

**ETLA**

**ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS**  
The Research Institute of the Finnish Economy  
Lönnrotinkatu 4 B 00120 Helsinki Finland

Sarja C 65 Series

---

**Synnöve Vuori**

**TUTKIMUSPANOSTUS,  
TEKNOLOGIAN DIFFUUSIO JA  
TUOTTAVUUDEN KEHITYS SUOMEN  
TEOLLISUUDESSA**

Julkaisija: Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, ETLA  
Kustantaja: Taloustieto Oy

**Helsinki 1994**

Vuori, Synnöve, TUTKIMUSPANOSTUS, TEKNOLOGIAN  
DIFFUUSIO JA TUOTTAVUUDEN KEHITYS SUOMEN  
TEOLLISUUDESSA.

**TIIVISTELMÄ:** Tutkimuksessa tarkastellaan välittömien ja välillisten teknologiapanosten käyttöä ja niiden vaikutuksia tuottavuuskehitykseen Suomen teollisuustoimialoilla 1980-luvulla. Välittömillä teknologiapanoksilla tarkoitetaan yritysten omaa tutkimus- ja kehitystoimintaa. Välillisistä teknologiapanoksista tarkastellaan koti- ja ulkomaisiin välituotteisiin ja investointitavaroihin sisältyviä teknologiapanoksia sekä ns. tahattomia teknologiavirtoja. Tutkimukseen sisältyy arvio merkittävimmistä toimialalta toiselle kulkeutuvista tahattomista teknologiavirroista. Yritysten oma tutkimustoiminta näyttää parantavan toimialoittaista kokonaistuottavuuden ja työn tuottavuuden kehitystä. Muut teknologiapanokset näyttävät vaikuttavan vuorovaikutuksessa T&K-toiminnan kanssa. Tutkimuksen lopussa tarkastellaan teknologiapolitiikan mahdollisuuksia Suomen kaltaisen pienen maan kannalta. Yritysten oman tutkimustoiminnan ja teknologian diffuusion samanaikainen edistäminen todetaan tärkeäksi.

**ASIASANAT:** teknologian diffuusio, toimialojen väliset teknologiavirrat, teknologiavarannot, tuottavuus

**ABSTRACT:** The study analyses the use of direct and indirect technology inputs and their effects on productivity developments in Finnish manufacturing industries in the 1980s. Direct technology inputs are equivalent to the firms' own R&D activities. The indirect inputs which are studied are technology embodied in domestic and imported intermediate goods and machinery and equipment, and technological spillovers. The study contains estimates of the most important inter-industry spillovers. The firms' own R&D activities seem to improve total factor and labour productivity. Other technology inputs seem to affect productivity in interaction with R&D. The final chapter assesses the potential for technology policies for a small country like Finland. It is concluded that it is very important to promote R&D and technology diffusion simultaneously.

**KEY WORDS:** technology diffusion, inter-industry technology flows, technology stocks, productivity

## **ESIPUHE**

Muilta yrityksiltä, toimialoilta tai ulkomailta hankittu teknologia on pienten maiden yrityksille usein tärkeämpää kuin niiden oman tutkimus- ja kehitystoiminnan tulokset. Silti muualla kehitetyn teknologian hyödyntäminen edellyttää yleensä myös omaa tutkimustoimintaa.

Yritysten oman tutkimustoiminnan vaikutuksia mm. niiden tuottavuuden kehitykseen on ulkomailla tutkittu varsin paljon. Myös ETLAssa on aikaisemmin tehty useita tutkimuksia T&K-toiminnan tuottavuusvaikutuksista. Tarkastelua on tässä tutkimuksessa laajennettu ottamalla mukaan myös muiden teknologiapanosten käyttö ja niiden vaikutukset. Myös useissa muissa maissa on viime vuosina alettu tutkia yritysten käyttämiin välituotteisiin ja investointitavaroihin sisältyvän teknologian eli välillisen teknologiapanostuksen vaikutuksia. Tämän tutkimuksen tulokset vahvistavat käsitystä välillisen tutkimuspanostuksen ja yritysten oman tutkimustoiminnan komplementaarisuudesta ja vuorovaikutuksesta.

Tutkimusraportti perustuu pääosin kolmeen aikaisempaan tutkimukseen, joiden keskeiset tulokset on tässä koottu yhteen. Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos kiittää Teknologian kehittämiskeskusta TEKESiä näihin projekteihin saadusta rahoituksesta.

Tutkimuksen on laatinut Synnöve Vuori. Raportin viimeistelyyn on osallistunut Tuula Ratapalo.

Helsingissä, toukokuussa 1994

Pentti Vartia

# SISÄLLYSLUETTELO

## Yhteenveto

1	Johdanto: teknologisen kehityksen lähteet	1
1.1	Tutkimuksen tavoitteet ja sisältö	3
2	Teknologian diffuusion analysointiin liittyvät käsitteet	4
2.1	Tutkimus- ja kehitystoiminta	4
2.2	Teknologian tarjoamat mahdollisuudet	5
2.3	Tuote- ja prosessi-innovaatiot	6
2.4	Tahattomat teknologiavirrat	6
2.5	Tiedon ja tutkimustulosten hallintaoikeus	7
3	Tutkimustuloksia teknologiapanosten vaikutuksista - kirjallisuuskatsaus	10
3.1	Välittömät teknologiavaikutukset: yritysten ja muiden tutkimusyksiköiden oman tutkimustoiminnan vaikutus tuottavuuteen	10
3.2	Välilliset teknologiavaikutukset, ostettu teknologia ja muu teknologian diffuusio	13
3.2.1	Ostettuihin välituote- ja pääomapanoksiin sisältyvä teknologia	13
3.2.2	Tahattomien teknologiavirtojen ja niiden vaikutusten mittaaminen	17
3.2.3	Esimerkkejä	19
4	Tahattomat teknologiavirrat Suomen teollisuudessa	23
4.1	Teollisuustoimialat tahattomien teknologiavirtojen vastaanottajina ja lähettäjinä	23
4.1.1	Tärkeimmät lähettäjätoimialat	25
4.2	Vuosien 1989 ja 1985 vertailu	30
4.3	Johtopäätöksiä	34
5	Toimialojen väliset teknologiakytkennät	36
5.1	Kone- ja laiteinvestointeihin sekä välipanosiksiin sisältyvä teknologiapanos	36
5.2	Teknologiakytkentöjen analyysissä käytettävien mallien täsmennys ja tutkimusaineisto	41

5.2.1	Mallien täsmennys	41
5.2.2	Aineisto	43
5.3	Eri teknologiapanosten tuottavuusvaikutukset	51
5.3.1	Teknologiapanosten vaikutukset kokonais- tuottavuuden muutoksiin	51
5.3.2	Teknologiapanosten vaikutukset työn tuottavuuden muutoksiin	65
5.4	Johtopäätöksiä	67
6	Teknologiapolitiikka pienessä avotaloudessa	70
6.1	Riippuvuus muiden kehittämästä teknologiasta	70
6.2	Innovaatio- vai diffuusiopolitiikka?	71
6.3	Tiedon hallintaoikeus ja kansallinen teknologiapolitiikka	72
	Lähdeluettelo	77
	Liitteet	82

## YHTEENVETO

Pienten maiden yrityksille muilta yrityksiltä, toimialoilta tai ulkomailta hankittu teknologia on usein tärkeämpää kuin niiden oman tutkimus- ja kehitystoiminnan tulokset. Oma tutkimustoiminta on kuitenkin yleensä välttämätöntä, jotta muualla kehitettyä teknologiaa osattaisiin tehokkaasti hyödyntää. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan välittömien ja välillisten teknologiapanosten käyttöä ja niiden vaikutuksia tuottavuuskehitykseen Suomen teollisuustoimialoilla 1980-luvulla. Välittömällä teknologiapanoksilla tarkoitetaan yritysten omaa tutkimus- ja kehitystoimintaa. Välillisistä teknologiapanoksista tarkastellaan koti- ja ulkomaisiin välituotteisiin ja investointitavaroihin sisältyviä teknologiapanoksia sekä ns. tahattomia teknologiavirtoja (technological spillovers). Välillisten teknologiapanosten käytössä on kyse teknologian diffuusiosta. Tavoitteena on ollut myös tarkastella teknologian diffuusion merkitystä yleisemmin pienen maan ja teknologiapolitiikan kannalta. Yritysten oman tutkimustoiminnan vaikutuksista niiden tuottavuuden, kannattavuuden jne. kehitykseen on olemassa laaja kansainvälinen kirjallisuus. Myös ETLAssa on aikaisemmin tehty useita tutkimuksia T&K-toiminnan tuottavuusvaikutuksista. Tässä tutkimuksessa tarkastelua on laajennettu ottamalla mukaan myös muiden teknologiapanosten käyttö ja niiden vaikutukset.

Tutkimuksen toisessa luvussa tarkastellaan teknologian diffuusion analysointiin liittyvien käsitteiden sisältöä: tutkimus- ja kehitystoimintaa, teknologian tarjoamia mahdollisuuksia, tuote- ja prosessi-innovaatioita, tahattomia teknologiavirtoja ja tiedon ja tutkimustulosten hallintaoikeutta (appropriability). Näistä tahattomat teknologiavirrat ja tiedon hallintaoikeus ovat erittäin keskeisiä välillisten teknologiapanosten merkityksen hahmottamisessa.

Kolmannessa luvussa esitellään keskeisiä aikaisempia tutkimustuloksia välittömien ja välillisten teknologiapanosten vaikutuksista. Neljäs luku sisältää arviot tahattomista teknologiavirroista Suomen teollisuudessa vuosina 1985 ja 1989. Näiden arvioiden pohjana on käsitys, että samoilla teknologia-alueilla tutkimusta tekevät yritykset hyötyvät tahattomien teknologiavirtojen muodossa eniten toistensa tutkimustuloksista. Tahattomat teknologiavirrat syntyvät siten, että osa tutkimus- ja kehitystoiminnan tuloksista siirtyy myös muiden kuin niiden tuottajien

käytettäväksi, ilman että niiden luovuttajat tai lähettäjät olisivat tähän pyrkinet ja että niistä saataisiin jokin vastike. Vuotta 1989 koskevan arvion mukaan merkittäviä tahattomia teknologiavirtoja muille toimialoille tuottavat mm. elektronisten piirien ja tietoliikennevälineiden valmistajat, massan, paperin ja paperituotteiden, puutavaran ja puutuotteiden sekä metallituotteiden valmistajat. Tulosten mukaan tahattomia teknologiavirtoja koskeviin arvioihin vaikuttaa ratkaisevasti se, miten yksityiskohtaisia tietoja mm. yritysten T&K-toiminnasta on käytettävissä.

Tutkimuksen viidennessä luvussa tarkastellaan eri teknologiapanosten vaikutuksia teollisuustoimialojen kokonaistuottavuuden ja työn tuottavuuden kehitykseen. Tavoitteena oli saada selville toisaalta yritysten oman tutkimuspanoksen ja toisaalta välillisten teknologiapanosten suhteellinen merkitys. Tutkimustehtävä osoittautui oletettua monimutkaisemmaksi, eikä tämän tutkimuksen tulosten perusteella vielä voida tehdä lopullisia johtopäätöksiä. Tulosten mukaan näyttää kuitenkin selvältä, että yritysten oma tutkimustoiminta parantaa toimialoittaista kokonaistuottavuuden ja työn tuottavuuden kehitystä. Muut teknologiapanokset näyttävät vaikuttavan vuorovaikutuksessa oman tutkimuspanoksen kanssa. Mahdollisesti positiivisia vaikutuksia tuottavuuteen havaittiin tahattomiin teknologiavirtoihin sekä kotimaisiin välipanoksiin ja ulkomaisiin pääomapanoksiin sisältyvällä teknologialla. Näiden vuorovaikutussuhteiden monimutkaisuuden vuoksi välillisten teknologiapanosten vaikutusten suuruutta ei kuitenkaan voitu tässä käytetyillä menetelmillä ja aineistoilla riittävän täsmällisesti osoittaa. 1980-luvun alku- ja jälkipuoliskolla eri teknologiapanokset näyttävät vaikuttaneen eri tavoin. Jonkinlaisia viitteitä saatiin siitä, että yritysten oma T&K-toiminta olisi vuosikymmenen loppupuoliskolla alkanut tuottaa parempia tuloksia - parantaa enemmän kokonaistuottavuutta - kuin 1970-luvulla ja 1980-luvun alussa. Tämä on aikaisemmista tutkimustuloksista poikkeava tulos ja merkitsee, että tutkimuspanostus vaatii varsin suurta pitkäjänteisyyttä, ja tulokset näkyvät osittain vasta, kun tutkimuspääomakantaa on kertynyt riittävästi. Toisaalta on muistettava välillisten ja välittömien teknologiapanosten vuorovaikutus: on hyvin ilmeistä, että yksinään ei kumpikaan riitä, vaan ne täydentävät toisiaan.

Tutkimuksen kuudennessa luvussa tarkastellaan teknologiapolitiikan mahdollisuuksia pienen ulkomaankaupasta riippuvaisen maan kannalta. Näihin mahdollisuuksiin vaikuttavat koko talouden ja erilaisten

instituutioiden toimintakyky sekä toisaalta kauppaa- ja kilpailupolitiikan asettamat vaatimukset. Koska pieni maa on erityisen riippuvainen muualla kehitetystä teknologiasta, teknologian diffuusion edistäminen on erittäin keskeistä. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella yritysten oman tutkimustoiminnan ja diffuusion vuorovaikutuksen tärkeys ja niiden komplementaarisuus saa voimakasta vahvistusta. Näin ollen molempien samanaikainen edistäminen on Suomen kaltaisen maan etujen mukaista.



# 1 JOHDANTO: TEKNOLOGISEN KEHITYKSEN LÄHTEET<sup>1)</sup>

Pienen maan yritysten kannalta on usein ratkaisevan tärkeätä, miten hyvin ne pystyvät hyödyntämään ja soveltamaan omiin tarpeisiinsa muualla kehitettyä teknologiaa. Monilla toimialoilla merkittävä osa teknisestä kehityksestä saadaankin käyttöön erilaisten liiketoimien kautta: uutta teknologiaa sisältyy tuotannossa käytettäviin pääomatavaroihin ja välituotteisiin, tai sitä hyödynnetään hankkimalla käyttöoikeuksia esimerkiksi lisenssi- sopimusten välityksellä. Teknologian diffuusio (leviäminen) voi myös tapahtua ilman liiketoimia ja enemmän tai vähemmän organisoidusti: koulutuksen, työharjoittelun ja muun tekemällä oppimisen (learning by doing) kautta sekä erilaisen muun tiedonvälityksen ja henkilökontaktien kautta. Osa viimeksi mainituista leviämistavoista syntyvät tahattomien teknologia- virtojen (technological spillovers) tuloksena.

Teknologian diffuusio on määritelty ja sitä on kuvailtu hyvin monin tavoin sekä taloustieteessä että monilla muilla tieteen aloilla. Tässä tutkimuksessa näkökulma on kuitenkin lähinnä taloustieteellinen.

Yleisesti diffusiolla tarkoitetaan prosessia, jossa innovaatio leviää lähtöpaikastaan, esimerkiksi innovaatiokeskuksista mahdollisille käyttäjille (Hölttä 1989). Stonemanin (1983) mukaan innovaatio leviää diffuusion välityksellä laajasti markkinoille (across the market).

Metcalfen (1988) mukaan innovaatioiden diffuusiosta on kyse prosessista, jonka avulla uusia teknologian muotoja integroidaan talouteen, jotta aikaansaataisiin muutoksia sen rakenteissa.

Teknologian diffuusio on laajempi käsite kuin teknologian siirto (technology transfer), joka määritellään tässä tarkoittamaan yksinomaan eri maiden välillä tapahtuvaa ja tietoihin toimenpiteisiin perustuvaa teknologian siirtymistä joko sen kehittäjiltä tai aikaisemmilta käyttäjiltä sen myöhemmin käyttöön ottaville käyttäjille. Diffuusio puolestaan voi toteutua paitsi eri maissa olevien talousyksiköiden välillä, myös yhdessä maassa saman tai useamman eri toimialan talousyksiköiden välillä. Se voi tapahtua tarkoi-

1) Kiitän Pekka Ylä-Anttilaa tutkimuksen eri vaiheissa saaduista hyödyllisistä kommentteista.

tuksellisesti ja liiketoimien kautta (esimerkiksi ostettujen koneiden ja kulu-tustavaroiden muodossa), mutta myös ainakin osaksi ohjaamattomana prosessina esimerkiksi yleisen tiedonkulun ja henkilökontaktien kautta.

Yritysten omaa tutkimus- ja kehitystoimintaa voidaan luonnehtia välittömien teknologiapanosten käytöksi ja muita edellä mainittuja teknologian välittymismekanismeja - liiketoimiin perustuvan teknologian käyttöä ja muuta teknologian diffuusiota - välillisten teknologiapanosten käytöksi (ks. kuvio 1). Välittömien teknologiapanosten vaikutuksista yritysten tuottavuuden, kannattavuuden yms. suorituskykyä kuvaavien muuttujien kehitykseen on olemassa laaja kansainvälinen kirjallisuus. Myös Suomessa, erityisesti ETLAssa on tutkittu T&K-toiminnan vaikutuksia tuottavuuteen (esim. Wyatt 1983, Vuori 1984 ja Vuori 1992). Välillisten teknologia-panosten vaikutuksia sen sijaan Suomessa ei aikaisemmin ole tutkittu.

Viime vuosina on useissa maissa kiinnostuttu yhä enemmän myös välillisen tutkimuspanostuksen vaikutuksista, ja sen merkityksen on useissa tutkimuksissa todettu olevan jopa paljon suurempi kuin yritysten itsensä suorittaman tutkimustoiminnan vaikutukset. Tällainen tulos on tärkeä paitsi yri-

### **Kuvio 1. Tuotantoon sisältyvän teknologian lähteet**

Välittömät teknologiapanokset	Välilliset teknologiapanokset
-------------------------------	-------------------------------

Lopputuotteiden valmistajan suorittama T&K	Välipanoksiin sisältyvä teknologia - Kotimaiset välipanokset - Tuodut välipanokset  Pääomapanoksiin sisältyvä teknologia - Kotimaiset pääomapanokset - Tuodut pääomapanokset  Muu liiketoimiin perustuva teknologia (patentit, lisenssit ym.)  Muu teknologian diffuusio - Tahattomat teknologiavirrat - Koulutus, oppiminen jne,
--	--

tysten myös teknologiapolitiikan kannalta: mikäli teknologian diffuusio osoittautuu merkittävämmäksi teknistä kehitystä ja yritysten menestymistä vauhdittavaksi tekijäksi kuin niiden oma tutkimustoiminta, diffuusion edis-täminen eri keinoin nousee keskeiseksi teknologiapoliittiseksi tavoitteeksi. Selvää on kuitenkin, että oma tutkimus ja diffuusio eivät ole toisensa poissulkevia vaihtoehtoja, vaan myös diffuusion, ts. muualla kehitetyn teknologian tehokas hyväksikäyttö edellyttää osaamista, jonka kehittämisessä oma tutkimus ja teknologisen kehityksen seuraaminen on keskeistä.

## 1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja sisältö

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan eri teknologiapanosten käyttöä ja niiden vaikutuksia yritysten tuottavuuskehitykseen Suomen teollisuustoimialoilla sekä teknologian diffuusion merkitystä yleisemmin pienen maan ja erityisesti Suomen kannalta. Tavoitteena on myös tarkastella diffuusiota teknologiapolitiikan kannalta.

Raportti pohjautuu pääosin kolmeen aikaisempaan selvitykseen, joiden keskeiset tulokset on tässä koottu yhteen. Näistä yhdessä käsitellään teknologian diffuusion analysointiin liittyviä käsitteitä ja muualla saatuja tutki- mustuloksia eri teknologiapanosten vaikutuksista (Vuori 1991b,

tässä tutkimuksessa luvut 2 ja 3), toisessa tahattomia teknologiavirtoja Suomen teollisuudessa (Vuori 1993, tässä luku 4) ja kolmannessa laajemmin teollisuustoimialojen välisiä teknologiakytkentöjä ja erityisesti välittömien ja välillisten teknologiapanosten vaikutuksia yritysten tuottavuuskehitykseen (Vuori 1994, tässä luku 5). Tutkimuksen kuudennessa luvussa analysoidaan teknologiapolitiikan mahdollisuuksia pienen avoimen talouden kannalta.

## 2 TEKNOLOGIAN DIFFUUSION ANALYSOINTIIN LIITTYVÄT KÄSITTEET

Tässä luvussa käydään läpi muutamia teknologian diffuusion analysoinnissa usein tarvittavia keskeisiä käsitteitä. Ensisijaisena tarkoituksena on luonnehtia ja selventää näiden käsitteiden sisältöä eikä niinkään esittää tyhjentävää katsausta näiden käsitteiden käyttöön eri tutkimuksissa. Lisäksi ehdotetaan suomenkielisiä vastineita muutamalle englanninkieliselle alueen kirjallisuudessa tiuhaan käytetylle käsitteelle (technological opportunity, appropriability, spillovers), joille ei ole vakiintunut sopivia käännöksiä. Ongelman ydin näkyy näissäkin ehdotuksissa: suhteellisen lyhyen englanninkielisen termin joutuu yleensä "kääntämään" käyttäen useampaa suomen kielen sanaa, mikäli haluaa välittää termin oleellisen sisällön.

### 2.1 Tutkimus- ja kehitystoiminta

Tilastokeskuksen mukaan "tutkimuksella ja kehittämisellä (tutkimus- ja kehittämistoiminta, T&K) tarkoitetaan systemaattista toimintaa tiedon lisäämiseksi ja tiedon käyttämistä uusien sovellusten löytämiseksi. Tutkimukseen ja kehittämiseen sisällytetään perustutkimus, soveltava tutkimus ja kehittämistyö." (Tiede ja teknologia 1989, s. 17)

Tilastokeskus on tilastoinut Suomen tutkimustoimintaa joka toiselta vuodelta vuodesta 1971 lähtien, ja kansainvälisiä vertailuja voidaan tehdä OECD:n keräämien tietojen avulla. Kyselytutkimuksena tehtäviin tilastoihin liittyy mm. se epävarmuustekijä, että tutkimus- ja kehittämistoiminnaksi luettavan toiminnan rajaaminen jää lopulta vastaajan tulkinnan varaan, koska täysin yksiselitteistä määrittelyä siitä ei voida antaa.

Yleisesti ajatellaan, että tutkimus- ja kehitystoiminnan tarkoituksena on lähinnä tuottaa tuote- ja prosessi-innovaatioita tai ainakin olemassaolevien tuotteiden ja valmistusmenetelmien parannuksia. On kuitenkin luultavaa, että hyvin monissa yrityksissä pyritään lisäksi, joskus ehkä myös yksin- omaan muihin tavoitteisiin. Esimerkiksi Cohen ja Levinthal (1989) tarkastelevat mallia, jossa tutkimus- ja kehitystoiminnalla on kaksi tarkoitusta: innovaatioiden tuottamisen lisäksi pyritään parantamaan yrityksen kykyä omaksua ja käyttää hyväkseen olemassaolevaa tietoa. Monilla aloilla tekninen kehitys onkin

niin nopeaa, että mahdollisuudet muualla kehitetyn teknologian hyödyntämiseen saattavat edellyttää mittavaa omaa tutkimuspanosta. Lisäksi esimerkiksi julkisesti noteerattavilla yrityksillä suuri tutkimuspanostus saattaa olla tärkeä osa imagon rakentamista.

