

# Teaduspõhisus eesriide taga

Üheks levinud moesõnaks tänases meedias, riiklikes raportites ja sõnavõttudes on kujunenud “teaduspõhisus”. Räägime teaduspõhisest ühiskonnast ja teadusest kui Eesti arengumootorist... Aga vähem on pööratud tähelepanu sellele, mis on teadus, kuidas kujuneb teaduspõhisus, kes on teadlased ja kuidas viia teadust ellu.

## Teaduspõhisus kui eesmärk

Teaduse eesmärgiks on leida tõeseid seletusi kõigele, mis seletamist vajavana esile kerkib [1]. Mida tähendab aga tõene? Teaduse ja väärtusi dikteeriva ideoloogia omavaheliseks eristamiseks kasutas **Karl Popper** falsifitseerimise kriteeriumit: „Kui on midagi, mida tõestada ja kui see, mida väidatakse, on ümber lükatav, siis on see teadus. Kui aga ei ole midagi, mida tõestada, siis pole ka võimalik midagi ümber lükata ja siis on tegemist pigem usu või ideoloogiaga.“

Kui kõvad teadused on hästi formaliseeritavad, siis humanitaar- ja sotsiaalteadused seda ei ole. Viimaste puhul on kandvaks jõuks väärtused – igavikulisus ja aatelisus, mis teeb mingis mõttes pehmed teadused kõige olulisemateks teadusteks. Teiselt poolt on need teadused tihedalt seotud ideoloogiaga. Kui aga nii, siis kuidas on võimalik siin lahti saada subjektiivsusest, sest teaduse põhikriteeriumiks on objektiivsus? Ideoloogiaid ja olulisust elus ei anna formaliseerida.

Kui objektiivsus hakkab teadusest kaduma ja kohta loovutama väärtuspõhiste hinnangutele, siis siit algab teaduse mõiste hägustumine. Ei pea isegi minema tingimata humanitaariasse. Ka füüsikasse või tehnikateadustesse võib tungida subjektiivne, kui teadlasel näiteks „muutub raskeks“ oma hüpoteesi ekslikkust tunnistada ja ta hakkab tahtlikult välja valima just niisugusi eksperimenditulemusi, mis tema hüpoteesi kinnitaksid. Samas ei pea siin sugugi mängu astuma pettus. Sest täiesti põhjendatult saab seda „subjektiivsust“ ka objektiivsuseks „teisendada“, kui näiteks kindlaks teha piirtingimused, millal antud hüpotees kehtib ja millal ei kehti. Selline tulemus on objektiivne ja seda võib nimetada teaduslikuks.

Siin peitubki nüüd ka pisut konkreetsem vastus küsimusele, mis on teadus. See on teadmine, mis on piiratud, kas mingi objektiivsusega (näiteks konkreetsete piirangutega „kõvades“ teadustes) või siis isegi subjektiivsusega (näiteks mingite postulaatidega või algkokkulepetega pehmetes teadustes) ja „piiride tüüp“ määrabki selle, mis tüüpi on teadus, „kõva“ või „pehme“.

Samal ajal ei ole Popperi järgi õige teaduse iseloomustamisel siiski tunnistada erinevate teaduste metodoloogilist omapära, vaid mis tahes uurimisvaldkonna teaduslikkuse näitajaks on ikkagi füüsika eeskujul orienteerumine falsifitseeritavate seaduspärasuste avastamisele. Et vältida teaduse kui mõiste devalveerumist, ehk kõige heaks kiitmist, mida teaduses tehakse, tuleks igas teadusvaldkonnas valida sobiv falsifitseerimise põhimõte.

Kui loodust uurivad teadlased püüavad mõista loodust ja selle seadusi, siis inseneriteaduste eesmärgiks on pidada kahevõitlust loodusega. Siin aga peitub nüüd üks väärtustega seotud paradoks. On ju teadlaste põhieesmärgiks muuta inimeste elu kergemaks – et nad võiksid vähem tööd teha. Aga kuna just töö on see, mis on arendanud inimest ja õilistab teda, siis teadlased justkui tegutsevad inimese vastu, soovides anda tema töö näiteks robotite kanda. Seega teadus on ühtaegu ka Pandora laegas, mille kaant pole üldsegi ohutu kergitada. Aga seda teadlased just teevadki...

Milline oleks eesti teaduse mõte? Saksamaal elav eesti helilooja Jüri Reinvere on pakkunud, et „rahvusvahelises mõttes on Eesti vaid üks kultuur“. Seda võib mitmeti interpreteerida, nii sise- kui välispoliitilises, aga ka majanduslikus mõttes. Eestil polegi tegelikult muud maailmale pakkuda kui oma kultuuri. Kui tööstuslik Lääs võib oma rahvast intensiivsema tootmise abil ära toita, siis Eestil ei ole täna sellist konkurentsivõimelist tööstust. Müüa saaksime aga oma vaimset vara. Ja selleks vaimuvaraks on ka teadus. Kuidas aga müüa teadust, kuidas saada rikkaks teaduse abil, kuidas viia teaduspõhisust meie majandusse?

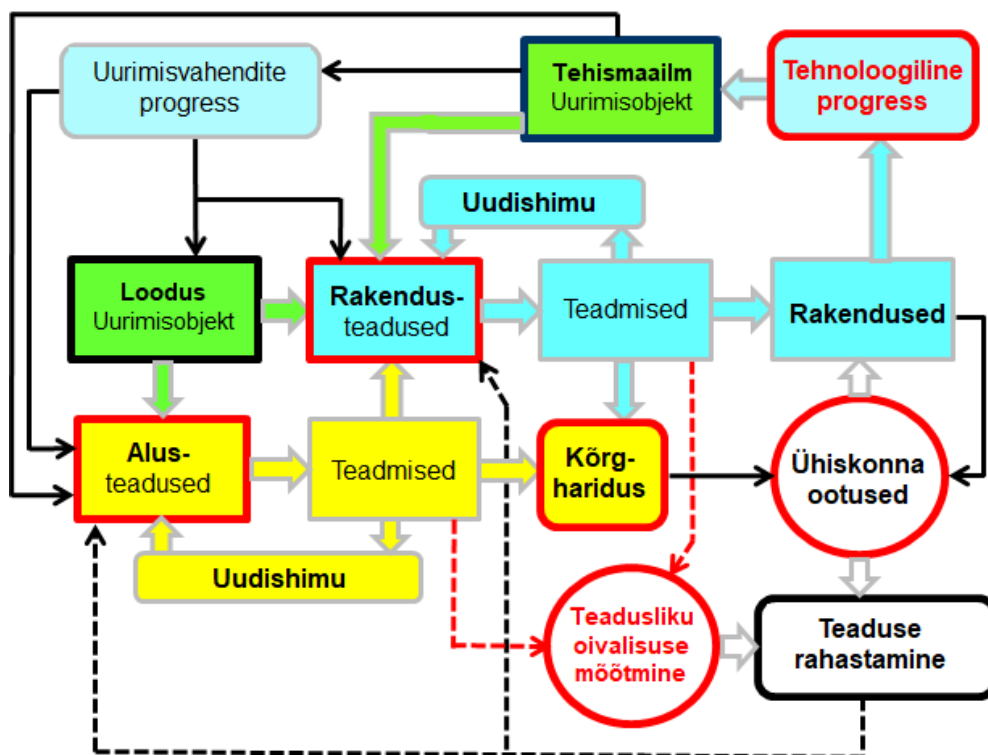
Paradoks on selles, et teadus tähendab palju rohkemat kui ainult rikkaks saamise võimalust. Teadus ei tooda kaupu müügiks, vaid arengut. Arengu kulgu me aga ei märka, vaid selle hüppeid. Kuid märkamatu on raske müüa... Rikkus peitub meis enestes – andekad noored on meie varaait. Ja seepärast tuleks Eesti teaduspõhisuse eesmärki näha kõigepealt kõrghariduses.

Väga primitiivne oleks niisugune vaade teaduspõhisusele, mis väljendus repliigina kord ühes telesaates: „Ülikoolid saavad raha, et luua teadmisi, ettevõtted aga toodavad n e n d e s t teadmistest raha“. Kõik on õige, aga selles lauses on kaks poolt, mille vahel ei ole alati otsest seost. Teadmised, kui avalik hüve, on üks mõõtmatu katel, kuhu pannakse ja kust võetakse, aga üldjuhul ei teatagi enam päris täpselt, k e s selle pani, mille keegi võttis. Teekond teadusest majandusse konkreetse toote või teenuseni, mis inimesi õnnelikuks teeb, on enamasti väga pikk ja tihti mitte hoomatav. Võtmetegijateks sellel teekonnal majandusse, muutmaks seda teaduspõhiseks, on teadmiste kandjad, teadmised aga tähendavad kõrgharidust.

Ülikoolis toodetud teadmised ei pea sugugi alati minema otse majandusse, reeglina lähevad nad sinna hoopis kõrghariduse kaudu. Otsene side ülikooli ja majanduse vahel on vaid meetod, kuidas kõrgharidust viljeleda.

## Ühiskonna teaduspõhisuse kaks varjatud mootorit

Teaduse uurimisobjektiks on maailm meie ümber – loodus, kaasa arvatud ka inimene selle sees, ja kõik need artefaktid ning tehnoloogiad selles tehismaailmas, mille inimene teaduse kaastoimel on loonud ja loob. Teadus toimib tsükliliselt ja omab selles toimes palju tagasisidesid, mis ühtaegu nii kiirendavad kui tasakaalustavad teaduse arengut. Seda tsüklilist teaduse ja teadmiste toimimise ringkäiku kirjeldab joonis 1, millest võib välja lugeda kolme teadlaste tegevust motiveerivat faktorit: uudishimu, ühiskonna ootused ja püüd välja paista.



