

Perus- ja soveltava tutkimus tiedepolitiikan luokittelukategorioina ja retorisisina resursseina

Reijo Miettinen ja Juha Tuunainen pohtivat artikkelissaan sitä, onko tiede- ja teknologiapoliittisessa kielenkäytössä esiintyvä jako perus- ja soveltavaan tutkimukseen mielekäs. Artikkelin alussa paneudutaan siihen, kuinka nämä käsitteet syntyivät ja miten niistä tuli tiedetilastoinnin kategorioita. Tämän jälkeen kirjoittajat tarkastelevat sitä, minkälaista kritiikkiä tieteen ja tiedepolitiikan tutkijat ovat mainitun jaottelun perusteista esittäneet. Yhdysvaltalaisen Donald Stokesin näkemyksiin tukeutuen kirjoittajat esittävät ajatuksen siitä, että perinteisen jaon sijaan tiede- ja teknologiapolitiikassa olisi kiinnitettävä huomiota tutkimuksen tyyppiin, jota kutsutaan käytön innoittamaksi perustutkimukseksi. Artikkelinsa lopuksi Miettinen ja Tuunainen pohtivat myös sitä, miksi termiä perustutkimus käytetään jatkuvasti tiede- ja teknologiapoliittisessa keskustelussa, vaikka se on toistuvasti osoitettu perusteiltaan ongelmalliseksi.

Perus- ja soveltavan tutkimuksen käsitteistä on viimeisten vuosikymmenien aikana tullut luonteva osa tiede- ja teknologiapoliittista puhuntaa. Termejä käytetään ja niiden tarkoituksiin tutkimuksen lajeihin viitataan lähes kaikissa tieteellistä tutkimusta ja soveltavaa tuotekehitystoimintaa koskevissa poliittis-hallinnollisissa seminaareissa ja keskustelupuheenvuoroissa. Muutamista viime aikaisista esimerkeistä voidaan mainita vaikkapa Suomen Akatemian ja Suomen akateemisten tutkijoiden yhdistyksen (SATY) maaliskuussa 2010 järjestämä talviseminaari, jonka otsikoksi oli valittu ”Perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen rajanvetoja” (Raevaara 2010). Professoriliiton 40-vuotisjuhlassa vuoden professoriksi nimetty Howard T. Jacobs puolestaan korosti kiitospuheessaan ”perustutkimuksen merkitystä kaiken moottorina” (Sintonen 2010, 23). Yliopistoissa tarvittavan

esimiesosaamisen luonnetta käsittelevässä kirjoituksessaan liiketaloustieteen lehtori Jorma Lehtimäki (2010) taas jäseni yliopiston tuotantoprosessin tutkimuslähtöisenä niin, että siinä on erotettavissa yhtäältä perustutkimus ja toisaalta soveltava tutkimus.

Edellä mainittujen esimerkkien mukaiseen puheeseen liittyy mielenkiintoinen paradoksi: jakoa perus- ja soveltavaan tutkimukseen viljellään, vaikka tieteen historioitsijat ja tiedepolitiikan tutkijat ovat kritisoineet tämän erottelun perusteita jo 1960-luvulta lähtien. Mistä tämä käsitteiden elinvoima ja pysyvyys oikein johtuu? Tieteen tilastoinnin historiaa tutkineen Benoît Godin (2003) mukaan syynä se, että ne on omaksuttu ensin Yhdysvalloissa ja sitten OECD:ssa tiede- ja teknologiatilastoinnin kategorioiksi. Kategorioita on vaikea uudistaa ilman, että vuosikymmenien aikana kootut tilastolliset aikasarjat katkeaisivat. Godinin

näkökulma ei kuitenkaan auta selittämään sitä, miksi termejä käytetään myös keskusteluissa, joissa tilastoinnilla tai tilastollisella tiedolla ei ole mitään roolia. Pureudumme tähän kysymykseen tarkastelemalla ensiksi sitä, kuinka perus- ja soveltavan tutkimuksen käsitteet vakiintuivat toisen maailmansodan jälkeen osaksi tiede- ja teknologiapolitiikan kieltä. Tämän jälkeen esittelemme jakoon kohdistunutta kritiikkiä ja kuvaamme Donald Stokesin (1997) sille esittämän vaihtoehdon, käytön innoittaman perustutkimuksen käsitteen. Lopuksi pohdimme perustutkimustermin retorista käyttöä Suomen 2000-luvun tiede- ja teknologiapolitiisessa keskustelussa.

Perus- ja soveltavan tutkimuksen käsitteiden vakiintuminen osaksi tiede- ja teknologiapolitiikan kieltä

Vaikka perus- ja soveltavan tutkimuksen käsitteitä käytettiin jo ennen toista maailmansotaa moniin eri tarkoituksiin (esim. Kline 1995, Godin 2006, Miettinen ym. 2006, 34), saivat ne nykyisen merkityksensä vasta toisen maailmansodan jälkeen. Perus- ja soveltavan tutkimuksen käsitteet kytkeytyvätkin läheisesti nykyaikaisen tiede- ja teknologiapolitiikan syntyyn. Toisen maailmansodan jälkeisen tiedepolitiikan peruskivenä pidetään Vannevar Bushin johtaman Yhdysvaltojen tieteen organisoimista pohtineen toimikunnan vuonna 1945 ilmestynyttä mietintöä, Science, the Endless Frontier. Mietinnössä esitettiin kolme keskeistä tieteellisen tutkimuksen luonnetta ja merkitystä koskevaa ajatusta. Näistä ensimmäisen mukaan perustutkimus on teknologisen ja teollisen edistyksen perusta ja sen edellytysten turvaaminen on siksi ensisijaista. Perustutkimus on yleiseen tietoon sekä luonnon ja sen lakien ymmärtämiseen tähtäävää tutkimusta, jota tehdään vailla käytännöllisiä päämääriä. Perustutkimuksen tulokset välittyvät teknologiaan soveltavan tutkimuksen kautta. Toinen mietinnössä esitetty tärkeä ajatus oli se, että perustutkimus menettää luovuutensa ja kehityskykynsä, mikäli siltä edellytetään liian nopeaa sovellettavuutta. Puhtaan ja soveltavan tutkimuksen yhdistyessä perustutkimus tuleekin ”poikkeuksetta karkotetuksi” (Bush 1949, 83). Niinpä toimikunnan esityksessä ehdotettiin sitä, että Yhdysvaltoihin perustet-

tavan tiedesäätiön tulisi tukea vähintään viisi vuotta kestäviä tutkimushankkeita. Kolmas toimikunnan ajatus oli se, että perustutkimusta tulee tehdä yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa. Yliopistot sopivat perustutkimusta harjoitaviksi organisaatioiksi erityisesti kahdesta syystä. Niissä tutkimus liittyy korkeampaan opetukseen, ts. tieteen tradition siirtämiseen. Tämän lisäksi yliopistoissa vallitsee sellainen ilmapiiri, joka on ”suhteellisen vapaa perinteen, ennakkoluulojen ja kaupallisen välttämättömyyden kahlitsevista paineista” (ibid., 14). Näistä syistä yliopistoille olisi turvattava tutkimuksen vapaus.