## **2.2 Teknologian tarjoamat mahdollisuudet (technological opportunity)**

Teknologian tarjoamat mahdollisuudet (technological opportunity) vaikuttavat toisaalta tutkimus- ja kehitystoiminnan määrään ja sisältöön ja toisaalta teknologian käytön kautta yrityksen suorituskykyyn. Cohen ja Levin (1989) toteavat, että neoklassisen tuotantoteorian puitteissa teknologian tarjoamilla mahdollisuuksilla tarkoitetaan sellaista tuotantomahdollisuuksien joukkoa, joilla tutkimusresurssit voidaan muuntaa uusiksi tavanomaisia tuotantopanoksia käyttäviksi tuotantotekniikoiksi. Siten joissakin tarkasteluissa näitä mahdollisuuksia on kuvattu yhdellä tai useammalla parametrilla tuotantofunktiossa, joka liittää tutkimusresurssit tietämysvarannon muutoksiin, ja tietämysvaranto on argumenttina tavanomaisten tuotantopanosten ohella varsinaisessa tuotantofunktiossa (esim. Griliches 1979).

Toisaalla taas teknologian tarjoamia mahdollisuuksia kuvataan yksikkökustannusten joustolla tutkimusmenojen suhteen, innovaatiomahdollisuuksien käyrän sijainnin määräävänä siirtymäparametrina tai sellaisen käyrän sijainnin määräävänä siirtymäparametrina, joka kuvaa T&K-hankkeen vaatiman ajan ja kustannusten välistä korvattavuutta. Teknologisia mahdollisuuksia kuvaavia parametreja koskevat empiiriset tulokset ovat toistaiseksi melko niukkoja. Parempia tuloksia on saavutettu luokittelemalla toimialo- ja niiden teknologisen läheisyyden perusteella, jolloin jo pientäkin määrää luokkia käyttämällä on voitu selittää huomattava osa esimerkiksi patentointitoiminnan ja tutkimusintensiteetin vaihteluista (Cohen ja Levin 1989; ks. myös tämän tutkimuksen lukua 3.2).

Cohenin ja Levinthalin (1989) artikkelissa teknologian tarjoamilla mahdollisuuksilla tarkoitetaan sitä, miten suurin kustannuksin yritys voi tietyllä toimialalla saavuttaa teknologista edistymistä. Heidän tarkastelemassaan mallissa (ks. myös kohta 2.1 edellä) teknologiset mahdollisuudet määräytyvät tällöin kahden tekijän kautta: toimialan sisäisen teknologisen tiedon määrän sekä sen pohjalta, missä määrin uusi tieto parantaa yrityksen tuotantoprosessien tai tuotteiden teknologista

suorituskykyä. Jaffe (1986) tarkentaa näillä mahdollisuuksilla innovaatioiden tekemisen kustannusten ja vaikeusasteen eksogeenisia vaihteluita eri teknologia-alueilla. Nämä vaihtelut voivat aiheutua tietyn teknologian ominaisuuksista tai ulkopuolisen teollisen tiedon tilasta tietyllä hetkellä.

### **2.3 Tuote- ja prosessi-innovaatiot**

Teknologinen muutos voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: keksintö, innovaatio ja diffuusio. Näistä keksintö on uutta paranneltua laitetta, tuotetta, prosessia tai järjestelmää koskeva idea tai malli, joka ei välttämättä johda tekniseen innovaatioon. Taloudelliselta kannalta innovaatio on toteutunut vasta silloin, kun tapahtuu ensimmäinen uutta tuotetta, prosessia, järjestelmää tai laitetta koskeva liiketoimi. Teknologian diffuusio tapahtuu vasta keksintö- ja innovaatiovaiheiden jälkeen (ks. Stoneman 1983, s. 8).

Tuote-innovaatioiden avulla voidaan kehittää uusia tai paranneltuja tuotteita, kun taas prosessi-innovaatiot koskevat tuotantomenetelmien kehittämistä ja uudistamista. Näitä erityyppisiä innovaatioita on luonnehdittu myös niin, että tuote-innovaatiot luovat uutta kysyntää ja prosessi-innovaatiot vähentävät kustannuksia (ks. esim. Stoneman 1983, s. 34). Tämä ei kuitenkaan ole yksiselitteinen luokittelu, koska nämä ominaisuudet voidaan usein liittää molemmantyyppisiin innovaatioihin. Lisäksi tuote-innovaatioon voi liittyä myös tuotteen valmistusprosessin kehittäminen, joten näiden innovaatiotyyppien erottelu ei aina ole mahdollista.

### **2.4 Tahattomat teknologiavirrat (technological spillovers)**

Tahattomat teknologiavirrat (technological spillovers) on diffuusiotutkimuksen avainkäsitteitä. Mohnen (1989) toteaa, että tahattomia teknologiavirtoja syntyy, koska tutkimus- ja kehitystoiminnan tuotoksia ei aina pystytä pitämään yksinomaan omassa hallussa, vaan osa tuloksista "vuotaa" muille talousyksiköille, ts. tutkimustuloksiin liittyy epätäydellinen hallintaoikeus ("Spillovers arise because the returns of R&D are not always entirely appropriable"; ks. myös kohta 2.5). Tahattomuus liittyy näiden virtojen lähteeseen; sen sijaan niiden

vastaanottaja saattaa olla aktiivinen niiden hankinnassa. Tahattomat teknologiavirrat voidaan jakaa hyvinvointia lisääviin ja tietoa lisääviin virtoihin. Näistä edelliset aiheutuvat siitä, että laadunparannukset eivät näy täysimääräisinä kuluttajien ostamien lopputuotteiden tai tuottajien ostamien välituotteiden yms. hinnoissa, vaan he saavat osan teknologisesta kehityksestä aiheutuvasta hyvinvoinnin lisäyksestä "ilmaiseksi". Lisäksi esimerkiksi kokonaistuottavuuden kehitystä laskettaessa ainakin osa laadunparannuksista jää yleensä ottamatta huomioon hintaindekseissä, jolloin todellinen tuottavuuskehitys tulee aliarvioituksi (ks. Mohnen 1989). Griliches (1979) puhuukin tässä yhteydessä lähinnä mittausongelmista aiheutuvista virroista.

Tietoa lisäävät tahattomat teknologiavirrat puolestaan aiheutuvat siitä, että yhden yrityksen tai sektorin tekemä tutkimus- ja kehitystyö hyödyttää myös muita yrityksiä samalla tai muilla sektoreilla kotimaassa ja ulkomailla, koska luotuun tietoon ei liity täydellistä hallintaoikeutta tai yksinoikeutta (perfect appropriability). Griliches (1979) tarkoittaa todellisilla tahattomilla teknologiavirroilla (tai "puhtailla" tietoa lisäävillä tahattomilla teknologiavirroilla) lähinnä tietyn toimialan tutkimusryhmien toiselta toimialalta "lainaamia" tutkimustuloksia.

Hyvinvointia lisääviä ja tietoa lisääviä teknologiavirtoja ei aina voida erottaa toisistaan (Mohnen 1989). Cohen ja Levinthal (1989) tarkoittavat tahattomilla teknologiavirroilla mitä tahansa alkuperäistä ja arvokasta tutkimusprosessissa luotua tietoa, joka tulee julkisesti saataville, olipa se sitten jonkin innovaation täydellisesti kuvaavaa tietoa tai luonteeltaan välillisempää tietoa. Tahattomien teknologiavirtojen ja niiden vaikutusten mittaamista käsitellään kappaleessa 3.2.

## **2.5 Tiedon ja tutkimustulosten hallintaoikeus (appropriability)**

Tutkimustuloksilla, kuten muullakin tiedolla, on osaksi julkishyödykkeen luonne: yleensä luotua tietoa ei voida ainakaan kovin pitkään pitää vain sen tuottajan hallinnassa, vaan se leviää vähitellen myös muiden käyttöön eri kanavia pitkin. Julkishyödykkeen luonteeseen kuuluu, että sen käyttäjien lukumäärän lisääminen ei sinänsä merkitse sitä, että aikaisemmat käyttäjät joutuisivat siitä luopumaan, vaan sitä voidaan yleensä "monistaa" monien käytettäväksi. Tutkimustulokset ja tieto yleensä voivat levitä osaksi kaupallisten kanavien välityksellä, mutta osa leviämisestä on tahatonta (ks. edellä kohtaa 2.4) ja tapahtuu ilman



vastiketta, ts. vallitsee epätäydellinen tiedon hallintaoikeus (imperfect appropriability). Tiedon leviämiskanavia ovat esimerkiksi työntekijöiden siirtymiset toisiin yrityksiin, yritysten omistusjärjestelyt, eriasteinen teollisuusvakoilu, julkaisut, patenttihakemukset ja konferenssit (Mohnen 1989). Tiedon ominaisuuksia sekä tiedon hallintaoikeuteen liittyviä kysymyksiä tarkastellaan mm. Arrow'n (1962) usein siteeratussa artikkelissa.

Nyky-suomen sanakirjan mukaan (2. painos, WSOY 1957) hallintaoikeudella tarkoitetaan (varsinkin lakitieteessä) oikeutta pitää hallussaan ja käyttää jotakin esinettä sekä nauttia sen tuottoa; hallinnalla tarkoitetaan mm. esineen tosiasiallista hallussa pitämistä tai ainakin mahdollisuutta siihen sekä tosiasiallista välitöntä määräämisvaltaa esineeseen. Myös tutkimustulosten hallintaoikeuteen liittyy oleellisesti mahdollisuus päättää tulosten käytöstä ja mahdollisesta myymisestä muiden käyttöön, joskaan sitä ei ole samalla tavoin säädelty lainsäädännössä kuin esineisiin ja yleensä reaaliomaisuuteen liittyvää hallintaoikeutta.

Yleensä ajatellaan, että jonkinasteinen hallintaoikeus tai ääritapauksessa yksinoikeus on olennainen motiivi uuden tiedon ja tutkimustulosten tuottamiseen. Tästä syystä länsimaisissa yhteiskunnissa pyritään erilaisten immateriaalioikeuksien (esim. patenttien) avulla turvaamaan tiedontuottajien motivaation (ts. taloudellisten kannustimien) säilyminen, siitä huolimatta että tiedon ja tutkimustulosten mahdollisen varhainen leviäminen olisi sinänsä yhteiskunnan jäsenten hyvinvoinnin kannalta suotavaa. Patentit ja vastaavat järjestelmät ovat siis eräänlainen kompromissi liiketaloudellisten ja yhteiskunnallisten intressien välillä. Patentin voimassaoloaika pitäisi siten pyrkiä valitsemaan siten, että keksinnöstä aiheutuvat kansantaloudelliset tuotot olisivat mahdollisimman suuret, ilman että taloudelliset kannustimet sen tuottamiseen häviävät. Patenttien lisäksi keksintöön liittyvää "omistusoikeutta" voidaan pyrkiä ylläpitämään myös muiden keinojen avulla. Tällaisia ovat salailu, oppimiseen liittyvät edut, tuotemerkkiin kohdistuva uskollisuus, muut reaktiiviiveet tai merkittävät alalietulon esteet, joiden avulla keksijä voi ainakin viivästyttää muiden mahdollisuuksia pienentää hänen monopolivoittojaan. (Ks. Stoneman 1983, s. 15-16.)

Levin, Klevorick, Nelson ja Winter (ks. Levin ym. 1987) ovat tehneet laajan kyselytutkimuksen, jossa selvitettiin tutkimustulosten hallintaoikeuden syntymisen edellytyksiä ja mekanismeja Yhdysvalloissa

yli sadalla toimialalla. Heidän mukaansa hallintaoikeuden tasossa ja sen aikaansaavissa mekanismeissa on huomattavia eroja toimialojen välillä. Näin ollen esimerkiksi teknologiapolitiikan vaikutuksia tulisi tarkastella toimialatasolla.

Tiedon hallintaoikeus ja tahattomat teknologiavirrat kietoutuvat käsitteinä ja käytännössä läheisesti toisiinsa: tahattomien teknologiavirtojen voimistuminen vastaa tiedon hallintaoikeuden heikkenemistä. Tällöin näitä virtoja mitataan esim. sillä osuudella yrityksen tutkimus- ja kehitysmenoista, jota sen kilpailijat käyttävät tehokkaasti hyväkseen (Levin 1988, s. 424).

Ns. uusien kasvuteorioiden yhteydessä puhutaan usein siitä, että teknologinen tieto on jaettavissa olevaa (non-rivalrous) ja rajoitetusti omistettavissa oleva (partially excludable; ks. esim Romer 1990). Jaettavuus merkitsee sitä, että tietoa voidaan jakaa useille käyttäjille ilman merkittäviä lisäkustannuksia ja ilman että joku joutuisi siitä luopumaan. Rajoitettu omistettavuus on puolestaan hyvin lähellä imperfect appropriability -käsitettä.

### **3 TUTKIMUSTULOKSIA TEKNOLOGIAPANOSTEN VAIKUTUKSISTA - KIRJALLISUUS- KATSAUS**

#### **3.1 Välittömät teknologiavaikutukset: yritysten ja muiden tutkimusyksiköiden oman tutkimustoiminnan vaikutus tuottavuuteen**

Yritysten oman tutkimustoiminnan vaikutuksia erityisesti kokonaistuottavuuden kehitykseen on 1960-luvun alkupuolelta lähtien analysoitu varsin paljon. Klassisia ja paljon siteerattuja tämän aihepiirin analyyssejä ovat mm. eräät Zvi Grilichesin ja Nestor Terleckyjn artikkelit (ks. esim. Griliches (1980) ja Terleckyj (1980)). Tarkastelu on yleensä suoritettu kehikossa, jossa tavanomaisten tuotantopanosten lisäksi tutkimuspääomakanta on tuotantopanoksena tuotantofunktiossa. Näistä lähtökohdista on johdettu malli, jossa kokonaistuottavuuden muutoksia selitetään joko tutkimuspääomakannan muutoksella tai tutkimusintensiivisyydellä (tutkimusmenot tuotantoon suhteutettuina). Empiiriset analyysit on tehty joko yritys- tai toimiala-aineistoilla. Yleisenä johtopäätöksenä näistä tutkimuksista on varsinkin aiemmin ollut, että tutkimustoiminnan tuottoaste on varsin korkea, usein suuruusluokkaa 20-80 %. Taulukkoon 1 on koottu eräitä yritysten oman tutkimustoiminnan vaikutuksia koskevia tutkimuksia. Tulokset näyttävät kuitenkin varsin paljon riippuvan mm. muuttujien mittaustavasta ja käytetystä aineistosta. Useissa tutkimuksissa on myös todettu, että kansantaloudellinen tuottoaste, jossa näkyy ainakin osa tutkimustulosten leviämisen vaikutuksista toimialan sisällä, on usein selvästi korkeampi kuin liiketaloudellinen tuottoaste. Monissa artikkeleissa ja selvityksissä on referoitu tämän tutkimusalueen keskeisiä tuloksia. Esimerkiksi Link (1987) sisältää katsauksen alueen kirjallisuuden luokiteltuna siltä pohjalta, mitä periodia kussakin tutkimuksessa käsitellään. Tämä johtuu siitä, että 1950- ja 1960-lukuja koskevilla aineistoilla on yleensä saatu sentyyppisiä tuloksia, että yritysten tutkimustoiminnan ja tuottavuuden kasvun välillä vallitsee voimakas positiivinen

**Taulukko 1. Yritysten oman tutkimustoiminnan vaikutuksia koskevia tutkimuksia ja niiden tuloksia**

Tekijä(t)	Aineisto	Tuottoastearviot
Griliches 1980	USA, yritysaineisto	liiketaloudellinen tuottoaste n. 20-40 %
Terleckyj 1980	USA, toimialat	yksityisen sektorin rahoittamalla T&K:lla n. 25-40 %
Griliches & Lichtenberg 1984	USA, toimialat, aikasarjat + poikkileikkaus	yksityisen sektorin rahoittamalla T&K:lla n. 10-35 %
Vuori 1984	Suomi ja Ruotsi, toimialat, aikasarjat	osa välillä 1-70 %, osa negatiivisia
Vuori 1991	Suomi, Ruotsi, Norja; toimialat, aikasarjat	joustot enimmäkseen negatiivisia, osa 0.2-0.4 <sup>1)</sup>
Wyatt 1983	Suomi ja Ruotsi, toimialat, poikkileikkaus	20-40 %, Suomessa korkeampia
Goto & Suzuki 1989	Japani, yritysaineistot	20-80 %, keskimäärin n. 40 %

1) Kyseessä tuotannon jousto tutkimuspanoksen suhteen. Käytetyssä tarkastelukehikossa negatiivinen jousto merkitsee, että T&K:n tuotto on pienempi kuin kiinteän pääoman tuotto; sinänsä tuotto voi olla negatiivinen tai positiivinen.

riippuvuus. Sen sijaan myöhempiä ajanjaksoja koskevat tulokset ovat osittain ristiriitaisia. Eniten kysymystä T&K:n ja tuottavuuden välisestä riippuvuudesta on analysoitu Yhdysvaltoja koskevalla aineistolla. Esimerkiksi Griliches (1984) sisältää useita artikkeleita, joissa riippuvuutta on tutkittu joko yritys- tai toimialadatan avulla. 1970-lukua koskevat analyysit herättivät laajan keskustelun siitä, mikä oli hidastuneen tutkimustoiminnan kasvun osuus teollisuusmaissa tapahtuneeseen tuottavuuden kasvun voimakkaaseen hidastumiseen (ks. esim. Griliches (1980b) sekä Griliches & Lichtenberg (1984)). Arviot tämän osuuden suuruudesta ovat olleet luokkaa kymmenesosa-kolmasosa. Tällöin esitettiin myös, että merkitystä ei ole vain tutkimusmenojen tasolla, vaan myös tutkimustoiminnan tuottavuus on saattanut alentua. Yhtenä selityksenä tutkimustoiminnan heikompaan tuottoon 1970-luvun alkupuolella on pidetty sitä, että teknologian tarjoamien mahdollisuuksien joukko olisi 1960-luvun loppuun mennessä tyhjentynyt - tietokoneita ja mikroelektroniikkaan perustuvia teknologioita lukuunottamatta - nopeammin kuin uusia mahdollisuuksia kyettiin luomaan. Useissa yritysaineistoon pohjautuvissa tarkasteluissa on kuitenkin todettu varsin

voimakas positiivinen riippuvuus T&K:n ja tuottavuuden välillä myös 1970-luvulla; tämä riippuvuus on yleensä ollut voimakkaampi poikkileikkausaineistoissa kuin aikasarjoissa (ks. Link 1987). Myöskään Schererin (1982) mukaan ei ole selvää näyttöä siitä, että 1970-luvun heikko tuottavuuskehitys olisi aiheutunut T&K-toiminnan rajatuottavuuden alenemisesta.

Tutkimustoiminnan laajuutta koskevien aggregaattilukujen heterogeenisuuden on epäilty - ja osin todettakin - olevan yhtenä syynä sille, että ei aina ole löydetty selvää positiivista riippuvuutta. Joissakin tutkimuksissa on todettu, että perustutkimuksen tuottoaste on ollut korkeampi kuin soveltavan tutkimuksen, minkä perusteella on mm. ehdotettu veroetujen myöntämistä perustutkimuksen tukemiseksi. Useissa tutkimuksissa prosessien kehittelyyn tähtäävä T&K on havaittu tuottoisammaksi kuin tuotteiden kehittelyyn tähtäävä. Tämä on ehkä tärkeä selitys tuottoasteita koskevien tulosten ristiriitaisuuteen, sillä monissa maissa valtaosa tutkimusmenoista kohdistetaan tuotteiden kehittelyyn. F.M. Scherer on myös esittänyt osittain patenttitilastoihin pohjautuvan toimialojen välisiä teknologiavirtoja (ks. myös luku 3.2) koskevan tutkimuksen yhteydessä tuloksen, että prosessi-T&K vaikutti yleensä samalla toimialalla, kun taas tuotekehittelyn tulokset levisivät käyttäjätoimialoille, mikä onkin odotusten mukainen tulos (ks. Scherer 1982 ja 1984 sekä Link 1987). Tämä puolestaan selittää osan mitattujen tuottoasteiden eroista ja samalla niiden alhaisuudesta.

Julkisen sektorin rahoittaman tutkimustoiminnan on useissa Yhdysvaltoja koskevissa tutkimuksissa todettu parantavan tuottavuutta tuskin lainkaan. Tämäkään tulos ei ole yksiselitteinen, ja esim. julkisen sektorin rahoittaman perustutkimuksen on todettu parantavan tuottavuutta selvästi enemmän kuin sen rahoittaman soveltavan tutkimuksen. Tämänäyttötyypiset tulokset ovat herättäneet keskustelua siitä, onko julkisin varoin rahoitettu tutkimus luonteeltaan yksityisen sektorin rahoittamaa tutkimusta korvaavaa tai syrjäyttävää vai sitä täydentävää. Esimerkiksi Link toteaa, että joskin julkinen rahoitus voi nostaa tutkimusmenojen kokonaistasoa, se voi myös alentaa yritysten rahoittaman tutkimustoiminnan tuottavuutta (Link 1987).

Suomessa yritysten tutkimustoiminnan ja kokonaistuottavuuden kehityksen välisiä yhteyksiä on toimialatasolla tutkittu lähinnä Elinkeinoelämän Tutkimuslaitoksessa. Suomen teollisuutta koskevan aineiston lisäksi on tarkasteltu myös Ruotsin ja Norjan teollisuutta (ks. Wyatt 1983, Vuori 1984, 1986 ja 1991). Aikasarja-analyysin perusteella

riippuvuus tutkimustoiminnan ja tuottavuuden välillä ei näytä keskimäärin olevan kovin voimakas muissa maissa saatuihin tuloksiin verrattuna, joskin toimialojen välillä on selviä eroja tuottoasteiden suuruudessa (ks. Vuori 1984 ja 1992). Onkin ilmeistä, että Suomen kaltaisessa maassa oma tutkimustoiminta on yrityksille välttämätön muttei riittävä keino teknologisen kehityksen hyödyntämisessä; selvästi tärkeämpiä keinoja näyttävät olevan teknologian diffuusion mahdollistama osaaminen ja soveltamisen taito (Vuori 1992).

## **3.2 Välilliset teknologiavaikutukset: ostettu teknologia ja muu teknologian diffuusio**

Välilliset teknologiavaikutukset voivat olla tarkoituksella aikaansaatuja, jolloin ne yleensä perustuvat erilaisiin liiketoimiin. Tällaisia ovat esimerkiksi koneiden ja laitteiden sekä välituotteiden hankinnat, jolloin hankittujen hyödykkeiden ohella käyttöön saadaan vaihtelevassa määrin niihin sisältyviä teknologian tai tuotteiden kehittypanostuksen tuloksia. Teknologista tietämystä voidaan ostaa myös muissa muodoissa (esim. patentit ja lisenssit). Toisaalta välilliset teknologiavaikutukset voivat olla myös tahattomia: teknologiavirtoja syntyy yksilöiden, yritysten tai toimialojen välillä osittain ilman tietoisia pyrkimyksiä niiden luomiseen. Tämä liittyy luvussa 2 käsiteltyyn tiedon hallintaoikeuden epätäydellisyyteen: huolimatta siitä, että eri yksiköille yleensä olisi kannattavampaa pitää tuottamansa tutkimustulokset omana tietonaan, tieto niistä leviää ennemmin tai myöhemmin eri väyliä pitkin hyödyttämään myös muita. Seuraavassa tarkastellaan liiketoimiin perustuvien teknologiavirtojen osalta ostettuihin välituote- ja pääomapanoksiin sisältyvän teknologian vaikutuksia koskevia tutkimuksia sekä toisaalta tahattomien teknologiavirtojen vaikutuksia koskevia tutkimuksia. Näistä edellisiä koskeva suppea tiivistelmä on esitetty taulukossa 2 ja jälkimmäisiä koskeva taulukossa 3.

