



Tutkimuksen menneisyys - ja tulevaisuus?

Anto Leikola



"Kuninkaallinen Seura ei sekaannu jumaluusoppiin, metafysiikkaan, moraaliiin, politiikkaan, kielioppiin, puhetaitoon eikä logiikkaan." Näin rajasi Englannin Kuninkaallisen Tiedeseuran, *Royal Societyn*, sihteeri Robert Hooke vuonna 1663 tiedeyhteisönsä tehtäviä. Elettiin tieteen vallankumouksen huippuhetkiä: pari vuotta myöhemmin Hooke itse julkaisi urauurtavat mikroskooppitutkimuksensa, kolme vuotta sen jälkeen Francesco Redi suoritti itsestäänsikiämisen kumoavat kärpäskokeensa, jotka samalla merkitsivät puhtaasti kokeellisen menetelmän läpimurtoa biologisissa tieteissä, ja vielä parikymmentä vuotta siitä, 1687, ilmestyi Sir Isaac Newtonin mahtava *Principia*, joka loi perustan kaikelle fysiikalle yli kahdeksi vuosisadaksi ja ns. klassiselle fysiikalle meidän päiviimme asti.



Tieteen vallankumouksen alkuketkeä on mahdotonta määrittää, yhtä mahdotonta kuin sen loppupistettäkään. Eräiden tieteenhistorioitsijoiden mielestä vallankumous alkoi jo 1543, kun Kopernikus julkaisi aurinkokeskisen maailmanjärjestelmänsä ja Vesalius samanaikaisesti puolentoista tuhannen vuoden galeenista perinnettä murtaneen anatomiansa. Seuraavan vuosisadan alkupuolelle osuivat Galileo Galilei ja Johannes Keplerin tärkeimmät tähtitieteelliset työt sekä William Harveyn verenkiertotutkimus, joka paljolti kaatoi vanhan, antiikista periytyneen fysiologian perusteet. Jos vallankumouksen katsotaan päättyneen Newtonin suureen synteesiin, sen kesto olisi ollut lähes puolitoinen vuosisataa, ja kriittisesti onkin huomautettu, voiko näin pitkää ajanjaksoa enää nimittää vallankumoukseksi. Kysymys oli kuitenkin kumouksellisesta prosessista, jossa vähä vähältä, eri aloilla hieman eri aikoihin, vapauduttiin raamatullisista ja aristotelisistä ajatusmalleista ja ryhdyttiin kysymään luonnon asioita luonnonlta itseltään, havaintoihin ja niistä tehtyihin päätelmiin nojautuen. Joidenkin mielestä tämä prosessi tuli päätökseensä vasta 1800-luvun puolivälin jälkeen, Charles Darwinin julkaistua monia kiistoja herättäneen *Lajien syntynsä*.



On hieman paradoksista, että kronologisesti antiikista halki keskiajan ja uuden ajan etenevät tieteenhistoriat joutuvat ensin selostamaan varhaisten kreikkalaisten luonnonfilosofien samoin kuin Hippokrateen, Aristoteleen ja heidän seuraajiensa oppeja, ja kun ne on selvitetty, onkin aika lähteä kertomaan, miten niistä päästiin eroon. Monien nykyisten ajatustapojen siemenet löytyvät kyllä antiikin filosofeilta, mutta olennaisilta osiltaan tämän päivän tiede on kuitenkin tieteen vallankumouksen perillinen. Voimme tunnistaa omat menetelmämme ja lähestymistapamme 1600-luvun tiedemiesten kirjoituksista - vaikka he usein nimittivät itseään luonnonfilosofeiksi, kun käsite "tiedemies" ei vielä ollut syntynyt - kun sen sijaan vaikkapa keskiajan alkemistien tai kiinalaisten tai intialaisten ajattelijoiden luontoa koskevat opit jäävät meidän tieteellisesti kouliintuneille aivoillemme vieraiksi, hämäräksi tai suorastaan käsittämättömiksi. Niissä käsitellyt voimat ja suureet eivät useinkaan ole enempää kuin löyhässä yhteydessä havaintotodellisuuteen, eikä niiden paikkansapitävyyden testaaminen ole yleensä mahdollista, monien mielestä ei suotavaakaan. Esimerkiksi nykyäänkin varsin suosittujen astrologisten oppien perustana on taivaalla näkyvien tähtikuvioiden ja planeettojen väitetty vaikutus ihmiskohtaloihin, mutta empiirisiä todisteita tällaisista vaikutuksista ei ole koskaan löytynyt; niihin uskotaan, vaikka järkisytyt puhuisivat päinvastaista, ja sikäli niiden ja tieteellisen ajattelutavan välillä vallitsee sovittamaton ristiriita.