Joonis 1. Teaduse tsükliline ringkäik oma mõjufaktorite võrgus

Tsüklisse sisenemine algab looduseuuringutest, millega tegelevad nii alus kui rakendusteadused. Uurimistöös tekkivad teadustulemused ongi selleks suureks teadmiste katlaks, mille täitmisse panustavad teadlased, keda aegade algusest alates on kannustanud uudishimu. Tegelikult tuleks täpsemini öelda – mitte uudiste himu, vaid teadmiste janu on see, mis teadlasi innustab. Kuna teadus on eluvaldkond, mille eesmärgiks on teenida ühiskonda, siis on loomulik, et ühiskond on seadnud üles ka teatud ootused, mida teadlased peaksid rahuldama, õigustamaks ühte osa maksudest, mida ühiskond tasub. Neid ootusi enamasti ei osata ette kirjutada ja tavaliselt teadus üllatab oma ootamatute tulemustega. Neid tulemusi, mis suudavad ühiskonda üllatada, on hakatud nimetama teaduse rakendusteks ja õied nopivadki siin eeskätt rakendusteadlased, jättes ebaõiglaselt alusteadlased varju, samal ajal nende poolt loodud teadmisi ise varjalt kasutades ja rakendades. Ühiskond aga teadagi on ahne. Kui teadlased olid välja mõelnud esimese arvuti, siis ühiskond õppis kiiresti juba täpselt formuleerima ootusi – arvutid peaksid olema kiiremad, väiksemad ja odavamad. Internet ja nutitefon olid teaduse publikule algul väga suureks ja ootamatuks üllatuseks, aga nüüd enam ei ole. Kuldkalakeselt „teadus“ oodatakse juba tehisintellekti loomist.

Lisaks uudishimule lisandus nüüd seega veel teinegi teadlasi motiveeriv, pigem küll juba peale sundiv faktor – ühiskonna ootused. Oli päris loomulik, et kuna teadus oli end heast küljest näidanud, siis oli ühiskond nõus hakata teadlastele rohkem ka palka maksma.

See oli Teine Maailmasõda, kui riikide valitsejad hakkasid eriliselt mõistma teaduse jõudu ja pärast sõda avastasid ka selle, et teadus on võimas vahend riikide rikkuse kasvatamiseks. Erilise tõuke USA rakendusteaduste arengule andis Nõukogude sputnik 1957. aastal, kui ameeriklased pidid endale tunnistama, et vene teadus oli nende omast ette jõudnud. **Eisenhower** kuulutas välja kõrghariduse eelisarengu ja suunas suured summad ülikoolidesse. Raha tähendas akadeemia paisumist, ülikoolid laienesid 10–15% aastas. USAst oli saanud teaduse paradiis, töökohti ülikoolides oli rohkem kui sinna kandideerijaid, mis aga hakkas kahjulikult mõjuma õppetööle, kuna teadus oli saanud suurema prioriteedi [2].

Sellel tendentsil oli aga ka teistsugune mõju. Teadlaste hulk hakkas kiiresti kasvama ja ühel hetkel selgus tõsiasi, et piir on käes ja teadlaste kasvu tuleks hakata pidurdama. Kõige lihtsam oli panna teadlased omavahel konkureerima, et nende hulgast vaid parimaid välja valida. Hakkas juurduma uus varem ametlikult mitte levinud mõiste – teaduslik oivalisus (*excellence*). Mis aga veel tähtsam, seda omadust õnnestus teadlaste juures ka mõõtma hakata, algul publikatsioonide, hiljem tsiteerimiste arvuna. „Alamõõdulisi“ teadlasi hakati välja praakima. Teadlaste motoks sai seepeale: „publitseeri või hukku“ („*publish or perish*“).

Niiviisi kujunes välja veel kolmaski teadlasi intensiivseks uurimistööks motiveeriv faktor – hool ja mure oma mõõdu pärast. Omapärasel viisil hakkasid nüüd kaks motivaatorit teineteisele tegelikult vastu töötama. Ühiskond ootas rakendusüllatusi, teadusbürokratlik aparaat aga mõitis teadlaste publitseerimisagarust. Kahte isandat ei olnud kerge teenida. Alusteadlastel, kes küll virgalt publitseerima asusid, oli raske veenda maksumaksjaid „oma kirjatoodete“ kasulikkuses, samal ajal kui rakendusteadlased, disainides küll üha kiiremaid arvuteid, ei suutnud rahuldada teadusbürokraatia mõõdikute süsteemi.

Teadlaste endi loomupärane uudishimu, ühiskonna ootused ja bibliomeetria filter küll motiveerisid teaduse arengut, aga neist kolmest oleks siiski väheks jäänud, kui lisaabi poleks tulnud veel kahelt varjatud „võimendilt“, mis sündisid teaduse enda rüpes ja sulgesid kaks kõige olulisemat tagasisideahelat teaduse tsüklilises ringkäigus. Need olid: kõrghariduse produktsioon ja pidevalt arenev teaduse infrastruktuur. Ühest küljest olid kõrghariduse templid ehk ülikoolid see koht, kus teadlased kasvasid endale täiendust. Teisest küljest, kasutades oma teadustulemusi ka omaenda otstarbeks – uurimiskeskondade arendamiseks, aitas tõsta teadlaste uurimistöö efektiivsust. Ei oleks suutnud ükski teadusharu teha arengus sellist hüpet, nagu see nüüd viimaste kümnendite jooksul on toimunud, kui tehnikateadlased poleks loonud arvuti ja interneti.

Tõsi, samaaegselt omaenda uurimiskeskonna arendusega saagisid teadlased aga ka seda oksa, millel ise istusid. Sest vaid tänu arvutite loomisele sai alguse ka teadusbürokraatia tormiline kasv eesmärgiga vähendada teadlaste arvu.

## Teadlase dilemmad

On kolme tüüpi inimesi. Ühed oskavad numbreid kokku arvata, need on statistikud, kes produtseerivad „kolmandat tüüpi“ valet ja kes abistavad bürokraate ning ametnikke. Osa inimesi oskab numbreid tehnoloogias konverteerida ja tehismaailma üles ehitada. Need on insenerid, leiutajad ja ehitajad, kes õhulosside asemel päris losse rajavad. Ja siis on veel need vähesed, kes numbrita taha ja vahele näha suudavad. Need on loomeinimesed, kelle hulka ka teadlased kuuluvad, kelle teod pole küll alati praktilised, aga kes ometi on need, kes maailma olemust ja inimese tähendust mõista suudavad ja seega jätkavad tööd, millele jumal kord kuue päevaga aluse lõi. Kas teadus on lõbu või vajadus? Meie hulgast lahkunud **Endel Lippmaa** olevat **Tiit Kändleri** sõnul öelnud, et „teadust tegi ta lõbu pärast, poliitikat aga vajadusest“. Parafraseerides Lippmaad, rahuldab ka tehnikateadlane oma teaduslikku uudishimu lõbu pärast, projekte aga teeb vajadusest.

Teadlase elu on katkematu mõttetegevuse paralleelsus ja simultaan paljude vastastega. Teadus on male oma kombinatsioonide ja eksirännakutega. Loodus oma müsteeriumitega on klaar vaid ambitsioonideta praktilisele tavainimesele, teadlase jaoks jääb ka ära seletatud loodus ikka veel ristsõnamõistatuseks.

Teaduse eripära seisneb selles, et tema juurde puudub otsetee. Kui tavaelus töötab hästi maksim „mõeldud – tehtud“, igal majal on aadress, sinna päralt jõudmiseks marsruut kaardil ning uksele koputi, siis teaduse maailmas on ukseid, mille linke teadlane katsub, ilma koputita ja suletud. Tihti on ka koridorid ise, lisaks kinnistele ustele, vaid tupikud. Teadlasel, kes otsib oma probleemile lahendust, puudub tänavate nimetustega linnaplaan, tema kompassiks on udu ja tema teerada kulgeb varjude maal.

Tühjad loosid ja ebaõnn on teaduse argipäev. Pühapäevad ei kordu teadlase elus pärast laupäevi. Teadlase vastas seisab seitsme peaga lohe, kellega rammu katsudes halvab tahte sageli lootusetus. Teadlane on kui ujuja, kellele kallas ei lähene ja kelle ainsaks mõtteks peab olema – kangekaelselt vastu pidada.

Teadlane ei kasuta treppe, vaid ronib mööda spiraali, kus tal mõnikord õnnestub kohata ootamatuid taassünde kui vanu sõpru uutest kvaliteedikaubades. Tema elu teisel poolel on tema sagedaseks külaliseks taas leitud aeg.

Teadusega tegelemine ei tähenda tööd tavapärasel moel. Lahendatakse küll projektide ülesandeid ja täidetakse kohustusi nii õppe-, arendus- kui ka ühiskondlikus tegevuses, aga selle kõrval kannab teadlane alati endaga mingit mõtet või küsimust, millele otsib parajasti vastust. Tema aju pidevalt võimleb, lakkamatult areneb, hoiab võistlusvormi, ja isegi siis kui ta kaotab oma vastasele, kelleks on loodus, võidab ometi, sest iga kaotus toob talle hindamatu kogemuse ja uue teadmise.

Kas teadlasi on liiga palju? See on sama, kui küsida, kas ametnikke on palju. Ametnikke toodab juurde bürokraatia ise, mille mõttekuse üle ei juurelda eriti, ametnikkonna laienemine ei tooda majanduslikku tulu pigem kulu. Teadlaste arvu kasv on aga paratamatu, sest see peab kaasas käima sellega, kuidas areneb majandus ja ühiskond.

Eestis ei ole liiga palju teadlasi, kui me tahame, et meie riik oleks teaduspõhine ja innovatiivne. Eestis on 100 000 elaniku kohta teadlasi ligi 2,5 korda vähem kui meile teaduse ja kõrgharidusreformide tegemisel eeskujuks võetavates Põhjamaades Soomes, Rootsis ja Taanis. Sellises olukorras ei saa matkida üks-üheselt nende riikide teaduskorraldust. Meil peab olema eeskujudele „järele jõudmiseks“ omaenda poliitika.

Tehnikaülikool aga tõmbab oma potentsiaali kokku, doktoriõppe vastuvõtt on vähenenud. Õhus on küsimus, kas mitte vähendada ka üliõpilaste arvu, kuna see ei vastavat tööturu vajadustele. Meil ei ole liiga palju üliõpilasi. Maailm kihutab üha kiiremini singulaarsuse poole, kõrgharidust mittenoovad töökohad kaovad inimeste valdusest ja nihkuvad robotite kogukonda. Üha rohkem vajame aga neid, kes roboteid valitseda oskaksid ja pidurdaksid nende intelligentsi „ülekäte minekut“. Kui kirjanikud on inimhingede insenerid, siis tulevikuuhiskonna insenerid on tehnoloogia perearstid ja ämmaemandad.

