

Tieto- ja viestintäteknologian tuottavuusvaikutukset Suomen liike-elämässä*

Mika Maliranta
Tutkimuspäällikkö
ETLA

Petri Rouvinen
Tutkimusjohtaja
Etlatieto Oy

1. Taustaa

1.1 Tuottavuus ja vauraus

Maan bruttokansantuote määrää hyvinvoinnin taloudelliset edellytykset. Kansantuote puolestaan riippuu kahdesta tekijästä: tehdystä työn määrästä ja keskimääräisestä työn tuottavuudesta. Monet tekijät vaikuttavat työn tuottavuuteen, kuten osaaminen, teknologia, työntekijöiden käytössä olevien tuotantovälineiden määrä ja laatu sekä tapa, jolla työ on organisoitu.

Conference Boardin (*Van Ark & McGuckin*, 2003) tuoreen raportin mukaan Suo-

men kansantalouden työn tuottavuuden (ostovoimakorjattu BKT tehtyä työntuntia kohti) taso on kansainvälisesti vertaillen kohtuullista tasoa. Vuotta 2002 koskevassa vertailussa, jossa on mukana 27 maata, Suomen sijaluku on 12. Työn tuottavuus on 88,5 prosenttia tuottavuusjohtaja Yhdysvaltojen tasosta. Esimerkiksi Ruotsi on Suomea 7 prosenttia jäljessä. Suomen työn tuottavuus on hiljalleen lähestynyt vauraimpien maiden tasoa. Työn tuottavuuden kasvuvauhti on 1990-luvulla ollut selvästi Yhdysvaltoja ja muuta Euroopan unionia nopeampaa. Teollisuudessa on tapahtunut erityisen voimakas tuottavuushyppäys. *Malirannan* (1996) laskelmien mukaan Suomen teollisuuden työn tuottavuus oli 74,3 prosenttia Yhdysvaltojen tasosta vuonna 1987. Tämä arvio on ekstrapoloitu myöhemmille sekä aikaisemmille vuosille mm. Groningenin yliopiston sekä ILO:n tietokannan tiedoissa (ks. esim. *Junka*,

* Kirjoitus perustuu Kauppa- ja teollisuusministeriön toimeksiannosta laadittuun tutkimukseen *tieto- ja viestintäteknologian tuottavuusvaikutuksista Suomen liike-elämässä* (Maliranta & Rouvinen, 2003). Kiitämme professori Matti Pohjolaa (HKKK) ja Kesko Oyj:n tietohallintojohtaja Eero Vesteristä sekä erikoistutkija Sari Pekkalaa (VATT) arvokkaista kommentteista ja ehdotuksista. Jäljelle jääneistä virheistä ja puutteista voimme syyttää vain itseämme ja/tai toisiamme.

2003).¹ Tuoreimman, vuotta 2000 koskevan, arvion mukaan Suomen tehdasteollisuuden työn tuottavuus on jo 6,6 prosenttia Yhdysvaltoja korkeampi. Myös kokonaistuottavuus, joka työn tuottavuuden ohella huomioi myös kiinteän pääoman tuottavuuden, osoittaa, että Suomen teollisuus on noussut Yhdysvaltojen tasolle 1990-luvun loppuun mennessä (ks. Maliranta, 2001).

1.2 Uuden talouden tutkimus kasvulaskennalla

Suomi on tehdasteollisuudessa jo menettänyt ja on muillakin sektoreilla menettämässä yhden tärkeän tuottavuuskasvun lähteen, tasokuilun kärkimaihin. Tässä tilanteessa entisen tuottavuuskasvun säilyttäminen olisi kerrassaan loistava saavutus. Kovaa kasvua ei voida enää ylläpitää entisellä tavalla. Tarvitaan uusi kasvutekijä. Toiveet kohdistuvat tietenkin ns. ”uuden talouden” tuotantovälineisiin, tieto- ja viestintäteknologiaan (ICT, Information and Communication Technology).

ICT on yleiskäyttöinen teknologia (Bresnahan & Trajtenberg, 1995), joka tarjoaa välineitä tuottaa, tallentaa, hallita ja välittää modernin yhteiskunnan ehkä tärkeintä voimavaraa, koodattua tietoa. Niinpä kansakunnan vauraus edellyttää ICT:n tuottavaa käyttöä. Aiheesta on maailmalla tehty jo paljon tutkimusta sekä makro- että mikroaineistoilla (esim. Brynjolfsson & Hitt, 2000; Dedrick, Gurbaxani, & Kraemer, 2003; Pilat, 2003). Näiden tutkimusten yleinen johtopäätös on, että Solowin (1987) surullisen kuuluisa paradoksi on viimein kor-

jaantunut; tietotekniikalla on tuottavuus- ja muita talousvaikutuksia.

Suomessa uutta taloutta on tutkittu tähän asti lähinnä yleisenä ilmiönä (Koski, Rouvinen, & Ylä-Anttila, 2001, 2002) tai makrolähestymistapaa hyödyntäen. Varsinkin niin sanottu kasvulaskenta on ollut suosittu väline niin meillä kuin muuallakin. Sen avulla Jalava (2002) pääättelee, että ICT on parantanut merkittävästi työn tuottavuutta ja vahvistanut talouskasvua. Professori Matti Pohjola on kuitenkin monissa yhteyksissä todennut, että vaikutukset ovat suuret uuden talouden teknologioita tuottavilla, mutta pienehköt niitä hyödyntävillä aloilla (ks. esim. Jalava & Pohjola, 2002).

Kasvulaskennan taustalla on kaksi oletusta, jotka ovat kiinnostavia uutta taloutta tutkittaessa. Ensiksi, voittoa maksimoivat yritykset hankkivat kutakin tuotantovälinettä, siis esimerkiksi tietokoneita, kunnes rajatuotto vastaa rajakustannusta. Yritysten siis oletetaan tietävän etukäteen, mikä on kunkin tuotantovälineen tuottavuus. Toiseksi, kasvulaskenta perustuu niin sanotun ”edustavan yrityksen” malliin, jossa yritysten oletetaan olevan olennaisilta osin samankaltaisia.

Nämä ovat tavanomaisia teknisluonteisia oletuksia, joita voidaan usein pitää harmittomina yksinkertaistuksina. Varsinkin kilpailullisilla markkinoilla yrityksillä on halu toimia tuottavasti. Niillä on myös kyky oppia ja selvittää eri tuotantovälineiden tuottavuutta esimerkiksi liikkeenjohdon konsulttien avulla. Vaikka yritykset olisivatkin keskenään erilaisia, voidaan usein olettaa, ettei tämä seikka vääristä tuloksia ja yleisiä johtopäätöksiä.

Toisaalta, tieto- ja viestintäteknologioiden uutuudesta johtuen niiden tuottavuusvaikutuksia voi olla vaikea arvioida etukäteen. Arviointia vaikeuttaa esimerkiksi käyttöönotossa esiin-

¹ Tiedot saa Groningenin yliopiston Internet-sivulta <http://www.eco.rug.nl/gdci/index-dseries.html#top>.

tyvät aikaviiveet. Siksi ei ole mahdotonta, että jotkut yritykset arvioivat vaikutukset murrosvaiheessa väärin tai peräti että kaikki yritykset tekevät väärää arvioita jonkin aikaa. Kasvulaskennan käyttökelpoisuutta voidaan arvioida empiirisesti mikroaineistoja hyödyntäen, jolloin ei tarvitse tehdä kovin tiukkoja yritysten käyttäytymistä koskevia oletuksia.