Tieteen vallankumous, demokratisoituminen ja "Invisible college"

Olisi perin vaikeaa koettaa esittää yksinkertaisin piirtein koko luonnontieteen kehitystä tieteen vallankumouksesta meidän päiviimme. Yksittäisten tieteiden osalta se on paljon helpompaa. Niinpä fysiikassa Faradayn ja Maxwellin kehittämä sähkömagnetismin teoria osoittautui 1800-luvun puolivälissä



käänteentekeväksi, ja Planckin kvantiteoria sekä Einsteinin suhteellisuusteoria 1900-luvun alussa mullistivat koko fysiikan käsitteistön; 1900-luvun fysiikka on suoraa jatkoa tälle mullistukselle. Kemiassa Lavoisierin löytämä palamisilmiön selitys sekä Daltonin 1800-luvun alussa hahmottelema atomiteoria antoivat aineille ikään kuin uudenlaisen rakenteen, Kekulén luomat hiiliyhdisteiden rakennekaavat mahdollistivat orgaanisen kemian, ja 1900-luvun alkupuolella Rutherfordin ja Bohrin teoriat atomien rakenteesta siirsivät monia kemian ongelmia fysiikan puolelle ja toisaalta mahdollistivat ydinfysiikan ja elektroniiikan, äskettäin päätyneen vuosisadan fysiikan tärkeimmät tutkimusalueet. Biologiassa taas Schleidenin ja Schwannin soluteoriaa sekä Darwinin evoluutioteoriaa on epäilemättä pidettävä 1800-luvun tärkeimpinä virstanpylväinä, kun taas 1900-luvulle luonteenomaisia ovat olleet säätelyfysiologia, yksilönkehityksen biologia, perinnöllisyystiede ja ekologia sekä viimeisimpänä molekyylibiologia, joka puolestaan on siltana biologisista tieteistä kohti biokemiaa, olennaisilta osiltaan 1900-luvun tiede sekini.

Jo paljon ennen tieteen vallankumouksen kukoistusaikaa pyrki Francis Bacon luomaan "uudelle kokeelliselle filosofialle", kuten termi kuului, teoreettisen pohjan, ja hänen hengessään sitten perustettiin *Royal Society*, monien muiden tiedeseurojen ja tiedeakatemioiden esikuva; mutta samoihin aikoihin syntyivät myös Ranskan tiedeakatemia, Firenzen lyhytikäiseksi jäänyt "Kokeiden akatemia", *Accademia del Cimento*, sekä saksalaisessa Schweinfurtin kaupungissa kokoontunut "Luonnosta uteliaiden akatemia", *Academia Naturae Curiosorum*, josta sittemmin kehittyi maineikas *Leopoldina*-akatemia. Monet niiden saavutuksista perustuivat tutkijoiden järjestelmälliseen yhteistyöhön, kun aikaisemmin ihanteena oli pikemminkin ollut yksittäinen ja usein yksinäinen, mieluummin yliopiston kateederista luennoiva oppinut. Tämä oppinut toki säilyi eräänä tutkijan prototyypinä myöhemminkin, mutta jo tiedeseurojen olemassaolo muistutti, että työtä tehtiin, ellei aina yhteisössä niin kuitenkin yhteisölle ja myös yhteisön kritiikkiin alistuen. Yliopistot, joihin vakava tieteellinen tutkimus pesiytyi oikeastaan vasta 1800-luvulla - lääketiedettä ehkä lukuun ottamatta -, olivat ja ovat yhä väistämättä hierarkkisia: niissä on opettajia ja oppilaita, eivätkä nämä ole - eivät voi olla - tieteen edessä tasaveroisia. Mutta tieteellisissä seuroissa, ja laajentaen koko tiedeyhteisössä, siinä josta Bacon käytti nimitystä *Invisible college*, ei ole opettajia eikä oppilaita, ei professoreita, tohtoreita, maistereita tai ylioppilaita, ei ammattitutkijoita ja harrastelijoita, on vain niitä jotka tekevät luovaa, avointa tutkimusta, eikä heidän keskinäiseen arvojärjestykseensä ole muita kriteerejä kuin työn laatu ja merkitys. Tässä mielessä tieteen vallankumous merkitsi myös niin sanoakseni tieteen demokratisoitumista: jo ensimmäisiin tiedeseuroihin kuului väkeä kaikista säädyistä, eikä niissä aatelismies ollut porvaria parempi.