Bushin komitean ajatukset vapaasta perustutkimuksesta sopivat hyvin yhteen perinteisen akateemisen maailmankuvan kanssa, joka korosti tiedon tavoittelun itseisarvoisuutta ja tiedeinstituution autonomiaa (esim. Polanyi 1962). Toisaalta Bushin komitean mietintöön sisältyvissä tieteenalakohtaisissa analyyseissä oli myös paljon realistista pohdintaa tieteen ja teknologian ennakoimattomasta kehityksestä. Esimerkiksi lääketieteen osalta korostettiin sitä, että sairauksien hoidossa saavutettu edistys pohjautuu usein lääketieteen kaikilla aloilla – mukaan lukien lääketieteen perustana olevat tieteet – tehtyyn työhön. Bushin komitea siis oivalsi, että ennakoimattomuus on niin tieteen kuin teknologiankin perustava ominaisuus (esim. Constant 1989).

Koska Bushin komitea kuitenkin esitti ajatuksen perustutkimuksesta teknologisen edistyksen lähtökohtana, on sen katsottu edustavan käsitystä, jota innovaatiotutkijat alkoivat myöhemmin kutsua lineaariseksi

Yliopistoissa tutkimus liittyy korkeampaan opetukseen, ts. tieteen tradition siirtämiseen. Tämän lisäksi yliopistoissa vallitsee sellainen ilmapiiri, joka on ”suhteellisen vapaa perinteen, ennakkoluulojen ja kaupallisen välttämättömyyden kahlitsevista paineista” (ibid., 14). Näistä syistä yliopistoille olisi turvattava tutkimuksen vapaus.

innovaatioketjuksi (Kline & Rosenberg 1986). Kuitenkin tämä tutkimuksen tyyppien peräkkäisyyteen perustuva ”malli” tuli määritellyksi tiedepoliittisissa dokumenteissa, joihin sisältyi tilastollinen katsaus rahoituksen kohdistumisesta tutkimuksen eri lajeihin. Niinpä lineaarinen innovaatioketju muotoiltiin esimerkiksi Yhdysvaltain tiedeakatemian vuonna 1952 julkaistussa toisessa vuosikertomuksessa seuraavasti (lainaus, Stokes 1997, 10):

- ”Teknologinen ketju kostuu perustutkimuksesta, soveltavasta tutkimuksesta ja kehitystyöstä. ...
- Perustutkimus kartoittaa tietä käytännön sovelluksille, eliminoi umpikujia ja tekee mahdolliseksi sen, että soveltava tieteilijä ja insinööri voivat saavuttaa tavoitteensa mahdollisimman nopeasti, välittömästi ja taloudellisesti. Perustutkimus, joka kohdistuu luonnon ja sen lakien aikaisempaa parempaan ymmärtämiseen, tarttuu tuntemattomaan [laajentaen] mahdollisen aluetta.
- Soveltava tutkimus huolehtii jo tiedetyn soveltamisesta ja edelleen työstämisestä. Sen tavoitteena on muuttaa mahdollinen todelliseksi, osoittaa tieteen ja insinööriyön toteutettavuus, tutkia vaihtoehtoisia tapoja ja menetelmiä käytännöllisten päämäärien saavuttamiseksi.
- Kehitystyö, teknologisen ketjun viimeinen vaihe, on tutkimustulosten systemaattista soveltamista hyödyllisiin materiaaleihin, laitteisiin, järjestelmiin, menetelmiin ja prosesseihin. ...

Näistä määritelmistä käy selvästi ilmi se, että jokainen vaihe on riippuvainen edeltävästä.”

Perustutkimuksen, soveltavan tutkimuksen ja teknisen kehitystyön kolmijako ja siihen liittyvä lineaarinen ajattelumalli siirtyivät myöhemmin OECD:n laatimaan ns. Frascati-käsikirjaan. Tässä vuonna 1962 julkaistussa asiakirjassa perustutkimus määriteltiin seuraavasti: ”Perustutkimus on kokeellista tai teoreettista työtä, jota tehdään ensisijaisesti tiedon luomiseksi ilmiöiden ja havaittavien tosiasioiden perusteista ilman, että mitään erityistä sovellusta olisi näköpiirissä.” Soveltava tutkimus puolestaan määriteltiin työksi, ”jota tehdään ensisijaisesti tieteellisen tiedon edis-

”Perustutkimus on kokeellista tai teoreettista työtä, jota tehdään ensisijaisesti tiedon luomiseksi ilmiöiden ja havaittavien tosiasioiden perusteista ilman, että mitään erityistä sovellusta olisi näköpiirissä.” Soveltava tutkimus puolestaan määriteltiin työksi, ”jota tehdään ensisijaisesti tieteellisen tiedon edistämiseksi erityisen käytännöllisen päämäärän vuoksi”.

tämiseksi erityisen käytännöllisen päämäärän vuoksi”. Kehitystyö taas oli ”perus- ja soveltavan tutkimuksen tulosten käyttöä uusien hyödyllisten materiaalien, laitteiden, tuotteiden, järjestelmien ja prosessien aikaansaamiseksi tai olemassa olevien parantamiseksi” (OECD 1962, 12). Myöhemmin Frascati-käsikirja muodosti keskeisen OECD:n jäsenmaiden tiede- ja teknologiapolitiikkaa ohjaavan dokumentin sekä lähtökohdan OECD:n ja kansallisten viranomaisten harjoittamalle tiedettä ja teknologiaa koskevalle tilastoinnille.