ICT:n tehokas hyödyntäminen vaatii yleensä tuotannon merkittävää uudelleenorganisoitua, joitakin erityisiä yritys- ja henkilökohtaisia valmiuksia sekä esimerkiksi onnea tekniikkavalinnoissa. Joissakin yrityksissä uuden talouden välineet parantavat työntekijöiden tuottavuutta enemmän kuin toisissa. Kansantalouden kilpailukyvyyn ja hyvinvoinnin kannalta onkin olennaista, että voimavarat kohdentuvat yrityksiin, joissa niitä hyödynnetään tehokkaimmin. Vaurautta kasvattavaan uuden talouden eteneemiseen liittyy siis tuottavuutta vahvistavaa yritystason valikoitumista ja rakennemuutosta.

Mikroaineistoja käytettäessä tietotekniikan ja muiden tekijöiden tuottavuusvaikutuksia ei tarvitse päätellä epäsuorasti arvo-, määrä- ja hintatiedoista, vaan tuottavuusvaikutukset voidaan mitata. Niiden avulla voidaan myös tutkia yritysten välistä heterogeenisuutta. Lisäksi voidaan tutkia muun muassa mikrotason rakennemuutosta ja katsoa, millainen merkitys siinä on uuden talouden välineiden käytöllä (ks. Maliranta & Rouvinen, 2003, sivut 10–12).

1.3 Suomalaiset ICT-mikroaineistot

Suomalaiset yritystoimintaa koskevat mikroaineistot ovat poikkeuksellisen arvokkaita uuden talouden tutkimuksessa monestakin syystä. Tilastokeskus tekee parhaillaan jo viidettä tietojaviestintäteknologiaa koskevaa kyselyä. Kyselyt kattavat tehdasteollisuuden ja monia palve-

lutoimialoja. Otokset ovat olleet suuria ja vastausprosentit korkeita. Lisäksi tiedon laatu näyttää olevan melko hyvä kyselyn yksityiskoh-taisuudesta ja laajuudesta huolimatta. Kansainvälisestäikin vertaillen tämä aineisto on poikkeuksellisen kiinnostava siksi, että siihen voidaan liittää tietoja muista tilastolähteistä.

ICT:n tuottavuusvaikutuksia tutkittaessa on tärkeää ottaa huomioon muut tuottavuuteen olennaisesti vaikuttavat tekijät. Muutoin on vaarana, että vaikutukset lasketaan väärin tekijöiden ansioksi. Erityisesti työvoiman ominaisuudet on syytä pyrkiä kontrolloimaan huolellisesti, vaikuttaahan esimerkiksi koulutus ja osaaminen ehkä merkittävästi tuottavuuteen. Tilastojärjestelmämme ominaisuuksien ansioista meillä on harvinainen mahdollisuus yritys-, toimipaikka- ja henkilötietojen yhdistelyyn.

Maliranta ja Rouvinen (2003) on eräs ensimmäisistä yrityksistä hyödyntää suomalaisia mikroaineistoja uuden talouden tutkimuksessa. ICT-aineistoon on liitetty lukuisia taustamuuttujia. Tuottavuuden mittaamisessa tarvittavia tietoja yrityksen tuotannosta, työpanoksesta ja pääomakannasta on yhdistetty teollisuustilaston ja tilinpäätöstietojen pitkittäisaineistoista. Työvoiman ominaisuuksia koskevat tiedot ovat peräisin työssäkäyntitilastoaineistosta. Yritysrekisterin yritys- ja toimipaikka-aineistoista on poimittu tietoja, joiden avulla voidaan arvioida yrityksen omistamien tuotantoyksiköiden ikää. T&K-tilastoaineistosta on saatu tietoa yrityksen tutkimus- ja kehitystoiminnan intensiteetistä. Tietosuojattua aineistoa voi käyttää Tilastokeskuksen Yritysten rakenteet -yksikössä sijaitsevassa Tutkimuslaboratoriossa.²

² Lisätietoja aineistosta samoin kuin käyttämämme ohjelmat ja tulosteet saa kirjoittajilta pyydyttäessä. Tilastokeskuksen tilastopäällikkö Ritva Wuoristo, yliaktuaari Merja

1.4 Kirjoituksen tavoite ja rakenne

Kirjoituksemme käsittelee seuraavia kysymyksiä.

- Ensinnäkin, onko ICT:llä mikroaineistoilla todennettavissa olevia tuottavuusvaikutuksia ja kuinka suuria ne ovat?
- Toiseksi, ovatko vaikutukset talousteorian mukaisia – eli onko ICT-investoinneilla saatu ”ylimääräisiä” tuottoja tai onko niistä aiheutunut yrityksille tappiota?
- Lisäksi pyrimme selvittämään poikkeavatko vaikutukset muiden maiden vastaavista tai poikkeavatko vaikutukset eri teknologioiden, eri toimialojen tai eri ikäisten yritysten välillä?
- Arvioimme myös työvoiman ominaisuuksien merkitystä.

Kirjoituksemme noudattaa seuraavaa rakennetta. Toisessa luvussa esittelemme tutkimuksessa käytettävän menetelmän sekä sen antamien tulosten tulkinnan. Kolmannessa luvussa raportoimme ICT:n tuottavuusvaikutuksia koskevia tuloksia. Neljännessä luvussa esitämme ICT:n tuottavuusvaikutusarvioiden ja ICT:n tuotosjoustoestimaattien välisen yhteyden. Sen jälkeen vertaamme tuloksia kirjallisuudessa esitettyihin arvioihin sekä talousteorian ennustamiin lukemiin. Luvussa viisi tutkimme ICT:hen liittyviä suoria ja epäsuoria kustannuksia. Niiden perusteella voidaan arvioida, ovatko viime vuosien verrattain mitatut ICT-panostuksen lisäykset olleet keskimäärin järkeviä ja onko näihin investointeihin peräti liittynyt ylimääräisiä tuottoja. Kuudennes luvussa päätämme kirjoituksen johtopäätöksiin ja lopputoteamuksiin.

Kiljunen ja tutkija Satu Nurmi kertovat Tutkimuslaboratorion palveluista.

2. Tuottavuusvaikutusten estimointi

Lähtökohdaksi on valittu yksinkertainen ja yleisesti käytetty Cobb-Douglas -tuotantofunktio:

$$Y = A \cdot K^\alpha L^{*\beta}, \quad (1)$$

jossa Y on tuotanto, A on teknologiaparametri (tai kokonaistuottavuus), K on ”perinteinen” pääomakanta (muu kuin tieto- ja viestintäteknologia pääomakanta), α on ”perinteisen” pääoman ja β työpanoksen tuotosjousto. Työpanos L^* on mitattu efektiivisin, työn tehokkuuden huomioon ottavissa yksiköissä. Oletetaan, että työn teho riippuu siitä, onko työntekijä varustettu tieto- ja viestintäteknikalla (L_{ICT}) vai ei (L_0). Työllisten lukumäärä on $L = L_0 + L_{ICT}$.

Efektiivinen työpanos ilmaistaan seuraavasti:

$$L^* = L_0 + (1 + \theta)L_{ICT}, \quad (2)$$

jossa θ mittaa sitä, kuinka paljon tieto- ja viestintäteknologia tehostaa työtä (ks. Geenan & Mairesse, 1996). Pienellä johtamisella tuotantoyhtälö voidaan esittää seuraavassa muodossa:

$$\ln\left(\frac{Y}{L}\right) = \ln A + \alpha \ln\left(\frac{K}{L}\right) + \beta \ln\left(1 + \theta\left(\frac{L_{ICT}}{L}\right)\right) + (\alpha + \beta - 1) \ln L. \quad (3)$$

Muuttujan $\ln L$ parametri ilmaisee tässä poikkeaman vakioisista skaalatuotoista.

