Tugevneb udara kandeaparaat ja udarabaas pikeneb tahapoole (joonis 9); b) udara raskuskese nihkub tahapoole; c) taganisad nihkuvad sääre tagumisele joonele või sellest tahapoole; väheneb säärte surve udara tagaveeranditele, mille tulemusena taganisade vahekaugus suureneb ning eeldatavasti suureneb pisut ka ees- ja taganisade vahekaugus; d) nisatipud tõusevad kandluuköpru läbiva horisontaaltasandi suhtes kõrgemale.

Kokkuvõtteks võib öelda, et sõltuvalt valikukriteeriumidest on võimalik veist aretada nii, et tema vaagen muutuks sünnituseks sobivamaks ja udara kandeaparaat tugevneks paralleelselt piimatoodangu suurenemisega.

KIRJANDUS

Bannikov, A., Flint, V. (1987). Selts: Sõralised (Artiodactyla). Loomade elu 7, Imetajad. Valgus, Tallinn, 325-408.

van Donkersgoed, J. (1997). Pelvimetry. Youngquist, R. S. (ed.). Current Therapy in Large Animal Theriogenology. Saunders Company, Philadelphia, 306-309.

Friebe, W. C. (1794). Physisch-ökonomische und statistische Bemerkungen von Lief- und Estland. C. J. G. Hartmann, Riga.

Hupel, A. W. (1777). Topographische Nachrichten von Lief- und Estland. Liefländische ökonomische Societät, Riga.

Jalakas, M. (2000). Mummification of fetal membranes in the bovine vagina: a case report. Theriogenology, 54, 8, 1281-1284.

Jalakas, M. (2006). Veise tiinuse ja sünnituse patoloogia. Pathology of bovine pregnancy and parturition. Halo kirjastus, Tartu.

Jalakas, M., Saks, P. (1997). Vaagna sümfüsiaalkõõluse morfoloogiast ja funktsioonist lehmal. Veterinaarmeditsiin '97. OÜ Farmax, Tartu, 69-74.

Jalakas, M., Saks, P. (1998). Arenguloolistest muutustest lehma vaagna ehituses. Veterinaarmeditsiin '98. OÜ Farmax, Tartu, 11-20.

Jalakas, M., Saks, P. (1999). Ealised muutused eesti holsteini tõugu lehmade kraniaalse ja kaudaalse vaagnaapertuuri morfoloogias. Veterinaarmeditsiin '99. OÜ Farmax, Tartu, 134-140.

Jalakas, M., Saks, P. (2000). Peculiarities of pelvic structure in pluriparous and primiparous EHF cows and their fetuses: Implications for delivery. EHF tõugu korduvaltpoeginud lehma, esmaspoegija ja loote vaagna ehituse iseärasused ja nende seos sünnitusega. Feeding, metabolism and infections in farm animals with special reference to reproduction. Proc. from a symposium at Estonian Agriculture University, Tartu, February 24-25, 2000. Uppsala, 46-51. (CRU Report; 11).

Jalakas, M., Saks, P. (2001). Changes in the structure of bovine pelvis, udder and its suspensory apparatus. Reproductive failure in farm animals. Proc. from

a symposion at Estonian Agriculture University, Tartu, June 14-15, 2001. Uppsala, 26-30. (CRU Report; 14).

Jalakas, M., Saks, P., Järv, E. (2002). EHF tõugu veiste puusaluude apofüüside luustumine ja interishiaadluu. Apophysal Ossification of the Coxal Bone of EHF Cows and the Interischial Bone. Veterinaarmeditsiin 2002. Eesti Loomaarstide Ühing, Tartu, 5-15.

Jalakas, M., Saks, P., Klaassen, M. (1999). Structure of the suspensory apparatus of the bovine udder in the Estonian Black-and-White Holstein breed. Dairy production in Estonia – today and tomorrow. Proc. from a symposium at Estonian Agricultural University, Tartu, June 7, 1999. Uppsala, 80-83. (CRB Report; 7).

Jalakas, M., Saks, P., Klaassen, M. (2000). Suspensory apparatus of the bovine udder in the Estonian Black and White Holstein breed: Increased milk production (udder mass) induced changes in the pelvic structure. Anat. Histol. Embryol. J. Vet. Med. C, 29, 51-61.

Karelson, M. (1981). Lehekülgi Eesti põllumajanduse ja talurahva minevikust. Valgus, Tallinn.

Lengerken, H. (1958). Einführung in die Haustierkunde (Anatomie, Physiologie und Abstammung der Haustiere). 3., bearb. Aflg. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G, Leipzig.

Mägi, J. (1925). Pilk karjakasvatuse arenemisse. Karjakasvatus Eestis. Eesti. Maa. Rahvas. Kultuur. Haridusministeeriumi Kirjastus, Tartu, 366-385. (Eesti Kirjanduse Seltsi toimetused; 19).

Nahkur, E., Jalakas, M., Andrianov, V., Ernits, E., Järv, E. (2003). Veise ja põdra vaagna võrdlev morfoloogia. Pelvis of the elk and cow – comparative morphology. Agraarteadus, XIV, 3, 179-185.

Naaktgeboren, C., Slijper, E. J. (1970). Biologie der Geburt. Verlag Paul Parey, Hamburg; Berlin.

Saks, P. (1996). Analysis of archaeozoological bone findings dating from ancient and medieval Tartu. The II Workshop of the Veterinary Medicine Anatomists of the Baltic and Nordic Countries. Papers of the Conference, Tartu, 52-59.

Tehver, J. (1979). Koduloomade histoloogia. Valgus, Tallinn.

Vahtre, S. (1966). Põllumajandus ja agraarsuhted Eestis XIII ja XIV sajandil. Valgus, Tallinn.

Weiher, O., Matthes, W., Hoffmann, G., Sass, D. (1989). Breeding consequences for the application of beef-dairy embryo transfers for the production of beef calves for fattering. Archiv für Tierzucht., 32, 4, 369-376.

Maaja Vadi

Sündinud 4.10.955, Kihnu saarel

1974 Pärnu L. Koidula nimeline Keskkool
1979 psühholoogia bakalaureus, Tartu Ülikool
1994 majandusteaduste magister, Tartu Ülikool
2000 PhD (majandusteadus), Tartu Ülikool

Tartu Ülikooli juhtimise ja turunduse instituudi juhataja, juhtimise korraline professor.
Eelnevalt töötanud Tartu Kaubandusvalitsuses ja Tartu Ülikoolis lektori ja dotsendina.

Lisaks viinud läbi õppetööd Jaapanis (2004) ja Rootsis (2004 ja 1997).

Avaldanud üle 100 teaduspublikatsiooni ja 11 organisatsioonilise käitumisega seotud eestikeelset raamatut.

UURIMISE TAUST

Kui nõustuda vaatepunktiga, mille kohaselt organisatsioon on pidevas seoses oma keskkonnaga, siis on mõistetav, et ulatuslike ühiskonna- ja sotsiaalelu muutuste foonil peavad ka organisatsioonid muutuma. Keskkonnal oli väga oluline mõju Eesti organisatsioonide toimimisele. Situatsioon võimaldas muutustele väga avatud Eestis kiiresti uudsete suundade ja tegevusvaldkondadega kaasa minna ning see kujundas omamoodi tõukejõu kogu ühiskonna arenguks [Pettersson, 2002; Porter, 2001]. Kiirete ja ulatuslike muutuste ajal tuleb eriti selgelt esile organisatsiooni liikmete roll ning seetõttu omandavad inimkäitumusega seotud tegurid olulise tähtsuse. Selles kontekstis on asjakohaseks vaatepunktiks organisatsioonikäitumine, mis käsitleb inimkäitumise seaduspärasusi organisatsioonis ja organisatsioonide käitumist oma keskkonnas [Nicholson, 1998: 365]. Organisatsioonikäitumine on käitumisekeskne lähenemine juhtimisele, milles ühendatakse psühholoogia, sotsioloogia ja antropoloogia erinevad vaatepunktid. Järgnevalt iseloomustatakse organisatsiooniliste muutuste mõningaid aspekte, organisatsioone nende keskkonnas, organisatsioonikultuuri kujunemise seaduspärasusi ning organisatsiooni liikmete hoiakuid, väärtusi ja käitumismustreid muutustes. Uurimuste tsükkel on selgitava iseloomuga.

Siirdeajastu organisatsioonikäitumise käsitlemise vaatevinklist on asjakohane taustinformatsiooni hulgas esile tuua uurimismeetoditega seonduvat. Organisatsiooniline käitumine oli teemade ring, mille analüüsimiseks siirdeajastu algul polnud selgepiirilist mõistete süsteemi ja Eesti konteksti sobivaid uurimismeetodeid. Käesoleva uurimuse tsükli osaks on mõistete [Vadi, 2004] ja mitmesuguste uurimismeetodite väljatöötamine. Uurimiste korraldamiseks koostati organisatsioonikultuuri kvantitatiivse hindamise (organisatsioonikultuuri küsimustik) [Vadi jt, 2002] ja organisatsioonilise käitumise kvalitatiivse hindamise meetodid [Hämmal, Vadi 2006]. Uurimused viidi läbi erinevates organisatsioonides ja mitmes riigis.

MUUTUSED ORGANISATSIOONIDES

1990. aastatel olid keskkonna muutused nii ulatuslikud, et sundisid ka organisatsioone muutma oma põhialuseid [Vadi, Roots, 2006; Vadi, Suuroja, 2006; Alas, Vadi, 2003, 2004; Vadi, 2003]. Äri- ja avalikes organisatsioonides toimunud protsesside analüüsimisel tuuakse välja, et sageli organisatsiooniliikmete mõttemudelid polariseerusid, ehk osa organisatsiooni liikmeid oli äärmiselt uuendustele suunatud, kuid teine osa oli uuenduste suhtes ettevaatlik või skeptiline. Organisatsiooni eesmärkide seadmist mõjutasid siirdeajastu algul nõukogulikud tavad. Liuhto [1991] võrdles Eesti ja Soome organisatsioone 1990ndate algul ning järeldas, et Eesti organisatsioonid olid valdavalt tootmisekesksed, vähe teadlikud kuludest ning suhetele orienteeritud, Soome organisatsioonid aga, vastupidi, turukesksed, kuluteadlikud ning tulemuslikkusele suunatud. Nõukogude süsteem garanteeris kõigile töö ning kujundas see-

juures ülemehitatud passiivsete liikmetega organisatsiooni [Liuhto, 1999]. Eelpool nimetatud siirdeajastu algfaasi seaduspärasused muutusid ja 10 aastat hiljem võib öelda, et eestlased on samaväärselt või isegi rohkem organisatsiooni ülesandele orienteeritud kui soomlased [Kankaanranta-Jännäri, 2006].

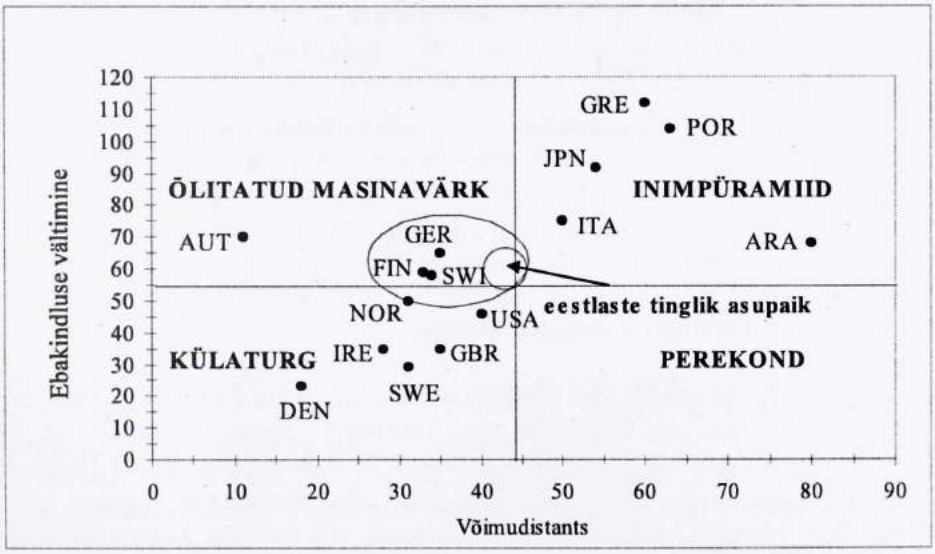
Käesolev uurimuste tsükkel kinnitab, et Eesti organisatsioonidel oli raske, sest puudus reaalsete eesmärkide seadmise oskus [Vadi, Roots, 2006]. Üheks põhjuseks oli, et plaanimajanduses püstitati organisatsioonide eesmärgid riigi tasandil, kuid demokraatlikus ja turumajandusele orienteeritud ühiskonnas pidid organisatsioonid sellega ise toime tulema. Paljud juhid tunnistasid, et eesmärkide seadmine valmistab neile ja organisatsioonidele raskusi [Vadi, 1998], sest organisatsiooni juhtimise kogemused olid ühekülgsed [Krips, 1992; Vadi, 2003] ning organisatsioonide liikmed olid harjunud inimestevahelist suhtlemist tähtsamaks pidama kui ametikult seatud eesmärke. Seda kinnitavad uurimistulemused, mis näitavad, et eakamad töötajad (nõukogude ajal tööelu alustanud) seostavad organisatsiooniliste muutuste kasulikkust töötajatevaheliste suhtega, nende nooremad kolleegid aga mitte, nähes hoopis olulisemana organisatsiooni ülesannet [Alas, Vadi, 2006].