Innovaatiotutkimuksen synty ja kiista innovaatioiden lähteestä

Innovaatiotutkimuksen synty ja varhainen kehitys liittyy yhtäältä tiede- ja teknologiapolitiikan piirissä toisen maailmansodan jälkeen virinneeseen tiedon tarpeeseen ja toisaalta taloustieteellisen ajattelun piirissä tapahtuneeseen uudelleenorientoitumiseen.¹ Innovaatiotutkimuksen pioneerina voidaan pitää yhdysvaltalaisista taloustieteilijä Joseph Schumpeteriä, joka jo 1920-luvulla esitti, että teknologian kehitykseen perustuvat innovaatiot ovat pitkällä aikavälillä olennainen taloudellista kehitystä selittävä tekijä. 1900-luvun taloustieteen pääsuuntaus, uusklassinen talusteoria, ei kuitenkaan ollut kiinnostunut teknologiasta ja innovaatioista

vaan selitti taloudellista kasvua markkinoiden kilpailun sekä pääoma- ja työvoimapanosten avulla. Teknologia jäi tässä ajattelutavassa talouskasvun ulkoiseksi tekijäksi, jolla ei ollut siihen olennaista vaikutusta. Koska työ- ja pääomapanosten lisäykset pystyivät kuitenkin selittämään vain alle puolet havaitusta tuotannon kasvusta, alkoivat taloustieteilijät erityisesti toisen maailmansodan jälkeen kiinnostua tästä taloudellisten kasvumallien ns. residuaali- eli jäännöstekijästä. Tutkimuksissa huomattiin, että mitä kehittyneempi talous oli, sen suuremmaksi jäännöstekijän osuus muodostui (Landes 1991, 8). 1950- ja 60-luvuilla tehdyt laskelmat viittasivatkin siihen, että nimenomaan teknologia voisi olla keskeistä tämän jäännöksen selittämisessä ja 1970-luvulla päädyttiin käsitykseen, jonka mukaan teknologisen kehityksen osuus tuotannon kasvusta voisi olla jopa yli 50 % (Lemola & Lovio 1984, 6).

Useilla teollisuudenaloilla patenttitilastoja 1960-luvulla tutkinut Joseph Schmookler (1966) havaitsi, että patentointiaktiivisuus seurasi kysynnän kasvua, mikä antoi aiheen päätellä markkinoiden kysynnän säätelevän myös keksimistöimintaa. Schmooklerin huomio johti 1960-luvun lopun ja 1970-luvun alun innovaatiotutkimuksen peruskysymykseen, joka koski sitä, kumpi, tieteen synnyttämät mahdollisuudet (science push) vai markkinoiden kysyntä (market pull), selitti paremmin innovaatiotoiminnan kehitystä. Tieteellisen tutkimuksen roolia uusien teknologioiden synnyssä selvitettiin samaan aikaan myös Yhdysvaltain puolustusministeriön käynnistämässä Project Hindsightissa. Hankkeessa saatujen tulosten mukaan perustutkimuksella oli asejärjestelmien tekniselle kehitykselle vain vähäinen merkitys, mistä syystä johtopäätöksenä esitettiin tavoitteiltaan selvästi määriteltyjen kehittämishankkeiden tukeminen.² Yhdysvaltojen tiedesäätiö puolestaan teetti oman tutkimuksensa (TRACES), jossa monien tärkeiden siviili-innovaatioiden (esim. elektronimikroskooppi, videonauhuri ja ehkäisytabletti) kehitystä jäljitettiin 50 vuotta taaksepäin. Lopputuloksena oli se, että perustutkimuksen osuus kriittisistä tapahtumista nousi 70 %:iin, minkä katsottiin tukevan perinteistä, perustutkimuslähtöistä innovaatioketjuajattelua. Isossa Britanniassa 1970-luvun alussa tehdyissä tutkimuksissa saatiin kuitenkin myös päinvastaisia tuloksia

*Schmooklerin huomio johti
1960-luvun lopun ja 1970-luvun
alun innovaatiotutkimuksen
peruskysymykseen, joka koski sitä,
kumpi, tieteen synnyttämät
mahdollisuudet (science push) vai
markkinoiden kysyntä (market pull),
selitti paremmin
innovaatiotoiminnan kehitystä.*

(esim. Langrish ym. 1972, Gibbons & Johnston 1974, Rothwell ym. 1974).

1970-luvun lopulle tultaessa edellä mainittujen tutkimusten kysymyksenasettelu hylättiin, koska sitä pidettiin käsitteellisesti kestävämmänä ja empiirisesti hedelmättömänä. Sen sijaan, että tutkimuksissa olisi onnistuttu tekemään johtopäätöksiä perustutkimuksen roolista uusien innovaatioiden synnyssä, innovaatioiden lähteet osoittautuivat moninaisiksi ja vaihteleviksi: mikään yksittäiselle selittäväälle tekijälle perustuva malli ei ollut riittävä. David Mowery ja Nathan Rosenberg (1979, 107) totesivatkin tämän seuraavasti: ”Sekä kehittyvä tieteen ja teknologian tietoperusta että markkinoiden kysynnän rakenne vaikuttavat vuorovaikutteisella tavalla toisiinsa ja kumman tahansa laiminlyöminen on omiaan johtamaan vääriin johtopäätöksiin ja vääriin politiikkaan”. Näin kiista innovaatioiden lähteestä johti interaktiiviseen näkemykseen innovaatioista. Christopher Freeman (1979, 43) muotoili ajatuksen seuraavasti: ”Innovaatio on yhteenkytkeytymisprosessi, joka toteutuu [...] alati muuttuvassa tieteen, teknologian ja markkinoiden kentässä. Yhteenkytkentä on luova dialogi, joka jatkuu koko tutkimuksen, suunnittelun ja kehitystyön pitkän prosessin ajan.”

1990-luvun alussa kehittynyt kansallisen innovaatiojärjestelmän käsite täydensi interaktiivista innovaatiokäsitettä kahdella tavalla (esim. Miettinen 2002). Ensiksikin se kiinnitti huomiota niiden kansallisten instituutioiden (mm. teollisuus, yliopistot, riskirahoittajat)

vuorovaikutukseen, jotka olivat olennaisia innovaatioiden synnyssä. Toiseksi se nosti tuottajien ja käyttäjien välisen vuorovaikutteisen oppimisen innovaatiojärjestelmän menestyksellisen toiminnan perusmekanismiksi.