Termiä $\ln(1 + \theta(L_{ICT}/L))$ voidaan approksimoida termillä $\theta(L_{ICT}/L)$, jolloin päädytään seuraavaan estimoitavaan yhtälöön:

$$\ln\left(\frac{Y}{L}\right) = \ln A + \alpha \ln\left(\frac{K}{L}\right) + \beta\theta\left(\frac{L_{ICT}}{L}\right) + (\alpha + \beta - 1) \ln L + \varepsilon. \quad (4)$$

ε mittaa satunnaiset erot yritysten välisissä työn tuottavuuslukemissa, joita ei voida selittää mallin muilla tekijöillä. Yritystä ja ajankohtaa ilmaisevat havaintotunnukset samoin kuin muut malliin lisätyt selitystekijät on jätetty ilmaisematta kaavassa.

Mallin yksi selittäjä on siis tieto- ja viestintätekniikalla varustettujen henkilöiden osuus yrityksen koko henkilökunnasta, (L_{ICT}/L). Kutsumme sitä ICT-intensiivisyydeksi. Jakamalla tämän muuttujan parametriestimaatti työn tuotosjoustolla β saadaan arvio tietotekniikan työtä tehostavasta vaikutuksesta (θ).

Edellä oletettiin, että kaikki työntekijät ovat muuten samanlaisia paitsi, että toiset on tuottavampia käytössään olevan tietotekniikan ansiosta. Luonnollisesti työntekijöiden teho vaihtelee muistakin syistä, esimerkiksi koulutuksen, iän tai sukupuolen mukaan. Ekonometrisessa analyysissä näiden tekijöiden vaikutus voidaan kontrolloida vastaavalla tavalla kuin tietotekniikan käytön vaikutus.

Henkilökunnan ominaisuuksien ohella on otettava huomioon myös eräitä muita tuottavuuteen mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä. Yksi sellainen on yrityksen ikä. Vanhalla yrityksellä on paljon kokemusta tuotannosta, mikä saattaa olla tuottavuutta parantava vaikutus. Toisaalta, uusilla ja nuorilla yrityksillä voi olla modernimpi tuotantovälineistö. Pääomakan- tamittarimme ei ota välttämättä kovin hyvin huomioon tuotantolaitteistojen laatua. Lisäksi uusien yritysten organisaatiot ja toimintamallit saattavat olla ajanmukaisempia. Näennäisten tuottavuusyhteyksien välttämiseksi on tar-

peen kontrolloida myös alan ja ajankohdan vaikutuksia mieluiten siten, että näiden sallitaan muuttua yli ajan. Käytännössä tämä on toteutettu tehty lisäämällä malleihin toimiala-vuosi-interaktiot.

ICT-intensiivisyyttä (L_{ICT}/L), on mitattu kolmella tavalla: Ensimmäisessä ICT:llä viitataan tietokoneen (COMLSH, **COM**puter **L**abour **SH**are), toisessa Internetin (INTLSH, **IN**ternet **L**abour **SH**are) ja kolmannessa lähiverkon käyttöön (LANLSH, **LAN** Labour **SH**are).

Tuotosta mitataan jalostusarvolla, työpä-nosta henkilömäärällä ja pääomakantaa käyttö-omaisuuden arvolla. Teoriassa pääomakanta- mitan pitäisi ottaa huomioon kaikki muu aineellinen pääoma paitsi ICT:n, eli rakennukset, rakenteet, kuljetusvälineet ja perinteiset koneet ja laitteet. Periaatteessa käyttämämme käyttöomaisuustieto pitää sisällään ICT-laitteet. Käytännössä niiden määrä ja merkitys on kuitenkin pieni. Niiden osuus koko pääomakannasta vaihtelee toimialoittain, mutta on yleensä 5–10 prosentin luokkaan. Pääomakantamuuttujassamme eivät ole mukana sellaiset ICT-laitteet, jotka on vuokrattu tai joiden hankintaa on kirjattu kuluksi. Siltäkin osin kuin muuttujamme pitää käytännössä sisällään ICT-pääomaa, aineiston signaali on ekonometrisessä mielessä heikko. Tiedot heijastavat historiallisia hintoja, joten ne kertovat epätarkasti menneisyydessä hankittujen koneiden ja laitteiden nykyarvon. Periaatteessa voisimme poistaa ICT:n pääomakantamuuttujastamme laskennallisesti, mutta se tuskin muuttaisi tuloksia.

Henkilökunnan koulutusvaikutuksen kontrolloimiseksi koulutus on jaettu neljään tasoon, jotka ovat peruskoulu, ammattikoulu, opisto-aste ja korkeakoulu. Kolme ylintä koulutusta-

soa on lisäksi jaettu tekniseen, luonnontieteelliseen ja matemaattiseen sekä kaupalliseen, humanistiseen yms. koulutukseen. Näin muodostuu 7 koulutusryhmää. Eräissä tapauksissa koulutuksen vaikutus on kontrolloitu työvoiman keskimääräisen kouluvuosimäärän avulla. Yritysten työvoima on myös jaettu kolmeen ryhmään iän perusteella: nuoret (16–34 vuotta), keski-ikäiset (35–44 vuotta) ja iällisesti edistyneet (yli 45 vuotta). Lisäksi yrityksen sukupuoli-jakauman tuottavuusvaikutus on kontrolloitu.

Yrityksen ikä on laskettu Yritysrekisteristä sen omistamien toimipaikkojen keski-ään perusteella. Nuorten yritysten ryhmä muodostuu yrityksistä, joiden toimipaikkojen työvoimainnotettu keski-ikä on 5 vuotta tai vähemmän. Keski-ikäisten yritysten toimipaikkojen keski-ikä on vähintään viisi vuotta, mutta alle 15 vuotta. Vanhojen yritysten toimipaikkojen keski-ikä on vähintään 15 vuotta. Estimointeihin malleihin on lisätty omat dummy-muuttujat nuorille sekä vanhoille yrityksillä (vertailukohta on siis ”keski-ikäiset”). Joissakin malleissa ICT-henkilöiden osuutta mittaava muuttuja on interaktioitu yrityksen ikää osoittavien dummy-muuttujien kanssa, jolloin ICT:n tuottavuusvaikutusten sallitaan vaihtelevan yritysten välillä yrityksen iän mukaan.

3. Tuloksia

Seuraavassa raportoidaan tietokoneiden, Internetin ja lähiverkon tuottavuusvaikutuksia koskevia tuloksia. Taulukoissa raportoidut tulokset on estimoitu henkilömääräpainoin. Lisäksi on otettu huomioon toimialavaikutukset, joiden on sallittu vaihtelevan eri vuosien välillä. Tulosten herkkyyden arvioimiseksi olemme lisäksi estimoineet joukon muita malleja. Tau-

luoissa raportoidut tulokset ovat konservatiivisia arvioita tieto- ja viestintätekniiikan tuottavuusvaikutuksista (ks. Maliranta & Rouvinen, 2003, sivu 41, loppuviite 12).

3.1 Tietokoneen vaikutus

Taulukossa 1 käytetään selittävänä muuttujana tietokonetta työssään käyttävien henkilöosuutta, eli L_{ICT} viittaa tietokonetta käyttävien työntekijöiden lukumäärään. Tässä raportoidut estimoinnit on suoritettu erikseen tehdasteollisuudelle ja palveluille. Mallin (1) mukaan tietokoneen tuottavuusvaikutus (θ) on tehdasteollisuudessa 18,9 (=17,6/0,93) ja palveluissa 33,3 (=28,2/0,85) prosenttia. Mallien 1 ja 2 vertailu osoittaa, kuinka tärkeää on kontrolloida yrityksen työvoiman ominaisuudet. Teollisuuden lukema putoaa 9,3 prosenttiin (=0,089/0,96) ja palveluiden 12,3 prosenttiin (=0,106/0,86). Tulokset riippuvat myös painotuksesta. Kun pienelle ja suurelle yritykselle annetaan laskelmissa samanlainen paino (eli painotusta ei käytetä), tietokoneen tuottavuusvaikutus kohoaa reiluun viiteentoista prosenttiin.