Maailm koosneb subjektidest. Teadlased ja kunstnikud on loojad aga kuuluvad eri maailmadesse. Ühed toodavad sisu, teised pakendavad seda. Sisu peab olema kaalukas, pakend aga ilus. Ühed arendavad muskleid, teised disainivad musklike peitmiseks kauneid rõivaid. Et välja paista, pole vajagi muskleid, on tähtis vaid, et kodus oleks rikas riidekapp. See ongi sisemise ja välise dilemma. Sisemine ja väline konkureerivad ja samas toetavad teineteist. Ühe tugevus täiendab teise nõrkust. Aga üks neist jääb ikka teisele ette – see, mis tahab rohkem esile tõusta. See dilemma ei ole teaduse ja kunsti omavaheline dilemma.

Okkalist rada käivad nii teadus kui kunst. Teadus on okkiline nii seest kui väljast, kunst rohkem ühelt poolt. Teaduses toimib kriitika nii sinus endas kui tões, mis sulle vastupanu osutab.

Millal on teadlane õnnelik? Seda juhtub kaks korda – nii idee sündides kui ka idee surses. Sünd käivitab erutuse, mis püsib maksimumis nii kaua, kuni katsed ideed ümber lükata ebaõnnestuvad. Ebaõnn tähendab ühtaegu ka õnnetunnet. Mida rohkem ebaõnne, seda rohkem õnne... Sest kui ükskord idee siiski surmataks, kasutades eufeemi – „ümber lükatakse“, siis toimub rahunemine ja õnne tähendab sel juhul see, et vääral tulemusel sai õigel ajal sabast kinni, enne kui see oleks avalikkusesse pääsenud. Seega teadlane on pidevalt purjus oma joovastavast akadeemilisest vabadusest. Sest rahuldust toovad talle nii õnnestumised kui ebaõnnestumised.

Kas raha motiveerib teadlast? Kindlasti. Aga raha ei motiveeri teaduses tippu jõudmist. Raha meelitab pigem teadusse astumist. Teadlast motiveerivad teadmisanu ja pühendumus. Kui motiveerima hakkab raha, siis muutub ka raha ise eesmärgiks ja mitte enam teadus. Teadustulemusi on nii „odavaid“ ehk lihtsalt saavutatavaid, seetõttu on nad ka vähetähtsad, kui ka väärtuslikke ehk vaevarikkeid. Nii võibki hakata raha „produtseerima“ just väheväärtuslikku teadust.

Kas on olemas asendamatu inimesi? Tavaks on öelda, et ei ole. Aga mäletan, kui **Peeter Mudist** kunagi ülikooli päevil väitis, et „Puškin oli asendamatu, aga Einstein ei olnud. Sest Jevgeni Oneginit poleks Puškini asemel mitte keegi mitte kunagi loonud, aga relatiivsusteooria oleks ka Einsteinita ehk vaid pisut hiljem avastatud.“

## Teadus kui loomeprotsess

Nägin ühel ööl ebaharilikku und. Kui tavaliselt tähendab unenägu mingit sündmuste jada, mis võib olla nii loogiline kui ka ebaloogiline, siis tookord nägin und, mis oli analüütiline. Olin sõpradega mingil lennureisil ja toimus vahemaandumine mingil võõral maal. Kuna edasilend pidi toimuma alles järgmisel päeval, siis otsustasime selle maaga tutvust teha ning paadiretkele minna. Lennuväljalt saime viisa üheks päevaks. Sõitsime jõe äärde. Aga paadi saamisega tekkis probleem, paadi oleks pidanud tellima vähemalt üks päev varem. Uurisime võimalust teha tellimus tagant järele. Saimegi kaubale, aga siis selgus, et seda tellimust ei saanud siiski teha eelmisel päeval, kuna eelmisel päeval meil polnud veel viisat...

Ükskord ärkasin keset ööd üleni higisena ja veel unesegasena tuli teadmine, et algoritm, mille eelmisel päeval olin andnud doktorandile programmeerimiseks, oli viga. Olin unes aga veelgi rohkem „näinud“: teadsin juba ka seda, kuidas viga parandada (!). Olin unes leidnud uue teadustulemuse. Huvitav oli veel see, et unes toimunud

arutluskäiku ma enam ei mäletanud. Eks unenäod lähevadki enamasti kas pooleldi või tervikuna kaotsi. Seekord haarasin unenäol vähemalt sabast.



Teadusloome protsess

Mida tähendab teadlase töö? Kas see, mida teen päev läbi laua taga istudes, ongi mu töö? Kas ma räägin ikka tõtt oma abikaasale, kui ütlen talle hommikul, et „lähen nüüd tööle“. Meie instituudi sekretär Merike ütles kord: „Ah, mis teadlased te ka olete, lahendate vaid ristsõnu, nagu minagi, kui mul igav hakkab.“ See oli täpne metafoor.

Paljudes valdkondades on raske määratleda täpseid töötulemusi ja siis tasutakse töö eest selleks kulunud aja järgi. Ka loominguline töö on niisugune, kus tulemusi on raske määratleda. Aga kuidas mõõta loominguks kulunud aega? Mitte keegi ei suuda ette kujutada seda, et loomingulised inimesed töötavad tőepoolset 24 tundi päevas, kas poes sabas seistes, autot juhtides, söögilaua taga või magades. Unenägede nägemine ehk siis magamine ei ole küll töö

„traditsioonilises“ mõttes, aga see, mis toimub ajus magamise ajal on tööpäeva jätk. Iga teadlane oskab rääkida sellest, kuidas ta hommikul on üles ärrganud lahendusega probleemile, mida tal õhtul veel ei olnud. Seda ei juhtu küll alati. Harilikult juhtub see vaid siis, kui päev enne uinumist on olnud täis äärmiselt intensiivset mõtlemist. Nii saabki unest tööpäeva pikendus ja unes leitud lahendused on tegelikult eelnenud päeva jooksul tühja läinud töö vili.

Teaduse loomeprotsess on kui tõkkejooks, kus tõkkeid saab teadlane ise endale ükshaaval ette seada. Tõke tähendab hüpoteesile kontranäite välja mõtlemist. Iga tõkkest üle hüppamine tähendab võitu, mis pakub lõbu ja rõõmu. Nii vähe ongi vaja õnneks ja nii lihtne ongi konstrueerida endale õnnehetki – pane püsti tõke ja hüppa üle. Tähtis on muidugi vaid see, et nii staadionirada kui tõkkesid peaksid olema „mõttekad“. Kui teadlane lahendab probleemi, mida keegi varem ei ole lahendanud, siis peaks see tegu loogiliselt mõttekas olema. Teine asi on aga see, et teadlane pole alati ärimees ja ei oska püstitada ehk veelgi olulisemat teist probleemi: kui palju esimese probleemi lahendamine „sisse toob“.

## Mis on teadustulemus?

Mulle anti kord läbi vaadata ühe doktorandi kaitsmisele minev väitekiri. Tegin tugevat kriitikat ja oma retsensiooni lõppu kirjutasin lause: „Vaja oleks väitekirjas ilmutatud kujul esile tuua t e a d u s - tulemused (ehk siis kujul, mis ei provotseeriks oponenti esitama „vaenulikku“ küsimust „So what?“).“ Doktorant tegi oma töö paremaks, aga mulle tagasi saadetud vastuskirja lõppu lisis: „Loodan, et nüüd lugeja ei küsi „So what?“...“ Doktorant oli solvunud mu retsensiooni viimase fraasi peale. Vastasin talle, et seda laadi küsimus ei ole pahatahtlik, see on tüüpiline reaktsioon oponentidilt, kes otsib tekstist teadustulemust ja vajab lihtsalt täiendavat infot: „So what, where is the science?...“ Või ka niiviisi: „Yet another method, but there are already others...“

Mingi teaduslikule uurimusele pretendeeriva töö lihtsast kirjeldamisest ilma hinnanguta *teadustulemus* mõttes (näiteks „see probleem on ära lahendatud esimest korda“ või „saadud tulemus on parim seni teada olevatest“) ei piisa. Tuleb öeldagi need pretensioonikad väited otse ja selgelt välja, võttes niiviisi ka konkreetse vastutuse enesele ja andes sellega üldse võimaluse teadusliku dispuudi tekkeks. Täpselt nii, nagu **Karl Popper** nõuab teaduselt falsifitseeritavust.

Kas teadusega saab vaielda? Ei saa. Teadusega on teistmoodi kui kunstiloomega, kus ruulivad maitse, mood, pseudo, kits, peavool. Teadus, mis pole pseudo, põhineb alati tõel, aga mitte maitasel. Teadusega saab vaid argumenteeritult diskuteerida. Seepärast ongi teadlastel oma töid konverentsidel ette kanda huvitav ja põnev, sest nad räägivad ju seal ainult sellest, milles nad on kindlad, et see on tõde, millega ei saa vaielda. Saab vaid küsida ja kahtlemata võidakse üritada ettekandja väiteid argumentidega ka ümber lükata. Niisugune dispuut sarnaneb sportliku mänguga, kus ettekandja on kindel, et võit on tema.

Mõnikord juhtub siiski ka teisiti ja teadustulemuses võidakse avastada viga. Juhtub aga ka nii, nagu minuga ükskord ühel konverentsil, mis toimus mööda jõge kurseerival laeval. Tutvustasin oma kajutikaaslastele uut meetodit, mida kavatsesin järgmisel päeval ette kanda. Üks mu kaaslastest konstrueeris kontranäite, mis lükkas mu meetodi ümber. See oli šokk. Tõmbusin nurka ja hakkasin asja uurima. Mu kahjurõõmsad ja lõbusad

kajutikaaslased läksid banketile. Uurisin edasi oma teooriat. Bankett sai läbi ja varsti täitis kajutit kahel häälel norskamine. Mina uurisin. Äkki keset ööd löi kajuti aknast sisse „välk“ ja tõi viimaks selguse: viga ei olnud minu meetodis, kontranaide ise oli vigane.