Organisatsiooni struktuuris määratletakse rollid ja rollisuhted vastavalt organisatsiooni eesmärkidele. Inimestevaheline ülesannete jaotus ning organisatsiooni liikmete ettevalmistamine aitavad organisatsioonil saavutada oma eesmärke. Struktuuri kujundamisel pöörduti uudsete personalitöö põhimõtete juurde ning aegamööda asendus kaadritöö mõiste personalitööga. Siinkohal on heaks näiteks demokraatlike personalitöö võtete rakendamine klienditeenindajates positiivse õppimis- ja kohanemisvõime kujundamisel [Vadi, Suuroja, 2006]. Nimelt muutusid turumajanduse tõttu paljud tarbijaga seotud tegurid [Keller, 2005; Keller, Vihalemm, 2003] ning klienditeenindajad tajusid kiiresti, et võrreldes plaanimajandusega peavad nad oma rolli diametraalselt muutma – kujunema hüvede jagajatest teenindajateks. Klienditeenindajate õppegruppides selgus, et nõukogude ajal formeerunud kaupluste töötajate hoiakute muutmine oli keerukam kui avaliku konkursi toel moodustatud nn uute töögruppide kliendikesksete hoiakute kujundamine. Organisatsioonilisi muutusi juurutati teenindusorganisatsioonides kliendikeskse suhtlemise mudeli toel [Vadi, Suuroja, 2006]. Mudeli vahendusel selgitati ka, kuidas reaalseid muudatusi teostati ning millised inimkäitumise seaduspärasused rohkem kui 80 treeninggrupi töös ilmnesid.

ORGANISATSIOONID OMA KESKKONNAS

Organisatsiooni kultuuriline kontekst aitab mõista avardunud organisatsioonilist keskkonda ning uurimustes määratleti rahvuskultuuri potentsiaalne mõju organisatsioonikultuurile [Vadi, Meri, 2005]. Kultuuri ja inimkäitumise vaheliste seoste mõõtmiseks organisatsioonis koostati eesti- ja ingliskeelne küsimustik, mille väljatöötamisel lähtuti Hofstede neljast kultuuridimensioonist [2001]. Uurimus otsustati läbi viia hotellinduses, sest suhtlemisega seotud

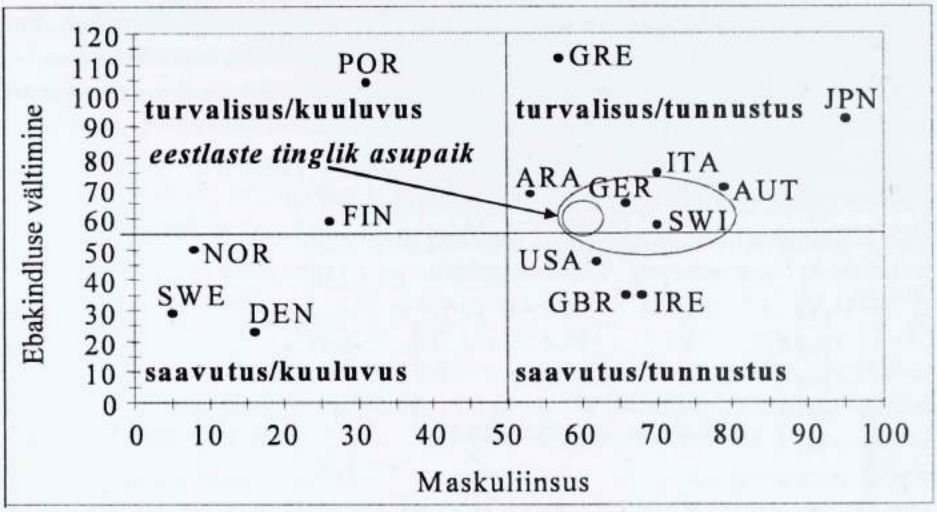
eluvaldkondade esindajail on kogemus lahendada igapäevatöös olukordi, kus kultuurierinevused teatavat rolli etendavad. Eestlasi võrreldi itaallaste ja egiptlastega, kelle kultuuridimensioonide näitajad on leitud ka eelnevates uuringutes. Siinkohal esitatakse uurimuse tulemused kahemõõtmelisel maatriksil, mille horisontaalteljeks on võimukaugus ning vertikaalteljeks ebakindluse vältimine (joonis 1).



Joonis 1.
Ebakindluse vältimine *versus* võimukaugus.

Joonisel 1 on tähistatud eestlaste tinglik asupaik ringiga ning ovaalne piirkond näitab, milliste riikide naabruses see asub. Eestlastest teenindajad kanti tinglikult maatriksile, mille tulemusel kujunes nende kultuuritüübiks "õlitatud masinavärk", kus võimukaugus on väike, kuid ebakindluse vältimine tugev. Tüpoloogia ja empiirilise uurimuse alusel võib öelda, et Eesti organisatsioonides eelistatakse ilmselt "hästiõlitatud masinavärgi" toimimismudelit, milles on väga oluline roll bürokraatial, viimistletud struktuuril ning hästireguleeritud tööülesannete täitmisel. Selle kultuuritüübi puhul lahendatakse olukordi vastavalt reeglitele ja ettekirjutustele. Seega on alust väiteks, et kultuurist tingituna eelistatakse Eesti organisatsioonides täpselt määratletud ja reguleeritud tegevust. Hofstede uurimuste põhjal jäid sellesse rühma Soome, Saksamaa, Šveits jt.

Maskuliinsuse ja ebakindluse vältimise näitajate dimensiooni koosmõjul saab iseloomustada motivatsiooni põhialuseid (joonis 2). Ebakindluse vältimise telje määratlemisel lähtutakse sellest, et motivatsiooni mitmekesisuse üheks allikaks on saavutus- ja turvalisustaotluse vahekord ning maskuliinsuse telg iseloomustab, kuivõrd tähtsad on ego vajadused või kuuluvusvajadus.



Joonis 2.
Ebakindluse vältimine *versus* maskuliinsus.

Kogutud andmete põhjal jäid eestlastest teenindajad piirkonda, kus motiveerivateks teguriteks on turvalisus ning tunnustus. Samas veerandis on ka sellised riigid nagu Saksamaa, Itaalia, Jaapan jt. Neis kultuurides on Hofstede [2001] arvates oluline koht arusaamal, mille järgi jõukus saavutatakse raske tööga. Kui võrrelda Lääne-Euroopa suunaliselt, siis eestlaste kultuurikäsitluse tulemused olid sarnased sakslastega ja šveitslastega ning kahel korral soomlastega ühes konstrueeritud teljestiku/maatriksi veerandis [Vadi, Meri, 2005]. Üsna oluline on, et Hofstede indeksite järgi koostatud kultuuripuu [Pajupuu, 2003] ja eelpool nimetatud uurimuse tulemused on sarnased. Kultuuripuul paikneb Eesti samuti ühes klastris Saksamaa ja Šveitsiga, kusjuures Itaalia asub lähimas klastris, nagu uurimisestki selgus.

Mõned uurimused selgitavad asukohamaa ja kultuuri mõju vahekorda vene rahvusgrupi näitel [Vedina jt, 2006; Tolmats, 2004]. Kolm Balti riiki moodustavad väga huvitava uurimisobjekti, sest neis on kultuuriliselt mitmekesine elanikkond, mis koosneb põhirahvusest ja suurest mittepõhirahvuse grupist – venekeelsest elanikkonnast. Selgub, et rahvuskultuuriline kontekst, kus organisatsioon tegutseb, mõjutab rohkem organisatsioonikultuuri tajumist kui töötajate rahvuskultuuriline tagapõhi. Vene keelt kõnelejad tajuvad organisatsioonikultuuri erinevalt kõigis kolmes riigis, mis tõstab esile antud etnilise rühma kohenemisvõimet konkreetse riigi organisatsiooni keskkonnaga. Uurimustest selgus, et Balti riike ei saa vaadelda homogeense organisatsioonilise keskkonnana, nagu multinatsionaalsed organisatsioonid seda sageli teevad.

Ka on oluline rõhutada, et mitte-eestlaste organisatsioonikultuuri mõistmist mõjutab märkimisväärselt ühiskonna tasandi kollektivism (patriotism) ning

seetõttu sõltub töine panus suurel määral sellest, kuidas osatakse kujundada selles elanikkonna osas positiivset suhtumist ühiskonda tervikuna [Vadi jt, 2002]. Täiendavalt võib lisada, et Eestis elavate vene rahvusest organisatsioonide liikmete organisatsioonikultuuri käsitlus [Vadi jt, 2002] erineb Venemaal asuvate organisatsioonide liikmete arvamustest [Vadi, Vereshagin, 2006]. Vene organisatsioonide kohta selgub, et peretasandi kollektivism on negatiivselt seotud organisatsioonikultuuri ülesande ja positiivselt suhteorientatsiooniga. Ühiskonnatasandi kollektivismi skaala on seotud mõlema organisatsioonikultuuri orientatsiooniga. See tulemus võimaldab teha ettepanekuid personalipoliitika kujundamiseks siirdemajanduse tingimustes.

Kultuuriline diversiteet on tööefektiivsuse ning tööjõuressursside rakendamise seisukohalt oluline vaatepunkt. Suurem osa Eesti ettevõtteid on olemuselt väikesed või keskmise suurusega ning seetõttu on innovatsioonile suunatud ressursid sageli piiratud. Seda enam tuleks otsida ebatraditsioonilisi lähenemisi ning rahvusliku diversiteedi rakendamine oleks üks võimalusi. Väärtuste alusel tuuakse välja, et mitte-eestlastel oleks teatavad eelised innovatsiooni faasis ning eestlastel jälle juurutamisel [Vedina jt, trükis].

Rahvuskultuuriga seonduval on oluline roll ka erinevas ametisuhtlemises ning eriti huvipakkuv on läbirääkimistega seonduv. Selgub, et eestlased tajuvad läbirääkimistes venelasi ja sakslasi sarnaselt [Vadi jt, 2006]. See teemade ring on oluline, et tuua välja tegureid, mis kujundavad eestlaste läbirääkimiskäitumist siirdemajanduses kujunenud rahvusvahelises kontekstis. See tulemus võimaldab mitmesugust tõlgendamist, tuues ühelt poolt fookusesse oletuse, et põhjusteks võib olla vähene rahvusvaheliste läbirääkimiste kogemus, kuid teiselt poolt võib-olla tajutaksegi ajaloolistel põhjustel neid läbirääkimispartnereid sarnastena.

ORGANISATSIOONIKULTUURI ILMINGUD

Organisatsioonikultuuri mõiste võimaldab pöörata tähelepanu sellele, kuivõrd olulised on teatud toimingud organisatsioonis, ja neid selgitada. Paljude organisatsioonikultuuri definitsioonide ühisosaks võib pidada ühiselt aktsepteeritud tõekspidamiste, väärtuste ja käitumisviiside kogumit [Grieves, 2000; Furnham, Gunter, 1993]. Nähtus on olnud populaarseks uurimisobjektiks kahel viimasel aastakümnel, sest võimaldab analüüsida tegevust mõjutavaid abstraktseid tegureid [Barnes, 2001; Schultz, 1992].

Organisatsioonikultuuri ilminguid on hinnatud kahe orientatsiooni perspektiivist. Ülesandeorientatsioon näitab kuivõrd organisatsiooni liikmed tahavad organisatsiooni toetada ning peegeldab, missugune on nende suhe organisatsiooni ülesandesse ja juhtkonna tegevusse. Suhteorientatsioon väljendab organisatsiooni liikmete omavaheliste suhetega seonduvat ja seda, kuivõrd intensiivne on ühtekuuluvustunne [Vadi jt, 2002]. Nimetatud orientatsioone on

seostatud organisatsiooniliste muudatuste, õppiva organisatsiooni rakendumise, organisatsiooni soorituse jpt organisatsioonilise käitumise nähtustega.

