



EESTI VABARIIGI  
TEADUSPREEMIA

1999



# EESTI VABARIIGI TEADUSPREEMIAD

1999

TALLINN, 1999

Raamat sai ilmuda tänu

TARTU ÜLIKOOLI  
TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOLI  
ja  
HARIDUSMINISTEERIUMI

toetustele

Jüri ENGELBRECHT (vastutav toimetaja)  
Eesti Vabariigi teaduspreemiate komisjoni esimees

Helle-Liis HELP, Urmas NOOR, Galina VARLAMOVA

Kaante kujundamisel kasutati 1999. a. teaduspreemiate laureaaside  
diplomi ja medali fotosid (Tõnu KRÜNVALD)

---

ISSN 1406-2321

ISBN 9985-50-256-6

© EESTI TEADUSTE AKADEEMIA

# SISUKORD

Saateks .....	5
<i>Pavel Bogovski</i> , teaduspreemia pikaajalise tulemusliku teadustöö eest EESTI NÜÜDISAEGSEID MEDITSIIINTERMINOLOOGIA TEATMETEOSEID ..	6
<i>Ülo Lumiste</i> teaduspreemia täppisteaduste alal uurimuste tsükli “Semiparalleelsed alammuutkonnad aegruumivormides” eest .....	10
<i>Agu Laisk, Vello Oja</i> teaduspreemia keemia ja molekulaarbioloogia alal monograafia “Lehe fotosünteesi dünaamika” eest .....	16
<i>Raimund Ubar</i> teaduspreemia tehnikateaduste alal töö “Digitaalsüsteemide disaini ja diagnostika uued meetodid” eest .....	24
<i>Raivo Uibo</i> teaduspreemia arstiteaduse alal uurimuse “Autoimmuunhaiguste tekkemehhanismid ja immunodiagnostika” eest .....	32
<i>Jaanus Paal</i> (kollektiivi juht), <i>Silvia Sepp, Malle Leht, Tõnu Möls</i> teaduspreemia geo- ja bioteaduste alal tööde tsükli “Eesti taimekoosluste ja mõnede taimetaksonite mitmekesisus” eest ...	42
<i>Tamara Enno, Hilma Peuša, Oskar Priilinn, Hans Kiiüts</i> teaduspreemia põllumajandusteaduste alal uurimistöde tsükli “Nisu haiguskindluse geneetika ja aretus” eest .....	52
<i>Rein Taagepera</i> teaduspreemia sotsiaalteaduste alal tööde eest üldpoliitoloogia ja valimissüsteemide valdkonnas .....	60
<i>Toomas Karjahärm</i> teaduspreemia humanitaarteaduste alal monograafiate “Ida ja Lääne vahel”, “Venestamine Eestis 1880–1917” ja “Eesti haritlaskonna kujunemine ja ideed 1850–1917” eest .....	66
<i>Arvo Krikmann</i> teaduspreemia humanitaarteaduste alal monograafia “Sissevaated folk- loori lühivormidesse. Põhimõisteid, žanrisuhteid, üldprobleeme” eest TEATEID TEGELIKKUSEST: eesti mõistatuste teaduslik väljaanne valmimas .....	76

## SAATEKS

Teadustegevus on looming, kus hindamine on väga raske. Nii oli ka tänavu riigiteaduspreemiade komisjon keeruka ülesande ees. Pole ju võimalik sekundite ega meetrite või mingite muude komplitseeritud ühikute järgi mõõta teadustulemusi ja siis esikoht välja kuulutada, nagu see ajakirjanduses uudiste müümise tuhinas kõlas. Uute teadmiste otsing on alati väljakutse inimese mõistusele, kuid samas ka missioon oma riigi käekäigu edendamisel. Seda missiooni peame me järgima kõik, nii teaduses kui ka teistes valdkondades. Vaadates ringi meie tänasel teadusmaastikul tuleb mul riigiteaduspreemiade komisjoni esimehena tõdeda – meie teaduspotsiaal on tõhusalt kasvamas kõigi üleminekuaja raskuste kiuste.

Komisjon luges oluliseks esitada teaduspreemiatele säravad teadustulemused, mis on olulised ka Eesti- maale tervikuna ja mille tähtsus ületab kitsa eriala piiri. Teadmistekeskne Eesti, nii on pealkirjastatud Eesti teadusstrateegia, mis on saanud juba Vabariigi Valitsuse heakskiidu ja mis seab sihiks teadmiste- keskse ühiskonna rajamise.

Seda ülesannet teenivad ka tulemused, mida nüüd pärjatakse Eesti teaduspreemiatega aastal 1999.

*Jüri Engelbrecht*

Eesti Vabariigi teaduspreemiade komisjoni esimehe  
tervitus 24. veebruaril 1999. a.

## Teaduspreemia pikaajalise tulemusliku teadustöö eest



*Pavel  
Bogovski*

Sündinud 10. märtsil 1919 Tartus

- 1937 H. Treffneri Gümnaasium (Tartu)
- 1943 Alma-Ata Meditsiiniinstituut
- 1949 meditsiinikandidaat
- 1949– Eksperimentaalse ja Kliinilise Meditsiini Instituut: teadussekretär, laboratooriumijuhataja, teadusdirektor, direktor, juhtivteadur, teadur
- 1961 meditsiiniidoktor
- 1962 professor
- 1965 NSVL (Venemaa) Meditsiiniakadeemia korrespondentliige
- 1968–1974 Maaailma Tervishoiuorganisatsiooni Rahvusvahelise Vähiuurimiskeskuse väliskeskonna kantserogeenide osakonna organiseerija ja juhataja (Lyon, Prantsusmaa)
- 1977 Eesti NSV teeneline teadlane
- 1993 Eesti Teaduste Akadeemia liige
- 1998 Valgetähe III klassi teenetemärk

Avaldanud üle 200 teaduspublikatsiooni (raamatuid 5)

# EESTI NÜÜDISAEGSEID MEDITSIIINTERMINOLOOGIA TEATMETEOSEID

Teadusprobleemid on alati ülipõnevad, kuid nendest saab juttu teha vaid siis, kui meil on olemas terminoloogia. Alljärgnevalt tahan tähelepanu pöörata just meditsiinterminoloogiale, millega olen viimasel ajal tegeleenud.

Käesoleval ajal on eesti lugeja käsutuses piiratud valik meditsiintermineid sisaldavaid sõnastikke, mis ei ole sisult samaväärsed, kuid võivad suurel määral abistada vajaliku eestikeelse meditsiintermini otsinguil.

Kõige vanem neist on A. Valdese ja J. V. Veski koostatud kaheköiteline "Ladina-eesti-vene meditsiinisõnaraamat" (teadustoimetajad P. Alvre ja V. Sillastu. Tallinn, Valgus, 1982–83). Teises köites on veel lisaks väga informatiivsed osad kreeka keele kohta: 1) tähtede hääldamine ja transkriptsioon, 2) rõhu- ja hõngusmärgid, 3) kreeka diftongid ja nende ladina vasted, 4) sõnastik (25 lk.), kus on esitatud kreekakeelsed märksõnad ladina transkriptsioonis ja kreeka keeles (nimetavas käändes, mõnele on lisatud ka omastav kääne); ladina keele kohta on esitatud ladina keele grammatika, alajaotustega: häälikuõpetus, ladina tähestik, hääldamise iseärasusi, silpide vältus, rõhureeglid, vormiõpetus – käändkonnad, omadussõnade võrdlemine, arvsõnad, pöörd sõnade vormid, tule-õpetus, nimisõnade sufiks, omadussõnade sufiks, eesliited, sõnade liitmisest. On esitatud valimik ladina väljendeid, mõtteteri, vanasõnu, kõnekäände (22 lk.), eesti-ladina sõnastik (81 lk.), vene-ladina sõnastik (124 lk.). Väärrib mainimist, et kreeka keele kohta esitatud materjal on väga kasulik, sest teistes meditsiini-alastes kättesaadavates teatmeteostes kreeka keel puudub. Ka valimik ladina väljendeid, mõtteteri, vanasõnu, kõnekäände on väga otstarbekohane. Need osad suunavad lugeja pilgu klassika valdkonda.

A. Valdese ja J. V. Veski sõnaraamat on mõistagi vananenud, kuid eriotstarbeks väga kasulik. Küsitav on venekeelsete vastete vajadus. Ilmselt on aga sõnastiku ümbertöötamine moderniseerimise mõttes vaevalt mõeldav.

Teine sõnastik on küll ühepoolne seletav võõrsõnastik, ainult eestikeelne, kuid seal võib leida ka soomekeelseid ja ingliskeelseid vasteid. See on "Meditsiini-sõnastik", Medicina, Tallinn 1996, 510 lk., mis kujutab endast tõlget soomekeelse "Lääketieteen terminit" I trükist ja kannab alapealkirja "Eestikeelsed terminid koos seletuste ning ladina, inglise ja soome vastetega (toimetajad R. Kull ja nende ridade autor). Olgu märgitud, et selles sõnaraamatus leiduvad anatoomiliste elundite ja mõistete loetelud, mis on väga täielikud ja kogu ulatuses eesti keelde täiendustega tõlgitud, olles seega eesti keeles ainulaadsed. See sõnaraamat on palju ajakohasem kui A. Valdese ja J. V. Veski sõnaraamat, aga hoopis teise struktuuriga. Need sõnaraamatud teineteist vastastikku ei asenda.

Kolmas meditsiinterminite andmebaas on inglise keelest tõlgitud Rahvusvaheline statistiline haiguste ja nendega seonduvate terviseprobleemide klassifi-



katsioon (10. väljaanne) RHK-10 (ICD-10, International Classification of Diseases and Related Health Problems, Tenth Revision).

Et seda klassifikatsiooni tõlkisime ja töötlesime peatükkide ilmumise vajaduse kaupa, mitte nende tähestikulises järjekorras, osutusid lõplikult kokku köidetud köidetes peatükid samuti mitte tähestikulises järjekorras olevaks, kuid kasutamist see ei sega. Peale nende seitsme köite, mis sisaldavad kõiki neljatärgiliste koodidega peatükke, on omaette köitena olemas kolmetärgiliste koodidega klassifikatsiooni lühivariant, mis oli trükitud enne teisi köiteid ja mida saab kasutada eriotstarbeliselt statistiliste kokkuvõtete ja aruannete tabelite koostamisel. Selles leiduvad vastavad suremuse ja haigestumuse tabelijaotiste eriloetelud (lk. 435–451) ja see on ette nähtud ka aruandluseks välismaale.

RHK-10 (4-tärgiliste koodidega terminid)

1. köide – 1996 (339 lk.)

I peatükk A00–B99

Teatavad nakkus- ja parasiithaigused

II peatükk C00–D48

Kasvajad

III peatükk D50–D98

Vere- ja vereloomeelundite haigused ning teatavad

immuunmehhanismidega seotud haigusseisundid

IV peatükk E00–E90

Sisesekreetsiooni-, toitumis- ja ainevahetushaigused

2. köide – 1995 (328 lk.)

XIX peatükk S00–T98

Vigastused, mürgistused ja teatavad muud välispõhjuste tagajärjed

XX peatükk V01–Y98

Haigestumise ja surma välispõhjused

(see köide oli algselt kavandatud teenindama traumaregistrit, mille teostamine aga mitmel põhjusel edasi lükkus).

3. köide – 1996 (128 lk.)

2. köide

Instruktsioonide käsiraamat

4. köide – 1997 (159 lk.)

VI peatükk G00–G99

Närvisüsteemahaigused

VII peatükk H00–H59

Silma- ja silmamanuste haigused

VIII peatükk

Kõrva- ja nibujätkehaigused

5. köide – 1996 (110 lk.)

XVIII peatükk R00–R99

Mujal klassifitseerimata sümptomid, tunnused ja kliiniliste ning laboratoorsete leidude hälbed

XXI peatükk Z00–Z99

Tervise seisundit mõjustavad tegurid ja kontaktid terviseteenistusega

6. köide – 1996 (345 lk.)

IX peatükk I00–I99

Vereringeelundite haigused

X peatükk J00–J99  
Hingamiselundite haigused  
XI peatükk K00–K93  
Seedeelundite haigused  
XII peatükk L00–L99  
Naha- ja nahaaluskoe haigused  
XIII peatükk M00–M99  
Lihaskonna ja sidekoehaigused

7. köide – 1998 (336 lk.)

XIV peatükk N00–N99  
Kuse-suguelundite haigused  
XV peatükk O00–O99  
Rasedus, sünnitus ja sünnitusjärgne periood  
XVI peatükk P00–P96  
Sünniperioodis tekkivad teatavad seisundid  
XVII peatükk Q00–Q99  
Kaasündinud väärarendid, deformatsioonid ja kromosoomiano-  
maaliad  
(Kokku 1742 lk.)

Märkus: Originaalis V peatüki moodustavad psüühika ja käitumishäired on Tartu Ülikooli poolt välja antud omaette raamatuna väljaspool käesolevat seeriat.

Arvesse võttes, et esimesed kaks teost on vananenud, on aktuaalne neist ühe, nimelt uuema – “Meditsiinisõnastiku” väljaandmine teise täiendatud trükina. Aastate eest kavandatud piiratud trükiarvude tõttu on RHK-10 rohkem nõutavate köidete kordustrukid samuti muutunud vajalikeks. Selle üritusega seoses on võimalik ka üksikute trükivigade kõrvaldamine.

Lõpuks üks üldprobleem, nimelt küsimus, kas üldse on vaja luua eestikeelseid vasteid võõrkeeltes kasutatavatele terminitele eesti keelepruugi jaoks? Meil leidub üsna kõrgele positsioonile jõudnud spetsialiste, sealhulgas isegi Tartu Ülikooli rakubioloogide ja biokeemikute seas, kes soovivad kasutada levinud ingliskeelseid termineid ja mitte “leiutada jalgratast” eestikeelsete vastete otsingu näol. Niisuguseid soovitusi nii Eesti noortele teadlastele kui ka üliõpilastele peame kahjulikuks ja eesti kultuuri arengu seisukohalt lausa kõlmatuks. Erandeid võib muidugi olla, oleme aktsepteerinud DNA ja AIDS-i, mis aga ei tähenda eesti teaduskeele järk-järgulise annuleerimise õigustamist

Meie (P. Bogovski ja I. Laan) oleme diametraalselt vastupidisel seisukohal ja loodame, et enamik eesti kultuuri heaks töötavaid inimesi nõustub vajadusega rikastada meie keelt uute täpsete, ladusate ja ilusakõlaliste keelenditega niihästi erialade oskuskeeles kui ka tavalises keelepruugis. Kui me enam ei oska ega taha kõrgharidust anda emakeeles, siis täidamegi vabatahtlikult kõigi meid sajandite vältel okupeerinute salasoovi ning varem või hiljem kaobki aastatuhandete eest idast tulnud, siiani edukalt arenenud, kuid praegu tõrksalt läänestuda püüdev eesti rahvas.

*Teaduspreemia täppisteaduste alal uurimuste tsükli*

*“Semiparalleelsed alammuutkonnad  
aegrüümivormides”*

*eest*



*Ülo  
Lumiste*

Sündinud 30. juunil 1929 Vändras Pärnumaal

1947 Vändra Keskkool

1952 Tartu Ülikool, matemaatika-loodusteaduskond, matemaatika

1958 füüsika-matemaatikakandidaat

1968 füüsika-matemaatikadoktor

1993 Eesti Teaduste Akadeemia liige

1994 Ameerika Matemaatika Seltsi liige

1995 Rahvusvahelise Matemaatikaajaloo Komisjoni liige

Alates 1952. a. Tartu Ülikool: geomeetria kateedri vanemõpetaja, dotsent, kateedrijuhataja, professor, 1974–1980 matemaatikateaduskonna dekaan, alates 1996. a. emeritprofessor

Avaldanud üle 230 teaduspublikatsiooni (sh. 6 kõrgkooliõpikut, 4 monograafiat)

Sümmeetrianähtused on pärvinud tähelepanu juba esimestest tsivilisatsioonidest alates. Sümmetriaat võib leida juba Vana-Egiptuse ja -Babüloonia mälestistel, samuti vana rahvakunsti taiestel (Eestis näiteks vöökirjadel, puuesemetel jm.). Sedalaadi nähtusi hakati süstemaatiliselt uurima Vana-Kreekas osana sellal loodud geomeetriaat. Kujunes arusaam, et kujund tasandil või ruumis on sümmeetriline, kui teda saab viia ühtimisse iseendaga vähemalt kahel erineval viisil; selliste ühitamisvõimaluste hulka hakati hiljem nimetama kujundi sümmeetriaatühmaks. Tekkis õpetus korrapärastest hulknurkadest ja kreeka teaduse üheks tipuks saanud teooria korrapärastest hulktahtukatest. Viimases oli oluliseks nähtuseks paralleelsus – võimalus viia kujundi osi ühtimisse rööplükkega tasandil või ruumis.

Teaduse arenedes tekkis 17. sajandil analüütiline geomeetria ja pärast diferentsiaalruvutuse loomist ka diferentsiaalgeomeetria. Viimase põhilisteks uurimisobjektideks said üldised kõverjooned ja -pinnad nii tasandil kui ruumis. Nendega seostati puutujasirged ja -tasandid, kõverused kui punkti hääbuvat ümbrust iseloomustavad arvud jms. Diferentsiaalvõrrandite lahendid said geomeetrilise tõlgenduse integraaljoonte ja -pindadena. Selles peamiselt 19. sajandil toimunud protsessis on olulise panuse andnud Tartus tegutsenud uurijad: Bartels jooneteoorias, Minding ja Peterson pinnateoorias.

Ka siin ilmnevad sümmeetriaatnähtused, vahest veel selgeminigi kui elementaar- või analüütilises geomeetrias: joone või pinna sümmeetriaatühm võib olla koguni lõpmatu. Näiteks koosneb ringjoone või sfääri sümmeetriaatühm kõikidest pööretest ümber keskpunkti. Diferentsiaalgeomeetria toob esile teisegi olulise tõe: tasandi iga joon, mille kõverus on konstantne, on ringjoon või selle osa. Pinnateoorias on lõpmatu sümmeetriaatühmaga ka näiteks iga pöördpind. (Mainime, et konstantse kõverusega pöördpinnad selgitas esimesena välja F. Minding.) Pindade käsitlemisel on oluline uurida nende punktide hääbuvaid ümbrusi. Sel puhul kerkivad esile nn. ümaruspunktid kui sellised, mille hääbuv ümbrus on täielikult sümmeetriline, s.t. kannatab välja kõik pöörded ümber selle punkti (näiteks muna pinna kaks otspunkti). K. Petersoni poolt esimesena tuletatud pinnateooria põhivõrranditest järeldub, et kui pind koosneb üksnes ümaruspunktidest, siis ta on sfäär või selle osa.

Edasine areng kulges suunas, kus järjest enam hakkas domineerima matemaatiline aparaat. Pärast Gaussi ja Riemanni sai valdavaks kõrgemamõõtmeliste kõverruumide uurimine. Kõverjooned ja -pinnad jäid lihtsalt erijuhtudeks (mõõtmete 1 ja 2 korral) üldistest alammuutkundadest. Viimaste paiknemist  $n$ -mõõtmelises ruumis hakati kirjeldama kahe diferentsiaalruutvormi (või nende kordajatest moodustatud tensori) abil, mis said nimeks esimene (ehk meetriiline) ja teine põhivorm (ehk -tensor).

Kõverruumidesse üldistati ka paralleelülekande mõiste. Esimese sammu tegi siin F. Minding, kes lähtus ideest määrata selline ülekanne piki pinnal olevat joont, lõigates välja seda joont kahelt poolt haarav ülikitsas pinnariba, laotades see tasandile, tehes siis tavaline rööpülekanne ning minnes seejärel tagasi pinnale. Selle idee arendas kõrgemasse mõõtmesse 1917. aastal T. Levi-Civita.

1970. aastatel saavutas see idee olulise koha ka alammuutkondade diferentsiaalgeomeetrias. Kerkis ülesanne selgitada välja alammuutkonnad, mille teine põhitensor on paralleelne piki suvalist joont (esimene ehk meetriline on muide alati selline!). Esimese olulise üldise saavutuseni jõudis siin 1972. aastal eesti rahvusest USA matemaatik Jaak Vilms, kes näitas, et sedalaadi alammuutkonna Gaussi kujutis on Grassmanni muutkonna geodeetiline alammuutkond. Selliste nn. paralleelsete alammuutkondade tõeliselt sisuka teooria rajas 1980. aastaks saksa teadlane D. Ferus, kes andis muu hulgas ilusa geomeetrilise tõlgenduse teise põhivormi (ehk -tensori) paralleelsuse tingimusele. Ta tõestas, et seda tingimust rahuldavad parajasti lokaalselt sümmeetrilised alammuutkonnad (sellised, mille igal punktil on selles punktis võetud normaalalamruumi suhtes sümmeetriline ümbrus), samuti, et täielikeks nende seas on ruumi liikumiste rühma teatavate Lie alamrühmade orbiidid.

Paralleelsed alammuutkonnad eristab teatav diferentsiaalvõrrandisüsteem, nimelt teise põhitensori paralleelsuse tingimus. Koos iga taolise süsteemiga tõusetub alati ka vastav integreeruvustingimus. Noor belgia matemaatik J. Deprez hakkas 1985. aastal uurima viimast tingimust rahuldavaid üldisemaid alammuutkondi, nimetades neid semiparalleelseteks, kuid piirdus siin ainult esimeste sammudega. Üsna samaaegselt õnnestus Tartus haarata initsiatiiv selles valdkonnas, esialgu küll ühe eriklassi uurimises, kuid peatselt ka üldjuhul. Üldistuse geomeetriline tähendus selgus artiklis [Lumiste, 1990], kus on näidatud, et semiparalleelsed alammuutkonnad on sümmeetriliste orbiitide teist järku mähkijad ja ainult need. Esimeste uurimistulemuste esialgsed kokkuvõtted on tehtud ülevaates [Lumiste, 1991] ja Belgias 1994. aastal toimunud rahvusvahelise konverentsi plenaarettekande materjalides [Lumiste, 1995a].

Edasises töös kujunes oluliseks nähtus, mis kõige lihtsamini ilmneb selliste tuntuimate sümmeetriliste orbiitide puhul nagu ringjoon ja sfäär. Sfääride teist järku mähkija saab koosneda ainult ümaruspunktidest ning on seetõttu, nagu eespool mainitud, üksainus sfäär või selle osa. Samal ajal ringjoonte teist järku mähkijaks on iga kõverjoon, sest ta mähib teist järku puutumisega kõiki oma kõverusringjooni. Seoses üldisemate sümmeetriliste orbiitidega kerkib probleem selgitada välja kuidas on lugu nende teist järku mähkijatega. Võib tuua veel ühe lihtsa näite. Sümmeetrilisteks orbiitideks on ka pöördsilindrid, pinnad, mis kujutavad endast ringjoonte ja sirgjoonte korrutisi. Nende teist järku mähkijaks võib olla mis tahes tasanduv pind, näiteks iga kooniline pind.

Kõrgemamõõtmelistes ruumides sümmeetriliste orbiitide klass avardub tunduvalt ja probleem (üldistatud Nomizu probleem [Lumiste, 1995a]) muutub keerukamaks. Tuntuimateks taoliste orbiitide seas on Veronese orbiidid (neid uuris Tartus sõltumatult 1962. a. Rünno Mullari, nimetades neid sellal maksimaalsümmeetrilisteks alammuutkondadeks), Plückeri orbiidid, samuti nende sümmeetriarühmade mõningad kõrvalorbiidid. Probleem nõuab selgitamist, milliste puhul neist teist järku mähkija taandub üheksainsaks orbiidiks (või selle osaks), milliste puhul mitte. Esimeste korral on analoogia ümaruspunktidega (rahvusvahelise nimetusega ombiliste punktidega), mistõttu seda tüüpi sümmeetrilisi orbiite on hakatud nimetama kvaasiombilisteks. Artiklites [Lumiste, 1995b; 1996a; 1996b] on tõestatud, et kvaasiombilised on Veronese

orbiitide kõik sümmeetrilised kõrvalorbiidid, kõik Plückeri orbiidid ja nende kõrvalorbiidid, samuti Segre orbiidid ilma ringjoonelist moodustajateta (Segre orbiitidel sümmeetrilisi kõrvalorbiite pole!). Varasemates uurimustes on näidatud, et ringjoonelist moodustajatega Segre orbiidid pole kvaasiombilised ning selgitatud välja nende teist järku mähkijate geomeetiline ehitus. Eriti huvipakkuv on olukord Veronese orbiitide puhul. Nende kvaasiombilisus sõltub selle ruumi mõõtmest, milles nad paiknevad. Kui see mõõde on vähim võimalikest, siis Veronese orbiidid käituvad kui kvaasiombilised, kui aga ruumi mõõde on suurem, siis neil on olemas mittetriviaalsed teist järku mähkijad (s.t. sellised, mis pole üksainus orbiit ega selle osa).

Uusi võimalusi, mida annab kvaasiombilisus üldisemate semiparalleelsete alammuutkondade detailsemaks kirjeldamiseks, on selgitatud artiklis [Lumiste, 1996c]. Erinevusi, mida toob kaasa mittekvaaasiombilisus, on demonstree-ritud Segre orbiitidega seotud lihtsamate näidete puhul artiklis [Lumiste, 1996b].

Peamiselt füüsikateoreetilisi rakendusi silmas pidades on semiparalleelsete alammuutkondade uurimist laiendatud ka indefiniitse meetrikaga ruumi, eeskätt aegruumi juhule. Seda on tehtud töödes [Lumiste, 1996d; 1997], kus on haaratud ühtlasi konstantse nullist erineva kõverusega aegruumi (ehk de Sitteri aegruumivormi) võimalus. Sellise aegruumivormi minimaalpinnad on teata-vasti stringiteooria objektid, kui viimaseid tõlgendada geomeetriselt. Töös [Lumiste, 1997] on klassifitseeritud ja kirjeldatud kõiki semiparalleelseid nende seas ja näidatud, et aegruumi nullist erineva kõveruse korral ei pea nad piirduma triviaalsete tasanditega nagu see juhtub nullkõveruse korral.

1999. a. teaduspreemia pälvis tööde tsükkel [3–10].

## Kirjandus

1. Lumiste Ü. 1990. Semi-symmetric submanifold as the second order envelope of symmetric submanifolds. Proc. Estonian Acad. Sci. Phys. Math., 39, 1–8.
2. Lumiste Ü. 1991. Polusimmetricheskije podmnogobrazija. Itogi nauki i tehniki VINITI. Problemy geometrii, 23, 1–28 (vene k.; ingl. k. tõlge: J. Math. Sci., New York, 70 (1994), 1609–1623).
3. Lumiste Ü. 1995a. Modified Nomizu problem for semi-parallel submanifolds. Geometry and Topology of Submanifolds, VII. Differ. Geom. in honour of Prof. Katsumi Nomizu, eds. F. Dillen, M. Magid a. o., World Scientific, 176–181.
4. Lumiste Ü. 1995b. Symmetric orbits of orthogonal Veronese actions and their second order envelopes. Results of Math., 27, 284–301.
5. Lumiste Ü. 1995c. Surfaces with a parallel normal curvature tensor. Proc. Estonian Acad. Sci. Phys. Math., 44, 411–419.
6. Lumiste Ü. 1996a. Symmetric orbits of orthogonal Plücker action and triviality of their second order envelopes. Annals of Global Analysis and Geometry, 14, 237–256.

7. Lumiste Ü. 1996b. Semi-parallel submanifolds of cylindrical or toroidal Segre type. Proc. Estonian Acad. Sci. Phys. Math., 45, 161–177.
8. Lumiste Ü. 1996c. Semi-parallel submanifolds as some immersed fibre bundles with flat connections. Geometry and Topology of Submanifolds, VIII, eds, F. Dillen, B. Komrakov a.o., World Scientific, 236–244.
9. Lumiste Ü. 1996d. Semi-parallel pseudo-Riemannian submanifolds with non-null principal normals of extremal dimension. Preprint Series Inst. Math. Univ. of Oslo, Febr., No 1, 34 p.
10. Lumiste Ü. 1997. Semiparallel time-like surfaces in Lorentzian spacetime forms. Differential Geometry and its Applications, 7, 59–74.

*Teaduspreemia keemia ja molekulaarbioloogia alal töö*

*“Taimelehe fotosünteesi dünaamika: kiiretoimelised  
mõõtmised ja nende interpretatsioon” eest*



*Agu Laisk*

Sündinud 3. mail 1938

1956 Tartu I Keskkool  
1961 Tartu Ülikool, füüsikaosakond  
1965 füüsika-matemaatikakandidaat  
1975 bioloogiadoktor  
1994 Eesti Teaduste Akadeemia liige  
1992 professor  
1992 Ameerika Taimefüsioloogide  
Seltsi valitud eluaegne liige  
1961–1992 Astrofüüsika ja Atmos-  
fäärifüüsika Instituut (Tõravere Obser-  
vatoorium): aspirant, nooremteadur,  
vanemteadur, laboratooriumijuhataja  
Alates 1992. a. Tartu Ülikool: profes-  
sor, taimefüsioloogia õppetooli juhataja

Avaldanud üle saja teaduspublikat-  
siooni



*Vello Oja*

Sündinud 4. veebruaril 1943

1961 Viljandi II Keskkool  
1966 Tartu Ülikool, füüsikaosakond  
1972 füüsika-matemaatikakandidaat  
1967–1992 Astrofüüsika ja Atmos-  
fäärifüüsika Instituut (Tõravere Obser-  
vatoorium): aspirant, nooremteadur,  
vanemteadur  
Alates 1992. a. Tartu Ülikool: vanem-  
teadur taimefüsioloogia õppetooli  
juures

Avaldanud umbes kaheksakümmend  
teaduspublikatsiooni



Üks Eesti Vabariigi 1998. a. teaduspreemia laureaate kirjutas "Päikeseenergia on kõige ahvatlevam alternatiivne energialiik, kuid kahjuks seni veel kõige kallim". See on tõepoolest nii, kui päikeseenergiat püüda pooljuhtmuunduritega. Elusloodus on päikeseenergia püüdmiseks välja arendanud täiuslikumad vahendid kui seda on praegused inimkätega valmistatud seadmed. Need on taimelehed.

Taimelehe rolli bioloogilise energiaringe mootorina on võimatu ülehinnata, sest temast sõltub lõppkokkuvõttes orgaanilise aine hulk biosfääris. Vaatamata nüüdisaegse tehnika täiusele ei ole veel õnnestunud luua energiamuundurit, mis kasuteguri poolest ületaks taimelehe. Lehed neelavad keskmiselt 85% fotosünteesiliselt aktiivsest spektriosast (400–700 nm, umbes sama nagu nähtav valgus), Päikese kogukiirgusest (infrapunane kaasa arvatud) aga umbes 45% (pikemalainelist kiirgust kui 720 nm klorofüll peaaegu ei neela). Neeldunud kvantidest kasutatakse fotosünteesis kuni 90%, mis on palju kõrgem näitaja kui pooljuhtfotoelementidel. Energiamuundusprotsessi kvantiseloomu tõttu salvestatakse igast kasutatud kvandist keemilise energiana 0,6 eV, seega 30% punase valguse kvandist ja umbes 22% valge valguse kvantide energiast. See väga kõrge kvantsaagis realiseerub siiski ainult suhteliselt madalate kiirguste puhul, mis ei ületa 10% maapinnale langevast fotosünteesiliselt aktiivse kiirguse voost. Lehele langeva kiirgusvoo suurenedes ilmneb fotosünteesi küllastusnähtus: fotosünteesi kiirus kasvab ikka aeglasemalt ja lõpuks jääb konstantseks, kuigi kiirgust langeb lehele rohkem ja rohkem. Selle tulemusena energiamuunduse kasutegur väheneb mitu korda. Eriti drastiline on kasuteguri langus, kui taimedel on mingi stress, näiteks vee või mineraalainete puudus. Seetõttu võib põllukultuuridel vegetatsiooniperioodi jooksul kasutegur olla keskmiselt protsendi ringis või isegi madalam. Meie seadsime oma eesmärgiks mõista faktoreid ja protsesse, mis määravad taimelehe fotosünteesi kiiruse. Millal ja miks ei kasutata kõiki neeldunud kvante? Kas ühest kvandist salvestunud energia osa võib olla muutlik? Meie lähenemisviisi omapära on teatud vanamoelisuus, mille võiks kokku võtta loosungina "Tagasi rohelise lehe juurde!"