Paraku muutuvad tehnikateaduste konverentsid mõnikord ikkagi vaidluskoosolekuteks, eriti siis kui akadeemiline teadus satub konfrontatsiooni tipptööstuses juurdunud paradigmadega, kus diskussioon hakkab toimuma mitte tõe jalule seadmiseks, vaid tõe praktilise väärtuse „paika panemiseks“. Vaidlused tekivad ka juhtudel, kui mingis valdkonnas on kätte jõudnud teaduslike paradigmade muutumise periood.

Mis vahe on Akadeemial ja tööstusel? Akadeemilist uurimistööd motiveerivad küsimused. Mida rohkem küsimusi, seda parem. Võimekus esitada häid küsimusi on hea teadlase tunnus. Seejuures iga vastus produtseerib uusi küsimusi... Tööstuses, vastupidi, eesmärgiks on lahendused. „*Kingi mulle lahendusi, mitte probleeme – on tööstuse mantra.*“ Kui keegi reageerib sinu kõnele sõnadega – „*see on huvitav*“, siis tähendaks see suurimat komplimenti akadeemilises ringkonnas. Tööstuses aga tähendaksid need sõnad viisakat seljapööramist. Tunnustuseks praktilises tööstuskeskkonnas oleks hoopis see, kui öeldaks – „*see on kasulik.*“

Tänapäevane inseneriteadus on muutunud improviseerivaks, intuiivseks, tihti sarnaseks kunstiloomingule, vastandudes klassikalise täppisteaduse keeruliste loogiliste probleemide lahendamisele. Raskuspunkt on langenud eksperimentaalsele uurimistöele. Kui tekib mingi uus idee, siis järgneb selle idee paikapidavuse test arvuti abil, kus simulatsioonidega kontrollitakse ideed detailide tasemel. Nii nimetatud *inkrementaalsete* ehk „mitte väga revolutsiooniliste“ ideede tekkimine pideva tehnoloogia arengu tingimustes pole raske, tähtis on olla vaid esimene. Aga siin on eelised juba tipptööstuse „lähedal“ olijatel, sest olulised aktuaalsed teadusprobleemid, mis vajavad lahendamiseks uusi ideid, tekivad just seal „lähedal“.

Kord esinesime ühel konverentsil uue meetodiga, mis võimaldas elektroonikaskeemide simuleerimiskiirust tõsta 2-3 korda, võrreldes tipptööstuses kasutatavate simulaatoritega. Hilisemas diskussioonis selgus, et meie meetodi juurutamine tööstuses nõuaks liiga kulukaid ümbertegemisi kasutusel olevas süsteemis ja seetõttu poleks ka meie meetodi juurutamine praktiliselt ära tasuv. Nii ongi, et ka neil juhtudel, kui uus teadustulemus tõotaks märkimisväärset tehnoloogia efektiivsuse tõusu, sõltub selle kasutusele võtmine ikkagi kõigepealt sellest, mida dikteerib tipptööstus maailmas.

## Teaduse rakendamisest

Kirjandusminister **Mart Juur** arutles kord, et „kui keegi oleks talle rääkinud 20 aastat tagasi nendest tehnoloogia imedest, mis meid täna ümbritsevad, oleks ta arvanud, et see on ulme“. Aga selle ulme on tegelikkuseks muutnud inimesed, kes on end jäägitult pühendanud elektroonikale ja arvutustehnikale, ennastunustavale tööle 24 tundi ööpäevas. Sest üks projektijuht, kes juhib globaalset ettevõtet, mille laboratooriumid on üle maailma laiali, ei saagi teisiti, kui kõik need 24 tundi pidevalt skaibi vahendusel eri meridiaanidel toimuvaid koosolekuid juhatada, vahetevahel ka pool tundi magada, misjärel kohe järgmisele koosolekule „tõtata“. Just niiviisi tekivadki tänased imed, millesse tavainimene suhtub sageli upsaka võrdlusega kui vilets ikka oli kõik 20 aastat tagasi, nautides samal ajal tänaste imede paraade ja olemata ise pisimalgi määral osaline nende imede sünnilugudes, veel enam, suutmata ettegi kujutada, kuidas neid imesid läbi higi ja vaeva sepitsetud on.

Tänane „tehnoloogia peavoolus ujuv ettevõtlik inimene“ on mõnes mõttes rehepapp. Algas see 25 aastat tagasi suhkruvati müümisest ja jätkub täna vahendusportaalide loomisena internetis. Äri, mitte väärtuste loomine – on tänase eduka elu stsenaarium.

Kui me ei panusta haridusele ja teadusele, siis ootab Eestit mitte väga optimistlik tulevik. Rikkuse lõhe kasvab, rikkad investeerivad üha rohkem välja, kui on vaja kvalifitseeritud tööjõudu, ja üha vähem Eestisse, kus puudub vajaliku haridusega tööjõud. Teisalt, et konkureerida odava Aasia tööjõuga või robotitega, peab ka meie tööjõud jääma odavaks ning rikkuse lõhe vaid kasvab ja Eesti põhirahvas üha rohkem vaesub.

Mida peaks siis tegema Eesti majandusega? Automatiseerima tootmist, automatiseerima kõike, mida annab automatiseerida. Hakata looma nii kiiresti kui võimalik omaenda robotite kogukonda, sest robotid ja nende töö on pikas perspektiivis odavam kui inimese tööjõud. Et seda teha, on aga vaja algkapitali. Nii kaua, kui me ise veel ei oska roboteid teha, tuleb neid algul osta, aga samas valmistuda haridusse ja teadusse investeerimise teel selleks, et ühel päeval oskaksime roboteid ka ise toota ja müüa. Robotid koosnevad ju ainult kehast ja vaimust, nagu inimenegi, ehk siis riist- ja tarkvarast. Riistvara hind on tühine, võrreldes tarkvaraga, mistõttu robotite põhilise väärtuse loovad just need, kes roboteid disainida ja programmeerida oskavad. Parafraseerides **Jakob Hurta**, tugineb Eesti lootus neile, kes on „suured vaimult“ ja kes oskavad luua ka robotite vaimu ehk siis homse riigi tõelist rikkust.

Tööstusrobotite müük on kasvanud viimase 5 aasta jooksul 16% aastas. Abstraktne mõtlemine ja matemaatika on saanud robotite pärusosaks. Aga areng toimub praegu selles suunas, et robotid muutuksid

keskkonnateadlikuks, mis on näiteks isejuhtivate autode ja asjade interneti väljatöötamise põhiprobleemiks. See, kuidas lahendada robotite maailma tajumise probleemi, on samm robotite arendamise teel eneseteadlikeks ja intelligentseteks.

Et kaasas käia selle arenguga, on vaja investeringuid. Väljast ei tule neid, sest Eestis pole vastavat tööjõudu. Need, kes oskavad midagi ja on hakkajad, lähevad Eestist minema. Tuleks hoida ja toetada inimesi, kes on pühendunud teadusele.

Minister **Urve Palo** kirjutab: „Välisinvesteeringud ei ole suutnud tekitada nõudlust teadus- ja arendustegevuse järele, kuna välisomanikud eelistavad finantssektorit, kaubanduse ja kinnisvara valdkondi.“ Eks kõik tahavadki just kiirelt rikastuda. Peame ise ohjad kätte võtma. Aga meiegi valitsused ei suuda kaugemale näha kui päevapoliitika.

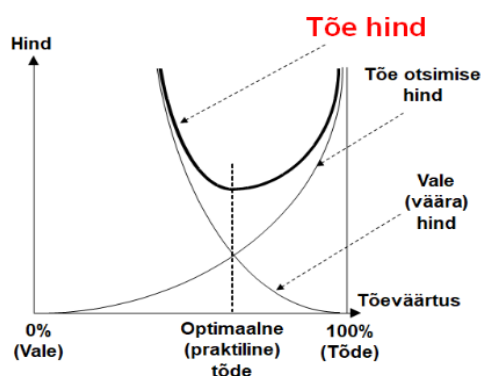
Teadlased ütlevad, et ettevõtjad ei tea, mida neil vaja on ja mida ülikoolid pakkuda suudavad. Ettevõtjad ütlevad, et teadlased ei suuda pakkuda valmislahendusi, aga vähemaga pole ettevõtjatel midagi peale hakata. Üks räägib aiast, teine aiaaugust. Rääkima peaks aga aiamaast. Kasum tekib ei teaduses ega tööstuses, vaid äris, mis toimub turul. Lahendus peitub professionaalide olemasolus, kes tunneksid nii turgu, kui teaduse ja tööstuse võimalusi ning võimekust. Tööstusele ja teadlastele peaks turult tooma teate selle kohta, millist (ja milliste omadustega) teadmishukkat toodet või teenust ootab turg. Tööstus koos teadlastega peaks siis aga hakkamagi sellist toodet või teenust välja arendama.

Probleem on selles, et äri on orienteeritud kiirele kasumile ja seetõttu ei suvatse kunagi järele oodata teadust ja pika inertsiga tööstust. Lahenduseks on riigi appi tulek pikaajaliste investeeringute näol, et valmiks tooted, mida turg ootab. Just turuvajaduste nuuskijaid, realistlikke visionääre, vajab majandus, et kasvada ja riiki rikastada. Niisugused turutundjad peavad aga ühtaegu olema visionäärideks ka tööstuse ja teaduse sfääris, mõlemaid tundma ja mõlema võimalusi tunnetama.

## Tõejärgsusest

Teaduse mõjukus, selle kasulikkus ühiskonnale ja teaduse maksumus on traditsiooniliselt olnud teaduspoliitiliste arutelude keskmes. Ühiskond ootab teadlastelt h e a d teadust, kus headuse all tuleb mõista tulemuslikkust, uute teadmiste olulisust ja usaldusväarsust. Ootused teadusele on samad mis tehnoloogiale, mis kuldkalakesena meie kasvavaid soove rahuldaks.