Perus- ja soveltavan tutkimuksen käsitteiden kritiikki tiedepolitiikan tutkimuksessa

Tarkastellessaan tiedepolitiikkaa palvelevaa kielenkäyttöä monet tutkijat ovat todenneet OECD:n Frascati-käsikirjaan omaksutun jaon perus- ja soveltavaan tutkimukseen sekä kehittämistyöhön ongelmalliseksi (esim. de Solla Price, Brooks, Stokes). Usein tässä kritiikissä on nojaututtu tieteen ja teknologian historiaan, josta löytyykin runsaasti esimerkkejä sellaisista merkittävistä tieteen edistysaskeleista, joiden tulkitsemiseen perus- ja soveltavan tutkimuksen käsitteet eivät lainkaan sovellu. Pääasiallisia kritiikin kohteita on ollut kolme.

Ensiksikin perus- ja soveltavan tutkimuksen määritelmät perustuvat tutkimuksen oletettuun motiiviin. Tämä kriteeri on kuitenkin ongelmallinen, koska tutkimuksessa ymmärtämisen ja käytännöllisen hyödyllisyyden motiivit kietoutuvat usein toisiinsa. Yhteen ja muut motiivit poissulkevaan perustutkimuksen määrittelyyn pohjautuva jako onkin siksi keinotekoinen: tosiasiaa tutkimusta motivoivat hyvin monet eri syyt, jotka tulevat esiin tutkimuksen eri vaiheissa.

Toiseksi perus- ja soveltavan tutkimuksen käsitteet sisältävät ajatuksen yksisuuntaisesta lineaarisesta innovaatioketjusta: tekninen kehitystyö on tieteen tulosten soveltamista. Monet teknologiapolitiikan tekijät ja tutkijat ovat arvostelleet tätä näkemystä. Esimerkiksi Harvey Brooks (1968) kiinnitti jo varhain huomiota ketjun mahdolliseen käänteiseen suuntaan: myös teknologisten ongelmien ratkaisu voi synnyttää teoreettisia läpimurtoja ja instrumentit voivat avata uusia tieteellisesti kiinnostavia ilmiöiden maailmoja. Lisäksi Brooks katsoi, että tutkimuksen jaottelussa erilaisiin lajeihin on kyse tiedepoliittisesta kategorisoinnista eli tutkimuksen ryhmittelystä rahoituksen aikajänteen ja institutionaalisen sijainnin mukaan. Mainittujen termien käyttö oli Brooksien mielestä ongelmallista, koska erilaisissa tutkimuslaitoksissa tosiasiaa

tehdään hyvin monimuotoista tutkimusta. Olennainen kysymys onkin teoreettisen työn ja sovellusten toisiinsa kytkeytyminen, ei niinkään tutkimushankkeiden tai laitosten luokittelu.

Edellä mainitun lisäksi tutkijat kiinnittivät huomiota siihen, että teknologia kehittyi 1800-luvun loppupuolelle saakka paljolti tieteen riippumatta. Esimerkiksi tieteen historioitsija ja bibliometrisen tieteen tutkimuksen pioneeri Derek de Solla Price (1973, 165) piti käsitystä teknologiasta tieteen sovelluksena historiallisen aineiston valossa naiivina: "[...] suurimmalla osalla teknologiaa ei ole mitään tekemistä tieteen kanssa". 1900-luvulla tie- de ja teknologia ovat kuitenkin lähentyneet toisiaan, mikä on sittemmin johtanut niiden kiinteään suhteeseen, jossa vuorovaikutus on kaksisuuntaista ja monitahoista. Tieteen ja teknologian tutkijat (esim. Nelson 1962, Brooks 1968, de Solla Price 1984a, b, Stokes 1997, Baird 2004, Miettinen ym. 2006, 57–93) ovatkin osoittaneet, että laitteiden kehittäminen edistää tutkimusta ja että teknologinen ongelmanratkaisu johtaa tieteellisiin läpimurtoihin. Esimerkiksi Galileo Galilein (1610/1999) länsimaisen maailmankuvan mullistanut teos, *Siderius Nuncius* (Tähtien sanasaattaja), perustui hollantilaisten silmälasintekijöiden keksimällä teleskoopilla tehtyihin havaintoihin kuun kraatereista ja Jupiterin kuista. Termodynamiikka taas on enemmän velkaa höyrykoneelle kuin höyrykoneen termodynamiikalle (Cardwell 1971). Pasteurin mikrobiteoria syntyi, kun hän tutki oluen ja viinin käymis-

Tieteen ja teknologian tutkijat (esim. Nelson 1962, Brooks 1968, de Solla Price 1984a, b, Stokes 1997, Baird 2004, Miettinen ym. 2006, 57-93) ovatkin osoittaneet, että laitteiden kehittäminen edistää tutkimusta ja että teknologinen ongelmanratkaisu johtaa tieteellisiin läpimurtoihin.

ongelmien syitä. Bell-laboratorioiden fyysikot eivät puolestaan onnistuneet rakentamaan toimivaa transistoria. Voidakseen ymmärtää ongelmiansa syitä heidän olikin luotava uusi fysiikan ala, pintatilojen fysiikka (Riordan & Hoddeson 1997). De Solla Price (1984a) onkin kokoavasti todennut, että tieteen ja teknologian välisessä vuorovaikutuksessa suunta on pikemminkin ollut teknologiasta tieteeseen kuin tieteestä teknologiasta.

Kolmanneksi 1900-luvun jälkipuoliskon tärkeimmät uudet tieteenalat, kuten molekyylibiologia, ympäristötieteet ja tietojenkäsittelytiede, sopivat huonosti perus- ja soveltavan tutkimuksen kategorioihin. Esimerkiksi modernia biologiaa on perustellusti pidetty ”käytännöllisenä luonnontieteenä” (Fox Keller 2002) ja informaatiotieteitä ihmisen luomien olioiden tai ”keinotekoisena” tieteenä (the Sciences of the Artificial, ks. Simon 1981). Helsingin yliopiston tietojenkäsittelytieteen professori Esko Ukkonen (1999, 20) puhuikin tieteenalansa kaksiulotteisuudesta: ”Toisaalta kyseessä on sovellutushakuinen palveluala, joka etsii automatisointikohteita kaikkialta ja suorastaan keksii uutta todellisuutta. Toisaalta alan tehtävänä on tutkia automatisoitavuuden periaatteellisia rajoja ja kehittää yleisiä menetelmiä, joilla tehokas automatisointi tapahtuu.” Ekologi Ilkka Hanskin metapopulaatiotutkimuksen lähtökohtana taas ovat olleet populaatioiden elinmahdollisuudet ihmisen aikaansaamassa pirstoutuneessa elinympäristössä, ja se on tuottanut sekä tieteellistä tietoa että yhteiskunnallisia kannanottoja ja sovelluksia esimerkiksi luonnonsuojelualueiden suunnittelun tueksi.