Selitys yllä kerrottuun estimointitulosten eroon saadaan tarkasteltaessa mallin (3) tuloksia. Näissä yhtälöissä tuottavuusvaikutusten sallitaan vaihdella iän mukaan. Nähdään, että tietokoneet parantavat työn tuottavuutta paljon enemmän nuorissa (≤ 5 v.) kuin vanhoissa yrityksissä (≥ 15 v.). Nuorissa teollisuusyrityksissä tietokoneiden tuottavuusvaikutus näyttäisi olevan peräti 49,3 prosenttia (=0,475/0,96). Suuren keskivirheen vuoksi tuloksen tulkinnassa on kuitenkin oltava varovainen. Suuri keskivirhe kielii merkittävästä vaihtelusta näiden yritysten keskuudessa. Keski-ikäisissäkin yrityksissä tuottavuusvaikutukset ovat merkittävät. Sen sijaan vanhoissa yrityksissä tietoko-

Taulukko 1. Tietokoneen tuottavuusvaikutukset, *pns*-estimaatit.

	Tehdasteollisuus				Palvelut			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
COMLSH	0,176** (0,081)	0,089 (0,072)		-0,563 (1,387)	0,282*** (0,073)	0,106* (0,063)		-1,165 (0,869)
COMLSH × Yritys: nuori			0,475** (0,239)				0,118 (0,137)	
COMLSH × Yritys: keski			0,166** (0,084)				0,122* (0,071)	
COMLSH × Yritys: vanha			-0,066 (0,141)				-0,031 (0,143)	
COMLSH × kesk. koul. vuodet				0,527 (1,179)				1,120 (0,735)
Ln(K/L)	0,120*** (0,035)	0,106*** (0,031)	0,104*** (0,030)	0,111*** (0,036)	0,123*** (0,026)	0,110*** (0,026)	0,109*** (0,026)	0,119*** (0,026)
Ln(L)	0,053*** (0,017)	0,067*** (0,016)	0,068*** (0,016)	0,049*** (0,016)	-0,029** (0,012)	-0,026** (0,012)	-0,026** (0,013)	-0,017 (0,012)
Yritys: nuori	0,041 (0,063)	0,107 (0,086)	-0,050 (0,120)	0,001 (0,074)	-0,188* (0,101)	-0,121 (0,103)	-0,119 (0,134)	-0,139 (0,107)
Yritys: vanha	0,019 (0,049)	0,057 (0,046)	0,176*** (0,067)	0,037 (0,048)	0,114** (0,054)	0,123** (0,054)	0,231* (0,124)	0,131** (0,056)
<i>Muut kontrollimuuttujat</i>								
Koulutustasot ja alat	ei	kyllä	kyllä	ei	ei	kyllä	kyllä	ei
Työvoiman ikäryhmät	ei	kyllä	kyllä	ei	ei	kyllä	kyllä	ei
Sukupuolijakauma	ei	kyllä	kyllä	ei	ei	kyllä	kyllä	ei
Kouluvuosien keskiarvo	ei	ei	ei	kyllä	ei	ei	ei	kyllä
Vakiotermi sekä interaktoidut toimiala- ja vuosi-dummyt	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Havaintomäärä	1 444	1 444	1 444	1 444	1 472	1 472	1 472	1 472
Korjattu R ²	0,48	0,54	0,55	0,49	0,46	0,50	0,50	0,49

*** erittäin merkitsevä (1 %)

** merkitsevä (5 %)

* melkein merkitsevä (10 %)

Keskivirhe-estimaateista on korjattu heteroskedastisuudesta aiheutuva harha. Lisäksi keskivirheiden estimoinneissa on otettu huomioon se, etteivät saman yrityksen havainnot eri vuosilta ole keskenään riippumattomia havaintoja. Estimointi on suoritettu henkilömääräpainoin.

Taulukko 2. Internetin tuottavuusvaikutukset, pns-estimaatit.

	Tehdasteollisuus				Palvelut			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
INTLSH	-0,073 (0,114)	-0,201** (0,100)		0,352 (1,161)	0,294*** (0,083)	0,150** (0,070)		-0,567 (0,577)
INTLSH × Yritys: nuori			0,311 (0,210)				0,402* (0,242)	
INTLSH × Yritys: keski			-0,174 (0,125)				0,158** (0,077)	
INTLSH × Yritys: vanha			-0,321** (0,136)				-0,050 (0,121)	
INTLSH × kesk. koul. vuodet				-0,484 (0,956)				0,620 (0,466)
Ln(K/L)	0,125*** (0,035)	0,103*** (0,031)	0,102*** (0,031)	0,105*** (0,036)	0,125*** (0,027)	0,111*** (0,027)	0,110*** (0,027)	0,118*** (0,026)
Ln(L)	0,052*** (0,016)	0,067*** (0,016)	0,068*** (0,016)	0,049*** (0,016)	-0,021* (0,013)	-0,021* (0,012)	-0,017 (0,013)	-0,013 (0,011)
Yritys: nuori	0,047 (0,068)	0,105 (0,091)	-0,096 (0,103)	0,014 (0,079)	-0,189* (0,097)	-0,130 (0,102)	-0,286 (0,217)	-0,134 (0,104)
Yritys: vanha	0,015 (0,050)	0,055 (0,046)	0,092 (0,062)	0,038 (0,047)	0,120** (0,053)	0,126** (0,053)	0,239** (0,098)	0,138*** (0,053)
<i>Muut kontrollimuuttujat</i>								
Koulutustasot ja alat	ei	kyllä	kyllä	ei	ei	kyllä	kyllä	ei
Työvoiman ikäryhmät	ei	kyllä	kyllä	ei	ei	kyllä	kyllä	ei
Sukupuolijakauma	ei	kyllä	kyllä	ei	ei	kyllä	kyllä	ei
Kouluvuosien keskiarvo	ei	ei	ei	kyllä	ei	ei	ei	kyllä
Vakiotermit sekä interaktoidut toimiala- ja vuosi-dummyt	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Havaintomäärä	1 415	1 415	1 415	1 415	1 448	1 448	1 448	1 448
Korjattu R ²	0,48	0,55	0,55	0,50	0,46	0,50	0,51	0,50

*** erittäin merkitsevä (1 %)

** merkitsevä (5 %)

* melkein merkitsevä (10 %)

Keskivirhe-estimaateista on korjattu heteroskedastisuudesta aiheutuva harha. Lisäksi keskivirheiden estimoinnissa on otettu huomioon se, etteivät saman yrityksen havainnot eri vuosilta ole keskenään riippumattomia havaintoja. Estimoinnit on suoritettu henkilömääräpainoin.

neella ei näytä olevan ainakaan positiivista vaikutusta. Palveluissa erot ovat samankaltaisia, joskin lievempiä. Mallissa (4) tarkastellaan, vaikuttavatko työvoiman koulutusvuodet tietokoneiden tuottavuuteen. Asiaa on tutkittu lisäämällä malliin tietokoneintensiivisyyden ja koulutusmäärän välinen interaktiomuuttuja. Odotuksien mukaisesti interaktiomuuttuja parametri saa positiivisen arvon. Tulokset eivät kuitenkaan tarjoa tilastollisesti merkitseviä todisteita siitä, että koulutus vahvistaisi ICT:n tuottavuusvaikutuksia.