Ühiskonnas toimuvates debattides, kus segunevad huvid, avalik arvamus ja teadus, leiab aset väärtuste ja tõe vaheline konflikt. Väärtused määravad tõe tähenduse. Tõde on suhteline, sest tõe otsitakse ikka mingite piiravate tingimuste (kitsenduste) eeldusel. Kitsendused aga on väärtuspõhised. Erinevad arvamused tulenevad erinevatest väärtusskaaladest. Üldrahalikud (poliitilised) debadid ongi enamasti väärtuste debadid, kus tõe ei olegi kaalukaasil. Teadlastelt on võimalik abi saada neis debattides vaid tõendatud teadmise näol: „kui teha nii, siis juhtub nõnda“.



Joonis 2. Tõe hinna arvutamine

Ühiskond tähendab, keerutamata välja öeldes, kuritegelikku ühiskonda, kus politsei on saamatu ega suuda kurjategijaid tabada.

**Rein Raud** ütleb, et intelligentne inimene võib kujundada oma arvamust erinevaid allikaid võrreldes [3]. Noh, teiste sõnadega – erinevaid tõe varjajaid appi võttes. Intelligentsest arvajast aga saab sel moel vale edasi kandja.

Kas tõe on võimalik? Tõde saaks näiteks mõõta tõeväärtuse (0,1)-skaalal, kus 0 tähendaks valet (ehk väär) ja 1 tähendaks õiget. Vahepealsed punktid sellel skaalal tähistaksid „pooltõdesid“. Sellele skaalale võiks nüüd kõike asetada: seletusi, väiteid, arvamusi, teadmisi, teoreeme, loosungeid jne. Aga „tõde“ kui niisugust, kui midagi materiaalselt, ei olegi olemas, nii nagu ei ole punast ja sinist olemas. Tõde on sõnumi atribuut.

Tõde iseloomustab vastust mingile küsimusele ja tähendab vastuse tõeväärtust. Kui tähtis aga on tõde? Tõe praktilise tähtsuse määrab tõe hind, mis kujuneb tõe väljaselgitamise hinna ja tõe mitteteadmises (valest) tuleneva kahju hinna kogusummana. Samas, kõik sõltub olukordadest ja hindajate kompetentsist.

Abstraktne tõde on alati olemas, ainult see on suhteline ja tõe varjatakse. Tõe varjamine on kuritegu. Seega tõejärgne

**Nietzsche** on öelnud: „Ei ole olemas tõtt, on vaid tõlgendused.“ Aga ka Nietzsche lause ise on vasturääkiv, sest mis see on, mida tõlgendatakse.

Seega (tõeste) faktide tõlgendused ongi see, mida nimetatakse tõejärgsuseks. Postmodernistliku filosoofia järgi „tõde ei avastata, seda toodetakse“ [3]. Teiste sõnadega, kui ei suudeta hüpoteese tõestada, tulebki jääda üksnes hüpoteeside tootmise juurde esitamaks neid tõe pähe.

Raskete, aga oluliste otsuste tegemisel tähendab teadusele toetumine kõrge vastutuse seadmist teadlaste õlgadele. Ootame ju teaduselt tõde. Poliitikute ja teadlaste vahelist koostööd raskendab nende erinev orientatsioon. Poliitik vajab tõendeid kohe ja otsus saab olla üksnes kujul „ei“ või „ja“, teadlane aga vajab aega nii probleemi lahendamiseks kui ka lahenduse õigsuse tõendamiseks. Siit selgubki teadustöö olemus ja see, miks teadus on kallid. Tõe leidmise usaldusvärsust mõõdab selleks kulutatud aeg. Aga aeg tähendab raha. Järelikult, soovides teaduskulusid kokku hoida, suureneb risk osta teaduse odavmüügil pooltõdesid [4].

„Tõejärgse poliitika“ termini võttis tarvitusele David Roberts oma blogis [5, 6], kus seda defineeriti kui poliitilist kultuuri, kus avalik arvamus ja ametlik poliitiline seisukoht on teineteisest peaaegu täielikult lahutatud. Eks „tõejärgsuse“ nähtus on kogu aeg poliitikas eksisteerinud, aga tõeliselt päästis selle valla Facebook ja piltidega üleküllastatud, valedest ning ebatõdedest rasvaseks toidetud ajakirjandus. Tõed ja faktid moondusid arvamusteks ja arvajate arv hakkas eksponentsiaalselt kasvama. Kuidas saakski veel tõde eksisteerida meie inforuumis, kui valetõde ta sealsamas ilmumise hetkel valeks tambib. Pealegi levib vale kiiremini kui tõde, sest tõde on igav. Muidu ei valetatakski. Vihjata „tõesti sündinud loole“ ei tähenda välja vabandamist, vaid hoopis reklaami.

Nii on ka „tõejärgsele“ teaduspoliitikale hoo sisse andnud Internet ja bürokraatia maailmas on üldkasutatavaks mänguriistaks saanud Exceli tabelid.

## Teaduse mõõtmisest

Teadust ei ole minevikus „mõõdetud“. Teadus on lihtsalt olnud rahvaste kultuuride osa ja teadlasi on hinnatud selle järgi, kuidas nende töid ja tegemisi on tunnustanud nende kolleegid kogu maailmas. Publikatsioonide arvu ja tsiteerimisi pole seejuures peetud kokku lugemise vääriliseks, et teadlaste vahel „sporti imiteerivaid“ võistlusi korraldada. Teadlasi huvitasid üksnes uued leiutised, avastused ja uued teadmised. Omavahelises suhtlemises sai selgeks ka see, kes olid oma kogukonnas kõige huvitavamad teadlased. Kõige huvitavamatest said ka kõige kuulsamad. Kes oli aga parim teadlane, sellist mõistet teadlased ei tundnud ega vajanud, polnud ka mõõdupuu.

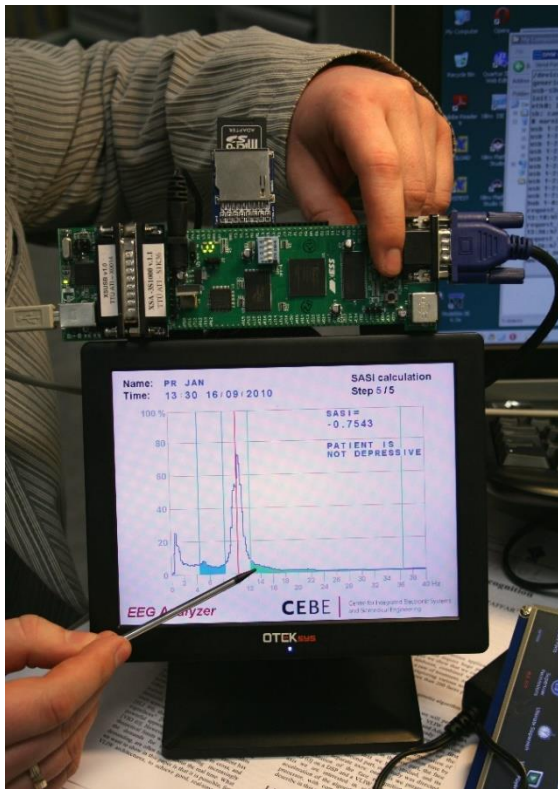
Teadus on juba oma loomult olnud stiihiline, tema arengut on juhtinud uudishimu ja ootamatud avastused. Teistmoodi ei saanudki olla, sest avastusi pole võimalik kavandada ega tellida. Tunnustus ja autoriteet on kujunenud ainsaks sisuliseks „mõõduvõtuks“ teadlaste omavahelises suhtlusfääris nii konverentsidel kui publikatsioonide vahetades.

Siis aga sattus teadus bürokraatia haardesse, kus eesmärgiks oli hakata teadlaste arvu vähendama ja teaduse stiihilist arengut pidurdama. Võeti appi mõõdupuu – h-indeks, millega kindlaks teha teadlaste vaheliste suhtlusvoogude intensiivsust. Seda, mida neis voogudes edasi kanti, ehk siis uusi teadmisi ja teadlaste panust neisse, pole senini suudetud mõõtma hakata, h-indeks selleks võimeline pole, selles indeksis on liiga palju moonutusi ja müra. Aga mõõt oli olemas ja mõõt pidi iseloomustama teadlase „nähtavust“, täpselt nii nagu internetki iseloomustab meid kõiki: „kui sind pole veebis, pole sind olemas“.

Algas uut tüüpi uute teadmiste „tootmine“. Teadlased polnud rumalad, nad said aru, et „tähtsamaks“ kui see, mida nad leiutavad, oli saanud see, kui intensiivselt nende nimi suhtlusvoogudes esineb. Üksinda aga ei olnud võimalik olla efektiivne selle uut tüüpi intensiivsuse mõttes, mistõttu sai *kuuluvus meeskonda* ja *meeskondlik intensiivsus* teadlaste vahelistes suhtlusvoogudes teadlastele uueks kriteeriumiks. Seda kuuluvust mõõdabki h-indeks. Ja nii saigi *teadlase kuuluvus* bürokraatia jaoks tema oivalisuse kriteeriumiks, mitte aga tema võime avastada ja leiutada, sest h-indeks seda ei mõõda. Omasuguste hulgas hea sisulise renomeega teadlane ei pruukinud bürokraatia jaoks midagi tähendada, kui ta ei osanud õigele kaardile panustada.

Tehnikateadustes peetakse tänapäeval tunnustatuks ja autoriteetseks teadlast, kes on suutnud formuleerida uusi teadusprobleeme ja organiseerida nende lahendamiseks ülikoolide, teadusasutuste ja tipptööstuse vahelisi konsortsiume, näiteks on koordineerinud europrojektide täitmist viimastel aastakümnetel. Publikatsioonid, tsiteerimised ega ka h-indeks ei ole seejuures olnud edu garantideks. Seetõttu ei saa see indeks olla ka teadlase „oivalisusemõõduks“. Erialad on erinevad ja h-indeksid on eri aladel erineva suurusega, sõltudes eriala traditsioonidest, töögruppidest, kuhu inimesed kuuluvad, kaasautorite arvust artiklites. Rakendusteadustes viidatakse vähem kui alusteadustes, võib-olla isegi üldse mitte, sest siin on areng nii kiire, paralleelsus uurimistöös nii suur ja seetõttu juhuslikkus selles paralleelsuses muudab ka põhjuse ja tagajärje sõltuvuse stohhastiliseks.





ehk nn. mõjufaktori (*impact factor*) kaudu. Hiinas koguni premeeritakse teadlasi publitseerimise eest kõrge mõjufaktoriga ajakirjades, kusjuures iga autor saab summa, mis võrdub artikli eest saadava tasuga, jagatuna kaasautorite arvuga. Näiteks ajakirjades „Nature“ või „Science“ avaldatud artikli eest premeeritakse autoreid 43 tuhande dollariga [7].