Edellä esitetyn kritiikin valossa on helppo yhtyä de Solla Pricen (1984b, 105) esittämään kriittiseen arvioon tiedetilastoinnissa käytettyjen jaottelujen perusteista:

Huolimatta kokonaisesta tapaustutkimusten tulvasta, joka on pantu alulle perustutkijoiden rahoituksen perustelemiseksi ja tukemiseksi, tieteen ’soveltamisen’ käsitteellä ei ole käyttöä vakavasti työhönsä suhtautuvalle tieteen ja teknologian historioitsijoille. Vaikka onkin olemassa mittavia tilastoja, jotka jakavat [...] rahoituksen ja työvoiman perus- ja soveltavan tutkimuksen sekä kehitystyön kategorioihin, ei ole mitään näyttöä siitä, että tämä jako tuottaisi tuloksia, joilla olisi teoreettista arvoa. Ne [kategoriat] eivät näytä olevan muuta kuin käytettyjen määritelmien triviaali tuotos sen sijaan, että ne

selventäisivät niitä toimintojen ketjuja, joihin näiden kategorioiden oletetaan kytkeytyvän.

Edellä mainitun perusteella voidaan todeta, etteivät perus- ja soveltavan tutkimuksen käsitteet ole hyvin perusteltuja tutkimuksen lajityyppisiä ja että niihin liittyvä lineaarisen innovaatioketjun ajatus ylläpitää virheellistä mielikuvaa tieteen ja teknologian välisestä suhteesta. Myöskään niille 1970- ja 80-luvuilla esitetyt vaihtoehdot, kuten suuntautunut perustutkimus tai strateginen tutkimus, eivät ole onnistuneet vakiintumaan tutkimusta kuvaavina kategorioina. Kritiikistä huolimatta perus- ja soveltavan tutkimuksen käsitteet ovat kuitenkin osoittaneet pysyvyytensä niin tiedetilastoinnissa kuin tiede- ja teknologia-politiikan kielenkäytössäkin.

Donald Stokesin ehdotus: käytön innoittama perustutkimus

Vuonna 1997 julkaistussa teoksessaan *The Pasteur’s Quadrant: Basic Science and Technological Innovation* Donald Stokes (1997) esitti oman vaihtoehdonsa tutkimuksen kategorioiksi. Hän katsoi, että perus- ja soveltavan tutkimuksen käsitteet soveltuvat huonosti kuvaamaan tieteen nopeimmin kehittyviä aloja, molekyylibiologiaa ja informaatioteknologiaa, joilla harjoitettua tutkimusta hän kuvasi käytön innoittamaksi perustutkimukseksi. Tämän termin avulla Stokes halusi päästä irti innovaatioketjuajattelulle ominaisesta yksiulotteisuudesta. Hän rakensi ehdotuksensa tutkimuksen tyypeistä muodostuvan nelikentän muotoon (Kuva). Stokes hyväksyi nelikenttäänsä ilmiöiden ymmärtämisen motivoiman perustutkimuksen (pure basic research) ja käytännön ongelmien ratkaisuun pyrkivän soveltavan tutkimuksen (pure applied research and development) mutta oletti samalla, että yhä suurempi osa tutkimuksesta on ymmärtämisen ja käytön motiivit yhdistävää käytön innoittamaa perustutkimusta. Stokesin mukaan käytön innoittaman perustutkimuksen lähtökohtana ovat yhteiskunnan kehittyvät tarpeet ja ongelmat, joiden ratkaisemiseen se pyrkii tieteellisesti korkeatasoisen, ratkaistavien ongelmien kannalta keskeisten ilmiöiden ymmärtämiseen pyrkivän tutkimuksen avulla.

		Käytön huomioiminen	
		Ei	Kyllä
Pyrkimys perusymmär- ryksen luomiseen	Kyllä	Puhdas perustutkimus (Bohr)	Käytön innostama perustutkimus (Pasteur)
	Ei		Puhdas soveltava tutkimus (Edison)

Kuva 1. Tieteellisen tutkimuksen nelikenttä Stokesin (1997, 73) mukaan.

Stokesin nelikenttää voi arvostella mm. siitä, että se säilyttää puhtaan perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen käsitteet ja ikään kuin varaa yhteiskunnan tarpeiden ja tieteen mahdollisuuksien vuorovaikutukselle erityisen tutkimustyyppin, ”käytön innoittaman perustutkimuksen”. Tätä tutkimuksen lajia ja sen edellyttämää rahoituksen ja hallinnoinnin tapaa hän kuitenkin kehittää kiinnostavasti mm. vertailemalla Yhdysvaltain energiaministeriön fuusioenergiatutkimusta ja kansallisen terveysinstituutin (NIH, National Institutes of Health) syövän tutkimusohjelmaa.

Stokesin mukaan fuusiotutkimusta suunniteltiin soveltavana tutkimuksena ja kaupallisiin sovelluksiin johtavana kehittämissankkeena. Tämä näkökulma jätti huomiotta sovellusten kannalta keskeisten ilmiöiden tutkimisen. Hankkeen jälkiarvioinnissa painotettiin sitä, että rahoitusta olisi pitänyt kohdistaa enemmän turbulenssi-ilmiön ymmärtämiseen, jonka hallintaa fuusioteknologian kehittäminen edellytti. Vuonna 1972 käynnistynyt syövän tutkimusohjelma taas otti lähtökohdaksensa sen selvittämisen, kuinka terve solu muuttuu syöpäsoluksi. Ohjelma tuotti Nobel-tason tutkimustuloksia ja sillä oli tärkeä merkitys molekyylibiologian kehitykselle ja institutionalisoitumiselle. Stokes pitääkin

NIH:n toimintatapaa malliesimerkkinä siitä, kuinka käytön innoittamaa perustutkimusta tulisi instituutiotasolla hallinnoida. Ohjelman eri hankkeiden arviointi perustui tieteelliseen vertaisarviointiin ja rahoitusta koskevat päätökset tehtiin tutkimusneuvostoissa, joissa oli mukana myös terveydenhuollon laaja edustus. Tutkimusohjelman hallinnassa korostuikin Stokesin mukaan siirtymä ”Edisonin” ruudusta ”Pasteurin” ruutuun, ts. sektoritutkimukseksi ymmärrettävän tutkimuksen tieteellistäminen. NIH oli tässä edelläkävijä, kuten se oli sitä myös tutkimuksen avoimuuden turvaamisessa: ohjelmassa rahoitetun tutkimuksen tulokset olivat kaikkien halukkaiden käytettävissä.