3.2 Internetin vaikutus

Internetin tuottavuusvaikutuksia on selvitetty kuten edellä. Nyt ICT-muuttuja kertoo, kuinka suurella osalla yrityksen henkilökunnasta on käytössään Internet-yhteys. Tietenkin tämä muuttuja pitää sisällään käytännössä myös tarvittavan tietokoneen, joka yleensä sopii muuhunkin kuin selaimen käyttöön. Onkin yllättävää havaita, että teollisuudessa Internetillä näyttäisi olevan pikemmin negatiivinen kuin positiivinen tuottavuusvaikutus. Tarkempi tarkastelu (malli (3)) paljastaa, että vaikutus on negatiivinen nimenomaan vanhimmissa yrityksissä. Sen sijaan nuorissa palveluyrityksissä Internet lisää merkittävästi tuottavuutta.

3.3 Lähiverkkoon kytketyn tietokoneen vaikutus

Kolmas käyttämämme ICT-muuttuja kertoo, kuinka suuri osa yrityksen henkilökunnasta on varustettu lähiverkkoon kytketyllä tietokoneella. Lähiverkkoon kytketyille tietokoneille saadaan suurempi tuottavuusvaikutus kuin tietokoneille yleensä. Mallin (2) mukaan tällainen tietokone tehostaa työtä tehdasteollisuudessa

15,7 prosenttia ($=0,149/0,95$) ja palveluissa 21,7 prosenttia ($=0,182/0,84$). Nyt saadaan myös hieman voimakkaampaa tilastollista tukea hypoteesille, että koulutus vahvistaa ICT:n tuottavuusvaikutusta.

3.4 Tuottavuusvaikutukset ICT:tä tuottavilla aloilla

Olemme myös tarkastelleet tietotekniikan tuottavuusvaikutuksia itse ICT-aloilla (TOL95 toimialat 30, 32, 64 ja 72). Tulokset kertovat, että tietokoneet ovat erityisen tuottavia ICT-aloilla ja erityisen ICT-palveluissa. Tarkempi analyysi paljastaa, ettei tämä tulos suinkaan tule viestintävälineiden valmistuksesta (toimiala 32).³

4. ICT-panoksen tuotosjousto

ICT-panoksen tuottavuusvaikutukset ilmaistaan kirjallisuudessa yleisemmin tuotosjoustona. Jotta tuloksiamme voidaan vertailla muualla maailmalla saatuihin tuloksiin, on tarpeen selvittää, mikä meidän estimaattiemme perusteella on ICT:n tuotosjousto.

Jätetään tuotantoyhtälöstä (1) A ja K pois, jolloin se voidaan kirjoittaa yksinkertaisempaan muotoon

$$Y = (L_0 + (1 + \theta)L_{ICT})^\beta, \quad (5)$$

jossa $L_0 = L - L_{ICT}$. Sijoitetaan L_0 yhtälöön ja logaritmoidaan, josta saadaan

$$\ln Y = \beta \ln (L + \theta L_{ICT}). \quad (6)$$

³ Näitä tuloksia ei ole raportoitu tässä (ks. Maliranta & Rouvinen, 2003).

Taulukko 3. Läbiverkkoon kytketyn tietokoneen tuottavuusvaikutukset, pns-estimaatit.

	Tehdasteollisuus				Palvelut			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
LANLSH	0,213*** (0,082)	0,149* (0,078)		-1,259 (1,080)	0,310*** (0,081)	0,182** (0,076)		-2,298* (1,220)
LANLSH + Yritys: nuori			0,237 (0,200)				0,639 (0,702)	
LANLSH + Yritys: keski			0,212** (0,103)				0,171** (0,072)	
LANLSH + Yritys: vanha			0,029 (0,146)				0,140 (0,149)	
LANLSH + kesk. koul. vuodet				1,171 (0,928)				2,126 (1,044)
Ln(K/L)	0,118*** (0,034)	0,112*** (0,031)	0,111*** (0,031)	0,109*** (0,035)	0,129*** (0,027)	0,114*** (0,027)	0,115*** (0,027)	0,122*** (0,026)
Ln(L)	0,049** (0,019)	0,060*** (0,018)	0,060*** (0,018)	0,047** (0,018)	-0,042** (0,017)	-0,049*** (0,015)	-0,048*** (0,015)	-0,034** (0,015)
Yritys: nuori	0,076 (0,067)	0,137 (0,093)	0,127 (0,143)	0,030 (0,078)	-0,258 (0,176)	-0,228 (0,179)	-0,627 (0,694)	-0,224 (0,181)
Yritys: vanha	0,030 (0,056)	0,069 (0,053)	0,162** (0,074)	0,046 (0,055)	0,054 (0,056)	0,043 (0,060)	0,063 (0,124)	0,071 (0,055)
<i>Muut kontrollimuuttujat</i>								
Koulutustasot ja alat	ei	kyllä	kyllä	ei	ei	kyllä	kyllä	ei
Työvoiman ikäryhmät	ei	kyllä	kyllä	ei	ei	kyllä	kyllä	ei
Sukupuolijakauma	ei	kyllä	kyllä	ei	ei	kyllä	kyllä	ei
Kouluvuosien keskiarvo	ei	ei	ei	kyllä	ei	ei	ei	kyllä
Vakiotermi sekä interaktoidut toimiala- ja vuosi-dummyt	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Havaintomäärä	970	970	970	970	760	760	760	760
Korjattu R ²	0,46	0,52	0,52	0,47	0,49	0,54	0,54	0,53

*** erittäin merkitsevä (1 %)

** merkitsevä (5 %)

* melkein merkitsevä (10 %)

Keskivirhe-estimaateista on korjattu heteroskedastisuudesta aiheutuva harha. Lisäksi keskivirheiden estimoinnissa on otettu huomioon se, etteivät saman yrityksen havainnot eri vuosilta ole keskenään riippumattomia havaintoja. Estimointi on suoritettu henkilömääriä käyttäen.

Taulukko 4. ICT:n tuottavuusvaikutus ja tuotosjousto Suomen yritystoiminnassa.

Esimerkki	ICT-muuttuja	yrittäjryoukko	$\beta \cdot \theta$	α	β	$\alpha + \beta - 1$	θ	χ
1	COMLSH	kaikki	0,095	0,126	0,856	0,018	0,111	0,053
2	COMLSH	kaikki	0,099	0,129	0,871	0,000	0,114	0,056
3	LANLSH	kaikki	0,148	0,122	0,870	0,008	0,170	0,081
4	LANLSH	kaikki	0,153	0,123	0,877	0,000	0,175	0,083
5a	COMLSH	nuoret	0,277	0,122	0,858	0,020	0,323	0,139
5b	COMLSH	keski	0,096	0,125	0,856	0,020	0,113	0,054
5c	COMLSH	vanhat	0,042	0,133	0,848	0,020	0,049	0,024
6a	LANLSH	nuoret	0,234	0,084	0,908	0,008	0,258	0,122
6b	LANLSH	keski	0,148	0,121	0,871	0,008	0,169	0,080
6c	LANLSH	vanhat	0,117	0,156	0,836	0,008	0,140	0,065

Siitä saadaan derivoimalla

$$\frac{dY}{Y} = \beta \frac{\theta dL_{ICT}}{L + \theta L_{ICT}}, \quad (7)$$

josta saadaan jousto:

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{dY}{dL_{ICT}} \frac{L_{ICT}}{Y} = \beta \frac{\theta}{(L + \theta L_{ICT})/L_{ICT}} \\ &= \beta \frac{\theta}{L/L_{ICT} + \theta}. \end{aligned} \quad (8)$$

ICT-panoksen tuotannon jousto riippuu tuotannon joustosta työvoiman suhteen (β), ICT:n työtä tehostavasta vaikutuksesta (θ) sekä siitä, kuinka suurella osalla henkilöstöstä on entuudestaan käytössään ICT:tä (L_{ICT}/L). Taulukossa 4 on tarkasteltu ICT-panoksen tuotosjousto eri tilanteissa. Kaikissa seuraavissa laskelmissa tietotekniikkaintensiivisyyden tasona on käytetty 60 prosenttia, joka aineistomme mukaan on ollut suurin piirtein tilanne Suomen liike-elämässä 1990-luvun loppuvuosina.