Royal Societyn päämääränä oli - jälleen Robert Hookea lainatakseni - "kokeita tekemällä parantaa tietoa luonnon asioista ja kaikista hyödyllisistä taidoista, manufaktuureista, mekaanisista käytänteistä, koneista ja keksinnöistä ... kohottaakseen siten Jumalan glooriaa, Kuninkaan kunniaa sekä hyödyttääkseen valtakuntaa ja koko ihmiskuntaa". Kuninkaallisella tiedeseuralla oli siis vahvat käytännön tarkoitusperät, eikä ollut oikeastaan 1600-luvun vika, että tutkimuksen yhdistäminen käytäntöön alkoi laajemmalti sujua vasta vuosisataa tai kahta myöhemmin. Jo Galilei oli kyllä pyrkinyt osoittamaan kaukoputkensa hyödyllisyyttä mm. Venetsian hallitukselle - sen avulla kun saattoi Markuksen torin kellotornista tehdä havaintoja vihollisen laivastosta paljon paremmin kuin paljain silmin - ja hän oli jopa esittänyt Jupiterin kuiden liikkeeseen perustuvan keinon pituusasteen määrittämiseksi merellä. Mutta valtaosaltaan havaitseva ja kokeileva luonnontiede oli vasta 1800-luvulla saavuttanut sellaisen tason, että se saattoi olla pohjana käytännössä toimivalle teknologialle. Tieteenhistorioitsijat ovat kiistelleet siitä, oliko 1700-luvun teoreettisella fysiikalla olennainen merkitys James Wattin kehittämälle höyrykoneelle, ja vielä Thomas Alva Edisonia on pidetty pikemminkin kokeilija-keksijänä kuin tutkijana sanan nykyaikaisessa mielessä. Ensimmäinen maailmansota toi esiin monia nerokkaita keksintöjä, kuten panssarivaunun ja kuularuiskun, ja se kehitti lentokoneita mittavan askeleen eteenpäin, mutta vasta toinen maailmansota käytiin todella tieteseen perustuvan tekniikan hengessä. Itse asiassa Hiroshima ja Nagasaki 55 vuotta sitten merkitsivät modernin teoreettisen fysiikan suurta läpimurtoa, niin karneissa merkeissä kuin se tapahtuikin. Ydinenergian vapauttaminen ei olisi ollut mahdollista kyläsepän taidoilla, ilman sitä fysiikan teoriaa, jolle Einstein, Planck ja muut loivat

perustan 1900-luvun alussa.

