

## *Väitöksiä*

### Tieto, tuottavuus ja talouskasvu\*

PETRI NIININEN

KTT, tutkija

VTT Teknologian tutkimuksen ryhmä

Mikä on tiedon taloudellinen vaikutus? Miten voidaan mitata teknologian merkitystä talouskasvussa? Kannattaako tutkimustoimintaa yrityksissä tukea julkisesti? Nämä ovat esimerkkejä kysymyksistä, joita olen käsitellyt työssäni, jonka kolme osaa yhdistävät juuri investoinnit tutkimukseen ja uuteen teknologiaan sekä niiden taloudelliset vaikutukset.

Talusteorian opetus on, että teknologia on tärkein yksittäinen talouskasvuun vaikuttava tekijä. Taloustieteessä teknologialla ei tarkoiteta pelkästään johonkin laitteeseen sisältyvää tekniikkaa, vaan kaikkea tuotteen tai palvelun valmistamiseen sisältyvää tietoa ja taitoa. Tuotteen ulkoinen teknologia voi olla esimerkiksi prosessin parannus tai yrityksen organisaation uusi rakenne. Yhteensä tuotteeseen liittyvät ja ulkoiset teknologiat selittävät talouskasvusta vähintään puolet, ehkä jopa kolme neljännestä. Mitä edistyneempi talous, sitä suurempi on teknologioiden osuus talouskasvusta. Omassa työssäni teemana on teknologioiden taustalla olevien te-

kijöiden sekä niiden vaikutusten tutkiminen empiirisesti suomalaisella aineistolla.

Teknologia on sinänsä kuten mikä tahansa taloudellinen hyödyke: sen luomiseksi on tehtävä investointi, joka on usein T&K- eli tutkimus- ja kehitysinvestointi. Ensimmäinen essee käsittelee erästä teknologiaa, jonka vaikutukset paitsi talouteen myös yhteiskuntaan yleensä ovat erittäin laajakantoisia. Tämä johtuu siitä, että kyseinen teknologia eli informaatioteknologia on luonteeltaan geneeristä eli se on perusteknologia, josta voidaan kehittää uusia sovelluksia ja innovaatioita.

Toisessa ja kolmannessa osassa käsitellään investointeja tutkimus- ja kehitystoimintaan yleensä, ensin niiden vaikutusta tuottavuuteen ja sen jälkeen itse T&K -toimintaan vaikuttavia tekijöitä. Tässä esitelmässä kerron tutkimuksen käsitteiden taustoista ehkä hieman historiallisessakin perspektiivissä sekä tiivistän lyhyesti joitakin keskeisiä tuloksia tutkimuksestani.

#### *1. Tietokoneet ja talouskasvu*

Keskustelu tuottavuusparadoksista liittyy läheisesti informaatioteknologian taloudelliseen tut-

---

\* Lectio praecursoria 20.8.1999 Helsingin kauppa-  
korkeakoululla.

kimukseen. Puhutaan siis tietoyhteiskunnasta ja tietotekniikan vallankumouksesta, mutta samaan aikaan myös ihmetellään, miksi nopea tietokoneistuminen ei ole nostanut esimerkiksi työn tuottavuutta uudelle tasolle. Yhdysvalloissa tämä keskustelu asetti vastakkain tuottavuuden hidastumisen 1980-luvulla ja investoinnit tietokoneisiin.

Suomessa vuonna 1996 investoinnit tietokoneisiin, ohjelmistoihin ja ATK-palveluihin olivat lähes 14 miljardia markkaa, joka oli noin 11 prosenttia yritysten investoinneista. Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida informaatioteknologian osuus talouskasvusta Suomessa, saada konkreettinen arvio tietotekniikan todellisista vaikutuksista.

Investoinnit informaatioteknologiaan ovat siinä mielessä mielenkiintoinen ilmiö, että palvelusektori on nykyään suurin investoija. OECD-maissa teollisuuden osuus informaatioteknologian käyttäjänä on laskenut 20–30 prosenttiin. Niinpä tietokoneiden sekä ohjelmistojen ja ATK-palveluiden vaikutukset lasketaan koko yksityisellä yrityssektorilla ajanjaksolla 1983–1996.