### **3.2.1 Ostettuihin välituote- ja pääomapanoksiin sisältyvä teknologia**

Jacob Schmooklerin (1966) katsotaan olleen ensimmäisiä, joka esitti, että tekniseen kehitykseen liittyvä parempi menestyminen voi olla seurausta

**Taulukko 2. Väli- ja pääomapanoksiin sisältyvää teknologiaa koskevia tutkimuksia ja niiden tuloksia**

Tekijä(t)	Aineisto	Tuottoastearviot
Scherer 1982 ja 1984	USA, yritys- ja toimiala-aineisto (panos-tuotostaulukot, patenttitiedot)	ostetuilla panoksilla ja prosessien kehittälyllä korkea (70-100%), tuotekehityksellä alhainen
Griliches & Lichtenberg 1984b	USA, toimiala-aineisto	käyttäjän teknologiapanoksilla korkeampi kuin tuotekehityksellä
Terleckyj 1980	USA, toimiala-aineisto (panos-tuotos)	ostetuilla panoksilla korkeampi kuin omalla T&K:lla
Sveikauskas 1981	USA, toimiala-aineisto	ostetuilla panoksilla korkea
Link 1983	USA, yritysaineisto (mm. kysely)	sekä ostetut panokset että oma tutkimus merkitseviä
Goto & Suzuki 1989	Japani, toimiala-aineisto (panos-tuotos)	ostettujen panosten tuottavuusvaikutus 3-kertainen omaan tutkimukseen verrattuna
Englander, Evenson & Hanazaki 1988	Japani, toimialat (keksinnöt ja T&K)	käyttäjän tutkimuspanos tärkeä

paitsi yrityksessä tai toimialalla tehdystä tutkimustyöstä, myös muualla suoritettusta ja toimialan yritysten ostamiin välituotteisiin sisältyvästä T&K-toiminnasta. Schmookler esitti menetelmän, jolla voidaan mitata tutkimustoiminnan tulosten siirtymistä tutkimusta tehneiltä toimialoilta niille toimialoille, jotka ostavat niiden tuotteita. Tältä pohjalta esim. Scherer laati Yhdysvaltoja koskevan toimialojen välisiä teknologiavirtoja kuvaavan matriisiin, jonka avulla voitiin tutkia ostettuihin tuotantohyödykkeisiin sisältyvän tutkimuspanoksen vaikutuksia toimialojen taloudelliseen suorituskykyyn. Hän käytti apunaan yksityiskohtaisia patenttitietoja sekä panos-tuotos -taulukoita jakeassaan tutkimusmenot uudelleen alkuperätoimialoilta käyttäjätoimialoille.

Schererin tulosten mukaan tutkimuspanosta sisältävien tuotteiden ostolla samoin kuin omalla prosessien kehittelytyöllä saavutettiin melko korkeita tuottoasteita, kun taas oma tuotekehitystyö ei tuottanut yhtä hyviä tuloksia. Myös Grilichesin ja Lichtenbergin (1984b) toimiala-aineistolla saamien tulosten mukaan "käyttäjän teknologiapanoksen", johon sisältyi sekä oma prosessienkehittely että ostettu teknologia, kertoimet olivat korkeampia kuin oman tuotekehittelypanoksen kertoimet. Sen sijaan Schererin tuloksista poiketen myös oman tuotekehittelyn vaikutus tuottavuuteen oli merkitsevä. Käyttäjän teknologiapanoksen komponenteista tärkeämpi oli oma prosessinkehittely (ks. Griliches ja Lichtenberg 1984b sekä Scherer 1982 ja 1984).

Samantyyppisistä lähtökohdista tutkimusta suorittivat 1970-luvulla ja 1980-luvun alkupuolella myös esim. Terleckyj (1980), Link (1983) ja Sveikauskas (1981). Terleckyjn mukaan ostettuihin pääoma- ja välipanoksiin sisältyvän teknologian vaikutukset toimialojen tuottavuuden kasvuun olivat selvästi suuremmat kuin niiden oman tutkimustoiminnan vaikutukset. Julkisen sektorin rahoittamalla tutkimustoiminnalla ei voitu osoittaa olevan välittömiä vaikutuksia tuottavuuteen. Globermanin (1980) mukaan Terleckyjn arvioimat tuottoasteet, joissa oli mukana sekä tutkimustoiminnan välittömät että välilliset vaikutukset, olivat selvästi korkeampia (100-110 %) kuin aikaisemmissa tutkimuksissa (30-60 %), joskin tulokset muuten ovat samansuuntaisia. Myös Sveikauskasin (1981) toimiala-aineistolla saamien tulosten mukaan pääomapanoksiin sisältyvän tutkimuspanostuksen tuottoasteet ovat varsin korkeita, ja lisäksi tutkimusintensiivisten toimialojen tuottamien pääomapanosten vaikutukset ovat voimakkaimpia. Link (1983) käytti yritys-kyselyyn perustuvia tietoja yritysten oman tutkimustoiminnan osuudesta niiden koko teknologiseen kehitykseen arvioidessaan ulkopuolelta tulevien teknologiavirtojen vaikutusta. Tulosten mukaan sekä ostettu teknologiapanos että oma tutkimustoiminta vaikuttivat merkitsevästi kokonaistuottavuuden kehitykseen. 1980-luvun jälkipuoliskolla kiinnostus toimialojen välisiä teknologiavirtoja kohtaan lisääntyi entisestään (esim. Jaffe 1986, Bernstein ja Nadiri 1988, Bernstein 1989, Goto ja Suzuki 1989). Panos-tuotos -aineistojen lisäksi myös uudemmissa tutkimuksissa on hyödynnetty patenttiaineistoja. Goton ja Suzukin (1989) artikkeli voidaan ottaa esimerkiksi ongelmakentän monimuotoisuudesta selvittäessä yritysten tutkimus- ja kehitystoiminnan vaikutuksia kokonaistuottavuuteen. Artikkelissa



pyritään ottamaan huomioon kolmenlaisia vaikutuksia: ensinnäkin yritysten oman T&K:n vaikutukset niiden omaan tuottavuuteen, toiseksi muilta toimialoilta ostettujen välituote- ja pääomapanosten sisältämän teknologian vaikutukset, ja kolmanneksi elektroniikkateollisuuteen liittyvien alojen muille toimialoille tuottamien tahattomien teknologiavirtojen vaikutukset. Näistä viimeksimainittuja tarkastellaan myöhemmin tässä luvussa tahattomia teknologiavirtoja koskevassa kohdassa.

Aineistona Goto ja Suzuki käyttävät Japania koskevia yritys- ja toimialakohtaisia tietoja. Oman tutkimustoiminnan vaikutuksista yritysaineistolla saadut tulokset ovat melko tavanomaisia muihin aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna; T&K:n tuottoasteet vaihtelivat toimialasta riippuen noin 20 ja 80 prosentin välillä ja olivat keskimäärin noin 40 %. Ostettuihin välituotteisiin ja pääomapanoksiin perustuvat teknologiavirrat arvioitiin toimialatasolla mm. panos-tuotostaulukoita hyväksikäyttämällä, ja ne saatiin painottamalla väli- ja pääomapanoksia tuottavien toimialojen tutkimusmenot näiden ostojen määrillä.

Tämän jälkeen kokonaistuottavuuden muutoksia selitettiin mallilla, jossa selittävinä muuttujina olivat oma tutkimusintensiivisyys (tutkimusmenot jaettuna tuotannon määrällä) sekä mainittu toimialalle tuleva teknologiavirta jaettuna tuotannon määrällä. 50 toimialaa käsittäneellä poikkileikkauksella neistolla saatujen tulosten mukaan molemmat selittäjät olivat merkitseviä, mutta panoksiin sisältyvän teknologiavirran vaikutus tuottavuuteen oli suuruudeltaan noin kolminkertainen oman tutkimustoiminnan vaikutuksiin verrattuna. Muiden aikaisempien tutkimusten tavoin nämäkin tulokset siis vahvistavat käsitystä, että tutkimustoiminnan kansantaloudellinen tuottoaste on yleensä selvästi suurempi kuin liiketaloudellinen tuotto.

Englander, Evenson ja Hanazaki (1988) tarkastelevat Kanadan osalta tutkimuspanoksen vaikutuksia sekä tutkimustulosten tuottajien että niiden käyttäjien kokonaistuottavuuteen toimialatasolla. He käyttävät apunaan Kanadan patenttiluokitusten pohjalta laadittuja "vastavuustaulukoita" (concordance matrices) keksintöjen sekä tutkimusmenojen jakautumisesta alkuperä- ja käyttäjätoimialoille, joiden pohjalta he laativat kullekin toimialalle tuottajan ja käyttäjän tutkimuspanoksista kertyvät tutkimuspääomakannat. Analyysissä oli mukana 7 maata ja 17 toimialaa, ja se koski pääosin vuosia 1970-83.

Teollisuuden osalta tutkimuspanoksen vaikutus kokonaistuottavuuteen käyttäjätoimialoilla oli voimakas seitsemällä toimialalla kahdeksasta.

Kemian ja koneteollisuudessa, joihin tutkimustoiminta on voimakkaasti keskittynyt, sekä käyttäjän että tuottajan tutkimuspanoksen vaikutus on merkittävä. Useiden vaihtoehtoisten mallikokeilujen pohjalta käyttäjän tutkimuspanoksen yhteys kokonaistuottavuuden kehitykseen näytti olevan selvempi kuin tuottajan. Toimialoittaiset vaihtelut tutkimuspanostuksessa selittivät suuremman osan tuottavuuden vaihtelusta kuin maittaiset erot. Tulosten perusteella oli myös pääteltävissä, että tutkimustoiminnan tuottomahdollisuudet olisivat alentuneet 1970-luvun öljykriisien jälkeen. Yhteistä edellä esitettyjen Kanadaa, Japania ja Yhdysvaltoja koskevien tutkimusten tuloksille on se, että niiden kaikkien mukaan välillisillä teknologiapanoksilla - välituotteisiin ja investointitavaroihin sisältyvällä teknologia - oli positiivinen vaikutus yritysten ja toimialojen tuottavuuskehitykseen. Useissa tapauksissa ostettuihin panoksiin sisältyvän teknologian vaikutus oli suurempi tai jopa moninkertainen yritysten oman tutkimuspanoksen vaikutuksiin verrattuna.

### **3.2.2 Tahattomien teknologiavirtojen ja niiden vaikutusten mittaaminen**

Mohnen tarkastelee tahattomia teknologiavirtoja koskevassa kirjallisuuskatsauksessaan toisaalta näistä virroista aiheutuvia hyvinvoinnin lisäyksiä koskevia tutkimuksia, joissa yleensä pyritään arvioimaan tutkimustoiminnan kansantaloudellinen tuottoaste ilman, että varsinaisesti tutkittaisiin teknologiavirtoja tuottavien ja vastaanottavien toimialojen välisiä yhteyksiä, ja toisaalta toimialojen välisiä teknologiavirtoja koskevia tutkimuksia (ks. luku 2 sekä Mohnen 1989). Seuraavassa viitataan lähinnä jälkimmäisiin, joskin on pidettävä mielessä, että hyvinvointia lisääviä ja tietoa lisääviä teknologiavirtoja ei aina voida erottaa toisistaan.

Mohnen käy läpi useita lähestymistapoja tahattomien teknologiavirtojen mittaamiseen. Niissä käytetään joko tutkimusmenojen painottamattomia tai

### **Taulukko 3. Tahattomia teknologiavirtoja koskevia tutkimuksia ja niiden tuloksia**

eri tavoin painotettuja summia tai patenti- tai innovaatiovirtoja, tai tarkastellaan yritysten sijaintia teknologia-avaruudessa. Painottamattomia summia käytettäessä ajatellaan, että käytettävissä oleva yrityksen

ulkupuolinen tutkimustietovaranto muodostuu kaikkien muiden toimialan yritysten tai koko talouden muiden toimialojen T&K-varannosta. Tämä merkitsee, että eri toimialojen tuottama tieto on yrityksille samassa

Tekijä(t)	Aineisto	Vaikutukset
Mohnen 1989	katsaus	
Jaffe 1986	USA, yli 400 yritystä + patenttiaineisto	tuottoasteet yl. korkeampia jos naapuriyrityksillä paljon tutkimusta
Bernstein 1989	Kanada, toimiala-aineisto, kustannusfunktiot	positiivisia; riippuvat sekä lähde- että vastaanottajatoimialasta
Bernstein & Nadiri 1988	USA, toimiala-aineisto, kustannusfunktiot	positiivisia, toimialoittain suuria eroja
Goto & Suzuki 1989	Japani, toimiala-aineisto, T&K-menojen jakautumat	positiivisia (elektroniikka-alojen vaikutukset)

suhteessa käyttökelpoista, mikä käytännössä tuskin pitää paikkaansa. Muilta yrityksiltä tai toimialoilta tuleva tahaton teknologiavirta voidaan myös arvioida painottamalla niiden tutkimuspanokset eri tavoin: painot voidaan valita vastaanottavan toimialan näiltä sektoreilta ostamien välituotteiden tai pääomapanosten suhteessa tai toimialojen välisten patentti- tai innovaatiovirtojen suhteessa. Kaksi viimeksi mainittua tapaa edellyttävät varsin yksityiskohtaisia tietoja patenttien hakijoista ja niitä hyödyntävistä yrityksistä tai innovaatioiden tekijöistä ja niiden käyttäjistä. Tällaisia tietoja onkin koottu ja hyödynnetty mm. Yhdistyneessä kuningaskunnassa, Yhdysvalloissa ja Kanadassa (ks. esim. Mohnen 1989). Yritysten teknologista samankaltaisuutta voidaan luonnehtia myös sen mukaan, miten ne sijaitsevat teknologia-avaruudessa, jota kuvataan esimerkiksi patenttiluokituksen avulla. Tällöin samassa patenttiluokassa patenteja hakevien yritysten ajatellaan olevan jossain määrin samanlaisia teknologiselta kannalta katsottuna (ks. esim. Jaffe 1986). Yhden mahdollisuuden muodostaa myös kunkin mahdollisen tahattoman teknologiavirran lähteen sijoittaminen siirtymätekijänä tuotanto- tai kustannusfunktioon. Tätä lähestymistapaa ovat käyttäneet mm. Bernstein (1989) sekä Bernstein ja Nadiri (1988). Mohnen tiivistää tarkastelemiensa tutkimusten tulokset seuraavasti: tutkimus- ja kehitystoiminnasta aiheutuu kustannuksia vähentäviä ja

tuottavuutta lisääviä toimialojen välisiä tahattomia teknologiavirtoja, ja "oman" ja "lainatun" T&K:n on yleensä havaittu olevan toistensa substituutteja. T&K:n ulkoisvaikutukset tuottavat huomattavasti liiketaloudellisen tuottoasteen ylittäviä kansantaloudellisia tuottoasteita. Tahattomien teknologiavirtojen vaikutuksia tuottavuuden kasvun hidastumiseen koskevilla ekonometrisilla tarkasteluilla on saatu vaihtelevia tuloksia, ja tutkimus- ja kehitystoiminnan aiheuttamien tahattomien teknologiavirtojen ja kokonaistuottavuuden välinen riippuvuus vaihtelee merkittävästi toimialojen välillä.

Julkisin varoin rahoitettu T&K näyttää myös tuottavan vähemmän tahattomia teknologiavirtoja kuin yksityisen sektorin rahoittama, ja perustutkimus näyttää tuottavan korkeampia tuottoasteita kuin sovellettu tutkimus. Uuden teknologian luominen on keskittynyt joihinkin avainsektoreihin kuten kemikaalien, koneiden, tieteellisten instrumenttien ja elektronisten tuotteiden valmistukseen. Voimakkaita kahdensuuntaisia riippuvuuksia on koneiden ja kuljetusvälineiden välillä sekä tieteellisten instrumenttien ja elektroniikan välillä (Mohnen 1989).

Koska suppeassa katsauksessa on mahdotonta käydä tyhjentävästi läpi edes huomattavaa osaa tahattomia teknologiavirtoja ja niiden vaikutuksia käsittelevästä jo varsin laajasta kirjallisuudesta, esitetään seuraavassa tarkemmin joitakin tärkeitä pidettäviä esimerkkejä aihealueen käsittelytavoista.

### **3.2.3 Esimerkkejä**

Jaffen (1986) tutkimuksessa yrityksen teknologista asemaa kuvataan sen avulla, miten sen saamat patentit jakautuvat eri patenttiluokkiin. Tällöin alunperin 328 tuoteryhmäpohjaista patenttiluokkaa yhdisteltiin 49 ryhmään, ja nämä vielä uudestaan 21 teknologiaryhmään. Kunkin yrityksen tutkimustoiminnan menestyksellisyyden oletettiin riippuvan sen lähelle teknologia-avaruudessa sijoittuvien "naapuriryitysten" tutkimustoiminnasta. Yritykselle mahdollisesti hyödyllisten tahattomien teknologiavirtojen "lammikon" katsottiin muodostuvan muiden yritysten tutkimusmenojen painotetusta summasta, jolloin painoina käytettiin yritysten teknologista naapuruuutta kuvaavaa tunnuslukua, joka oli yritysten patenttijakautumavektoreiden keskistämätön korrelaatio. Tässä lähestymistavassa oletetaan että tutkimustulosten hallintaoikeuteen liittyvät ehdot tai sen aste ovat samanlaisia eri teknologiaryhmissä.

Jaffen aineistossa on runsaat 400 yritystä, joista niiden taloudellista asemaa ja suorituskykyä koskevien tietojen lisäksi oli käytettävissä tutkimustoimintaa ja patentointia koskevat yksityiskohtaiset tiedot vuosilta 1973 ja 1979. Tulosten mukaan useat teknologisen menestymisen mittarit viittaavat tutkimus- ja kehitystoiminnasta aiheutuvien tahattomien teknologiavirtojen olemassaoloon. Tutkimusalueilla, joilla muutkin yritykset tutkivat paljon, patentoidaan keskimäärin enemmän tutkimustoimintaan sijoitettua rahayksikköä kohti, ja myös voitoilla ja yrityksen markkina-arvolla ilmaistu tutkimustoiminnan tuottoaste on korkeampi. Tosin vain hyvin vähän itse tutkivilla yrityksillä sekä voitot että markkina-arvo ovat alempia, jos niiden naapuriyritykset sijoittavat tutkimukseen paljon. Tulosten mukaan yritykset myös sopeuttavat teknologista asemaansa voitonansaintamahdollisuuksien mukaan, ja tämä sopeuttaminen vaikuttaa ylimääräisiä voittoja tasoittavasti. Jaffen mukaan tuloksista ei kuitenkaan voida vielä päätellä, missä määrin voitonansaintamahdollisuuksien vaihtelut todella aiheutuvat teknologisista mahdollisuuksista eikä kysyntätekijöistä.

Aikaisemmin tässä luvussa käsitellyn Goton ja Suzukin (1989) artikkelin ehkä mielenkiintoisimmat tulokset koskevat elektroniikkateollisuuden vaikutuksia muille toimialoille. Kun Japanin aineistolla ja edellä selostetun väli- ja pääomapanoksiin sisältyvän teknologian arviointiin perustuvan menetelmän avulla pyrittiin selvittämään erikseen viiden elektroniikkaa ja sitä lähellä olevia tuotteita valmistavan toimialan muille toimialoille tuottamien teknologiavirtojen merkitystä, näillä ei havaittu olevan suurta vaikutusta. Kun kuitenkin yleisesti pidetään selvänä, että elektroniikkatuotteiden kehityksellä on ollut huomattava vaikutus monien toimialojen kehitykseen, tarkasteltiin lisäksi elektroniikka-aloilta tulevien tahattomien teknologiavirtojen vaikutusta. Tällöin käytettiin samaan ajattelutapaan perustuvaa menettelyä kuin Jaffe (1986), jolloin tärkeimpien tahattomien teknologiavirtojen ajatellaan tulevan toimialoilta, jotka ovat teknologisessa mielessä "naapureita".

Kuten edellä esitettiin, Jaffe käytti toimialojen teknologisen välimatkan arvioinnissa tietoja yritysten saamien patenttien jakautumisesta eri tuoteryhmiin. Goto ja Suzuki käyttävät menettelyä, joka tietojen saatavuuden takia on käytännössä yleensä huomattavasti yksinkertaisempi: yrityksiä koskevien patenttitietojen sijasta he käyttävät tietoja toimialoittaisten tutkimusmenojen jakautumisesta eri tuoteryhmiin, ja muodostavat niiden pohjalta vastaavat teknologista välimatkaa kuvaavat mittarit ( $P_{ij}$ ) kuin Jaffe:

$$P_{ij} = F_i F_j' / [(F_i F_j)(F_{ji})]^{1/2},$$

missä  $F_i$  on toimialan  $i$  teknologista asemaa kuvaava vektori, jonka elementit  $F_{im}$  kuvaavat toimialan  $i$  teknologia-alueelle  $m$  sijoittamien tutkimusmenojen osuutta sen koko tutkimusmenoista.  $P_{ij}$  on siis tutkimusmenojen jakautumavektoreiden korrelaatio. Tietyllä toimialalle tuleva teknologiavirta muodostuu välimatkaindikaattorien avulla painotetuista elektroniikka-alojen tutkimusmenoista.

Kuvatulla tavalla arvioituilla tahattomilla teknologiavirroilla (jotka jälleen suhteutettiin tuotantoon) havaittiinkin olevan tilastollisesti merkitsevä vaikutus tuottavuuden kasvuun. Vaikka tämän vaikutuksen suuruudesta ei voida tehdä kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä, näyttää kuitenkin ilmeiseltä, että elektroniikkatuotteet vaikuttavat muiden toimialojen tuottavuuteen lähinnä lähialoilta tulevien tietovirtojen kautta eikä niinkään tuotannossa käytettävien väli- ja pääomapanosten kautta. Bernsteinin ja Nadirin (1988) tutkimuksessa selvitettiin toimialojen välisten tahattomien teknologiavirtojen vaikutuksia Yhdysvalloissa viidellä korkean teknologian toimialalla, joita kutakin tarkasteltiin erillisenä teknologiavirtojen lähteenä. Tutkimuksessa arvioitiin myös tutkimuspääomakannan liiketaloudelliset ja kansantaloudelliset tuottoasteet. Tarkastelu rakentuu kunkin toimialan kustannusfunktion pohjalle, ja liiketaloudellisella tuottoasteella tarkoitetaan toimialan oman tutkimuspääomakannan lisäyksestä aiheutuvaa muuttuvien kustannusten alenemista. Kansantaloudellinen tuottoaste puolestaan muodostuu siten, että liiketaloudelliseen tuottoon lisätään toimialan tutkimuspääomakannan luomien tahattomien teknologiavirtojen muilla toimialoilla aiheuttama rajakustannusten vähennys. Tulosten mukaan kunkin tarkastellun toimialan tutkimuspääomakanta tuotti tahattomia teknologiavirtoja muille toimialoille, ja useissa tapauksissa nämä olivat hyvin merkittäviä, jolloin liiketaloudelliset ja kansantaloudelliset tuottoasteet poikkesivat selvästi toisistaan. Toimialojen välillä oli kuitenkin eroja sekä teknologiavirtojen tuottamisessa että niiden vastaanottamisessa.

Bernstein (1989) soveltaa samaa kehikkoa käyttäen aineistonaan Kanadan yhdeksän tärkeän toimialan tietoja. Tulokset ovat hyvin samansuuntaisia kuin Bernsteinin ja Nadirin (1988) tulokset. Kuudella tarkastelluista yhdeksästä toimialasta tuotantokustannuksiin vaikutti useamman kuin yhden toimialan tutkimuspääomakanta, ts. ne vastaanottivat tahattomia teknologiavirtoja vähintään kahdelta toimialalta. Näiden teknologiavirtojen suuruus riippui selvästi lähde-toimialasta; tärkeimmät näistä sekä vastaanottajatoimialojen lukumäärän että teknologiavirtojen

suuruuden osalta olivat koneiden valmistus, kumiteollisuus, muoviteollisuus, maaöljytuotteiden sekä kemiallisten tuotteiden valmistus. Nämäkin tulokset siis vahvistavat sen, että on tärkeää erottaa tahattomien teknologiavirtojen eri lähteet toisistaan, kun virtojen merkitystä halutaan arvioida.