Teoriaa ja käytäntöä

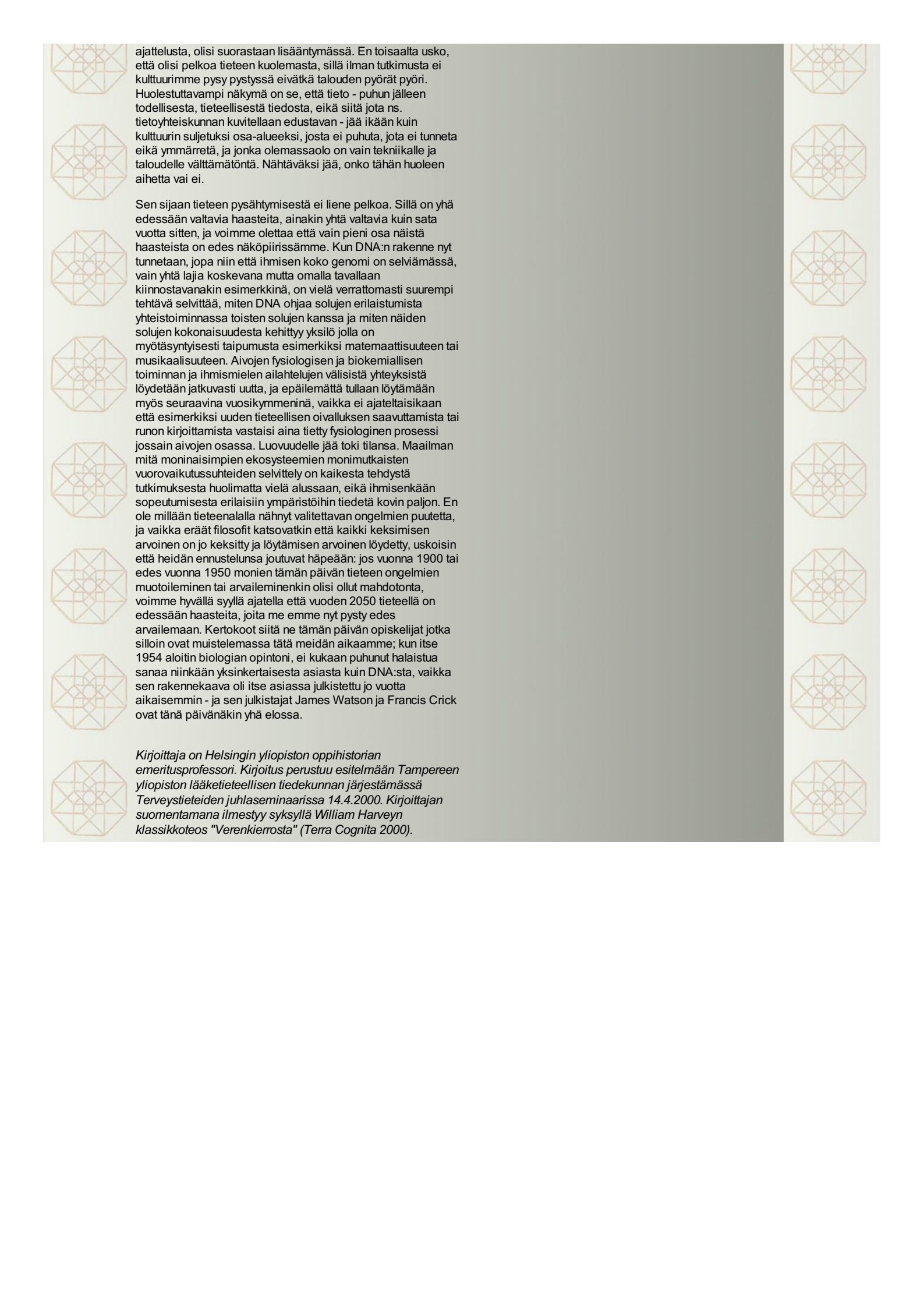
Biologiassa ja sitä käytäntöön soveltavassa lääketieteessä eräänä virstanpylväänä teorian ja käytännön yhteen sitomisesta voidaan epäilemättä pitää Louis Pasteurin työtä 1800-luvun jälkipuoliskolla; mutta on muistettava, että yksi hänen yleisimmistä tunnetuista saavutuksistaan, vesikauhurokotus, ei perustunut erityisiin teoreettisiin premisseihin vaan oli pikemminkin tulos sitkeästä ja rohkeasta kokeilusta. Jos haluamme etsiä biologian alueelta jotakin modernin fysiikan käytännön saavutuksiin verrattavaa, se löytynee lähinnä geeniteknologiasta. Kasvien ja eläinten jalostus on ollut mahdollista vuosisatojen ajan ilman muuta kuin erittäin ylimalkaista geneettistä tietoa, mendelistinen genetiikka on 1900-luvulla parantanut ja nopeuttanut jalostuksen tekniikkaa, mutta vasta geeniteknologia - geenimanipulaatio, kuten vielä joitakin vuosia sitten hieman epäluuloisesti sanottiin - on luonut tai luomassa menetelmiä, joissa vaaditaan varsin syvällistä teoreettista tietoa perinnöllisyyden perusteista, lähinnä DNA:n rakenteesta ja toiminnasta. Jälleen voisi sanoa: siihen eivät kotipuutarhurin keinot riittäisi.