Talouskasvua mitataan arvonlisäyksellä, joko nettona, jolloin poistot on otettu huomioon, tai bruttokasvuna. Talouden nettokasvu ajanjaksona oli keskimäärin 2,4 prosenttia. Tietokoneet selittivät nettokasvusta reilun 0,1 prosenttiyksikköä eli noin 6 prosenttia. Bruttokasvusta tietokoneinvestoinnit selittivät jopa 16 prosenttia, sillä poistot pienentävät nettovaikutusta nopean hintojen alenemisen vuoksi. Onko 6 prosentin vaikutus huomattava? Vastaus on kyllä, sillä tietokoneiden osuus yksityisen sektorin pääomakannasta on pieni, alle 3 prosenttia. Kun vielä lisäämme ohjelmistoinvestoinnit ja ATK-palvelut, kontribuutio kasvaa noin kolmanneksella. Koko informaatioteknologian osuus nettokasvusta on siten noin 8 ja bruttokasvusta 20

prosenttia. Vertailun vuoksi voidaan sanoa, että tämä on noin kaksi kolmasosaa muun pääoman – siis koneiden ja laitteiden – vaikutuksesta talouskasvuun.

Tämän perusteella huomataan, että tuottavuusparadoksi ei ole osuva kuvaus talouskasvun ja informaatioteknologian yhteydestä. Tämä voisi selittyä esimerkiksi sillä, että teknologisen syklin alkuvaiheessa vanha teknologia vielä hallitsee ja uuden teknologian leviäminen vie aikaa, samoin kuin sen muuttuminen kustannustehokkaaksi. Informaation kustannukset voidaan jakaa kolmeen osaan: tiedon säilyttämiseen, välittämiseen sekä dekodaukseen eli tulkintaan. Näistä nykyään kaksi ensimmäistä ovat suhteellisen edullisia, jolloin teorian mukaan pullonkaulaksi muodostuu kustannustehokkuuden mielessä tulkinta.

Leonard *Dudley* käsitteli tänä vuonna ilmesytyneessä artikkelissaan informaation ja kommunikaation vaikutusta talouskasvuun Euroopassa tällä vuosituhannella. Kun paperi tuli käyttöön Euroopassa 1400-luvulla, tiedon varastoinnin kustannukset laskivat huomattavasti. Myös tiedonvälityksen kustannus oli laskenut, koska kaupunkia oli syntynyt ja suuri joukko ihmisiä voitiin tavoittaa samanaikaisesti. Sen sijaan tiedon tulkinnan kustannukset olivat suhteellisen korkeat, sillä esimerkiksi Englannissa alle 10 prosenttia miehistä ja alle prosentti naisista osasi lukea. *Gutenbergin* painokone mahdollisti kirjojen tuottamisen halvemmalla, mikä oli ensimmäinen edellytys tiedon tulkinnan tehostamiselle. Yhtä tärkeää oli tietysti painamisen aloittaminen muuksi kuin latinaksi.

Historia tarjoaa mielenkiintoinen analogian nykyhetkeen. Voitaisiin ajatella, että tiedon varastointi kävi massamuistien kehittymisen myötä hyvin edulliseksi. Samoin tiedon välittäminen on Internetin ja muun sähköisen viestinnän myötä halventunut. Tiedon valtava määrä, oi-

kean tiedon löytäminen ja sen analysointi on kuitenkin vielä hankalaa. Tämä lisää muutoskustannuksia yrityksissä. Työtehtävät täytyy suunnitella uudelleen, jopa koko organisaatioiden rakenteet täytyy sopeuttaa, ennen kuin uudesta teknologiasta voidaan hyötyä. Tämä on vienyt aikaa, mikä on eräs tärkeä syy sille, että tuottavuusparadoksista edes alettiin keskustella.

## 2. Kokonaistuottavuus ja T&K

Mitattaessa eri tuotannontekijöiden osuuksia talouskasvuun suurimmaksi osoittautui kokonaistuottavuus, joka jää jäljelle, kun tietokonepääoman ja muun pääoman sekä työn vaikutukset on otettu huomioon.

Tuottavuus on keskeinen käsite tutkimuksessani. Tuottavuutta voidaan mitata monella tapaa, esimerkiksi työn tuottavuutta laskemalla tuotos työntekijää kohti tietyinä ajanjaksona. Toinen tapa on mitata kokonaistuottavuutta. Kokonaistuottavuudella tarkoitetaan siis sitä osaa tuotannon kasvusta, jota ei voida selittää panosten eli työn ja pääoman lisäyksellä. Kokonaistuottavuus syntyy monista tekijöistä: innovaatiot, työssä oppiminen, paremmat työ- ja johtamismenetelmät, organisatoriset parannukset jne. parantavat kokonaistuottavuutta.