## **4 TAHATTOMAT TEKNOLOGIAVIRRRAT SUOMEN TEOLLISUUDESSA**

### **4.1 Teollisuustoimialat tahattomien teknologiavirtojen vastaanottajina ja lähettäjinä**

Tässä luvussa pyritään arvioimaan Suomen teollisuuden eri toimialojen välisiä tahattomia teknologiavirtoja ja löytämään toimialat, joiden "lähettämät" tai "vastaanottamat" virrat ovat keskimääräistä merkittävämpiä. Tahattomat teknologiavirrat ovat yksi teknologian diffuusion muoto (ks. luku 1, kuvio 1), ja ne saattavat olla erityisen tärkeitä yrityksille, joiden mahdollisuudet tuottaa omia innovaatioita ovat vähäiset. Toisaalta kyky omaksua uutta tietoa ja soveltaa sitä omaan toimintaan on myös riippuvainen omasta tiedon ja teknologian tasosta, joten oma tutkimustoiminta saattaa olla edellytys tahattomien teknologiavirtojen hyödyntämiseen. Teknologian diffuusiosta onkin usein kyse "oman" ja "lainatun" tiedon vilkkaasta vuorovaikutuksesta. Vastaavaa menettelyä kuin Goton ja Suzukin artikkelissa (1989) on sovellettu elektroniikka-alojen muille aloille tuottamien tahattomien teknologiavirtojen vaikutusten arviointiin Japanissa (ks. edellä kappale 3.2), sovelletaan tässä tutkimuksessa Suomen teollisuuden kattavaan aineistoon. Tässä pyritään siten arvioimaan, missä määrin eri toimialoille tulee muilta toimialoilta tällaisia teknologiavirtoja, joiden voidaan odottaa vaikuttavan niiden tuottavuuskehitykseen. Elektroniikkateollisuuden lisäksi tärkeitä tahattomien teknologiavirtojen lähteitä ovat todennäköisesti esimerkiksi muut metallituote- ja konepajateollisuuden osat sekä kemian teollisuus, jotka esim. Geroski (1991) mainitsee tärkeinä muiden toimialojen teknologialähteinä. Aineistona käytetään mahdollisimman yksityiskohtaisia tutkimustilaston tuoteryhmäpohjaisia tietoja. Suomen tutkimustilastoissa vuosilta 1985, 1987 ja 1989 on julkaistu taulukot, joissa 17-19 tehdasteollisuuden toimialan tutkimusmenot on luokiteltu 51-56 tuoteryhmään kuuluviksi (näistä noin 10 on muita kuin tehdasteollisuuteen kuuluvia tuoteryhmiä). Tässä selvityksessä käytetään Tilastokeskuksesta saatuja vastaavia taulukoita tiuhemmilla, osittain lähes em. tuoteryhmiä vastaavilla toimialaluokituksilla. Edellä kuvatut toimialojen teknologista välimatkaa kuvaavat indikaattorit on siten laskettu mahdollisimman tiuhan



toimialaluokituksen pohjalta vuosille 1985 ja 1989. Tämän laskelman pohjalta toimialat voidaan luokitella todennäköisiin ja vähemmän todennäköisiin spillover-lähteisiin eri toimialojen kannalta.

Tässä kappaleessa tarkastellaan niitä tahattomia teknologiavirtoja, jotka syntyvät toisiaan teknologisesti lähellä olevien yritysten tutkimustulosten levitessä tahattomasti muiden yksiköiden käyttöön. Vuoden 1989 teknologiavirtoja arvioitaessa käytetään lähtökohtana Tilastokeskuksen vuotta 1989 koskevan tutkimustilaston aineistoa, jossa tutkimusmenojen jakautuminen eri tuoteryhmiin on taulukoitu mahdollisimman disaggregoidusti, ja tutkimustyön suorittaja on myös luokiteltu mahdollisuuksien mukaan saman tuoteryhmäjaottelun mukaisesti. Koska suorittajat on luokiteltu niiden tuotannossa tärkeimmän toimialan tai tuoteryhmän mukaan, tahattomien teknologiavirtojen analysointiin väistämättä sisältyy epätarkkuutta. Siten esimerkiksi yrityksen yksikkö, joka valmistaa useisiin tutkimustilaston mukaisiin tuoteryhmiin kuuluvia tuotteita, ei välttämättä harjoita tutkimustyötä muilla kuin omilla varsinaisilla tuotealueillaan, mutta tietojen tilastointitavan vuoksi osa sen tutkimustyöstä tulee kirjatuksi "muihin" tuoteryhmiin.

Tutkimustilaston vuoden 1989 luokituksessa on 56 tuoteryhmää, mutta tätä tutkimusta varten laaditussa disaggregoidussa taulukossa on jouduttu tiedonsaanti- ja salassapitosyistä tuoteryhmiä yhdistämään suorittajien osalta, jolloin tuoteryhmiä jäi 47. Käytetty luokitus ja yhdistetyt tuoteryhmät on esitetty liitetaulukossa 1. Koska ryhmien yhdistäminen hävittää informaatiota, on analyyseissä mahdollisuuksien mukaan käytetty hyväksi myös yhdistämättömiä tuoteryhmiä kunkin suorittajaryhmän tutkimusmenojen tuoteryhmiin jakautumisen osalta. Verrattaessa tuloksia vuosien 1987 ja 1985 tuloksiin on jouduttu myös tuoteryhmiä yhdistämään lisää, koska ao. vuosien luokitus poikkeaa jonkin verran vuoden 1989 luokituksesta eikä tietoja ole näin ollen voitu täysin tehdä vertailukelpoisiksi. Yksinkertaisuuden vuoksi seuraavassa puhutaan toimialoista, kun tarkoitetaan tutkimustyön suorittajayksiköitä, ja tuoteryhmistä kun puhutaan tutkimusmenojen kohdistumisesta. Osassa tarkasteluista toimialat on jaettu kahteen ryhmään: koneisiin ja kulkuneuvoihin liittyviin toimialoihin ja muihin toimialoihin.

#### **4.1.1 Tärkeimmät lähettäjätoimialat**

Yleiskuvan saamiseksi siitä, missä määrin eri toimialat kohdistavat tutkimustoimintaansa eri tuoteryhmiin on liitetaulukossa 2 esitetty

toimialojen tutkimusmenojen kohdistuminen "omaan" tuoteryhmään (ts. omaan tärkeimpään tuoteryhmään) ja muiden toimialojen osallistuminen kuhunkin tuoteryhmään kohdistuvaan tutkimustoimintaan. Taulukkoon on myös laskettu tuoteryhmään kohdistuvien tutkimusmenojen jakautuminen (prosentteina) "oman toimialan" suorittamaan ja "muiden toimialojen" suorittamaan tutkimukseen. Kuten taulukosta on helppo havaita, varsin huomattavan osan (keskimäärin 39 %) tutkimustyöstä suorittavat yksiköt, joiden päätuoteryhmä on jokin muu kuin se, johon tutkimus kohdistuu. Saatavissa olevien tietojen pohjalta ei voida selvittää, missä määrin kyseessä ovat täysin erilliset, esimerkiksi uusia tuotealueita etsivät yritysten yksiköt ja missä määrin yritysten tutkimustoiminta omilla sivutuoteryhmissään. "Muiden toimialojen" osuus vaihtelee huomattavasti toimialoittain. Erityisen suuren osan tutkimuksesta suorittavat "muut toimialat" tieto- ja konttorikoneiden, muiden teollisuuden erikoiskoneiden sekä kumituotteiden tuoteryhmissä ja erityisen pienen osan laivojen ja veneiden valmistuksessa sekä energia- ja vesihuollossa ja massa- ja paperikoneiden valmistuksessa (taulukko 4).

Tutkimustyötä vuonna 1989 harjoittaneiden yritysten yksiköiden muodostamien 47 toimialan eri tuoteryhmiin kohdistuvien tutkimusmenojen jakautumista lasketut korrelaatiot on esitetty liitetaulukossa 5. Valtaosa näistä korrelaatioista on merkityksettömän pieniä; tarkastelun kohteiksi on valittu kaikki korrelaatiot, joiden suuruus on vähintään 0,10. Nämä pareittaiset korrelaatiot tulkitaan siis toimialojen välistä teknologista välimatkaa kuvaaviksi läheisyysindikaattoreiksi: mitä korkeampi korrelaatio, sitä lähempänä ao. toimialojen yritysten teknologia-alueet ovat toisiaan. Tämän laskelmien lähtökohtana olevan taulukon mukaisesti tarkastelun kohteeksi tuli 52 läheisyysindikaattoria. Toimialan vastaanottamat tahattomat teknologiavirrat saadaan kertomalla sen ja muiden toimialojen väliset läheisyysindikaattorit asianomaisen toimialan omilla tutkimusmenoilla ja laskemalla näin saadut virrat yhteen. Vastaavasti toimialan muille toimialoille lähettämät tahattomat teknologiavirrat saadaan kertomalla näiden läheisyysindikaattoreiden summa tämän toimialan omilla tutkimusmenoilla. Liitetaulukossa 6 oleva esimerkkilaskelma havainnollistaa tahattomien teknologia- virtojen arviointia.

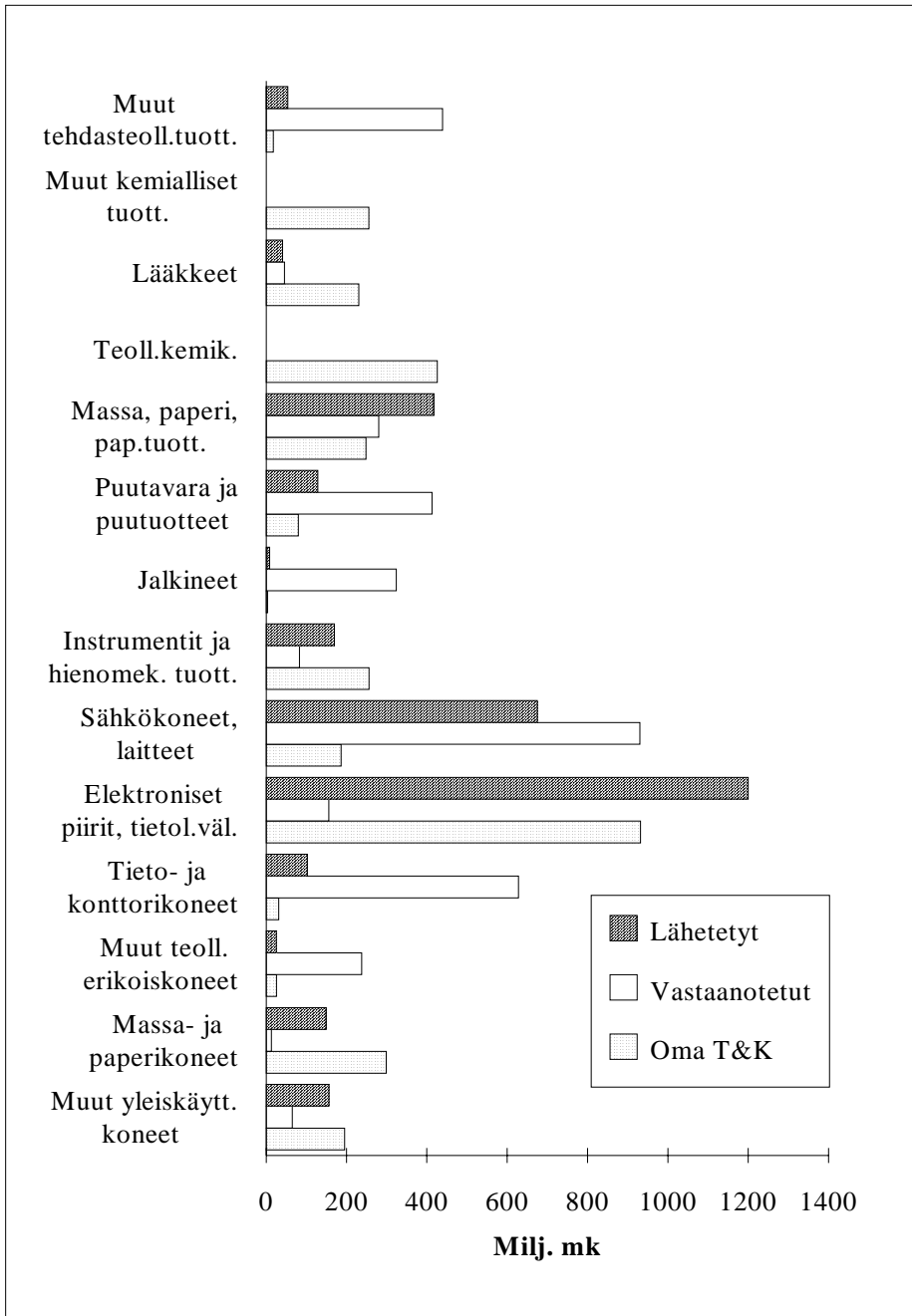
**Taulukko 4. Tuoteryhmiä, joiden tutkimusmenoista huomattavan suuren tai huomattavan pienen osan käyttävät yksiköt, joiden päätuoteryhmä on jokin muu (1989)**

Huomattavan suuri osa:		Huomattavan pieni osa:	
35. Tieto- ja konttorikoneet	96 %	41. Laivat ja veneet	2 %
34. Muut teoll. erikoiskoneet	88 %	49. Energia- ja vesihuolto	3 %
19. Kumituotteet	88 %	33. Massa- ja paperikoneet	3 %
25. Muut metallit	84 %	14. Teollisuuskemikaalit	4 %
38. Sähkökoneet, laitteet	81 %	23. Muut savi- ja kivituet	5 %
48. Muut tehdasteoll.tuotteet	79 %	4. Juomat	6 %
51. Kauppa, majoitus- ja rav.	76 %	44. Ilma-alukset + niid. moott.	7 %
1. Maa- ja metsätalous	72 %	6. Tekstiilit	10 %
21. Lasi ja lasituotteet	72 %		
9. Jalkineet	67 %		
16. Muut kemiall. tuotteet	64 %		

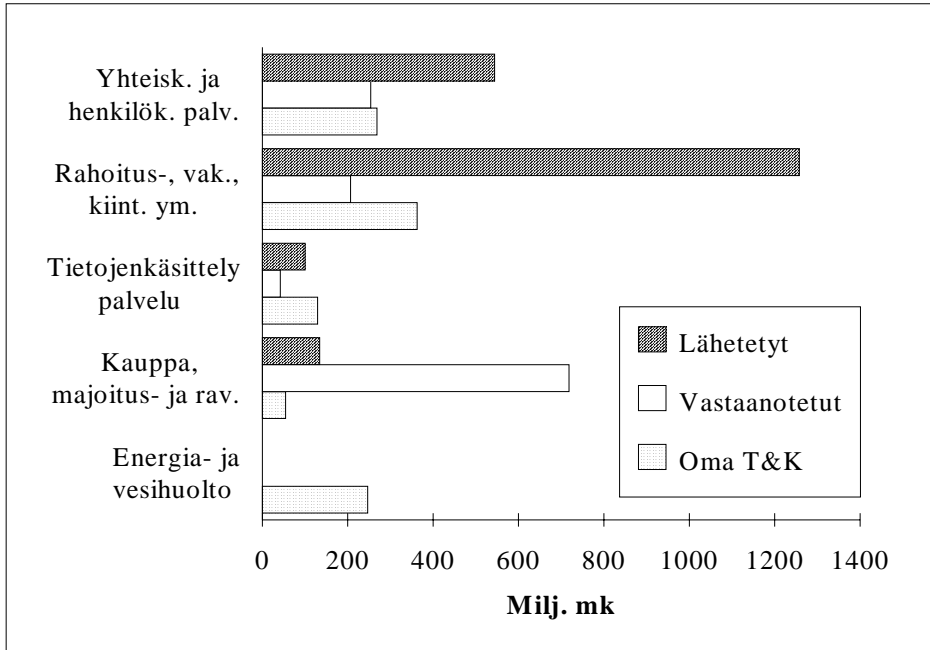
Vuoden 1989 tahattomia teknologiavirtoja koskevien laskelmien tulokset on esitetty liitetaulukossa 3. Taulukossa ovat mukana kaikki yrityssektorin toimialat, koska myös teollisuuteen tulee huomattava määrä tahattomia teknologiavirtoja muilta toimialoilta, erityisesti joiltakin palvelutoimialoilta (mm. rahoitus-, vakuutus-, kiinteistö- ja liike-elämää palvelevasta toiminnasta sekä yhteiskunnallisista ja henkilökohtaisista palveluksista). Nämä virrat näyttävät johtuvan pääosin siitä, että jotkut teollisuus- ja palveluyritykset harjoittavat tutkimustoimintaa samoilla muilla toimialoilla, ei niinkään siitä, että ne tutkisivat suoraan toistensa toimialoja. Liitetaulukossa 4 on vielä eroteltu toisistaan tehdasteollisuuden sisäiset tahattomat teknologiavirrat, ts. sellaiset joissa sekä vastaanottajana että lähettäjänä on teollisuustoimiala, sekä "muiden toimialojen" tahattomat teknologiavirrat, joilla tässä tarkoitetaan tilannetta, jossa ainakin toinen osapuolista on muu kuin teollisuustoimiala. Koneisiin ja kulkuneuvoihin liittyvillä toimialoilla teollisuuden sisäiset virrat ovat keskimäärin suuruudeltaan noin kaksinkertaiset verrattuna niiden ja muiden toimialojen kesken kulkeutuviin virtoihin, mutta toimialojen väliset erot ovat varsin suuret.

Tässä käytetyn toimiala- ja tuoteryhmäjaotuksen pohjalta laskettuina lähetetyt ja vastaanotetut tahattomat teknologiavirrat ovat keskimäärin suurin piirtein samaa suuruusluokkaa kuin yritysten omat tutkimusmenot.

**Kuvio 2. Tahattomat teknologiavirrat ja omat tutkimusmenot vuonna 1989 (a)**



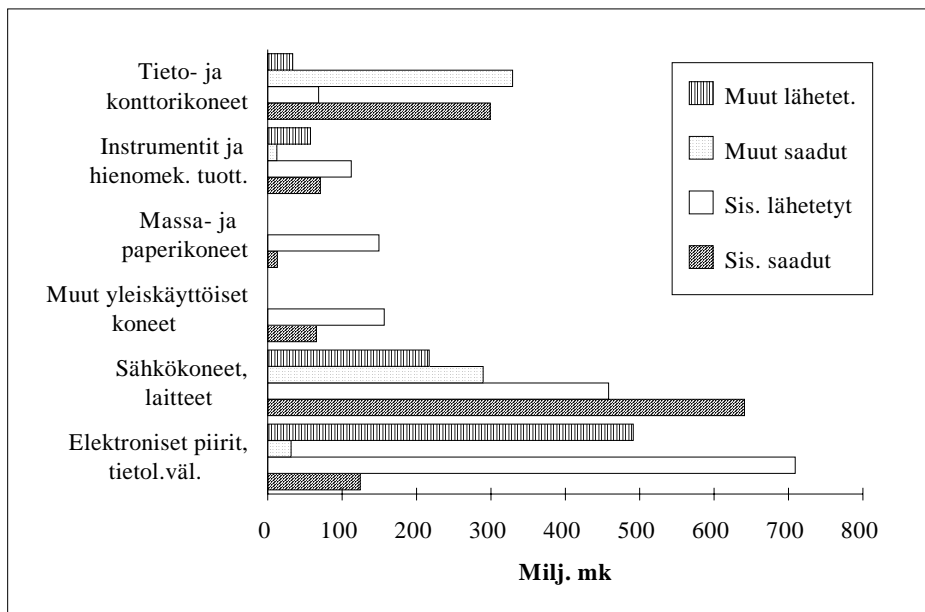
**Kuvio 3. Tahattomat teknologiavirrat ja omat tutkimusmenot vuonna 1989 (b)**



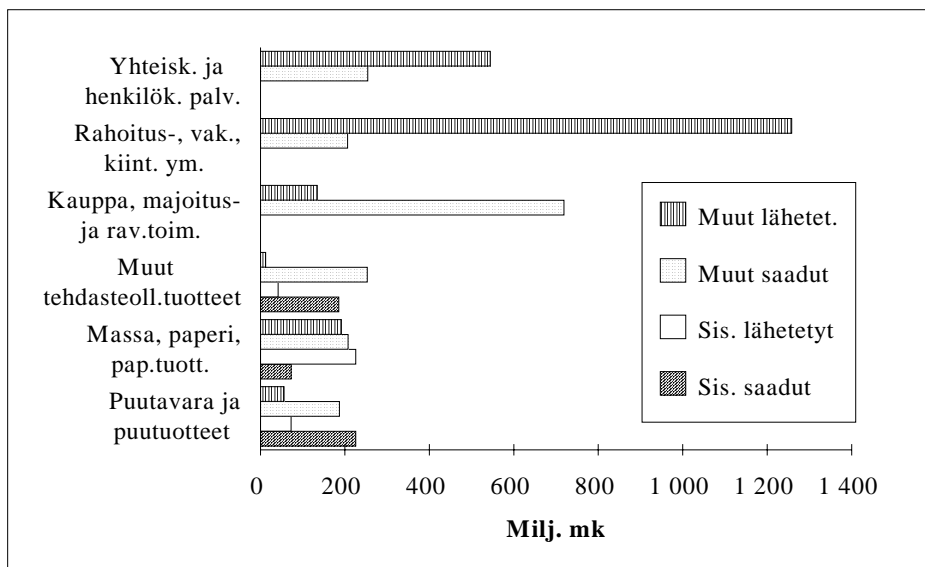
On kuitenkin syytä muistaa, että arviot virtojen suuruudesta ovat voimakkaasti riippuvaisia käytetystä disaggregoinnin tasosta, joten lukuja on pidettävä vain karkeina arvioina. Kuvioissa 2 ja 3 on esitetty tärkeimpien tahattomia teknologiavirtoja lähettävien toimialojen lähettämien ja vastaanottamien virtojen suuruus ja vertailutietona niiden omien tutkimusmenojen suuruus. Tässä tarkastellaan nimenomaan markkamääräisesti suuria tahattomia teknologiavirtoja. Hieman toisenlainen kuva saataisiin suhteuttamalla nämä virrat kunkin toimialan liikevaihtoon, jalostusarvoon tms., mutta puutteellisten tietojen vuoksi tätä ei ole voitu tehdä. Koneisiin liittyvistä toimialoista tärkeimmät tahattomien teknologiavirtojen lähettäjät ovat elektronisten piirien ja tietoliikennevälineiden valmistajat sekä sähkökoneiden ja -laitteiden valmistajat, ja muista teollisuustoimialoista massan, paperin ja paperituotteiden, puutavaran ja puutuotteiden sekä metallituotteiden valmistajat.

Kuviossa 4 on esitetty koneisiin ja kulkuneuvoihin liittyvien toimialojen tahattomat teknologiavirrat jaoteltuina teollisuuden sisäisiin ja muihin

**Kuvio 4. Teollisuuden sisäiset ja muut tahattomat teknologiavirrat eräillä koneisiin liittyvillä toimialoilla vuonna 1989**



**Kuvio 5. Teollisuuden sisäiset ja muut tahattomat teknologiavirrat eräillä muilla toimialoilla vuonna 1989**



virtoihin. Vastaavaa jakoa on käytetty myös muille toimialoille, joista tärkeimmät on esitetty kuviossa 5.