Toinen esimerkki käytäntölähtöisestä perustutkimuksesta on Helsingin yliopiston kasvin-tuotantotieteen laitoksella vuosina 1990-2000 toteutettu ns. perunan bioteknologiaohjelma, joka yhdisti teoreettisen ongelmanratkaisun, uusien tutkimusmenetelmien kehittämisen ja hyödyllisten maatalouskasvien jalostuksen (ks. Tuunainen 2001, 2002). Tutkimustyön eri vaiheissa nämä tarkoitusperät olivat monimutkaisessa vuorovaikutuksessa keskenään. Lisäksi niiden välillä tapahtui jatkuvasti erilaisia siirtymiä. Esimerkiksi Perunan Y-viruksen P1-geenin funktion selvittämiseksi kyseinen

geeni oli eristettävä tutkimusta varten luodusta kasvimateriaalista. Eristettyä geeniä käytettiin myöhemmin muuntogeenisen viruskestävän Pito-perunan jalostamisessa. Alkuperäisten odotusten vastaisesti näin aikaansaadussa perunassa ilmeni kuitenkin myös teoreettisesti uusi ja sellaisenaan kiinnostava biologinen ilmiö, ns. geenin hiljentyminen. Tutkimustyön seuraavassa vaiheesta tästä ilmiöstä tulikin teoreettisen mielenkiinnon kohde. Samaan aikaan tutkijat kuitenkin patentoivat menetelmän, jolla Perunan Y-virusvälitteinen viruskestävyys saatiin aikaan ja ryhtyivät hyödyntämään sitä kehittämällä viruskestäviä perunoita yhdessä erään tanskalaisen kasvinjalostusyhtiön kanssa. Näin käynnistynyt kaupallinen työ puolestaan tuki yliopistossa saatuja teoreettisia tuloksia P1-geenivälitteinen viruskestävyyden mekanismista. Vaikka soveltava tutkimus jäikin kesken muuntogeenisten kasvien markkinointilupien epäämisen vuoksi, osoittaa perunan bioteknologiaohjelma hyvin sen, miten teoreettinen intressi ja soveltava tarkoituserä voivat hedelmällisellä tavalla ruokkia toinen toisiaan.

Perunan bioteknologiaohjelma on kiinnostava tapaus myös käytön innoittaman perustutkimuksen institutionaalisen sääntelyn kannalta. Kasvinjalostusyritysten kanssa harjoitetun tutkimus- ja kehitysyhteistyön ohella ohjelman tutkijat pyrkivät siirtämään tutkimustuloksiaan käytäntöön oman spin-off-yrityksensä avulla. Oman yrityksen perustaminen johti kuitenkin kiistoihin siitä, onko kaupallinen yritystoiminnan, julkisesti rahoitetun tieteellisen tutkimuksen ja yliopistollisen opetuksen yhdistäminen mahdollista tai edes sallittua (Tuunainen 2005). Perunan bioteknologiaohjelman tapaus tukeekin Stokesin näkemystä siitä, että tieteen institutionaalisia ja organisatorisia käytäntöjä olisi kehitettävä vastamaan käytön innoittaman perustutkimuksen luomia uusia haasteita.

Johtopäätökset

Olemme edellä todenneet, että perus- ja soveltavan tutkimuksen käsitteet vakiintuivat toisen maailman sodan jälkeen tiedetilastoinnin kategorioiksi. Vaikka jaottelua tarkastelleet kriitikot ovat sittemmin todenneetkin, ettei näillä käsitteillä ole kestäviä teoreettisia perusteita, on erityisesti perustutkimuksen käsitettä jatku-

vasti käytetty tiede- ja teknologiapoliittisessa keskustelussa. Nähdäksemme käsitteen käyttö onkin parasta ymmärtää retorisisena resurssina, jolla pyritään vaikuttamaan harjoitetun politiikan suuntaan. Kun siis esimerkiksi akateemisen yhteisön jäsenet korostavat perustutkimuksen rahoituksen tarpeellisuutta, he eivät niinkään ota kantaa ”puhtaan tieteen” tai totuuden itseisarvoisen tavoittelun puolesta vaan puhuvat korkeatasoisen ja pitkäjänteisen tieteellisen tutkimuksen edellytysten turvaamisesta, olivat sen perimmäiset motiivit ja tarkoituserät mitkä hyvänsä. Tässä mielessä puhujat käyttävät perustutkimuksen käsitettä jo Vannevar Bushin tarkoittamassa mielessä: koska perustutkimus on luonteeltaan pitkäjänteistä työtä, ei sen rahoitus saa olla lyhytaikaista eikä siltä saa odottaa välittömiä sovellettavia tuloksia. Perustutkimus suuntautuikin tiedeyhteisön teoreettisen ja metodologisen itseymmärryksen ja näkemyksen mukaisesti, eivätkä käytännön soveltamiseen liittyvät näkökulmat saisi tätä perustaa syrjäyttää. Vaikka tutkimuksen ongelmanasettelu olisi aluksi teoreettinenkin, vaikuttavat tutkimustulokset todennäköisesti ennakoimattomalla mutta joskus jopa ratkaisevalla tavalla teknologian ja yhteiskunnallisten käytäntöjen kehitykseen. Kaikki nämä ovat tieteellisen tutkimustyön luonteeseen, organisointiin ja edellytyksiin liittyviä määreitä, jotka eivät edellytä kannanottamista tutkimuksen motiiveihin.