Ajakirjade mõjufaktorite kasutamine teadustöö „väärtuse“ määramisel tekitab samasuguseid anomaaliaid nagu h-indeks [8]. Näiteks, kui kultusajakirja *Nature* mõjufaktoriks on 40,1, siis digitaalsüsteemide testi valdkonna tippajakirja *JETTA* (*Journal of electronic testing. Theory and Applications*), kus artikli avaldamine on teadlase karjääri tippündmuseks, on mõjufaktoriks üksnes 0,6. Kelle järgi siis publitseerimisel joonduda tuleks, ka bürokraatide suvast lähtudes või oma valdkonna teadlaste hulgas reputatsiooni saamiseks?

On teinegi publitseerimise traditsioonidega seotud probleem, mis otsib konsensust: mis on kaalukam tulemus, kas avaldatud täisartikkel konverentsikogumikus või ajakirjas. Praegune bürokraatia ignoreerib täiesti tippkonverentsidel avaldatud artikleid. Ka siin on peidus iroonia: nii nagu kedagi ei huvitaks osta kolme aasta vanust arvu, nii ei loe ka ükski teadlane kolm aastat tagasi avaldatud artikleid arvutite teemal. Ajakirjaartikkel tehnikateaduste valdkonnas tähendab üksnes ajalugu, aga mitte viitamisobjekti. Siin on ka seletus, miks ajakirja *JETTA* mõjufaktor on nii väike. Kiirelt arenevate tehnikateaduste valdkondades viidatakse vaid nende teaduste arenguga rütmi pidavaid konverentsartikleid.

Meediale meelega on teadlasi hakatud hindama „1% enimtsiteeritud teadlaste“ hulka kuuluvuse järgi? See on kindlasti suurepärane saavutus kuuluda sellesse teadlaste gruppi. Samas aga võib tsiteerimiste kaalukus valdkonniti olla väga erinev ja jätta seetõttu kõrge rahvusvahelise tunnustusega teadlasi niisugustest 1%-gruppidest välja. Näiteks kuuluda mingi artikli 100 kaasautori hulka annab ka 100 korda rohkem võimalusi tsiteerimiste „kogumiseks“ kui olles üksinda artikli ainuautoriks. Teisest küljest, olgu näiteks ühes teadusvaldkonnas 5 alamvaldkonda ja koosnegu igaüks neist 1000-st tsiteeritud teadlasest. Kokku oleks siis selles valdkonnas tsiteeritud teadlasi 5000. Nendest 1% hulka saaks kuuluda 50. Juhul, kui kõik need 50 teadlast kuuluksid ühte ainsasse alamvaldkonda nendest 5-st, siis tähendaks see, et 4-s alamvaldkonnas ei kuuluks mitte keegi antud valdkonna „1% väljavalitute“ hulka. Millise järelduse saaks nüüd teha? Ainult sellise, et need 4 alamvaldkonda võiks „väarikast“ teadusest üldse välja heita ja kuulutada: „Teete „valet“ teadust, teadlased!“

Drastilise ilminguna on ka teadlaste endi arusaamades omaenda tööst tekkinud „Stockholmi sündroom“: on välja kujunemas mõõdikukeskne akadeemiline kultuur, kus teadlased ka isekeskis hindavad nii ennast kui üksteist teadusbürokraatide poolt paika pandud kvantitatiivsete mõõdikute järgi. Teadlaste allaheitlikku kohanemist bürokraatide diktaadiga näitab ka see, et teadlased on hakanud iseennastki oma aruandlustes esitlema mitte

Ometi on tänapäeval kujunenud selline olukord, kus kokku tuleb komisjon, et otsustada, kas teadlane sobib ülikooli professoriks, ja tõstab kõigepealt üles küsimuse: „Milline on selle teadlase h-indeks?“. Kui see ei vasta subjektiivselt üles seatud piirarvule, siis muid „parameetreid“ enam ei pruugita hakata vaatama. Teadlast, kes on pälvinud suurepärase teadustulemuse eest kogukonna lugupidamise ja autasu, on teises „kogukonnas“ „naelutatud risti“ seetõttu, et ta ei vasta käibelevõetud mõõtesüsteemi standardile.

Eesti teaduspoliitika tahab olla pragmaatiline ja tegutseda loosungi all: „Teadus olgu majanduslikult kasulik riigile.“ Ettevõtluses määrab kasulikkuse toodete eksporditud edu. Teadust eksporditakse samuti kas litsentside müügina või siis projektirahade hankimisega välismaalt. Samas on teadlaste hindamisel nende ekspordist tulenev kasulikkuse aspekt tähelepanuta jäänud.

Teadlaste publitseerimise hindamise Eesti-sisest praktikat koordineerib Haridus- ja teadusministeeriumi poolt 2006. aastal välja antud dokument "Publikatsioonide klassifikatsioon", mis sätestab numeratsiooni „1.1 - 1.2 - 3.1“ kaudu, milline on väärtuslik teadmine ja milline ei ole.

Rahvusvahelises praktikas on tekkinud tõeline buum ajakirjade „väärtuste“ hindamisel kvantitatiivse mõõdu

enam oma teadustöö sisulisi väärtusi tutvustades, vaid oma numbreid kategooriates „1.1 - 1.2 - 3.1“ nagu isikukoodi ette lugedes.

Koos niisuguse tendentsiga, mida teadusbürookraatia on kultiveerimas, on kadumas ka teadlaste vastastikune austus ja aukartus teaduse ees.

Teaduse kvantitatiivsel hindamisel eksisteerib veel järgmine objektiivsuse ja subjektiivsuse koostoime paradoks: teadus ise on objektiivne, teaduse kvaliteeti aga hinnatakse subjektiivselt ja subjektiivselt hindamisest kujundatakse „objektiivne“ otsus.

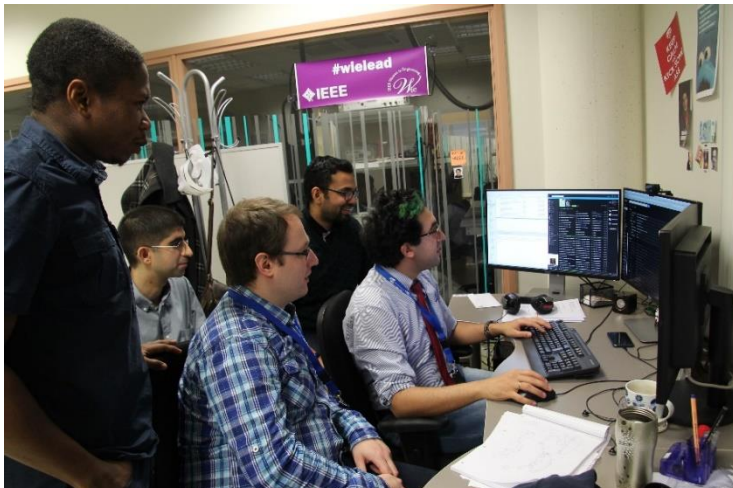
Nii rakendub tõejärgsus ka teaduse valdkonnas, kus tõde peaks aga olema ainus kriteerium.

## Teadus ja kõrgharidus

Ühiskond küsib: „Mis kasu on Eestile teadusest?“ Poliitikud heidavad ette: „Teadlased, te saate miljoneid eurosid, aga mida te teete selle rahaga? Kus on teie rakendused ettevõtluks, mis kasvataksid majandust?“

Teadus on avalik hüve. Majanduslik kasu teadusest ei ole aga avalik väärtus. Rahalise tulu rõhutamine, rääkides odavmüügis oleva teaduse kasust, on lühinägelik. Noored hääletavad jalgadega, sest 0,48% rahva kogutulust teadusele ei motiveeri noorteadlasi. Kui head majanduspoliitikat otsida, siis selleks on kõigepealt hariduspoliitika. Eesti teaduse akadeemiline põhiväljund on kõrghariduses [4].

Teadus iseenesest ei ole „tootlik jõud“. Illusiooni teadusest kui majandusmootorit põhjustasid II maailmasõja järgsed aastad, kui tehnoloogia hakkas arenema meeletu kiirusega ja kadus selgus, kus lõppes teadus ja algas



Tehnikaülikooli doktorandid oma vandlitornis

arendus. Mõlemad kulgesid koos ja paralleelselt, üks ühes, teine teises paradigmas, nagu kaks jõge, mis ühinesid. Parimaks näiteks oli elektroonika, kus lampidel põhinev tehnoloogia kasvas üle transistorideks, mis käivitas ekstensiivse Moore'i seadusega ennustatava arengu. Just Moore'i seadus oli see, mis tegi uudishimul põhinevast teadusest projektipõhise teaduskonveieri, kus konveieri liikumiskiirusest sai teaduse kasulikkuse mõõt, mis sobis hästi kogu ühiskonna jaoks ja selleks sai raha.

Moore'i seadus on tänaseks läbi, looduseadused on kaubalaevu vedanud voolavale teadusjõele tammi ette ehitanud. Pärastsõja-aegne illusioon on

kadunud – teadus ja selle rakendused ei arene siiski käsikäes. Näha korrelatsiooni nende kahe vahel ja nõuda otsest majanduslikku kasu teadusest tähendab harimatust ja upsakust.