Fotosüntees on sedavõrd tähtis protsess, et sel alal toimuvad rahvusvahelised kongressid iga kolme aasta järel. Nende materjalides avaldub selge tendents, et umbes 1500–2000-st ettekantud tööst on terviklikke (intaktseid) lehti kasutades tehtud järjest väiksem osa. Viimasel kongressil Budapestis oli ehk niisuguseid vaid mõnikümmend. Domineerivad tööd fotosünteesi aparaaadi väljaprepareeritud osadel, kloroplastidel, tülakoididel (membraanifragmendid), ekstraheeritud ensüümidel. Niimoodi liigutakse järjest sügavamale üksikprotsessidesse, kaotades samal ajal sideme tervikuga. Meie arvates pole lootustki, et niisugustest uuringutest oleks võimalik füsioloogiliselt funktsioneerivat tervikut mõtteliselt resünteerida. Et mõista lehte kui tervikut, on vaja ka mõõta intaktset lehel. Nende mõõtmiste piiranguks on võimatus rakendada väliseid kemikaale, inhibiitoreid, mis sunnibki paljusid sellest objektist loobuma. Selle asemel aga avaneb ideaalne võimalus fotosünteesi kineetika uurimiseks. Taimeleht on ideaalne eksperimentaalne süsteem, kus rakud asetsevad laia õhukese kihina poorselt, võimaldades fotosünteesi substraati (CO<sub>2</sub>) ja produkti (O<sub>2</sub>) kiiresti difundeeruda, säilitades samal ajal hea veevarustuse ja kindlustades produkti (suhkrud) äravoolu. Kui sellele süsteemile rakendada muutlikke väliskesk-

konna tingimusi (valgus, CO<sub>2</sub> ja O<sub>2</sub> kontsentratsioon, temperatuur jne.), siis fotosünteesi kiirus reageerib kiiresti, vastavalt protsessi osareaktsioonide kineetikale. Niimoodi on intaktsetel lehtedel võimalik uurida fotosünteesi kui kompleksse keemilise protsessi kineetikat, mõtestades seda lahti osareaktsioonide kineetika kaudu, ja kui võimalik, teha järeldusi osareaktsioonide kineetika kohta.

Kineetilised uuringud vajavad erilist fotosünteesi mõõtmise aparatuuri. Fotosünteesi kiiruse mõõtmiseks paigutatakse taimelohk kambrisse, millest gaas voolab läbi, ja mõõdetakse CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni langust või O<sub>2</sub> kontsentratsiooni tõusu väljundi ja sisendi vahel. Kuna CO<sub>2</sub> kontsentratsioon on madal (õhus 0,036%) ja selle muutus nagu O<sub>2</sub> kontsentratsiooni muutuski ei ületa 0,005%, siis nõuavad need mõõtmised tundlikke gaasianalüsaatoreid. Lisaks tuleb kineetika uurimiseks luua võimalused kiireks ja täpseks valguse, CO<sub>2</sub> ja O<sub>2</sub> kontsentratsiooni ning temperatuuri muutmiseks ja nendele vastavate fotosünteesi muutuste registreerimiseks. Mida kiiremaid protsesse seade võimaldab registreerida, seda informatiivsem on eksperiment. Meie töö vundamendiks ongi olnud vastavate fotosünteesi mõõtmisseadmete väljatöötamine.

Mittestatsionaarset lähenemist on fotosünteesi uuringutes suhteliselt vähe kasutatud. Tavaliselt piirduakse statsionaarsete sõltuvustega, milles fotosünteesi kiirus seatakse vastavusse valguse intensiivsusega, CO<sub>2</sub> ja O<sub>2</sub> kontsentratsiooniga või mõne teise välisfaktoriga. Seetõttu ei ole olulist rõhku pandud aparatuuri reaktsioonikiirusele, rahuldudes, kui näidu saab 10-30 s jooksul. Fotosünteesi biokeemilised reaktsioonid aga toimuvad kiiremini, mõned sekundi või lühema ajaga, CO<sub>2</sub> difusioon ja lahustumine aga sekundi murdosa jooksul. Ideaalne mõõteriist võimaldab jälgida protsesse kuni difusioonini, rohkem informatsiooni mõõtmistest kätte ei saa. Meie pingutuste tulemusena õnnestus aparatuuri reaktsiooniaeg viia kuni 2 sekundini (95% näidust), vähendades kõiki ruumalasid ja tõstes gaasivoolu kiiruse maksimumini. Originaalne kapillaaride ja rõhustabilisaatorite süsteem aga võimaldab kiiresti (umbes poole sekundiga) ja korrektselt seada CO<sub>2</sub> ja O<sub>2</sub> kontsentratsioone. Asendamatu on meie originaalne kahekanaliline süsteem, kus lehte mõõdetakse ühes, uued tingimused aga seatakse ette teises kanal. Klahvivajutusega pöördub kraan, mis ühendab lehekambri teise kanaliga, milles gaasi koostis on juba muudetud. Kompuuterregistreerimine võimaldab omatehtud programme kasutades andmed salvestada ja hiljem automatiseeritult töödelda. Mitte küll otse registreerides, kuid korduvalt kanalivahetust rakendades on võimalik üleminekuprotsessi ajaline lahutusvõime viia 0,2 sekundini, seega tõepoolest difusiooniprotsessi kiiruseni.

Lisaks gaasivahetusele kannavad informatsiooni ka lehe optilised parameetrid. Eriti väärtuslik on nendest klorofüllü fluorestsents, mis iseloomustab fotosünteesi kasutamata jäänud kvantide arvu. Lehe läbilaske muutus 820 nm lainepikkusel aga iseloomustab näiteks fotosüsteemi I (PSI) doonorpigmenti P700 redoksisundit, mille kaudu saab leida elektrontranspordi kiirust piiravaid tegureid. Lehe gaasivahetuse ja optiliste parameetrite samaaegseks mõõtmiseks oli tarvis lahendada dilemma, kuidas kõik optilised riistad, nii valgusallikad kui mõõteriistad, paigutada lehekambri ümber nii, et nad üksteist ei segaks. Ainuke lahendus oli fiiberoptika kasutamine. Töötasime välja plast-

fiibrimest valgusjuhid läbimõõduga kuni 6 cm vastavalt lehekambriale, mille kaudu sai lehte valgustada kolmest erinevast allikast korraga, ja mõõta samal ajal veel kolme optilist parameetrit. See võte vabastas meid varjutuse ja ebaühtlaste väljade probleemist, võimaldades lõpuks ometi korrektselt siduda fotosünteesi optilised ja gaasivahetusprotsessid.

Mida oleme siis teada saanud? Käeolevas kirjutises peaks rõhk olema viimaste aastate tulemustel, kuid asjad on omavahel sedavõrd seotud, et eraldi kirjeldada on neid raske ja seetõttu vaatleme ka varasemaid tulemusi, mis on meie monograafias kajastatud. Nagu ülal öeldud, võib fotosünteesi piiravad tegurid jagada laias laastus kaheks: need, mis on seotud kvantide kaotamisega ja need, mis vähendavad kvandist salvestunud energiat. Kuna keemilise energia salvestumine on kvantprotsess, siis jääb vaid võimalus, et fotosünteesi käigus sünteesitakse erineva energiasisaldusega aineid, nagu orgaanilised happed, aminohapped, suhkrud, valgud, rasvad, milles süsiniku taandusaste on erinev. Viimane väljendub erinevas CO<sub>2</sub> sidumise / O<sub>2</sub> eraldumise suhtes. Meie mõttmised on näidanud selle suhte konservatiivselt ühele lähedast väärtust, õige napi CO<sub>2</sub> osa suurenemisega kõrgetel CO<sub>2</sub> kontsentratsioonidel. Seega sünteesitakse fotosünteesis keskmiselt suhkrulähedase taandusastmega aineid ja molekuli kohta salvestatav energia on suhteliselt konstantne. Peamised muutused on protsessi kvantsaagises.

Kvantide kaotamise võimalusi on aga fotosünteesis üsna mitu. Kõrgetel valguse intensiivsustel, nii umbes kolmandikust päikesekiirgusest alates, on kaod tingitud peamiselt elektroni aktseptori puudumisest. On ju fotosüntees kokkuvõttes elektronide kandmine veelt süsihappegaasile valgusenergia abiga. Kui CO<sub>2</sub> ei ole saadaval, siis ei ole elektrone võimalik ära anda ja kandurid täituvad nendega, taanduvad. Selle tulemusena ei ole kvandil võimalik järgmist elektroni üle kanda ja see kvant läheb kaduma, muundudes kas soojuseks või kiirgudes fluorestsentsina. CO<sub>2</sub> defitsiit on tüüpiline ja sagedamini esinev fotosünteesi kvantsaagise languse põhjus. Atmosfääri CO<sub>2</sub> sisaldus kõigub küll ainult väga väikestes piirides, kuid probleem tekib tema difusioonilise liikumisega lehe sisse. CO<sub>2</sub> transport toimub läbi õhulõhede, mille kaudu samal ajal aurab ka vesi. Piltlikult peab taim iga CO<sub>2</sub> molekuli eest maksma 100–200 vee molekuliga. Kui vett ei ole küllaldaselt, sulguvad õhulõhed, et kaitsta taime kuivamise eest, tulemuseks on aga ka fotosünteesi lakkamine. Mitte ainult vedefitsiit, vaid ka paljud teised stressisituatsioonid viivad õhulõhede sulgumisele ja selle tulemusena kvantide kaotamisele CO<sub>2</sub> kui elektronide aktseptori vähesuse tõttu. Süsihappegaasi siduv ensüüm peaks olema kõrge afiinsusega substraadi suhtes, et efektiivselt toimida ka madala CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni juures. Meie aparaat on võimaldanud mõõta selle ensüümi, ribuloosbisfosfaadi (RuBP) karboksülaasi kineetilisi parameetreid *in vivo*, intaktsetes lehtedes:  $K_m(\text{CO}_2) = 15\text{--}18 \mu\text{M}$  ja  $k_{\text{cat}} = 8 \text{ s}^{-1}$  (ühe aktiivtsentri maksimaalne töökiirus). Huvitava tulemusena selgus, et produkt fosfoglütsээрhape ja ka vaba ortofosfaat konkureerivad teise substraadi, ribuloosbisfosfaadiga aktiivtsentri suhtes, nii et  $K_m(\text{RuBP})$  kasvab näiliselt kuni mitmekümne-millimolaarsete väärtusteni, samal ajal kui *in vitro* mõõdetu on 20–30  $\mu\text{M}$ . RuBP karboksülaasi peamine probleem on tema suhteliselt aeglane töökiirus, mistõttu normaalse fotosünteesi kindlustamiseks tuleb sünteesida väga palju RuBP karboksülaasi, kuni veerand kogu valgust.

Üleminekuprotsesside (transientide) mõõtmine võimaldab leida teatud suuruste integraale. Näiteks, kui mingit ainet tarbitakse fotosünteesi käigus, saab määrata selle hulka. Sel meetodil mõõtsime karboksüleerimissubstraadi RuBP hulga lehes, katkestades järsult valguse ja mõõtes selle järel seotud CO<sub>2</sub> koguse. Meie mõõtmised andsid 10–20 mM kontsentratsioonid juba siis, kui ekstraheeritud ja kromatograafiliselt lahutatud hulgad olid palju väiksemad. Nüüdseks on selgunud vead ekstraheerimisel ja RuBP lagunemine kolonnis. Sarnasel meetodil oleme määranud ka fotosünteesi teiste vaheproduktide hulki, nagu plastokinoon, fosfoglutseerhape, glütsiin ja seriin. Transientmõõtmiste tehnika tipuks on bikarbonaadi tekkimise ja kadumise kiiruse mõõtmine CO<sub>2</sub> lahustumisel lehe rakkudes. Nendest mõõtmistest on hinnatud karboanhüdraasi aktiivsust, rakkude puhverduisvõimet ja pH väärtust *in vivo*.

Õhulõhede sulgumine põhjustaks elektroni aktseptori täieliku puudumise, kui ei oleks nn. fotohingamist. Juba 1960. aastate lõpus leidsime, et samaaegselt fotosünteesiga toimub CO<sub>2</sub> eraldumine, mis sõltub valgusest ja on peaaegu proportsionaalne CO<sub>2</sub> neeldumisega. Nende kahe vastassuunalise voo eraldamine osutus võimalikuks tänu (siis juba suhteliselt) kiiretoimelisele mõõtesüsteemile, mis võimaldas näha CO<sub>2</sub> eraldumise lõppu pärast seda, kui CO<sub>2</sub> sidumine oli järsult katkestatud välise CO<sub>2</sub> eemaldamise teel. Detailsemad uuringud lubasid püstitada hüpoteesi, mille kohaselt CO<sub>2</sub> ja O<sub>2</sub> konkureerivad ühisele substraadile, s.t., ribuloosbisfosfaadi karboksülaas on ühtlasi ka selle sama substraadi oksügenaas. See hüpotees tõestati teiste poolt, ekstraheeritud karboksülaasi kasutades. Taimede fotohingamine on üks huvitavamaid evolutsioonilise kohastumise nähtusi. Tänu sellele toimub ka suletud õhulõhede taga lehe sees CO<sub>2</sub> sisemine ringlus. Osa RuBP-d oksügeniseeritakse (O<sub>2</sub> difundeerub ka suletud õhulõhede korral tänu tema kõrgele välisele kontsentratsioonile), edasises metabolismis eraldub CO<sub>2</sub>, mis uuesti seotakse karboksülaasil. Protsess hoiab elektrontransportahela aktiivse ja võimaldab pidevalt ATP-d sünteesida. RuBP karboksülaasi-oksügenaasi kineetika uurimine, eriti selle spetsiifilisuse faktori (CO<sub>2</sub> ja O<sub>2</sub> afiinsuste suhte) täpne mõõtmine on olnud üks meie huvitavamaid töid, mis on näidanud selle parameetri suurt konservatiivsust kõrgemates taimedes.

Fenomenoloogia poolest on väga huvitav ka fotosünteesi võnkumine, mis toimub kõrgel (3–6-kordselt atmosfäärikontsentratsiooni ületaval) CO<sub>2</sub> kontsentratsioonil. Võnkumiste kaudu jõudsime äratundmisele, et nendes tingimustes määrab fotosünteesi kiiruse enam mitte CO<sub>2</sub> difusioon, vaid hoopiski lõpp-produkti (sahharoosi, tärklise) süntees, mis omakorda on tihedalt seotud taime kui terviku kasvuprotsessidega. Mis aga takistab nüüd elektrontransporti, kui CO<sub>2</sub> kui aktseptorit on küllaga? Selgus, et kiirust limiteerivaks teguriks on fosfaadiringe: sahharoosi (tärklise) sünteesil vabaneb vaheproduktidest fosfaat, mis suundub ATP-süntaasi substraadiks. ATP-d saab sünteesida just niisama kiiresti kui sünteesitakse lõpp-produkte. Sisu on sama, et õlut saab toota nii palju kui pudeleid turult tagasi saabub. Elektroni ülekanne CO<sub>2</sub>-le aga toimub ATP manulusel. ATP vähesus on ekvivalentne elektroni aktseptori defitsiidiga. Millest aga võnkumised? See probleem ei ole siiani veel päriselt lahendatud. Teada on, et võnkumiste käigus muutub elektrontranspordi kiiruse ja ATP sünteesi kiiruse suhe, mis on aga põhjuseks, jääb selgitada. Võimalik hüpotees

on prootonite lekke suurenemine läbi ATP-süntaasi vaba fosfaadi vähesuse korral.

Ülalkirjeldatud protsessid põhjustavad kvantide kadu peamiselt kõrgetel valguse intensiivsustel, fotosünteesi valgussõltuvuse küllastuspiirkonnas. Siis aga ei ole ju valgusest puudus, küsimus on selles, miks fotosüntees ei võiks olla veelgi kiirem. Suurem on kahju, kui kvante kaotatakse madala valguse olukorras, kus valgus on defitsiitne, nagu näiteks alumise rinde taimedes. Meie paari viimase aasta töö ongi olnud suunatud nende protsesside mõistmisele. Selleks, et püüda suuremat osa kvantidest, peab leht sisaldama suhteliselt palju pigmente, peamiselt klorofüllit. Iga klorofüllit külge ei saa aga ühendada keerulist elektrontranspordi ahelat, see oleks materiaalselt liiga kulukas ja teeks lehe mitu korda paksemaks. Loodus on leidnud väljapääsu, ühendades 150–300 klorofüllit ühiseks antenniks, millelt ergastusenergia kandub nn. tsentriklorofüllide paarile. Ergastuse antennis ringihüplemine, eriti aga ootamine, millal tsentriklorofüll saab oma ergastatud elektroni naabruses paiknevale kinoonimolekulile edasi anda, kestab suhteliselt kaua, umbes 300 ps (kui CO<sub>2</sub> vahetuse protsessides on kiiruse ühikuks sekund, siis ergastuse ülekande füüsikas on selleks paras pikosekund). Selle aja jooksul ergastus teatud tõenäosusega kustub termiliselt või siis emiteerub fluorestsentsina. Niimoodi läheb kaduma mitte vähem kui 20% fotosüsteemi II (PSII) ergastavatest kvantidest. Miinimumkadu saavutatakse pärast pikaajalist adaptatsiooni pimeduses või väga madalal valgusel ja on üsna konstantne. Elektrontransportahelas järjekorras teises, nime järgi aga fotosüsteemis I (PSI, nimetati avastamise järjekorras) huvitaval kombel toatemperatuuril fluorestsentsi ei esine (esineb küll vedela lämmastiku temperatuuril), mistõttu fluorestsentsiga seotud kadusid siin ei ole. PSI aga saab elektronid PSII-lt, mis ise saab elektroni veelt selle lagundamisel. Kui kahe fotosüsteemi vaheline ülekandeahel on aeglane või kui PSII saab vähem ergastust kui PSI, võib PSI doonorpigment P700 olla pikka aega oksüdeeritud, oodates järgmist elektroni. Selles seisus võib järgmine kvant küll saabuda, kuid elektroni enam üle ei kanta ja kvant läheb kaduma. Need kaks protsessi, PSII antennifluorestsents (koos termilise konversiooniga) ja PSI doonorpigmenti oksüdeerumine ongi peamised kvantide kaotajad madalal valguse intensiivsusel. Kõrgel valguse intensiivsusel aga ei suuda fotosüsteemi aktseptorpool elektronist vabaneda ja järgmise elektroni ülekande on takistatud.

Fiiberoptilist valgustussüsteemi kasutades näitasime, et klorofüllit fluorestsents (õigemini selle kustumise määr) on täpselt seotud elektrontranspordi kiirusega läbi PSII, samal ajal kui PSI kasutegur on üsna täpselt määratud P700 reduktsiooniastmega. Klorofüllit fluorestsentsi ja 820 nm läbilaskesignaali võrdlemisest CO<sub>2</sub> sidumise kiirusega õnnestus meil leida kvantide jaotus fotosüsteemide vahel (antennide ristlõigete suhe). Mõõtsime ka selle osa elektrontranspordist, mis läheb mitte CO<sub>2</sub> taandamiseks, vaid otse O<sub>2</sub>-le tagasi (nn. Mehleri reaktsiooni abil). Viimaste aastate aga ehk tähtsaimaks tulemuseks tuleb pidada ergastuse mittefotokeemilise kustutamise mehhanismi hüpoteesi.

Juba kaua oli teada, et taimedel on kaitsemehhanism ülearuse valguse vastu. Kui elektronide aktseptorit jääb puudu ja elektrontransportahel redutseerub, ei

jää ergastus mitte kauaks antennis ringi hüplema ("kaua" tähendab 2–3 ns), vaid kustutatakse erilise mittefotokeemilise mehhanismi abil. Meie näitasime, et fotokeemiline ja mittefotokeemiline mehhanism on hästi komplementaarsed: kui fotokeemiline ergastuse kustutus kahaneb (fotosüntees blokeerub), siis mittefotokeemiline samas mahus kasvab. Kahjuks aga see fenomenoloogia ei lahenda mittefotokeemilise kustutuse mehhanismi saladust, mis on päevakorral juba üle kümne aasta. Suurem osa uurijaid usub, et mittefotokeemiline kustutaja indutseerub antennis, näiteks liigutades klorofülle nii, et termilise kustutuse tõenäosus suureneb. Meie mõõtsime PSII elektrontranspordi kiiruse valgussõltuvust ja leidsime üllatuslikult, et mittefotokeemilise kustutuse olemasolul vähenevad proportsionaalselt mõlemad, nii alg tõus kui ka maksimum (plato). Kui antennikustutaja haaraks näiteks pooled kvantidest, siis oleks tarvis vaid valgust kahekordistada, et endine elektrontranspordi kiirus taastada. Seda aga ei osutunud võimalikuks teha, vaid pilt oli niisugune, nagu umbes pooled PSII tsentritest oleksid lühistunud, s.t. kord juba lahutunud laengud rekombineeruks. See toob päevakorda tsentrikustutuse võimaluse: PSII tsepter võib olla kas fotokeemiline või siis mittefotokeemiline kustutaja, sõltuvalt sellest, kas elektron liigub transportahelat mööda edasi või pöördub doonor-poolle tagasi.

Kuna intaktse lehes on terviklik fotosünteesiaparatuur, siis näeme oma katsetes pidevalt kõiki selle funktsioone, tuleb neid vaid osata interpreteerida. Interpreteerimine on teaduses üks raskemaid faase, tegelikult isegi "mitteteaduslik" faas, sest selles faasis ei ole reeglipärast üleminekut katsetulemuste (empiirilise teadmise) ja teoreetilise mõtlemise (mudeli) vahel. Seda faasi nimetatakse sageli intuitsiooniks, kuigi tegelikult on see üks tömahukas teoreetilise mudeli variantide proovimine, kuni leitakse see, mis rahuldab võimalikult suuremat osa eksperimentide tulemustest. Sellepärast ongi meie monograafia pealkirjas rõhutatud interpretatsiooni tähtsust. Olles mõlemad baashariduselt füüsikud, lõpetanud Tartu Ülikooli füüsikaosakonna, ei ole me tundnud hirmu pikkade loogilis-matemaatiliste tuletusjadade ees. Bioloogia-teaduses on harjutud lühemate sammudega liikuma, sest bioloogiline eksperiment on tavaliselt vähetäpne ja pikad loogilised jadad vigase algmaterjali baasil kaotavad tõepoolest mõtte. Meie erinevuseks on aga täpsem mõõtmine, mis võimaldab vastavalt "kaugemale sihtida", kuna meie taimellehe fotosünteesi kineetika uurimise aparatuur lubab mõõta paremini ja rohkem kui teistes laboratooriumides võimalik. Kahjuks ei saa aga öelda, et meie niisugune eeliseisund oleks eriti mugav. Vastava kogemuse puudumisel on kolleegidel sageli raske mõista meie töö sisu ja loogikat, kuni deklareerimiseni, et nii ei saavatki mõõta. Seetõttu on artiklite trükkisaamine olnud peaaegu alati pikk ja vaevarikas protseduur, kus meid kritiseeritakse peamiselt "üleinterpreteerimise" eest. Loodame, et nüüd, pärast meie monograafia ilmumist, hakkab ka siin jää lõpuks liikuma. Sellel foonil oli Eesti teaduspreemia määramine meile meeldivaks üllatuseks.

Kuna preemia määramise otseseks ajendiks oli ilmselt meie monograafia ilmumine CSIRO kirjastusel (Canberra), siis ei saa mööda minna inimesest, tänu kellele see raamat ilmus – toimetaja Barry Osmondist. Barry on alati uskunud meie mõtteviisi ja igati kaasa aidanud meie arengule, näiteks alguses

meie venekeelseid artikleid populariseerides, hiljem meid Austraalia Rahvus-  
ülikooli juurde teaduslikule tööle kutsudes.

### *Kirjandus*

1. Laisk A., Oja V. 1998. Dynamics of leaf photosynthesis. Rapid-Response Measurements and their Interpretations. CSIRO Publishing, Canberra, 160 p.

*Teaduspreemia tehnikateaduste alal töö*

*“Uued meetodid digitaalsüsteemide disaini ja  
diagnostika valdkonnas”*

eest



*Raimund  
Ubar*

Sündinud 16. detsembril 1941 Tallinnas

1960 Tallinna 22. Keskkool  
1966 Tallinna Tehnikaülikool, automaatika  
1971 tehnikakandidaat (Moskva Baumani-nim. Tehnikakõrgkool)  
1986 tehnikadoktor  
1993 Eesti Teaduste Akadeemia liige  
Alates 1971. a. Tallinna Tehnikaülikool: assistent, vanemõpetaja, dotsent (1978), professor (1987), arvutitehnikakateedri juhataja (1987–1992), elektroonika kompetentsuskeskuse asutaja ning juhataja (1993–1996). Eesti Teadusfondi Nõukogu esimees (1993–1996), Saksamaa Informaatikaseltsi (GI), IEEE, ACM, SIGDA (USA-s), Euroopa Testitehnoloogia Tehnilise Komitee liige

Avaldanud üle 190 publikatsiooni



Käesolev töö kujutab endast kompleksi publitseeritud teadustulemustest, viimaste rakendustest tark- ja riistvara väljatöötlustena, mis kokku on andnud võimaluse välisprojektide toetusel luua heatasemeline uurimis- ning arendustöö keskkond Tallinna Tehnikaülikooli juures.

Olen arvamusel, et teadustegevuse kvaliteedi üheks olulisemaks avalikuks näitajaks on teadustulemuste eksport ja sellest kujunev kasu rahvale. Eriti puudutab see tehnikateadusi. Akadeemiline teadustulemuste mõõt – publikatsioon oleks alles uurimistöö kasulikkust ja väärtust määrava pika ahela algus: publikatsioonidest kujuneb tunnustatus, sellest algab rahvusvaheline koostöö, tulevad ühisprojektid, lepingud ning lõpuks leiab kvaliteet väljundi võimaluses toetada riiklikku majandust ressurside hankimisega kas väljastpoolt riigipiire või innovatsiooni näol kodumaises tööstuses.

Seetõttu peangi oma viimaste aastate teadustegevuse tähtsaimaks tulemuseks elektroonika kompetentsuskeskuse rajamist Tehnikaülikooli juurde ning õppe- ja teadusuuringute keskkonna loomist, mille kohta ütles hiljuti üks Tehnikaülikooli akrediteerinud Saksamaa professor: “Oleksin õnnelik kui minu laboris oleks samasugune keskkond”.

Nimetatud tulemuse eelduseks olid kuus Euroopa ühisprojekti viimase nelja aasta jooksul.

### *Uurimisvaldkonna aktuaalsusest ja tähtsusest ühiskonnale*

Digitaliseeruva ühiskonna sõltuvus infotehnoloogiast ning selle töökindlusest on muutnud digitaalsüsteemide disaini ja diagnostika strateegiliseks teadusvaldkonnaks igas kõrgelt arenenud riigis.

Tehisintelligents realiseerub digitaalsüsteemidel, mis mikroelektroonika tormilise arengu juures moraalselt kiiresti vananevad. Uus ründab sisse miniatursemana, kiiremana, odavamana, mis võimaldab üha keerulisemaid funktsionaalseid võimalusi realiseerida, seda, mis eile oli veel mõeldamatu. Suureneva keerukusega käib aga kaasas üha lühenev projekteerimistsükkel, mis nõuab üha kiiremat ja paremat projekteerimistarkvara – disaini automatiseerimise vahendeid. See on tänase päeva väljakutse arvutiteadusele.

Ühe elektroonikakomponendi koostisesse kuulub täna miljoneid loogikaelemente. Nad kõik peavad tõrgeteta töötama, ehk teisiti, peab olema garantii, et rikked elementides või nende ühendustes puuduvad. Selle garantii peavad andma vastavad testid, aga probleemiks just ongi niisuguste testide süntees, mis tagaksid kõikvõimalike rikete avastamise nende miljonite elementide hulgas, vigase elemendi diagnostika ja võimaluse korral rikke “parandamise” ehk selle mõju elimineerimise. Mida digitaalsemaks kujuneb me ümbrus, seda sõltavamaks muutume tehissüsteemide (tehisintellekti, arvutite, elektroonika) korrasolekust. Kujutleda vaid, mis juhtuks, kui tuumaelektrijaama juhtimissüsteemis või lennuki pardaarvutis toimuks saatuslik tõrge.

Infotehnoloogia tormiline areng tähendab ühelt poolt diagnostikaprobleemide keerukuse kasvu, teiselt poolt aga vajadust neid probleeme kiiremini ja paremini lahendada. See uurimisvaldkond, kus pidevalt otsitakse uusi meetodeid,

algoritme ja tarkvara, mis oleksid kiiremad, täpsemad ja paremad, sarnaneb oma võistluslikkuse poolest paljuski spordiga, kus edukas kaasaraäkimine nõuab suurt energiapanust ja peaaegu jäägitut pühendumist.

Käesolev töö kuulubki sellesse äärmiselt aktuaalsesse ja konkurentsitihedasse uurimisvaldkonda, mida iseloomustavad võtmesõnad: digitaalsüsteemide testide süntees, modelleerimine, rikete diagnostika, veakindlus. Töö tulemusena loodud meetodite ning algoritmide originaalsus ja uudsus seisneb ühtse matemaatilise instrumentaariumi loomises ning kasutamises keerukate süsteemide (arvutite, mikroprotsessorite, kontrollrite) rikete diagnostikas erinevatel funktsionaalsetel tasanditel.

### *Uuringute eelloost*

Töö juured ulatuvad aastasse 1976, kui publitseerisin artikli teatud tüüpi graafide – otsustusdiagrammide (OD) kasutamise võimalustest digitaalsüsteemide diagnostikas. Tervelt kümme aastat see võimalus teadlasi eriti ei huvitanud ja mu labor oli peaaegu ainus koht maailmas, kus nimetatud probleemiga tegeldi. Alles eelmise kümnendi lõpul algas ootamatu buum selles valdkonnas. Täna pühendatakse digitaalsüsteemide projekteerimisega seotud konverentsidel terveid seksioone binaarsete OD-de uurimisele ja kasutamisele. Tekkinud buumist sai omamoodi sisuline tunnustus 10 aastat tagasi Eestis publitseeritud originaalsele mõttele.