Tarkastelemme seuraavaksi teollisuuden ja palvelujen yrityksiä yhdessä. Taulukossa 4 on

esitetty arvioita ICT:n työtä tehostavasta vaikutuksesta (θ) sekä esitetty, mitä tulokset merkitsevät ICT:n tuotosjoustona ilmaistuna (χ). Ensimmäisissä neljässä esimerkissä käytämme parametriesimaitteja, jotka on saatu mallin (2) mukaisesta yhtälöstä (toisessa ja neljännessä oletetaan tosin vakioiset skaalatuotot). Viides ja kuudes arvio on laadittu estimoimalla malli (3), jota vielä täydennetty siten, että myös perinteisen pääoman tuotosjousto vaihtelee erikäisten yritysten välillä. ICT-muuttujina käytetään tietokonetta käyttävien henkilöstöosuutta (COMLSH) tai lähiverkkoon kytkettyä tietokonetta käyttävien henkilöstöosuutta (LANLSH).⁴

Tuloksien mukaan ICT tehostaa työpanosta 11,1 prosentilla Suomen yrittäjrytoiminnassa. Tuotosjoustoksi saadaan tällöin 5,3 prosenttia (esimerkki 1). Jos oletetaan vakioiset skaalatuotot, arviot kohoavat hieman. Kolmannessa ja neljännessä esimerkissä ICT:tä on mitattu lähiverkkoon kytkettyjen tietokoneiden pe-

⁴ Tarkemmat estimointitulokset saa kirjoittajilta pyydettäessä.

rusteella. Niissä vaikutukset kasvavat merkittävästi. Näiden arvioiden mukaan ICT tehostaa työtä 17,0 tai 17,5 prosenttia, riippuen siitä oletetaanko vakioiset skaalatuotot vai ei. Tuotosjoustoksi saadaan tällöin 8,1 tai 8,3 prosenttia. Edellä esitetyistä tuloksista nähtiin, että ICT-tuotot vaihtelevat merkittävästi eri ikäisten yritysten välillä. Ero oli erityisen suuri teollisuudessa. Kuten taulukosta 4 nähdään, koko yrittäjätoimintaa tarkasteltaessa nuoret yritykset käyttävät tietokoneita lähes kolme kertaa tehokkaammin kuin keskimäärin. Lähiverkkoon kytkettyjen tietokoneiden kohdalla ero ei kuitenkaan ole enää kovin merkittävä.

Tässä yhteydessä on syytä todeta, että seläiset yritykset, joiden toimipaikkojen keski-ikä on viisi vuotta tai vähemmän kattavat melko pienen osan koko työvoiman käytöstä. Tosin nuoret yritykset kasvavat muita nopeammin, joten niiden henkilöosuus nousee. Sen myötä myös näiden yritysten vaikutus koko sektorin tuottavuuteen kasvaa ajan kuluessa.

Käyttämämme lähestymistapa poikkeaa jonkin verran kirjallisuudessa yleisimmin käytetystä menetelmästä. Tavallisesti ICT-panosta mittaava pääomakantamuuttuja on laskettu menneisyydessä tehtyjen ICT-investointien perusteella. Tähän liittyy monia ongelmia, joista osa oli jo esillä pohdittaessa käyttöomaisuusarvotiedon laatua.

ICT-pääoman tarkka mittaaminen vaatii pitkiä aikasarjoja, minkä vuoksi otoskoko pienenee. Varsinkin pienen ja uudehkot yritykset saattavat helposti pudota tarkastelujoukosta. Suomea koskevista tuloksista voidaan päätellä, että tällä voi olla vakavia vaikutuksia tuloksiin. ICT-pääomakantaa mitattaessa joudutaan eri ajankohtina tehdyt investoinnit tekemään yhteismitalliseksi. ICT-pääomahyödykkeiden hinnanalentuminen on ollut hyvin nopeaa ja li-

säksi hinnan alentumisen vauhti on vaihdellut merkittävästi eri hyödykeryhmien välillä. Tätä syystä mittausongelmat ovat suuria ja erityisen suuria ne ovat mikroaineistoissa.

Kirjallisuudessa ICT-pääomakantaa käytetään työn ja perinteisen pääoman rinnalla yhtenä tuotannontekijänä. Työn tuottavuusmuodossa ilmaistu Cobb-Douglas-tuotantofunktio saa silloin seuraavan muodon:

$$\ln\left(\frac{Y}{L}\right) = \ln A + \alpha \ln\left(\frac{K}{L}\right) + \chi \ln\left(\frac{ICT}{L}\right) + (\alpha + \beta + \chi - 1) \ln L \quad (9)$$

jossa χ on ICT-pääomakannan (tai mieluummin ICT- pääomakannan palveluvirran) tuotosjousto.

Meillä ei ole käytössä varsinaista ICT-pääomakantatietoa, mutta ICT-panosta voidaan mitata myös tietokoneiden lukumäärällä, joka meillä on tiedossa. Voimme estimoida ICT-panoksen tuotosjouston aineistostamme asianmukaisesti, ellei tietokoneiden määrän ja ICT pääomapanoksen suhde vaihtelee kovin paljon. Tietokonemuuttujan luotettavuutta parantaa vielä se seikka, että analyysissä käytetään hyväksi vain samana vuonna ja samalla toimialalla esiintyvää ICT-intensiivisyyden vaihtelua yritysten välillä. Toisin sanoen, tulkitsemalla yhtälön (4) L_{ICT} -muuttuja yhtälön (9) ICT-panokseksi voimme estimoida tuotosjouston myös suoraan. Raportoimme näin saatuja tuotosjoustoestimaatteja taulukossa 5.

COMLSH- muuttujalla saamme ICT:n tuotosjoustoksi 4,1 prosenttia (esimerkki 1) ja LANLSH-muuttujalla 5,1 prosenttia (esimerkki 2). Tulokset ovat herkkiä sille, kuinka tarkasti työvoiman ominaisuudet on kontrolloitu. Esimerkeissä 3 ja 4 melko yksityiskohtaisen

Taulukko 5. Suoraan estimoidut ICT:n tuotosjoustot Suomen yrittäjätoiminnassa.