Selgub, et organisatsioonikultuuri ülesandemõõde mõjutab muudatustega seotud hoiakuid rohkem kui suhetemõõde ja organisatsioonikultuuri suhete mõõde mõjutab vene rahvusest vastajaid rohkem kui eesti rahvusest vastajate muutustega seotud hoiakuid [Alas, Vadi, 2003].

Organisatsioonikultuuri vahendusel tuleb esile, et organisatsioonilistesse muudatustesse suhtumine sõltub sellest, kas töist tegevust alustati enne ühiskonna muutusi või juba muutuste käigus [Alas, Vadi, 2004]. Need, kes alustasid tööelu enne siirdeajastu algust, vaatasid muudatuste kasulikkust läbi suhteorientatsiooni, siirdeajastul organisatsioonidega liitunud inimesed aga hoopis läbi ülesandeorientatsiooni. Eelneva täienduseks võib lisada, et kui eristada organisatsioonis individuaalset ja koosõppimist, siis viimane sõltus mõlemast organisatsioonikultuuri orientatsioonist, kuid individuaalne õppimine ülesande orientatsioonist neil, kes alustasid tööd siirdeajastu alguses [Alas, Vadi, 2003, 2006ab]. Võib öelda, et töötajate erinev suhtumine muutustesse ja nende arusaam organisatsioonilisest õppimisest sõltusid nende eelnevatest kogemustest ning seetõttu kujundasid ka siirdeajastu organisatsioonides erinevaid arusaamu organisatsiooni ülesannetest ja suhetest.

Sageli lähtutakse organisatsioonikultuuri uuringutes eeldusest, et nähtusel on mõju, kuid selle tõestamine on tulemuslikkuse hindamise tõttu keerukas. Eesti gümnaasiumide töötajate organisatsioonikultuuri hinnangud ja vastavate koolide lõpueksamite tulemustest moodustatud tulemuslikkuse näitajad tõid välja, et Eesti keskkoolides on organisatsioonikultuur ja tulemuslikkus seotud [Aidla, Vadi, 2006] (tabel 1). Koolide tulemuslikkuse aluseks võeti keskkoolide ja gümnaasiumide keskmised riigieksamitulemused nelja aine (matemaatika, ajalugu, kirjand ja inglise keel) lõikes viie aasta jooksul (2000–2004).

Tabel 1

Koolide soorituse (riigieksamitulemuste alusel) ja organisatsioonikultuuri orientatsioonide korrelatiivsed seosed

Sooritus lähtuvalt asukohast ja suurusest	OK orientatsioonid	
	ülesande	suhte
Linn või maakonnakeskus	0,81**	0,51*
Väikelinn või alev	0,16	0,32
Suur kool	0,85**	0,62*
Väike kool	0,04	0,11

Kõrge tulemuslikkusega koolides on töötajad ülesande orientatsiooni hinnangutes optimistlikumad. Inimeste arvates toimub nendes organisatsioonides keskmisest enam pidevalt positiivseid muutusi, tunnustatakse inimesi hea töö

eest, mõeldakse inimeste heaolule jne. Keskmise tulemuslikkusega koolides olid ülesande orientatsiooni hinnangud pessimistlikumad, ehk siis inimesed ei ole eelpoolnimetatud valdkondadega piisavalt rahul. Madala tulemuslikkuse ja organisatsioonikultuuri hinnangute vahel statistiliselt olulisi seoseid ei leitud [Aidla, Vadi, 2006] (tabel 2).

Tabel 2

Riigieksamitulemuste erinevused organisatsioonikultuuri orientatsioonide kõrgete ja madalate hinnangute korral

Kooli asukoht ja suurus	Riigieksamihinnete ja organisatsioonikultuuri seosed					
	Ülesande orientatsioon			Suhteorientatsioon		
	Kõrge	Madal	Sig.	Kõrge	Madal	Sig.
Linn või maakonnakeskus	61,1	53,6	p = 0,00	59,3	56,5	p = 0,04
Väikelinn või alev	53,7	53,6	p = 0,96	53,5	53,7	p = 0,92
Suur kool	60,7	55,5	p = 0,00	61,4	57,7	p = 0,04
Väike kool	53,4	53,0	p = 0,89	52,6	53,6	p = 0,64

Märkus: Sig.– erinevuse usaldusväärsus

Ühelt poolt, kui koolides soovitakse riigieksamitel paremaid tulemusi saada, siis on lisaks õpilaste õpetamisele kasulik ka organisatsioonikultuuri suunamise ja mõjutamisega tegeleda. Teiselt poolt, need võimalused on siiski piiratud, sest väikestes koolides ja paikkondades võivad puududa olulised ressursid (sh materiaalsed ja vaimsed) ning organisatsioonikultuuri arendamine seda vajakajäämist ei asenda.

Organisatsioonikultuuri orientatsioonid on seotud inimeste tunnetega oma organisatsiooni suhtes. Seda illustreerivad organisatsioonikultuuri orientatsioonide ja metafooride vaheliste seoste uurimuse tulemused. Nimelt ülesande ja suhte orientatsioonile kõrgemaid hinnanguid andvad organisatsiooni liikmed tajuvad organisatsiooni pigem elusolendina kui masinana siis, kui neil palutakse oma organisatsiooni iseloomustada [Hämmal, Vadi, 2006] (tabel 3).

Lähtudes vastajate poolt antud põhjendustest, miks nende valitud metafoor sobib organisatsiooni iseloomustama, võib eelnevaid tulemusi tõlgendada järgnevalt. Ülesandele ja suhetele kõrgemalt orienteeritud organisatsiooni liikmed nägid organisatsiooni kui midagi, mis omab hinge ja aurat, on positiivne ja särtsakas ning pidevalt arenev (juhtivaks taju; vastuolud, haigused; negatiivsed/positiivsed emotsioonid; mõistuspärasus; hing; pidev areng; kasvamine; muutumine; paindlikkus). Ülesandele madalamalt orienteeritud vastajate jaoks oli organisatsioon masinlikult töötav, ilma emotsioonideta ja inimesega vähe arvestav (suunatud tegevus, stambi järgi; tükitöö; pole vaba tahet). Kasutatud metodoloogia rakendamine võimaldas saada täpsemaid ning tõlgendatavaid andmeid organisatsioonikultuuri kohta.

Tabel 3

Organisatsioonikultuuri orientatsioonide ja metafooride rakendamise vahelised seosed

			M	SD	n	p
ülesanne	Tööstaaž	1–10	5,7	1,2	25	< 0,05
		11–47	5,2	1,4	32	
	Metafoor (elusolend *vs.* masin)	Elusolend	5,7	1,3	48	<0,01
		Masin	4,0	1,4	8	
suhted	Metafoor (elusolend *vs.* masin)	Elusolend	7,1	1,2	48	< 0,05
		Masin	6,2	1,2	8	

Märkus: M – orientatsioonile antud keskmine hinnang (hinnangud 10-punktilisel skaalal) SD – standardhälve, n – vastajate hulk, p – statistilise erinevuse nivoo.

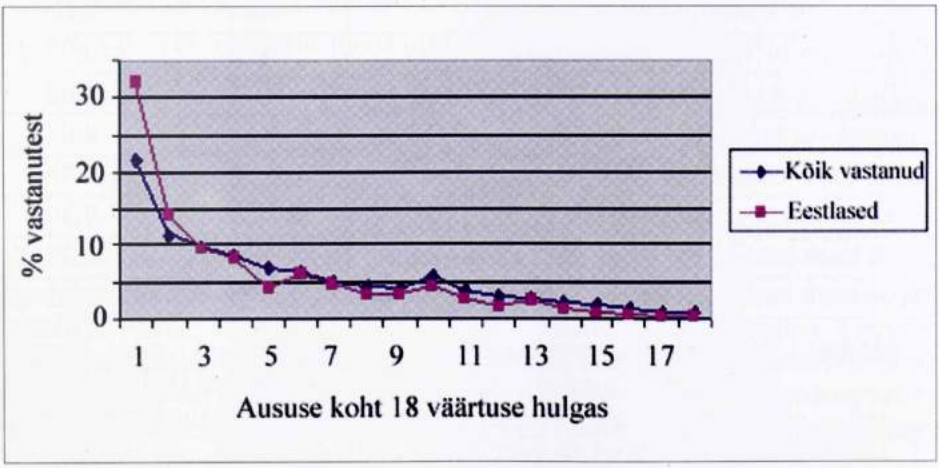
Organisatsiooni enda tunnused võivad kujundada teatavat tüüpi organisatsioonikultuuri [Vadi, Alas, 2006]. Organisatsioonikultuuri tüpoloogia alusel selgub, et väiksemates organisatsioonides, pankades ning müügi- ja telekommunikatsiooniga tegelevates organisatsioonides on kõrge ülesande- ja suhteorientatsioon ehk tugev tasakaalustatud organisatsioonikultuuri tüüp. Suuremates ning meelelahutusega tegelevates organisatsioonides ilmneb vastupidine tendents ja see seostub nõrga kultuuriga. Organisatsioonikultuuri tüüpide määramine võimaldab kujundada soovitusi selleks, kuidas organisatsioonikultuuri suunata. Suuremad teadmised organisatsioonikultuurist annavad võimaluse viia edukamalt läbi muudatusi, tagamaks organisatsiooni efektiivseim funktsioneerimine ja sobivaimad töötajad.

ORGANISATSIOONI LIIKMETE VÄÄRTUSHINNANGUD, HOIAKUD JA KÄITUMISMUSTRID

Siirdeühiskonna kontekst annab hea võimaluse väärtuste analüüsimiseks, sest ühiskonna tasandi nähtustel on mõju indiviidi väärtushinnangutele. Endised nõukogude liiduvabariigid on seetõttu sobivaks uurimispaikkonnaks. Siinkohal võib esitleda uurimust, mis käsitles väärtuse AUSUS olulisust endistes sotsialismimaades [Vadi, Jaakson, 2006]. Uurimus viidi läbi aastatel 1996–2004 ja selles osales 1688 Eesti, Läti, Leedu ja Venemaa organisatsiooni liiget. Vastajad olid valdavalt vene keelt kõnelevad töötajad, välja arvatud Eestis, kus uuriti ka 340 eestlase arvamusi. Osalejatel paluti täita Milton Rokeachi [1973] küsimustik, kus on määratletud 18 põhiväärtust (näiteks elutarkus, mugav elu, rahvuslik julgeolek) ja 18 tugiväärtust (näiteks abivalmidus, ausus, loogilisus).

Osalejad panid need väärtused olulisuse järjekorras ritta kõigepealt enda jaoks ja seejärel nii, nagu kaastöötajad seda nende arvates teeksid.

Joonisel 3 on välja toodud aususe olulisus teiste väärtuste hulgas. Ilmneb, et üldiselt on ausus vastajate jaoks küllaltki tähtis – ligikaudu poolte jaoks on see 1.–4. kohal, sealhulgas esikoha vääriliseks pidas ausust veidi üle 21% vastanutest. Kui eestlasi eraldi vaadata, siis võib näha, et meie jaoks on ausus keskmiselt olulisem – lausa 32%-l on see esimesel kohal ja 14% jaoks teisel kohal. Siiski leidub üksikuid inimesi, kelle jaoks ausus paikneb n-ö pingerea lõpus.



Joonis 3.
AUSUSE koht väärtuste järjestuses.

Väärtuse AUSUS oluliseks hindamise põhjusi analüüsiti logistilise regressiooniga, mille tulemused on esitatud tabelis 4. Aususe olulisusega seondub kolm te-gurite gruppi. Esiteks, kui oluliseks ausust enda puhul peetakse, sõltub sotsiaalsest konsensusest ehk oma lähema ringkonna väärtushinnangute tajutavast ühelaadsusest. Teisisõnu, need vastanud, kes pidasid ausust suhteliselt väheoluliseks, arvasid, et ka nende kolleegid peavad ausust väheoluliseks, ja vastupidi: kui inimese jaoks on ausus väga oluline (uurimuse järgi 1.–2. kohal), siis niisamuti arvatakse see olevat teiste jaoks. Oli vastanuid, kelle hinnang enese ja teiste aususele oli täpselt ühesugune ja täpsem analüüs kinnitas, et suure tõenäosusega peab see grupp inimese ausust just väga oluliseks.