Oma varasemates publikatsioonides olen aga näidanud OD-de efektiivse kasutamise võimalusi mitte üksnes süsteemide binaarsel, vaid ka kõrgematel funktsionaalsetel esitustasanditel. OD-de üldistamine selles suunas on viimasel ajal samuti hakanud laiemat huvi pakkuma. Nii olen sel teemal artikleid avaldanud koostöös prantsuse, saksa, itaalia ja rootsi teadlastega. Võib rääkida ka teabesiirdest näiteks Eestist Rootsi, kuna üks mu õpilasi jätkab doktorantuuri Linköpingi Ülikoolis just meie laborist kaasa võetud teemal.

Oma töödes olen välja pakkunud uudse OD-del põhineva formaalse diagnostikamudeli, mis esmakordselt ühendab endas nii süsteemi funktsioonide, struktuursete omaduste, rikete kui ka rikete aktiveerimistingimuste (transparent-suse) ilmutatud esitamist.

Uudne formalism võimaldas lihtsustada tarkvara loomist diagnostika automatiseerimisel – traditsiooniliselt kasutatavate spetsiaalsete mudeltekide HULGA asemel võib nüüd piirduda ÜHEAINSA universaalmodelliga. Struktuursete OD-de klassi defineerimine ning huvitavate omaduste avastamine võimaldas mitmete diagnostika algoritmide efektiivsust tõsta, aga ka uudseid probleeme formuleerida ning lahendada.

### *Teadustulemustest*

Järgnevalt on lühidalt kirjeldatud viimastel aastatel saadud ja selle tööga haardatud tähtsamaid teadustulemusi digitaalsüsteemide diagnostika valdkonnas, mis enamasti toetuvad OD-de teorial baseeruva matemaatilise aparraadi kasutamisele.

TESTPROGRAMMIDE SÜNTEESI MEETODID DIGITAALSÜSTEEMIDELE. Kasutades ära uue mudeli universaalsust ja eriomadusi, mis võimaldasid täpsemalt ennustada kombinatoorsete variantide perspektiivsust testide otsimisel, õnnestus luua teadaolevatest lahendustest efektiivsem hierarhiline testide sünteesi meetod ning vastav rakendus [Ubar, 1996; 1998a; Raik ja Ubar, 1998b]. Meetodi efektiivsuse tagas mitmete ideede uudne kombineerimine, nagu "top-down" ja "bottom-up" strateegiatega ühitamine hierarhilises ideoloogias, funktsionaalse ja struktuurse lähenemisviisi ühitamine, transparentsustingimuste ilmutamine mudelis, stohhastiliste ja deterministlike algoritmide kombineerimine erinevatel hierarhiatasanditel jne. Uut testide sünteesi ideoloogiat rakendatakse praegu koostöös ühisprojektide raames Fraunhoferi Integraalskeemide Instituudiga Dresdenis ja Linköpingi Ülikooliga Rootsis.

TESTIDE GENEREERIMISE MEETOD KOMBINATSIOONSKEEMIDELE. Struktuurselt sünteesitud binaarse OD-mudeli kasutuselevõtt võimaldas efektiivsemalt rakendada rikete dominantsus- ja ekvivalentsussuhteid testide sünteesi ülesande keerukuse vähendamiseks. Mudeli ühe uue eriomaduse avastamine võimaldas luua testide genereerimise algoritmi PODEM kiireima realisatsiooni, võrrelduna seniste tulemustega maailmas [Raik ja Ubar, 1998a]. Uut meetodit rakendatakse koostöös Fraunhoferi Integraalskeemide Instituudiga Dresdenis.

MEETOD DIGITAALSKEEMIDE DÜNAAMIKA UURIMISEKS. Uus meetod digitaalskeemide mitmeväärtuseliseks modelleerimiseks tõrkeriski ja viiterikete testimisel võimaldas vähendada mudeli keerukust ning tõsta analüüsi efektiivsust. Modelleerimise idee põhineb Boole'i differentsiaalide uuel graafilisel arvutusmeetodil. Eksperimendid näitasid, et uue meetodi efektiivsus analoogidega võrreldes suureneb eksponentsiaalselt (!) skeemi keerukuse kasvades [Ubar, 1998b; 1998c].

MEETOD DIGITAALSÜSTEEMIDE VEAKINDLUSE MÕÖTMISEKS. Traditsioonilised veakindluse analüüsi meetodid põhinevad stohhastilistel lähenemisviisidel, mis on aga ebatäpsed. Uus OD-mudelil põhinev rikete mõjuefekti deduktiivne analüüsimeetod võimaldas sisse tuua deterministliku käsitluse ning seeläbi suurendada stohhastiliste meetodite täpsust ja usaldatavust. Võrreldes praktikas levinud VHDL simulaatoritega on autorite poolt loodud meetod kiirem. Uut rikete analüüsi meetodit arendati koostöös Torino Tehnikaülikooliga Itaalias [Benso jt., 1997]. Simulaatori enda efektiivsuse tõstmisega seotud uurimistööd toimuvad aga praegu koostöös Grenoble'i Joseph Fourier' Ülikooliga Prantsusmaal [Ubar jt., 1999].

MEETOD DIGITAALSKEEMIDE VERIFITSEERIMISEKS JA DISAINIVIGADE DIAGNOSTIKAKS. Teoreetiliselt õnnestus näidata, et disainivigade diagnostika ülesannet on võimalik taandada konstantsete rikete diagnostika ülesandele, millest omakorda tuleneb võimalus kasutada klassikalist hästi läbitöötatud konstantrikete teooriat ning sellele teooriale põhinevat olemasolevat diagnostikatarkvara [Ubar ja Borrione, 1999]. Teiselt poolt aga loob saadud tulemus esmakordselt reaalse võimaluse lahendada praktikale väga oluline, kuid seni lahendamata mitmekordsete disainivigade diagnostikaprobleem. Nimetatud

probleemi uurime praegu koostöös väga maineka laboriga selles valdkonnas Grenoble'i Joseph Fourier' Ülikoolis.

### *Teadustulemuste rakendustest*

Ülal loetletud viimaste aastate teadustulemused on olnud aluseks mitmetele rakendustele, nagu diagnostikatarckvara Turbo-Tester ja automaatne testprogrammide generaator.

DIGITAALSKEEMIDE DIAGNOSTIKATARKVARA TURBO-TESTER. Loodud programmide komplekt digitaalskeemide diagnostikaks põhineb ühtsel teorial, mis on välja arendatud struktuurselt sünteesitud binaarsete OD-de baasil [Jervan jt., 1998]. Teooria võimaldas üheainsa universaalmudelteeği baasil luua terve komplekt tarkvaratööriistu, kus traditsiooniliselt on iga tööriist nõudnud individuaalset mudelteeği. Uus lähenemisviis tagas süsteemi avatuse, lihtsuse ja odavuse.

Tarkvara on kasutatud Helsingi Tehnikaülikooli, Chalmersi Tehnoloogia-instituudi (Rootsi) ja Michigani Ülikooli (USA) tudengite õpetamisel. Süsteemi on kasutatud Rootsis firma DIGSIM DATA AB poolt inseneride täiendõppes. Käesoleval hetkel realiseerub europrojekt SYTIC programmi COPERNICUS raames, mille eesmärgiks on levitada Turbo-Testrit Euroopa ülikoolides.

Hiljutisel projekti SYTIC aruandluskoosolekul tegi eurokomisjon, toetudes uurimisgrupi poolt saadud tulemustele diagnostikatarckvara Turbo-Tester väljatöötamisel, ettepaneku luua TTÜ juurde rahvusvaheline keskus täienduskoolituse läbiviimiseks testi ja diagnostika valdkonnas.

AUTOMAATNE TESTPROGRAMMIDE GENERAATOR DIGITAALSÜSTEEMIDELE. Generaator sünteesib ja lihtsustab kõrgtasemel defineeritavaid kitsendusi, kompileerib seejärel kitsenduste baasil testvektorid ning analüüsib detailtasemel viimaste kvaliteeti. Oluliseks tulemuseks, mis võimaldas järsult tõsta testide genereerimise kiirust, oli uus lihtsustatud rikete aktiveerimise meetod. Generaatoris on originaalselt ühitatud deterministlik ja stohhastiline lähenemisviis. Eksperimendid standardkatseskeemidel näitasid, et uus generaator töötab märksa kiiremini kui seni publitseeritud analoogid [Brik jt., 1998; Raik ja Ubar, 1999].

Kommertstarkvara selles valdkonnas puudub. Koostöös Fraunhoferi Integraalskeemide Instituudiga Dresdenis on süsteem juurutamisel Saksamaa väikeettevõtete jaoks. Koostöö süsteemi rakendusvõimaluste laiendamise eesmärgil toimub ka Linköpingi Ülikooliga ja firmadega ERICSSON Telecom AB ning DIGSIM DATA AB Rootsis.

### *Teadustulemuste "ekspordist"*

Ülal nimetatud teadusuuringuid ja arendustöid on ühelt poolt toetanud Eesti Teadusfond, teiselt poolt on aga hangitud lisaressursse eurokonkurentsisis programmide COPERNICUS ja ESPRIT (FRAMEWORK IV) kaudu järgmiste projektide raames: EEMCN (1995–96), FUTEG (1995–97), ATSEC (1995–96), SYTIC (1997–99), VILAB (1998–2001) ja EUROPRACTICE (1995–). Loetletud projektide toetusel on TTÜ arvutitehnika instituudi juures loodud tipptasemel tehnoloogiline keskkond teadusuuringuteks ja arendustööks, millega on vahetult seotud ka digitaalelektronikaalane õppetöö ülikoolis.

Vahetud tööalased sidemed firmadega CADENCE ja ERICSSON Telecom AB, DIGSIM DATA AB kuuluvad assotsiatsiooni EUROPRACTICE ja töö europrojektide raames on võimaldanud sisustada tegelikult Eesti Vabariigi poolsete kulutusteta Kesk- ja Ida-Euroopas ainulaadne tööjaamadel põhinev disainiklass, kus 14 töökohta on varustatud litsentsidega maailma juhtivate firmade CADENCE, SYNOPSIS, XILINX, ALTERA, DIXIcad jt. disainitarkvarade kasutamiseks. Olemasolevate litsentside koguväärtuseks kommertsuru hindades on umbes 50 miljonit krooni [Ubar, 1999].

Disainiklass võimaldab TTÜ tudengitel omandada Lääne-Euroopa inseneride tasemele vastavat haridust ja treenitust, aga samuti kujutab endast tehnilist baasi inseneritegevuse toetamiseks Eestis nüüdisaegse elektroonika projekteerimisel [Ubar, 1998d].

Selles keskkonnas projekteeriti teadaolevalt Eestis esimene ülikeerukas integraalskeem – krüptoprotsessor, mille autoriks on arvutitehnika instituudi magister Jüri Pöldre. Üle 200 000 loogikaelementi sisaldav mikroskeem kristalli pindalaga 107 mm<sup>2</sup> vastab keerukuselt personaalarvutites kasutatavale Intel 386 protsessorile. Skeemi prototüüpseeria valmistati Lääne-Euroopa tehases ES2. Seade võimaldab salastatud sidepidamist läbi avalike infokanalite ja peaks huvi pakkuma nii laiale tarbijaskonnale (politsei, kaitsevägi, pangad, mobiiltelefonide kasutajad) kui ka Eesti tööstusele perspektiivse toote näol. Seade on leidnud laiemat huvi ka väljaspool Eestit – läbinud edukalt rahvusvahelise ekspertiisi, on ta lülitatud ülemaailmsesse mikroelektroonika intellektuaalse omandi andmebaasi Design & Reuse Grenoble'is, Prantsusmaal.

### *Töö tulemuste tähtsusest Eestile:*

1. Panus maailmateadusse digitaalsüsteemide diagnostika teooria arendamisel, millest annavad tunnistust teaduspublikatsioonid.
2. Rahvusvaheline tunnustus nimetatud teadusvaldkonnas, mis on võimaldanud tuua Eestisse täiendavaid finantsressursse: kuus europrojekti nelja aasta jooksul, hulk bilateraalseid ühisprojekte Saksamaa, Prantsusmaa ja USA ülikoolidega, grante ning stipendiumeid visiitideks Lääne ülikoolidesse.
3. TTÜ juurde loodud elektroonika kompetentsuskeskus.
4. TTÜ arvutitehnika instituudi juurde loodud tiptasemel digitaalelektroonika disaini ja teadusuuringute eksperimentaalkeskond (disaini- ja testikeskus), mis on eelduseks kvaliteetse teadus-, arendus- ning õppetöö läbiviimiseks.
5. On loodud potentsiaal infotehnoloogiaalaseks riist- ja tarkvara arendustööks ning elektroonikadisaini ja -diagnostika õpetamiseks TTÜ-s, mille tunnistuseks on tarkvara tippväljatöötatud diagnostika alal ning esimene Eestis projekteeritud ülisuur integraalskeem.

Teadus, eriti aga tehnikateadus on tänapäeval mõeldav üksnes kollektiivse tegevusena. Paljusid ülal loetletud tulemusi poleks kindlasti tulnud, kui mu kõrval poleks pidevalt töötanud noori üliõpilasi, magistrante ja doktorante, kes diskussioonipartneritena aitasid kaasa paljude ideede viljakale teostusele ja kelle abi ning toetuseta poleks teoks saanud kümned huvitavad eksperimendid. Tahaksin eriti tänada Jaan Raiki ja Jüri Pöldret, kellel on olnud väga suur osa

käesoleva töö realiseerumisel, aga ka paljusid teisi oma õpilasi, nagu M. Brikki, P. Paometsa, A. Buldast Tehnikaülikoolist, G. Jervanit ja E. Ivaskit, kes praegu jätkavad õpinguid Rootsis, H. Krupnovat, J. Dushinat ja S. Storozhevi Prantsusmaal, M. Saareperat Jaapanis, V. Alangot, V. Tulitit, A. Markust, M. Mandret ning mitmeid teisi.

Teatav roll käesoleva aastapreemia saamisel on aga kindlasti olnud kõigil mu publikatsioonide kaasautoritel, kelle arvuks on läbi aegade kujunenud 60, sealhulgas on mu õpilasi olnud 24. Kõiki neid tahaksin samuti tänada kunagise koostöö eest.

## Kirjandus

1. Benso A., Prinetto P., Rebaudengo M., Sonza M., Ubar R. 1997. A new approach to build a low-level malicious fault list starting from high-level description and alternative graphs. IEEE Proc. European Design & Test Conference, Paris, March 17–20, 560–565.
2. Brik M., Jervan G., Markus A., Raik J., Ubar R. 1998. Hierarchical test generation for digital systems. In “Mixed Design of Integrated Circuits and Systems”, Kluwer Academic Publishers, 131–136.
3. Jervan G., Markus A., Paomets P., Raik J., Ubar R. 1998. Turbo tester: A CAD system for teaching digital test. Microelectronics Education, Kluwer, 287–290.
4. Raik J., Ubar R. 1998a. Feasibility of structurally synthesized BDD models for test generation. IEEE Proc. European Test Workshop, Barcelona, May 27–29, 145–146.
5. Raik J., Ubar R. 1998b. Hierarchical test generation for digital systems based on combining bottom-up and top-down approaches. World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Orlando, Florida, July 12–16, 1, 374–381.
6. Raik J., Ubar R. 1999. Sequential circuit test generation using decision diagram models. IEEE Proc. Design Automation and Test in Europe, Munich, March 9–12, 736–740.
7. Ubar R. 1996. Test synthesis with alternative graphs. IEEE Design and Test of Computers, Spring, 1996, 48–59.
8. Ubar R. 1998a. Combining functional and structural approaches in test generation for digital systems. Journal of Microelectronics and Reliability, Elsevier Science Ltd., 38:3, 317–329.
9. Ubar R. 1998b. Dynamic analysis of digital circuits with multi-valued simulation. Microelectronics Journal, Elsevier Science Ltd., 29, 11, Nov., 821–826.
10. Ubar R. 1998c. Multi-valued simulation of digital circuits with structurally synthesized binary decision diagrams. Overseas Publishers Association N.V., Gordon and Breach Publishers, Multiple Valued Logic, 4, 141–157.
11. Ubar R. 1998d. Teaching dependability issues in system engineering at the technical university of Tallinn. Global J. of Engineering Education, 2, 2, UICEE, Printed in Australia, 215–218.
12. Ubar R. 1999. Elektroonikatööstuse 50 miljonit. Luup, 1, (11. jaan.), 23–25.

13. Ubar R., Borrione D. 1999. Single gate design error diagnosis in combinational circuits. Proc. Estonian Acad. Sci. Engin., 5, 1, 3–21.
14. Ubar R., Moraviec A., Raik J. 1999. Cycle-based simulation with decision diagrams. IEEE Proc. Design Automation and Test in Europe, Munich, March 9–12, 454–459.

*Teaduspreemia arstiteaduse alal uurimuse*

*“Autoimmuunhaiguste tekkemehhanismid  
ja immunodiagnostika”*

*eest*



*Raimo  
Uibo*

Sündinud 21. detsembril 1948 Tartus

1967 Tartu 5. Keskkool

1973 Tartu Ülikool, raviarsti eriala

1978 meditsiinikandidaat

1990 meditsiinidoktor (Tampere Ülikool)

Alates 1992. a. Tartu Ülikooli immunoloogia korraline professor

Avaldanud üle 190 teaduspublikatsiooni



Immuunsüsteemi põhiülesanneteks on organismi kaitse kahjulike väliste-guriute (eeskätt mikroorganismide) eest ning organismisisese keskkonna tasakaalu säilitamine. Sellega seoses on immuunsüsteemi keskseks funktsioo-niks eristada “oma” ja “võõrast” (ingl. k. *self and non-self discrimination*) s.t. reageerida organismile võõrast geneetilist informatsiooni kandvate substant-sidega (antigeenidega), kuid olla areaktiivne oma kudede ja nende koostis-osa (potentsiaalsete autoantigeenide) suhtes. Immuunsüsteemi selline spet-siifiline funktsioon, mida tuntakse ka enesetolerantsusena (ingl. k. *self-tolerance*), on tagatud keeruliste regulatsioonimehhanismide kaudu, mille iseloomu on hakatud põhjalikult selgitama alles viimasel kümnendil. Praegu-seks on teada, et immunoloogilise enesetolerantsuse kujunemisel on oma osa nii tsentraalsetel kui ka perifeersetel immuunorganitel. Neist olulisim on tuumus e. harknääre, mille kaudu toimub immuunsüsteemi aktiveerumises kesket rolli omavate T-lümfotsüütide küpsemine. Nimelt elimineeritakse just tuumuses valdav osa luuüdi tüvirakkudest pärinevatest ja sinna migreerunud T-rakkudest, mille spetsiifiline retseptor TCR (ingl. k. *T cell receptor*) on võimeline aktiveeruma “oma” kudetest pärinevate antigeensete komponentide toimel. Reeglina vaid need rakud, millel puudub organismist enesest pärine-vate polüpeptiididega reageeriv TCR, lahkuvad tuumusest perifeersetesse lümfoidorganitesse ja vere- ning lümfiringesse. Neil rakkudel on aga retseptor, mis on võimeline reageerima organismile mitteomastest valkudest pärinevate polüpeptiididega, kõige sagedamini siis mikroorganismide komponentidega. Juhul, kui oma kudedega reageerivad T-rakud peaksid siiski sattuma perifee-riasse, elimineeritakse nad või muudetakse areaktiivseks (anergiliseks) nn. perifeerse immunoloogilise tolerantsuse mehhanismide kaudu. Nende mehha-nismide iseloom on väga mitmekülgne. Kesket rolli omavad T-raku pinnal olevad kaasstimulatoorsed retseptorid (eeskätt CTLA-4), samuti immuun-süsteemi mediaatorid (eeskätt tsütokiinid). Niisiis tagavad immuunsüsteemi normaalse funktsioneerimise korral tsentraalse ja perifeerse immunoloogilise tolerantsuse mehhanismid olukorra, kus organismis immuunreaktsioone oma kudede vastu ei teki [Van Parijs ja Abbas, 1998].

Siiski on olemas suur rühm haigusi, mille korral immunoloogilise enesetole-rantsuse mehhanism on häirunud. Neid kutsutakse autoimmuunhaigusteks või ka autoimmuunsündroomideks ning neil puhkudel täheldatakse immuunsüs-teemi kõrgeenenud reaktiivsust oma rakkude ja kudede suhtes. Nagu näitavad viimaste aastate intensiivsed uuringud, on paljude seni teadmata etioloogiaga krooniliste haiguste ja sündroomide põhjuseks osutunud just autoimmuun-mehhanismid. Nii näiteks on üsnagi mitmed vähihaigetel täheldatavad para-neoplastilised sümptomid autoimmuunse tekkega [Rose ja Mackay, 1998].

Autoimmuunse tekkega haigusi esineb tõenäoliselt 5–7%-l elanikkonnast [Sinha jt., 1990]. Esmapilgul üllatav protsent ei tundu aga sugugi ootamatuna, kui analüüsime autoimmuunfenomenide sagedust elanikkonnas. Nii esineb autoantikehi, mis peegeldavad autoimmuunhaiguse olemasolu või selle kõrgeenenud tekkeriski juba igal viiendal täiskasvanul [Uibo jt., 1998]. Tugi-nedes ülaltoodud arvudele võime järeldada, et Eestis on umbes 75 000–100 000 autoimmuunhaigusega isikut. Muidugi ei pruugi meie rahvastikus esi-nevate autoimmuunhaiguste struktuur olla täpselt sama, mis teistes piirkon-dades. On ju viimasel ajal väga veenvalt tõestatud mõlema põhiteguri, nii

keskkonna kui ka pärilikkuse olulist rolli autoimmuunhaiguste kujunemisel [Rose ja Mackay, 1998].

Kroonilise progresseeruva iseloomu ja varieeruva organhaaratuse tõttu tekitavad autoimmuunhaigused hulgaliselt meditsiinilisi ja sotsiaalseid probleeme. Näitena võib siin tuua kas või ainult selle probleemideringi, mis on seotud suhkurtõve ja reumaatiliste haigustega, kus ühiskonna ette kerkivate ravi- ja sotsiaalabi kulutuste määr on märkimisväärselt suur. Teiste endokriin-, närvi-, seede-, reproduktiiv- jm. organsüsteemides tekkivate autoimmuunhaiguste korral pole vastavad küsimused vähem olulised. Seejuures on kõigi nende haiguste korral esinevate autoimmuunreaktsioonide tekke põhjused ja patogeneesimehhanismid mõneti üsna sarnased. Seetõttu võib autoimmuunhaigusi võrrelda vähktõvega, mille üsna erinevate kliiniliste vormide korral täheldatakse sarnaseid immunoloogilisi mehhanisme. Kuid nii nagu kasvajate korralgi, on ka autoimmuunhaiguste tekkemehhanismid paljuski veel selgusetu. On isegi väidetud, et autoimmuunhaiguste immunoloogia on üks seni kõige raskemini mõistetavaid immunoloogia valdkondi [Rose ja Mackay, 1998].

Vaatamata suurtele raskustele, mida autoimmuunhaiguste tekkemehhanismide uurijatel on tulnud ületada, on siin viimasel ajal saavutatud ka märkimisväärsed tulemused. Edu on krooninud strateegia, mille alusel esmaseks ülesandeks on olnud välja selgitada autoimmuunse kahjustuse märklaud-molekulid, s.t. molekulid, mille suhtes immuunsüsteemi sensibilisatsioon on toimunud ja millega antikehad ning sensibiliseerunud lümfotsüüdid reageerivad. See on ka täiesti arusaadav, sest vastavate märklaudmolekulide tundmine aitab selgitada konkreetse haiguse kõige kesksemaid mehhanisme ning samal ajal asuda nii vastavate haiguste diagnostika, ravi kui ka profülaktika küsimuste lahendamisele. Arusaadavalt on siin kesksel kohal vastavad molekulaarse immunoloogia ja geenitehnoloogia meetodid.

Viimastel aastatel on teatavaks mudelhaiguseks kujunenud I tüüpi autoimmuunse polüendokrinopaatia sündroom, mille uurimine on autoimmuunhaiguste tekkemehhanismide selgitamisel andnud väga märkimisväärsed tulemused. Seda lapseas väljakujunevat haiguste kompleksi iseloomustab autoimmuunne neerupealiste kahjustus, millele lisanduvad varem või hiljem väga erineva lokalisatsiooniga autoimmuunhaigused ja neile iseloomulikud autoimmuunreaktsioonid. Kasutades I tüüpi autoimmuunse polüendokrinopaatiaga haigete vereseerumeid õnnestus meil 90. aastate algul kloonida ja iseloomustada selle sündroomi üht märklaudantigeenidest – steroidogeenne tsütokroom P450 17-alfa hüdroksülaas [Krohn jt., 1992]. Olgugi, et selles valdkonnas teerajaja, ei lahendanud see leid peaküsimust I tüüpi autoimmuunse polüendokrinopaatia puhul steroidide produtseerivate kudede kahjustuse põhjustest. Vaid hilisemad uuringud näitasid, et ka teised steroidhormoonide produktsiooni eest vastutavad hüdroksülaasid, nimelt tsütokroom P450 21-hüdroksülaas ja tsütokroom P450 desmolaas, on seotud autoimmuunhaiguste tekke iseärasustega neerupealistes ja sugunäärmetes [Uibo jt., 1994; Peterson jt., 1997]. Äsja õnnestus demonstreerida, et ka muud ensüümid võivad olla autoimmuunreaktsioonide märklauaks. Sel viisil võib näiteks tekkida osa enneaegse ovariaalse puudulikkusega haigusjuhtudest. Leid on iseäranis oluline, sest see

võimaldab selgitada ovariaalsest puudulikkusest tingitud viljatuse põhjusi ja ravivõimalusi.

Kõnesolevate autoantigeenide avastamine ja iseloomustamine on avanud head võimalused uute spetsiifiliste ja tundlike laboratoorsete testide rakendamiseks steroidhormoonide puudulikkusega seotud autoimmuunhaiguste diagnostikas. Käesolevaks ajaks on välja töötatud vastavatele rekombinantsetele autoantigeenidele baseeruvad laboratoorsed testid, millega seoses on olulisel määral paranenud nende haiguste õigeaegse ja täpse diagnoosimise võimalused [Peterson jt., 1998]. Tuginedes Euroopa Liidu teadusprogrammide Biomed 2 ja INCO-Copernicus raames tehtud koostööle, on Tartu Ülikooli ÜMPI immunoloogia teadusgrupp asunud ka neerupealise autoimmuunse kahjustuse patogeneesimehhanismide süvauuringutele. Siin pööratakse peatähelepanu inimesel tekkiva autoimmuunse protsessi kujunemise jälgimisele ja haiguse eksperimentaalse mudeli loomisele hiirtel.

Tänu uutele modernsetele uurimismetoodikatele, mis põhinevad rekombinantse DNA kasutamisel ja märklaudantigeenide molekulaarsel kloonimisel, samuti tundlikel immunokeemilistel analüüsidel, on viimastel aastatel meie teadusgrupis uuritud ka mitmeid teisi autoimmuunhaigusi ja autoimmuunsuse tekkes osalevaid tegureid (immunoloogilisi, geneetilisi ja keskkonnategureid) ning välja töötatud uued immunoloogilised meetodikad autoimmuunsuse ja autoimmuunhaiguste diagnostikaks.

Olulisi tulemusi on saadud maksa autoimmuunse haiguse, primaarse biliaarse tsirroosi haigetel tehtud immunoloogiliste uuringute valdkonnas. Primaarse biliaarse tsirroosi korral tekivad autoantikehad nii mitokondrite sisemembraanil paiknevate 2-oksohapete dehüdrogenaasikomplekside komponentide [Uibo jt., 1990; Uibo ja Kukk, 1995; Kisand jt., 1996, 1998a, 1998b] kui ka mitmete tuumavalkude [Rommel jt., 1996] vastu, kuid nende antikehade tekkemehhanism ja roll maksakoe autoimmuunses kahjustuses on jäänud siiamaani selgusetuks. Enamasti on uuritud just IgG-tüüpi autoantikehi ning vähe tähelepanu pööratud IgA-tüüpi autoantikehadele, kuigi haigusele omane koekahjustus algab maksasisestest sapikapillaaridest, millel on keskne roll IgA produktsioonis [Quaranta jt., 1999]. Meie uurimisgrupi tulemustest on aga selgunud, et just IgA-tüüpi, püruvaadi dehüdrogenaasiga reageerivatel autoantikehadel on haigusprotsessis ilmselt keskne osa [Kisand jt., 1998a]. Ulatusliku primaarse biliaarse tsirroosi raviuurimuse põhjal oleme täheldanud, et haigetel leitavatest autoantikehadest on haigusega seostuvate patomorfoloogiliste muutustega kõige tihedamalt seotud need autoantikehad, millel on võime inhibeerida *in vitro* püruvaadi dehüdrogenaasi [Kisand jt., 1998a]. Need tulemused on andnud uusi võimalusi autoimmuunse maksakahjustuse patogeneesimehhanismide uuringuteks. Lisaks sellele võib kõnesolevaid immunoloogilisi teste kasutada ka maksakoe seisundi mitteinvasiivseks hindamiseks ja ravitoime jälgimiseks. Tänu primaarsele biliaarsele tsirroosile spetsiifiliste ja tundlike immunoloogiliste testide juurutamisele on saanud võimalikuks primaarse biliaarse tsirroosi avastamine isikutel, kellel veel kliinilised sümptomid puuduvad, seega haiguse varastes staadiumides. Sel eesmärgil läbiviidud elanikkonnauring näitas, et kõnesolevates immunoloogilistes testides määratavad autoantikehad esinevad ilmselt aastaid enne haiguse kliinilist väljen-

dumist, mis loob olulise perspektiivi asümptomaatiliste haigusjuhtude laialatuslikuks arstlikuks läbivaatuseks ja ennetavaks raviks. Leiti, et sellisteks laialdasteks sõeluuringuteks sobivad immunoloogilised testid, mis põhinevad geenitehnoloogia abil saadud autoantigeenidel [Turchany jt., 1998]. Samas oleme aga täheldanud, et natiivsete ja rekombinantsete autoantigeenide kasutamisel põhinevad laboratoorsed testid ei anna alati sarnaseid tulemusi. Autoimmuunhaiguste uuringutel on sellele aspektile senini vähe tähelepanu pööratud.

Analoogselt primaarse biliaarse tsirroosiga on ka autoimmuunse tekkega peensoolehaiguse – tsöliaakia – korral olulist tähelepanu pööratud selliste laboratoorsete testide väljatöötamisele, mis võimaldaksid seda kui üht sagedamini esinevat kroonilist lastehaigust õigeaegselt diagnoosida. Meie laboratooriumis kasutusele võetud immunoloogilised testid lubavad efektiivselt välja sõeluda need isikud, kellel esineb tsöliaakia [Uibo jt., 1996; Metsküla jt., 1998]. See on väga oluline, sest paljudel tsöliaakiahaigetel ilmnevad kliiniliselt tuvastatavad haigusnähud alles siis, kui organismis tekivad tüsistused. Siingi pakuvad suurt teaduslikku ja praktilist huvi need immunoloogilised mehhanismid, mis osalevad tsöliaakia patogeneesis. Seetõttu on meie uuringutes kesksel kohal olnud ka mitmed meetodikad, mis võimaldavad iseloomustada autoantigeeni(-geene), mille vastu autoimmuunne reaktsioon on tsöliaakia korral suunatud. Kasutades molekulaarse kloonimise meetodikat, eraldasime 1997. aastal kopsukoe cDNA raamatukogust klooni, mis kodeerib tsöliaakiale iseloomulike autoantikehadega nn. retikuliinivastaste autoantikehadega reageerivat polüpeptiidi [Uibo jt., 1997]. See tulemus koos tsütoskeletoni valkude käimasolevate uuringutega loob võimaluse uute diagnostiliste testide väljatöötamiseks ning haiguse patogeneesimehhanismide edasiseks selgitamiseks. Analoogselt tsöliaakiaga on need probleemid uuringute keskmes ka põletikulise soolehaiguse [Kull jt., 1998] ja mõnede neeruhaiguste [Ots jt., 1997] korral, kus autoimmuunreaktsioonidel on koekahjustuse tekkes määrav osa.