Perustellusti voidaankin väittää, että viime vuosikymmenien innovaatio- ja yliopistopolitiikan kehityksessä on ollut piirteitä, jotka Bushin komitean jo 1950-luvulla hahmottamaan tapaan murentavat tieteellisesti korkeatasoisen ja pitkäjänteisen tutkimuksen edellytyksiä. Näistä ensimmäinen on yliopistojen rahoitusrakenteen muutos. 1990-luvulla yliopistojen budjettirahoituksen osuus niiden kokonaisrahoituksesta väheni 67 %:stä 49 %:in samalla, kun Tekesiltä, Suomen akatemialta ja ministeriöiltä saatu kilpailtu ulkopuolinen rahoitus kasvoi 24 %:sta 38 %:in (Nieminen 2005). Kilpailun rahoituksen lisäämistä perusteltiin korkeatasoisen tutkimuksen suosimisella. Sen tarkoittamattomana sivuvaikutuksena on kuitenkin ollut mm. rahoituksen hakemiseen ja hankkeiden raportointiin kuluvan ajan kasvaminen ja projektitutkijoiden työsuhteiden katkonaisuus, mitkä eivät tue pitkäjänteistä tutkimuksen harjoittamista.

Toinen pitkäjänteistä tieteellistä tutkimusta murentava seikka on ollut se, että Tekesin osuus julkisesta tutkimusrahoituksesta kasvoi 1990-luvulla 17 %:sta 30 %:in. Tekesillä on näin ollen käytössään noin kaksi kertaa enemmän rahaa kuin Suomen akatemialla. Koska Tekes-rahoituksessa ei noudateta tieteellistä vertaisarviointia ja koska rahoitus suuntautuu osin yritysten tuotekehitystoimintaan, sisältää se jo Bushin tunnistaman riskin siitä, että odotukset nopeasti sovellettavista tuloksista eli innovaatioista syövät maaperää pitkäjänteiseltä ja korkeatasoiselta tieteelliseltä työltä. Näin ei kuitenkaan tarvitsisi olla. Esimerkiksi naapurimaamme Ruotsin tiede- ja teknologiarahoituksen rakenne on toisenlainen. Tieteellisten toimikuntien (vetenskapsrådet) vertaisarviointiin perustuva hankerahoitus oli vuonna 2009 noin neljä miljardia kruunua samalla kun Tekesin sisarorganisaatio Vinnovan jakamat määrärahat olivat vain noin 1,4 miljardia kruunua (Regeringskansliet 2010).

Kolmanneksi 1990-luvun laman aikana yliopistojen perusrahoitusta jouduttiin leikkaamaan. Vaikka määrärahoja lisättiin 1990-luvun lopulla (Nieminen 2005, 254), resurssit suhteessa opiskelijamääriin säilyivät niukkoina. 2000-luvun alkuun mennessä yliopistojen opiskelijamäärät kasvoivat 33 %

ja suoritettujen maisterintutkintojen määrä nousi jopa 38 %. Opetushenkilökunnan määrä taas väheni 3 % (Patomäki 2005, 96). Niinpä jo vuonna 1995 oli rahoitus opiskelijaa kohti suomalaisessa yliopistossa noin 60 % OECD:n keskimääräisestä tasosta, eikä ratkaisevaa parannusta asiaan ole myöhemminkään saatu. Tämä merkitsee paisti opetuksen laadun heikkenemistä myös sitä, että professorit ja muut tutkijat joutuvat uhraamaan yhä enemmän aikaansa opetukseen. Lisäksi tutkijoiden riisaksi ovat tulleet yliopistoihin sopimattomat hallinto-, valvonta- ja raportointikäytännöt, jotka niin ikään syövät aikaa tieteelliseltä tutkimukselta.

On siis aiheellista puhua korkeatasoisen ja pitkäjänteisen tieteellisen tutkimuksen edellytysten puolesta. Vallitseva tapa tehdä tämä on ollut korostaa perustutkimuksen edellytysten varuamista. Tässä puhetavassa on kuitenkin vaarana se, että perustutkimus samaistuu innovaatiopolitiikkaa harjoittavien korvissa ”norsunluutornissa” harjoitettuun tieteeseen ts. perinteiseen, käytännön tarpeista irrotettuun akateemiseen tutkimukseen. Tämän välttämiseksi voisikin olla viisaampaa puhua yksinkertaisesti kansainvälisesti korkeatasoisesta tieteellisestä tutkimuksesta kuin perustutkimuksesta. ♦

VIITTEET

1 Hyviä varhaisia katsauksia innovaatiotutkimuksen syntyyn ovat Lemola ja Lovio (1984) sekä Ronayne (1984).

2 Tutkimuksessa analysoitiin useiden asejärjestelmien lähteitä ja kehitystä etsimällä sellaisia tutkimustapahtumia (686 kpl), joilla oli olennainen merkitys tarkasteltujen systeemien synnylle tai myöhemmälle kehitykselle. Vain 0,3 % tällaista tapahtumista oli raportin mukaan luonteeltaan perustutkimuksellisia.

KIRJALLISUUTTA

BAIRD, D. 2004: *Thing Knowledge. Philosophy of Scientific Instruments*. University of California Press, Berkeley.

BROOKS, H. 1968: *The Government of Science*. The MIT Press, Cambridge.

BUSH, V. 1945: *Science, the Endless Frontier: a Report to the President*. United States Printing

Office, Washington D.C.

CARDWELL, D.S.L. 1971: *From Watt to Clausius: the Rise of Thermodynamics in the Early Industrial Age*. Heinemann, London.

CONSTANT, E. W. 1989: *Cause and Consequence: Science, Technology and Regulatory Change in Oil Business in Texas, 1930–1975*. *Technology and Culture* 30, 426–455.

DE SOLLA PRICE, D. 1973: *The Relationship Between Science and Technology and Their Implications for Policy Formation*. Teoksessa Strasser, G. & Simons, E.M. (toim.) *Science and Technology Policies: Yesterday, Today, and Tomorrow*. Ballinger Publishing Company, Cambridge, 149–172.

DE SOLLA PRICE, D. 1984a: *The Science/Technology Relationship, the Craft of Experimental Science, and Policy for the Improvement of High Technology Innovation*. *Research Policy* 13, 1, 3–20.