Esimerkki	ICT-muuttuja	Työntekijöiden ominaisuuksien kontrollikontrolli	Yritys-joukko	α	β	$\alpha + \beta + \chi - 1$	χ
1	COMLSH	seikkaperäinen	kaikki	0,126	0,916	0,017	0,041
2	LANLSH	seikkaperäinen	kaikki	0,121	0,930	0,008	0,051
3	COMLSH	kouluvuosien määrä + muut	kaikki	0,127	0,920	0,017	0,047
4	LANLSH	kouluvuosien määrä + muut	kaikki	0,123	0,933	0,009	0,056
5	COMLSH	ei mitään	kaikki	0,137	0,960	0,006	0,097
6	LANLSH	ei mitään	kaikki	0,133	0,957	0,003	0,090
7a	COMLSH	seikkaperäinen	nuoret	0,123	0,975	0,019	0,098
7b	COMLSH	seikkaperäinen	keski	0,124	0,913	0,019	0,038
7c	COMLSH	seikkaperäinen	vanhat	0,132	0,898	0,019	0,030
8a	LANLSH	seikkaperäinen	nuoret	0,085	0,969	0,007	0,054
8b	LANLSH	seikkaperäinen	keski	0,120	0,928	0,007	0,049
8c	LANLSH	seikkaperäinen	vanhat	0,156	0,895	0,007	0,051

koulutusryhmittelyn sijasta on käytetty kouluvuosien määrää. Tämä muuttuja kertoo havainnollisesti, että yksi kouluvuosi lisää työn tuotavuutta noin 10 prosenttia (tulosta ei ole raportoitu). Pelkästään tämä pienehköltä tuntuva muutos nostaa parametriestimaatit 4,1:stä 4,7:ään ja 5,1:stä 5,6 prosenttiin. Jos työvoiman ominaisuudet jätetään kokonaan kontrollomatta, COMLSH-muuttujalla saatu arvio nousee peräti 9,7 prosenttiin. LANLSH-muuttujan kohdalla muutos on pienempi, mutta edelleen hyvin merkittävä (vrt. esimerkkejä 2, 4 ja 6). Nämä löydökset on hyvä pitää mielessä, kun vertaillaan eri tutkimuksissa saatuja tuloksia. Aineistot ja niiden sisältämät taustamuuttujat vaihtelevat nimittäin hyvin paljon.

Esimerkissä 7 ja 8 on vielä tarkastelu ICT:n tuotosjoustop vaihtelua eri-ikäisten yritysten välillä. Perinteisen ja ICT-pääoman tuotosjoustopojen on sallittu vaihtelemaan eri-ikäisten yritysten välillä. Tulokset ovat taas odotuksien mukaiset. Ne kertovat, että perinteisen pääoman

tuotosjousto pikemminkin kasvaa kuin pienenee siirryttäessä vanhempien yritysten joukkoon, mutta ICT:n tuotosjoustot sen sijaan alenevat. Erot ovat tilastollisesti merkitseviä (ei raportoitu, mutta saatavissa pyydettyä) ja asiallisesti merkittäviä kaikissa muissa tapauksissa paitsi ICT:n tuotosjoustopissa silloin, kun mittana käytetään LANLSH-muuttujaa.

5. ICT-kustannukset

On kiinnostavaa tarkastella, miten nämä ICT:n tuottoja koskevat arviot suhtautuvat kasvulas-kennan taustalla oleviin oletuksiin. Teorian mukaan panoksen tuotosjousto vastaa kyseisen panoksen kustannusosuutta. Jos sekä tuotantotekijämarkkinat että tuotemarkkinat toimivat kilpailullisesti, kunkin panoksen tulo-osuus on sama kuin sen kustannusosuus.

Jalavan (2002) laskelmien mukaan ICT-panoksen tulo-osuus on ollut Suomen liike-elä-

mässä keskimäärin 6,3 prosenttia vuosina 1995–2001. Se on hieman enemmän kuin arviomme. Taulukon 5 esimerkissä 2, jossa ICT-panoksen mittana käytettiin lähiverkkoon liitettyjen tietokoneiden lukumäärää, arvioksi saatiin 5,1 prosenttia. Toisaalta, kun estimoimme ICT:n työtä tehostavaa vaikutusta saman muuttuja avulla, saimme jonkin verran korkeamman arvion, 8,1 prosenttia. Toisin sanoen, selviä todisteita siitä, että tuloksemme poikkeaisivat talousteorian ennusteista, emme saa puoleen emmekä toiseen.

On tärkeää muistaa, että ICT:tä koskeva tilastointi on edelleen ongelmallista. Sen vuoksi ICT:n suoria kustannuksia on vaikea arvioida luotettavasti. Tämä on kuitenkin keskeinen kysymys, sillä muuten emme voi sanoa, ovatko ICT:n tuottavuusvaikutukset olleet kustannuksiin nähden riittäviä. Pääomakulujen, poistojen ja pääomahyödykkeiden arvonalennuksien lisäksi ICT-panoksesta voi aiheutua myös merkittäviä sopeutumiskustannuksia, kuten ATK-koulutusta, ja -tukea yms., jotka tietysti myös on katettava, jotta ICT-panostus olisi yrityksille taloudellisesti kannattavaa.

Seuraavassa arvioimme ICT:hen liittyviä suoria ja epäsuoria menoja tilastovuonna 1999. Menoissa on mukana seuraavat erät (ks. Maliranta & Rouvinen, 2003, Appendix): ulkopuolelta ostetut tietotekniikkaan liittyvät palvelut (esim. konsultit, koulutus); tieto- ja viestintätekniikkalaitteistot (PC:t, työasemat, kannettavat sekä näihin liittyvät oheislaitteet (printterit jne.); tietoverkkoihin liittyvät laitteet (serverit, modeemit jne.); ohjelmistot (em. laitteisiin liittyvät ohjelmistot, lisenssimaksut); tietotekniikkahenkilöstön menot (palkat ja muut henkilöstökulut) sekä muut menot (esim. tietoliikenne). Tämän tiedon laatu ei missään tapauksessa ole yhtä hyvää kuin muu aineistosta käyttämämme

tieto, joten tulosten arvioinnissa on syytä olla varovainen.

Selvitämme empiirisesti, kuinka paljon ICT:stä aiheutuu kustannuksia sitä käyttävää työntekijää kohti. Se voidaan mitata estimoimalla seuraavanlainen yksinkertainen yhtälö:

$$\frac{ICT\text{-kulut}}{Henkilöstökulut} = \beta_0 + \tilde{\theta} \left(\frac{L_{ICT}}{L} \right) + \varepsilon \quad (10)$$

ICT-panoksen käytöstä ei aiheudu keskimäärin voittoja eikä tappiota, jos

$$\tilde{\theta} = \theta, \quad (11)$$

eli jos ICT:n käytöstä aiheutuu saman verran menoja kuin se säästää työvoimakuluja tehostuneen työajan muodossa. Taulukossa 6 on raportoitu estimointituloksia. Ensimmäisten estimaattien mukaan jokaista tietokonetta kohti aiheutuu ICT-kuluja rahamäärä, joka vastaa 12,3 prosenttia (=0,011+0,112) henkilöstökuluista. Mallissa (2) vakio on pakotettu nolaksi, jolloin parametriestimaatiksi saadaan 13,0 prosenttia. Malli (3) viittaa siihen, että yhteys on kohtuullisen lineaarinen. Nämä tulokset ovat asiallisesti ottaen lähellä tuottavuustuloksia. Taulukon 4 esimerkissä 1 todettiin tietokoneen tehostavan työtä 11,1 prosentilla. Emme siis löydä merkkejä siitä, että arviomme tietokoneen tuottavuusvaikutuksista olisivat keskimäärin epätavallisen korkeita.

Analyysimme toisaalta kertoi, että ICT tehostaa työtä erittäin paljon nuorissa yrityksissä. Tämä voisi selittyä sillä, että ne käyttävät parempaa ja siis kalliimpaa ICT-tekniikkaa kuin muut, tai sitten ne nauttivat korkeita tuottoja. Tämän arvioimiseksi olemme verranneet tietokonetta kohti lankeavia ICT-menoja eri-

Taulukko 6. Estimoidut ICT:stä aiheutuvat kustannukset sitä käyttävää työntekijää kohden.