Teiseks, selgus et aususe koht on seotud vastaja teiste väärtushinnangutega. Need, kes paigutasid aususe 18 väärtuse seas alles kümnendale või madalamale kohale, pidasid teistega võrreldes olulisemaks selliseid omadusi nagu kujutlusvõime, sallivus, mugav elu ja võimekus. Perekonna turvalisust pidasid oluliseks aga need, kelle jaoks ausus on tähtis. Seega käivad uuringu kohaselt

Tabel 4

Väärtuse ausus tähtsustamist mõjutavad tegurid (logistilise regrsssiooni alusel)

Väärtuse AUSUS olulisust mõjutavad tegurid	koefitsient*	standardhälve
kaaslastele oletatud aususe koht järjestuses	0,11	0,19
enda ja kaaslaste aususe hinnangute sarnasus	-0,68	0,26
kaaslastele oletatud perekonna turvalisuse koht järjestuses	0,06	0,02
kujutlusvõime koht järjestuses	-0,10	0,02
mugava elu koht järjestuses	-0,06	0,02
perekonna turvalisuse koht järjestuses	0,05	0,02
sallivuse koht järjestuses	-0,08	0,02
võimekuse koht järjestuses	-0,12	0,02
vene keelt kõnelejad Lätis	1,28	0,46
vene keelt kõnelejad Leedus	-1,03	0,30
eesti keelt kõnelejad Eestis	-1,52	0,27
vene keelt kõnelejad Eestis	0,72	0,22

Märkus: *koefitsiendi hindamisel tuleb võtta aluseks: (1) mida kõrgem väärtus, seda tugevam mõju; (2) järjestusskaalast tingituna näitab negatiivne märk, et teguri ilmnemisel peetakse AUSUST tähtsaks ja positiivse korral on vastupidi.

aususe ja perekonna turvalisuse hindamine käsikäes, samas kui mõne teise omaduse, nagu kujutlusvõime, sallivuse, mugava elu ning võimekuse tähtsustamine on aususega vastupidises seoses. Kolmandaks, asukohariigi ja rahvuse (venelased kolmes Balti riigis *versus* venelased Venemaal ning eestlased Eestis) roll on aususe tähtsuse määrajana aga siiski oluline. Eesti ja eriti just Läti venelased pidasid ausust enda jaoks tunduvalt vähem oluliseks kui Leedu venelased ja Eesti eestlased. Aususe väärtustamist ei mõjutanud eriti ametikoht (tööline, spetsialist, juht), vanus ega sugu.

Töötajate hoiakute rolli organisatsioonilistes muutustes käsitleti juba eelpool. Tulenevalt arusaamast, et juhtide hoiakud mõjutavad organisatsiooni sooritust, võib esile tuua uurimuse, mis näitab, et koolijuhtide hoiakud soorituse hindamise suhtes on seotud olulisel määral kooli tulemustega riigieksamitel [Aidla, Vadi, 2007]. Empiirilises uurimuses paluti 57 gümnaasiumi juhil hinnata, milliseid kriteeriume tuleks rakendada kooli tulemuslikkuse hindamisel ning klasteranalüüsi vahendusel eristus viis hoiakute gruppi (tabel 5). Kooli tulemuslikkust hinnati kuue aasta (2000–2005) nelja aine lõpuhinnete alusel.

Tabelist 5 selgub, et häid riigieksami tulemusi soodustab koolijuhi arvamus, et kooli sooritust tuleks hinnata juhtimise (klastris väited, mis seotud hästi koor-

Tabel 5

Koolijuhtide hoiakute ja riigieksami tulemuste vahelised seosed

	Riigieksami tulemused
1. juhtimine	0,27*
2. keskkond	0,22*
3. kooli töötajaskonna ja vanemate panus	0,05
4. mitteakadeemilised oskused ja tulevases elus toimetulek	0,03
5. õpilaste akadeemiline sooritus	-0,30*

Märkus: (1) Sooritusе hindamise aspektid näitavad koolijuhtide hoiakuid vastava kriteeriumi olulisuse osas. (2) Positiivne märk näitab, et vastava hoiaku domineerimisel olid kooli riigieksamitulemused kõrgemad ja negatiivse korral vastupidi. (3)* Korrelatsioon statistiliselt usaldusväärne 0,05 tasemel ehk seos kehtib 95% juhtudest.

dineeritud suhtlemisega juhtkonna, õpetajate, õpilaste ja vanemate vahel ning õpetajate kompetentsuse juhtimisega) ja keskkonna loomise aspektidega (klastris väited, mis seotud KOOLIVAIMU, traditsioonide, turvalise õpikeskkonna, õpilastesõbralikkuse ning hea mainega kogukonnas). Samas on riigieksami tegelikud tulemused madalamad, kui koolijuht arvas, et sooritust tuleks hinnata õpilaste akadeemilise sooritusе alusel (klastris väited, mis seotud riigi- ja lõpueksamite tulemustega, vähese väljalangevuse ja kooliaasta kordajate arvuga, paljude silmapaistvate õpilastega ning mitmesuguste olümpiaadide võitjatega).

Koolijuhtide hoiakuid analüüsides tuleb esile paradoksaalne olukord – koolides, kus juhid usuvad, et sooritust tuleks hinnata riigieksamite tulemuste alusel, saavutatakse madalamad tulemused. Juhtimiskäsitluste seisukohalt on see loogiline, sest juba 50 aastat tagasi tõi D. McGregor [1989] esile, et organisatsioon on tulemuslikum siis, kui juht näeb oma rolli toimimiseks sobiva keskkonna ning tingimuste loojana.

UURIMUSE TULEVIKUPERSPEKTIIVID

Organisatsioonid koosnevad erinevatest inimestest ja neid luuakse erinevatel eesmärkidel. Organisatsiooniline käitumine aitab mõista ning juhtida dünaamilises keskkonnas. Uurimuses on püstitatud mitmeid probleeme, välja töötatud meetodeid, kogutud hulgaliselt empiirilist materjali ning saadud esialgsed tulemused. Järgnevalt tuleks neid edasi arendada, püüdes Eesti organisatsioonilise käitumise seaduspärasusi võrrelda süsteemselt teiste paikkondadega ning analüüsida tegevusvaldkonna jt organisatsiooni tunnuste mõju inimeste tegevusele organisatsioonis.

VIIDATUD MATERJALID

Aidla, A., Vadi, M. (2006). Relationships between organizational culture and performance in Estonian schools with regard to their size and location. Vadi, M., Reino, A., Hämmal, G. (eds.). National and International Aspects of Organizational Culture. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, 147-171.

Aidla, A., Vadi, M. (2007). Performance perspective on the relationships between school administrations' attitudes and national examination results. Türk, K., Vadi, M., Aidla, A. (eds.). Management Theory and Practice: Synergy in Organisations. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, 56-69.

Alas, R., Vadi, M. (2003). The impact of organisational culture on organisational learning in six Estonian hospitals. Trames, 7, 2, 83-98.

Alas, R., Vadi, M. (2004). The impact of organisational culture on attitudes concerning change in post-Soviet organisations. J. East Eur. Manag. Stud., 9, 1, 20-39.

Alas, R., Vadi, M. (2006a). The impact of organisational culture on organisational learning and attitudes concerning change from an institutional perspective. Int. J. of Strategic Change Management, 1, 1/2, 155-170.

Alas, R., Vadi, M. (2006b). The employees' attitudes and their connections with the organisational culture in the process of change in the Estonian organisations. Baltic J. of Management, 1, 1, 49-66.

Hofstede, G. (2001). Culture Consequences. 2-nd ed. SAGE Publications.

Hämmal, G., Vadi, M. (2006). Organizational culture through the connections between metaphors and orientatsions. Vadi, M., Reino, A., Hämmal, G. (eds.). National and International Aspects of Organizational Culture. Tartu University Press, Tartu, 86-102.

Kankaanranta-Jännäri, J. (2006). The relationship between organizational culture and individual values: a comparative study between Estonia and Finland. Vadi, M., Reino, A., Hämmal, G. (eds.). National and International Aspects of Organizational Culture. Tartu University Press, Tartu, 209-223.

Keller, M. (2005). Needs, desires and the experience of scarcity representations of recreational shopping in post-Soviet Estonia. J. Consumer Cult., 5, 1, 65-85.

Keller, M., Vihalemm, T. (2003). Return to the 'Consuming West' young people's perceptions about the consumerization of Estonia. Young, 11, 3, 195-215.

Krips, H. (1992). Leadership and social competence in the declining years of communism. Small Group Research, 23, 130-145.

Liuhto, K. (1991). The Interaction of Managerial Cultures in Soviet-Finnish Joint Ventures – including Estonian-Finnish Joint Ventures. School of Economics and Business Administration, Institute for East-West Trade, Turku.

Liuhto, K. (1999). The impact of environmental stability on strategic planning – an Estonian study. Int. J. of Management, 16, 1, 98-111.

Nicholson, N. (1998). Encyclopedic Dictionary of Organizational Behavior. Blackwell Business.

Pajupuu, H. (2003). Kultuuridimensioonid. [http://www.eki.ee/teemad/kultuur/dimens/dimens.html]. 10/10/2003

Pettersson, T. (2002). Social capital and traditional-conservative values in the Baltic Region. Maciejewski, W. (ed.). The Baltic Sea: Cultures, Politics, Societies. The Baltic University Press, Uppsala, 165-177.

Porter, M. E. (2001). The Baltic Rim Regional Agenda. Presentation at the Baltic Development Forum Annual Meeting St. Petersburg, Russia. September 25.

Rokeach, M. (1973). The Nature of Human Values. Free Press, New York.

Tolmats, E. (2004). Relationships between organizational culture and individual values of the Russian-Speaking members of organizations in Estonia, Latvia, and Lithuania. Tartu Ülikooli majandusteaduskond.

Vadi, M. (1998). Juhid juhtimisest. Eesti kogemus. Tartu Ülikooli Kirjastus.

Vadi, M. (2003). Background to the organisational culture developments in transitional Estonia. Vadi, M. (ed.). Organisational Culture in Estonia: Manifestations and Consequences. Tartu University Press, 27-44.

Vadi, M. (ed.). (2003). Organisational Culture in Estonia: Manifestations and Consequences. Tartu University Press, Tartu, 27-46.

Vadi, M. (2004). Organisatsioonikäitumine. TÜ Kirjastus, Tartu.

Vadi, M., Alas, R. (2006). Interrelationship of organizational culture with organizational characteristics: the grounds for typology. National and International Aspects Of Organizational Culture. Tartu University Press, Tartu, 103-120.

Vadi, M., Allik, J., Realo, A. (2002). Collectivism and its consequences for organizational culture. Tartu University Press, Tartu.

Vadi, M., Jaakson, K. (2006). The Importance of Value Honest: Determining Factors and Some Hints to Ethics. Tartu University Press, Tartu.

Vadi, M., Kask, T., Lõhmus, K. (2006). Estonians' view on Germans' and Russians' negotiation behavior: the entrepreneurial perspective. Mets, T., And-

rijevskaja, J., Venesaar, U., Kolbre, E. (eds.). Entrepreneurship in Estonia: Policies, Practicies, Education and Research. Tartu University Press, Tartu, 194-216.

Vadi, M., Meri, R. (2005). Estonian culture in the framework of Hofstede's model (case of hotel industry). Trames, 9, 3, 268-284.

Vadi, M., Roots, H. (2006). Estonian organizations – the subjects for transformation. Hannula, H., Radoševic, S., von Tunzelmann, N. (eds.). Estonia, the New EU Economy: Building a Baltic Miracle? Ashgate Publishing, Aldershot, 189-206.

Vadi, M., Suuroja, M. (2006). Training retail sales personnel in transition economies: applying a model of customer-oriented communication. J. of Retailing and Consumer Services, 13, 5, 339-349.

Vadi, M., Vereshagin, M. (2006). The deposit of collectivism in organizational culture in Russia: Some consequences of human resources management. Baltic J. of Management, 1, 2, 188-200.

Vedina, R., Fink, G., Vadi, M. (in press). Value diversity for innovativeness in the multicultural society of Estonia. Ulijn, J., Drillon, D., Lasch, F. (eds.). Entrepreneurship, Cooperation and the Firm: The Emergence and Survival of High Tech Ventures in Europe. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 507.

Vedina, R., Vadi, M., Tolmats, E. (2006). Interactions of cultural elements: Estonian organizations in the Pan-Baltic mirror. Hannula, H., Radoševic, S., von Tunzelmann, N. (eds.). Estonia, the New EU Economy: Building a Baltic Miracle? Ashgate Publishing, Aldershot, 169-188.

Teaduspreemia humanitaarteaduste alal folkloristika alase uurimistöö eest

Mall Hiiemäe

Sündinud 9.01.1937 Ida-Virumaal Roostoja külas

1954 Ahtme Keskkool
1962 Tartu Ülikool, eesti filoloogia
1983 filoloogiakandidaat, Moskva Maailmakirjanduse Instituut
1998 PhD folkloristika alal, Tartu Ülikool
1994 Jakob von Uexkülli Eesti Taassünni Auhind
1995 Eesti kultuuri aastapreemia
1997 Jakob Hurda rahvuskultuuri auhind
2002 Valgetähe IV klassi teenetemärk
2006 Eesti Rahvuskultuuri Fondi tänupreemia

Alates 1964. a Eesti Kirjandusmuuseumi Eesti Rahvaluule Arhiivis: teadur, aspirant, vanemteadur.