## 4.2 Vuosien 1989 ja 1985 vertailu

Vuosien 1989 ja 1985 tahattomien teknologiavirtojen vertailua vaikeuttavat niitä koskevien tietojen luokitusmuutokset. Vuoden 1989 tutkimustilastossa otettiin käyttöön hieman aikaisemmasta poikkeava tuoteryhmäluokitus, ja myös tilastossa mukana olevien yritysten toimialaluokituksessa on tapahtunut muutoksia. Saatujen tietojen mukaan myös varsin huomattava määrä mukana olleista yritysten yksiköistä on luokiteltu vuonna 1989 eri toimialaan kuuluvaksi kuin vuonna 1985, mikä kuvastanee yritysten toiminnassa ja niiden omistussuhteissa tapahtuneita nopeita muutoksia. Tutkimustilaston tuoteryhmien määrä kasvoi luokitusmuutoksen seurauksena 51:stä 56:een, mutta uudet ryhmät eivät ole suoraan yhdistettävissä vuoden 1985 tilaston mukaisiksi. Toinen ongelma aiheutuu siitä, että vuoden 1985 tutkimustietoja ei ole kaikilta osin voitu jakaa tuoteryhmäjaotuksen mukaisesti, vaan tutkimusmenoja koskevat luvut on ilmoitettu aggregoidummille ryhmille. Valitettavasti tämä koskee erityisen suuressa määrin metallituote- ja konepajateollisuuden tuoteryhmiä, joita koskevat mahdollisimman yksityiskohtaiset tiedot olisivat keskeisiä juuri toimialojen välisten teknologiavirtojen selvittämisessä.

Mainittujen syiden vuoksi vuosien 1985 ja 1989 tietojen mahdollisimman suuren vertailukelpoisuuden aikaansaamiseksi vuoden 1989 tiedot muunnettiin pyynnöstä Tilastokeskuksessa siten, että tilastossa mukana olevat yritysten yksiköt luokiteltiin kuuluviksi samaan toimialaan kuin ne olivat kuuluneet vuoden 1985 tilastossa, ja myös tutkimusmenot sijoitettiin vuoden 1985 luokitusta vastaaviin ryhmiin. Tietoja jouduttiin yhdistämään siten, että suorittavia toimialoja oli 30 ja tuoteryhmiä, joiden kesken niiden tutkimusmenot jakaantuivat, oli 46. Suorittajatoimialoista 21 oli siten tehdasteollisuuteen kuuluvia. Tässä laskelmassa yritysten yksiköt eivät siten ole kaikilta osin "oikealla" toimialalla vuonna 1989, vaan laskelma kuvaa tilannetta, jossa ne olisivat säilyneet päätoimialoiltaan samoina kuin ne olivat vuonna 1985. "Vanha" päätoimiala saattaa silti edelleen muodostaa merkittävän osan esimerkiksi yrityksen liikevaihdosta. Liitetaulukossa 7 on esitetty seuraavissa taulukoissa käytetty vuoden 1985 yhdistelty toimialaluokitus.

Laskelmien tulokset on esitetty taulukoissa 5 (vuosi 1985) ja 6 (vuosi 1989). Kuten taulukosta 6 havaitaan, luokkien yhdistäminen (ja mahdollisesti myös luokitusten muuttaminen) hävittää informaatiota: vuoden 1989 tahattomia teknologiavirtoja koskeva arvio on koko yrityssektorin osalta noin viidenneksen alhaisempi kuin kappaleessa 4.1.1 esitetyt arviot. Vuotta 1985 koskevat arviot jäävät huomattavasti tätäkin alhaisemmiksi, mikä johtunee suurelta osin siitä, että tiedot olivat alunperin liian aggregoidussa muodossa yksityiskohtaisten arvioiden tekemiseksi. Näyttää myös siltä, että yritysten yksiköiden toimialoissa vuosien 1985 ja 1989 välillä tapahtuneet muutokset ovat olleet "todellisia" eivätkä pelkästään luokitus teknisiä. Tämä voidaan havaita liitetaulukosta 8, jossa on esitetty vuonna 1989 lähetettyjen ja vastaanotettujen tahattomien teknologiavirtojen suuruus vuoden 1985 vastaaviin virtoihin suhteutettuna. Näissä suhdeluvuissa on niin suuria eroja toimialojen välillä, ja useissa tapauksissa saman toimialan tilanne näyttää muuttuneen niin paljon, että vertailu ei itse asiassa näytä koskevan samoja toimialoja.

Vertailun perusteella on todettava, että vuoden 1985 tietoihin liittyy varsin paljon epävarmuustekijöitä, eikä luotettavien johtopäätösten tekeminen näin ollen ole mahdollista. Siten vuoden 1985 tahattomien teknologiavirtojen arviointi näyttää edellyttävän yksityiskohtaisempia tietoja kuin tässä on ollut käytettävissä.

Edellä todettujen tietojen saatavuus- ja luokitusongelmien vuoksi tahattomia teknologiavirtoja ei laskettu vuodelle 1987, koska tietojen vertailukelpoisuus ei ole riittävän hyvä. Tuollekin vuodelle laskettiin kuitenkin korrelaatiomatriisit sekä alkuperäisille tiedoille että samalla tavoin yhdistetyille tiedoille kuin vuosien 1985 ja 1989 vertailussa käytetyille tiedoille, jotta saataisiin lisäinformaatiota tilastoissa tapahtuneista muutoksista. Onkin mielenkiintoista todeta, että kaikkien kolmen vuoden kohdalla tietojen yhdistäminen hävittää melkoisesti informaatiota, minkä indikaattorina voi-

**Taulukko 5. Toimialojen omat tutkimusmenot sekä niiden vastaanottamat ja lähetämät tahattomat teknologiavirrat vuonna 1985, 1000 mk. Yhdistellyt toimialat (30 kpl) ja tuoteryhmät (46 kpl).**

	Omat tutk.menot	Vastaan- otetut virrat	Lähetetyt virrat
--	--------------------	---------------------------	---------------------



1.	Maa- ja metsätal.	7 986	34 643	2 415
2.	Kaivostoiminta	15 425	-	-
3.	Elintarv., juomat, t.	128 144	93 639	118 367
4.	Tekstiilit, vaatteet	15 451	-	-
5.	Nahkat., kengät	2 817	-	-
6.	Puutavarat, pl. kal.	22 074	3 053	2 627
7.	Kalusteet, ml. met. ja muov.	13 303	6 943	13 641
8.	Massa, paperi, pap.tuott.	133 065	133 450	147 773
9.	Graaf.t., kustannustoim.	4 758	13 480	686
10.	Kemikaalit	151 709	-	-
12Y	Muut kemiall. tuott. ml.lääkk.	322 895	-	-
15Y	Kumi- ja muovituotteet	70 106	63 308	30 854
16.	Posliini, saviast., lasi	5 323	-	-
17.	Muut savi- ja kivit.	94 331	80 626	27 430
18.	Rauta, teräs, ferros.	49 938	-	-
19.	Muut metallit	68 812	-	-
20.	Metallituotteet	59 520	148 717	31 275
24YY	Koneiden valmistus	618 282	150 062	415 819
31YY	Sähkötekn. tuotteiden valm.	444 699	235 594	366 739
35YY	Kulkuneuvojen ym. valm.	199 043	-	-
40YY	Instrumenttien ym. valm.	143 850	145 668	132 292
42.	Urheiluvälineet	928	13 955	1 059
43.	Muut tehdasteoll.tuotteet	7 682	19 947	2 728
44.	Sähkö, kaasu, vesi	93 444	686	13 480
45.	Rakennukset	25 656	125 193	18 934
46.	Kauppa	101 374	187 001	124 469
48Y	Kuljetus ja tietoliikenne	52 745	-	-
49.	ATK-palvelut	23 175	49 948	12 181
50.	Rahoitus-, vak., kiint. ym.	77 959	82 278	80 955
51.	Yhteisk. ja henkilök. palv.	127 925	149 693	194 161
<b>Yhteensä</b>		<b>3 082 419</b>	<b>1 737 885</b>	<b>1 737 885</b>

**Taulukko 6. Toimialojen omat tutkimusmenot sekä niiden vastaanottamat ja lähetettävät tahattomat teknologiavirrat vuonna 1989, 1000 mk. Vuoden 1985 luokitus, yhdistellyt toimialat (30 kpl) ja tuoteryhmät (46 kpl).**

	Omat tutk.menot	Vastaan- otetut virrat	Lähetetyt virrat
--	--------------------	---------------------------	---------------------

1. Maa- ja metsätal.	10 884	41 043	3 798
2. Kaivostoiminta	22 420	28 816	4 595
3. Elintarv., juomat, t.	118 507	245 196	153 558
4. Tekstiilit, vaatteet	29 266	57 496	9 729
5. Nahkat., kengät	4 913	216 794	5 490
6. Puutavarat, pl. kal.	84 668	467 880	102 812
7. Kalusteet, ml. met. ja muov.	22 001	14 297	4 239
8. Massa, paperi, pap.tuott.	346 996	244 129	427 655
9. Graaf.t., kustannustoim.	6 475	-	-
10. Kemikaalit	239 958	358 494	141 998
12Y Muut kemiall. tuott. ml.lääkk.	605 809	198 507	591 203
15Y Kumi- ja muovituotteet	147 109	232 709	56 509
16. Posliini, saviast., lasi	8 157	-	-
17. Muut savi- ja kivit.	140 607	10 219	45 066
18. Rauta, teräs, ferros.	74 205	33 679	40 003
19. Muut metallit	100 062	48 843	35 815
20. Metallituotteet	77 479	159 516	69 524
24YY Koneiden valmistus	659 010	9 122	77 592
31YY Sähkötekn. tuott. valm.	1 128 634	83 724	803 486
35YY Kulkuneuvojen ym. valm.	170 990	-	-
40YY Instrumenttien ym. valm.	165 968	57 987	64 538
42. Urheiluvälineet	6 435	1 139	1 492
43. Muut tehdasteoll.tuotteet	10 691	428 448	18 011
44. Sähkö, kaasu, vesi	246 794	-	-
45. Rakennukset	48 667	16 250	5 624
46. Kauppa	230 702	217 374	361 492
48Y Kuljetus ja tietoliikenne	90 896	-	-
49. ATK-palvelut	93 894	73 037	14 022
50. Rahoitus-, vak., kiint. ym.	489 064	206 424	1 118 069
51. Yhteisk. ja henkilök. palv.	117 605	873 424	168 227
<b>Yhteensä</b>	<b>5 498 866</b>	<b>4 324 546</b>	<b>4 324 546</b>

daan pitää tutkimusmenojen jakautumien vähintään 0,1:n suuruisen korrelaatioiden määrää kunkin taulukon pohjalta laskettuna. Vuoden 1989 alkuperäisestä aineistosta (47 toimialaa, 56 tuoteryhmää) lasketussa taulukossa näitä korrelaatioita oli 52, yhdistelystä ja luokitukseltaan muokatusta aineistosta lasketussa vain 28 kappaletta. Vielä suurempi oli korrelaatioiden määrän väheneminen vuosien 1985 ja 1987 aineistojen yhdistämisen jälkeen, vaikka näissä ei tehtykään luokitusmuutoksia. Vuoden 1987 alkuperäisestä aineistosta (47 toimialaa,

51 tuoteryhmää) saatiin korrelaatioita peräti 103, yhdistelystä vain 23 kappaletta. Vastaavasti vuoden 1985 alkuperäisestä aineistosta (43 toimialaa, 51 tuoteryhmää) yli 0,1:n suuruisia korrelaatioita saatiin 92 ja yhdistelystä aineistosta vain 26 kappaletta. Kaikkina kolmena vuonna yhdistellyissä taulukoissa oli siis 30 toimialaa ja 46 tuoteryhmää. Todettakoon vielä, että varsin huomattava osa vuosien 1987 ja 1985 alkuperäisiin aineistoihin liittyvistä korrelaatioista (35 vuonna 1987 ja 26 vuonna 1985) oli kuitenkin T&K:n suorittajien osalta luokiteltu isoihin, metallituote- ja konepajateollisuuden alatoimialoihin (toimialat 382 - 385), joten osa näistä korrelaatioista selittyy luontevasti sillä, että muista toimialoista osa on näihin toimialoihin kuuluvia tuoteryhmiä, joita on käsitelty erillisinä siltä osin kun tiedot on saatu riittävän yksityiskohtaisina.

### 4.3 Johtopäätöksiä

Yritykset saavat käyttöönsä teknologiaa useasta eri lähteestä. Niiden oman tutkimustoiminnan tulosten - välittömien teknologiapanosten - lisäksi niillä on mahdollisuus käyttää välillisiä teknologiapanoksia: välituotteisiin ja pääomatavaroihin sisältyviä, patenttien, lisenssien yms. avulla saatavia panoksia sekä muun teknologian diffuusion kautta saatavia teknologiapanoksia. Tahattomat teknologiavirrat ovat viimeksimainittujen tärkeä osa, ja niiden merkitystä on tässä luvussa pyritty arvioimaan.

Tutkimuksessa on lähdetty ajatuksesta, että samoilla teknologia-alueilla tutkimusta tekevät yritykset hyötyvät eniten toistensa tutkimustuloksista. Nämä leviävät yleensä vähitellen muiden käyttöön, ainakin osaksi vastikkeetta, siitäkin huolimatta, että niitä usein pyritään salaamaan mahdollisimman pitkään. Tässä esitetyt arviot kuvaavat potentiaalisten tahattomien teknologiavirtojen kokonaisuutta (potential spillover pool); käytännössä luultavasti näiden virtojen sisältämä tieto on vaihtelevassa määrin käyttökelpoista eri yrityksille.

Tulokset osoittavat, että tahattomia teknologiavirtoja koskevat arviot ovat varsin herkkiä käytettävissä olevien tilastotietojen disaggregoinnin asteelle. Mitä aggregoidumpia tiedot ovat, sitä enemmän informaatiota luonnollisesti häviää toimialojen välisistä yhteyksistä. Tässä esitettyjä arvioita tahattomien teknologiavirtojen suuruudesta on pidettävä alustavina, mutta toki suuntaa-antavina. Vuosien 1985 ja 1989 välisen vertailun tulokset jäivät mm. luokitusmuutosten vuoksi varsin niukoiksi.

Vuotta 1989 koskevien tietojen perusteella merkittäviä tahattomia - ainakin potentiaalisia - teknologiavirtoja muille toimialoille tuottavat mm. elektronisten piirien ja tietoliikennevälineiden valmistajat, sähkökoneiden ja -laitteiden valmistajat, massan, paperin ja paperituotteiden, puutavaran ja puutuotteiden sekä metallituotteiden valmistajat.

## **5 TOIMIALOJEN VÄLISET TEKNOLOGIAKYTKENNÄT**

### **5.1 Kone- ja laiteinvestointeihin sekä välipanoksiin sisältyvä teknologiaapanos**

Tässä luvussa pyritään selvittämään, onko tilanne Suomessa samanlainen kuin muissa maissa (ks. kappale 3.2), ts. mikä on toisaalta oman tutkimuspanoksen ja toisaalta välillisten teknologiaapanosten vaikutus teollisuustoimialojen tuottavuuskehitykseen ja millainen näiden panosten merkitys on toisiinsa verrattuna. Mikäli tulos olisi vastaava kuin muita maita koskeneissa tutkimuksissa, ts. että ostettujen panosten vaikutus olisi suurempi kuin yritysten oman tutkimuspanoksen, tämä olisi erittäin tärkeää ottaa huomioon teknologiapolitiikan muotoilussa.

Seuraavassa tarkastellaan eri teknologiaapanosten vaikutuksia teollisuustoimialojen tuottavuuskehitykseen. Tarkastelun kohteena ovat vaikutukset sekä kokonaistuottavuuteen että työn tuottavuuteen. Teknologiaapanoksia, joiden vaikutuksia pyritään analysoimaan, on tässä työssä enimmillään kuusi erilaista (ks. edellä kuvio 1): yritysten oma T&K-toiminta, kotimaisiin ja ulkomaisiin välituoteapanoksiin sisältyvät sekä kotimaisiin ja ulkomaisiin investointipanoksiin sisältyvät teknologiaapanokset sekä lisätekijänä tahattomat teknologiavirrat. Panosten vaikutuksia tarkastellaan myös siten, että eri tekijöitä yhdistetään toisiinsa ja selvitetään niiden mahdollinen yhteisvaikutus. Teknologiaapanoksia koskeva aineisto poikkeaa jonkin verran ulkomaisissa tutkimuksissa käytetyistä aineistoista, mutta pääperiaatteiltaan lähestymistapa on tässä tutkimuksessa samanlainen kuin niissä.

Tutkimus etenee seuraavasti. Tässä kappaleessa käydään läpi investointi- ja välituoteapanoksiin sisältyvän teknologian arviointitapoja ja Suomessa tehdyn selvityksen tuloksia, joita tässä tutkimuksessa käytetään osana aineistoa. Kappaleessa 5.2 esitellään tuottavuusvaikutusten analyysissä käytettävät mallit ja empiirinen aineisto. Kappale 5.3 sisältää varsinaisen analyysin ja 5.4 johtopäätökset.

Kuten kappaleessa 3.2 on todettu, useat tutkijat muualla kuin Suomessa ovat selvittäneet välillisten tutkimuspanosten vaikutuksia erityisesti yritysten ja toimialojen tuottavuuskehitykseen. Näissä yhteyksissä on

tehty arvioita mm. Yhdysvaltoja, Kanadaa, Japania ja Saksaa koskevilla aineistoilla välituotteisiin ja investointitavaroihin sisältyvän teknologiapanoksen suuruudesta. Ensimmäiset Suomea koskevat arviot on laadittu Tilastokeskuksessa ja julkaistu vuonna 1993 (Virtaharju ja Åkerblom 1993).

Tilastokeskuksen tekemät arviot poikkeavat useimmista muista arvioista mm. siten, että niissä on otettu huomioon teknologian kumuloituva luonne, ts. teknologiaa on tarkasteltu vuosittaisista virtasuureista (menoista) muodostuvina varantoina sen sijaan, että olisi rajoitettu vain mainittujen virtojen tarkasteluun. Periaatteessa tällä on huomattava merkitys sekä yritysten oman tutkimustoiminnan että investointitavaroihin sisältyvän teknologian osalta, koska tutkimus- ja kehitystoiminnan tuottama tieto ja osaaminen säilyy ainakin osaksi käyttökelpoisena pitemmän ajan kuin vain sen vuoden ajan, jolloin tieto on tuotettu. Teknologian kumuloituvuus aiheutuu osaksi siitä, että suuri osa uudesta tiedosta rakentuu vanhan tiedon pohjalle, eikä vanha tieto näin ollen välttämättä kokonaan syrjäydy, vaikka se ei yksinään enää olisikaan kovin hyödyllistä.

Teknologisen tiedon vanhenemisvauhdista on käyty taloustieteellisessä teknologiatutkimuskirjallisuudessa paljonkin keskustelua. Voidaan erottaa toisistaan liiketaloudellinen vanheneminen ja kansantaloudellinen vanheneminen. Liiketaloudellisen vanhenemisen on katsottu tapahtuvan nopeammin kuin kansantaloudellisen. Kun eri tutkimustarkoituksia varten on pyritty arvioimaan tutkimusmenojen pohjalta ns.

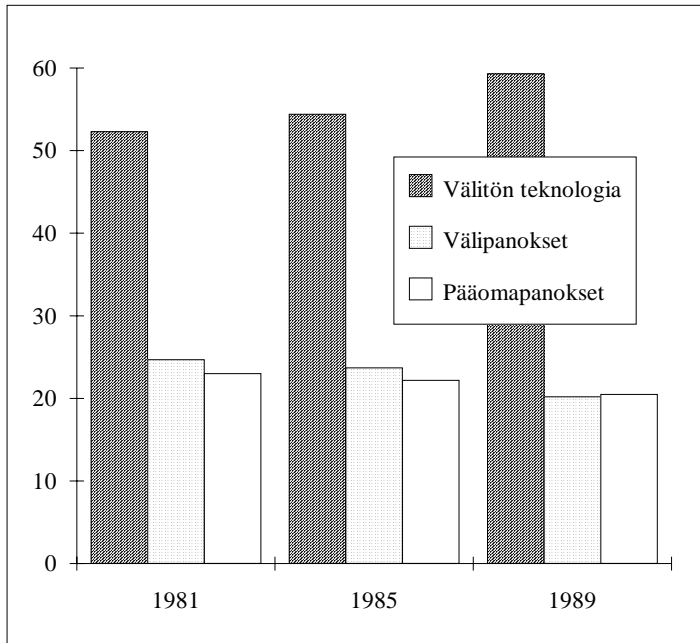
tutkimuspääomakantoja, on käytetty esimerkiksi 10, 15 tai 20 prosentin suuruisia vuotuisia poistoja tutkimuspääomakannasta.

Edellä mainitussa Tilastokeskuksen selvityksessä toimialoittaiset teknologiavarannon lisäykset muodostuvat yhteen painotetuista yritysten vuosittaisista T&K-menoista. Sovelletussa laskentamenetelmässä jokainen varannon lisäys säilyy varannossa ensin 3 vuotta sellaisenaan ja vähenee sen jälkeen tasaisesti 7 vuoden ajan, ts. kunkin vuoden teknologialisäys vaikuttaa tuotantoon 10 vuotta. Vuotuiset poistot tehdään 15 prosentin suuruksina (Virtaharju ja Åkerblom 1993, s. 12).

Vastaavansuuruista poistoa ovat käyttäneet tutkimuspääomakannan laskennassa mm. Patel ja Soete (1988).

Lähde: Virtaharju ja Åkerblom 1993

**Kuvio 6. Eri teknologialähteiden osuudet lopputuotteiden kokonaisteknologiasta teollisuudessa, %**



Toisen lähestymistavan mukaan kaikki teknologinen tieto säilyy jatkuvasti käyttökelpoisena eikä poistoja tarvitse laskea. Tällaisesta oletuksesta on se etu, että tällöin vuosittaiset tutkimusmenot vastaavat suuruudeltaan tutkimuspääomakannan lisäystä, joka on esimerkiksi joihinkin mallitarkasteluihin riittävä indikaattori, jolloin itse tutkimuspääomakannan suuruutta ei tarvitse arvioida.

Teollisuuden tuotannossaan käyttämän kokonaisteknologian arvioinnissa Tilastokeskuksen selvityksessä sovelletaan varantoajattelua sekä yritysten omasta T&K-panostuksesta muodostuvan teknologian että investointitavaroihin sisältyvän teknologian määrän laskennassa. Koska välituotteet käytetään tuotannossa vain kertaalleen, niihin sisältyvän teknologian arvioinnissa ei käytetä varantomenettelyä. Tuotannossa käytettyihin tuontitavaroihin sitoutuneen teknologian arvioinnissa on käytetty tietoja tärkeimpien tuojamaiden T&K-intensiteeteistä (laskentamenettelyjä on kuvattu tarkemmin Virtaharjun ja Åkerblomin raportin luvussa 2 ja sen liitteessä III).