DE SOLLA PRICE, D. 1984b: *Notes Towards a Philosophy of the Science/Technology Interaction*. Teoksessa Laudan, R. (toim.) *The Nature of Technological Knowledge: Are the Models of*

- Scientific Change Relevant? *Sociology of Sciences Monographs*. D. Reidel, Dordrecht, 105–114.
- FOX KELLER, E. 2002: *Making Sense of Life*. Harvard University Press, Cambridge.
- FREEMAN, C. 1979: *The Determinants of Innovation: Market Demand, Technology and the Response to Social Problems*. *Futures*, June 1979, 206–215.
- FREEMAN, C. & LOUÇÁ, S. 2002: *As Time Goes by: from Industrial Revolution to Information Revolution*. Oxford University Press, Oxford.
- GALILEI, G. (1610/1999). *Siderius Nuncius*. Suomeksi toimittanut Raimo Lehti. URSA, Helsinki.
- GIBBONS, M. & JOHNSTON, R. 1974: *The Roles of Science in Industrial Innovation*. *Research Policy* 3, 3, 220–242.
- GODÍN, B. 2003: *Measuring Science: Is There "Basic Research" without Statistics?* *Social Science Information* 42, 1, 57–90.
- GODÍN, B. 2006: *The Linear Model of Innovation: The Historical Construction of an Analytical Framework*. *Science, Technology and Human Values* 31, 6, 639–667.
- KLINE, R. 1995: *Constructing "Technology" as "Applied Science": Public Rhetoric of Scientists and Engineers in the United States, 1880–1945*. *Isis* 86, 194–221.
- KLINE, S.J. & ROSENBERG, N. 1986. *An overview of innovation*. In Landau, R. & Rosenberg, N. (eds.) *The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth*. Washington D.C.: National Academy Press, 275–305.
- LANDES, D.S. 1991: *Introduction: On Technology and Growth*. *Teoksessa Higonnet, P.; Landes, D.S. & ROSOVSKY, H. (toim.) Favorites of Fortune: Technology, Growth and Economic Development since Industrial Revolution*. Cambridge. Harvard University Press, 1–29.
- LANGRISH, J.; GIBBONS, M.; EVANS, W.G & JEVONS, F.R. 1972: *Wealth from Knowledge*. London. MacMillan.
- LEHTIMÄKI, J. 2010: *Asiantuntijasta esimieheksi*. *Acatiimi* 4/2010, 24–27.
- LEMOLA, T. & LOVIO, R. 1984: *Näkökulmia teollisuuden innovaatiotoimintaan ja teknologiapolitiikkaan Suomessa 1980-luvulla*. Valtioneuvoston kanslian julkaisuja 2/1984. Valtion Painatuskeskus, Helsinki.
- MIETTINEN, R. 2002: *National Innovation System. Scientific concept or political rhetoric*. Helsinki: Edita.
- MIETTINEN, R. 2003. *Tieteen ja teknologian vuorovaikutus. Olemmeko siirtymässä käytön innoittaman perustutkimuksen aikakauteen?* *Teoksessa RYDMAN, J. (toim.) Tiede ja muutos – aaveet ja haavet. Tieteellisten Seurain Valtuuskunta, Helsinki*, 62–77.
- MIETTINEN, R. & TUUNAINEN, J. & KNUUTTILA, T. & MATTILA, E. 2006. *Tieteestä tuotteeksi? Yliopistot muutosten ristipaineissa*. *Yliopistopaino, Helsinki*.
- Mowery, D.C. & Rosenberg, N. 1979: *The Influence of Market Demand upon Innovation: a Critical Review of Some Empirical Studies*. *Research Policy* 8, 2, 102–153.
- NELSON, R.R. 1962: *The Link Between Science and Invention: the Case of Transistor*. *Teoksessa The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*. National Bureau of Economic Research, Princeton, 549–583.
- NIEMINEN, M. 2005: *Academic Research in Change: Transformation of Finnish University Policies and University Research during the 1990s*. *Commentationes Scientiarum Socialium* 65. The Finnish Society of Sciences and Letters, Saarijärvi.
- OECD 1962: *The Measurement of Scientific and Technological Activities: Proposed Standard Practice for Research and Development*. DAS/PD/62.47. OECD, Paris.
- PATOMÄKI, H. 2005: *Yliopisto OYJ – tulosjohtamisen ongelmat ja vaihtoehdot*. Gaudeamus, Helsinki.
- POLANYI, M. 1962: *The republic of science: its's political and economical theory*. *Minerva*, 1, 54–73.
- RAEVAARA, T. 2010: *Onko perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen raja tarpeen?* *Acatiimi* 3/2010, 31–33.
- REGERINSKANSLIET 2010: *Finansiering av forskning I Sverige*. Utbildningsdepartementet, publicerad 10 december 2004, uppdaterad 23 mars 2010. Internet: <http://www.regeringen.se/sb/d/2470/nocache/true/a/35318>.
- RIORDAN, M. & HODDESON, L. 1997: *Crystal Fire: The Invention of the Transistor and the Birth of the Information Age*. W.W. Norton, New York.
- RONAYNE, J. 1984: *Science in Government: a Review of the Principles and Practice of Science Policy*. Edward Arnold, London.
- ROTHWELL, R.; FREEMAN, C.; HORSLEY, A. & JERVIS, W.T.P. 1974: *SAPPHO Updated*. Project SAPPHO Phase 2. *Research Policy* 3, 3, 258–291.
- SCHMOOKLER, J. 1966: *Invention and Economic Growth*. Harvard University Press, Cambridge.
- SIMON, H.A. 1981: *The Sciences of the Artificial*. The MIT Press, Cambridge.
- SINTONEN, K. 2010: *Professoriliitto juhli 40-vuotista taivaltaan*. *Acatiimi* 1/2010, 23–25.
- STOKES, D.E. 1997: *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*. Brookings Institution Press, Washington, D.C.
- TUUNAINEN, J. 2001: *Constructing Objects and Transforming Experimental Systems*. *Perspectives on Science* 9, 1, 78–105.
- TUUNAINEN, J. 2002: *Reconsidering Mode 2 and Triple Helix: a Critical Comment Based on a Case Study*. *Science Studies* 15, 2, 36–58.
- TUUNAINEN, J. 2005: *Contesting a Hybrid Firm at a Traditional University*. *Social Studies of Science* 35, 2, 173–210.
- UKKONEN, E. 1999: *Tietojenkäsittelytieteen saavutusten kymmenen kärjessä*. *Tietojenkäsittelytiede*, joulukuu 1999, 2