	(1)	(2)	(3)	(4)
vakio	0,011 (0,006)*	0	0	0
COMLSH	0,112 (0,009)***	0,130 (0,007)***	0,142 (0,017)***	
COMLSH ²			-0,018 (0,020)	
Nuoret: COMLSH				0,169 (0,017)***
Keski: COMLSH				0,132 (0,005)***
Vanhat: COMLSH				0,095 (0,010)***
R ²	0,159	0,083	0,156	0,173
Havaintomäärä	841	841	841	841
*** erittäin merkitsevä	(1 %)			
** merkitsevä	(5 %)			
* melkein merkitsevä	(10 %)			

Suluissa parametrin keskivirhe

ikäisten yritysten välillä (malli (4)). Tulokset paljastavat, että nuorissa yrityksissä käytettävään ICT-panokseen todellakin liittyy selvästi enemmän menoja kuin vanhemmissa yrityksissä. Toisaalta, taulukon 4 esimerkin 5 mukaan nuorissa yrityksissä tietokone tehostaa työtä 32,3 prosenttia, mikä on lähes kaksinkertainen alla estimoimiimme kustannuksiin (16,9 prosenttia) verrattuna.

6. Yhteenveto

Olemme edellä tarkastelleet ICT:n tuottavuusvaikutuksia suomalaisessa liike-elämässä yritystason aineistoa hyödyntäen. Tilastokeskuksen laaja ja yksityiskohtainen aineisto mahdollistaa monien tutkimuskysymysten tarkastelun ja

taustatekijöiden kontrolloinnin. Aineisto on kansainvälisestäkin vertaillen poikkeuksellisen arvokas uuden talouden vaikutusten analyysissä.

Tulokset kertovat, että ICT parantaa tuottavuutta merkittävästi. Analyysimme perusteella ICT:n käyttö lisää työn tuottavuutta 8–18 prosenttia. Arviomme keskimääräisestä tuottavuusvaikutuksesta Suomen liike-elämässä on 11,1 prosenttia. Kun tarkastellaan lähiverkkoon kytketyn tietokoneen vaikutusta, saamme lukemaksi 17,0 prosenttia.

Julkisuudessa on esiintynyt jonkin verran väärinkäsitystä siitä, miten nämä tulokset suhteutuvat muualla maailmassa saatuihin tuloksiin (ks. Helsingin Sanomat, 14.5.2003). Greenan ja Mairesse (1996) käyttävät samanlaista

lähestymistapaa, mutta hyvin erilaista aineistoa. Vertailukelpoisilta osin heidän tuloksensa kuitenkin vastaavat suurin piirtein tässä saatuja tuloksia. Yleensä ICT:n talousvaikutukset ilmaistaan ICT:n tuotosjoustona. Tuotosjoustona ilmaistuna meidän arvioiden mukaan tietokoneen vaikutus on 5,3 ja lähiverkkoon kytkeytyn tietokoneen 8,1 prosenttia. Nämä ovat lähellä niitä arvoja, joita on saatu muualla maailmassa tehdyistä tutkimuksista. Professori Matti Pohjola on todennut, että keskimäärin joustot ovat 5–6 prosenttia. Tosin nämäkin keskiarvot kätkevät alleen suuren vaihtelun. Monissa tutkimuksissa saadaan arvioksi selvästi yli 10 prosenttia ja joissakin puolestaan negatiivisia lukuja.

Tulostemme valossa näyttää siltä, että yritykset ovat investoineet ICT:hen järkevästi, eli arviomme mukaan saadut tuotot kattavat aiheutuneet menot. Toisaalta emme löydä merkkejä siitä, että näillä investoinneilla olisi saatu ”ylimääräisiä” tuottoja. Yrityksemme näyttävät siis käyttäytyneen kutakuinkin talousteorian mukaisesti. Nämä löydökset antavat tukea ns. kasvulaskennan käytölle uuden talouden analyysissä.

Toisaalta tuloksemme kertovat, että keskiarvot peittävät alleen mielenkiintoisia yritysten välisiä eroja ICT:n hyödyntämisessä. Yrityksissä, joilla on paljon uudehkoja tuotantolaitoksia, tuottavuusvaikutukset ovat huomattavasti suurempia. Vanhimmissa yrityksissä ICT:llä voi olla jopa negatiivisia vaikutuksia. Kaikkein merkittävimmät yritysten väliset erot näyttävät olevan Internetin tuottavuusvaikutuksissa: nuorissa palveluyrityksissä positiivinen vaikutus on hyvin suuri, kun sen sijaan vanhoissa teollisuusyrityksissä vaikutus näyttäisi olevan jopa voimakkaasti negatiivinen.

Tulostemme perusteella voidaan arvioida,

että ICT:n käyttö on ollut tappiollista vanhoissa ja voitollista nuorissa yrityksissä. Kilpailullisilla markkinoilla tämä aiheuttaa painetta mikrotason rakennemuutokseen. Arvioimme, että aggregaattituottavuus tulee kehittymään myönteisesti mm. siksi, että työ ja muut tuotantotekijät siirtyvät ajan kuluessa sellaisiin yrityksiin, jotka osaavat käyttää ICT:tä (ja muita panoksia) parhaiten työn tuottavuutta parantavalla tavalla. Tämän lisäksi tuottavuus voi vahvistua myös sitä kautta, että myös monissa vanhoissa yrityksissä aletaan hiljalleen siirtyä toimintatapoihin, joilla ICT:n tarjoamat mahdollisuudet voidaan täysimääräisesti hyödyntää. □

Kirjallisuus

- Bresnahan, T. F. & Trajtenberg, M. (1995). General Purpose Technologies: Engines of Growth? *Journal of Econometrics*, 65(1), 83–108.
- Brynjolfsson, E. & Hitt, L. M. (2000). Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance. *Journal of Economic Perspectives*, 14(4), 23–48.
- Dedrick, J., Gurbaxani, V. & Kraemer, K. L. (2003). Information Technology and Economic Performance: A Critical Review of the Empirical Evidence. *ACM Computing Surveys*, 35(1), 1–28.
- Greenan, N. & Mairesse, J. (1996). Computers and Productivity in France: Some Evidence. *NBER Working Paper Series* 5836.
- Jalava, J. (2002). The Production and Use of ICT in Finland 1975–2001. *ETLA Discussion Papers*, 827.
- Jalava, J. & Pohjola, M. (2002). Economic growth in the New Economy: Evidence from Advanced Economies. *Information Economics And Policy*, 14(2), 189–210.
- Junka, T. (2003). *Maaailman kilpailukykyisin maa? Tuottavuus ja investoinnit Suomessa 1975–2000.*

- Helsinki: VATT, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus (C, No 95).
- Koski, H., Rouvinen, P. & Ylä-Anttila, P. (2001). *Uuden talouden loppu?* Helsinki: Taloustieto Oy (ETLA B 184, Sitra 245).
- Koski, H., Rouvinen, P. & Ylä-Anttila, P. (2002). *Tieto ja talous – mitä "Uudesta taloudesta" jäi.* Helsinki: Edita Prima Oy (Sitra 253).
- Maliranta, M. (1996). *Suomen tehdasteollisuuden tuottavuus: Kansainvälinen vertailu.* Helsinki: Tilastokeskus (Tutkimuksia 215).
- Maliranta, M. (2001). Productivity Growth and Micro-level Restructuring – Finnish Experiences During the Turbulent Decades. *ETLA Discussion Papers*, 757.
- Maliranta, M. & Rouvinen, P. (2003). Productivity effects of ICT in Finnish business. *ETLA Discussion Papers*, 852.
- Pilat, D. (2003). *ICT and Economic Growth: Evidence from OECD countries, industries and firms.* Paris: Organization for Economic Co-Operation and Development (DSTI/IND/ICCP(2003)2/FINAL).
- Solow, R. M. (1987, July 12). We'd Better Watch Out. *New York Times*.
- Van Ark, B. & McGuckin, R. H., III. (2003). Performance 2002: Productivity, Employment, and Income in the World's Economies. *The Conference Board Research Report*, R-1328-03-RR.