Teisest küljest, kuna otsest „kasu teadusest“ pole selgelt näha, on tekkinud müüt, justkui teadlased on pugunud oma „mugavustsooni“ vandlitornidesse. Rahvas ei mõista, millega teadlased tegelevad? Kuid nad ei peagi seda mõistma. Näiteks aru saama sellest, kuidas tõestati Fermat' teoreem. Vahel ei taipa ka doktorandi juhendaja palju sellest, mida doktorant teeb. Need, kes nutitelefonid on välja mõelnud, ei mõista ka kõike, mis toimub nende vidinate sees. Teadus on kui Päike, mis meid elus hoiab. Pole vaja püüda seletada kogu rahvale lahti Päikese tuumafüüsikat. Küll aga oleks vaja ettekujutust, mis juhtuks siis, kui ühel hommikul Päike ei tõuseks enam. Või kui ühel päeval lakkaks mobiiltelefonide levi.

Poliitik avaldab arvamust, et praeguse tööturu jaoks on meil liiga palju kõrgharitud. Aga kõrghariduse vajadust ei saa määrata enam hetke olude põhjal, kus elu kulgeb kui kiirrong ja vajadused vahelduvad nagu aknast mööda vilksatavad telefonipostid. Homsete vajaduste jaoks on meil kõrgharitud juba liiga vähe. Nii magasime maha ka hetke 10-15 aastat tagasi, kus ootamatult kiiresti hakkas kasvama vajadus IT haridusega spetsialistide järele. Mitte „kõrgelt haritud“ pole liiga palju, vaid meie majandusstruktuur on vale ja orienteeritud mitteharitusele. Tuleks stimuleerida „kõrgharidusmahukat“ ja teaduspõhist ettevõtlust, aga mitte lasta meie majandusel stiihiliselt areneda „kerge ja kiire kasumi“ suunas.

Eesti kõrgharidusega inimesed saavad keskharidusega inimestest vaid 20 protsenti rohkem palka, kuid meie naaberriikides on see vahe 30–40 protsenti. Tasulise kõrgharidusega riikides on see koguni 50–60 protsenti. Siit lähtub õigustus, et ka õppejõude on liiga palju, et neid tuleks vähendada, et sel moel saaks neile ka palku tõsta.

Tulemus ongi juba käes: kahe viimase aasta jooksul on ülikoolid vähendanud akadeemiliste töötajate arvu 339 võrra, samas kui administreerimisega tegelevate töötajate arv hariduse valdkonnas on riigirahaveebi andmetel kasvanud 138 võrra [9].

Pidev innovatsioon ja tehnoloogia areng ning üldine automatiseerimine nõuab üha rohkem kõrgharidusega noori, kes oleksid võimelised tehismaailma nutikust ohjes hoidma ja kogu ühiskonna keerukamaks muutumisega sinasõber olema. Üha väiksemaks kipub jääma vajadus lihtsa (kõrg)haridust mitte nõudva töö järele. Seega väga lühinägelik on arvamus, et meil toimub noorte „üleharimine“.

Teadmised, millele rajaneb ülikool, ei arene mitte sirgjoont pidi, vaid spiraali mööda. Ja seetõttu mitte tänased teadmised ei tähenda püsiväärtust, vaid teadmisteni jõudmise protsessi valdamine. Mõtlemise oskus ja kogemus jäävad püsivateks tõukejõududeks spiraali mööda ronimisel. Tudeng ei tule õppima professorilt seda, mida professor teab või mida tudeng ise veebist leiaks, vaid seda, kuidas professor mõtleb.

Mõtlemise oskus ei unune ka vananeval aga ikka veel teadusele pühendunud professoril kunagi. Selles valguses tundub kummaline nooruse ja vanaduse vastasseis ülikoolides, mis väljendub repliigis „et noorteadlasel on raske süsteemist välja tõrjuda (!) oma mentorit ja õpetajat“ [10]. Miks peab süsteemist edukat mentorit välja tõrjuma, miks ei või tandemis, andekas noor ja edukas vana, kahekesi kõrvuti ja mõlemad koos veelgi tugevamatenä edasi areneda. Seda enam, et teadus ongi täna kollektiivne tegevus. Teadlase trumpkaart ei ole noorus, vaid pühendumine ja andekus ning teadustöö edukuse saladus peitub suutlikkuses tegeleda paralleelselt kahe asjaga: sellega, mida peab tegema ja sellega, mida tahaks teha. See käib nii seeniori kui juuniori kohta. Suurim teadlase andekus seisneb selles, kui ta suudab neid kahte ühitada. Kui ei suuda, siis ei ole tegemist andeka teadlasega, keda peaks edutama. „Ruumipuuduse“ põhjused teaduses on mujal, kui seenioride „ettejäämises“ juunioridele.

Tenuuri ja karjäärimudeli ideest on saanud justkui panatsea kõrghariduse ja teadusega seotud probleemide lahendamiseks. Kuivõrd tenuuri all mõistetakse stabiilse rahastamise kindlustamist ülikoolis, mis aga samal ajal nõuab tenuuriprofessori poolt välise konkurentsipõhiste uurimisrahade toomist ülikooli, siis selline põhimõte ja töö vorm on kogu aeg eksisteerinud ülikoolides, mida võib-olla on vaid eri kohtades ja erineva edukusega viljeletud. Uus vorm annab küll uue näo, aga ei taga veel uut sisu.

Kuidas olla kõrghariduse valdkonnas kasulik majandusele? Loodus-, täppis- ja tehnikateaduste ehk lühendatult LTT erialade õppimise ja õpetamise tähtsust on juba aastaid rõhutatud nii rahvusvahelistes kui ka Eesti hariduspoliitilistes dokumentides [11]. LTT oskused loovad head eeldused paindlikuks toimetulekuks ning vajaduse korral ümberõppeks kiiresti muutuval tööturul. On väidetud, et 65% täna kooliminevatest lastest hakkavad täiskasvanuna töötama ametikohtadel, mida praegu veel olemaski pole [12].

Kahjuks, lugedes ülemaailmsest innovatsiooniindeksist andmeid LTT hariduse osakaalu kohta, saame 2017. aasta aruandest teada, et Eesti on selles arvestuses alles 44. kohal [13]. Hiinas näiteks on LTT hariduse omandanute suhe rahvaarvu 2 korda suurem kui Eestis [14].

Ülikool ja teadus muutuksid kasulikuks ettevõtlussfäärile ainult koostöös, mis nõuab kahepoolset motivatsiooni ja panustamist. Ületada tuleks huvide konflikt, kus turg tähendab tänase päeva müüki, kõrgharidus aga peab olema suunatud tulevikku. Kõrgkool peaks väärtustama nii kutseoskusi, kuid ka oskust kutseid vahetada, mis oleks kohanemisvõime alus muutuvus elukeskkonnas. Praktiliste oskuste kultiveerimiseks ülikoolis bakalaureuse ja magistriõppe tasemel peaksid asjatundjad ettevõtlusest intensiivselt osalema kursusetööde ja praktikate juhendamisel, kus ettevõtjaid peaks selleks aga motiveerima riik.

Doktorikraadi väärtustatakse Eestis reeglina vähem kui mujal Euroopas. Eesti oleks kordi edukam, kui ühiskond õpiks teaduskraadi väärtustama, mille tulemusena jõuaks rohkem teadusdoktooreid poliitikasse, ministeeriumidesse ja ettevõtlusesse. Teatud ametikohtadel peaks doktorikraad olema kohustuslik.

Doktorantuuri „elulähedasemaks“ muutmine koostöös ettevõtlusega sõltub muidugi oluliselt sellest, kui teadusmahuka ettevõtlusega on tegemist. Aga kahtlemata peavad uurimisteed tulema niisuguse koostöö puhul ettevõtlusest. Ka siin peaks koostööd toetama rahaliste hoobadega riik, et motiveeritud oleksid mõlemad nii ülikool kui ettevõtlus. Selles koostöös sünniks ka oluline lisandväärtus: esiteks, ülikoolil avaneks võimalus üles leida probleeme, kus ta saaks otseselt oma teadusuuringutega olla kasulik ettevõtlusele, teiseks, võidakse ühiselt avastada valdkondi, mis on aktuaalsed ettevõtluses, aga mida ei käsitleta ülikooli õppekavades.

Igipõline vastuolu ülikoolides avaneb küsimuses: kumb on tähtsam, kas teadus või õpetamine. Mõlemas valdkonnas on paradigmad muutumas ja on seotud eeskätt sellega, et infoni jõudmine veebis on päringupõhine ja sellisena täiesti uus kunst: otsingutulemused on seda paremad, mida leidlikum, oskuslikum ja ammendavam on otsing. Ka teadus on muutumas päringupõhiseks: probleeme ehk küsimusi formuleerivad teadlased, aga vastuseid annavad simulaatorid ehk siis arvutite tarkvara. Professorite konkurentideks seintest ilma jäänud

auditooriumides on aga saanud mitte ainult interaktiivsed veebikursused internetis, vaid ka Google'iga relvastatud tudengid ise – need, keda professorid õpetama peaksid.

**Kadri Aavik** kirjeldab ülikooli õppejõudude igapäevast tööd: „... loengute ettevalmistamine ja läbiviimine, uute ainekursuste väljatöötamine, juhendamine, üliõpilastega suhtlemine, õppekava arendus ja õppetööga seotud koosolekud, pidev teadusrahastuste taotlemine, teadusprojektide läbiviimisega seonduv administratiivtöö, projektkoosolekud, erinevates komisjonides osalemine ning lisaks muud kümned väiksed ootamatud igapäevased kohustused ülikoolis söövad suure osa akadeemiliste töötajate igapäevasest tööajast“ [15].

Probleem on selles, et kogu see loetelu ja suur töömaht on õppejõu enda jaoks väärtusetu, sest tema karjäär, palk ja prestiiž on sõltuvuses vaid sellest kui hea on tema teadustöö.

## **Teaduse rahastamisest ja konkurentsist**

2014. aastal koostatud Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegias on fikseeritud lubadus tõsta riiklikku rahastust teadus- ja arendustegevusele juba 2015. aastaks 1%-ni SKT-st. Paraku on rahastus lubatud suurenemise asemel hoopis kahanenud: 2016. aasta seisuga on riiklik rahastus T&A-le langenud 0,48%-ni SKTst. Samal aastal jäi teadus- ja arendustegevusega seotud töötajate palk esimest korda kümne aasta jooksul alla Eesti keskmisele.