Oluline koht on meie töögrupi uuringutes olnud väliskeskonnategurite osa hindamisel autoimmuunhaiguste kujunemisel. Siin on osutunud sobivaks mudeliks krooniline gastriit – haigus, mille tekkes on keskne osa mao limaskestas elutseval bakteril *Helicobacter pylori*'l ja selle patogeeniga seotud immunoloogilistel muutustel. Probleemi aktuaalsust on raske üle hinnata, kuna krooniline gastriit on seotud paljude teiste meditsiiniliselt ja sotsiaalselt oluliste haigustega, nagu näiteks maovähk ja haavandtöbi. Oleme leidnud, et kõnesolev patogeen indutseerib autoimmuunreaktsioonide teket mao limaskestas, analoogselt mikroorganismide toimega mõnede teiste autoimmuunhaiguste puhul [Kurtenkov jt., 1995; Uibo jt., 1995]. Siinjuures on väga oluline tulemus, mis näitab, et kõnesolevaid reaktsioone täheldatakse mao limaskestas juba lastel [Vorobjova jt., 1998a]. Antigeenide ümberkorraldused ning *Helicobacter pylori*'ga seotud immuunreaktsioonide muutused, mida täheldatakse maovähi korral, võivad olla selle, lapsepõlves alanud protsessi lõppvaatuseks [Vorobjova jt., 1998b]. Siiski peab rõhutama, et mao limaskesta vastu suunatud autoimmuunreaktsioonid pole ilmselt mitte alati indutseeritud *Helicobacter pylori* poolt, sest nii nagu näitab kilpnäärme ja mao limaskesta autoantikehade võrdlev uuring, võib mao autoimmuunsuse tekkes teatud roll

olla ka teiste kudede ja mao limaskestas autoantigeenide sarnasusel [Tonacchera jt., 1995]. Sellele on senini vähe tähelepanu pööratud, kuid erinevate autoimmuunhaiguste sageda koosesinemise aspektist on see väga perspektiivne valdkond. Esineb ju autoimmuunne gastriit autoimmuunse türeoidiidiga haigel suhteliselt sageli ja selle põhjus on lõplikult selgitamata. Nii nagu ei ole lõplikult selge ka paljude teiste autoimmuunhaiguste koosesinemise põhjus [Rose ja Mackay, 1998].

Viimatinimetatud probleemi võivad teatavat selgust tuua elanikkonna juhuvaliku uuringud. Selle tulemusena on saadud vägagi vajalikke andmeid autoimmuunreaktsioonide levimusest Lõuna-Eestis ja Tartu linnas [Uibo jt. 1995, 1998], mis on võimaldanud immunoloogiliselt iseloomustada vastavaid elanikkonnagruppe autoimmuunhaiguste tekke iseärasuste ja diagnoosimisvajaduse aspektist. Tartus ja Uppsalas läbi viidud, samal meetodikal baseeruvate võrdlevate autoimmuunsuuringute tulemus tõi esile hulga märkimisväärsed erinevusi kahe elanikkonnarühma vahel, mida polnud võimalik seletada vaid geneetiliste eripäradega. Leiti, et pigem on siin tegemist immuunsüsteemi erineva aktivatsiooniseisundiga võrreldavates elanikkonnagruppides, mille põhjuseks võiks olla näiteks lapseas põetud infektsioonide erinevus [Uibo jt., 1998]. See uuring oli esimene omalaadsete hulgas, kus eri riikide elanikkonnarühmi võrreldi autoimmuunsuse tekke aspektist täiesti identse uurimismetoodikaga.

Äsjased uuringud immuunreaktsioone määravate geenide (HLA, CTLA-4 jt.) polümorfismist ning immuunreaktsioonide eripäradest eestlaste seas ja võrdluses teiste rahvastega on toonud esile rida teisigi tegureid, millest võib olla tingitud autoimmuunhaiguste tekke eripära eestlastel [Kemp jt., 1998; Ots jt., 1997; Hirv jt., 1999; Juhela jt., 1999]. Need tulemused andsid tõuke hiljuti alustatud uuringutele, mille eesmärgiks on selgitada, kuidas HLA ja lapsea infektsioonid võivad olla seotud pankrease autoimmuunse kahjustuse ja selle tagajärjel tekkiva insuliinisõltuva diabeedi tekkega. Tartu töögrupi poolt teaduslikult koordineeritavasse Euroopa Liidu INCO-Copernicuse 1999–2002. a. projekti on haaratud 9 koostööpartnerit, kelle ühispingutuste tulemustena loodame saada küllaldaselt põhjaliku ettekujutuse keskkonna- ja pärilikkus- tegurite rollist insuliinisõltuva diabeedi kujunemisel.

Kõigi nende tööde tulemused on leidnud ka tee praktikasse. Heaks baasiks töögrupi poolt väljatöötatud diagnostiliste testide rakendamisel igapäevases diagnostilises teenistuses on sotsiaalministri poolt 1995.a. loodud rahvuslik Autoimmuunsuse Referentslaboratoorium, kus kasutatavate autoimmuunsuse diagnostiliste testide hulk kasvab jätkuvalt. Nii oli 1995. a. igapäevaselt kasutus 13 laboratoorset testi, käesoleval aastal – 29 testi.

Käesolevale teadustööle on kaasa aidanud TÜ ÜMPI immunoloogia õppetooli ja teadusgrupi töötajad, hulk kolleege TÜ arstiteaduskonnast ning ravisuustest kodu- ja välismaal, kellele kõigile avaldan siinkohal südamlikku tänu.

Tööd on toetanud Tartu Ülikool ja EV Haridusministeerium (TARMP0420), Eesti Teadusfond (grandid 1075, 3045), Euroopa Liit (Biomed 2 projekt BMH4-CT95-0729, INCO-Copernicuse projektid ERBIC15-CT96-0916 ja

ERBIC15-CT98-0316). Teadusuuringute tulemuste juurutamist tervishoiuvõrku on toetanud Tartu Ülikooli Kliinikum, EV Sotsiaalministeerium ja Avatud Eesti Fond.

## Kirjandus

1. Hirv K., Seyfarth M., Uibo R., Kull K., Salupere R., Rink L. 1999. Polymorphisms in the tumor necrosis factor and adhesion molecule genes in patients with inflammatory bowel disease; associations with HLA-DR, -DQ alleles and subclinical markers. *Scand. J. Gastroenterol.* (submitted).
2. Juhela S., Hyöty H., Uibo R., Meriste S., Uibo O., Lönnrot M., Halminen M., Simell O., Ilonen J. 1999. Comparison of enterovirus specific cellular immunity in two populations of young children vaccinated with inactivated or live poliovirus vaccines. *Clin. Exp. Immunol.* (in press).
3. Kemp E. H., Ajjan R. A., Husebye E. S., Peterson P., Uibo R., Imrie H., Pearce S. H. S., Watson P. F., Weetman A. P. 1998. A cytotoxic T lymphocyte antigen-4 (CTLA-4) gene polymorphism is associated with autoimmune Addison's disease in English patients. *Clin. Endocrinol.*, 49, 609–613.
4. Kisand K., Karvonen A.-L., Vuoristo M., Färkkilä M., Lehtola J., Inko-vaara J., Kisand K., Miettinen T., Krohn K., Uibo R. 1996. Ursodeoxycholic acid treatment lowers the serum level of antibodies against pyruvate dehydrogenase and influences their inhibitory capacity for the enzyme complex in patients with primary biliary cirrhosis. *J. Mol. Med.*, 74, 269 – 274.
5. Kisand K. E., Kisand K. V., Karvonen A.-L., Vuoristo M., Mattila J., Mäkinen J., Uibo R. 1998a. Antibodies to pyruvate dehydrogenase in primary biliary cirrhosis: correlation with histology. *APMIS*, 106, 884–892.
6. Kisand K. E., Kisand K. V., Vuoristo M., Mattila J., Mäkinen J., Salupere V., Uibo R. 1998b. Comparison of ELISA test and PDH inhibition assay in the description of different populations of patients with primary biliary cirrhosis. *Central-Eur. J. Immunol.*, 23, 203–207.
7. Krohn K., Uibo R., Aavik E., Peterson P., Savilahti K. 1992. Identification by molecular cloning of an autoantigen associated with Addison's disease as steroid 17 $\alpha$ -hydroxylase. *Lancet*, 339, 770–773.
8. Kull K., Salupere R., Uibo R., Ots M., Salupere V. 1998. Antineutrophil cytoplasmic antibodies in Estonian patients with inflammatory bowel disease. Prevalence and diagnostic role. *Hepato-Gastroenterology*, 45, 2132–2137.
9. Kurtenkov O., Wadström T., Klaamas K., Vorobjova T., Uibo R. 1995. Association of *Helicobacter pylori* gastric infection with the suppressed Thomsen-Friedenreich Antigen natural humoral response. *Scand. J. Gastroenterol.*, 30, 116–121.
10. Metsküla K., Grünberg H., Uibo O., Talja I., Uibo R. 1998. Antigliadin antibodies and autoantibodies among 9, 12 and 15 years old school-children. *Central-Eur. J. Immunol.*, 23, 197–202.

11. Ots M., Salupere V., Uibo R. 1997. Regional incidence of rapidly progressive glomerulonephritis in Estonia. *Nephrol. Dial. Transplant.*, 12, 2794–2796.
12. Peterson P., Uibo R., Peränen J., Krohn K. 1997. Immuno-precipitation of steroidogenic enzyme autoantigens with autoimmune polyglandular syndrome type I (APS I) sera; further evidence for independent humoral immunity to P450c17 and P450c21. *Clin. Exp. Immunol.*, 107, 335–340.
13. Peterson P., Uibo R., Krohn K. 1998. Addison's disease and related polyendocrinopathies. A review. *Endocrine Autoimmunity and Associated Conditions*, ed. by A. P. Weetman, Kluwer, 163–182.
14. Quaranta S., Van de Water J., Ishibashi H., Rosina F., Coppel R., Uibo R., Gershwin M. E. 1999. The immunopathogenesis of primary biliary cirrhosis. *Hepato-Gastroenterology*. (in press).
15. Rimmel T., Piirsoo A., Koiveer A., Rimmel H., Uibo R., Salupere V. 1996. Clinical significance of different antinuclear antibodies patterns in the course of primary biliary cirrhosis. *Hepatogastroenterology*, 43, 1135–1140.
16. Rose N. R., Mackay I.R. (eds.). 1998. *The Autoimmune Diseases*. Academic Press.
17. Sinha A. A., Lopez M. T., McDevitt H. O. 1990. Autoimmune diseases: the failure of self tolerance. *Science*, 248, 1380–1388.
18. Tonacchera M., Cetani F., Costagliola S., Alcalde L., Uibo R., Vassart G., Lutgate M. 1995. Mapping of thyroid peroxidase using recombinant protein fragments. *Eur. J. Endocrinol.*, 132, 53–61.
19. Turchany J. M., Uibo R., Kivik T., Van de Water J., Prindville T., Coppel R. L., Gershwin M. E. 1997. A study of antimitochondrial antibodies in a random population in Estonia. *Amer. J. Gastroenterol.*, 92, 124–126.
20. Uibo R., Kukk E. 1995. Autoantibodies against enzymes – key for more specific diagnosis of autoimmune diseases. *Ter. Arkhiv. (Moscow)*, 4, 62–64. (vene keeles).
21. Uibo R., Mackay I. R., Rowley M., Armstrong J., McNeilage J., Humphreys P. 1990. Inhibitory effect of mitochondrial M2 autoantibodies on the major primary biliary cirrhosis autoantigen pyruvate dehydrogenase E2. *Clin. Exp. Immunol.*, 80, 19–24.
22. Uibo R., Aavik E., Peterson P., Perheentupa J., Aranko S., Pelkonen R., Krohn K. J. E. 1994. Autoantibodies to cytochrome P450 enzymes P450scc, P450c17 and P450c21 in autoimmune polyglandular disease types I and II and in isolated Addison's disease. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 78, 323–328.
23. Uibo R., Vorobjova T., Metsküla K., Kisand K., Wadström T., Kivik T. 1995. Association of *Helicobacter pylori* and gastric autoimmunity: a population based study. *FEMS Immunol. Med. Microbiol.*, 11, 65–68.
24. Uibo O., Metsküla K., Kukk T., Rägo T., Uibo R. 1996. Results of coeliac disease screening in Estonia in 1990–1994. *Acta. Paediatr. Suppl.*, 412, 39–41.
25. Uibo R., Uibo O., Reimand K., Peterson P., Krohn K. 1997. Characterization of an antigen reactive with antireticulin antibodies by molecular cloning. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 815, 509–511.
26. Uibo R., Talja I., Jõgi R., Janson C., Björnsson E., Boman G., Mandel M., Björkstén B. 1998. Autoantibodies in Estonia and Sweden, populations

- with different responses to allergens. *Int. Arch. Allergy Immunology*, 117, 126–130.
27. Van Parijs L., Abbas A. K. 1998. Homeostasis and self-tolerance in the immune system: turning lymphocytes off. *Science*, 280, 243–248.
  28. Vorobjova T., Maaros H.-I., Rägo T., Zimmermann A., Uibo R. 1998a. *Helicobacter pylori* (HP) in gastric mucosa of children with abdominal complaints: HP detection by Giemsa staining is superior to specific antibody staining, but immunochemistry detects antigen-reactive corpus mucosa cells. *Helicobacter*, 3, 103–109.
  29. Vorobjova T., Nilsson I., Kull K., Maaros H.-I., Covacci A., Wadström T., Uibo R. 1998b. CagA protein seropositivity in a random sample of adult population and gastric cancer patients in Estonia. *Eur. J. Gastroenterol. Hepatol.*, 10, 41–46.



*Teaduspreemia geo- ja bioteaduste alal tööde tsükli*

*“Eesti taimekoosluste ja  
mõnede taimetaksonite mitmekesisus”*

eest



*Jaanus  
Paal*  
kollektiivi juht

Sündinud 16. septembril 1947 Urvastes

1966 Tartu Kaugõppe Keskkool  
1978 Tartu Ülikool  
1983 bioloogiakandidaat  
1983 Tooma Soojaama juhataja  
1986–1993 TA Zooloogia ja Botaanika Instituut: vanemteadur, osakonna-  
juhataja, teadusdirektor  
1991 Karl Ernst von Baeri medal  
Alates 1992. a. Tartu Ülikooli botaanika ja ökoloogia instituudi botaanika  
korraline professor

Teaduslikke publikatsioone üle 50, sh. 6 monograafia autor või kaasautor



*Silvia Sepp* (teine vasakult)

Sündinud 19. augustil 1966 Pärnus

1984 Pärnu 1. Keskkool

1989 Tartu Ülikool

Doktorant Tartu Ülikooli botaanika ja ökoloogia instituudi botaanika õppetooli juures

1 teaduspublikatsioon

*Malle Leht* (kolmas vasakult)

Sündinud 11. detsembril 1953 Tartus

1972 Miina Härma nim. Tartu II Keskkool

1977 Tartu Ülikool

1997 PhD

EPMÜ Zoologia ja Botaanika Instituudi vanemteadur

40 teaduspublikatsiooni

*Tõnu Möls* (neljas vasakult)

Sündinud 12. juunil 1939 Tartus

1958 Vabariiklik Kaugõppe Keskkool

1963 Tartu Ülikool (teoreetiline füüsika)

1974 füüsika-matemaatikakandidaat

EPMÜ Zoologia ja Botaanika Instituudi vanemteadur,

TÜ matemaatilise statistika instituudi dotsent

Üle 60 teaduspublikatsiooni

Bioloogilise mitmekesisuse kaitse on kujunenud tänapäeval üheks olulisemaks globaalseks probleemiks, millega seonduvad paljud tõsised majanduslikud, sotsiaalsed ja poliitilised küsimused. Tegemist on püüdega säilitada inimtegevuse mõjul kiiresti degradeeruva elukeskkonna kvaliteeti. Mitmetest kõige kõrgemal tasemel sõlmitud vastavatest rahvusvahelistest dokumentidest on ilmselt kõige paremini tuntud Rio de Janeiro 1992. a. üllitatud "Bioloogilise mitmekesisuse konventsioon", samal aastal Euroopa Ühenduse poolt vastu võetud "Looduslike elupaikade direktiiv" jt.

Rääkides loodusliku mitmekesisuse säilitamisest ja kaitsmisest, on vaja kõigepealt inventeerida ning teada saada, millistest organismidest ja nende süsteemse organiseerituse tasemetest see mingil maa-alal koosneb. Siinjuures oleme sunnitud arvestama sellega, et bioloogilisi süsteeme iseloomustab avatus, madal terviklikkus ning emergentsus ja et need sageli raskesti määratletavad kollektiivsed moodustised on omavahel keerukalt põimuvad ning märkamatuult üksteiseks üleminevad. Pealegi nõuab ökosüsteemide organiseerituse erinevate tasemete uurimine spetsiifilist lähenemist ning metoodikat. See kõik muudab loodusliku mitmekesisuse käsitlemise kohati äärmiselt komplitseerituks.

Üldiselt peetakse aktsepteeritavaks praegu loodusliku mitmekesisuse käsitlemisel viietasemelist lähenemisi, mis sobib hästi ka kaitsestrateegiate aluseks. Tasemed on järgmised: geneetiline, populatsiooniline, liigiline, koosluseline ja maastikuline [Soulé, 1991]. Ehkki ideaalina peaks võrdsel määral silmas pidama kõiki nimetatud tasemeid, ei võimalda seda meie praegused teadmised ega tehniline varustatus. Enam on teavet liikide ja koosluste kohta, vähem populatsioonide ning maastike tasemel, geneetilisest mitmekesisusest on ülevaade siiani veel üsna napp.

Püüdes hinnata teadmisi Eesti loodusliku mitmekesisuse kohta, tuleb tõdeda, et vaatamata uurimise pikaajalisele traditsioonile ja meie loodusteadlaste heale rahvusvahelisele mainele, on paljude taksonite osas veel rohkesti segadust, hulk organismirühmi on aga peaaegu täiesti käsitlemata. Siiani puudub ka rahuldav ülevaade meil esinevast kasvukohtade mitmekesisusest. See töö on teravalt päevakorra kerkinud seoses viimastel aastatel läbi viidud või läbi viidavate mitmete rahvusvaheliste looduskaitse- ja -teaduslike projektidega. Siit tulenevalt on vajadus Eesti looduslike elupaikade (ingl. k. *natural habitats, natural sites*) klassifikatsiooni järgi muutunud äärmiselt aktuaalseks. Arvestades seda, et elupaiga ökoloogilisi tingimusi kajastab integreeritult ja kõige ilmekamalt seal kasvav taimkate, on loomulik, et elupaikade määratlemine/eristamine tugineb just viimase omadustel. Samal viisil on koostatud näiteks ka Euroopa Liidu raames direktiivsel kinnitatud "Palearktika looduslike elupaikade loend" (*List of habitats of Palearctic region*) ja teised analoogsed kataloogid või klassifikatsioonid.

Taimkatet võib tüpiseerida väga mitut moodi. Esimene võimalus on lähtuda sellest, mis on tüpologia eesmärk. Siin võib laias skaalas eristada fütotsöoloogilisi, metsanduslikke, põllumajanduslikke ja maastikuteaduslikke eesmärke. Teiseks sõltub tüpologia ruumilisest või ka ajalisest mõõtkavast, mille raames seda tehakse. Kolmandaks tunnuste valikust ja sellest, milline tähtsus (kaal) üksikutele tunnustele omistatakse. Neljandaks on suur tähtsus klassifitseerimise (klasterdamise) algoritmil. Lõpuks, viiendaks, on võimalik ka ühte

ja sama tulemust erinevatest kontseptsioonidest lähtuvalt interpreteerida mitmel viisil.

Eesti taimekoosluste üldistavamad klassifikatsioonid [Lippmaa, 1935; Laasimer, 1965; Marvet, 1970; Krall jt. 1980; Lõhmus, 1984] on kõik sünteetilised – neis on samaaegselt arvestatud nii koosluste liigilist koosseisu, liikidevahelisi ohtrussuhteid kui ka kasvukoha ökoloogilisi tingimusi. Sama põhimõtet on järgitud ka projekti “Eesti bioloogilise mitmekesisuse riiklik ülevaade” raames valminud “Eesti taimkatte kasvukohatüüpide klassifikatsioonis” [Paal, 1997]. Seda eeldab juba kasvukoha määratlus: kasvukoht (laiemas ökoloogilises kontekstis ka elupaik, biotoop, ökotoop) on keskkonnategurite – kliima, pinnamoe, veerežiimi jm. – suhteliselt püsivate omadustega kompleks [Masing, 1992]. Igas keskkonnatingimuste kompleksis saab kasvada ainult taimeliikide teatud kogum, mis nii omavahel kui ka muude organismidega keerukates seostes olles moodustavad sellele kasvukohale iseloomuliku taimekoosluse. Arvestades seda, et keskkonnatingimustele nagu ka taimkattele on omane pidev varieerumine, on mis tahes kasvukoha või taimekoosluse piiritlemine looduses alati suuremal või vähemal määral tinglik. Väga sageli võib tegu olla üsna ulatuslike üleminekualadega (ökotoonidega) n.-ö. tüüpiliste koosluste vahel. Seega saab kasvukohtade või taimekoosluste mis tahes klassifikatsioon olla vaid looduse mitmekesisuses orienteerumist hõlbustavaks taustsüsteemiks.

“Eesti taimkatte kasvukohatüüpide klassifikatsioonis” on 1) metsataimkonna raames eristatud kokku 30 kasvukohatüüpi, mis jaotuvad omakorda vähemalt 65 kooslusetüübiks; 2) niidutaimkond on esindatud 14 kasvukohatüübiga, kusjuures peamisi kooslusetüüpe on 95; 3) sootaimkond hõlmab 9 kasvukohatüüpi ja 46 kooslusetüüpi, s.h. 7 rabakompleksi; 4) kaljutaimkonda kuulub 3 kasvukohatüüpi, 7 kooslusetüüpi + tosinajagu monosüusiaalseid sotsieteete; 5) luite- ja liivikutaimkond jaotub 4 kasvukohatüüpi; 6) veetaimkond 11 kasvukohatüüpi; 7) ruderaaltaimkond 3 kasvukohatüüpide klassi ning 8) kultuurtaimkond 7 kasvukohatüüpi. Nagu selgub, on praeguste andmete põhjal ruderaaltaimkonda võimalik käsitleda ainult kasvukohatüübi klasside tasemel ning veetaimkonda kasvukohatüüpide tasemel – nende taimkondade koosluste kohta siiani informatsioon puudub.

Klassifikatsioonist on välja jäetud Eesti haruldased taimekooslused või on viimased üksnes põgusalt mainitud. See on seotud eeskätt nende määratlemise kriteeriumide segadusega, kus seni on püütud samaaegselt arvesse võtta ka koosluste ohustatust. Tegelikult ei tähenda mingi liigi või koosluse haruldus tingimata selle ohustatust ja vastupidi. Neid mõlemaid tuleb hinnata omaette kriteeriumide süsteemi alusel, kusjuures haruldust saab kasutada kui ühte parameetrit ohustatuse käsitlemisel [Mace ja Lande, 1991]. Harulduse mõiste käsitlemisel, samuti harulduse ja ohustatuse vahekorra vaagimisel on oluline arvestada seda, kuidas on väikese arvukusega liik või harvaesinev kooslus käsitletaval alal jaotunud [Rabinowitz, 1981]. Eesti haruldaste taimekoosluste kategooriad võib määratleda järgmiselt:

0 – Hävinud või tõenäoliselt hävinud. Kooslused, mille eksisteerimist ei ole pärast nende kirjelduse avaldamist korduvalt kontrollimisele vaatamata õnnestunud tuvastada. Tagasiulatavaks ajaliseks piiriks võiks siin olla 1933. aasta, mil ilmus kogu Eesti taimkatet käsitlev T. Lippmaa monograafia “Tai-

meühingute uurimise meetodika ja Eesti taimeühingute klassifikatsiooni põhijooni”.

1 – Väga haruldane. Kooslused, mis esinevad 1–5 kasvukohas ja/või mille üldpindala on väiksem kui 10 ha.

2 – Haruldane. Kooslused, mis esinevad 6–15 kasvukohas ja/või mille üldpindala on metsade puhul väiksem kui 50 ha, rohumaade ja soode puhul aga väiksem kui 100 ha.

3 – Üsna haruldane. Kooslused, mis esinevad 16–40 kasvukohas ja/või mille üldpindala on väiksem kui 300 ha.

4 – Potentsiaalselt haruldane. Kooslused, (i) mis tõenäoliselt satuvad 5–10 aasta jooksul ühte eelmistest kategooriatest, kui neile ebasoodsa(te) teguri(te) mõju ei lakka; (ii) mille esinemissagedus ei ületa 2. või 3. kategooria koosluste oma, kuid mille pindala on viimase 10 aasta jooksul järjekindlalt laienenud; (iii) mille esinemissagedus on väike, ent mille kohta ei ole piisavalt andmeid otsustamiseks, millisesse kategooriasse see kooslus kuulub; kasvukohad vajavad täiendavat inventeerimist.

Tuleb märkida, et võrreldes juba publitseeritud süsteemiga [Paal, 1998a; 1998b] on käesoleval juhul põhjalikumale analüüsile tuginedes kategooriate 1, 2 ja 3 kriteeriume tunduvalt nõrgendatud, kohandades neid enam vastavaks reaalsele olukorrale.

Taimekoosluste ohustatuse kategooriate defineerimisel tuleb arvestada seda, et kategooriate paremaks mõistmiseks ja kasutamiseks ei tohi nende arv olla suur [Mace ja Lande, 1991], kategooriate vahel peab olema loogiline ja selge seos [Munton, 1987], need peaksid võimaldama hävimise riski tõenäosust hinnangut ning sisaldama ajadimensiooni [Mace ja Lande, 1991; Burgman jt., 1993]. Sellest lähtudes jaotame Eesti ohustatud taimekooslused kolme kategooriasse:

1 – Väga ohustatud. Kooslused, mille hävimise risk on väga kõrge ühel järgnevaist põhjustest: (i) viimase 10 aasta jooksul on seda tüüpi koosluste kogupindala vähenenud ligikaudu 75%; (ii) kooslused on ebasoodsate tegurite tugeva mõju all, mille kestmisel seda tüüpi koosluste pindala väheneb järgneva 10 aasta jooksul tõenäoliselt kuni 75%; (iii) kooslused esinevad äärmiselt fragmenteeritult ja seetõttu ei suuda säilitada neile iseloomulikku struktuuri (liigilist koosseisu, liikide ohtrusvahetust, rindelisust, mosaiiksust, aineriinget); (iv) kooslused kuuluvad harulduse 1. kategooriasse.

2 – Ohustatud. Kooslused, mille säilimise risk on kõrge ühel järgnevaist põhjustest: (i) viimase 10 aasta jooksul on seda tüüpi koosluste kogupindala vähenenud ligikaudu 50%; (ii) kooslused on ebasoodsate tegurite mõju all, mille kestmisel seda tüüpi koosluste pindala väheneb järgneva 10 aasta jooksul tõenäoliselt kuni 50%; (iii) koosluste fragmenteeritus on viimase 10 aasta jooksul suurenenud kuni kolm korda; (iv) kooslused kuuluvad harulduse 2. või 3. kategooriasse.

3 – Ohualtid. Kooslused, mis on üsna ohustatud ühel järgnevaist põhjustest: (i) viimase 10 aasta jooksul on seda tüüpi koosluste kogupindala vähenenud ligikaudu 25%; (ii) kooslused on ebasoodsate tegurite mõju all, mille kestmisel seda tüüpi koosluste pindala väheneb järgneva 10 aasta jooksul tõenäoliselt kuni 25%; (iii) koosluste fragmenteeritus on viimase 10 aasta jooksul suurenenud kuni kaks korda. Siia kategooriasse tuleks arvata ka kooslused, mis Eestis esinevad üsna arvukalt ja küllalt laialdasel pindalal, kuid mis on haruldased ja/või tugevasti ohustatud naabermaades – nn. vastutuskooslused.

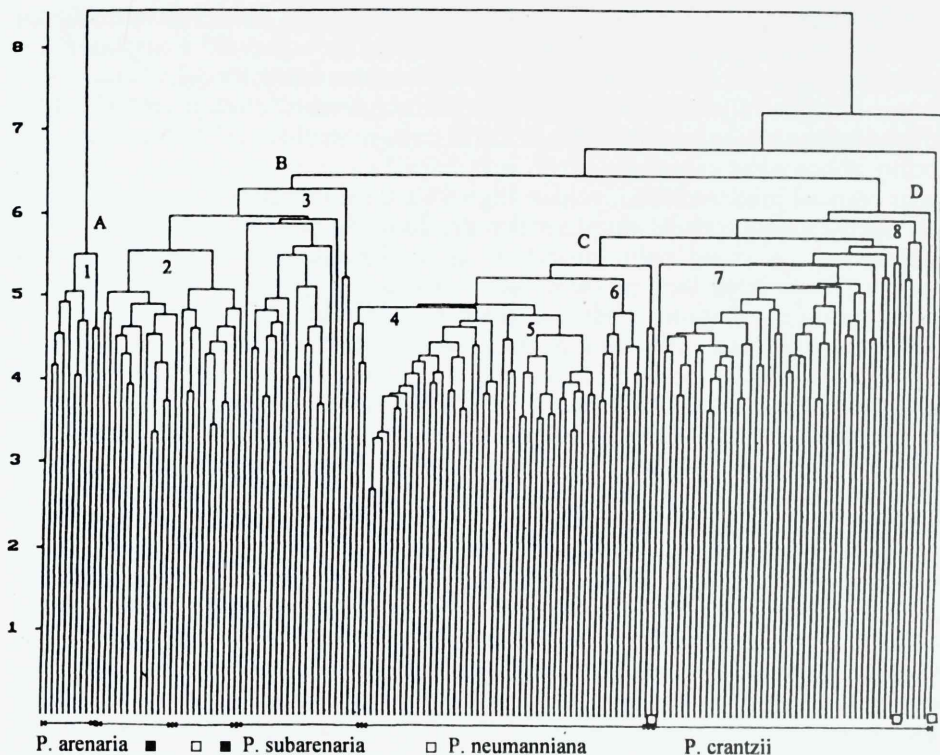
Tuleb rõhutada, et ohustatuse kategooria ei määratle veel kaitsemeetmete prioriteeti. Viimase puhul tuleb arvesse võtta palju erinevaid komponente – maksumus, logistika, edu tõenäosus jm. Ohustatuse kategooriad võimaldavad üksnes hinnata/väljendada seda, milline on ebasoodsate tingimuste jätkudes selle koosluse hävimise tõenäosus ja millise aja jooksul see võib toimuda.

Nagu eespool juba mainitud, eeldab liigirikkuse säilitamine ja kaitse objektide (s.t. liikide) ning nende eksistentsiks vajalike olude tundmist. Eesti flora käsitlemisel on siiani palju probleeme seotud kahe roosõieliste sugukonna polümorfse ja liigirikka perekonnaga – maran (*Potentilla* L.) ja kortsleht (*Alchemilla* L.). Esitame olulisima meie poolt [Leht ja Paal, 1998a; 1998b; 1998c; Sepp ja Paal, 1998] nende taksonite uurimisel selgitatust.