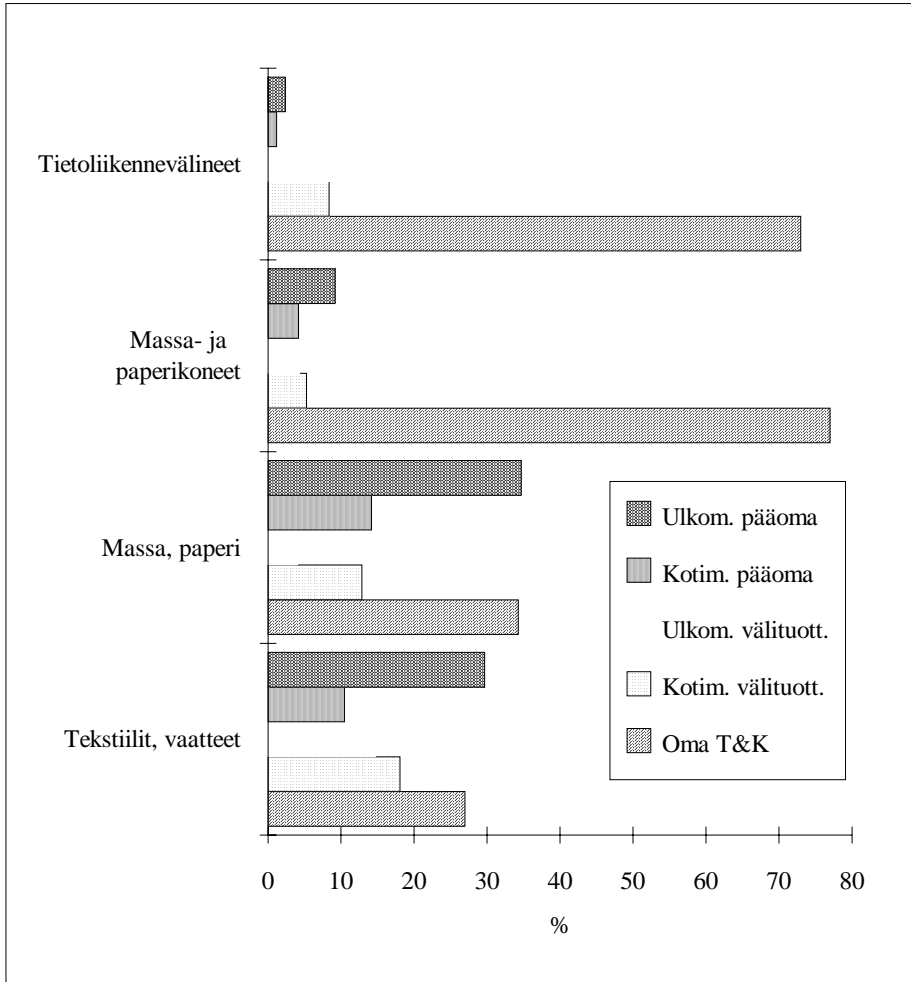
Tässä tutkimuksessa käytetään edellä mainittuja Tilastokeskuksen laatimia arvioita välittömästä sekä pääomatavaroihin ja välituotteisiin sisältyvästä teknologiasta arvioitaessa välittömien ja välillisten teknologiapanosten vaikutuksia toimialojen tuottavuuskehitykseen. Seuraavassa tarkastellaan joitakin Tilastokeskuksen teknologiaintensiteettiselvitykseen (Virtaharju ja Åkerblom 1993) sisältyviä keskeisiä tuloksia kone- ja laiteinvestointeihin sekä välituotteisiin sisältyvästä teknologiapanoksesta mm. eri toimialoilla. Tehdasteollisuuden lopputuotekäyttöön menneen tuotannon kokonaisteknologian intensiteetti, ts. välittömien ja välillisten teknologiapanosten arvon suhde tuotannon bruttoarvoon, kasvoi 1980-luvulla nopeasti. Vuonna 1981 se oli 6 %, vuonna 1985 vajaat 9 % ja vuonna 1989 runsaat 12 %. Näistä luvuista välittömän teknologiapanoksen, siis yritysten omasta tutkimustoiminnasta muodostuvan panoksen, osuus oli kunakin vuonna vähintään puolet ja se kasvoi 1980-luvulla. Välitön teknologiaintensiteetti oli 3,2 % vuonna 1981 ja 6,7 % vuonna 1989. Näitä tutkimuspääomakantojen pohjalta laskettuja intensiteettejä voidaan verrata perinteisiin intensiteettimittareihin, joissa kunkin vuoden tutkimusmenot suhteutetaan suoraan tuotannon arvoon. Tällä tavoin laskettu tutkimusintensiteetti oli tuotannon bruttoarvon suhteen laskettuna 0,83 % vuonna 1981 ja 1,94 % vuonna 1989. Varantokäsitteen käyttäminen nosti siis tässä tapauksessa teknologiaintensiteetin 3,5-4-kertaiseksi perinteiseen mittariin verrattuna ja se sekä välillisten teknologiapanosten mukaanotto yhdessä 6-7,5-kertaiseksi. Eräs keskeinen tulos Virtaharjun ja Åkerblomin selvityksessä on se, että eri toimialojen teknologiaintensiteettien suuruusjärjestys ei paljonkaan muutu, kun välillinen teknologia lasketaan intensiteetteihin mukaan, koska oman tutkimustoiminnan osuus on niin huomattava. Keskimäärin pääomapanokseen sisältyvän teknologian osuus teknologiapanoksista oli 1980-luvulla noin 20-23 % ja välituotteisiin sisältyvän teknologian osuus noin 20-25 % (ks. kuvio 6).

Lähde: Virtaharju ja Åkerblom 1993

Eri lähteiden merkitys vaihtelee kuitenkin toimialoittain huomattavasti: joillakin toimialoilla pääosa teknologiasta saadaan käyttöön oman tutkimustoiminnan kautta, toisilla taas ulkopuolelta ostettu, välituotteisiin



**Kuvio 7. Eri teknologialähteiden osuus eräiden toimialojen kokonaisteknologiasta vuonna 1985, %**



ja/tai investointitavaroihin sisältyvä teknologia on ratkaisevan tärkeää. Esimerkiksi lääketeollisuudessa, teollisuuden sähkölaitteita valmistavassa ja tietoliikennevälineitä valmistavassa teollisuudessa ollaan varsin "omavaraisia" teknologian suhteen, kun taas esimerkiksi tekstiiliteollisuudessa ja puuteollisuudessa riippuvuus koneisiin ja laitteisiin sisältyvästä teknologiasta on suuri (Virtaharju ja Åkerblom 1993, luku 3.3). Kuviossa 7 on esitetty eri teknologialähteiden osuudet toimialojen kokonaisteknologiasta muutamalla esimerkkitoimialalla.

Virtaharjun ja Åkerblomin tulosten mukaan toimialat voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään teknologiasisältönsä mukaan: toisessa ryhmässä olevien toimialojen kokonaisteknologiaintensiteetti on korkea ja myös välittömän (omaan tutkimustoimintaan pohjautuvan) teknologian osuus on suuri, toisessa ryhmässä kokonaisintensiteetti on melko matala ja välillisen teknologian merkitys on suuri. Tämä liittyy edellä mainittuun seikkaan, että teknologiaintensiiviset yritykset ovat yleensä sitä riippumatta siitä, lasketaanko välillinen teknologia mukaan vai ei. Erityisen korkean teknologiaintensiteetin aloina erottuvat lääkkeiden valmistus ja tietoliikennevälineiden valmistus.

## 5.2 Teknologiakytkentöjen analyysissä käytettävien mallien täsmennys ja tutkimusaineisto

### 5.2.1 Mallien täsmennys

Kappaleessa 5.3 tarkastellaan toimialojen välisiä teknologiakytkentöjä regressiomallien avulla. Tavoitteena on osoittaa, millä tavoin eri teknologiapanokset vaikuttavat toimialojen kokonaistuottavuuden tai työn tuottavuuden kehitykseen. Käytettäville malleille on olemassa esikuvia ulkomaisissa tutkimuksissa, joiden lähestymistapaa on sovellettu edelleen tämän tutkimuksen tarpeisiin. Perusmuodossaan mallit ovat seuraavantyyppisiä:

$$(1) \quad TF = a_0 + \sum a_i X_i, \text{ tai}$$

$$(2) \quad LPRO = b_0 + \sum b_i X_i,$$

missä TF on kokonaistuottavuuden keskimääräinen muutosvauhti tarkasteltavalla periodilla (1980-85 tai 1985-91), LPRO on vastaavasti työn tuottavuuden (tuotannon määrä/tehdyt työtunnit) keskimääräinen muutosvauhti (1980-85 tai 1985-90),  $a_0$  ja  $b_0$  ovat vakiotekijöitä,  $X_i$ :t ovat tarkasteltavia teknologiapanosmuuttujia ja  $a_i$ :t ja  $b_i$ :t ovat estimoitavia joustoja, jotka kuvaavat teknologiapanoksen muutoksen vaikutusta tuottavuuden muutokseen.

Yksinkertaisimmassa muodossaan mallit sisältävät vain yhden teknologiapanosmuuttujan, yritysten omien tutkimusmenojen pohjalta lasketun välittömän teknologiaintensiteetin. Tämä on ollut tyypillinen lähestymistapa lukuisissa aikaisemmissa tutkimuksissa, ja tässä tutkimuksessa tällaiset malliversiot muodostavat lähinnä vertailukohdan muille malleille. Varsinaisena tarkoituksena on kuitenkin selvittää sekä

välittömän teknologiapanoksen ("oman" tutkimustoiminnan) että välillisen teknologiapanoksen (ostopanoksiin sisältyvän teknologiapanoksen ja sen eri komponenttien) ja tahattomien teknologiavirtojen vaikutuksia.

Välillinen teknologiapanos on malleissa mukana joko yhtenä kokonaisuutena tai eri komponentteihin jaoteltuna. Enimmillään näitä komponentteja on neljä: kotimaisiin ja ulkomaisiin välituotteisiin sekä kotimaisiin ja ulkomaisiin pääomatavaroihin sisältyvän teknologian intensiteetit. Eri tarkasteluissa komponentteja on yhdistetty joko kotimaisen ja ulkomaisen välillisen teknologian intensiteeteiksi tai välituotteisiin ja pääomatavaroihin sisältyvän teknologian intensiteeteiksi. Tahattomat teknologiavirrat ovat tarkastelussa intensiteettimuodossa eli ne on jaettu tuotannon arvolla. Regressiomallien tuloksia esittelevissä taulukoissa käytettyjen muuttujasymbolien sisältö on selvitetty taulukossa 7 kappaleessa 5.3.

Mallit (1) ja (2) ovat melko samantyyppisiä kuin esimerkiksi Terleckyj'n (1980) käyttämät mallit. Terleckyj jakaa kuitenkin teknologiaintensiteettimuuttujansa hieman erilaisiin osiin: yksityisen sektorin rahoittamaan ja julkisin varoin rahoitettuun T&K-toimintaan sekä samalla tavoin rahoituslähteen mukaan jaoteltuun muilta toimialoilta ostettuihin panoksiin sisältyvään teknologiaan. Lisäksi hänellä on malleissaan mukana joitakin muita selitystekijöitä. Erona tämän tutkimuksen malleihin on lisäksi se, että Terleckyj'n teknologiaintensiteetit perustuvat tutkimusmenojen vuosittaisiin virtoihin eivätkä niistä kertyneisiin varantoihin.

Samantyyppiset lähtökohdat on ollut myös esimerkiksi Sveikauskasin (1981) ja Linkin (1983) tutkimuksissa. Goto ja Suzuki (1989) tarkastelevat mm. mallia, jossa toimialoittaista kokonaistuottavuuden kehitystä selitetään omasta T&K:sta muodostuvan tutkimusintensiteetin lisäksi ostopanoksiin sisältyvän teknologian intensiteetillä. Toisessa malliversiossa on näiden kahden tekijän lisäksi selittäjänä elektroniikka-aloilta muille toimialoille kulkeutuvien tahattomien teknologiavirtojen intensiteetti. Tahattomat teknologiavirrat on laskettu samaan tapaan kuin tässä tutkimuksessa, mutta ainoastaan siis elektroniikka-aloille. Välillistä teknologiapanosta ei myöskään ole jaettu eri komponentteihin.

Tutkimuspanoksen vaikutuksia kokonaistuottavuuden muutoksiin analysoiva malli kehitettiin alunperin tuotantofunktio tarkastelun pohjalta, ja siinä ainoana selittäjinä olivat "autonominen" tekninen kehitys ja

tutkimuspanos, sovelletuista oletuksista riippuen joko tutkimusintensiiteetti (tutkimusmenot jaettuna tuotannolla) tai tutkimuspääomakannan muutos (ks. esim. Terleckyj 1980). Sen sijaan tässä tarkastellut ja edellä viitatu mallit perustuvat vain osittain teoriaan; ei ole esimerkiksi selvää, pitäisikö välillinen teknologiapanos jakaa komponentteihin esitetyllä tavalla tai jollain muulla, ovatko eri muuttujat additiivisia ja onko lineaarinen malli lainkaan sopiva tässä tutkittavan ilmiön ja eri tekijöiden vaikutusten tarkasteluun. Tutkimuksen lähtökohta on siis empiirinen: pyritään selvittämään, voidaanko esitetynkaltaisilla malleilla osoittaa eri teknologiapanosten vaikuttavan tietyllä tavalla toimialojen tuottavuuskehitykseen.

### **5.2.2 Aineisto**

#### **Tilastokeskuksen tutkimusintensiiteettiaineisto**

Välitöntä ja välillistä teknologiaintensiiteettiä koskevat tiedot on saatu Tilastokeskuksen tutkimusintensiiteettiselvityksen (Virtaharju ja Åkerblom 1993) aineistosta. Tutkimuksessa on käytetty vuosia 1981 ja 1985 koskevia varantopohjaisia välittömän teknologian, koti- ja ulkomaisiin välituotteisiin sekä koti- ja ulkomaisiin pääomatavaroihin sisältyvän teknologian intensiteettejä, jotka on julkaistu em. raportissa. Toimialoittaisia intensiteetilukuja on tämän tutkimuksen tarpeita varten jonkin verran yhdistetty, jolloin painotuksessa on käytetty kunkin toimialan tuotannon bruttoarvoja. Tilastokeskuksen julkaisemassa materiaalissa toimialoja on 28. Työn tuottavuuden selitysmalleja varten on yhdistetty kemian teollisuuden toimialat kemikaalit ja muut kemialliset tuotteet, jolloin tarkastelussa on mukana 27 toimialaa. Koska kokonaistuottavuuslaskelmat olivat kansantulotilaston aineiston pohjalta saatavissa vain 16 toimialalle, kokonaistuottavuuden selitysmalleja varten teknologiaintensiiteettitietoja jouduttiin yhdistelemään vastaavasti enemmän. Toimialajako ilmenee mm. liitetaulukosta 10.

#### **Tahattomat teknologiavirrat**

Tahattomien teknologiavirtojen kuvaamiseen käytetään tässä yhteydessä aikaisemmin esitettyjä arvioita (ks. luku 4 ja Vuori 1993) näiden virtojen suuruudesta Suomen teollisuustoimialoilla vuosina 1985 ja 1989. Vuosien 1985 ja 1989 tahattomat teknologiavirrat on suhteutettu vastaanottavan toimialan tuotannon bruttoarvoon käytettäessä niitä selittävänä

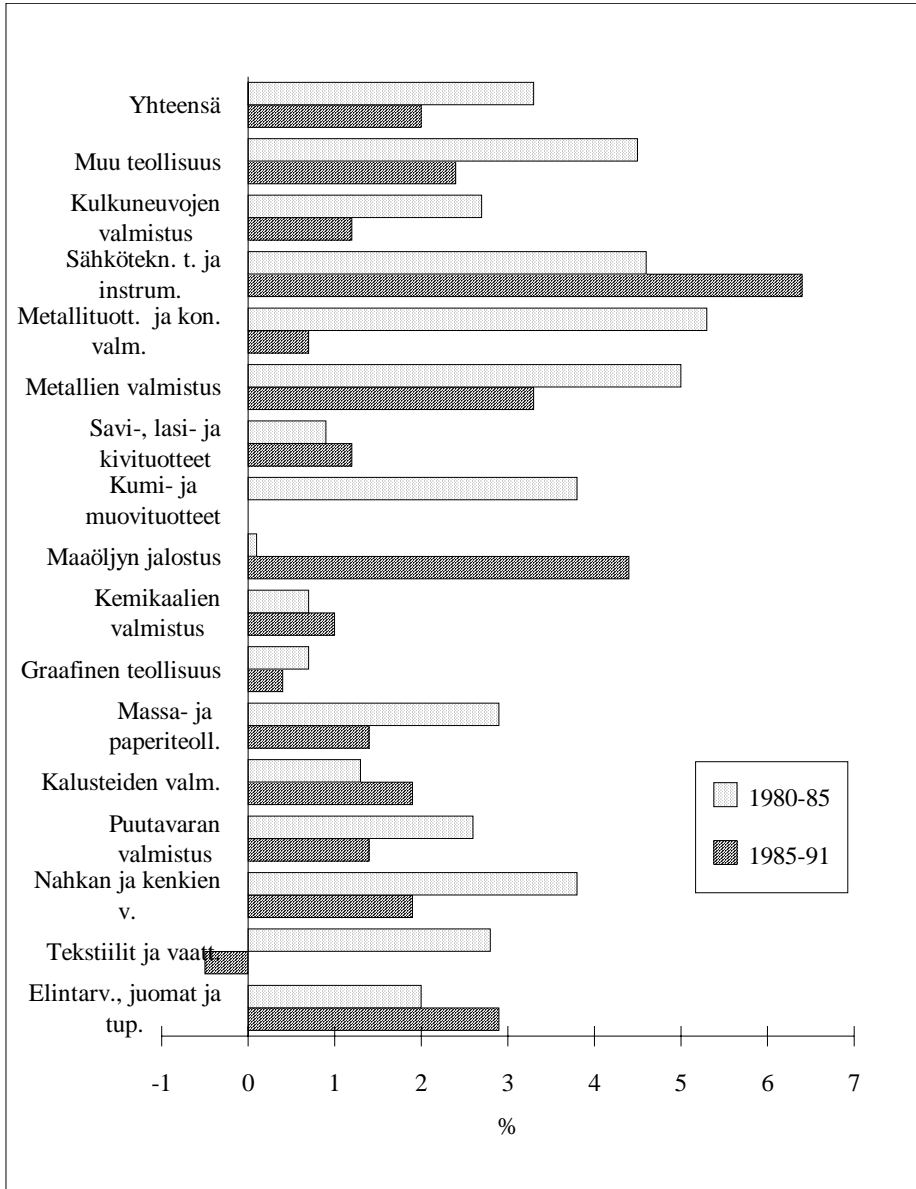
muuttujana tuottavuuden muutoksia selittävässä malleissa. Menettely on hieman ristiriidassa malleissa muuten sovelletun ajattelun kanssa, eli sen että eri teknologiapanokset ovat pääasiassa varantotyyppisiä, ts. pitkävaikutteisia. Vastaava varantokäsite tahattomille teknologiavirroille kuin esimerkiksi yritysten omille tutkimusmenoille on kuitenkin huomattavastai hankalammin hahmotettavissa, ja lisäksi käytettävissä oleva aineisto asettaa rajoituksia useamman vuoden virtojen huomioon ottamiselle. Tahattomien teknologiavirtojen arvioita on pidettävä varsin alustavina, joten tähän muuttujaan on suhtauduttava melko suurin varauksin.

Tutkimuksessa on käytetty vuotta 1985 koskevia arvioita tahattomista teknologiavirroista edeltävän viisivuotisperiodin (1980-85) kokonaistuottavuuden selitysmalleissa ja vuoden 1989 tahattomia teknologiavirtoja periodin 1985-91 kokonaistuottavuuden selitysmalleissa. Koska tutkimusmenot ovat jatkuvasti kasvaneet ja näin ollen myös tahattomien teknologiavirtojen määrä on kasvanut, periodin lopulle sijoittuvan yksittäistä vuotta koskevan arvion voidaan katsoa olevan ainakin hieman lähempänä jonkinlaista varantoarviota aikaisemmille vuosille, mutta joka tapauksessa tuloksia koskevat tulkinnat on tehtävä varovasti. Työn tuottavuutta koskevissa selitysmalleissa tahattomat teknologiavirrat eivät ole mukana, koska niitä koskevia tietoja ei ollut käytettävissä yhtä yksityiskohtaisina kuin muita teknologiamuuttujia ja tuottavuutta koskevat tiedot olivat ja koska tähän tarkasteluun haluttiin ottaa mukaan mahdollisimman monta toimialaa.

## **Tuottavuus**

Kokonaistuottavuuden keskimääräiset vuosimuutokset vuosille 1980-85 ja 1985-91 on saatu Tilastokeskuksesta. Laskelmat koskevat 16 toimialaa. Kokonaistuottavuuden muutos kuvaa sitä osaa tuotannon kasvusta, jota ei voida selittää tavanomaisten tuotantopanosten kuten työn ja pääoman käytön määrän muutoksilla. Kokonaistuottavuuden muutokset on laskettu siten, että tuotannon muutoksesta on vähennetty työ- ja pääomapanoksen vastaavilla kustannusosuuksilla painotettujen muutosten summa. Työpanoksena on käytetty tehtyjä työtunteja ja pääomapanoksena nettöpääomakantaa. Tiedot perustuvat kansantulotilaston aineistoon.

**Kuvio 8. Kokonaistuottavuuden muutokset teollisuuden toimialoilla keskimäärin vuodessa v. 1980-85 ja 1985-91, %**



Kokonaistuottavuusluvut on esitetty liitetaulukossa 10 ja graafisesti kuviossa 8.

Tuottavuustarkastelua on täydennetty vastaaventyypisillä työn tuottavuutta selittäville malleilla. Teollisuustilaston aineistoa käyttämällä on voitu lisätä tarkasteltavien toimialojen määrää 27:ään. Laskettaessa toimialoittaisia työn tuottavuuden muutoksia ajanjaksoille 1980-85 ja 1985-90 aineistoa jouduttiin muokkaamaan uudestaan teollisuustilaston luokitusmuutosten ja toisaalta Tilastokeskuksen tutkimus-intensiteettiaineiston jossain määrin poikkeavien luokitusten vuoksi. Tehdyt ratkaisut ja työn tuottavuutta koskevat luvut on esitetty liitteessä 9 sekä kuvioissa 9 ja 10.