Jos ajattelemme historiallisessa perspektiivissä, talouskasvu on verrattain tuore ilmiö siinä mielessä kuin me sen nykyään ymmärrämme. Erittäin pitkään historiassa tuotanto kyllä kasvoi, mutta väestönkasvu samassa tahdissa piti elintason samana. Taloustieteen nobelisti Simon *Kuznets* puhui nykyaikaisesta talouskasvusta, millä tarkoitetaan, että tuotanto kasvaa henkeä kohti. Nykyaikainen talouskasvu alkoi ensimmäisenä Englannissa 1780-luvulla ja pian sen jälkeen muualla Länsi-Euroopassa ja Yhdysvalloissa. Sitä ennen elintaso oli suunnilleen sama kaikilla suurilla sivilisaatioilla.

Kokonaistuottavuus alkoi siis kasvaa oltuaan vakio yli viisi vuosituhatta ja pitkällä aikavälillä juuri kokonaistuottavuuden kehittyminen määrää lähes täysin maan talouskasvun. Tämän vuoksi tuottavuuden ja siihen vaikuttavien tekijöiden ymmärtäminen on sekä tärkeää, että kertoo itse kasvun luonteesta.

Perusta tuottavuuslaskelmille luotiin kansantalouden tilinpidon kehittämisen, joka mahdollisti 1950-luvulla teorian soveltamisen ja tulo-osuuksien laskemisen eri panoksille. Vuosi 1957 oli käännekohta tuottavuuden ymmärtämisessä. Robert *Solow* julkaisi artikkelin teknisestä muutoksesta ja tuotantofunktiosta, josta tuli siteeratuin 1950-luvulla kirjoitettu taloustieteen artikkeli. Se loi teoreettisen pohjan kokonaistuottavuuslaskelmille johtamalla Divisia eli *Törnqvist*-indeksin neoklassisesta tuotantofunktiosta. Yksinkertaistettuna kokonaistuottavuus saadaan lasketuksi, kun tuotannosta vähennetään työn ja pääoman osuudet. Jäljelle jäävä osa eli residuaali on kokonaistuottavuutta. Kun ensimmäisiä laskelmia tehtiin, tutkijat hämmästyivät siitä, että perinteiset panokset – työ, pääoma ja maa – selittivät vain puolet tuotannon kasvusta. Mitä kehittyneempi talous, sitä suurempi oli selittämätön osuus, jota alettiin kutsua residuaaliksi. Residuaali määriteltiin tekniseksi kehitykseksi.

Koska tieteessä residuaaleja ei katsota suopein silmin, seurasi alkuaikoina kaksi reaktiota. Ensiksi pyrittiin pääsemään residuaalista eroon mittaamalla panoksia tarkemmin, esimerkiksi ottamalla määrän lisäksi myös laatu huomioon. Toisessa esseessä en ole pyrkinyt pääsemään kokonaistuottavuudesta kokonaan eroon. Olen jakanut sen eri komponentteihin. Tässä tullaan varsinaiseen aiheeseen, eli korkean teknologian investointeihin. Uuden kasvuteorian mukaan yhteiskunnan tietovaranto on talouskasvun moottori. T&K- eli tutkimus- ja kehitysinv-

toinneista muodostuvaa T&K -pääomakantaa käytetään yleensä tietovarannon mittarina. Kun ajattelemme kokonaistuottavuuden määritelmää, juuri kansantalouden tiedollinen pääoma on eräs keskeinen tekijä, joka voi siirtää tuotannon uudelle tasolle.

Kansakunnan tiedolla, koulutuksella ja tutkimustoiminnalla on valtava vaikutus talouden rakenteisiin. Kirjassaan *Chemical Industry Haber* kertoo viime vuosisadan tapahtumista kemian teollisuudessa. Teollisen vallankumouksen alkukoti Iso-Britannia oli maailman johtava kemikaalien tuottaja. Ensimmäinen synteettinen tekstiiliväri kehitettiin Britanniassa 1800-luvun alkupuolella, mikä loi perustan koko väriteollisuudelle ja myöhemmin esimerkiksi valokuvauskemikaaleille ja lannoitteille. Britannia oli ylivoimainen markkinajohtaja synteettisessä väriaineteollisuudessa. Asema kuitenkin mureni nopeasti. Vuonna 1881 puolet valmistuksesta tapahtui Saksassa ja vuoteen 1900 mennessä 80–90 prosenttia. Tämä on eräs historian huomattavimmista teollisuuden siirtymistä.