On hyvä muistaa, että tekniikkaa on ollut olemassa jo vähintään miljoonan vuoden ajan, varhaisimman kivikauden ensimmäisistä alkeellisista nyrkki-iskureista alkaen, mutta tiedettä nykyaikaisessa mielessä vasta nelisen vuosisataa. Tieteestä on tullut tekniikan edellytys vasta viimeisten sadan tai enintään kahdensadan vuoden aikana. Näin nuori on se tieteellis-tekninen kulttuuri, johon me olemme kasvaneet niin lujasti että meidän on vaikea edes ajatella elämää ilman sitä. Se on muuttanut ihmisten elinehtoja niin suuresti että on kuin onkin perusteltua puhua 1900-luvusta tieteellis-teknisen kulttuurin aikakautena, mikä ei tietenkään sulje pois kulttuurin monia muita, inhimilliselle elämälle hyvinkin tärkeitä aspektoja. On tärkeää muistaa, että tiede ei koskaan pysty ratkaisemaan sellaisia yksittäisen ihmisen tai koko ihmiskunnan kohtalonkysymyksiä, joihin sen pätevyysalue ei ulotu. Mutta uskontoja, taidetta, kirjallisuutta, perhe-elämää, sosiaalista kanssakäymistä, rakkautta ja vihaa on ollut kaikkina aikoina ja kaikissa kulttuureissa; tiede sen sijaan on syntynyt Euroopassa muutama vuosisata sitten ja sieltä levinnyt kaikkialle maailmaan. Sen kytkökset teknologiaan ovat johtaneet sen laajenemiseen ja sen taloudellisen merkityksen ennennäkemättömään kasvuun. Tästä on puolestaan ollut seurauksena, että taloudellinen kasvu, johon kaikki - ainakin kaikki länsimaisen kulttuurin hapattamat - valtiot nykyään tähtäävät, itsekin tosin tietämättä tarkoin miksi, ei ole enää mahdollista ilman tieteellis-teknisen kulttuurin innovaatioita. Sekä valtiot että yksittäiset yritykset panostavat tieteeseen, josta ne odottavat itselleen hyötyä; tässä mielessä Francis Baconin ja *Royal Societyn* aatteet ovat toteutuneet lähes pelottavassa määrin. Ehkäpä tiede on myös muuttunut entisiin aikoihin verrattuna kasvottomaksi: kun tutkimusta tehdään suurina työryhminä ja jopa kokonaisten tutkimuslaitosten voimavaroja valjastetaan tiettyjen ongelmien ratkomiseen, tuntuu siltä että yksilöt, joiden aivoissa ideat kuitenkin syntyvät ja kehittyvät, eivät enää nouse näkyviin. Darwinin, Pasteurin tai Mendelin kaltaisia yksittäisiä huippuja ei viimeisten puolen vuosisadan tieteenhistoriassa ole ollut, vaikka Nobel-komiteoilla ei lienekään ollut palkinnonsaajien löytämisessä vaikeuksia vaan pikemminkin runsaudenpulaa.

Tiede - kulttuurin suljettu osa-alue?

On perusteltua väittää, että ihmiskunnan historian yhtenä keskeisimpänä juonteena - omasta mielestäni kaikkein keskeisimpänä - on ollut informaation hankinnan ja käsittelyn kasvu sekä yhä suurempi kyky energian vapauttamiseen ja käyttöön. Tämä kaikki manifestoituu tieteellis-teknisessä kulttuurissa. Todellinen tietoyhteiskunta merkitsee tieteellisen tiedon kasvua, ei kännykkäihyettä tai tarkoituksetonta surffailua internetissä. Se merkitsee tietoa, joka on vapaata kaikkien käytettäväksi ja jota tuotetaan ennen kaikkea yliopistoissa ja avoimissa tutkimuslaitoksissa.