Aastal 2016 kulutati teadus- ja arendustegevusele kokku 270,3 miljonit eurot, mis oli 1,28% SKP-st. (erasektori osa oli – 0,64%, välismaistest allikatest tuli – 0,18%). Kulutuste kogusumma on 5,7% vähem kui see oli aastal 2014. Olgu siin võrdluseks toodud ka kulutused teadusele ka teistest riikidest: L.-Korea 4,3%, Jaapan 3,6%, Rootsi ja Soome 3,2%, Taani 3,1%, USA 2,74%, Sloveenia 2,4%) [16].

Rahanappuses on ülikoolid hakanud järjest enam tegutsema turuloogika järgi ning kultiveerima aktiivselt ettevõtlusmentaliteeti. Eestis moodustab projekti- ehk siis konkurentsipõhine rahastus 73% kogu teadusrahastusest, mis on üks kõrgemaid näitajaid OECD riikide võrdluses [17]. Samas on projektirahadele ja grantidele konkureerimine suuresti loterii ja „projektide taotlemisse on vaikumisi sisse kirjutatud paljude teadlaste tulemusteta töö“ [18].

Et stimuleerida teaduse rakendamist Eesti majandusse, viiakse uue korra järgi ülikoolide baasrahastamine sõltuvusse tulust, mille ülikoolid saavad koostööst eraettevõtetega. Niisugune trend taandab ülikoolid ja teadlased teenusepakkujateks eraettevõtetele, kelle tellimused lähtuvad ärihuvidest. Tulemuseks on kitsas rakendusteadus ning kaob teadlaste roll avaliku hüve loojatena. Samuti tekib valikukonflikt Eestile kasulike uurimiste, kus sageli vajadus tipp-teaduse järele puudub, ja teadusmahukate europrojektide temaatika vahel. Esimest toetab baasrahastuse kaudu riik, teisel juhul mitte.

Kui Eestis moodustasid 2016. a. statistikaameti andmetel alusuuringud 28%, rakendus-uuringud 24% ning arendustöö 48% TA kogumahust, siis näiteks Iisraelis ja USA-s kulub arendustööks kaks kolmandikku kogu rahast. See ei tähenda, et me kulutame alusuuringutele liiga palju, vaid hoopis seda, et meie madala investeerimise taseme juures tegelevad meie ettevõtted liiga vähe teadus- ja arendustegevusega. Ja neid ettevõtteid, kes sellega tegelevad, on omakorda liiga vähe. On meelde jäänud rusikareegel alusteaduse, rakendusteaduse ja arendustöö kulutuste optimaalsest vahekorra 1:10:100. Kõigest sellest järeldub, et midagi on täiesti valesti meie rahastamispoliitikas ja tegijate motiveerimises, kui eesmärgiks on seatud ideaalina tõesti teaduspõhine ettevõtetus. On ju kaks poolt – teadus ja ettevõtetus, mis vajavad täiesti erinevaid finantseerimisviise, samas aga ka ühisosa, kus alus- ja rakendus-uuringud võiksid leida oma koha Eesti majanduses.

Strateegia “Teadmistepõhine Eesti” näeb ette, et teadus peab aitama kaasa riigi majanduskasvule. Selleks sõnastati kolm kasvuvaldkonda, milles tehtav teadus peaks toetama siinseid ettevõtjaid ja selle kaudu tooma majanduskasvu: info- ja kommunikatsioonitehnoloogia, tervisetehnoloogiad ja -teenused ning ressursside efektiivsem kasutamine.

Kasvuvaldkonnad sõnastati 2013. aastal viitega käimas olevale tööstusrevolutsiooni kolmandale lainele. Vaadates Saksamaad, Prantsusmaad või USA-d see revolutsioon tõesti toimub. Aga Eestis ei ole autotööstust, suurt biotehnoloogiatööstust, kõrgtehnoloogilist materjalitööstust. Ettevõtetus, mis meil siin kohapeal on, ei vasta nendele kasvuvaldkondadele ja nii tekibki müüt, et meie ettevõtted ei oska tellida teaduspõhist arendust, ettevõtjad aga kurdavad, et teadlased ei tee neile vajalikke uuringuid. Teadus ja ettevõtetus käivad meil eri teid ning kokkupuutepunkte napib. Ei saagi neid tekkida, kui poliitikute paika pandud prioriteedid on mõeldud mitte Eestile, vaid Euroopa ja maailma ettevõtlastele ning tööstust silmas pidades.

Teadus- ja arendustegevuse toetamisest üksi ei piisa, kui probleemid on hariduses, teaduspõhise ettevõtluse loomises ja maailmaturul sisenemise barjäärides. „Kana muneb nokast ja lehm lüpsab suust; teadus pole mitte kulu, vaid investeering,“ ütleb Eesti Maaülikooli rektor Mait Klaassen.



Konkurss

Äsja lõppenud Eesti Teadusagentuuri projektide konkursil küsisid teadlased uuringuteks 32 miljonit, kuid kokku andis ETAG positiivse otsuse taotlustele kogusummas vaid ligi neli miljonit eurot. Esitatud taotluste edukusprotsent oli 13,6. Teisisõnu, 317 esitatud taotlusest sai positiivse otsuse 42 ehk rahastamiseta jäi 275 taotlust. Teadusagentuuri juhi kommentaar „... vähemasti sama palju projekte, kui raha sai, väärinuks oma hea taseme poolest samuti toetust“ paneb tõsiselt mõtlema. Jätta 40 väga tugevat projekti rahastamata nõuab ikka suurt vastutust, mida paraku mitte keegi ei kannu. Keegi ei tea, kui suur võib siin olla vigade kahju. Seda kahju võiks tagant järele analüüsida – võrrelda tagasivaates rahastust saanud projektide tulemuslikkust ja rahastamata jäänud uurimisgruppide edukust või saatust. Aga niisugusi analüüse ei tehta. Kuid järeldused võiksid olla ootamatud.

Kas olekski vaja üldse korraldada selliseid konkursse, pärast mida kõigil süda valutama jääb? Selle asemel, et teadlasi survestada grantide taotlemise loteriiga, võiks anda neile stabiilse rahastusega võimaluse pühenduda jäägitult teadusele, mis on nende töö, amet ja eluviis ning milleks nad on end kogu senise elu koolitanud. Parimaid võiks kindlasti premeerida saavutatud tulemuste põhjal, aga seejuures kindlasti mitte nõudes „premeerimistaotlusi“, sarnaseid grantitaotlustele, mida sunnitakse vorpima praegu.

Pole mingit mõtet panna teadlasi võistlema ja konkureerima üksteisega, kui neil kõigil on niigi juba ühine vastane tundmatu looduse ja tõrkuva tehismaailma näol, mida nad uurivad. Igasugune formaalne konkurents ja usaldamatus ehitab seinu teadlaste vahele ja välistab koostöö, mida meil aga just oleks vaja kriitilise massi loomiseks teaduspõhise realiseerumise eesmärgil nii ülikoolides kui majanduses, nii poliitikas kui maailmavaates.

Teaduspõhise aluseks on haridus, mis ühemõtteliselt avaldub neil hetkil, kui eesriie avaneb ja tuleb lavale astuda. Hariduse tähendus muutub kahemõtteliseks ja hägustub nendel hetkedel, kui teda „mõõtma“ ja sildistama hakatakse. Sildid ei ole mõõt, silt on varjamise tööriist.

**Raimund Ubar**

1. mail 2018

#### Kirjandus:

- [1] K. R. Popper. „The Aim of Science.“ – Objective Knowledge. An Evolutionary Approach. Oxford: Clarendon, 1972, lk 191.
- [2] R. Ubar. „Aukartus teaduse ees.“ Sirp, 21. November, 2014.
- [3] R. Raud. „Teeme tõe jälle suureks?“ Sirp, 27. jaan. 2017.
- [4] R. Ubar. Hea teaduse odav väljamüük. Postimees, 16. det. 2017.
- [5] D. Roberts. „Post-Truth Politics“. Grist. 1. April 2010.
- [6] D. Roberts. „Post-truth politics: Art of the lie: Politicians have always lied. Does it matter if they leave the truth behind entirely?“ The Economist, Sept. 20, 2016.
- [7] <https://www.technologyreview.com/s/608266/the-truth-about-chinas-cash-for-publication-policy/>
- [8] J. Bohannon. „Hate journal impact factors? New study gives you one more reason.“ Scientific CommunityTechnology, doi:10.1126/science.aag0643. Jul. 6, 2016.
- [9] Rektorite Nõukogu pressiteade kõrghariduse arengust (14. det. 2017).  
<http://www.ern.ee/et/uudis/rektorite-noukogu-pressiteade-korghariduse-arengust>
- [10] M. Maidla. „Milline on teaduse tähtsus ja sotsiaal-majanduslik mõju?“ Sirp, 25. august, 2017.
- [11] HTM aasta-analüüs 2017. LTT erialadel õppimine Eesti kõrghariduses. Tiiu Kreegipuu, Ingid Jaggo.  
[https://www.hm.ee/sites/default/files/uuringud/ltt\\_erialad.pdf](https://www.hm.ee/sites/default/files/uuringud/ltt_erialad.pdf)
- [12] World Economic Forum (2016). The Future of Jobs. Employment, Skills, and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf)

- [13] The Global Innovation Index, Indicator 2.2.2. <https://www.globalinnovationindex.org/gii-2017-report#>
- [14] McCarthy, N. (2017). The Countries With The Most STEM Graduates. Forbes.  
<https://www.forbes.com/sites/niallmccarthy/2017/02/02/the-countries-with-the-most-stem-graduates-infographic/#4668cf50268a>
- [15] K. Aavik. „Mis on neoliberaalne ülikool?“ Sirp, 01. sept. 2017.
- [16] [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_countries\\_by\\_research\\_and\\_development\\_spending](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_research_and_development_spending)
- [17] Uurimisasutuste baasrahastuse ja projektipõhise teaduse osakaal OECD riikides (2016), OECD ja Eesti Teadusagentuur.  
Kaur Maran, Suur graafiline ülevaade: miks tulid Eesti teadlased tänavale meelt avaldama? – Postimees, 14.IV 2018.
- [18] J. Engelbrecht, Võidujooksu asemel võimalused – Sirp 13. IV 2018.