Mikä johti siihen, että Britannia menetti kokonaisen teollisuuden haaran? Syynä oli yksinkertaisesti tutkimuksen laiminlyönti. Britannian koulujärjestelmä ei tuottanut asiantuntijoita ja maan orgaaninen kemianteollisuus kuihtui. Saksalaiset kemianyritykset toimivat läheisesti korkeakoulujen kanssa ja houkuttelivat nykyäikäisiin laboratorioihinsa tutkijoita, mukaan lukien aiemmin Britanniaan muuttaneita maanmiehiään.

Historioitsijat puhuvat toisesta teollisesta vallankumouksesta, jonka alku ajoittuu 1800-luvun puoliväliin. Toisen teollisen vallankumouksen erotti ensimmäisestä tieteen ja teknologian tiivis liitto, josta tuli kehityksen veturi.

Tutkimustoiminnan merkitystä talouskasvuun tuskin kiistää kukaan. Vaikutusten tarkempi analysointi auttaa näkemään T&K -toi-

minnan vaikutusten suuruusluokan. Toisessa esseessä kokonaistuottavuuden kasvu on jaettu osiin, joista suurin mielenkiinto kohdistuu juuri T&K -investointeihin. Tutkimuksen aineistona on 11 teollisuustoimialaa vuosina 1975–1993. Tuotannon mittakaavaetuja kuvaava kysyntävaikutus selittää suurimman osan, noin puolet, kokonaistuottavuudesta. T&K -investointien osuudeksi tuli noin 8 prosenttia kokonaistuottavuuden kasvusta. Teknisen muutoksen eli residuaalin osuudeksi jäi noin kolmannes. Toisella tavalla laskien tutkimuspääoma selitti siis noin viidenneksen residuaalin ja T&K -komponenttien summasta.

Tutkimuksessa yritysten tekemät T&K -investoinnit jaettiin yksityisesti ja julkisesti rahoitettuihin. Toinen keskeinen tulos oli, että julkisesti rahoitetun T&K -pääomakannan vaikutus oli samaa suuruusluokkaa kuin yksityisesti rahoitetun.

### 3. Julkinen T&K -politiikka

Toisen esseen jatkona teema julkisista T&K -panoksista jatkuu kolmannessa esseessä, jossa käsitellään yritysten T&K -investointeihinsa saamia julkisia T&K -tukia. Viimeaikainen muutos Suomen teollisuuspolitiikassa tietoyhteiskunnan suuntaan on korostanut valtion osaa tutkimus- ja kehitysinvestointien rahoittamisessa. T&K -toiminnan tukeminen on nähty myönteisessä valossa. Talousteorian perustelu on ollut T&K -toiminnan luonne, jossa yhden yrityksen investointi hyödyttää myös muita yrityksiä ja näin ollen sosiaalinen tuotto pääomalle on suurempi kuin yksittäisen yrityksen tuotto.

T&K -tukien nopea kasvu viime aikoina on toisaalta synnyttänyt keskustelua tukien vaikutuksesta. Vuositasolla yli kahden miljardin markan julkinen tuki on herättänyt tarpeen tarkastella tuen tehokkuutta analyttisesti. Julkisen

T&K -tuen arviointi tiivistyy kahteen kysymykseen. Ensinnäkin, lisääkö julkinen tuki T&K -investointeja? Toiseksi, ovatko mahdolliset lisäinvestoinnit tarpeellisia ja tuottavia?

Kansainvälisiä empiirisiä tutkimuksia aiheesta ei ole kovin paljon tehty aineistojen saatavuuden vuoksi. Käyttämäni suomalainen aineisto on kansainvälisesti katsoen harvinainen. Siinä yhdistyvät sekä yritysten tilinpäätöstiedot että saadut tuet ja niiden käyttö. 133 yrityksen ja 8 vuoden mittainen otos käsittää yli neljänneksen kaikesta Suomen yrityssektorin T&K:sta ja on siten erittäin kattava.

Vastaus ensimmäiseen kysymykseen: lisääkö julkinen tuki T&K -investointeja nettona on kyllä. Tuloksien mukaan julkinen T&K -tuki synnyttää uusia T&K -investointeja – mutta rajoitusti. Tukimarkka näyttää tuottavan noin kolme markkaa uusia T&K -investointeja niissä yrityksistä, jotka tekevät eniten T&K:ta suhteessa liikevaihtoon. Tarkemmin sanoen T&K -intensivisin 10–20 % yrityksistä muodostaa joukon, jossa tuella on vaikutusta investointeihin.