Mutta jos historiamme suuntaus viimeisten vuosisatojen aikana on ollut tämä - uskaltaisin sanoa sitä jopa "suureksi kertomukseksi", jollaisten väitetään jo kuolleen -, onko oletettavissa että se jatkuu myös tulevan, itse asiassa jo alkaneen vuosisadan mittaan? Itsestään selvää tämä ei ole, päinvastoin, on monia merkkejä siitä että eräänlainen henkinen pimeys, piittaamattomuus järjellisestä ja valistuneesta



ajattelusta, olisi suorastaan lisääntymässä. En toisaalta usko, että olisi pelkoa tieteen kuolemasta, sillä ilman tutkimusta ei kulttuurimme pysy pystyssä eivätkä talouden pyörät pyöri. Huolestuttavampi näkymä on se, että tieto - puhun jälleen todellisesta, tieteellisestä tiedosta, eikä siitä jota ns. tietoyhteiskunnan kuvitellaan edustavan - jää ikään kuin kulttuurin suljetuksi osa-alueeksi, josta ei puhuta, jota ei tunneta eikä ymmärretä, ja jonka olemassaolo on vain tekniikalle ja taloudelle välttämätöntä. Nähtäväksi jää, onko tähän huoleen aihetta vai ei.

Sen sijaan tieteen pysähtymisestä ei liene pelkoa. Sillä on yhä edessään valtavia haasteita, ainakin yhtä valtavia kuin sata vuotta sitten, ja voimme olettaa että vain pieni osa näistä haasteista on edes näköpiirissämme. Kun DNA:n rakenne nyt tunnetaan, jopa niin että ihmisen koko genomi on selviämässä, vain yhtä lajia koskevana mutta omalla tavallaan kiinnostavanakin esimerkkinä, on vielä verrattomasti suurempi tehtävä selvittää, miten DNA ohjaa solujen erilaistumista yhteistoiminnassa toisten solujen kanssa ja miten näiden solujen kokonaisuudesta kehittyy yksilö jolla on myötäsyttyisesti taipumusta esimerkiksi matemaattisuuteen tai musikaalisuuteen. Aivojen fysiologisen ja biokemiallisen toiminnan ja ihmismielen ailahtelujen välisistä yhteyksistä löydetään jatkuvasti uutta, ja epäilemättä tullaan löytämään myös seuraavina vuosikymmeninä, vaikka ei ajateltaisikaan että esimerkiksi uuden tieteellisen oivalluksen saavuttamista tai runon kirjoittamista vastaisi aina tietty fysiologinen prosessi jossain aivojen osassa. Luovuudelle jää toki tilansa. Maailman mitä moninaisimpien ekosysteemien monimutkaisten vuorovaikutussuhteiden selvittely on kaikesta tehdystä tutkimuksesta huolimatta vielä alussa, eikä ihmisenkään sopeutumisesta erilaisiin ympäristöihin tiedetä kovin paljon. En ole millään tieteenalalla nähnyt valitettavan ongelmien puutetta, ja vaikka eräät filosofit katsovatkin että kaikki keksimisen arvoinen on jo keksitty ja löytämisen arvoinen löydetty, uskoisin että heidän ennustelunsa joutuvat häpeään: jos vuonna 1900 tai edes vuonna 1950 monien tämän päivän tieteen ongelmien muotoileminen tai arvaileminenkin olisi ollut mahdotonta, voimme hyvällä syyllä ajatella että vuoden 2050 tieteellä on edessään haasteita, joita me emme nyt pysty edes arvailemaan. Kertokoot siitä ne tämän päivän opiskelijat jotka silloin ovat muistelemassa tätä meidän aikaamme; kun itse 1954 aloitin biologian opintoni, ei kukaan puhunut halaistua sanaa niinkään yksinkertaisesta asiasta kuin DNA:sta, vaikka sen rakennekaava oli itse asiassa julkistettu jo vuotta aikaisemmin - ja sen julkistajat James Watson ja Francis Crick ovat tänä päivänäkin yhä elossa.

Kirjoittaja on Helsingin yliopiston oppihistorian emeritusprofessori. Kirjoitus perustuu esitelmään Tampereen yliopiston lääketieteellisen tiedekunnan järjestämässä Terveystieteiden juhlaseminaarissa 14.4.2000. Kirjoittajan suomentamana ilmestyy syksyllä William Harveyn klassikkoteos "Verenkierrosta" (Terra Cognita 2000).