PEREKOND MARANA (*POTENTILLA* L.) SEKTSIOON *AUREA* WOLF. Baltimail oma levila piirile jõudnud *Aureae* sektsiooni esindajate (*Potentilla neumanniana* Rchb., *P. arenaria* Borkh., *P. subarenaria* Borbas ja *P. crantzii* (Crantz.) Beck) morfoloogilist varieerumist uuriti mitmete feneetiliste meetoditega 41 tunnuse baasil. Feneetilise klassifikatsiooni jaoks osutusid kõige olulisemateks epidermi tunnused: tähtkarvade ja näärmekarvade arv ja mõõtmed ning epidermi rakkude arv. Makromorfoloogilised tunnused on vähem tähtsad, klastrite eristamisel olid neist kõige kasulikumad kroonlehtede ja tupplehtede pikkus ning keskmise lehekese hammaste arv. Kõik neli liiki on olulisel määral ( $p = 0,01$ ) distinktsed. Isegi *P. subarenaria*, kindlalt hübriidse päritoluga liik (*P. arenaria* x *P. neumanniana*), on teistest uuritud taksonitest selgelt piiritletud. Samas on kõik liigid morfoloogiliselt küllalt varieeruvad, nii et nende piires on võimalik eristada statistiliselt distinktsed alamklastreid (morfofüüpe). Uuritud liikidest on kõige varieeruvam vähemalt kolmeks morfofüübiks jagunev *P. neumanniana* Rchb. (joon.). *P. subarenaria* eksemplarid eristuvad kaheks klastriks, kusjuures üks sarnaneb ühe, teine teise vanemliigiga; sellele liigile omase kontinuaalse loomuse tõttu pole liigisisest alamtaksonite eristamine põhjendatud.

Põhjamaades on *P. crantzii* ja *P. neumanniana* (*P. tabernaemontani* Asch.) heksaploidsed ( $2n=42$ ) apomiktid [Asker, 1985], suguliselt paljunevad vaid tetraploidid ( $2n=28$ ), mis kasvavad Kesk-Euroopas [Müntzing, 1958]. Kuna Eestist on seni leitud vaid heksaploide, võime oletada, et ka Baltimaade *P. crantzii* ja *P. neumanniana* on apomiktsed.

PEREKOND MARANA (*POTENTILLA* L.) SEKTSIOON *ARGENTEA* WOLF. *Potentilla argentea* s.l. materjalist määratud taksonid *P. impolita* Wahlenb., *P. argentea* var. *argentea*, var. *decumbens*, var. *demissa*, var. *grandiceps* ja var. *tenerrima* klasteranalüüsil distinktsedeks klastriteks ei eristunud, vaid moodustasid 3–5 taksonit koosnevaid grupe. Küll aga eristus selgelt hõbemaranal (*P. argentea*) taksonoomiliselt väga lähedane liik *P. collina* Wibel, mis viitab *P. argentea* s.l. liigisisest taksonite erinevuste väikesele ulatusele. Kuna kõik uuritud varieteetid ja kitsa liigikäsitluse alusel eristatud liik *P. impolita* moodustasid koos segaklastreid, s.t. *P. impolita* ei eristunud varieteedi tasemel käsitletud taksonitest, on õigem käsitleda seda taksonit samuti varieteedinä – *P. argentea* var. *incanescens* (Opiz) Focke – mitte liigi ega alamliigina, nagu on seni tehtud ka Baltimaid puudutavates taksonoomilistes kirjutistes.



Joonis. Analüüsitud taimeisendite klasteranalüüsi dendrogramm (kaalumata keskmise seose algoritm, Manhattani kaugusmõõt).

A, B, C, D – liigiklastrid. Morfotüüpide klastrid on tähistatud numbritega:

- 1 – *Potentilla arenaria*,
- 2 – *P. subarenaria* esimene morfortüüp,
- 3 – *P. subarenaria* teine morfortüüp,
- 4 – *P. neumanniana* esimene morfortüüp,
- 5 – *P. neumanniana* teine morfortüüp,
- 6 – *P. neumanniana* kolmas morfortüüp,
- 7 – *P. crantzii* esimene morfortüüp,
- 8 – *P. crantzii* teine morfortüüp.

Müntzing ja Müntzing [1941] peavad *P. argentea* s.str. esindajaid diploidideks ja *P. impolita* omi heksaploidideks ning tetraploide nende hübriidideks. Asker [1986] väidab, et diploidne kromosoomitüüp on tavalisem põhja pool ja heksaploidne (*P. impolita*) lõuna pool ning nende areaalid kohtuvad Skandinaavia poolsaare lõunaosas. Morfoloogia ja ploidsusastme vahel seost leitud pole [Holm, 1996], kui aga määrata taimi ainult morfoloogiliste tunnuste alusel, on *P. argentea* s.str. Eestis, Lätis ja Leedus tavalisem kui *P. impolita*, esineb rohkesti vahepealsete tunnustega taimi ning segapopulatsioone. Seega ulatub diploidide ja heksaploidide “kontaktala” kaugemale põhja kui oletab Asker [1986]. Eesti *P. argentea* s.l. materjalist on määratud nii diplode, tetraploide kui heksaploide ( $2n=14, 28, 42$ ).

PEREKONNA KORTSLEHT (*ALCHEMILLA* L.) LIIKIDE TAKSONOOMILINE KONTIINUM. Kortslehe (*Alchemilla* L. s. l.) taimeperekonna piires on üksnes Euroopas kirjeldatud üle 300 mikroliigi [Fröhner, 1995], mis on enamasti fakultatiivselt apomiktised [Izmailow, 1994].

Analüüsisime 43 tunnuse põhjal 23 Eestis kasvava mikroliigi ja nende seksioonide morfoloogilist eristumist ning hindasime tunnuste statistilist olulisust. Parimateks tunnusteks osutusid taime karvasust iseloomustavad parameetrid (karvade arv vartel, lehtedel, õitel). Siiski on selge, et ka meetrilisi ja nominaalseid tunnuseid ei saa ignoreerida, sest osa liike karvasuse alusel ei eristu. Tunnused moodustavad neli selgelt piiritletud korrelatiivset rühma: 1) vegetatiivsed meetrilised tunnused, 2) õisi iseloomustavad tunnused, 3) taimede karvasust hindavad tunnused ning 4) lehehammaste tunnused.

Liikide tasemel osutusid statistiliselt distinkseteks ainult kolm: kurd-kortsleht (*A. plicata* Buser), poolkuujas kortsleht (*A. semilunaris* Alechin) ja Lindbergi kortsleht (*A. lindbergiana* Juz.); ülejäänud liigid moodustasid omavahel kontinuaalselt seotud klastrite keeruka võrgustiku. Seksioonide tasemel on taksonoomiline diskreetsus siiski küllalt hästi tuvastatav; sellest seisukohast osutub kõige aktsepteeritavamaks Fröhneri [1995] süsteem. Ilmneb siiski, et ka seda tuleks mõneti korrigeerida. Seksioon *Pubescentes* Fröhner tuleks jagada kaheks eraldi seksiooniks või vähemalt seeriaks – *Pubescentes* ja *Barbulatae* Juz. Niitjas kortsleht (*A. filicaulis* Buser) tuleks seksioonist *Pubescentes* üle viia seksiooni *Coriaceae* Fröhner, kuid võiks selles olla eraldatud seeriasse *Exuentes* Juz. Paljas kortsleht (*A. glabricaulis* H. Lindb. fil.) peaks samuti kuuluma seksiooni *Coriaceae* seeriasse *Glabricaulis* Juz. Poolkuujas kortsleht ei sarnane seksiooni *Ultravulgares* Fröhner liikidega; põhjendatum näib selle käsitlemine seksioonis *Decumbentes* Fröhner.

## Kirjandus

1. Asker S. 1985. Polymorphism of *Potentilla tabernaemontani* and related taxa on Gotland. *Hereditas*, 102, 39–45.
2. Asker S. 1986. Variation in some apomictic Nordic *Potentilla* species. – *Acta Univ. Ups., Symb. Bot. Ups.*, 27, 199–205.
3. Burgman M. A., Ferson S., Akēakaya H. R. 1993. Risk assessment in conservation biology. Chapman & Hall, London.
4. Fröhner S. 1995. *Alchemilla*, ed. by G. Hegi. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, Bd. 4, T. 2B, 2 Aufl. Blackwell Wiss.-Verl., Berlin-Wien, 13–242.
5. Holm S. 1996. Sexuality, apomixis and polyploidy: *Potentilla argentea* as a critical example. Dept. Genetics, Lund University, Lund.
6. Izmailow R. 1994. Embryo and endosperm relations at early stages of their development in *Alchemilla* (subsect. *Heliodrosium* (Rosaceae)). *Polish Botanical Studies*, 8, 61–67.
7. Krall H., Pork K., Aug H., Püss O., Rooma I., Teras T. 1980. Eesti NSV looduslike rohumaade tüübid ja tähtsamad taimekooslused. ENSV Põllumajandusministeeriumi Informatsiooni ja Juurutamise Valitsus, Tallinn.
8. Laasimer L. 1965. Eesti NSV taimkate. Valgus, Tallinn.



9. Leht M., Paal J. 1998a. *Potentilla* L. sect. *Rivales* Wolf and related taxa in the Baltic states. *Folia Geobot. et Phytotax.*, 33, 171–186.
10. Leht M., Paal J. 1998b. Variation in *Potentilla* sect. *Aureae* (Rosaceae) in the Baltic states. *Nord. J. Bot.*, 18, 339–351.
11. Leht M., Paal J. 1998c. Variation of *Potentilla erecta* (Rosaceae) in Estonia. *Ann. Bot. Fennici*, 35, 11–19.
12. Lippmaa T. 1935. Eesti geobotaanika põhijooni. *Acta et Comm. Univ. Tartuensis (Dorpatensis)*, A28, 1, 1–97.
13. Lõhmus E. 1984. Eesti metsakasvukohatüübid. ENSV Agrotööstuskoondise Info- ja Juurutusvalitsus, Tallinn.
14. Mace G. M., Lande R. 1991. Assessing extinction threats: toward a re-evaluation of IUCN threatened species categories. *Conservation Biology*, 5, 148–157.
15. Marvet A. 1970. Eesti taimekoosluste määraja. Abiks loodusevaatlejale, 61, 3–56.
16. Masing V. (koost.) 1992. Ökoloogialeksikon. Eesti Entsüklopeediakirjastus, Tallinn.
17. Munton P. 1987. Concepts of threat to the survival of species used in Red Data books and similar compilations. The road to extinction, eds. by R.Fitter, M.Fitter. IUCN/UNEP, Gland, 72–95.
18. Müntzing A. 1958. Sublethal species hybrids in *Potentilla*. *Hereditas*, 44, 554–556.
19. Müntzing A., Müntzing G. 1941. Some new results concerning apomixis, sexuality and polymorphism in *Potentilla*. *Bot. Not.*, 94, 237–278.
20. Paal J. 1997. Eesti taimkatte kasvukohatüüpide klassifikatsioon. Eesti Keskkonnaministeerium, ÜRO keskkonnaprogramm, Tallinn.
21. Paal J. 1998a. Endangered plant communities of Estonia. *Biodiversity and Conservation*, 7, 1027–1049.
22. Paal J. 1998b. Skyddsvärda växtsamhällen i Estland. *Svensk Bot. Tidskr.*, 92, 163–183.
23. Rabinowitz D. 1981. Seven forms of rarity. The biological aspects of rare plant conservation, ed. by H. Synge. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 205–217.
24. Sepp S., Paal J. 1998. Taxonomic continuum of *Alchemilla* (Rosaceae) in Estonia. *Nord. J. Bot.*, 18, 519–535.
25. Soulé M. E. 1991. Conservation: tactics for a constant crisis. *Science (Wash.)*, 253, 744–750.

*Teaduspreemia põllumajandusteaduste alal töö*

*“Nisu haiguskindluse geneetika ja aretus” eest*



*Tamara Enno*

Sündinud 1. detsembril 1929 Leningradis

1948 Tallinna 6. Keskkool  
1953 Leningradi Riiklik Ülikool, geneetika  
1969 bioloogiakandidaat (geneetika)  
1987 ENSV teaduspreemia  
1989 bioloogiadoktor (geneetika)  
Alates 1961. a. Eesti TA Eksperimentaalbioloogia Instituut: aspirant, nooremteadur, vanemteadur, osakonnajuhataja (1998. aastast Eesti Põllumajandusülikooli koosseisus)

150 teaduspublikatsiooni



*Hilma Peuša*

Sündinud 2. märtsil 1948 Tartus

1966 Ropša Keskkool (Leningradi obl.)  
1972 Leningradi Põllumajandusinstituut, taimekaitse  
1982 bioloogiakandidaat (geneetika)  
1987 ENSV teaduspreemia  
Alates 1972. a. Eesti TA Eksperimentaalbioloogia Instituut: aspirant, nooremteadur, vanemteadur (1998. aastast Eesti Põllumajandusülikooli koosseisus)

60 teaduspublikatsiooni



## Oskar Priilinn

Sündinud 18. mail 1926 Pärnumaal

1945 Pärnu 1. Keskkool  
1949 Tartu Ülikool, agronoomia  
1953 põllumajanduskandidaat (sordiaretus)  
1984 bioloogiadoktor (geneetika)  
1986 ENSV teeneline teadlane  
1987 ENSV teaduspreemia  
Alates 1957. a. Eesti TA Eksperimentaalbioloogia Instituut: direktor (kuni 1991), peateadur, vanemteadur (1998. aastast Eesti Põllumajandus-ülikooli koosseisus)

160 teaduspublikatsiooni



## Hans Küüts

Sündinud 20. detsembril 1932 Põlvamaal

1947 Tartu 1. Keskkool  
1951 Eesti Põllumajanduse Akadeemia, agronoomia  
1968 põllumajanduskandidaat (sordiaretus)  
1973 EUCARPIA (Euroopa Sordiaretajate Ühing) liige  
1974 ENSV teeneline teadlane  
1984 rahvusvahelise odra geneetika komitee liige  
1987 ENSV teaduspreemia  
1992 professor  
1994 Eesti Teaduste Akadeemia liige  
Alates 1958. a. Jõgeva Sordiaretusjaam (1993. aastast Jõgeva Sordiaretuse Instituut): teadur, aretusosakonna juhataja, direktor, teadur  
Üle 140 teaduspublikatsiooni

Üheks peamiseks inimkonda teraviljaga kindlustavaks kultuuriks on pehme nisu (*Triticum aestivum* L.). Selle kultuuri käibelolevad sordid võiksid täielikult rahuldada vajaduse saiavilja järele, kui ei oleks kahjurite ja haiguste tekitatud suuri kadusid. Seenhaiguste põhjustatud saagikaod võivad olla massilise nakkuse korral 50% ja enam. Haigusetekiitajate laialdase leviku ja kiire arenemise peamiseks põhjuseks on kasvatatavate sortide geneetiline ühetaolisus. Agronoomiliste, biokeemiliste ja füsioloogiliste tunnuste poolest ühetaoliste ja piiratud arvu sortide kasvatamine suurtel pindaladel soodustab haiguste levikut ja loob soodsad tingimused haigusetekiitaja kohanemiseks nende sortidega.

Taimkaitsestrateegia võitluses taimehaiguste ja -kahjuritega põhineb kahel abinõul – keemiliste tõrjevahendite kasutamisel ja haiguskindlate sortide aretamisel. Esimesel juhul tuleb teha suuri kulutusi keemiliste ühendite tootmiseks, kasutamisel reostavad need aga tugevasti keskkonda. Keemiliste tõrjevahendite kasutamise põhjustatud kahjustuste likvideerimise kulud ületavad sageli saagi kaitsega saadud majandusliku efekti. Seepärast loetakse haiguskindlate sortide aretamist kõige efektiivsemaks ja majanduslikult kasulikumaks võtteks saagikadude vastu.

Taimede haiguskindluse või vastuvõtlikkuse ilmumine oleneb kahe organismi – peremeestaime ja parasiidi – vastastikusest toimest. Alused nüüdisaegsele kujutlusele selle toime kohta formuleeris N. I. Vavilov [1926] ja konkretiseeris H. H. Flor [1956]. Vastavalt H. H. Flori postulaadile “geen geenile” vastab igale peremeestaime resistentsusgeenile temale komplementaarne parasiidi virulentsusgeen, mis on võimeline ületama peremeestaime resistentsusgeeni kaitsevõimet. Looduslikes tingimustes iseloomustab taimepopulatsiooni vormide mitmekesisus. Neis taimepopulatsioonides parasiteerib ka mitmekesine parasiidipopulatsioon, mis koosneb erinevatest füsioloogilistest rassidest (rassid erinevad üksteisest virulentsus-geenide poolest). Iga rass “leiab” seejuures oma peremehe. Mingi taimevormi haiguskindluse kadumine ei põhjusta massilist nakatumist (epifütootiat) tänu populatsiooni heterogeensusele, kuna ükski geen ei saa ülekaalu ja ei muutu pikemaks perioodiks valdavaks.

Sordi loomisel taotleb aretaja kõigi majanduslikult väärtuslike tunnuste maksimaalset ühtlikkust, muutes sordi genoomi homosügootseks. Algselt mitmekesise (heterogeense) taimepopulatsiooni resistentsusgeenid asenduvad valiku tulemusena ühega, mis viibki epifütootia tekkele. Mida suurema pindala võtab enda alla haiguskindel sort, seda suurem on valiku surve vastavale virulentsusgeenile ja seda kiiremini muutub sort haigustele vastuvõtlikuks. Hüpooteesi “geen geenile” kohaselt toimub resistentsusgeenide kaitsefunktsiooni ületamine virulentsusgeenide muteerumise tulemusena. Sordi elu kestus oleneb mitte resistentsusgeenide absoluutarvust, vaid parasiidi virulentsusgeenidega mittekomplementaarsete geenide hulgast. Peremeestaime ja patogeeni seostunud evolutsiooni tulemusena väheneb aretuseks vajalike resistentsusgeenide hulk võrdeliselt nende kasutamisega. Seepärast on eri patogeeni suhtes immuunsete sortide loomine erigeneetika ja aretuse üks peamisi ülesandeid. Pehme nisu resistentsusgeenidega täiendamise kõige perspektiivsemaks allikaks võib pidada haiguskindlaid looduslikke nisu

sugulasliike. Resistentuse doonorite valikul on seejuures vaja arvestada liikide fülogeneetilist lähedust ja nende tsütogeneetilist sugulusastet. Kuna suur osa peamisi resistentusgeene oli senise aretuse käigus kaotanud efektiivsuse, tekkis vajadus leida uusi. Taimede massilisest patogeenidega nakatumisest hoidumiseks on vajalik, et nisisordid oleksid kaitstud mitme resistentusgeeniga. Väga tähtis on kasutada geneetiliselt uuritud doonorid, mille resistentusgeenid on identifitseeritud ja nende asukohakromosoomid kindlaks tehtud. See võimaldab luua erineva geneetilise alusega sorte ja vähendada nende geneetilist siduvust [Peuša, 1996, 1998; Priilinn, 1995a, 1995b; Priilinn jt., 1996, 1998].

Kaheksakümnendate aastate keskel alustati Eesti TA Eksperimentaalbioloogia Instituudi taimegeneetika osakonnas eksperimente pehme nisu (*Triticum aestivum* L., heksaploid,  $2n=6x=42$ , genoom AABBDD) hübriidiseerimiseks tetraploidsete liikidega *Triticum timopheevii* Zhuk. ja *T. militinae* Zhuk. et Migusch. ( $2n=4x=28$ , genoom AAGG) [Enno ja Peusha, 1992; Peusha ja Enno, 1992; Küüts jt., 1994; Enno jt., 1995]. Katseid kasutada liiki *T. timopheevii* resistentusgeenide doonorina on tehtud juba ammu, kuid sel teel saadud sorte on vaid üksikuid. See seletub nende liikide omavahelise ristamise raskustega tingituna kromosoomide arvu ja genoomi struktuuri erinevustest, mis põhjustavad häireid meioosis ja sellega seoses taimede täielikkude või osalist steriilsust. Esimese põlvkonna liikidevaheliste hübriidide (F1) geneetiline tasakaalustamatus viib reproduktiivstruktuuride anomaalsele arengule (arengusteriilsus), kromosoomide ja nende segmentide kombinatoorika inhibeerimisele meioosis (lahknemise steriilsus), ühe liigi kromosoomide elimineerimisele hübriidi genoomist varastel arengustaadiumidel jne.

Meie katsetes oli liikidevaheliste hübriidide viljastumine väga madal – 0–0,05%. Esimese põlvkonna hübriidide steriilsuse ületamiseks tehti 2–3 põlvkonna jooksul tagasiristamisi pehme nisuga (emataim). Samaaegselt tehti infektsioonifoonil haiguskindlate taimede valikut hübriidsetes põlvkondades (F1–F5), mille tulemusena eraldati hübriidse kombinatsiooni 146-155 x *T. timopheevii* ja Saratovskaja x (*T. militinae* x *T. timopheevii*) järglaskonnas pehme nisu genotüübiga pruunrooste (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) ja jahukastele (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) vastupidavad liinid. Viis pruunrooste vastupidavat liini anti üle nisu ülemaailmsele kollektsoonile Ülevenemaalise N. I. Vavilovi nim. Taimekasvatuse Instituudi juures (Peterburi) kasutamiseks nisu haiguskindluse aretuses.

Meie edasine ülesanne seisnes saadud haiguskindlate liinide uurimises eesmärgiga kindlaks teha resistentusgeenide arv ja asukoht, need geenid identifitseerida ning sel teel saada ülevaade resistentuse geneetilisest kontrollist.

Geneetilise analüüsiga tehti kindlaks, et saadud liinide haiguskindlust kontrollib üks või kaks dominantset geeni, mis erinevad tuntud resistentusgeenidest. Kuna kasutuselolevate testisolaatide abil ei õnnestunud identifitseerida jahukaste resistentusgeene, viidi läbi geneetiline analüüs suvinisusordi 'Chinese Spring' monosoomsete liinide aneuploidse seeria kasutamisega [Enno, 1996, 1998]. Monosoomanalüüs näitas, et liini SMT 34 jahukaste-kindlust kontrollib kromosoomis 4A asuv dominantne geen, liini 146-155-T

jahukastekindlust aga kaks kromosoomides 1B ja 6B asuvat dominantset geeni. Oli teada, et varem mõne nisusordi 4A kromosoomis tuvastatud dominantne resistentsusgeen *Pm16* toodi pehme nisu genoomi metsikult liigilt *T. dicoccoides*. Meie poolt läbiviidud resistentsusgeeni geneetiline test allelismile näitas, et liini SMT 34 4A kromosoomis identifitseeritud geen erineb geenist *Pm16* ja kujutab endast uut jahukaste resistentsusgeeni [Järve jt., 1996; Peusha ja Enno, 1998].

Koostöös saksa teadlastega Müncheni ülikoolist (Technische Universität München, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung) identifitseeriti erineva päritoluga nisusortide ja -liinide pruunrooste ja jahukaste resistentsusgeenid [Peusha jt., 1995, 1996a, b]. Monosoomanalüüsil tehti kindlaks, et itaalia sordi 'Virest' jahukastekindlust kontrollib kromosoomis 1D asuv dominantne geen. See registreeriti nisu ülemaailmses kataloogis (prof. R. A. McIntosh, Austraalia) ja talle anti sümbol *Pm22*. Tulemused uue geeni kohta avaldati Hollandis ilmuvas rahvusvahelises ajakirjas "Euphytica" [Peusha jt., 1996c] ja nisu geenisümbolite kataloogis [Catalogue of Gene Symbols for Wheat, 1998].

Sordi 'Chinese Spring' monosoomsete liinide ristamisest introgressiivse liiniga 146-155-T saadud esimese põlvkonna (F1) hübriididel uuriti meioosi, et selgitada eri kromosoomide osa meioosi regulatsioonis ja teha kindlaks kromosoomide retsiprooksed vahetused (translokatsioonid). Valgusmikroskoobi abil tehtud tsütoloogiline analüüs tõi nähtavale retsiprooksed translokatsioonid, milles esinesid kromosoomisegmendid 3A/4A ja 6B/7D. Selgus, et kromosoomides 1A, 3A, 2B ja 6D asuvad meioosis homoloogide konjugeerimist nõrgendavad geenid, kromosoomides 6B, 1D, 4D ja 5D aga, vastupidi, homoloogsete kromosoomide normaalset paardumist soodustavad geenid. Kromosoomide 6B ja 6G geneetilise materjali (segmentide) osalemine retsiprooksetes liikidevahelistes translokatsioonides leidis kinnituse introgressiivse liini 146-155-T ja selle vanemliikide (ristamisvanemate) mitootiliste kromosoomide diferentseeritud värvimise tulemuste põhjal [Badaeva jt., 1995; Enno, 1997; Enno jt., 1998a, b]. Valgusmikroskoopilised uurimised võimaldasid selgitada pehme nisu erinevate genotüüpide meioosi iseärasusi ja kromosoomide struktuurimuutusi, näidates ühtlasi monosoomanalüüsi meetodi erilist tähtsust meioosi muutlikkuse spetsiifika uurimisel.

Resistentsusgeenide identifitseerimine on eduka resistentsusaretuse eelduseks. Patogeeni test-isolaatide meetodi kasutamisega on antud Jõgeva Sordiaretuse Instituudi suvinisukollektsiooni sortide ja aretusliinide jahukastekindluse geenide kohta genotüübiline iseloomustus [Peusha jt., 1997].

Uurimistöö käigus loodud eksperimentaalne hübriidne materjal kujutab endast erinevate geenikombinatsioonide rikkalikku kogumit, mille hulgast on võimalik valida haigusresistentseid stabiilse meioosiga liine uurimistööks ja rekombinatsioonaretuseks. Uurimistega on selgitatud geneetiliste protsesside iseärasusi erineva ploidsusastmega nisuliikide ristamisel, mis võimaldab täiustada aretustehnoloogiat nisu genoomi rekonstrueerimisel adapteerivas selektsioonis [Küüts jt., 1995; Priilinn, 1996a, b; Priilinn ja Enno, 1997a, b; Priilinn ja Küüts, 1998].

Käesolevat uurimistööd on riikliku sihtfinantseerimise kõrval toetanud Eesti Teadusfond (grandid nr. 160 ja 1586) ning rahvusvahelise koostöö liinis Müncheni Tehnikaülikooliga Volkswagen-Stiftung, Hannover ja Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn.

## Kirjandus

1. Badaeva E., Badaev N., Enno T., Zeller F., Peusha H. 1995. Chromosome substitutions in progeny of hybrids *Triticum aestivum* x *Triticum timopheevii* resistant to brown rust and powdery mildew. Russian J. Genet., 31, 1, 75–77.
2. Catalogue of gene symbols for Wheat. 1998. Proc. 9th Int. Wheat Genetics Symp., Saskatoon, Saskatchewan, Canada, 235 p.
3. Enno T. 1996. Pehme nisu geneetilise analüüsi meetodid. Kaasaja meetodid sordiaretuses. Jõgeva, 26–32.
4. Enno T. 1997. Behavior of meiosis in monosomic F1 hybrids. Annual Wheat Newsletter, USA, Kansas State University, 43, 95–96.
5. Enno T. 1998. Pehme nisu genofondi rikastamine kromosoomtehnoloogia meetoditega. Teraviljade geneetika ja aretuse aktuaalsed probleemid. Harku, 19–28.
6. Enno T., Peusha H. 1992. Introgression of genes for rust resistance from *Triticum timopheevii* to common wheat. Vortr. Pflanzenzücht., 24, 197–199.
7. Enno T., Peusha H., Jarve K., Timofeyeva L., Tsõmbalova E., Priilinn O. 1995. Introduction of alien genetic variation by means of interspecific hybridisation. European Wheat Aneuploid Co-operative Newsletter, 1995, 65–67.
8. Enno T., Peusha H., Timofeyeva L., Tohver M., Jakobson I., Priilinn O. 1998a. Identification of chromosomal translocations in common wheat, derivative of *Triticum timopheevii*. Acta Agron. Hung., 46, 3, 209–216.
9. Enno T., Peusha H., Tohver M., Timofeyeva L., Tsymbalova J., Tamm S., Priilinn O., Järve K. 1998b. Genetic and molecular analysis of leaf rust and powdery mildew resistant *T. timopheevii* and *T. militinae* derivatives of wheat. Proc. 9th Int. Wheat Genetics Symp., Saskatoon, Saskatchewan, Canada, 3, 264–266.
10. Flor H. H. 1956. The complementary genetic systems in flax and flax rust. Adv. Genet., 8, 29–54.
11. Järve K., Peusha H., Tohver M., Tamm S., Timofeyeva L., Tsõmbalova E., Priilinn O., Enno T. 1996. Alien chromatin detection and disease resistance gene identification in introgressive lines of common wheat. Annual Wheat Newsletter, USA, Colorado State Univ., 42, 79–80.
12. Kuuks H., Enno T., Priilinn O. 1995. Genetic processes in adaptive breeding of wheat. Proc. 14th EUCARPIA Congr. Adaptation in Plant Breeding, Jyväskylä, 80.
13. Kuuks H., Peusha H., Enno T., Priilinn O. 1994. Transfer of alien genetic material for improvement of wheat resistance in Estonia. EUCARPIA Symp. "Prospectives of Cereal Breeding in Europe", Switzerland, 123–124.
14. Peusha H., Enno T. 1992. Genetic analysis of resistance to brown rust in introgressive lines of wheat. Proc. Estonian Acad. Sci. Biol., 41, 141–148.