Toinen pääkysymys – ovatko lisäinvestoinnit T&K:hon tarpeellisia ja tuottavia – liittyy tukipolitiikan tavoitteisiin ja on vaikeimmin analysoitavissa kuin tuen vaikutuksen mittaaminen. T&K -investointien tuottavuutta heikentävät eräät tuen saatavuudesta riippumattomat tekijät kuten inhimillisen pääoman saatavuus ja innovaation jälkeiset vaikeudet. Vaikka taloudellista tukea olisikin saatavilla, maasta ei välttämättä löydy koulutettuja tutkimustyön tekijöitä, mistä on merkkejä jo joillakin teollisuuden aloilla.

Erityisesti PK-yrityksille innovaation rahoituksen saamista vaikeampi ongelma on tuotteen kaupallistaminen ja markkinoille saaminen. Ongelma ei niinkään ole tuen saatavuus kuin itse innovaatiojärjestelmän rakenne. Viimeaikaiset päätökset suosia suurten ja pienten yritysten yhteisiä projekteja vaikuttavat oikean suuntaisilta.

T&K:n osuuden nostamista BKT:n suhteen on myös arvosteltu, joskin mielipiteet eroavat tässä kohdassa. On olemassa näyttöä, että pieni maa hyötyy ulkomaisesta T&K:sta. Eräiden pienten maiden kuten Irlannin teollinen strategia perustuu muiden kehittämään teknologiaan; ulkomaisien yritysten osuus on yli 60% teollisuustuotannosta. Toisaalta on huomattava, että ulkoisvaikutukset eivät ole ilmaisia: omaa osaamista on otettava tiedon omaksumiseksi ja soveltamiseksi. Tästä käy hyvänä opetuksena aiemman kemian teollisuudesta kertomani esimerkin jatko. Saksassa oli kiinnitetty huomiota tutkimukseen ja maa oli ennen ensimmäistä maailmansotaa hankkinut selvän etumatkan nykyaikaisessa kemiassa. Vaikka Saksan teollisuuspatentit takavarikoitiin sodan aikana, suurimmat ulkomaiset kilpailijat eivät pitkään aikaan tienneet, mitä niillä olisi pitänyt tehdä. Lopulta he palkkasivat saksalaisia kemistejä ratkaisemaan ongelman.

### Kirjallisuus

- Allen, R. (1991), 'Entrepreneurship, Total Factor Productivity, and Economic Efficiency: Landes, Solow, and Farrell Thirty Years Later', in Higonnet, P. et al. (eds.), *Favorites of Fortune: Technology, Growth, and Economic Development Since the Industrial Revolution*, Harvard University Press: 203–220.
- Boskin, M. & Lau, L. (1992) 'Capital, Technology, and Economic Growth', in Rosenberg et al. (eds.), *Technology and the Wealth of Nations*, Stanford University Press.
- Coe, D. & Helpman, E. (1995), 'International R&D Spillovers', *European Economic Review*, Vol. 39, No. 5, 859–888.
- Haber, L. (1969) *The Chemical Industry During the Nineteenth Century: A Study of the Economic Aspect of Applied Chemistry in Europe and North America*, Oxford.

- Landes, D. (1991), (s. 8–9) 'Introduction: On Technology and Growth', in Higonnet, P. *et al.* (eds.), *Favorites of Fortune: Technology, Growth, and Economic Development Since the Industrial Revolution*, Harvard University Press: 1–29.
- Landes, D. (1998), *The Wealth and Poverty of Nations: Why Some Are So Rich and Some So Poor*, W.W. Norton & Co.
- Mohnen, P. (1999), 'International R&D Spillovers and Economic Growth', paper at the *UNU/WIDER Project Meeting on Information Technology and Economic Development*, Helsinki, January 8–9.
- Motohashi, K. (1997), 'ICT Diffusion and its Economic Impact in OECD Countries', *STI Review*, No. 20, 13–45.
- Niininen, P. (1999) *High Technology Investment, Growth and Productivity – Empirical Studies of Finnish Data*, Doctoral Dissertation A-158, Helsinki School of Economics and Business Administration.
- Prescott, E. (1998), 'Needed: A Theory of Total Factor Productivity' (Lawrence Klein Lecture 1997), *International Economic Review*, Vol. 39, No. 3.
- Tassey, G. (1997), *The Economics of R&D Policy*, Quorum Books.