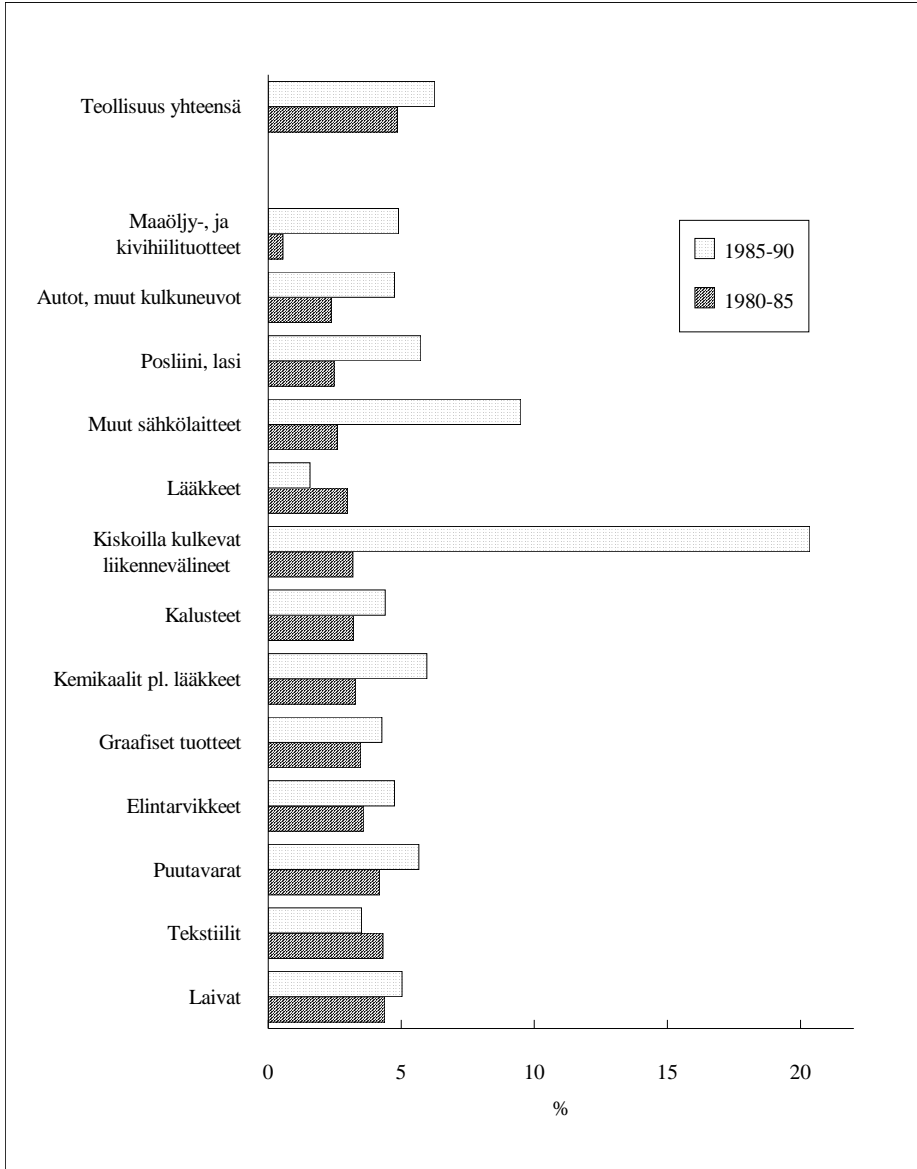
Kuten kuvioista havaitaan, tuottavuus vaihtelee huomattavasti toimialoittain. Vaihtelut ovat erityisen suuria työn tuottavuuden osalta, mikä ainakin osittain aiheutuu siitä, että tarkastellaan pienempiä toimialakokonaisuuksia. Toimialat on kuvioissa 9 ja 10 esitetty vuosien 1980-85 keskimääräisen työn tuottavuuden mukaisessa järjestyksessä. Kuvioista nähdään myös se, että tuottavuuskehityksessä tapahtuu suuria muutoksia ajan kuluessa. Vuosina 1980-85 työn tuottavuus kasvoi erityisen nopeasti instrumenttien, tietoliikennevälineiden, tietokoneiden ja työstökoneiden valmistuksessa. Jälkimmäisellä periodilla (1985-90) nopean tuottavuuden kasvun aloja olivat tietoliikennevälineiden ja tietokoneiden valmistuksen ohella mm. kiskoilla kulkevien liikennevälineiden ja teollisuussähkökoneiden valmistus. Työn tuottavuuden kasvu on useimmilla toimialoilla nopeutunut. Sen sijaan kokonaistuottavuuden kasvu on keskimäärin hidastunut 1980-luvun jälkipuoliskolla sen alkupuoliskoon verrattuna.

Kuvioissa 11 ja 12 on vielä esitetty tuottavuuslukujen ja välittömän teknologiapanosta (omasta tutkimuspanostuksesta muodostuvaa panosta) koske-

vien lukujen toimialoittaiset hajonnat kummallakin periodilla.

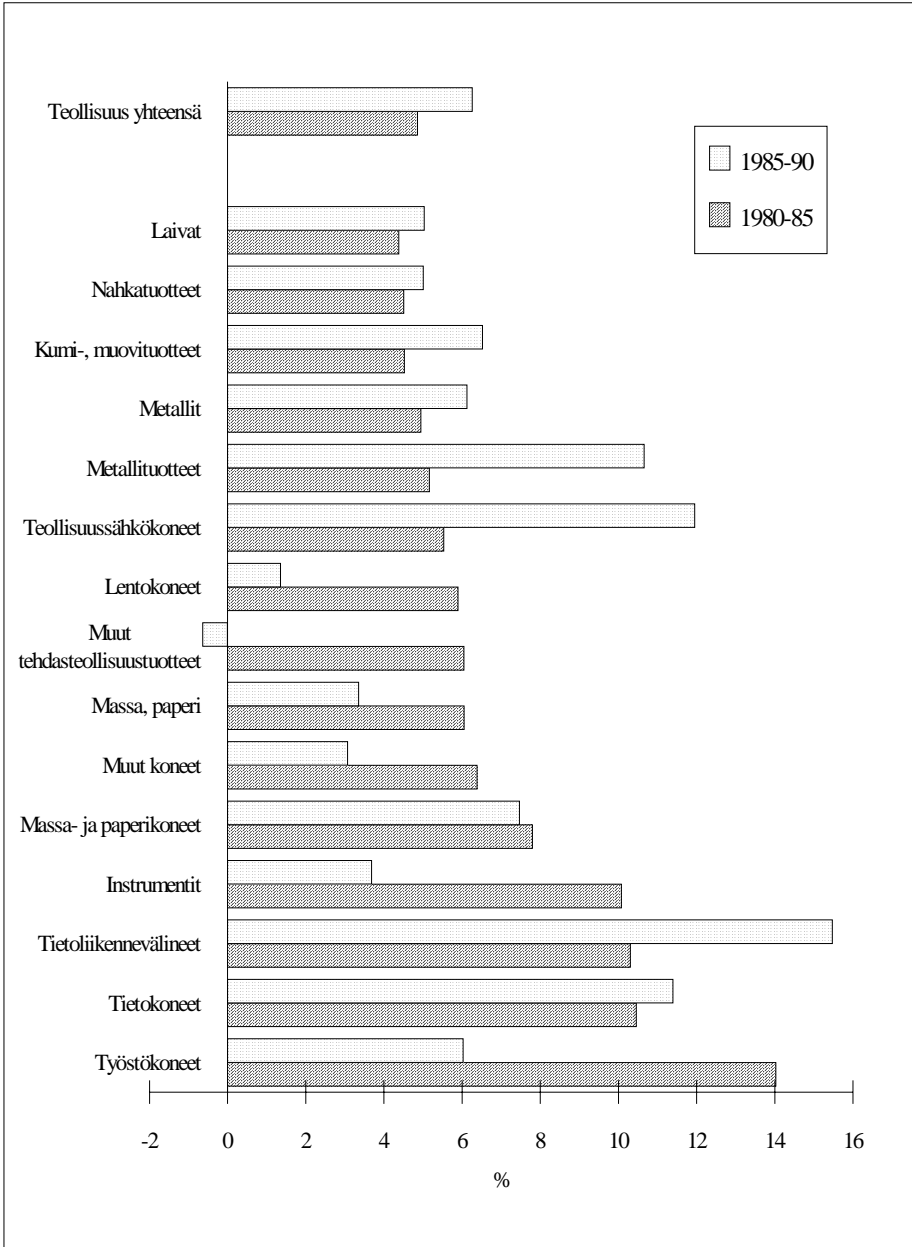
Kuvioissahuomattava osa toimialoja koskevista havaintopisteistä sijoittuu varsin lhelle toisiaan, ja sekä tuottavuuskehityksen että välittömän teknologiapanoksen osalta itseisarvoltaan suuret luvut ovat poikkeuksia. Kuvioiden perusteella tuottavuuden ja välittömän teknologiapanoksen yhteys toisiinsa ei näytä ainakaan täysin suoraviivaiselta.

**Kuvio 9. Työn tuottavuuden muutokset teollisuudessa toimialoittain keskimäärin v. 1980-85 ja 1985-90, %**

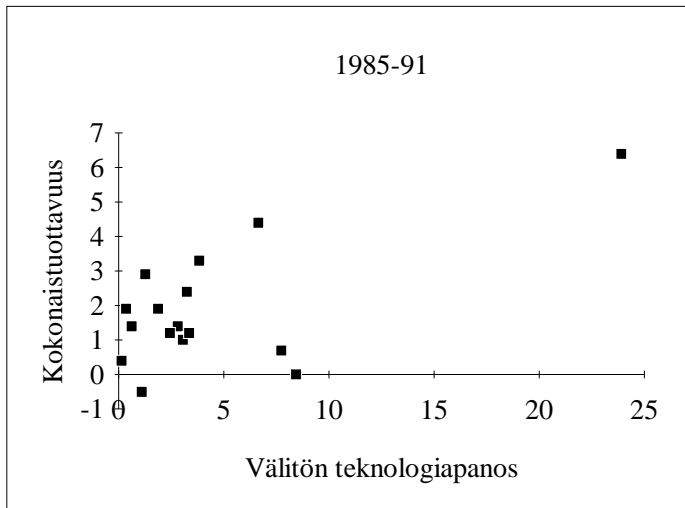
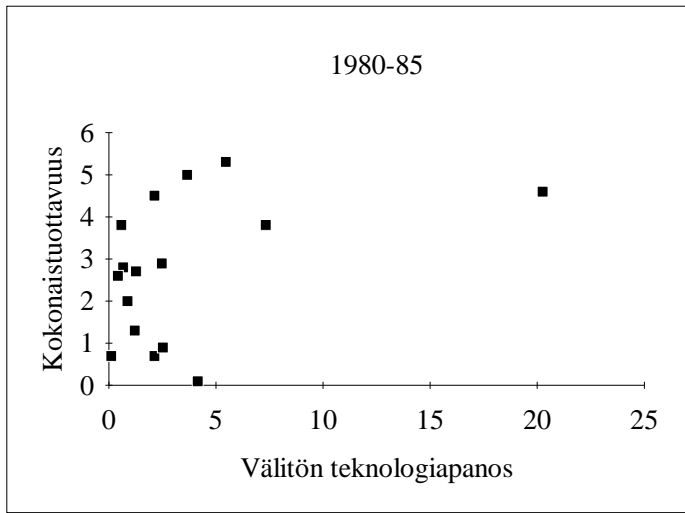




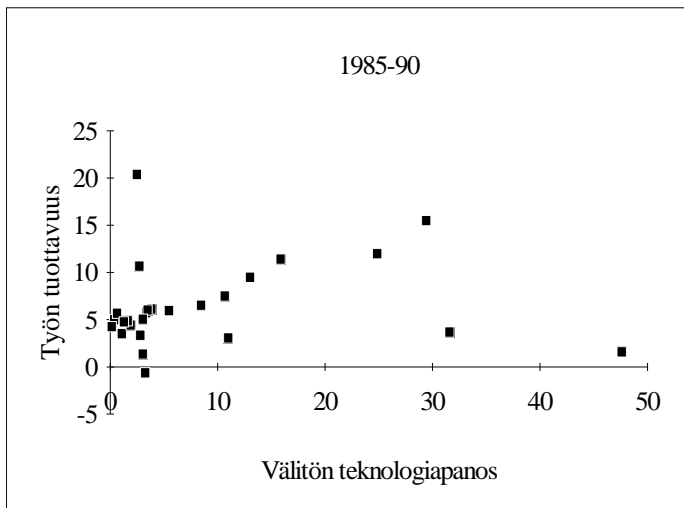
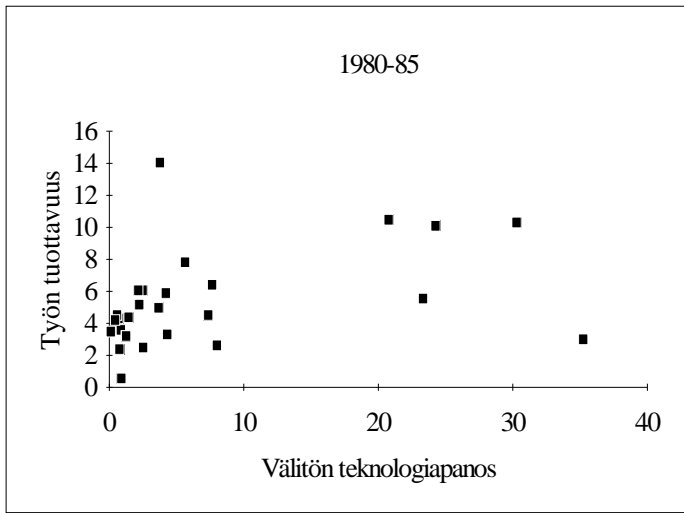
**Kuvio 10. Työn tuottavuuden muutokset teollisuudessa toimialoittain keskimäärin v. 1980-85 ja 1985-90, %**



**Kuvio 11.** Toimialoittainen kokonaistuottavuuden muutos keskimäärin v. 1980-85 ja välitön teknologiapanos v. 1981 (yläkuva) sekä kokonaistuottavuuden muutos keskimäärin v. 1985-91 ja välitön teknologiapanos v. 1985 (alakuva), %



**Kuvio 12. Toimialoittainen työn tuottavuuden muutos keskimäärin v. 1980-85 ja välitön teknologiapanos v. 1981 (yläkuva) sekä työn tuottavuuden muutos keskimäärin v. 1985-90 ja välitön teknologiapanos v. 1985 (alakuva), %**



## 5.3 Eri teknologiapanosten tuottavuusvaikutukset

### 5.3.1 Teknologiaapanosten vaikutukset kokonaistuottavuuden muutoksiin

Seuraavassa tarkastellaan aluksi sellaisilla lineaarisilla regressiomalleilla saatuja estimointituloksia, joissa selitettävänä muuttujana on vuosien

#### Taulukko 7. Regressioanalyysissä mukana olevat muuttujat

Muuttujan symboli taulukoissa	Muuttujan sisältö
<b>tf</b>	kokonaistuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos tietyssä ajanjaksona
<b>lpro</b>	työn tuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos tietyssä ajanjaksona
<b>diti</b>	välitön teknologiaintensiteetti, yritysten T&K-menoista muodostetun teknologiavarannon suhde tuotannon bruttoarvoon, %
<b>hii</b>	kotimaisiin välituotteisiin sisältyvän teknologian intensiteetti (teknologiapanos/tuotannon bruttoarvo, %)
<b>fii</b>	ulkomaisiin välituotteisiin sisältyvän teknologian intensiteetti (teknologiapanos/tuotannon bruttoarvo, %)
<b>hci</b>	kotimaiseen pääomapanokseen sisältyvän teknologian intensiteetti (teknologiapanos/tuotannon bruttoarvo, %)
<b>fci</b>	ulkomaiseen pääomapanokseen sisältyvän teknologian intensiteetti (teknologiapanos/tuotannon bruttoarvo, %)
<b>spq</b>	toimialan vastaanottamat tahattomat teknologiavirrat/tuotannon bruttoarvo, %
<b>tind</b>	hii + fii + hci + fci, välillisen (välituotteisiin ja pääomapanokseen sisältyvän) teknologian intensiteetti yhteensä
<b>tii</b>	hii + fii, välituotteisiin sisältyvän teknologian intensiteetti yhteensä
<b>tci</b>	hci + fci, pääomapanokseen sisältyvän teknologian intensiteetti yhteensä
<b>hti</b>	hii + hci, kotimaisen välillisen teknologian intensiteetti yhteensä
<b>fti</b>	fii + fci, ulkomaisen välillisen teknologian intensiteetti yhteensä
<b>timed</b>	dummy-muuttuja, periodilla 1980-85 = 0, periodilla 1985- 90 = 1

**Taulukko 8. Estimointituloksia malleille, joissa selitettävänä muuttujana on kokonaistuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos (%) v. 1980-85**

<b>Muuttuja</b>	<b>Malli T1</b>	<b>Malli T2</b>	<b>Malli T3</b>	<b>Malli T4</b>	<b>Malli T5</b>	<b>Malli T6</b>
<b>Vakio</b>	2,2478 (4,61)	3,1774 (2,51)	3,8300 (3,23)	3,3721 (2,81)	4,1378 (3,15)	3,3945 (2,63)
<b>dti81</b>	0,1398 (1,68)	0,1789 (1,84)	-0,2017 (-0,96)	-0,2777 (-1,32)	-0,2764 (-1,12)	-0,3034 (-1,22)
<b>tind81</b>		-0,3385 (-0,80)	-0,5007 (-1,28)			
<b>spq85</b>			0,6189 (1,99)	0,8177 (2,44)	0,6943 (2,04)	0,8334 (2,28)
<b>tii</b>				-0,9126 (-1,88)		
<b>tci</b>				0,2291 (0,35)		
<b>hti</b>					-1,0452 (-1,10)	
<b>fti</b>					-0,2325 (-0,40)	
<b>hii</b>						-1,2075 (-1,17)
<b>fii</b>						-0,8544 (-1,34)
<b>hci</b>						-3,77 (-1,27)
<b>fci</b>						1,8805 (1,42)
<b>Korjattu R<sup>2</sup></b>	0,1090	0,0853	0,2553	0,3027	0,2161	0,3117
<b>SEE</b>	1,576	1,597	1,441	1,394	1,478	1,385
<b>F-arvo</b>	2,835	1,699	2,714	2,628	2,034	2,132
<b>Havaintojen lukumäärä</b>	16	16	16	16	16	16

1980- 85 keskimääräinen vuosittainen kokonaistuottavuuden prosenttimuutos. Sen jälkeen tuloksia verrataan tuloksiin, jotka on saatu kun selitettävänä on myöhempää periodia (1985-91) koskeva kokonaistuottavuuden muutos sekä molemmat periodit kattavalla yhdistetyllä aineistolla saatuihin tuloksiin. Toimialoja on tarkasteluissa mukana 16. Muuttujasymbolien sisältö on esitetty taulukossa 7. Taulukossa 8 on esitetty perustulokset malleista, joissa on selittäjinä eri teknologiapanokset hieman eri tavoin ryhmiteltyinä (mallit T1-T6). Malli T1 on perusmalli, johon tuloksia voidaan verrata; siinä on selittävänä muuttujana vain yritysten oma tutkimuspanostus (dti) vuonna 1981. Tällainen malli vastaa aikaisemmissa koti- ja ulkomaisissa tutkimuksissa yleisimmin käytettyä tarkastelutapaa. Mallin mukaan dti:n kerroin on positiivinen mutta merkitsevä vain 10 prosentin tasolla, ja lisäksi valtaosa selitettävän muuttujan vaihtelusta jää selittämättä. Mallissa T2 selittäväksi muuttujaksi on lisätty koko välillisen teknologian, ts. välituotteisiin ja pääomapanokseen sisältyvän teknologian, intensiteetti (tind) ja mallissa T3 lisäksi tahattomat teknologiavirrat tuotannon bruttoarvoon suhteutettuina (spq). Mallissa T2 dti:n kerroin on merkitsevä 5 prosentin tasolla, mutta spq:n mukaanotto (malli T3) vaikuttaa siten, että dti:n kerroin muodostuu negatiiviseksi ja ei-merkitseväksi, tahattomia teknologiavirtoja kuvaavan muuttujan kerroin sen sijaan on positiivinen ja merkitsevä. Muuttujien lähempi tarkastelu osoittaa, että dti ja spq ovat hyvin voimakkaasti korreloituneita (taulukko 9). Muuttujien väliset mahdolliset riippuvuudet saattavat

### Taulukko 9. Selittävien muuttujien korrelaatiot

	dti81	tind81	hii81	fii81	hci81	fci81	spq85	tii81	tci81	hti81	fti81
dti81	1										
tind81	0,503	1									
hii81	0,107	0,583	1								
fii81	0,676	0,775	0,272	1							
hci81	-0,087	0,330	0,000	-0,154	1						
fci81	-0,010	0,470	0,021	-0,038	0,748	1					
spq85	0,933	0,534	0,291	0,682	-0,174	-0,090	1				
tii81	0,583	0,866	0,644	0,911	-0,123	-0,021	0,667	1			
tci81	-0,036	0,451	0,015	-0,079	0,875	0,976	-0,123	-0,056	1		
hti81	0,064	0,666	0,917	0,188	0,398	0,317	0,198	0,542	0,363	1	
fti81	0,606	0,918	0,255	0,886	0,208	0,430	0,574	0,813	0,382	0,317	1

**Taulukko 10. Estimointituloksia malleille, joissa selitettävänä muuttujana on kokonaistuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos v. 1980-85. Selittävien muuttujien joukossa myös vuorovaikutustermejä.**

Muuttuja	Malli T7	Malli T8	Malli T9	Malli T10
<b>Vakio</b>	3,4140 (2,64)	5,1006 (2,43)	3,1941 (2,41)	3,0997 (2,47)
<b>dti81</b>	-0,0255 (-0,09)	-1,0018 (-1,00)	0,2154 (0,51)	0,5646 (1,19)
<b>tind81</b>	-0,4886 (-1,23)	-1,1333 (-1,52)		
<b>spq85</b>	0,6999 (2,13)	0,8889 (2,36)	0,1703 (0,33)	-0,6114 (-0,80)
<b>dti*spq</b>	-0,0183 (-0,86)	-0,0927 (-1,22)		0,2573 (1,34)
<b>dti*tind</b>		0,3657 (1,02)		
<b>spq*fii</b>			0,8238 (1,62)	0,6352 (1,27)
<b>dti*fii</b>			-0,5627 (-1,75)	-1,6892 (-1,89)
<b>hii81</b>			-1,5702 (-1,46)	-1,9438 (-1,84)
<b>fii81</b>			-0,6176 (-0,97)	1,8630 (0,96)
<b>hci81</b>			-4,1688 (-1,48)	-3,7797 (-1,41)
<b>fci81</b>			2,0958 (1,64)	1,8031 (1,47)
<b>Korjattu R<sup>2</sup></b>	0,239	0,241	0,386	0,45
<b>SEE</b>	1,457	1,454	1,308	1,239
<b>F-arvo</b>	2,175	1,955	2,181	2,361
<b>Havaintojen lukumäärä</b>	16	16	16	16

**t-arvot suluisissa kertoimien arvon alapuolella,**

**Taulukko 11. Estimointituloksia malleille, joissa selitettävänä muuttujana kokonaistuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos v. 1985-91**

<b>Muuttuja</b>	<b>Malli T11</b>	<b>Malli T12</b>	<b>Malli T13</b>	<b>Malli T14</b>	<b>Malli T15</b>
<b>Vakio</b>	1,0106 (2,32)	2,5182 (2,46)	2,7078 (2,30)	2,5833 (2,18)	2,9897 (1,95)
<b>dti85</b>	0,1952 (3,19)	0,2585 (3,85)	0,2449 (3,12)	0,2583 (3,69)	0,2374 (2,69)
tind85		-0,4287 (-1,78)			
spq89		0,0154 (0,44)	0,0121 (0,33)	0,0151 (0,42)	0,0100 (0,25)
<b>tii85</b>			-0,3617 (-1,18)		
<b>tci85</b>			-0,5615 (-1,30)		
<b>hti85</b>				-0,5233 (-0,65)	
<b>fti85</b>				-0,3870 (-0,91)	
<b>hii85</b>					-0,5760 (-0,64)
<b>fii85</b>					-0,2544 (-0,46)
<b>hci85</b>					0,1469 (0,05)
<b>fci85</b>					-0,9138 (-0,67)
<b>Korjattu R<sup>2</sup></b>	0,381	0,458	0,416	0,41	0,298
<b>SEE</b>	1,364	1,276	1,324	1,331	1,452
<b>F-arvo</b>	10,231	5,224	3,673	3,603	2,063
<b>Havaintojen lukumäärä</b>	16	16	16	16	16

t-arvot suluisissa kertoimien arvon alapuolella,



vaikuttaa kertoimien arvoon. Vastoin odotuksia myös tind-muuttujan kerroin on negatiivinen ja ei-merkitsevä.