15. Peusha H., Enno T. 1998. Improvement of wheat resistance by using alien gene transfer from related species. Proc. Latvian Acad. Sci. Sect. B., 52, 6, 284–288.
16. Peusha H., Enno T., Priilinn O. 1996a. Genetic analysis of disease resistance in wheat hybrids, derivatives of *Triticum timopheevii* and *T. militinae*. Acta Agron. Hung., 44, 3, 237–244.
17. Peusha H., Hsam Sai L., Enno T., Zeller F. 1996b. Identification of powdery mildew resistance genes in common wheat. VIII. Cultivars and advanced breeding lines grown in Finland. Hereditas, 124, 91–93.
18. Peusha H., Hsam Sai L., Zeller F. 1996c. Chromosomal location of powdery mildew resistance genes in common wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.) III. Gene 22 in cultivar Virest. Euphytica, 91, 149–152.
19. Peusha H., Ingver A., Priilinn O. 1997. Screening for powdery mildew resistance in common wheat cultivars and breeding lines. Annual Wheat Newsletter, USA, Kansas State University, 43, 96–100.
20. Peusha H., Stephan U., Hsam S., Felsenstein F., Enno T., Zeller F. 1995. Identification of genes for resistance to powdery mildew in common wheat (*Triticum aestivum* L.): IV. Breeding lines derived from wide crosses of Russian cultivars with species *T. timopheevii* Zhuk., *T. militinae* Zhuk. et Migusch., *T. dicoccum* (Schrank.) Schuebl., *Aegilops speltoides* Taush. Russian J. Genet., 31, 2, 1–7.
21. Peuşa H. 1996. Pehme nisu seenhaiguskindluse testimise meetodid. Kaasaja meetodid sordiaretuses. Jõgeva, 68–72.
22. Peuşa H. 1998. Teraviljade haiguskindluse tõstmise strateegia. Teraviljade geneetika ja aretuse aktuaalsed probleemid. Harku, 29–35.
23. Priilinn O. 1995a. Eesti oludele sobivate nisusortide aretuse geneetilised eeldused. Nisukasvatuse arendamisest Eesti Vabariigis. Tallinn, 65–68.
24. Priilinn O. 1995b. Põllumajandustaimede geneetiliste ressursside säilitamisest ja kasutamisest. Agraarteadus, 6, 2, 209–213.
25. Priilinn O. 1996a. Sordiaretuse geneetilised alused ja taimede genoomi rekonstrueerimise meetodid. Kaasaja meetodid sordiaretuses. Jõgeva, 6–14.
26. Priilinn O. 1996b. Doonori probleem teraviljaaretuses. APS Toim., 1, 34–35.
27. Priilinn O., Enno T. 1997a. Plant genetics in Estonia. Proc. Latvian Acad. Sci. Sect. B., 51, 1/2, 45–48.
28. Priilinn O., Enno T. 1997b. Geneetiline rekombinatsioon sordiaretuses. APS Toim., 4, 73–76.
29. Priilinn O., Enno T., Kүүts H., Peusha H. 1996. Genetic resources for the adaptive breeding of wheat. J. Agric. Sci., 7, 1, 84–89.
30. Priilinn O., Enno T., Peuşa H. 1998. Nisu geneetiline kollektsoon EPMÜ Eksperimentaalbioloogia Instituudis ja selle kasutamine. APS Toim., 6, 91–94.
31. Priilinn O., Kүүts H. 1998. Teraviljade geneetika ja aretus aastatuhande vahetusel. Teraviljade geneetika ja aretuse aktuaalsed probleemid. Harku, 6–18.
32. Vavilov N. I. 1926. Kultuurtaimede tekke tsentrid. Leningrad, 248 lk. (vene k.).



Teaduspreemia sotsiaalteaduste alal tööde eest  
üldpoliitoloogia ja valimissüsteemide valdkonnas



Rein  
Taagepera

Sündinud 28. veebruaril 1933 Tartus

- 1953 Lyceé Mangin, Marrakeš
- 1959 tuumaenergia bakalaureus, Toronto Ülikool
- 1961 füüsikamagister, Toronto Ülikool
- 1965 füüsikadoktor, Delaware'i Ülikool
- 1969 rahvusvaheliste suhete magister, Delaware'i Ülikool
- 1970 California Ülikooli Irvine'i haru poliitoloogia õppejõud,  
1978–94 professor
- 1992 Tartu Ülikooli õppejõud, 1994–98 üldpoliitoloogia korraline professor

Avaldanud üle 90 teaduspublikatsiooni (raamatuid 5)

*Viimaseil aastail olen avaldanud uurimusi kolmes valdkonnas: suurriikide kasvu ja kao süstemaatika [Taagepera, 1997a], idapoolsete soomeugrilaste ajalugu ja nüüdisküsimused [Taagepera, 1999a] ning valimissüsteemide toime [Taagepera 1997b, 1998a, b, c; 1999b]. Igaühelst on ilmunud ka ülevaade Akadeemias [Taagepera, 1996, 1997c, 1998d]. Need kolm teemat on mind huvitanud juba vähemalt 30 aastat.*

Riikide tingarv maailmas on 5000 aasta jooksul üldjoontes kahanenud eksponentsiaalse valemiga kohaselt, ent järsk langus möödunud sajandil on tingitud riikide arvu praeguse uue kasvu. Venemaa edasine tükeldumine ei oleks seega üldsuunaga vastuolus. Raamat *The Finno-Ugric republics and the Russian state* [1999a] viib need rahvad esmakordselt maailmakaardile poliitilises mõttes, seni on nad seal olnud ainult keeleteaduslikult ja etnograafiliselt. Soome ja ungari keeles peaks see raamat ilmuma aastal 2000.

Teaduslikud põhitulemused kuuluvad aga valimissüsteemide valdkonda, millele siin keskendun. Esimeste aastakümnete tulemused võttis kokku Yale University Press'i poolt avaldatud *Seats and votes: the effects and determinants of electoral systems* [Taagepera ja Shugart, 1989]. Nüüd arvan olevat saavutanud laia sünteesi uurimises "Lihtsate valimis- ja parteisüsteemide täielik teooria" [Taagepera 1999c], mille käsikiri valmis preemia väljakuulutamise ajal.

*Duverger' seadus, hüpotees ja mehhaaniline ning psühholoogiline toime*  
Kui mitu parteid saab esinduskogus kohti? Ja kui mitu kohta igaüks neist saab? Need küsimused on tähtsad, kuna demokraatliku parlamendi ja ka üldise poliitika stiil sõltub paljugi osalevate rühmituste arvust ja suuruselt. Need omakorda olenevad paljudest teguritest, muu hulgas ka institutsioonilisest raamistikust, iseäranis valimisseadustest. Seetõttu mõjutavad need seadused tugevasti edaspidist parteisüsteemi. Aga kuidas?

Juba ammu esitas Maurice Duverger [1951, 1954] üldistuse, mida nüüd tuntakse "Duverger' seadusena": lihtenamuse reegel ühemandaadilistes ringkondades (LÜR) surub peale kaheparteilisuse. Seda kinnitab Suurbritannia, USA jt. kogemus ülemaaliselt, Kanada ja India oma ainult ringkonna tasemel. (Lihtenamuse reegel tähendab, et suurima häältearvuga rühmitus võidab, isegi kui tal on vaid väike osa koguhäälest.) Kaheparteisüsteemi kujunemine võib võtta aastakümneid, sest valimisreegli kohesele mehhaanilisele toimele lisandub aeglane psühholoogiline toime, kui valijad ning poliitikud pikapeale hülgevad väiksemad erakonnad. Täiendav "Duverger' hüpotees" lisab, et proportsionaalse esindatuse (PE) puhul mitmemandaadilistes ringkondades on olulisi parteisid enam kui kaks.

Duverger' raamistik on põhiline ja mõjukas, ent see raamistik oli alguses üsna hõre ja arvukad teadurid on hiljem aidanud seda sisustada. Kas LÜR toob esile kohtade jaotuse 50-50 (nii nagu Duverger' seadusest võiks välja lugeda) või on midagi muud tavalisem, näiteks 55-40-5? Kas PE toob kaasa 3 või 5 erakonda ja kui suure kohtade arvuga: kas 33-33-33 või 20-20-20-20-20? Sellest Duverger' hüpotees vaikib.

Mehhaanilist toimet esitab Duverger üldsõnaliselt ja kvalitatiivselt: lihtenamuse reegel tähendab seda, et killunemine toob hävingu – seega on vaja koonduda ainult kahe peamise rühmituse taha. Ülemaalise tulemusena saavutab suurima häälte osakaaluga rühmitus tugeva ülesindatuse. Hea küll, kuid vaja on kvantitatiivset valemit, kui suur see preemia ikka täpselt on, ning teoreetilist mudelit, mis annaks põhjenduse sellisele empiirilisele valemile. Ja seda on vaja mitte ainult LÜR-i vaid ka PE jaoks, sest ka seal saab suurim erakond preemia, ehkki mõõdukama. Samuti on vaja teoreetilist kvantitatiivset mudelit väljenda-

maks psühholoogilist toimet, mis viib meid esinduskohtade juurest häälte osakaalu juurde.

Kokkuvõttes on siis vaja operatsioonilisi tehinguid, mis annavad kõigi parteide hinnangulise suuruse (nii häälte kui ka kohtade alusel) antud valimisreeglite puhul ja mis põhinevad mingil teoreetilisel alusel. Selline teooria on institutsiooniline selles mõttes, et ainsaks lähtealuseks on valimisreeglid. See aga tähendab, et ei saa oodata teooria kehtimist üksikute valimiste puhul (mida mõjutavad mitmed muud tegurid), vaid ainult paljude valimiste keskmise puhul: kui suur on suurim partei, kui suur on suuruselt järgmine partei, jne. Teooria on täielik, kui ta pakub välja mingi häälte ja kohtade osakaalu iga partei jaoks. Täielik võib olla kaugel täiuslikkusest, ent ta peaks mingil määral peegeldama tegelikkust.

### *Lihtsa valimissüsteemi mõiste*

Duverger' seadus ja hüpotees esitavad institutsioonilise teooria, ent see pole täielik. Parteide suurus on antud uduselt või üldsegi mitte. Ometi on see aluseks, kust saab edasi liikuda. Esitan allpool täieliku teooria, ent ainult võimalikult lihtsate süsteemide jaoks. Mis on lihtne valimissüsteem?

Valimisreeglite koostamisel on ainult kaks sätet, mille täpsustamisest kuidagi mööda ei pääse: esinduskoja suurus ( $S$ ) ja ringkonna magnituud ( $M$ ), s.t. kohtade arv, mis ringkonnas jagatakse. Lihtne süsteem on selline, kus kõik kohad jaotatakse ühesuurustes ringkondades võimalikult lihtsa PE valemi alusel.

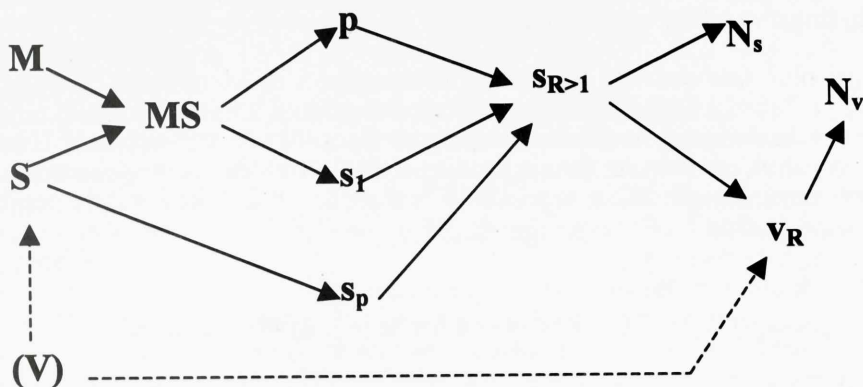
Eesti näiteks on kaugel lihtsusest. Toimiv tingmagnituud [Taagepera, 1998a] on suurem kui  $M=9$  (nii nagu vormilistest ringkondadest võiks järeldada), sest rakendatakse ülemaalist proportsionaalsust. Aga tingmagnituud on ka madalam kui  $M=S=101$ , kuna lisandub 5% häältekännise kitsendav toime. Ka kohtade jaotamise valem pole lihtne ja on muid keerulisusi. Soome on lihtsale süsteemile palju ligemal: kõik 200 kohta jaotatakse 15 ringkonna siseselt. Aga ka seal on veel keerulisusi: ringkonnad on erineva magnituudiga, parteid võivad luua ringkonnatasemelisi liite jne.

Lihtsat valimissüsteemi tegelikkuses polegi leida. See on sama abstraktne mõiste nagu ideaalne gaas termodünaamikas ja sama kasulik lähtealusena. Täpsustuste aeg tuleb hiljem. Hetkel nendime, et kui esinduskogu on suurem, piisab seal kohti rohkemaile parteidele. Ja kui ringkonnad lihtsas süsteemis on suuremad, piisab jällegi kohti enamaile parteidele. Ainsaks lähtealuseks ongi  $S$  ja  $M$ . (Üsna nõrgalt tuleb mängu ka valijate koguarv  $V$ .) Süstemaatiliselt edasi liikudes tuletub sellest kohti saavate parteide arv ja siis nende suurus ning selle juurde nüüd asume [Taagepera, 1999c].

### *Lihtsate valimis- ja parteisüsteemide täielik teooria*

Joonis esitab mõttekäigu üldsüna, jättes välja spetsiifilised valemid. Ringkonna magnituud  $M$  ja esinduskogu suurus  $S$  asetavad ülem- ja alampiiri kohti võitvate parteide arvule ( $p$ ). Kui muud teada pole, on parimaks hinnanguks piirväärtuste keskmine, antud juhul geomeetriline keskmine [Taagepera,

1999a]. Siis aga  $p$  omakorda asetab piirid sellele, kui suur või väike saab olla suurima partei kohtade osakaal ( $s_1$ ).



Joonis. Valimis- ja parteisüsteemid: teoreetilise mõttekäigu üldpilt.

$M$  – ringkonna magnituud;  $S$  – esinduskoja suurus;  $V$  – valijate arv;  
 $p$  – kohti võitvate parteide arv;  $s_1$  – suurima partei kohtade osakaal;  
 $s_p$  – väikseima partei kohtade osakaal;  
 $s_R$  –  $R$ -nda partei kohtade osakaal;  $v_R$  –  $R$ -nda partei häälte osakaal;  
 $N_v, N_s$  – parteide tingarv häälte ja kohtade alusel.

Sellele juba varem leitudle [Taagepera ja Shugart, 1993] lisandub nüüd nending, et pisim parlamendis esindatud partei (mis võib olla ka sõltumatu üksikkandidaat) on suurusjärjestuses  $p$ -ndal kohal ja tal on tavaliselt vaid üks koht, seega osakaal  $s_p = 1/S$ . Nüüd on meil siis hinnangud kohti võitvate parteide arvu kohta, samuti suurima ja väikseima partei osakaalu jaoks. Jääb vaid veel üle sobitada vahepealsete parteide osakaalud sinna vahele võimalikult sujuvalt ja alludes tingimusele, et osakaalude summa peab olema 1.

Kohtade jaotus on sellega käes. Võime välja arvestada parteide tingarvu esinduskojas ( $N_s$ ). “Laakso-Taagepera tingarv” [Laakso ja Taagepera, 1979] on laialt levinud politoloogias, ilmestamiseks mitte ainult “tõsiste” parteide arvu, vaid ka näiteks etniliste rühmade hulka sellel maal. Mu hiljutine lühiuurimus sel teemal [Taagepera, 1997b] käsitleb tingarvu arvutamist ebatäieliku andmesitiku puhul. Praegusel teemal on nüüd vaja siirduda kohtadelt häälte juurde.

Juba saja aasta eest täheldati LÜR-reegli puhul “kuubi seaduseks” nimetatud korrapärasust kahe partei häälte ( $v_A, v_B$ ) ja kohtade ( $s_A, s_B$ ) vahel:  $s_A/s_B = (v_A/v_B)^3$ . Henri Theil [1969] tõestas, et  $s_A/s_B = (v_A/v_B)^n$  on ainus suhte vorm nende suuruste vahel, mis väldib loogilisi vastuolusid. Taagepera [Taagepera, 1973] näitas, et  $n$  on valijate koguarvu ( $V$ ) ja esindajate arvu ( $S$ ) logaritmidest. Tuues sisse magnituudi, saab johtuvat kohtade-häälte võrrandit laiendada ka PE süsteemidele [Taagepera, 1986]. Reed [1996] on

üksikasjaliselt testinud nende võrrandite kehtivust Jaapanis. Harilikult lähtutakse tegelikest häälest, arvestamaks välja kohtade osakaalu hinnangut. Siinse teooria puhul aga liigume vastassuunas ja arvestame kohtade hinnangu alusel välja häälte osakaalude hinnangud. Lõpuks võime välja arvestada parteide tingarvu häälte alusel ( $N_v$ ).

Tulemusi olen testinud viie lihtsavõitu süsteemiga Uus-Meremaast ( $MS=82$ ) Hollandini ( $MS=22\ 500$ ). Tabel annab Soome tegelikud keskmised häälte ning kohtade osakaalud ja teoreetilised hinnangud. Kooskõla on veelgi parem Uus-Meremaa puhul, ent kehvem Suurbritannia puhul. Võrreldes Duverger' seaduse ja hüpoteesiga langeb hälve tegeliku ja teoreetilise vahel keskmiselt poole võrra.

Tabel

Soome 1907–1995: keskmised häälte ja kohtade osakaalud

Partei järjestus	Hääled (%)		Kohad (%)	
	Tegelik	Teooria	Tegelik	Teooria
1	31,5	35,1	33,5	36,8
2	22,4	30,1	24,0	31,2
3	17,1	16,2	17,2	16,0
4	13,2	8,7	12,8	8,2
5	7,8	4,6	7,2	4,1
6	4,5	2,5	3,5	2,1
7	(1,7)	1,3	1,1	1,1
8	(1,0)	0,9	0,4	0,3
9	(0,4)	0,4	0,2	0,2
10	(0,2)	0,2	0,1	0,1
11-	[0,3]			
P			6,9	7,4
N	4,9	4,0	4,5	3,7

Sulud märgivad kokkuliidetud "ülejäanud parteide" mõju.

p – kohti võitvate parteide arv,

N – parteide tingarv.

Antud väga säästlikest sisendeist (S, M ja V) võib tegelikult veel ühe välja jätta, sisse toomata palju lisahälvet. Nimelt on esinduskogu suurus ratsionaalselt seotud võimalike valijate arvuga kuubiseaduse kaudu [Taagepera, 1972]. Siis jääb sisendiks valijate arv ja ainsa institutsioonilise parameetrina ringkonna magnituud. Üldiselt pole aga palju põhjust esinduskogu suurusst välja jätta.

*Laiem pilt*

Kas institutsiooniline teooria (olgu Duverger' oma või siin esitatu) tähendab, et parteide häälte arv polegi valija otsustada? Jah ja ei. Antud valimistel võivad valijad teha mida tahes. Ainult et nad ei saa naljalt jagada hääli seitsme partei vahel, kui Duverger' toimed on ammu välja söönud kõik parteid peale kolme. Paljude valimiste keskmisena tulevad institutsioonilised kitsendused rohkem esile, kuigi ikkagi mitte ainuvaldavalt.

Mida selle kõige peale hakata? Institutsioonilise teooria abil saame endisest paremini kavandada valimisreegleid vastavalt sellele, millist parteisüsteemi soovitakse, eeldusel, et jääme lihtsate reeglite juurde. Keeruliseks aetud reeglite puhul (nagu Eestis) saab tulemust paraku näha vaid tagantjärele.

## Kirjandus

1. Duverger M. 1951. *Les partis politiques*. Paris, Le Seuil.
2. Duverger M. 1954. *Political parties: their organization and activity in the modern state*. New York, Wiley.
3. Laakso M., Taagepera R. 1979. Effective number of parties: a measure with applications to Western Europe. *Comparative Political Studies*, 12, 3–27.
4. Reed, S. R. 1996. Seats and votes: testing Taagepera in Japan. *Electoral Studies*, 15, 71–81.
5. Taagepera R. 1972. The size of national assemblies. *Social Science Research*, 1, 385–401.
6. Taagepera R. 1973. Seats and votes: a generalization of the cube law of elections. *Social Science Research*, 2, 257–275.
7. Taagepera R. 1986. Reformulating the cube law for proportional representation elections. *American Political Science Review*, 80, 489–504.
8. Taagepera R. 1996. Soome-ugri vabariikide tulevik Venemaa ja maailma raamistikus. *Akadeemia*, 8, 2245–2275; 2523–2538.
9. Taagepera R. 1997a. Expansion and contraction patterns of large polities: context for Russia. *International Studies Quarterly*, 41, 475–504.
10. Taagepera R. 1997b. Effective number of parties for incomplete data. *Electoral Studies*, 16, 145–151.
11. Taagepera R. 1997c. Suurriikide kasv ja kadu – taust Venemaa jaoks. *Akadeemia*, 9, 2259–2282.
12. Taagepera R. 1998a. Effective magnitude and effective threshold. *Electoral Studies*, 17, 393–404.
13. Taagepera R. 1998b. Nationwide inclusion and exclusion thresholds. *Electoral Studies*, 17, 405–417.
14. Taagepera R. 1998c. How electoral systems matter for democratization. *Democratization*, 5, 68–91.
15. Taagepera R. 1998d. Kuidas valimiseadused mõjutavad demokratiseerimist. *Akadeemia*, 10, 2300–2333.
16. Taagepera R. 1999a. *The Finno-Ugric republics and the Russian state*. London, Hurst, (in press)
17. Taagepera R. 1999b. Ignorance-based quantitative models and their practical implications. *Journal of Theoretical Politics*. (in press)
18. Taagepera R. 1999c. Complete institutional theory of simple electoral and party systems. (Unpublished.)
19. Taagepera R., Shugart M. S. 1989. *Seats and votes: the effects and determinants of electoral systems*. New Haven, CN, Yale University Press.
20. Taagepera R., Shugart M. S. 1993. Predicting the number of parties: a quantitative model of Duverger's mechanical effect. *American Political Science Review*, 87, 455–464.
21. Theil H., 1969. The desired political entropy. *American Political Science Review*, 63, 521–525.

*Teaduspreemia humanitaarteaduste alal monograafiate  
"Ida ja Lääne vahel",  
"Venestamine Eestis 1880-1917" ja  
"Eesti haritlaskonna kujunemine ja ideed 1850-1917"  
eest*



*Toomas  
Karjahärm*

Sündinud 23. märtsil 1944 Tallinnas

1962 Tallinna 22. Keskkool  
1970 Tartu Ülikool, ajalugu  
1974 ajalookandidaat  
1983 ajaloodoktor  
1970–1975 ENSV Teaduste Akadeemia Ajaloo Instituut, nooremteadur  
1972–1990 Tallinna Riiklik Konservatoorium: vanemõpetaja, dotsent, professor, pedagoogikateaduskonna dekaan, ühiskonnateaduste kateedri juhataja  
Alates 1990. a. Ajaloo Instituut: juhtteadur, vanemteadur, projektijuht  
Olnud erakorraline professor Tartu Ülikoolis ja Tallinna Pedagoogikaülikoolis, külalisprofessor Eesti Humanitaarinstituudis, Toronto Ülikoolis, Jyväskylän Ülikoolis

Avaldanud üle 100 teaduspublikatsiooni

Eesti Vabariigi 1999. aasta teaduspreemia anti mulle kolme raamatu eest [Karjahärm ja Sirk, 1997; Karjahärm, 1997a; 1998a].

Mind on huvitanud paljud ajaloo valdkonnad, ent esmajoones võin end pidada Eesti poliitilise ja ideeajaloo (*the history of ideas*) uurijaks. Ajaliselt hõlmavad mu uurimused 19. sajandi teist poolt ja eriti 20. sajandi algust, s.o. aega eestlaste rahvuslikust ärkamisest kuni omariikluse tekkimiseni. Poliitiliste institutsioonide evolutsioon, ideevoolud ja parteid, moderniseerimine, eliit ja haritlaskond, kodanikuühiskonna kujunemine, rahvussuhted (eesti-vene-saksa) on teemad, millest olen kõige enam kirjutanud. Oma viimaste aastate uurimustes olen püüdnud ühendada poliitilist, sotsiaalset, kultuuri- ja ideeajaloolist lähenemist. Teadlasena olen kasvanud Eesti ajaloo teaduse vanade heade traditsioonide austamise vaimus, mis sai alguse õpingute ajal Tartu ülikoolis ja jätkus hiljem Teaduste Akadeemia Ajaloo Instituudis Ea Janseni, Hans Kruusi ja Artur Vassari juhendamisel.

Küsimus, mis on ajalugu, kuidas ja kellele seda kirjutada, on alati aktuaalne. Sellega puutub kokku iga ajaloolane, nii algaja kui küps uurija. Kirjutatud ajalood kannavad endas paratamatult autori isikupära pitsereid. Selles mõttes on ajalugu ajaloolase individuaalne looming, kus fantaasialennule ei saa aga anda vaba voli. Ajaloo aluseks on ikkagi faktid, s.o. sündinud asjad, kuigi faktide loetelu või kogum pole iseendast veel ajalugu. Müütide loomine ei saa kuuluda kutseliste ajaloolaste ülesannete hulka, need jäägu kirjanike ja poliitikute pärusmaaks.

Ajalugu on nüüdisaja ja mineviku lõputu dialoog. Tuleb nõustuda Croce ja Collingwoodiga, et tänapäev ja minevik on ühtne ajalooline protsess, mis heiestub ajalookirjutaja hinnangutes. Minevik ise ei saa muutuda, muutub ja teiseneb vaid meie arusaam möödajast ja see sõnum, mida sealt ootame. See, mis oli varem marginaalne, võib nüüd tõusta keskmesse, "kindlad faktid" võivad saada seatud kahtluse alla, "vanad probleemid" formuleeritakse ümber. Historistliku ja presentistliku ajalookirjutuse vastandamine on äärmus, ent presentismi mõju on pärast Teist maailmasõda kasvanud kõikjal (näiteks võitjate ja kaotajate ajalood). Ma ei poolda ajaloolase aktiivset sekkumist mineviku (ümber)kujundamisse. Ajalugu pole ajaloolase lugu, ka siis, kui selle kirjutamiseks on kõik eeldused, ühiskondlik tellimus ja surve. Hästiloetavad ja publiku muutuvat maitset arvestavad lood olgu omaette kirjanduslik žanr, mis on ajaloo teadusest selgepiirilisel eristatav. Ajaloolane peab olema üle edevusest jätta ajalukku "oma jälg". Ta jäägu pigem erapooletuks vaatlejaks kui karmiks kohtumõistjaks või oodide lauljaks valitsejale, kes paneb käitumishindeid ministritele ja kindralitele. Ideaalne on, kui ajaloolane suhtub minevikku ja oma uurimisobjekti tolerantselt ja erapooletult. Ajalootõlgenduse ülemäärane relativiseerimine seab kahtluse alla minevikutunnetuse võimalikkuse üldse ja vaevalt tuleb kasuks ajaloo teaduse enda autoriteedile.

Ajaloolase ülesandeks on luua mingi üldraam ja koordinaatide süsteem, mis võimaldab tänapäevainimesel minevikuinimese tegemistes orienteeruda. Üsna viljakas on saksa klassikalisest historiograafiast pärit historismi ja empiirika mõtestamine prantsuse positivismiga. Ma suhtun mõistvalt ajaloo ümberhinda-



misses, eriti siis, kui tõde on vaja jalule seada, näiteks vabaneda ajaloo politiseerimisest ja müütidest. Uurimistöös on mind köitnud interdistsiplinaarsus, seosed, aegade järjepidevus, inimeste käitumise motivatsioon, taust, igat liiki identsus, uus pluralism lähiajaloo. Mõnikord olen teadlikult visandanud vaid üldisi abstraktseid kontuure ja vähem tegelnud detailidega, kuigi ka nendest pole ajaloolasel pääsu. Valikut, analüüsi ja sünteesi võimaldav faktide miinimum peab olema igas tõsisel uurimuses. Moodne poliitilise ajaloo uurimine hõlmab ka sotsioloogia ja poliitikateaduse, filosoofia ja psühholoogia, intellekti ja kultuuri ning selle, mida inimesed mõtlesid. See tugineb dünaamilisele interaktsioonile, milles aadatel on tähtis koht. Oluline tähendus on mõistete semantilisel sisul, mille teisenemist ajaloolane peab arvestama. Moderniseerimine kõige avaramas mõttes, poliitiline geograafia ja geopoliitika, keskus ja perifeeria, riik ja rahvus, vana ja uus eliit on mõned metodoloogilised lähtekohad minu uurimustes.

Suurrahvaste ajalood on riigikesksed, neil märgib natsioon riiki. Väikerahvaste ajalootunnetus on teine, julgeolekuprobleemid ja eksistentsiaalsed hirmud on sageli esiplaanil. Eripalgeline kultuur, mitte riik (impeerium) on nende olemasolu õigustus. See on jätnud oma pitseri ka eesti ajalookirjutusele. Ajaloolane ei ela väljaspool oma aega, vaid koos oma rahvaga, kelle huvi mineviku vastu on talle inspiratsiooniallikaks. Ühine minevik on eestlaste identsuse peamisi lähteid, niisamuti nagu keel ja kultuur, mis kõik on vajalikud rahvuse ehitamiseks ja natsioonina kestmiseks. Ajaloo mõistmise ja kirjutamise kultuuri ei saa lahutada üldisest kodanikukultuurist, mille traditsioonid eestlaste juures pole kuigi pikad. Ajalugu ei ole see valdkond, kus poliitilised vastased, võitjad ja kaotajad arveid klaarivad. Teisest küljest võimaldab avatud ühiskond igapähele olla ajaloolane, kas või iseenda jaoks.

### *Eesti vaimueliit*

Hea kolleegi Väino Sirguga kahasse kirjutatud raamat [Karjahärm ja Sirk, 1997] on katse üllitada eesti haritlaskonna üldistavat ajalugu. Minu kirjutatud on raamatu teine osa, mis käsitleb eesti vaimse (valdavalt akadeemilise) eliidi kujunemist 20. sajandi algul, mil kõrgharidusega eestlaste arv plahvatuslikult kasvas ja hakkas jõudsamalt tekkima rahvuslik professionaalkultuur. Uurisid haritlaskonda sotsioloogiliselt ja statistiliselt, püüdsin kirjeldada haritlaste osa Eesti moderniseerimises, rahvuslikus ja ühiskondlikus liikumises. Mind paelusid ka vaimse eliidi enesetunnetuse ja enesemääratluse probleemid. Eliidi regionaalse identsuse uurimise raames jälgisin suhteid Euroopaga (Noor-Eesti), eesti-saksa, eesti-vene, eesti-soome kultuurisuhteid. Raamatus on antud süstematiseeritud kujul ülevaade kõigist poliitilistest peavooludest Eesti ühiskonnas iseseisvuseelisel ajal (liberalism, sotsialism, rahvuslus). Allpool mõned teesid minu eliidiuurimustest.

20. sajandi algul haarati eesti rahvas üha enam üleeuroopalisse moderniseerimisprotsessi. Üldine majanduskasv ja maailmasõjajärgne kõrgkonjunktuur, üleminek traditsiooniliselt agraarühiskonnalt linnalisele ja industriaalsele, sotsiaalse mobiilsuse suurenemine, poliitilise pluralismi tekkimine ja kodanikuühiskonna areng, eestlaste kasvav osavõtt avalikust elust, alternatiivsete struktuuride (seltside, parteide) võrgu laienemine, ühiskonnasisese ja rahvusvahelise kommunikatsiooni kasv – kõik see tõi kaasa suuri muutusi Eesti

ühiskonnas ja vaimses eliidis. 20. sajandi alguse kahel esimesel aastakümnel domineeris haritlaskonnas ülekaalukalt akadeemiline eliit. Tuhande eestlase kohta tuli kaasaegsete hinnangul 0,8 üliõpilast, mis oli niisama palju kui soomlastel ja rohkem kui paljudel teistel Euroopa rahvastel. Akadeemilise haritlaskonna suhtarvu kasvu intensiivsuse poolest tõusid eestlased maailmas esimeste hulka. Seda soodustasid nii eestlaste majandusliku jõukuse kasv, õpivõimaluste avardamine seoses emakeelsete erakeskkoolide avamisega kui ka eesti väikerahvaliku rahvusideoloogia traditsiooniline hariduslembus. Samal ajal mitmekesisust eesti haritlaskond erialaselt ning tasakaalust mõnevõrra humanitaar- ja reaalalade vahekorra mõttes. Kuigi humanitaarintelligents jäi prevaleerima, ületati ühekiuline orienteeritus arsti-, juristi- ja teoloogikutsele ning toimus pööre reaalteaduste ja tehniliste erialade omandamise suunas. Talupidajate osa eesti haritlaskonna sotsiaalse päritolu monopoolse kujundajana vähenes mitteagraarsete ja linnaliste kutsete kasuks. Kasvas vabade elukutsete ja ametnike osakaal rahvusliku intelligentsi kujunemise allikana. Kõige linnalikum oli eesti üliõpilaskond Peterburis, kõige agraarsem Tartus. Suurem osa eesti haritlastest jäi vanematekodu kaudu maaga seotuks. Valdava osa akadeemilisest intelligentsist moodustasid esimese põlve haritlased.