Avaldanud üle 80 teaduspublikatsiooni, sh 2 monograafiat.

FOLKLORISTIKA – MUUTUV TEADUS MUUTLIKUS AJAS

Folkloristika on teadusvaldkond, mille arengulugu iseloomustab uurimisparadigmade järkjärguline (et mitte öelda: kiire) muutumine ning diskursiivne ebaühtlus. Olles etnose identiteedi lakmus, hakkas folkloor uurimisainena Lääne-Euroopas tähelepanu pälvima alates 18. sajandi keskmest, Eestis aga sajandi võrra hiljem. Folkloristika kui teadus on kindlalt kategoriseeritav rahvusteaduste hulka, ent oma aine poolest on ta ühtaegu käsitatav maailmateadusena, andes läbi aja ning ruumi tavatult palju võimalusi kõrvutavaks analüüsiks.

Folkloristina alustasin tööd ajastul, mil geograafilis-ajaloolise uurimismeetodi hiilgus oli juba tuhmunud, kuid mitmed senised tõekspidamised ja seisukohad kehtisid, olles sobivad ka väljaspool juba formalistlikuks kuulutatud meetodit. Need olid nn kuldsed kuuekümnendad, mil dialektilis-marksistlikku, vulgaarsotsioloogiasse kippuvat lähenemisviisi eirates oli võimalik dissertatsiooni kirjutada näiteks klassifikatsiooniprintsiipide väljatöötamise, motiveeringu ja rakendamise kohta. Üks minu viimastest avaldatud väljaannetest – "Eesti mõtteloo" sarjas ilmunud artiklikogumik [Hiiemäe, 2007] sisaldabki valiku eriteemalisi varasema perioodi käsitlusi alates 1970. aastatest. Valdav osa neist on siiski vormistatud ning avaldatud pärast Eesti taasiseseisvumist. Nende käsitluste näitel on võimalik pilku heita eesti rahvateaduse mõnele tahule, seda valdkondades, kus mul on olnud täita oma nišš: rahvajuttude kujunemise ja jutustamise traditsioon, rahvakalendri usundilised aspektid, inimese ja ümbritseva looduse ökoloogilise väljundi ilmingud. Teine äsjail-

munud mahukas väljaanne [Hiiemäe, 2006a] pakub uusi rõhuasetusi rahvakalendri teemal.

Eesti taasiseseisvumisega elavnes mitmel põhjusel ka kohapärimuse uurimine. Sellega kaasnes vajadus täpsustada mõisteid, luua digitaalne andmebaas ja koostada Eesti rahvapärimuslike maastikuobjektide mentaalne kaart. See tegevusliin sai hoogu 1999.–2002. aastatel minu juhtimisel Eesti Teadusfondi grandiprojekti raames ning on tänini aktuaalne.

Mainitud käsitlusi ja eesti ning rahvusvahelise folkloristika üldist arengukäiku silmas pidades annan alljärgnevas ülevaate mõnede uuringute suunitlusest.

HÄLBIVA ŽANRIKONTSEPTSIOONI PROBLEMAATIKAST

Tartu Ülikoolis Kalevipoja-muistenditest diplomitööd kaitstes jäin hätta selgitusega, kust läheb piir rahvaluuleteksti ja lihtsalt teate vahel. Minu arvates pidi kriteeriumiks olema süžeelise tegevuse olemasolu, niisiis teksti "Kalevipoeg viskas Saadjärve kaldale kivi" võiks liigitada hiiu- ja vägilasmuistendite hulka, kuid tekst "Saadjärve kaldal asub Kalevipoja kivi" oleks pelgalt teade. Takkajärgi olen aru saanud, et akadeemilise muistendiväljaande koostajast õppejõud ei ärritunud mitte mu farsiliku seletuse peale, vaid et olin juhtunud osutama sellal kehtiva žanrimäärangu ebakindlatele alustele.

Rahvajuttude liigitamisel on klassikalisteks žanriteks peetud müüte, muinasjutte, muistendeid ja naljandeid. Need on põhiliigid oma alajaotuste, eritunnuste, liigiomase kompositsiooni ning vormivõtetega; ühtede tõesusse usutakse (muistendid), teisi on võetud kui fabuleeringuid (muinasjutud). Žanriteooriast sai see tugisammas, millele toetudes rahvajutuvaramut on jätkuvalt klassifitseeritud. Lähtekohtade poolest on siin sarnasust loodusteadusliku süsteemitaotlusega Karl Linné taimesüstemaatika loomisel, hiljem ka Charles Darwini evolutsiooniteooria järgimisega, silmas pidades geneetilise järjepidevuse olemasolu [Foucault, 1986; Honko, 1989].

20. sajandi keskmeks oli kätte jõudnud aeg, mil teada-tuntud, määratletud, lahterdatud, kirjeldatud ning rahvusvaheliselt kasutatavatesse kataloogidesse nummerdatud rahvajututüübid kippusid traditsiooniomaseid tunnuseid kaotama, individuaalloomingut liitma ning ühest lahtrist teise nihkuma. Lääne-Euroopa kultuuriruumis riikidevahelise muistenditüpoloogia väljatöötamisel lähtus Linné süsteemi analoogiast tema folkloristist kaasmaalane Carl Wilhelm von Sydow [Hafstein, 2001]. Tšehhoslovakkia ja Saksa folkloristide koostöös otsustati muistendite klassifitseerimisel lähtuda teesist, et narratiivid, mis pole muinasjutud ega naljandid, paigutuvad muistendite lahtrisse. Tähelepanu äratas Sydowi tõstatatud memoraadi-probleem [Pentikäinen, 1968]. Memoraadi mõiste hõlmab isiklikul kogemusel põhinevaid usundilisi jutustusi. Arhiivimaterjali põhjal tehtud otsustustele sekundeerisid elava jutustamistraditsiooni jälgijate seisukohad, eeskätt Ungari, Tšehhoslovakkia, Saksa-

maa, Rumeenia jt maade teadlastelt. Saksa folklorist Siegfried Neumann [1966] konstateeris eriliste narratiivide olemasolu, ent mõiste piiritlemine osutus keeruliseks; välja pakuti nimetusi nagu mälestusjutud (*Erinnerungserzählungen*), jutustused elust (*Erzählungen aus dem Leben*), igapäevalood (*Alltagserzählungen*), tööjutud (*Arbeitsgeschichten*), esivanemate jutud (*Vorelterngeschichten*). Hälbiv žanrikontseptsioon, teateks fragmenteerunud süžeed, mõistete memoraat–muistend eristuskriteeriumid, individuaalse ja kollektiivse suhted rahvaluuleteoses, stabiilsuse ja muutlikkuse aspekt, levikuiseärasused – kõik see nõudis süvenenumat käsitlust teoreetilises plaanis. Ilmselt soovist "folkloori elu" jälgimisel aeg maha võtta oli ajendatud ka Turu jutu-uurimise koolkonna suurkuju Lauri Honko [1968] ettepanek käsitada žanre kui ideaalseid teadustöös vajalikke liigitusaluseid, leppides mõõndusega, et tegelikkus ei saagi olla ideaaliga vastavuses.

Eesti rahvajutu-uurijail olid sellal seoses hiiu- ja vägilasmuistendite teadusliku väljaande koostamisega käsil samalaadsed probleemipüstitused. Võib-olla tuli kasuks, et ma polnud oma kaugõppestuudiumist teab kui olulist tarkust kaasa saanud ja asusin 1964. aastal kirjandusmuuseumi tööle tulles kaasaja rahvajuttude kujunemist jälgima osalusvaatlejast praktikuna, arvesse võttes ka "raudse eesriide" tagant kättesaadavaid uurimusi, Nõukogude Liidus folkloori ülearuse ideologiseerimisega kaasnenud kriise ning, mõistagi, kodumaiste kolleegide seisukohti. Eestis oli kohalikele piiratud leviku-ulatusega isiku- ja olustikujuttudele juba sobitatud nimetust *pajatus*. Oli ilmne, et arhiiviainese analüüsimisest ei piisa, pajatuste tekkimise ja kujunemise seaduspärasusi on vaja selgitada aposterioorselt – tegelikku jutustamistraditsiooni jälgides. Üksmeelset vastust polnud küsimustele, kas kohalikke kitsa levikuga pajatusi saab üldse pidada folklooriks, millised tunnused eraldavad seda provisoorset žanrit teistest, klassikalistest žanritest, kas ja missugusel kujul saab ette tulla üleloomulikkuse elementi (teisisõnu: kuhu paigutada selles liigituses Sydowi poolt esile toodud memoraat), kas laiema traditsiooniga pajatused pole siiski klassifitseeritavad muistendite või naljandite hulka.

Kõige olulisemaks panuseks pean narratiivi folkloriseerumise käigu ja kriteeriumite selgitamist. Geograafilis-ajaloolise ehk soome koolkonna kontseptsiooni järgi on rahvaluuleteos individuaalloomingu sünnitis, mis lahkudes oma nn algkodust alustab levikut "suust suhu ja põlvest põlve". Miks jututüüp võib püsida aastasadu, ilma et selle põhikuju muutuks, on selgitanud soome meetodi veendunud rakendajaid Walter Anderson. Tema sõnastatud on enesekontrolli ehk eneseõienduse seadus (*das Gesetz der Selbstberichtigung*) stabiilsuse ja variaabluse kui vastupidiselt toimivate mõjurite kohta folkloori levikul: esitaja kuuleb sama juttu mitmel korral ja mitmelt isikult, nii kulgeb jutt ajas ja ruumis, jäädes oluliste muutusteta ning moodustades jututüübi [Hiiemäe, Krikmann, 1992]. Selgitasin, et pajatuste puhul on Andersoni enesekontrolli seaduse toimimine suuresti välistatud. Jutustaja toetub memo-

reerimisel ja taasesitamisel 1) eelkõige isiklikule teadmusele, 2) ka iseenda varasematele esitustele, 3) teistelt hangitud informatsioonile ja 4) alles seejärel tuleb arvesse teistelt jutuna kuuldu, mis pealegi ei tarvitse endast kujutada põhikujult püsivat tervikut. Ainuüksi teistelt jutustajatelt kuuldud juttudele toetub pajatusevariant siis, kui kaotab oma autorsuse, jõuab laiemasse ringlusse, saab kollektiivseks loominguks vastavalt folkloori definitsioonides rõhutatud tähendusele.

Rahvaluuleteose moodustumise käigu nimetasin tekkefaasiks. Lääne-Euroopa juhtivaid rahvajutu-uurijaid Kurt Ranke avaldas mu käsitluse tekkefaasis levikuga rahvajuttude geneesi ja leviku mehhanismidest ajakirjas "Fabula" [Hiiemäe, 1969]. Sellest, et see ka mingit tähelepanu leidis, sain tagasisidet alles üle 30 aasta hiljem Siegfried Neumannilt, kui Eestis toimus rahvusvahelise rahvajutu-uurijate seltsi kongress. Kongressi raames ilmus koos kommentaariga ka mu kunagine kirjutis [Hiiemäe, 2005a]. Teisiti läks Soomes, kus monograafiat Kodavere pajatustest on tutvustatud, kõrgkoolides õppevahendina kasutatud, korduvalt viidatud ning pajatuste geneesi toonane käsitlus ka taas avaldatud [Knuuttila, 1979; Siikala, 1982, 1984; Kaivola-Bregenhøj, 1996; Hiiemäe, 1980, 1987].

Niisiis olin tegelenud žanripiiride määratlemisega – sellesama problemaatikaga, mis juba diplomitöö kaitsmisel poleemilisena ja ootamatult esile oli kerkinud. Tookord oli tegemist unustusfaasi langenud rahvaluuleteose fragmenteerumisega, nüüd aga tekkefaasiga, mil rahvajututüüp on alles kujunemisjärgus ja osa folkloorile obligatoorseid tunnuseid alles välja kujunemata. Põhjusi, miks tekkefaasi seni polnud tuvastatud ega selle vastu huvi tuntud, näib olevat enam kui üks: juba mainitud ühekordse loominguakti fenomen, otsustuste tegemine arhiiviainese baasil, jälgimata elavat jutustamistraditsiooni, reaalelu seiku vahendava ahta levikuga narratiivi pidamine väljaspool folkloori asuvaks kommunikatsioonimooduseks. Mulle polnud otsustuste tegemisel tähtsuseta ka üks Eesti Rahvaluule Arhiivi kogude erijoon – need kogud pole kokku kantud pelgalt erialainimeste poolt, prevaleerib kohalike, žanrispetsiifikas "rikkumata" rahvaluulekorrespondentide osakaal. Tänu nende kogumistööle oli arhiivil mõningane hulk arvatavalt tekkefaasis juttude kirjapanekuid kohalikest prototüüpidest juba olemas.