Hariduse abil elu ühiskondlikku olemust hoomanud eestlasi motiveeris rahvuslikult tegutsema võõrandumine saksa-vene juba "valmis" ühiskonnast, kus ennast väärtustama asunud eestlased tundsid end vaeste uustulnukadena, kellele oli ette nähtud otsustamisõiguseta alamrahva roll. See ajendaski sotsiaalsele tõusule orienteeritud eestlasi ehitama etnost, rajama oma rahvusühiskonda saksa ja vene ühiskonna kõrvale, mitte nende osana. Analoogiliselt kujunes eesti haritlaskond baltisaksa haritlaskonna kõrvale ja järk-järgult emantsipeerus viimasest. Aegamööda jõudsid eestlased vaimse eliidi tippu, kus varem jagamatult valitsesid sakslased.

Tärgkav eesti haritlaskond mõistis pigem intuiitiivselt kui teadlikult oma universaalset rahvuslikku kutsumust ja ülesannet. Teda ajendas tegutsema vasttärrganud rahvuslik tunne. "Ärganud" rahvuslikult ise, asusid haritlased "äratama" teisi eestlasi. Just haritlased moodustasid "äratajate" põhihulga maal ja linnas. Nad tegid seda tööd suure vaimustuse ja andumusega, sügava sisemise veendumuse ja kõlbelise jõuga, missiooni- ja kohusetundega.

Eestlaste rahvusliku liikumise (see omandas 20. sajandil massilise iseloomu) kulminatsiooniks sai iseseisva riigi loomine, mis tähendas suurimat pööret eestlaste uusaegses ajaloo. Tee oma riigini kulges õigusliku võrdsuse nõudest 19. sajandil poliitilise autonoomiani 1905. aastal ja sealt edasi täieliku omariikluseni 1918. aastal. Omariikluseks vajalikke ja rahvast ühendavaid struktuure hakkasid eesti haritlased kujundama juba vana korra rüpes, kasutades selleks ära nii valitsuse reforme kui ka eestlaste omaalgatuslikku indu.

Eesti haritlaskond ja rahvuskultuur kujunes kahe suurrahva – saksa ja vene – kultuuri ülekaaluka mõju ja surve all ning teisiti ei saanud see tol ajal ollagi. Mõlemad suuri kultuurid vahendasid siia rahvusvahelist ja üleeuroopalist teabevara. Esiajgu olid eestlased pigem kultuuri vastuvõtjad ja tarbijad kui

loojad. Eriti oluline oli haridus – 19. sajandil saksa ja 20. sajandi algul vene haridus. Võõras keeles ja meeles saadud haridusest hoolimata jäi üha enam eesti haritlasi eestlasteks. Saksa (hiljem ka vene) keelele kultuuri, teaduse ja ülikooli õppekeelena polnud alternatiivi. Saksa keeles kõnelemine polnud üksnes prestiiži või staatuse sümbol, mis eristas saksa talupojast. See oli hädavajadus ajal, mil eesti keel polnud veel saanud kultuurkeeleks. Eesti haritlaste kaks- (eesti-saksa), kolm- (eesti-saksa-vene) või enamkeelsus (sh. soome keele tundmine) oli tähtis kultuuritegur, mis sidus eestlased lääne- ja idapoolsete kultuuridega, kust lähtusid moderniseerimise impulsid.

Kaugvaates ei eristu erikeelsed kultuurisfäärid ja nende kandjad nii selgepiirilisel kui seda kaasaegsed omal ajal nägid või näha soovisid. Pole põhjust vastandada eesti, saksa ja vene kultuurisfääri, kui tegu ei ole just poliitilise kultuuriga. Alati polegi võimalik kindlaks teha, mis oma, mis laenatud. Rahvuslus oli küll võimas jõud, ent mitte ainus kultuurideterminant. Saksa ja vene haridusele tuginev eesti teadus ja kultuur ei saanud areneda iseseisvalt ega isoleeruda lähedal asuvatest suurskultuuridest. Teisest küljest on mõistetav eesti eliidi soov eralduda ja saada sõltumatuks traditsioonilisest ühiskonnast ning vanast eliidist. Niisugused pürgimused olid motiveeritud eelkõige ideoloogiliselt ja poliitiliselt.

Kodumaa kitsad olud ja diskrimineerimine ei võimaldanud kasutada eesti haritlaskonna kogu potentsiaali. Soodsamate õppimis- ja töötingimuste otsingul siirdus suur osa neist võõrsile, peamiselt Venemaale, kust pöörduti tagasi Eesti Vabariigi algaastail. 20. sajandi algul olid Peterburi ja Helsingi olulised eesti kultuuri keskused ja rahvusvahelised tugipunktid. Eesti haritlased võõrsil olid lüliks eesti kultuuri ühendamisel rahvusvahelise kultuurikontekstiga. Alles rahvusülikooli avamisega 1919. aastal tekkis esmakordselt võimalus koolitada Eestile emakeeles eestlikku akadeemilist haritlaskonda.

Aegade vältel muutus eesti haritlaste kultuurikontseptsioon ning teisesid nende enesetunnetuse ja eneseidentifitseerimise vormid. 19. sajandi “rahvamehelt” nõuti universaalset aktiivsust kultuuri- ja ühiskonnaelus, jäägitut pühendumist eesti asjale. Kõrge vaimsus polnud siis tähtis ja seda polnud kusagilt võtta. 20. sajandil hakati üha rohkem kõnelema haritlaste kultuuri- ja teadusloomingu kvaliteedist. Ideaaliks, mõõdupuuks ja üldiseks orientiiriks eesti kultuuri hindamisel-arvustamisel oli J. Hurdast ja C. R. Jakobsonist alates euroopalik kultuur, eeskujuks vanad kultuurrahvad. Niisuguste pürgimuste tipuks sai nooreestlaste manifesteeritud Euroopa-tung ja ihalus kui programmiline nõue siirduda kultuuriloomingus rahvuslikult universaalsele. Nooreestlaste euroopaliku ülikultuuri taotlusis on kõige selgemini märgata eesti eliidi valmisolekut intellektuaalseks moderniseerimiseks, mis seostus sooviga ühiskonda tervikuna radikaalselt ümber kujundada nii, et vaimne ja sotsiaalne revolutsioon sulaksid ühte.

20. sajandi alguse eesti haritlaskonna üldilmes võib märgata nii vana traditsioonilise agraarühiskonna kui ka uue, moderniseeruva ühiskonna jooni. Sinna mahuvad nii mõõdukad kultuurirahvuslased kui ka radikaalsed modernistid. Poliitiliste voolude, doktriinide ja ideoloogiate poolest oli haritlaskonna vaadete diapasoon samuti avar ja ulatus üsna mõõdukast liberalismist revolüt-

sioonilise sotsialismini. Konservatismil polnud väljavaateid levida kas või seetõttu, et eestlastel oli vähe selliseid väärtusi, mida kiivalt alal hoida. Ärkamisaegse eesti haritlase normaalparadigma oli rahvuslus. Sotsiaalsed utoopiad levisid laiemalt ja omandasid reaalse jõu käesoleval sajandil. Rahvuslik-liberaalse mudeli märksõnadeks olid konstitutsiooniline kord, kodaniku- ja poliitilised õigused, omavalitsus (autonoomia). Kaalukat osa eestluse ideoloogias etendas väikerahvalik enesetunnetus, perifeersuse ja Lääne tsivilisatsiooni peateest kõrvalejätuse tunne. Seetõttu painas eesti haritlasi küsimus: kas eestlased on suutelised rahvusena püsima jääma ja iseseivalt edasi arenema? Niisugustest eksistentsiaalsetest hirmudest ja alaväärsuskompleksist ei suutnud lõplikult vabaneda isegi nooreestlased.

Iseseisvuseelne eesti intelligents oli ebatäiuslik ja ebaküps, lõpuni arenemata. Tal puudusid kaugemasse minevikku ulatuvad traditsioonid ja põlvkondade järjepidevus. Kõrgintelligents polnud ühiskonda sügavalt juurdunud. Iseseisvuseelisel ajal saab rääkida pigem haritlaste mosaiiksest kogust kui tõelisest intelligentsist. See oli veel valdavalt maaga seotud esimese põlve haritlaskond, kes alles püüdis küpsuse poole. Ometi oli poole sajandi vältel läbitud tee poolharitlaste domineerimisest esimeste euroopalikult koolitatud intellektuaalide ilmumiseni.

20. sajandi akadeemiline haritlaskond oli kvaliteedilt uus tase võrreldes ärkamisaja väheharitud rahvameestega. Ent tõelisi intellektuaale – professionaalkultuuri tippe – oli veel vähe. Niisugune intelligents, intellektuaalne eliit, kes oli suuteline absorbeerima ja vaimselt kasvatama uusi intelligentsipõlvkondi, tekkis alles iseseisvusajal. See ühendas endas kõik intelligentsipõlvkonnad, kes koos löid Euroopa rahvale väärilise professionaalkultuuri.

### *Eesti-vene suhted*

Raamat eesti-vene suhetest [Karjahärm, 1998a] sisaldab teavet nende suhete väga erinevate külgede kohta. Selles mõttes on monograafia ülevaatelise ja entsüklopeedilise struktuuriga. Kasutatud on Venemaa ja Baltimaade arhiivide materjale, rahvaloendusi, uemat läänes ja Venemaal ilmunud kirjandust. Minu huviväljas on nii vene rahvusvähemus Eestis kui ka Vene valitsuse poliitika Baltimaades. Omaette peatükk on pühendatud eesti eliidi suhtumisele venelastesse ja Venemaasse.

Eesti-vene vahekordi on püsivalt mõjutanud geopoliitilised tegurid, kahe naabri tohutult erinev suurusjärg, vene suurrahva laiutamise- ja paisumistung. Sajandeid oli Eesti olnud Ida ja Lääne vahelise võitluse ja dialoogi tallermaa. Vene rahvusluse tõus, Saksamaalt lähtunud sõjaline ähvardus, impeeriumi pealinna julgeolekuprobleemid, samuti olukord naaberaladel (Poolas, Soomes) kujundasid Vene valitsuse Balti poliitikat 19. ja 20. sajandil.

Baltikum oli impeeriumile vajalik mitmel põhjusel. Ta oli sild Euroopa (Saksamaa) ja Venemaa (Peterburi) vahel. Selles kolmnurgas toimus intensiivne ideede ja inimeste liikumine, kujunes spetsiifiline Preisi-Balti-Peterburi kultuuriruum [Klinge, 1993]. Head kommunikatsioonid, ühiskonna suhteliselt kõrge moderniseeritus ja arenenud infrastruktuur suurendasid Eesti osatähtsust Venemaa majanduses ja rahvusvahelises tööjaotuses. Eestlaste üldine

kirjaoskus ja protestantlik töökultuur tegid võimalikuks intensiivse tootmise ülevenemaalise ja välisturu jaoks.

Venemaa taotles sajandeid Lääne kultuuriruumi kuulunud Baltikumi integreerimist vene-slaavi tsivilisatsiooni ning kasutas selleks sunniviisilist venestamist [Thaden, 1984]. Venestamise mõju eestlaste elule oli vastuoluline. Administratiivne venestamine ajakohastas kohalikku arhailist halduskorda ja soodustas nii moderniseerimist. Kultuuriline venestamine, eriti venekeelse õpetuse sisseseadmine algkoolis, takistas eesti kultuuri edendamist [Raun, 1981]. Samal ajal kujunes eesti noor professionaalkultuur Peterburi akadeemilise ja modernistliku kultuurielu vahetu mõju all. Venestamisele vaatamata jäi Eesti avatuks Läände. Vene keele oskus avas eestlastele uusi võimalusi maailmakultuuri ja teaduse saavutuste omandamisel. Venestatud Tartu ülikool jäi ikka rahvusvaheliseks teaduskeskuseks. Saksa kultuuri pikaajalist ja sügavalt juurdunud mõju ei suutnud suhteliselt lühiajaline venestamine välja tõrjuda. Eestluse rahvusliku identsuse tugevnemine vähendas venestamise produktiivsust.

Venemaa võttis vastu ka Eesti inimressursside ja vaimse potentsiaali "ülejäädid". Seal töötas kolmandik eesti akadeemilisest haritlaskonnast ja õppis 40% eesti üliõpilastest. Demograafilisest revolutsioonist põhjustatud suure väljarände käigus asutasid eesti kolonistid Venemaal tuhandeid heal järjel talusid. Impeeriumi avarustel olid nad moderniseerimise pioneerid, tuues endaga kaasa lääneliku põllutöökultuuri ja töömoraali.

Eestlaste riiklik venestamine nende denatsionaliseerimise mõttes kukkus läbi seetõttu, et nende omakultuuriline identiteet oli juba küllalt tugev. Vene kultuuri ja haridust eestlased küll tarbisid, ent venelaseks saada ei tahtud. Venestamise ideoloogidel puudusid niisugused ideed, mis teinuks teadliku venestumise eestlastele ihaldusväärseks. Valitsuse brutaalsed meetmed pigem toitsid vastupanu ja soodustasid eestlaste etnilist mobiliseerimist. Vene ülemkiht Eestis oli kitsas ja põlisrahvale võõras, alamkiht oli väikesearvuline ja nõrk. Rahvuslikus eluruumis domineerisid eestlased, mis võimaldaski luua iseseisva rahvusriigi.

### *Allikate publitseerimine*

Ajalugu on teadus mis tugineb suures osas kirjalikele allikatele. Allikad ei muutu ja seetõttu on allikapublikatsioonidel püsiv väärtus. Neist võivad teavet ammutada uurijate paljud põlvkonnad. 1997. aastal ilmunud temaatilises kogumikus [Karjahärm, 1997a] avaldasin valiku Eesti, Baltimaade ja Venemaa ajaloo allikaid, mis kajastavad eesti-vene suhteid, venestamist ja vene mõju ning eestlaste vastupanu venestamisele. Kõige väärtuslikumad on selles Vene valitsusasutuste ja kohalike tipphaldurite (kindralkuberner, kuberner) konfidentsiaalsed materjalid: ettekanded, aruanded, arvamused, mis on pärit Venemaa arhiividest Peterburis ja Moskvast. Eriti markantsed on Eesti ja Läti kultuurilise venestamise ja koloniseerimise plaanid keskvalitsuse toimikutes Peterburis. Need odioossed kavad annavad tunnistust Venemaa Baltimaade poliitika järjepidevusest 20. sajandil. Tsaarivalitsuse venestuslikud abinõud jäävad siiski kahvatuks, kui neid võrrelda hiljem sovetiseerimise käigus

läbiviidud massirepressioonide, genotsiidi, deportatsioonide ja rahvuskultuuri süstemaatilise hävitamisega Stalini ajal.

## Tänu

Minu raamatute kirjutamist ja väljaandmist on toetanud Ajaloo Instituut, Eesti Teadusfond, Eesti Kultuurkapital, Eesti Rahvuskultuuri Fond (Soome Kultuuri Sihtkapital), Eesti Vabariigi Haridusministeerium, Eesti Vabariigi Kultuuri-ministeerium, Eesti Teaduste Akadeemia, Soome Akadeemia, Jyväskylä Ülikool, Eesti Entsüklopeediakirjastus, Sinebrychoff Eesti AS, Thulema AS. Suur tänu neile.

## Kirjandus

1. Karjahärm T. 1990. The political organization of Estonian society and the political parties in Estonia in the years of 1900–1914. The Baltic Countries 1900–1914. Acta Universitatis Stockholmiensis. Studia Baltica Stockholmiensia, 5:1. Uppsala, Centre for Baltic Studies at the University of Stockholm, Almquist and Wiksell International, 131–145.
2. Karjahärm T. 1993. Tõuküsimus Eestis iseseisvuse eel. Akadeemia, 7, 1347–1364.
3. Karjahärm T. 1994a. Eesti vaimse eliidi probleeme iseseisvuse eel. Eesti Teaduste Akadeemia Toimetised. Humanitaar ja sotsiaalteadused, 3, 245–256.
4. Karjahärm T. 1994b. Eurooplus, eestlus ja “Noor-Eesti”. Akadeemia, 10, 1795–1821.
5. Karjahärm T. 1995a. Aus der Geschichte des estnischen Liberalismus. Baltica. Die Vierteljahresschrift für Baltische Kultur, 4, 30–41.
6. Karjahärm T. 1995b. Das estnisch-deutsche Verhältnis und die Russische Revolution von 1905. Nordost-Archiv. Zeitschrift für Regionalgeschichte. Neue Folge, IV/2. Lüneburg, Institut Nordostdeutsches Kulturwerk, 431–451.
7. Karjahärm T. 1995c. Eesti liberalismist. Looming, 12, 1675–1687.
8. Karjahärm T. 1995d. Eesti rahvusluse ideed. Akadeemia, 1995, 10, 2051–2077.
9. Karjahärm T. 1995e. Eestlaste regionaalse identsuse ajaloost. Looming, 5, 677–691.
10. Karjahärm T. 1995f. The problem of reorganization of provincial self-government in Estonia at the beginning of the 20<sup>th</sup> century. Bevölkerungsverschiebungen und sozialer Wandel in den baltischen Provinzen Russlands 1850–1914. (Schriften der Baltischen Historischen Kommission, 6). Lüneburg, Institut Nordostdeutsches Kulturwerk, 249–260.
11. Karjahärm T. 1996a. Eesti vaimse eliidi identsusest ärkamisajal. Akadeemia, 12, 2557–2569.
12. Karjahärm T. 1996b. Balti küsimus Vene poliitikas monarhia kokkuvarisemise eel. Looming, 10, 1372–1383.
13. Karjahärm T. (koost., tõlk., komment.). 1997a. Venestamine Eestis 1880–1917. Dokumente ja materjale. Tallinn.
14. Karjahärm T. 1997b. Venäjän varjossa: Suomi ja Viro Venäjän naapurina. Virallista politiikkaa – epävirallista kanssakäymistä: Suomen ja

- Viron suhteiden käännekohtia 1860–1991. Toim. Heikki Roiko-Jokela. Jyväskylä, Atena, 31–61.
15. Karjahärm T. 1998a. Ida ja lääne vahel. Eesti-vene suhted 1850–1917. Tallinn, Eesti Entsüklopeediakirjastus.
  16. Karjahärm T. 1998b. The image of Russia and russians in Estonia in the late imperial period. Images and Mutual Perceptions of the Finns, the Estonians and the Russians in the 20<sup>th</sup> Century, ed. by Heikki RoikoAJokela. Jyväskylä, Kopi Jyvä Oy, 11–26.
  17. Karjahärm T. 1998c. The Parliamentary Tradition in Estonia. Riigikogu. The Parliament of Estonia. Tallinn, Riigikogu Chancellery, National Library of Estonia, 9–28.
  18. Karjahärm T., Sirk V. 1997. Eesti haritlaskonna kujunemine ja ideed 1850–1917. Tallinn, Eesti Entsüklopeediakirjastus, Tallinn.
  19. Klinge M. 1993. The Finnish Tradition. Essays on structures and identities in the North of Europe. Helsinki, Societas Historica Finlandiae.
  20. Raun T. U. 1981. The Estonians. E. C. Thaden (ed.), M. H. Haltzel, C. L. Lundin, A. Plakans, T. U. Raun. Russification in the Baltic Provinces and Finland, 1855–1914. Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 285–354.
  21. Thaden E. C. 1984. Russia's Western Borderlands, 1710–1870. Princeton, New Jersey, Princeton University Press.

*Teaduspreemia humanitaarteaduste alal*

*monograafia "Sissevaated folkloori lühivormidesse.  
Põhimõisteid, žanrisuhteid, üldprobleeme"*

*eest*



*Arvo  
Krikmann*

Sündinud 21. juulil 1939 Virumaal

- |           |  |
|-----------|--|
| 1957      | Väike-Maarja Keskkool  |
| 1962      | Tartu Ülikool, eesti filoloogia osakond, folkloristika   |
| 1962–1969 | Kirjandusmuuseum: teadur, vanemteadur  |
| 1970–1972 | aspirantuur Keele ja Kirjanduse Instituudi juures  |
| 1973–     | Keele ja Kirjanduse Instituut (Eesti Keele Instituut): noorem-<br>teadur, vanemteadur, peateadur, parömioloogia töörühma<br>juhataja |
| 1975      | filoloogiakandidaat  |
| 1992      | Tartu Ülikool, külalisprofessor rahvaluule alal  |
| 1997      | Eesti Teaduste Akadeemia liige   |
| 1998      | PhD (folkloristika alal)   |
| 1998      | Valgetähe III klassi teenetemärk   |

90 teadustöö autor või kaasautor (neist 15 raamatut)



# TEATEID TEGELIKKUSEST: *eesti mõistatuste teaduslik väljaanne valmimas*

Pärast läänemeresoome favoriitvanasõnade väljaande "Proverbia septentrionalia" (PS) ilmumist 1985. a. lõpetas Matti Kuusi oma osalemise läänemeresoome vanasõnaprojekti juures. PS-i ilmunisega polnud kaugeltki kogu läänemeresoome paröömiline ühisaines veel publitseeritud ning teised kaasautorid hellitasid veel paari järgmise aasta kestel lootust, et Kuusi eemalejäämisest hoolimata töö jätkub ja viiakse loogilise lõpuni. Seda aga ei juhtunud, illusioonid hakkasid hajuma ja projekt jäi ligi 10 aastaks surnudseisu. 1988. aastal, kui ka "Eesti vanasõnade" (EV) köited olid täielikult ilmunud, läänemeresoome väljaande jätkamise perspektiivid aga endiselt ähmased, hakkas Eesti Keele Instituudi Tartu parömioloogiarühm tegelema EV-ga analoogilise mõistatuste väljaande (edaspidi: EM) ettevalmistamisega – alul teiste tööde kõrval ja aega parajaks tehes, kuid juba 90-ndate aastate algusest päris tegelikult ja intensiivselt. Väljaande valmimise tähtjaks on pandud aasta 2000 ja see peab ilmuma eesti folkloori fundamentaalväljannete sarjas "Monumenta Estoniae Antiquae". Töös on seni osalenud Rein Saukas, Anne Hussar, Arvo Krikmann ja Piret Voolaid, alul ka Ingrid Sarv (praegu pensionil).

Mõlema lühivormiväljaande ettevalmistamise rutiinsed põhiprotseduurid olid:

1. Lisamaterjali hankimine: uuema või vahelejäädud arhiivmaterjali arvelevõtt ja kopeerimine, lühivorme sisaldavate trükiallikate täiendav arvelevõtmine jms.
2. Tekstide rahvaehtsuse kontroll, s.t. trükistest kopeeritud või omaloomingulise ainese avastamine ja eraldamine. Nagu EV, nii ka EM juures kujunes see tööjärg ennustatavalt kõige aeganõudvamaks, kuigi eesti mõistatuste arhiivitekstide autentsustase on vanasõnatekstide omast tunduvalt kõrgem.
3. Mõistatustüüpide seesmine korraldus. Mõlemad väljaanded esitavad oma materjali n.-õ. tüübikaupa, s.t. koondades kokku kõik "sama vanasõna" või "sama mõistatust" esindavad tekstid. Igat vanasõna- või mõistatustüüpi esindav arhiivaines korraldatakse ka seesmiselt, eelkõige püüdes leida kohalikke erivorme e. nn. lokaalredaktsioone (olgu öeldud, et eesti mõistatuste lokalisatsioonid on koondkokkuvõttes märksa reljeefsemad ja efektsamad kui vanasõnade omad).
4. Tüübipiiride täpsustamine, tüübiliidete e. kontaminatsioonide leidmine ning dubleerimine jm. viimistlustöö.

EM ja EV ettevalmistamise mikrokliimaatiline üldfoon oli diametraalselt erinev. Töö EV juures oli paljudel põhjustel pea algusest lõpuni üksainus kriisist kriisi liikumine (EV taustadest ja koostamiskäigust lähemalt vt. [Krikmann & Sarv, 1997]). EM koostamiskäiku pole olnud segatud mingeid vähegi tõsisemaid ja põhimõttelisemaid probleeme.

Mõlemad väljaanded põhinevad tehniliselt ERA tüpoloogistel žanrikartoteekidel, mille rajajaks oli Erna Normann. Kuid mõistatuste kartoteeki hakati rajama 30-ndate aastate lõpupoolel ja see viidi ka lõpule (v.a. ehk tüübisene detailkorraldus, mida tollal ei peetud vajalikukski). Normann oli tollal oma

parimais 30-ndates, ta vaim oli erk ja mälu terav ning tema nn. kollastest kaartidest ja märkustest mõistatustüüpide juures, mis viitavad leksikaalseile või struktuurilistele sarnasustele eri mõistatuste vahel, on EM-väljaande tegijail olnud ülehindamatu abi. Vanasõnakartoteegi tegemine aga jäi sõjale jalgu, see oli EV-projekti alul (aastal 1964) alles üsna pooleli ja lõpetati tegelikult alles EV-meeskonna poolt väljaande ettevalmistamise käigus. Kuid lõppkokkuvõttes on mõlema lühivormiväljaande kõrvaltulemuseks žanrikartoteegid, mis on ERA omadest parimaid nii arhiivimaterjali täieliku esindatuse kui ka korraldustaseme poolest.

EV- ja EM-meeskondade põhituumik on sama ja EM-tööd alustades oli meie käsutuses kogu EV juures saadud (paraku küll suuresti negatiivne, kuid ehk seda õpetlikum) kogemuspagas. Algusest peale oli teada, millised etapid töö peab läbima ja kui palju need umbes aega nõuavad. Erinevalt EV-st, mille esialgseks valmimisajaks oli määratud täiesti sinisilmselt kaks aastat (!!), oli EM-väljaande tarvis võimalik garanteerida piisav ajavaru.

EV ajal oli tehnoloogiliste unistuste tipuks elektrikirjutusmasin, EM-i ettevalmistamise "teisel viisaastakul" jõudis IT-plahvatus Eestisse ja Tartu folkloristide üks kaugperspektiivilisi unelmaid on sestpeale olnud eesti folkloori täieliku andmebaasi rajamine. Mõistatustekstide autentsuskontroll lõpetati 1996. a. oktoobris ja nüüd seisib EM-meeskonna ees juba täiesti pakilise leninlik küsimus "mida teha?". Kas asuda peatselt EM-väljaande käsikirja koostamisele, kasutades arvutit lihtsalt käsikirja enda vormistamiseks, ehk ka vajalike ümberjärjestuste, registrite jms. tegemiseks? Või toimida riskantsemalt, kuid strateegilisemalt: rajada arvutipank, mis sisaldaks praktiliselt kogu olemasoleva info eesti mõistatuste kohta (ja ühtlasi täidaks oma niši ERA juures kujunevas suures folkloori-andmebaasis) ja luua tarkvara, mis selle andmestiku põhjal vormistaks – täiesti omal jõul, korralikult ja kiiresti – EM-i käsikirja, tehes ühtlasi ka vajalikud statistikad jne.? Teadsime, et Indrek Hein on Eesti Keele Instituudi Roosikrantsi-poolel sõnastikutootmise ammuilma digitaliseerinud, nõnda et tarkvara sööb teatud viisil ettekorraldatud ja -märgendatud andmemassiivi ja väljastab tehniliselt tip-top käsikirja. Kuid teadsime ka, et meile vajalikku tarkvara ei õnnestu ilmselt n-ö. külast tellida ja exe-režiimil vmt. moel pimesi kasutada. Meil võib hiljem tekkida tahtmine mõnesid üksikasju muuta ja see tähendaks uute konsultatsioonide alustamist. Ka juhtub andmete sisestamisel paratamatult igaliiki näpukaid ja on raske ette näha, kuidas programm peaks neile reageerima. Tarkvara häälestamisaeg, mille kestel programmi autor peaks meile operatiivselt kättesaadav olema, kujuneks tõenäoliselt üsna pikaks. Ja üldse – küla asjad aetakse külmalt, nagu teada. Ja andmebaasisüsteemide juurde kuuluv tarkvara polegi üldiselt mõeldud nüansseeritud formaatimiseks, nagu teada. Kujutelm, mille juurde 1997. a. suveks jõudsime ja mida läbi töötama hakkasime, oli selline: andmebaasi lätevormiks saab olema lihtsalt suur-suur kimp Word'i tabelleid ja vahend, mille abil tabeliandmetest toodetakse käsikiri, saab olema lihtsalt üks Word'i makro. Keegi meist ei osanud sel hetkel ette öelda, kas WordBasic kätkeb piisavalt vahendeid kõigi meie soovide rahuldamiseks või annab mingis eriti olulises asjas otsad. Paarinädalase katsetamise järel oli selge, et midagi fataalset ei juhtu ja pärast suvepuhkust algas andmetabelite sisestamine. Selle töö tegid umbes pooleteise aastaga ära Anne Hussar ja Piret Voolaid, Rein

Saukase hooleks jäi tüüpide lõpliku redaktsioonilise liigenduse ja redaktsioonitähiste määramine. 1999. a. kevadeks oli andmebaas valmis (vajab küll veel väikest korrektuuri ja viimistlust murdekeele ühtlustamise jm. mõttes). Kui andmetabeleis pole vigu, võtab EM-väljaande materjaliosa käsikirja tootmine aega paar ööpäeva, mitte enam.

Eesti mõistatuste andmetabeli fragment on toodud selle kirjutise lõpul lisana 1 ja EM-käsikirja fragment lisana 2.

Olen raamatus "Sissevaateid folkloori lühivormidesse" I [Krikmann, 1997] väsimatult kurnud, et pean eesti mõistatustest rääkima palju udujuttu, kuna žanri arhiivilised üldparameetrid pole teada, kasutama statistiliste hinnangute andmiseks "toortekstihulki", mitte aga rahvaehtsate tekstide hulki jne. Nüüd siis on võimalik öelda eesti mõistatuste arhiivifondi kohta juba üht-teist tegelikumat ja kokkuvõtlikumat (toodavad parameetrid võivad täpsustuste käigus ebaolulisel määral muutuda).

1. EESTI ARHIIVIS ON UMBES 2370 FOLKLOORSET MÕISTATUSTÜÜPI E. "ERI MÕISTATUST". Võrdluseks meenutame, et EV-väljaandes oli 15 140 tüpoloogilist üksust (oma paar tuhat neist, tõsi küll, avaldatud *in spe bona* või *honoris causa* ega oma kardetavasti folkloorset kvaliteeti). Kui mitmeks tüpoloogiliseks üksuseks jaguneb eesti kõnekäändude ja fraseologismide aines (ja kas ta on üldse piisavalt homogeenne, et teda vaadelda ühtse žanrina), pole hetkel võimalik täpselt öelda. Fraseologismide nn. "üldosa" ja võrdlusteosa annavad kokku umbes 12 350 tüpoloogilist üksust. Kuid siit on väljas nn. konsekutiiv- ja kontsessiivfraasid (*Valetab nii et suus suitseb; Sadagu kas või pussnuge alla*) jm. intensiivistav-hüperboolsed väljendid, samuti retoorilised tõrjevormelid e. reparteed (*Mis kell on? – Masinavärk*), naljasõnalised kaksikvärsid (*Tere hommikust, tulin tammikust, tõin teile sooja sepikust*), uuemad nn. killud ja paroolid, sõimu- ja tervitusvormelid, tekstid, kus fraseologismi esindab sõnapaar jm., samuti suur hulk üheainsa tekstiga esindatud retoorilisi improvisatsioone. Ma ei imestaks, kui eesti kõnekäändude ja fraseologismide terviknimistu pikkus selguks olevat kuskil 20 ja 30 tuhande vahel.

2. EESTI ALLIKMATERJALIS ON UMBES 81 380 RAHVAEHTSAT MÕISTATUS-TEKSTI. Meenutame võrdluseks taaski, et EV-s esinduvast vana-sõnaaines oli vastav parameeter umbes 84 000. Kõnekäändude ja fraseologismide autentsuskontroll on seni kahjuks tegemata, kuid võib ennustada, et aine üldine autentsustase on kahe ülejäänud lühižanriga võrreldes tunduvalt kõrgem ja rahvaehtsate tekstide koguhulk kaugelt ülalpool 100 000 piiri. Küll on siin teistega võrreldes märksa problemaatilisem traditsioonilise ja impro-visatoorse aine eristamine.

Seega võib nüüd juba senisest kindlamail andmetel väita, et eesti mõistatusfond on "kitsa aluse ja kõrge istumisega" (arhiivitüübi keskmine suurus umbes 34 teksti), vanasõnafond tunduvalt laiema alusega, kuid lamedam (tüübi keskmine suurus umbes 7 teksti), kõnekäändu- ja fraasifond aga pea olematu kõrgusega laialivalgunud "loik": siin põrkub kasutaja alatasa juhtudele, kus täiesti igapäevasest fraasist on olemas vaid 1–2 üleskirjutust, ja see puudus on praegu kahjuks juba korvamatu.

3. ARHIIVI- JA TRÜKITEKSTIDE ÜLDARV EESTI MÕISTATUSTE KARTOTEEGIS ON UMBES 133 200. Võrdluseks jälle sama parameeter EV-aine kohta – umbes 162 500, lisaks veel vast 50–60 tuhat uuemast EV-järgsest arhiivimaterjalist pärit teksti, kokku siis kuhugi 220 000 kanti. Kõnekäändude ja fraaside fondi kogusuurus on kuskil nende kahe vahepeal. Igatahes selgub rahvaehtsa aine osakaal eesti mõistatustekstide kogumassiivis olevat märksa kõrgem kui vanasõnafondis – umbes 61% vanasõnade 52% vastu. Kõnekäändude kohta on selles plaanis esialgu võimatu mingit arvnäitu pakkuda.

4. MATERJALI SAGEDUSJAOTUSED KAHES PÕHILÖIKES. Me saame nüüd mõistatuste andmed lisada muudele teadaolevaile.

Kui me teeme TÜPOLOOGILISTE ÜKSUSTE “suuruse” või “võimsuse” histogramme mingist naturaalsest keele- või folklooriainest (nt. sõnadest, vanasõnadest, mõistatustest), siis kalduvad need reeglina võtma nn. Zipfi jaotuse vormi. Ükskõik, kas kasutame üksuse võimsusmõõduna teda esindavate arhiivitekstide arvu, ta levikuulatust vm. (vrd. nt. graafikuid eesti vanasõnade kohta [Krikmann, 1997, 189 (joon. 6), 196 (joon. 7)]) – ülivõimsaid, suure sagedusega üksusi selgub fondis olevat nii või teisiti ülivähe, keskmisi keskmisel määral ja nõrku, vähesagedasi üksusi ülikülluses. Ja järsult enim tekib just ainukordse esinemusega üksusi.

Viimane seik näib keele või folkloori spetsiifikat arvestades paradoksaalne ja loomuvastane: ons üheainsa teatega esindatud pala üldse folkloor? või mida arvata üheainsa teatega esindatud sõna tegeliku levikuulatuse kohta?

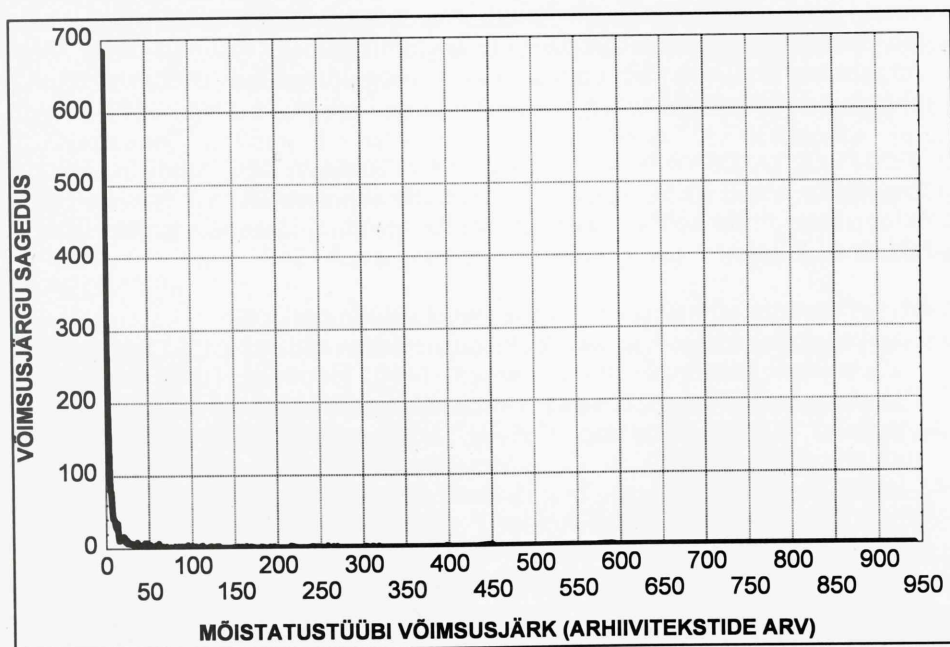
On aga selge, et arhiiv pole elu, vaid elust tehtud valim ja sedalaadi sageduspiltides on tegelikult otsakuti kaks mõjurit – vastava aine enda tegelik võimsus ja selle aine talletatuse määr, nn. kogumistihedus. S.t. empiiriline sagedusnäit “1” esindab tegelikult ikkagi kas korduvusastet “>1” või “0”. Viimane võimalus on eriti mõeldav just folkloori puhul: arhiivi võib tõesti olla sattunud kogujate endi poolt leiutatud või kelleltki kuulnud ainukordseid improvisatsioone. Kas me suhtume sedalaadi improvisatsioonidesse hea- või pahatahtlikult, loeme neid folklooriks või mitte, üks näib olevat ilmne: improvisatsioonid on folkloorse žanri jaoks (ja ehk ka laenulised jm. leksikaalsed neologismid keele jaoks) korvpallikeeles öelduna “pink” ning nende sugenemine arhiivimaterjali näitab žanri (või ka sõnavara) vitaalsena ning ta tulevikku optimistlikuna. Sagedusastmete “1” ja “2” suhe mõnedes seni äramõõdetud eesti ainetes nähtub järgmisest tabelikesest (murdeleksika puhul on võimsusmõõduks olnud kihelkondade arv, kust sõna on üles kirjutatud, ülejäänute puhul folkloorset tüüpi esindavate autentsete arhiivitekstide arv; suhe 3,12 saadakse näiteks niiviisi: sõnu, mida on üles tähendatud vaid mingist ühestainsast kihelkonnast, on murdearhiivis 31 184, kahest eri kihelkonnast noteeritud sõnu on 9992, nende jagatis on 3,12):

Murdeleksika	3,12
Vanasõnad	4,32
Mõistatused	2,04

Näib siis nõnda, et kuigi eesti mõistatuste ”arhiivitüübid” on keskeltläbi vägagi suured, on mõistatuste “pink” teisalt tõesti lühike. See on vana ja

praeguseks traditsioonist pea täiesti väljakidunud žanr, mis on loovutanud oma koha nooremale vennale – keerdküsimusele.

Zipfilikud hüperboolse käigujoonega graafikud, mis liuglevad alul vastu  $y$ -telge liibudes järsult allapoole ja pärast käänupunkti roomavad vastu  $x$ -telge liibudes peaaegu horisontaalselt paremale, on üsna igavad vaadata, seepärast esitame neist näidiseks ainult ühe ja värskema – eesti mõistatusfondi põhjal tehtu (vt. joon. 1).



Joonis 1

KIHELKONDADE (või õigemini ühte  $x$ -intervalli sattuvate kihelkonnarühmade) histogrammid (vt. joon. 2) neist üleskirjutatud ainehulkade lõikes on teistsugust loomu. Siin oleks nagu kõrvuti või osaliselt pealestikku kaks või enam normaaljaotusküüru ning kogu jaotuspildi raskuskese ja mediaan on selgesti vasakul – s.t. ainult väga rikkaid kihelkondi näib olevat üsna vähe, ainult väga vaeseid paiku on enam, kuid mitte enim; enim on suhteliselt vaeseid paiku. Ärgu huvitagu meid siinkohal see, millised on konkreetsed arvandmed ühel või teisel juhul, sh. kihelkondade kokkuruühmitamise intervall (need on graafikutelt meelega kõrvaldatud), vaid sellise sagedusjaotuse mõeldavad tekkefaktorid.

On üsna loomulik oletada, et Eestis või kus iganes on olemas folkloorilt rikkamaid alasid (nt. perifeeriad, mis on vahendanud ka eri suundadest tulevat laenutransiiti) ja vaesemaid (nii on Lääne-Eesti teadaolevalt folkloorivaene, väidetavalt ka oma hernhuutliku mineviku tõttu). Näib aga täiesti loomu-

vastane oletada, et üks ala võiks olla teisest märgatavalt vaesem oma sõnavara poolest.

Kuid otse loomulikult on neilgi graafikutel ülestikku tegelikkusfaktor ja kogumisfaktor. S.t. kui mingi murdesõna või mõistatus on kihelkonna *K* graafikus sees 0-näiduga, võib see tähendada, et see sõna või mõistatus on seal tõesti tundmatu, kui ka seda, et seda pole lihtsalt jõutud seal üles kirjutada. Tundub, et jõuline parempoolne küür murdeleksika histogrammil peegeldabki mitte erilise sõnarikka kihelkonnagrupi olemasolu, vaid pigem tõika, et on välja kujunenud murdeliselt üldhuvitavaks loetav kihelkonnagrupp, mille liikmeid koguvad on alatasa ja muudest sagedamini külastanud. Mulle isiklikult jätab "mõistatuskihelkondade" histogramm siinsest kolmest üldse kõige naturaalsema mulje ja näib enimal määral peegeldavat traditsiooni tegelikku jõulisust ja vähimal määral kogumisseiku.

5. EESTI MÕISTATUSFONDI AJALINE KUJUNEMISKÄIK JA KOGUMISDÜNAAMIKA. Tänu jutuks olnud andmebaasile on mõistatusest saanud vist esimene eesti folkloorižanr, mille kohta sedalaadi teave on võimalik esitada nii täielikul ja usaldataval kujul.

Eesti mõistatuste allikaloo võib jagada nelja suurde perioodi:

- 1) ajavahemik 1660–1876, kus mõistatusi esindavad üsna napid tekstihulgad 17. sajandi grammatikates [Göseken, 1660; Hornung, 1693] ning S. H. Vestringi eesti-saksa sõnaraamatu käsikirjas (koostatud vist 1720-ndail aastail; vt. ka [Vestring, 1998], umbes. 130 teksti A.Thor Helle grammatikas [1732], J. H. Rosenpläneri jt. ÕES-i estofiilide poolt kogutud aines, eriti J. Fr. Helli võru-saksa sõnaraamatu käsikiri; perioodi lõpetab ja võtab kokku F. J. Wiedemanni tähtteos "Aus dem inneren und äusseren Leben der Ehsten" [1876];
- 2) 40 aasta pikkune periood Wiedemanni raamatust I maailmasõja ja Oktoobrirevolutsioonini (1877–1917): see on ülitähtis ajajärk, mil J. Hurda ja M. J. Eiseni poolt rajatakse eesti folklooriarhiivi põhifondid, selle sajandi esikümnendel lisanduvad veel Eesti Üliõpilaste Seltsi jm. vähemad fondid; Eisen avaldab oma mõistatustevalimikud [1890; 1913], O.Kallas [1894; 1903] muu lutsi ja kraasna materjali hulgas ka mõistatusi;
- 3) "esimese vabariigi" aeg (1918–1940), mille allikaloolise põhisisu moodustab Eesti Rahvaluule Arhiivi kogumistegevus, mis seatakse nüüd juba täiesti süstemaatilisele jalale ning milles osalevad massiliselt juba ka kutselised folkloristid ja filoloogid-stipendiaadid;
- 4) II maailmasõda ja sellele järgnev aeg tänini (1941–1999): kogumistöö on peamiselt Kirjandusmuuseumi rahvaluule osakonna õlul, perioodi lõpul ERA nimetus taastatakse.

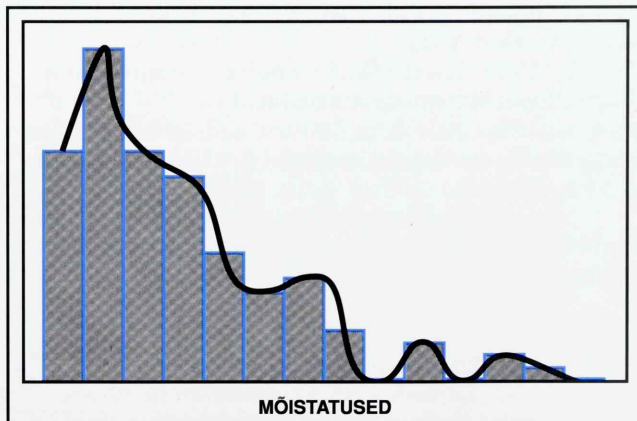
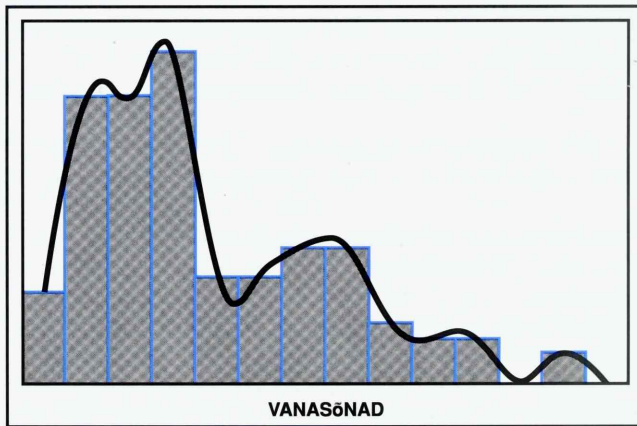
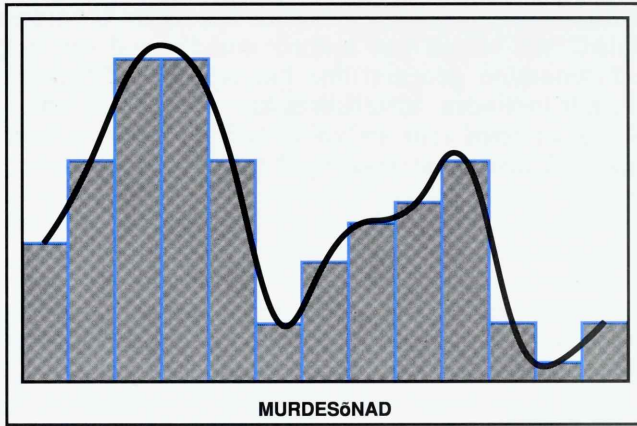
Nende nelja ajajärgu mõistatussaagiste suurused on võrdlevalt esitatud joonisel 3. Joonis 4 annab mõistatuste kogumismahud nende põhilise kogumisperioodi (1850–1999) kohta 10-aastaste intervallide kaupa.

6. EESTI MÕISTATUSTE KOGUMISTIHUDUS KIHELKONNITI on viimane andmekoond, mille saame siin esitada (vt. joon. 5: arvud tähistavad sadasid variante). Näeme, et Setust korjatud mõistatusaines on küll lausa ülivohavalt ulatuslik,

kuid üldiselt ei kinnita mõistatusžanr siiski üldreeglit "Perifeeriad on eesti folkloori kuldalad" nii selgelt kui mõned muud ained (nt. regilaulud või vanasõnad). Mõistatusaine geograafiline jaotuspilt (nt. Põhja-Pärnumaalt ja Põhja-Viljandimaalt pärineva aine üllatavalt suur hulk) sunnib mõtlema võimalusele, et ehk käituvad suuresti laenatavad ja suuresti kohapeal loodavad folklooriosad geograafilises plaanis otse põhimõtteliselt eri moodi.

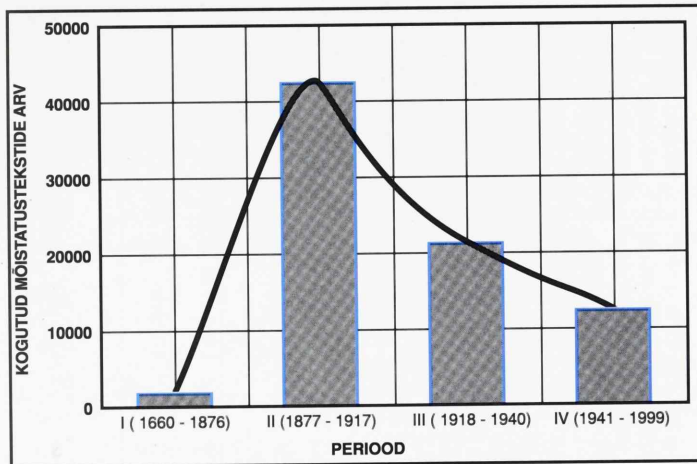
## Kirjandus

1. Eisen M. J. 1890. Eesti rahva mõistatused. Tartu, K. A. Hermann.
2. Eisen M. J. 1913. Eesti mõistatused. Tartu, Eesti Kirjastuse-Ühisuse "Postimehe" kirjastus.
3. EV 1980–1988. Eesti vanasõnad I–V. Koost. A. Hussar, A. Krikmann, E. Normann, V. Pino, I. Sarv, R. Saukas. Toim. A. Krikmann ja I. Sarv. Tallinn, Eesti Raamat.
4. Göseken H. 1660. Manuctio ad Linguam Oesthonicam. Anführung zur Öhstnischen Sprache /.../. Reval, Adolph Simon.
5. Helle A. Thor 1732. Kurtzgefaßte Anweisung zur Ehstnischen Sprache /.../. Halle.
6. Hornung J. 1693. Grammatica Esthonica /.../. Riga.
7. Kallas O. 1894. Lutsi maarahvas. Helsinki, Suomalaisen Kirjallisuuden Seura.
8. Kallas O. 1903. Kraasna maarahvas. Helsinki, Soome Kirjanduse Selts.
9. Krikmann A. 1997. Sissevaateid folkloori lühivormidesse I. Tartu, Tartu Ülikooli Kirjastus.
10. Krikmann A. & Sarv I. 1997. Tartu parömioloogiarühm. Eesti filoloogia poolsajand Teaduste Akadeemias. Tallinn, Eesti Keele Instituut, 226–258.
11. PS 1985. Proverbia septentrionalia. 900 Balto-Finnic Proverb Types with Russian, Baltic, German and Scandinavian Parallels. By Matti Kuusi in cooperation with Marje Joalaid, Arvo Krikmann, Pentti Leino, Elsa Kokare, Kari Laukkanen, Vaina Mälk, Ingrid Sarv. FFC 236. Helsinki, Suomalainen Tiedeakatemia.
12. Vestring S. H. 1998. Lexicon Esthónico Germanicum. Toim. Ellen Kaldjärv. Tartu, Eesti Kirjandusmuuseum.
13. Wiedemann F. J. 1876. Aus dem inneren und äusseren Leben der Ehsten. St. Petersburg, die Kaiserliche Akademie der Wissenschaften.

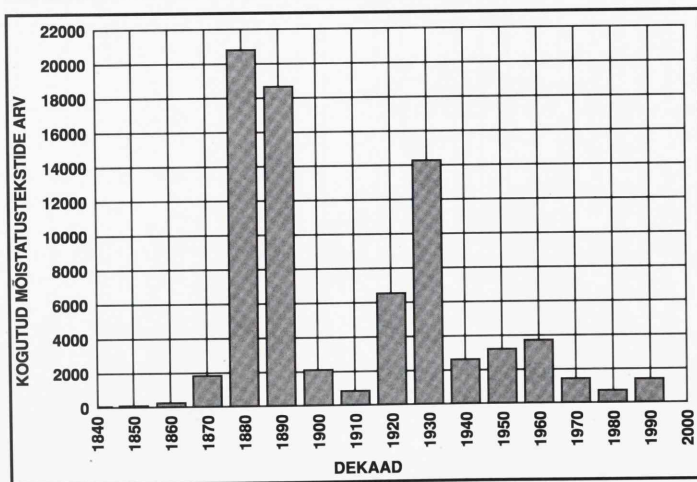


Joonis 2.

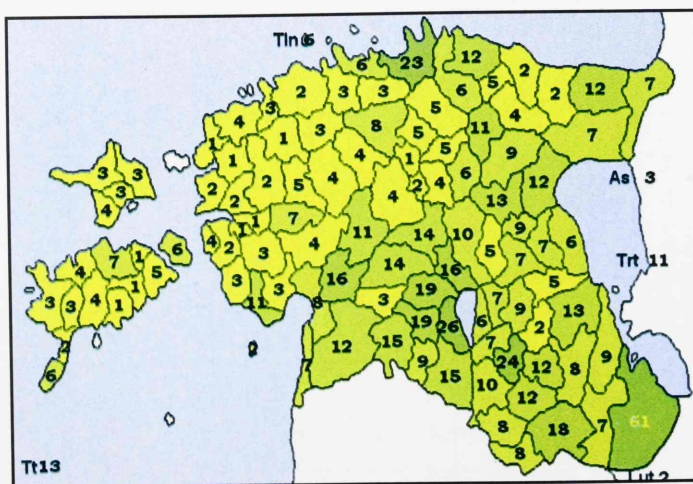




Joonis 3.



Joonis 4.



Joonis 5.

Lisa 1. Andmetabeli fragment

Tabelis paiknevad andmetübid on veeruti järgmised: 1: tüübi järjenumbrer väljaandes ja ebaautentsete tekstide arv; 2: redaktsioonitähised ja viited kontaminatsioonidele; 3: &-märk osutab väljaandes tsiteerimisele tulevaid tekste; 4: mõistatustekst (poolpaksu kirjaaga on tähistatud tüübi tüitetekst ja selle juurde kuuluv lahendus järgmises veerus); 5: lahendus; 6: teksti folkloorusstaatus tähistav märgend (autentsetel tekstidel kiheikonaltähend vm. päritolukoht, trükistes esinevail koopiatel "0", omaloomingul "ø"jne.; 7: teksti üleskirjutamise või trükise ilumumise aasta; 8: üleskirjutaja nimi (trükitekstidel "L.<sup>nb</sup>"); 9: teksti kohaviidad arhiivis või trükises (leppelistel lühenditena).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
#1	A	&	Ilma isata, ilma emata, katmata tuli, kaetud läiks	Aadam	Trv	1889	M. Jõgi	H III 6, 286 (4)
			Ilma isata, ilma emata, katmata tuli, kattetud läiks	Aadam	Trv	1895	J. Lirms	E 21673 (2)
	B	&	Ennad ei olnud, isa on meheks	Aadam ja Eeva	Vai	1893	H. Masing	H II 36, 400 (57)
	C	&	Kes olli ilma emätä	Eeva	KJn	B:dat-ta	A. Pihlak	E 451 (75)
#2+1		&	Mees kaheteistkümnne näuga	aasta ja kuud	ø	B:dat-ta	J. Abreldal	E 4279 (54)
			Mees kaheteistkümnne näoga	aasta	0	1979	L.	Metstak 27 ja 35 (261)
			Mees kaheteistkümnne näoga	aasta	0	1992	L.	Metstak 2 72
			Mees kaheteistkümnne näoga	aasta	0	1994	L.	Siirak EK IV VII 58 (8)
#3+5	Aa	&	Kaheteistkümnne näoga mees	?	0	1994	L.	Mihkel nr. 5 (1994) 38 (7)
			Pool musta, pool valget	suvi ja talve	Vil	1872	H. Leoke	Leoke 3, 223
			Pool musta, pool valget	päev	Vig	1894	T. Pulst	H III 18, 545 (45)
	Ab	&	Pool valget, pool musta	kukesitt	Mus	1909	O. Liiv	EÜS VI 1281 (29)
	B+	&	Üks isa, kakstoist poiga, igäl pojäl neli naist, igäl naisel seitse poiga, igäl pojäl üks külg must, toine valge	aasta, kuu, nädal, päev ja öö	Kuu	1954	E. Lindström	KKI KS
			Mina olen vana, sündisid minust kaksteist poega, igastühest neist kolmkümnend tüttart, pool valged ja pool mustad	aasta	Pm	1901	A. Gärtner	E 41623 (12)
Clat*			Üks tamm, kaksteistkümnend haru, igal harul neli pesa, igas pesas seitse muna, igal munal üks pool must, teine valge	aasta, kuud, nädalad, päevad	0	1923	L.	Huvit. II 216 ja 224 (45)
			Üks tamm, kaksteist haru, igas harus neli pesa, igas pesas seitse muna, pool musta, pool valget	aastaajad	Kuu	1970	R. Kravtsov	RKM II 276, 252 (7)
			Üks tamm, kaksteist haru, igal harul neli pesa, igas pesas seitse muna, igal munal üks pool must, teine valge	?	Hlj	1982	E. Kaljuvec	RKM II 360, 85
			Üks tamm, kaksteist haru, igas harus neli pesa, igas pesas seitse muna, igal munal üks pool musta, teine valget	aasta, kuud, nädalid ja päevad	Hää	1934	J. Nurme	ERA II 86, 195 (50)
			Üks tamm, kaksteist haru, igal harul neli pesa, igas pesas seitse muna, munal üks pool musta, teine valget	aasta	Mär	1937	R. Lundt	ERA II 147, 525 (38)
			Üks tamm. Kaksteist haru, igal harul neli pesa, igas pesas seitse muna, igal munal teine pool must, teine valge	üks aasta	Kuu	1940	H. Malim	ERA II 263, 206 (3)

Lisa 2. EM-väljaande käsikirja fragment

- #1. **ILMA ISATA, ILMA EMATA, KATMATA TULI, KAETUD LÄKS?**  
Aadam —  $0+4+0+0 = 4$  (4) var.
- A. Ilma isata, ilma emata, katmata tuli, kaetud läks? Aadam  
Trv 1889 (M. Jõgi)  
2Trv — 2 var.
- B. Emad ei olnud, isa on meheks? Aadam ja Eeva  
Vai 1893 (H. Masing)
- C. Kes olli ilma emätä? Eeva  
KJn dat-ta (A. Pihlak)
- #2. **MEES KAHETEISTKÜMNE NÄUGA?**  
Aasta ja kuud —  $0+1+0+0 = 1$  (6) var.  
J. Abreldal (dat-ta): omaloominguline tekst  
Metstak 27 ja 35 (261); Metstak<sup>2</sup> 72;  
Mihkel nr. 5 (1994) 38 (7); Siirak EKTv VII2 58 (8)
- #3. **POOL MUSTA, POOL VALGET?**  
Suvi ja talve —  $1+4+6+5 = 16$  (22) var.
- Aa. Pool musta, pool valget? Suvi ja talve  
Vil 1872 (H. Leoke)  
Vig, Vil — 2 var.
- Ab. Pool valget, pool musta? Kukesitt  
Mus 1909 (O. Liiv)
- B+. Üks isä, kakstoist poiga, igäl pojäl neli naist, igäl naisel seitse poiga, igäl pojäl üks külğ must, toine valge? Aasta, kuu, nädal, päev ja öö  
Kuu 1954 (E. Lindström)  
Kuu, Prn — 2 var.
- C<sub>1a</sub>\*. Üks tamm, [kaksteist] haru, igal harul [neli] pesa, igas pesas [seitse] muna, igal munal üks pool must, teine valge? Aasta VJg 1988 (S. Vaikvee)  
Hlj, VJg, 2Kuu, Mär, Hää — 6 var.  
Huvit. II 216 ja 224 (45)  
Vt. #5 E<sub>1a</sub>
- C<sub>1a</sub>2. Üts tamm, tuul [kaksteist] ossa, õgah os-sah [neli] pessä, õgah pesäh [seitse] muna? Aasta, [kaksteist] kuud, kuus [neli] nädalat, nädalas [seitse] p[äeva], päeval on öö ja päev  
Se 1938 (J. Ilvik)  
Vt. #5 E<sub>1a</sub>2
- C<sub>1b</sub>. Üks tamm, kaksteist haru, igal harul neli pesa, igas pesas seitse muna, üks külğ musta, teine valget, igal munal ise nimi? Aasta, kuud, nädalad, ööd-päevad  
Sim 1938 (E. Lippus)  
Vt. #5 E<sub>1b</sub>
- C<sub>2a</sub>. [Üks] puu, [kaksteist] oksa, igas oksas [neli] pesa, igas pesas [seitse] muna, igas munas [pool] musta, [pool] valget? [Lahend puudub]  
Har 1921/2 (P. Voolaine)  
Vt. #5 E<sub>2a</sub>
- C<sub>2b</sub>. Üks puu, kaksteist haara, igäl haaral neli pesä, igäss pesäss seitse muna, igäl munal üks külğ must, tõine valge? Aasta, kuu, nädal ja ööpäev  
Kuu 1980 (E. Lindström)  
Vt. #5 E<sub>2b</sub>
- C<sub>3</sub>. Üks saar, kaksteistkümmend haru, igas harus neli pesa, igas pesas seitse muna, igal munal isi nimi, igal munal üks pool valge, teine must? Aasta, kuud, nädalid ja päevad  
Rap 1895 (J. Reinthal)  
Vt. #5 E<sub>3</sub>
- #4. **VIIS EI KANNA SEITSET JA [KOLMKÜMMEND KAKS] EI ANNA JÄRELE?** Suvekuud, [seitse] talvekuud ja hambad —  $0+11+6+2 = 19$  (21) var.
- Aa<sub>1</sub>. Viis seitset ei kanna, kolmkümmend kaks järele ei anna, see on, et seitse kuud on sõõmaega, viis kuud on tööaega, kolmkümmend kaks on hambad, need alati tahavad? [Lahend puudub]  
Muh 1947 (U. Mägi)
- Aa<sub>2</sub>. Viis ei kanna seitset ja [kolmkümmend kaks] ei anna järele? Suvekuud, [seitse] talvekuud ja hambad  
Pil 1889 (J. Kärsten)  
Hää, Pil, Pal — 3 var.
- Aa<sub>3</sub>. Viis ei kann seitset ülal, kolmkümmend kaks ei anna järele? Hambad  
Mih 1920 (A. Leppik)
- Ab. Viis seitset ei kanna, kolmkümmend kaks järgi ei anna, sest näeme vaeva? Hambad  
Tös 1889 (M. Kampmann)
- Ac. Viis seitset üleval ei pea ja kolmkümmend kaks aega ei anna? Viis suvekuud seitset üleved ei toida ja kolmkümmend kaks hammast aga ei anna kurta  
Hls 1893 (O. Sapas)
- Ad. Viis ei pea seitset üleval ja kolmkümmend kaks ajavad taga? Viis sõrme ei pea seitset sõrme üleval, kolmkümmend kaks hammast tahavad süüa, seega siis ajavad taga  
Lai 1939 (P. Tammepuu)

EESTI VABARIIGI  
TEADUSPREEMIAD

1999

TALLINN, 1999