Jälgisin pajatuste temaatikat korrelatsioonis jutustajate vanusega. Selgus, et põlvkondade vahetumisega jäävad ebaaktuaalseks ka oma aja ära elanud teemarubriigid, ent uusi teemasid juurde ei tule, kuna rahvapärase jutuvestmise traditsioon on taandumas. Lahendust vajas probleem, kas iseseisva žanri staatusesse tõstetud pajatused pole oma vähese tüübikindluse ning lühikese eluea tõttu siiski vaid eelaste naljandite ja muistendite kujunemisel. Taas osutus vajalikuks märksa kestvam jutuvestmistraditsiooni jälgimine, kui tavaliste, ligikaudu kuu aega kestvate välitööde puhul. Mis pajatuse lühiealisusesse puutub, siis päevakajaliste anekdootide iga on märksa lühem; sündmused, millest

pajatustes jutustatakse, võivad ulatuda keskeltläbi saja aasta taha. Loogiline oli arvata, et pajatuste näol ei ole tegemist uue, ühiskonna sotsiaalmajan-duslike muutuste sünnitisena ilmunud žanriga, nagu oli määratletud pajatust nõukogude folkloristikas (pajatuse vasted vene keeles on *skaz* ja *ustnõi rasskaz*). Semiootilise uurimissuuna viljelejaid Mihhail Bahtin [1987] on konstateerinud isikukesksete biograafiliste ja autobiograafiliste joonte olemasolu kui inimese enesereflesiooni olevikulise dimensiooni avaldust romaanižanri eelastmena juba antiikajal.

Tagasivaatavalt pajatuse kui žanri uurimisele ei tuleks kuigi oluliseks ega lõplikuks pidada selle žanri olemuslikku fikseerimist. Sõltuvalt funktsioonist, temaatikast, kunstitaotluslikkuse määrast, struktuurierisustest jt sarnastest teguritest on pajatus tegelikult üsnagi amorfne. Praegusajal on pealegi tegelus žanriklassifikatsiooniga juba kõrvaline, folkloristide uurijahuvi mujale kandunud ning trendikaks peetakse bahtinlikku, kronotoobis (aegruumis) dünaamilist žanrikontseptsiooni. Viimatistes artiklites kohalikest juttudest olen tähelepanu pööranud pajatustele kogukonnas erilise staatusega isikust, tõsielusündmuste põhjal kujunevatest juttudest jahi ning metsloomade kohta ning erinevast vägilasekäsitusest eesti ja vene algupäraga rahvajutukihistuses [Hiiemäe, 2000, 2001a, 2003e].

KOOS RAHVAKALENDRIGA USUNDIFENOMENOLOOGIAST ETNOLOOGIASSE

1970. aastatel tuli teemat vahetada. Et juba alustatud ning hea kolleegi lahkumise tõttu pooleli jäänud teadusliku antoloogia väljaandmist eesti rahvakalendri tähtpäevadest tuleb jätkata, see oli ilmselge. Küsimuses ei olnud mahajäämus selle ainevaldkonna uurimisel. (Nõukogude Liidu religioonivaenulik ideoloogia ei soosinud tegelust usunditega – seda tuli serveerida igandi-tevastase võitlusena, pealegi loeti usundid etnograafide, mitte folkloristide uurimisaineks.) Kalendritavandi aktuaalsuse tingis asjaolu, et seda oli vaja vastukaaluks nõukoguliku režiimi surutisele kui "eesti asja".

Suunitluse poolest oli tegemist sammuga etnoloogia valdkonda. Rahvakalender hõlmab ka usundit ja tavakultuuri. Nagu sõnalise rahvaloomingu puhul, osutub edukaks rakendada levikuteooriaid. Kultuurikontaktides on nähtud arengu eeldust ja kultuurilaenudes progressi. Rahvusliku identiteeditaju ideaalkujutuse järgi tuleks aga võõraste kultuuride mõju hinnata kui omakultuuri nivelleerivat, destruktiivset ilmingut. Siit lähtub tahtlus rekonstrueerida kaugete esivanemate muinaskalender ning seda ka väärtustada kui õiget. Õnneks aitasid meil nn oma juurte otsimise aegadel kalendri kujunemise asjaolusid valgustada ka teiste erialade esindajad: paleoliitikumi ajaarvamisega tegeles pikemat aega astronoom Heino Eelsalu [1985], kirikukalendrite ja trükikalendrite mõjustusi eestlaste rahvakalendrile käsitles etnograafist ajaloolane Lauri Vahtre [1991].

Väljaanneteseeria koostamisele asudes tuli jätkata juba väljatöötatud skeemi järgi, piirdudes kommentaariga iga tähtpäeva või kalendaarse ajalõigu kohta. Kui usundiajaloo ja usundipsühholoogia mõningane tundmine osutusid vajalikuks kui eelteadmised, siis usundifenomenoloogiast, vähem usundisotsioloogiast sai põhimine lähenemisviis metodoloogilises mõttes. Olemuselt on see ainese käsitlusviis võrdlev: pildi saamiseks 19.–20. sajandi rahvapärasest ajamõistmisest (lineaarne–tsükliline) ning ajaarvamisest, tähtpäevatavandist suulise pärimuse ning varasema kirjanduse ja ajalookroonikate näitel oli vaja uurimisainest vaadelda ümberkaudsete rahvaste samalaadse ainese foonil. Kuna Eestimaa on Ida ja Lääne kultuuri kontaktalal, kannab eesti rahvakalender rohkeid jälgi mitmepoolsest kultuurisuhtlusest. Ühisjooni on nii idaslaavi kui germaani rahvastega, ent samuti ka balti ja läänemeresoome rahvastega. Teisalt tagavad ühetaolisust kultuuri-ilmingutes majanduselu sarnasus, ühesugused kliimaolud ning kristluse-eelse kalendri kohastumine kanoniseeritud kirikukalendriga.

Kõige põlisemad ning kõige püsivamad on aastajaotustähiste funktsiooniga tähtpäevad ning tähenduslikud ajalõigud. Üldlevinud teadmise järgi on eestlased aastat jaotanud kaheks pooleks ja/või neljaks veerandiks. Mõned ebaautentsetele algallikatele toetunud otsustused tehti välisautorite poolt (K. Vilkuna, tema töödele omakorda tuginedes N. Šlõgina), ka Eestis kerkis 1980. aastate keskpaiku küsimus, kas tegemist on kaksik- või nelikjaotusega. Esitasin oma argumentatsiooni. Sedastatavad on jaotused taimevegetatsiooni, päikesekalendri (sümbioosis kuukalendriga), kliimakalendri ning majanduskalendri alusel, niisiis on tegemist mitmiksüsteemiga. Kliimakalendri tähised talihari ja suvehari on traditsioonist juba taandunud, nagu seda on vegetatsioonikalendri orientiirdaatumid – künnipäev (14. IV) ja kolletuspäev (14. X); alles 20. sajandil kaotasid oma positsiooni majanduskalendri poolaastatähised jüripäev (23. IV) ja mihklipäev (29. IX). Päikesekalendri vastasdaatumitest (paastumaarjapäev (25. III) – mihklipäev, ning jaanipäev (24. VI) – jõulud) on tänapäeval spontaanselt tähistatavate sekka jäänud vaid jaanipäev ja jõulud.

Jõulutähistus on hea näide aastasadu püsinud ühisjoontest muinas-Skandinaavia ning Eestimaa lääneosa varase maaviljelusega tegeleva rahvastiku kultuuris. Maaviljelusega on seotud jõululeiva küpsetamise, järgmiseks aastaks alleshoidmise, odraõlle pruulimise komme, jõuluõlgede tuppatoomine ja mängud õlgedega ning õlgedel, järgmise aasta viljasaagi ennustamiseks peotäie õlgede lakkeviskamine, mitmed jõulumängudeks redutseerunud viljakus- ja tõrjemaagilised toimingud, õlgedest jõulukrooni valmistamine jne. Jõulutavand on läbi teinud rohkem tähenduste ja funktsioonide muutusi kui ühegi teise püha tavand. Rahvapärane semantika pakub nt jõuluõlgede tuppatoomise kombele peale viljasaagi järjepidevuse taotluse veel mitmeid põhjendusi: õled/heinad toodi põranda soojustamiseks; aitasid summutada müra (kriitilisel ajal kehtis mürategemise keeld); toodi ööbimiseks, sest sängid

loovutati kodusid külastavatele hingedele; toodi selle mälestuseks, et Jeesuslaps on sündinud sõimes heintel. Õlgedest jõulukroonide valmistaminegi näib lähtuvat põllupidajate viljakusmaagiast, nii nagu see on olnud põllult viimasena õsutud viljavihu tuppatoomise eesmärgiks, ent nimetamata ei saa jätta kirikute kroonlühtrite matkimist ja puht-dekoratiivset otstarvet. 20. sajand tõi jõulutähistusse sootuks uusi jooni: majapidamise ja pere kui terviku püsivale edule keskendunud pühad said inimestevahelist suhtlust soosivateks pühadeks; nõukogude perioodil leidis religioonivastase võitluse sildi all aset kombestikukompleksi paigaltnihutamine ja liitmine uusaastaga [Hiiemäe, 2003d]; nüüdisaegne kommertsialiseeritud tähistus hõlmab tavatult pika ajavahemiku.

Lääne-Euroopast on Eesti alale osalt meritsi jõudnud teavet mitmetest roomakatoliku kirikukalendri tähtpäevadest, mille kohta peale lääne- ja looderanniku piirkondade mujalt Eestist andmeid teada pole. Ekslikult on neid peetud eesti rahvakalendris kodunenuteks ning selliste väljapakkumisest trükikalendreis pole loobutud tänini. Siia kuuluvad nt nuudipäev (7. I), paavlipäev (25. I), klaasmusepäev (3. II), tiinapäev (15. II), peetripäev (22. II), korjusepäev (12. III, trükikalendrites sattunud taliharjapäeva (14. I) kohale). Skandinaavia- ja soomemõjulised on peale juba nimetatud nuudipäeva eerikupäev (18. V), olevipäev (29. VII) ning tabanipäev (26. XII).

Osa muistse kalendri reliktseid ühisjooni tulevad eri rahvaste kalendripärimuse võrdlemisel ilmsiks balti-läänemeresoome hõimude lähemate kokkupuudete aegadest, kultuurilaenudega siin tegemist pole. Nimetada võib Põhja-Läti ja Lõuna-Eesti hingedeaja tavandit. Reministsentse võib leida kaugemaltki, nt kunagistelt soome-ugri rahvastikuga aladelt praeguse Venemaa piires. Samasuguse, taimevegetatsiooni sügisesse lõpuaega kuuluva tähendusliku perioodiga on tegemist Soomes ja Eesti põhjarannikul jaguaja näol, ent jaguaja pärimuses kajastub kujutlus aastaringi täissaamisest ehedamalt kui hingedeaja pärimuses. Muistse ajataju ning ajaarvamise markeriks tuleb pidada ka ristipäevi; abistavat tõestusmaterjali traditsiooni kunagisest ulatusest õnnestus leida läti ja ungari rahvausundist.

Idaslaavi kultuurimõjude seas on pikemaaegselt püsinud ja jõulisemaks osutunud need erijooned, mis on eestlaste kalendrisse jõudnud üksiti ka läänest. Nii on olnud vastlapäeva, lihavõttepühade, jüripäeva ning jaanipäeva tavandiga; kõige selgemini on märgatav Püha Jüri kultuse ja jüripäeva tavandi tulv Eestimaa kaguväravast, kontakte on olnud isegi Loode-Venemaa ja Valgevenega [Hiiemäe, 2003bc].

Kristluse-eelse usundi ja veneõigeusu koosmõjul tulid setude kalendris esile järgmised sünkretistliku arengu variandid: 1) erineva semantikaga kirikukalendri tähtpäevad saavad rahvakristluses ühesuguse sisu; 2) ühe ja sama rahvakombe või uskumuse kinnistumist eri tähtpäevade külge soodustab nende

tähtpäevade kuulumine eri konfessioonide juurde; 3) kiriklik renomee annab tähtpäevale eeldused kujuneda suureks rahvapühaks ja seotus kirikuga võib seejuures taanduda; 4) tähtpäeva kiriklik tähendus jääb domineerima ning pareerib rahvapärase tavandi sissesulamise; 5) hoolimata tähtpäeva pühitsemise kiriklikust ilmest jääb soome-ugri substraat püsima. Kuna veneõigeusu kirikule on iseloomulik tugev seotus elatusaladega, levib ja ühtlustub kiriku vahendusel ka eri piirkondade kalendritavand. Siit võib järeldada, et tugevate rahvakristluse mõjustustega kalendripärimus pole rahvaste etnogeneesi väljaselgitamisel kuigi kõnekas abivahend [Hiiemäe, 2006b].

Rahvusvahelisele lugejaskonnale olen eesti rahvakalendri kõigi teadaolevate tähtpäevade lõikes avaldanud monograafia kalendri kujunemise kultuuriajaloolistest faktoritest, aastajaotustähistest, nädala ja nädalapäevade käsitusest kuufaaside alusel, kultuurikontaktidest teiste ümberkaudsete rahvastega, funktsioonimuutustest ja nende arvatavatest põhjustest, uskumuste ja kombestiku levikust ajas ja ruumis, sotsiaalsest sättumusest jne [Hiiemäe, 1998]. Esile toodud teemajaotused on järgmised: tähtpäeva nimetus ja tähendus, pühitsemine, ohverdamine, seos elatusaladega (küttimine, kalapüük, põllundus, karjakasvatus), toitlus, kodused tööd ja toimetused, loodus, ilmastik, inimsaatuse ended ja maagilised toimingud. Ka eraldi üksikküsimuste kohta sai võimalikuks piiritaguse lugeja tarvis oma töid avaldada pärast Eesti taasiseseisvumist. Nendes olen oluliseks pidanud valikuliselt tutvustada eesti rahvakalendri neid tähtpäevi, mis mujalgi on hästi tuntud, rõhuasetusega kohalikule ristiusueelsele taustale, paralleelidele teiste rahvaste kalendris ning kristluse mõjustustele [Hiiemäe, 1994, 1996ab, 1997].

Kui folkloristliku pärimusanalüüsi eelduseks on olnud tervikut hõlmav liigitus, siis usundi ainevaldkonna puhul niisugune liigitus omaette eesmärgiks pole, oluline on pärimuse tõendusväärtus [Pentikäinen, 1997]. Miks eesti folkloristika ei rahuldunud sõnalise folkloori filoloogilise aspektiga, vaid on iseenesestmõistetavana valinud uurimisobjektiks ka usundi ja tavakultuuri märksa avaramas tähenduses, selles on oma osa juba Jakob Hurda kogumisprintsiipidel. Kui Hurt oleks piirdunud oma 1888. a üleskutses poeetilise folkloori põhiliikidega ega oleks algatanud sedavõrd avara temaatikaga uskumuste ja kombestikukirjelduste talletamist, oleksid eesti folkloorikogud usundi ja elu-olu osas märksa napimad ning rahvaluulearhiivi töötajaskonna uurijahuvid ehk teistsugused. Ülevaadetes 1927. a loodud Eesti Rahvaluule Arhiivi tööstiilist olen korduvalt rõhutanud kallakut etnoloogiasse [Hiiemäe, 2003a, 2005b]. Nii nagu Richard Viidalepa käsitlused jutustamistraditsioonist, väljusid ka Herbert Tampere tööd rahvakalendri ning rahvamuusika kohta folkloristika tavapiiridest. Oskar Loorits algatas juba 1930. aastatel majanduse ja ühiskonnaeluga seonduva kombeloolise pärimuse kogumise, nimetades seda elupiltide maalimiseks ja endis-eesti elu-olust üldpildi saamiseks. Tema idee oli liita ainelise ja sõnalise vanavara uurimine etnoloogia nimetuse all üheks

tervikuks. Olles aastatel 1999–2003 sihtfinantseeritava teadusteema "Folkloor ühiskonna mentaliteedimuutuste kajastajana" juht, toimetasin Looritsa algatatud "Endis-eesti elu-olu" sarja neli köidet – ilmus kaks taastrükki ja kaks uustrükki (aastatel 2000, 2001, 2002, 2004).

Tänapäeval on nii etnograafia kui folkloristika Eestis suuna võtnud etnoloogiasse ja kultuuriantropoloogiasse. Kuigi on olnud põhjust rääkida koguni kriisist 1990. aastate etnograafia ja folkloristika diskursuses, leian, et need üleminekuaastad kulgesid Eesti Rahvaluule Arhiivi töösuundade osas võrdlemisi valutult. Mentaliteedimuutustele pöörasin senisest enam tähelepanu väljaande koostamisel lõuna-eesti rahvakalendrist [Hiiemäe, 2006a]. Osalt perifeerse asendi tõttu Eesti kui terviku suhtes, osalt sotsiaalajaloolise tausta tõttu on selle piirkonna rahvakalender olnud vägagi omanäoline ja rikkalik. Kohalike erijoonte esiletõstmise kõrval olen silmas pidanud 20. sajandi ajastuomaseid muutusi. Sajandi lõpukümnenditeks oli maaelanikkond kauaaegset sidet talupojakultuuriga juba kaotamas, kombestiku rahvausundiline alus kogukonna mälust olulisel määral kustunud, kirikliku tähtpäevatähistuse roll vähenenud, põlluharijarahvale omane rikkalik ilmaennete kasutus taandunud, säilides vaid vanema põlvkonna passiivses mälus. See-eest on tänapäeval esile tõusnud kalendritavandi meelelahutuslik roll. Üha valdavam on tähtpäevatähistuse organisatoorne iseloom, meedia ning kultuuriasutuste osatähtsus. Tavandi püsivuse kriteerium jääb kõrvaliseks, tavandit selekteeritakse, dekontekstualiseeritakse ning kohandatakse. Abivahendiks kasutatakse trükiseid, mäluasutuste materjalikogumeid jms folkloori "teiseks eluks" vajalikku.

Artiklites aastatest 2004–2006 olen peale juba mainitud uurimisaspektide selgitanud veel inimese ja muu looduse ökoloogilist mõõdet rahvakalendris, esitanud argumentatsiooni meie muinaskalendri kujunemise kohta, lahti mõtestanud jõulumängude minevikulist tähendust ning interpreteerinud kosmogoonilise maailmapildi ja kalendriliste parameetrite avaldumist mõnedes regivärsilistes rahvalauludes.

TEKSTI ASEMEL KONTEKST

20. sajandi lõpukümnend tõi eesti folkloristikasse vajaduse ümber hinnata seni oma žanrilise heterogeensuse ning lõdva vormi tõttu teisejärguliseks rahvajutuliigiks peetud kohamuistendid. Ilmselt andsid selleks tõuke 1970. aastatel rahvusvahelises folkloristikas aktuaalseks saanud identiteediuuringud ning lahtiütlemine mehhanitsistlikust žanrikäsitusest. Süstemaatikateooria järgi pidid žanrid olema konstantsed, kuid tees, et ühiskonna arengus toimub üleminek maagiliselt mõtteviisilt religioossele ja religioosselt omakorda teaduslikule, ei sobitunud kuigi hästi selle käsitusega. Eriti puudutas see vastuolu muistendi kui liigi määratlust, millega 1970. aastate keskpaigas tegelesid nii USA, Soome kui Lääne-Euroopa riikide rahvajutu-uurijad. Muistendite taksonoomia oli rahvajutu-uurijate seltsi 1974. a kongressi üks diskussiooni-

teemasid. Olulisemad seisukohad resümeeris USA folklorist Dan Ben-Amos [1976], sõelale jäid mõistete vastandpaarid sakraalsuse–profaansuse ja fabulatiivsuse–faktilisuse skaalal, muistendile omaseks loeti kõik neli mõõdet.

Eestis otsustati 1990ndatel aastatel jätkata muistendite Monumenta-sarja väljaandmist, mütoloogiliste haiguste kohta ilmus 1997. aastal "Eesti katkupärimus" [Hiiemäe R, 1997]. Ka kohamuistendi asemel oli otstarbekam kasutada nimetust *kohapärimus*. See mõiste hõlmab paikadega seotud mis tahes andmed, hiiu- ja vägilasmuistendid, kombekirjeldused (nt ohverdamise kohta), usundilise sisuga memoraadid (nt kohtumisest supranormaalse vaimolendiga), isiklikud mälestused seoses paigaga maastikul – seega kogu kohasidusa materjali peale puhtakujuliste fabuleeringute. Niisiis taandus varasem saksa keelest üle võetud termin (saksa k *Ortssage*) üheks kohapärimuse alakategooriaks (vrd *local legend, place legend*, soome *paikkatarina* ja *paikallistarina*). Juha Pentikäinen [1997] on hoiatanud, et analüüsi soodustavate terminite hõlmavuse või tähenduse muutmine osutub aeg-ajalt vajalikuks, kuid terminite infoväärtus seetõttu tavaliselt langeb. Ses suhtes vajaks korrigeerimist mõiste *legend* (inglise k *Legend*), mis eesti rahvaluuleteaduses märgib hoopiski pühakutest kõnelevaid rahvajutte ning on vastuolus ka tähendusega üldkeeles.

20.–21. sajandi vahetusse jääb kaks grandiprojekti: aastatel 1998–2000 (rahastajaks Open Society Support Foundation) saadi toetus Tartu Ülikooli ja Helsingi Ülikooli interdistsiplinaarsele projektile (juht TÜ arheoloog Heiki Valk) ning aastatel 1999–2002 oli teoksil Eesti Teadusfondi projekt "Kohapärimus rahvajuttudes", milles oli samuti osalejaid Soomest. Selle projekti hoidjana ning väikese töögrupi juhendajana nägin ette kasvavat nõudlust kohapärimuse järgi veel mitmetes valdkondades peale arheoloogia, kus vajati andmeid kalmete, lahingupaikade, põlispõldude, muistsete asulate, linnuste jne kohta. Haakununa sihtfinantseeritava teadusteemaga mentaliteedimuutustest, vajas kohapärimuse uurimine ja interpreteerimine ühtlasi uut metodoloogiat. Esiplaanile tõusetus koha kui maastikulise märgi ja inimese kui pärimusekandja vastastikuse suhte jälgimine ning selle kaudu ilmnevad muutused väärtushinnangutes. Tekste leidus arhiivis tuhandeid, ent vajaka oli koha ja inimese suhet kajastavast kontekstist.

Kontekstiuuringute näol oli tegemist seni maailma mastaabis põhiliselt kultuuriantropoloogias arendatud töömeetodiga, mis tasapisi tuli üle folkloristikasse. Kohapärimuse puhul pöörasime tähelepanu viiele komponendile: 1) usundiline-religioosne, 2) metoloogilis-etioloogiline, 3) ajaloolis-ühiskondlik, 4) looduslooline, 5) igapäevaelu komponent. Kõigi nende puhul pidasime silmas inimese ja maastikuobjekti suhte muutumise protsessi. Kuna kohapärimuse stabiilsus ja muutlikkus on seotud väärtushinnangute muutumisega ühiskonnas, oli vaja need muutused analüüsimiseks olemasolevas materjalis esile tuua ning vähemalt näidispiirkondades läbi viia küsitlusi kontekstiliste

lisaandmete saamiseks. Mõneti üllatuslikult osutus oluliseks maastikuobjekti enda osatähtsus, selleks et selgust saada, miks ja kuidas maastikuobjektid saavad kultuuris märgilise tähenduse. Nii kujunes üheks töö eesmärgiks nii füüsilise kui mentaalse maastiku kaardistamine.

Alustasime elektroonilise andmebaasiga, kohapärimuse lokaalsete ja regionaalsete iseärasuste esiletoomiseks olid Lääne-, Tartu-, Võru- ja Setumaal valitud näidisalad, võrdluseks Soome samalaadsed piirkonnad. Arvestasime võimalusega pärimust analüüsida kvantitatiivse statistilise meetodiga, vaadelda eraldi konkreetseid objektiliike (nt rändrahnud, allikad, pühapuud, hiiesalud), eri piirkondade pärimuse eelistemaatikat, motiivide kombineerumist ja osakaalu, ajalist dünaamikat jne. Žanrimääratluste kõrval on kasutatud märksõnu, nagu toponüüm, arheoloogia, ühiskond, ajalugu, usund, meditsiin jt [Remmel, 2002].

Pärimuslike maastikuobjektide paiknemine võrreldes asustuspildiga oli folkloristide poolt seni lähemalt uurimata, piirdutud oli teoreetilise probleemipüstitusega. Selgus, et pärimust sidunud maastikuobjektid asuvad oma enamuses kultuurmaastiku ja metsamaastiku piirialadel, ent koduringist väljaspool ning on usundipildis "oma" ja "võõra" territooriumi piirialadel, mille tähiseks on tee, metsaserv, puudetukk, põlispuu, kivikülv või kivi, väli, lagendik, varemed jne. Ka hiiepaigad paiknevad suures osas külapõldude ja poolkultuuristatud maade ning "võõra" maastiku piirialadel. Võrdlusel tähendusliku aja tajumisega selgus, et eriti sakraalsusega seotud paigad on olnud olulised käitumisnormide kinnitamisel, nagu seda on olnud tähendusliku aja nõuete järgimine. Kohapärimus vahendab tõekspidamisi erilisest (soodsast või ebasoodsast) ajast, mil mingi tegevus on soositud või keelatud (nt neljapäev, täiskuuaeg, kesköö).

Esile tulid erinevused Lääne- ja Kagu-Eesti valikpiirkondade kohapärimuses ning omakorda veneõigeusku Setumaa ja luterliku Eesti võrdlemisel. Ida ja lääne erinevused on täheldatavad ka Soome võrdlusainese näitel. Lääne-Eestile on tunnuslik põlispuude ning kivide seos ohverdamiskombega, seevastu on Eestimaa kaguosas tugevalt esindatud sünkretistlik sakraalsusetaju (usk paikade väesse, olgu tegemist pühade puude, kivide, kalmete või kabelitega). Hiied kuuluvad Põhja- ja Lääne-Eesti mentaalsesse maastikupilti, iseloomulik on allikate ja kivide olemasolu nende lähistel (tänapäevasel loodusmaastikul ei tarvitse neid enam leiduda). Lääne-Eestis pole Kalevipoja-muistendid kuigi populaarsed, kuid Soomes on hiiumuistendid eriti omased maa edelaosas. Nii Eesti kui Soome idaosa iseloomustab sõja, vägivalla ja karistuse teema esindatus. Erinevuste põhjuseks on üldisemad sotsiaalmajanduslikust ja etnokultuurilisest eripärast tulenevad asjaolud, nt kuulub mõlema maa lääneosa meritsi toimunud suhtluse kauaaegse ja põlise maaviljeluskultuuri alale.

Nii nagu 19.–20. sajandi rahvapärimus aitab rekonstrueerida üldpilti kauge mineviku asukatest, toob ta ka esile hilisemad muutused. Erinevalt soomlaste hiiepärimusest on eesti hiiepärimus heroiseerunud [Remmel, 1998]. Tänapäeval on hiite säilitamise ja väärtustamise problemaatika omandivormi kiire muutumise ajel meediaski aktuaalne ning saanud ühiskonna hoiakute proovikiviks.

Esmakordselt pöörasime tähelepanu koduümbruse kohta käiva pärimuse rollile elanikkonna identiteeditajus. Arhiivitekstide analüüsimise ning välitööde abil selgitati pärimusekandjate etnotsentristliku suhtumise avaldusi ühtaegu nii territoriaalsest kui sotsiaalsest aspektist [Hiiemäe, 2003e]. Sedastati, et kohapärimuse üks funktsioone on ühiste väärtushinnangute ja normide fikseerimine, lokaalse identiteedi säilitamine ja tugevdamine. See uurimisaspekt haakus tänapäeva Euroopa ühiskonnas olulise teemaga – inimfaktori rolli uurimisega kultuurmaastiku kujundamisel. Praegusaja paljurahvuslikus, vaba liikumise ja elukohavahetusega Euroopa Liidus on olnud etnoloogia ja folkloristika uurimise rahvusvahelise ühingu (International Society for Ethnology and Folklore Studies) viimastel foorumitel aktuaalsete probleemide seas mono- ja multietnilised maastikud, migratsioon, võõra territooriumi "kodustamise" ehk etniseerimise strateegiad. Põllumajanduslikust Euroopast on saanud turismi-Euroopa, küsimuses on tasakaalu saavutamine ajaloolise, praegusaja ning tulevikuaspekti vahel.

Eestis pole migratsioon praegu (veel) oluline maastikupildi mõjur, pigem on seda turism. Ühes projekti teemal valminud magistritöös vaagiti turismi osatähtsust kohapärimuse taaskasutamisel eri autorite hinnangus [nt Teo, Yeoh, 1997]. Nagu Eestis, nii ka mujal on teadlased folklorismi kui ebaautentse folkloori viljelemise soodustajat pidanud pigem negatiivseks nähtuseks, kuid selline suhtumine on ennatlik.

20. sajandi lõpukümnendil eesti folkloristikas välja kujunenud kultuurikirjelduslik, antropoloogiline ja etnoloogiline uurimissuund suurendab interdistsiplinaarset huvitatust kahtlemata enam, kui see oleks võimalik filoloogilise uurimissuuna viljelemisel. Lisaks koostööle arheoloogidega oleme teinud koostööd inimgeograafidega [Hiiemäe, 2001b]. Muidugi ilmutab sakraalsusmõõde kahanemistendentsi, teave mentaalse maastiku objektidest muutub aina ratsionaalsemaks, ometi on paik kultuuri oluline osa ka tänapäeval ning paiga- ja kodutunne inimesele endiselt vajalik. Olen korduvalt rõhutanud vajadust atraktiivsete maastikuobjektide eksponeerimisel turismiteeninduses enam arvesse võtta põliselanikkonna suhet oma koduümbrusesse.

Alates 2000. aastast olen kohapärimuse teemal avaldanud kümmekond artiklit pühakspeetavate maastikuobjektide staatusest ja selle muutumisest, eluta looduse mälestistest, nende paiknemisest inimtegevusega loodud maastikul ning märgilisest tähendusest.

KIRJANDUS

Bahtin, M. (1987). Aja ning kronotoobi vormid romaanis. Ajaloolise poeetika põhijooni. Valitud töid. Tallinn, 44-171.

Ben-Amos, D. (1976). Conceps of genre in folklore. Pentikäinen, J., Juurikka, T. (eds.). Folk Narrative Research. Some Papers Presented at the VI Congress of the International Society for Folk Narrative Research. Helsinki, 30-43. (Studia Fennica; 20).

Eelsalu, H. (1985). Ajastult ajastule. Tallinn.

Foucault, M. (1986 [1970]). The Order of Things. An Archaeology of the Human Sciences. Routledge, London.

Hafstein, V. (2001). Biological metaphors in folklore theory. An essay in the histori of ideas. Wolf-Knuts, U. (ed.). ARV. Nordic Yearbook of Folklore, 57. Uppsala, 7-32.

Hiiemäe, M. (1969) = Proodel, M. Über die nichtklassischen Volkserzählungen, ihre Genesis und Verbreitung. Fabula, 10, 1/3, 142-154.

Hiiemäe, M. (1980). Kertoja puijaa kuulijaa. Laaksonen, P. (toim.). Kertojat ja kuulijat. Helsinki, 104–109. (Kalevalaseuran Vuosikirja; 60).

Hiiemäe, M. (1987). Kodaveren jutut. Virtanen, L. (toim.). Näkökulmia folkloreen. Helsinki, 73-96. (SKS Tietolipas; 105).

Hiiemäe, M. (1994). Urval av Laurentius-dagens seder och buck. Nord Nytt, 56, 13-21.

Hiiemäe, M. (1996a). Die fruchtbarkeitsmagische "Unmoral" im estnischen Volkskalender. Leskinen, H., Raittila, R., Seilenthal, T. (eds.). Congressus Octavus Internationalis Fenno-Ugristarum. Ethnologia & Folkloristica. Jyväskylä, 98-103.

Hiiemäe, M. (1996b). Some possible origins of St. Georges Day customs and beliefs. Folklore, 1, 9-25.

Hiiemäe, M. (1997). Vuoden merkkipäivät. Vesterinen, I. (toim.). Viron perinnekulttuuri. Helsinki, 307-320.

Hiiemäe, M. (1998). Der estnische Volkskalender. Helsinki. (FF Communications; 268).

Hiiemäe, M. (2000). Tales of Uude of Hulja. Folklore, 13, 7-36. http://www.folklore.ee/folklore/vol13/hulja.htm

Hiiemäe, M. (2001a). Geschichten von Waldtieren als Tatsachenberichte. Bergen, J., Hiiemäe, R. (eds.). Folklore als Tatsachenbericht. Tartu, 37-63.

Hiiemäe, M. (2001b). Maastik ja kohapärimus. Palang, H., Sooväli, H. Maastik: loodus ja kultuur. Maastikukäsitlusi Eestis. Tartu, 86-95. (Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis; 91).

Hiiemäe, M. (2003a). Eesti Rahvaluule Arhiivi rajaleidmised. Jaago, T. (koost.). Pärimus ja tõlgendus. Artikleid folkloristika ja etnoloogia teooria, meetodite ning uurimispraktika alalt. Tartu, 50-60.

Hiiemäe, M. (2003b). Lõunaeesti territooriumi jaotused rahvakalendri tavandi näitel. Tartu Ülikooli Lõuna-Eesti keele- ja kultuuriuuringute keskuse aastaraamat, 2002, 2, 31-43.

Hiiemäe, M. (2003c). Läänemeresoome piiriala tunnusjooni Kirde-Eesti rahvapärimuses. Pajusalu, K., Rahman, J. (toim.). Läänemeresoome idapiir. Võro, 73-83. (Võro Instituudi toimõndusõq; 15).

Hiiemäe, M. (2003d). Nõukogudeaegsed jõulud. Olesk, S., Krikmann, A. (toim.). Võim ja kultuur. Tartu, 339-383.

Hiiemäe, M. (2003e). Vaateid vägilasmuistenditele: Kalevipoeg ja Dobrõnja. Kuutma, K. (toim.). Paar sammukest. Tartu, 61-75. (Eesti Kirjandusmuuseumi aastaraamat; 20).

Hiiemäe, M. (2005a). Formation of folk tales in Kodavere parish. Folklore, 29, 61-96. http://www.folklore.ee/folklore/vol29/kodavere.pdf

Hiiemäe, M. (2005b). Richard Viidalepp. A folklorist with an ethnological inclination. Kuutma, K., Jaago, T. (eds.). Studies in Estonian Folkloristics and Ethnology. A Reader and Reflexive History. Tartu, 243-258.

Hiiemäe, M. (2006a). Päiv ei ole päiväle veli. Lõunaeesti kalendripärimus. Tartu. (Eesti Rahvaluule Arhiivi toimetused; 22).

Hiiemäe, M. (2006b). Setu ja vene rahvakalendri ühisjooni. Tartu Ülikooli Lõuna-Eesti keele- ja kultuuriuuringute keskuse aastaraamat, V. Tartu, 32-45.

Hiiemäe, M. (2007). Sõnajalg jaaniööl. Tartu. (Eesti mõttelugu; 73).

Hiiemäe, M., Krikmann, A. (1992). On stability and variation on type and genre level. Kvideland, R. *et al* (eds.). Folclore processed. Helsinki, 127-149.

Hiiemäe, R. (1997). Eesti katkupärimus. Eesti muistendid. Mütoloogilised haigused I. [Tartu]. (Monumenta Estoniae Antiquae; II).

Honko, L. (1968). Genre analysis in folkloristics and comparative religion. Temenos, 3, 48-66.

Honko, L. (1989). Folkloristic theories of genre. Siikala, A.-L. (ed.). Studies in Oral Narrative. Helsinki, 13-28. (Studia Fennica; 33).

Kaivola-Bregenhøj, A. (1996). Narrative and Narrating. Variation in Juho Oksanen's Storytelling. Helsinki. (FF Communications; 261).

Knuuttila, S. (1979). Juttujen muotoutumisesta ja asemasta suullisessa kansanperinteessä. Suomen Antropologi, 4, 2, 102-107.

Neumann, S. (1966). Arbeitserinnerungen als Erzählinhalt. Deutsches Jahrbuch für Volkskunde, 12, 2. Berlin, 177-190.

Pentikäinen, J. (1968). Grenzprobleme zwischen Memorat und Sage. Temenos, 3, 136-167.

Pentikäinen, J. (1997) = Honko, L., Pentikäinen, J. Kultuurianropoloogia. Tallinn.

Remmel, M.-A. (1998). Hiie ase. Hiis eesti rahvapärimuses. Tartu.

Remmel, M.-A. (2002). Kohapärimuse digitaliseerimine Eesti Rahvaluule Arhiivis. Hiiemäe, M. (koost.). Kogumisest uurimiseni. Artikleid Eesti Rahvaluule Arhiivi 75. aastapäevaks. Tartu, 115-132. (Eesti Rahvaluule Arhiivi toimetused; 20).

Siikala, A.-L. (1982). Kertoja tutkimuskohteena. Järvinen, I.-R., Knuuttila, S. (toim.). Kertomusperinne. Kirjoituksia proosaperinteen lajeista ja tutkimuksesta. Pieksamäki, 29-43.

Siikala, A.-L. (1984). Tarina ja tulkinta. Tutkimus kansankertojista. Mäntää. (Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia; 404).

Teo, P., Yeoh, B. (1997). Remaking local heritage for tourism. Annals of Tourism Research, 24, 1, 192-213.

Vahtre, L. (1991). Eestlase aeg. Uurimus eesti rahvapärase ajaarvamise ajaloost. Tallinn.

EESTI VABARIIGI TEADUSPREEMIAD

2007

TALLINN, 2007