Malleissa T4-T6 välillisen teknologian intensiteetti on jaettu komponentteihinsa eri tavoin: mallissa T4 ovat erikseen välipanoksiin ja pääomapanoksiin sisältyvä teknologia, mallissa T5 koti- ja ulkomainen välillinen teknologia ja mallissa T6 erikseen kaikki neljä eri komponenttia (koti- ja ulkomaisiin välituote- ja pääomapanoksiin sisältyvä teknologia). Kaikissa kolmessa tapauksessa tahattomien teknologiavirtojen vaikutus näyttäisi olevan positiivinen ja merkitsevä, mutta muiden teknologiapanosten vaikutus enimmäkseen negatiivinen ja ei-merkitsevä. Poikkeuksen muodostaa ulkomaiseen pääomapanokseen sisältyvä teknologia (fci) mallissa T6, jonka vaikutus on positiivinen. Muuttujien välisten voimakkaiden korrelaatioiden (taulukko 9) vuoksi kertoimista ei kuitenkaan voida sanoa näiden tulosten perusteella mitään kovin varmaa. Vaikka vapausasteilla korjatut selitysasteet ovatkin malleissa T3-T6 selvästi korkeampia kuin perusmallissa T1, ne jäävät edelleen huolestuttavan alhaisiksi. Nämä mallispesifikaatiot eivät näytä riittävästi pystyvän kuvaamaan muuttujien välisiä vaikutussuhteita. Taulukossa 10 esitetyissä malleissa T7-T10 on pyritty ottamaan osittain huomioon selittävien muuttujien välillä vallitsevia riippuvuuksia lisäämällä malleihin vuorovaikutustekijöitä, jotka muodostuvat kahden selittävän muuttujan tuloina. Tulokset eivät kuitenkaan muodostu oleellisesti paremmiksi kuin taulukossa 8 esitetyt.

## Taulukko 12. Selittävien muuttujien korrelaatiot

	dti85	tind85	hii85	fii85	hci85	fci85	spq89	tii85	tci85	hti85	fti85
<b>dti85</b>	1										
<b>tind85</b>	0,515	1									
<b>hii85</b>	0,470	0,676	1								
<b>fii85</b>	0,658	0,841	0,632	1							
<b>hci85</b>	-0,044	0,477	-0,101	0,047	1						
<b>fci85</b>	-0,158	0,427	-0,135	-0,054	0,874	1					
<b>spq89</b>	-0,013	-0,214	-0,086	-0,031	-0,285	-0,327	1				
<b>tii85</b>	0,649	0,859	0,831	0,956	-0,005	-0,090	-0,055	1			
<b>tci85</b>	-0,125	0,455	-0,128	-0,023	0,939	0,988	-0,323	-0,065	1		
<b>hti85</b>	0,420	0,852	0,890	0,613	0,365	0,275	-0,211	0,776	0,312	1	
<b>fti85</b>	0,507	0,665	0,405	0,864	0,482	0,456	0,102	0,807	0,477	0,695	1

**Taulukko 13. Estimointituloksia malleille, joissa selitettävänä muuttujana kokonaistuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos v. 1985-91. Selittävien muuttujien joukossa myös vuorovaikutustermejä.**

Muuttuja	Malli T16	Malli T17	Malli T18	Malli T19
<b>Vakio</b>	3,1497 (2,39)	-3,6288 (-0,79)	2,3722 (1,18)	2,7514 (2,41)
<b>dti85</b>	0,2366 (2,82)	0,6594 (2,16)	0,3001 (1,68)	0,1929 (1,38)
<b>hii85</b>	-0,6052 (-0,71)	5,4306 (1,23)		
<b>fii85</b>	-0,2464 (-0,47)	1,0711 (0,50)		
<b>hci85</b>	0,1462 (0,05)	-1,1203 (-0,42)		
<b>fci85</b>	-0,9717 (-0,76)	-0,9344 (-0,65)		
<b>spq89</b>		13,5768 (2,21)	6,138 (1,82)	-0,0139 (-0,21)
<b>dti85*spq89</b>		0,6118 (2,20)	0,2825 (1,76)	0,0113 (0,54)
<b>hii85*fii85</b>		-1,1733 (-0,78)	0,2862 (0,27)	
<b>fii85*spq89</b>		-7,4306 (-2,17)	-3,8116 (-1,66)	
<b>hii85*spq89</b>		-11,4255 (-2,20)	-4,9138 (-1,87)	
<b>hii*fii*spq89</b>		2,7563 (2,21)	1,4014 (1,73)	
<b>tii85</b>			-0,3309 (-0,18)	
<b>tci85</b>			-0,6302 (-1,20)	
<b>tind85</b>				-0,4358 (-1,75)
<b>Korjattu R<sup>2</sup></b>	0,364	0,509	0,499	0,424
<b>SEE</b>	1,382	1,215	1,226	1,316
<b>F-arvo</b>	2,72	2,411	2,662	3,758
<b>Havaintojen lukumäärä</b>	16	16	16	16

t-arvot suluisissa kertoimien arvon alapuolella,

Vuorovaikutustekijöistä  $dti^*fii$  on negatiivinen ja 5 prosentin merkitsevyystason tuntumassa, mutta sen molempien osatekijöiden kertoimet ovat ei-merkitseviä, joten näiden muuttujien kokonaisvaikutus ei tässä täsmenny. Tässä tarkastellut mallit viittavat siihen, että eri teknologiakomponentit ovat mukana vaikuttamassa kokonaistuottavuuden kehitykseen, mutta näiden mallispesifikaatioiden avulla näitä vaikutuksia ei saada riittävästi erotelluiksi toisistaan.

Seuraavaksi tarkastellaan jälkimmäistä tarkasteluperiodia koskevilla regressiomalleilla saatuja estimointituloksia. Selitettävänä muuttujana on vuosien 1985-91 keskimääräinen vuosittainen kokonaistuottavuuden prosenttimuutos. Taulukossa 11 on esitetty perustulokset malleista, joissa on selittäjinä eri teknologiapanokset eri tavoin ryhmiteltyinä (mallit T12-T15). Kussakin näistä neljästä mallista on selittäjinä yritysten oma T&K-panostus ( $dti$ ) sekä tahattomat teknologiavirrat ( $spq$ ). Lisäksi selittäjinä ovat väli- ja pääomapanoksiin sisältyvät teknologiapanokset, mallissa T13 jaoteltuina kokonaisvälipapanoksiin ja kokonaisinvestointipapanoksiin, mallissa T14 kotimaisiin panoksiin ja ulkomaisiin panoksiin sekä mallissa T15 erikseen kaikki neljä eri komponenttia: koti- ja ulkomaisiin välituote- ja pääomapanoksiin sisältyvä teknologia. Vertailun vuoksi malli t1 sisältää jälleen vain yritysten oman tutkimuspanostuksen.

Tulokset poikkeavat aikaisempaa periodia koskevista tuloksista. Kaikissa viidessä mallissa oman tutkimuspanostuksen kerroin on positiivinen ja tilastollisesti merkitsevä. Sen sijaan useiden muiden teknologiakomponenttien kertoimet ovat jälleen negatiivisia, ja koko välillisen teknologian intensiteetin ( $tind$ ) kerroin mallissa T12 lisäksi tilastollisesti merkitsevä, mutta muilta osin kertoimet jäävät alle merkitsevyystason. Kaikissa tapauksissa vapausastekorjattu selitysaste ( $R^2$ ) on kuitenkin kohtalaisen korkea.

Myös tällä periodilla useat selittävästä muuttujista ovat keskenään korreloituneita, jotkut vieläpä hyvin voimakkaasti (taulukko 12). Näin ollen mahdolliset muuttujien väliset riippuvuudet saattavat olla osaselitys sille, että perusmalleilla ei saatu odotusten mukaisia tuloksia. On myös mahdollista, että kokonaistuottavuuden muutoksen ja tarkasteltujen selittävien muuttujien välinen riippuvuus ei ole lineaarinen, kuten malleissa on oletettu. Näin ollen konstruointiin myös tälle periodille vaihtoehtoiset mallit, joissa tarkasteluun on otettu myös vuorovaikutustermejä. Ne on saatu kertomalla kaksi voimakkaasti

**Taulukko 14. Estimointituloksia malleille, joissa selitettävänä muuttujana kokonaistuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos v. 1981-85 tai 1985-91 ja joissa aineistot on yhdistetty. Malleissa T24 ja T25 selittävinä muuttujina myös vuorovaikutustermejä.**

Muuttuja	Malli T20	Malli T21	Malli T22	Malli T23	Malli T24	Malli T25
<b>Vakio</b>	3,1541 (4,47)	3,2047 (4,15)	3,1149 (4,10)	2,9535 (3,30)	4,1655 (2,66)	4,3120 (4,18)
<b>timed</b>	-0,6585 (-1,17)	-0,6343 (-1,07)	-0,6772 (-1,15)	-0,6185 (-0,99)	-0,8614 (-1,40)	-0,8107 (-1,38)
<b>dti</b>	0,2189 (3,79)	0,2147 (3,38)	0,2210 (3,67)	0,2241 (3,29)	0,3071 (1,76)	0,2093 (3,29)
<b>tind</b>	-0,3861 (-1,79)					
<b>spq</b>	0,0182 (0,50)	0,0169 (0,45)	0,0184 (0,50)	0,0176 (0,45)	0,0384 (1,00)	0,0361 (0,98)
<b>tii</b>		-0,3595 (-1,35)				
<b>tci</b>		-0,4410 (-1,16)				
<b>hti</b>			-0,2976 (-0,51)			
<b>fti</b>			-0,4296 (-1,24)			
<b>hii</b>				-0,1641 (-0,26)	-1,9589 (-1,90)	-1,8752 (-1,94)
<b>fii</b>				-0,4716 (-1,12)	-2,1587 (-2,50)	-2,0525 (-2,52)
<b>hci</b>				-1,8856 (-0,90)	-2,5826 (-0,85)	-2,5422 (-1,30)
<b>fci</b>				0,1932 (0,20)	0,9894 (0,68)	0,9262 (0,97)
<b>hii*fii</b>					1,2914 (2,19)	1,1586 (2,21)
<b>dti*fii</b>					-0,0368 (-0,60)	
<b>hci*fii</b>					-0,0024 (-0,002)	
<b>Korjattu R<sup>2</sup></b>	0,336	0,311	0,311	0,273	0,327	0,375
<b>SEE</b>	1,409	1,435	1,435	1,475	1,419	1,365
<b>F-arvo</b>	4,924	3,804	3,804	2,664	2,507	3,323
<b>Havaintojen lukumäärä</b>	32	32	32	32	32	32

**t-arvot suluisissa kertoimien arvon alapuolella,**

korreloitunutta muuttujaa keskenään. Näitä tuloksia on esitetty taulukossa 13.

Malli T16 ei sisällä vuorovaikutustekijöitä eikä tahattomia teknologiavirtoja, mutta sen selityssaste muodostuu korkeammaksi kuin mallin T15. Mallissa T17 ovat mukana oma T&K, koti- ja ulkomainen välituotteisiin ja investointitavaroihin sisältyvä teknologia, tahattomat teknologiavirrat sekä viisi vuorovaikutustermiä. Viimeksimainituista neljä on tilastollisesti merkitseviä, samoin kuin oman tutkimuspanostuksen (dti) ja tahattomien teknologiavirtojen (spq) kertoimet. Selittäviä muuttujia on tässä mallissa runsaasti havaintojen lukumäärään nähden, mutta vapausasteilla korjattu selityssaste nousee kuitenkin kohtuullisen korkeaksi. Sen sijaan malli T18, jossa välillisen teknologian komponentit on yhdistetty kahdeksi tekijäksi, välituotteisiin sisältyväksi teknologiaksi (tii) ja pääomapanokseen sisältyväksi intensiteetiksi (tci), tuottaa hieman "huonommat" tulokset. Myös malli T19, johon on malliin T12 verrattuna lisätty yksi vuorovaikutustekijä (dti\*spq), tuottaa vähemmän tyydyttävän tuloksen.

Jälkimmäistä periodia koskevista malleista T17 näyttää siis tuottavan parhaat tulokset, tosin sekin varauksin. Osa selittävästä muuttujista ei saa merkitsevää kerrointa, joten niiden vaikutukset eivät tällä mallilla täsmenny. Perusmuuttujien kertoimista on myös huomattava, että niitä tulkittaessa on otettava huomioon myös vuorovaikutustekijöiden vaikutus. Siten mallissa T17 dti:n kerroin on suuruudeltaan  $(0,659 + 0,612 \text{ spq})$ , eli spq:n keskiarvon kohdalla noin 1,55. Vastaavasti spq:n kerroin on vuorovaikutustermeihin sisältyvien muuttujien keskiarvojen kohdalla  $(13,58 + 0,612 \text{ dti} - 7,431 \text{ fii} - 11,426 \text{ hii} + 2,756 \text{ hii*fii})$  eli noin -0.93.

Näin ollen ainoastaan oman tutkimustoiminnan vaikutus kokonaistuottavuuden kasvuun olisi positiivinen ja spq:n vaikutus olisi negatiivinen. Muiden tekijöiden vaikutuksesta ei voida tehdä tämän tarkastelun perusteella johtopäätöksiä. Vakiotermi, joka periaatteessa sisältää muiden vaikuttavien, mutta mallista puuttuvien muuttujien vaikutuksen, on arvoltaan varsin suuri ja negatiivinen, mikä on lisäsyä pitää tuloksia vain osittain uskottavina. Puuttuvien selitystekijöiden lisäksi tuloksiin voi vaikuttaa mallin mahdollinen väärä spesifiointi; eri tekijöiden välinen vuorovaikutus, jota kyllä ilmeisesti on olemassa, on ehkä luonteeltaan monimutkaisempaa kuin tässä mallissa on oletettu. Selvimmältä näyttää näiden tarkastelujen perusteella se, että yritysten omalla tutkimustoiminnalla on tuottavuuskehitykseen positiivinen

vaikutus. Muut teknologiapanokset näyttävät vaikuttavan tavalla, jota tässä ei vielä ole pystytty täsmentämään.

Vaikka tarkasteltuja periodeja, vuosia 1981-85 ja 1985-91, koskevat tulokset näyttävätkin olevan erilaisia, pyrittiin vielä löytämään lisävalaistusta kokonaistuottavuuden kehityksen ja teknologiamuuttujien vaikutukseen yhdistämällä näitä periodeja koskevat aineistot. Tällöin ajatuksena on se, että riippuvuudet pohjimmiltaan olisivat näillä periodeilla samantyyppisiä, vaikka sitä ei esimerkiksi pieniin aineistoihin liittyvien satunnaistekijöiden mahdollisen suuren vaikutuksen vuoksi saatu esiin, eli havaintojen määrän kasvattaminen voisi parantaa tuloksia. Yhdistettyä aineistoa käytettäessä otetaan kuitenkin huomioon se mahdollisuus, että periodien välillä olisi tasosiirtymätyyppinen ero. Näin ollen tarkasteluissa on mukana myös dummy-muuttuja, joka saa aikaisemmalla periodilla arvon 0 ja jälkimmäisellä periodilla arvon 1. Näiden tarkastelujen tulokset on esitetty taulukossa 14. Mallit ovat vastaavanlaisia kuin edellä esitetyt osaperiodeja koskevat. Havaintojen määrän lisääminen ei näytä parantavan tuloksia, jotka yleisesti todettuna jäävät heikommiksi kuin jälkimmäistä periodia koskevat tulokset. Tästä voidaan päätellä, että periodien välillä on niin selviä eroja, että etsittyjen riippuvuuksien toteaminen niillä saman mallin avulla näyttää mahdottomalta. Aikadummy-muuttuja ei kuitenkaan muodostu merkitseväksi missään tarkastelluista malleista, joten periodien välinen ero on toisen tyyppinen kuin tässä oletettiin. Näissäkin tarkasteluissa osa muuttujien välisistä vuorovaikutustekijöistä näyttää muodostuvan merkitseviksi, mutta kokonaisuutena eri muuttujien vaikutukset jäävät täsmentymättä. Selvimmältä näyttää tässäkin oman tutkimustoiminnan vaikutus.

Osaperiodeja koskevien tulosten erot viittaavat siihen, että tahattomia teknologiavirtoja koskeva muuttuja ei ehkä riittävän tarkasti kuvaa tarkastelun kohteena olevaa ilmiötä, eikä varsinkaan siinä tapahtuneita muutoksia. Kuten kappaleessa 5.2 todettiin, tähän muuttujaan liittyy parikin ongelmaa. Ensinnäkin tahattomia teknologiavirtoja laskettaessa vuosille 1985 ja 1989 on käytettävissä oleviin tilastolähteisiin liittyvien syiden vuoksi jouduttu käyttämään tietoja, joiden välinen vertailukelpoisuus luokitusmuutosten vuoksi ei ehkä ole riittävä. Tähän viittaavat toimialoittaisten virtojen suuruuden vertailussa näiden vuosien välillä todetut varsin suuret erot (ks. luku 4.2 ja liitetaulukko 8). Lisäksi tahattomia teknologiavirtoja koskeva muuttuja poikkeaa muista mallitarkasteluissa käytetyistä muuttujista siinä, että se on luonteeltaan

**Taulukko 15. Estimointituloksia malleille, joissa selitettävänä muuttujana työn tuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos v. 1980-85 (mallit L1-L3) tai v. 1985-90 (mallit L4-L5). Selittävien muuttujien joukossa myös vuorovaikutustermejä.**

Muuttuja	Malli L1	Malli L2	Malli L3	Malli L4	Malli L5
<b>Vakio</b>	0,9044 (0,44)	4,2155 (1,26)	4,6374 (1,51)	4,9003 (1,48)	9,2154 (2,22)
<b>dti81(85)</b>	0,1775 (2,01)	0,2674 (2,11)	0,2493 (2,18)	0,0190 (0,22)	0,3615 (1,12)
<b>hii81(85)</b>	2,0790 (1,66)	2,0496 (1,43)	2,2844 (1,81)	1,6672 (1,50)	
<b>fii81(85)</b>	-0,5035 (-1,07)	-0,1124 (-0,07)	-0,5178 (-0,39)	-0,4537 (-0,90)	
<b>hci81(85)</b>	-5,7324 (-1,06)	-13,9989 (-1,41)	-15,0722 (-1,62)	6,6025 (0,85)	
<b>fci81(85)</b>	3,5861 (1,56)	-0,0838 (-0,02)	-0,3926 (-0,12)	-3,0036 (-0,83)	
<b>hci*fci</b>		7,6391 (1,04)	8,4169 (1,23)		
<b>fii*fci</b>		-0,5258 (-0,60)	-0,4775 (-0,56)		
<b>dti*fii</b>		-0,0134 (-0,38)			
<b>hti85</b>					-1,8501 (-0,76)
<b>fti85</b>					-2,9010 (-2,08)
<b>dti*hti</b>					-0,1908 (-1,24)
<b>hti*fti</b>					1,5211 (1,79)
<b>Korjattu R<sup>2</sup></b>	0,164	0,164	0,2011	-0,022	0,094
<b>SEE</b>	2,746	2,747	2,685	4,51	4,245
<b>F-arvo</b>	2,023	1,635	1,935	0,888	1,542
<b>Havaintojen lukumäärä</b>	27	27	27	27	27

**Taulukko 16. Estimointituloksia malleille, joissa selitettävänä muuttujana työn tuottavuuden keskimääräinen vuosimuutos v. 1980-85 tai v. 1985-90 ja joissa aineistot on yhdistetty. Selittävien muuttujien joukossa myös vuorovaikutustermejä.**

Muuttuja	Malli L6	Malli L7	Malli L8	Malli L9
<b>Vakio</b>	3,1410 (1,88)	3,1064 (1,88)	2,1308 (1,00)	5,8001 (2,53)
<b>timed</b>	0,3222 (0,26)			
<b>dti</b>	0,0761 (1,27)	0,0778 (1,32)	0,2672 (1,63)	0,5446 (2,78)
<b>fii</b>	-0,2624 (-0,80)	-0,2829 (-0,90)		
<b>hii</b>	1,6083 (2,10)	1,6841 (2,39)		
<b>hci</b>	-0,7970 (-0,17)	-0,3441 (-0,08)		
<b>fci</b>	0,5938 (0,29)	0,5213 (0,26)		
<b>tii</b>			1,0359 (1,55)	
<b>tci</b>			1,1387 (1,04)	
<b>dti*tii</b>			-0,0258 (-1,11)	
<b>dti*tci</b>			-0,0676 (-0,80)	
<b>tii*tci</b>			-0,2888 (-1,47)	
<b>hti</b>				-0,4478 (-0,32)
<b>fti</b>				-2,3009 (-2,16)
<b>dti*hti</b>				-0,2124 (-1,96)
<b>dti*fti</b>				-0,0154 (-0,70)
<b>hti*fti</b>				1,2540 (2,13)
<b>Korjattu R<sup>2</sup></b>	0,054	0,072	0,037	0,169
<b>SEE</b>	3,703	3,667	3,736	3,47
<b>F-arvo</b>	1,501	1,823	1,34	2,798
<b>Havaintojen lukumäärä</b>	54	54	54	54

t-arvot suluisissa kertoimien arvon alapuolella.



virtamuuttuja, kun taas muut ovat varantomuuttujia. Tämän ongelman lieventämiseksi tehty ratkaisu - vuoden 1985 virtojen käyttäminen kuvaamaan aikaisemman ajankohdan (1981) "varantoa" ja vuoden 1989 virtojen käyttäminen kuvaamaan vuoden 1985 "varantoa" on parhaimmillaankin karkea arvio. Tulevissa tutkimuksissa onkin pyrittävä tahattomien teknologiavirtojen tarkempaan arviointiin.

Ei myöskään ole selvää, miten eri tekijöiden vaikutukset tuottavuuden kehitykseen ajoittuvat. Vaikka kyseessä on poikkileikkaustarkastelu, muuttujien valinnassa tehdyt ratkaisut saattavat vaikuttaa tuloksiin. Tämä koskee sekä tahattomia teknologiavirtoja että muita teknologiapanosmuuttujia. On mahdollista, että selitettäessä esimerkiksi vuotta 1981 koskevilla teknologiamuuttujilla vuosien 1980-85 tuottavuuskehityksen sijasta jonkin hieman poikkeavan periodin, esim. 1982-86, kehitystä, saataisiin "oikeammat", ja mahdollisesti paremmat tulokset. Esimerkiksi Griliches ja Lichtenberg (1984b) ovat käyttäneet samantapaista menettelyä, ts. käyttäneet yhden vuoden tutkimusintensiteettimuuttujia (tosin virtatyyppejä varantomuuttujien sijasta) selittäessään usean vuoden keskimääräistä tuottavuuskehitystä ja todenneet niiden olevan kohtalaisia likiarvioita vastaavan periodin intensiteeteille, koska ne muuttuvat hitaasti. On tietysti mahdollista, että Suomessa, missä tutkimusmenot ovat kasvaneet kansainvälisesti vertailtuna hyvin nopeasti, tilanne olisi tässä suhteessa toisenlainen. Tässä ei kuitenkaan ole mahdollista tutkia tarkemmin teknologiaintensiteettien vaikutusten ajoittumista.

Tulokset herättävät myös kysymyksen siitä, olisiko 1980-luvun alku- ja jälkipuoliskoa koskevien tulosten erojen taustalla kenties todellinen ja merkittävä muutos. Tulosten mukaanhan oman tutkimustoiminnan positiivisista vaikutuksista kokonaistuottavuuskehitykseen jälkimmäisellä periodilla saatiin melko vahva näyttö. Tämä tulos poikkeaa aikaisemmista Suomea koskevista tuloksista, joiden mukaan vuosien 1964-83 aineiston perusteella oman tutkimustoiminnan tuottoasteet olivat alhaisia tai jäivät täsmentymättä (ks. esim. Vuori 1992). Nyt tehty tutkimus poikkeaa mainitusta tutkimuksesta paitsi tarkasteluperiodin osalta myös sikäli, että nyt on aikasarjatarjastelun sijasta käytetty poikkileikkausanalyysia. Uudet tulokset viittaisivat siis siihen, että voimakkaasti kasvaneet T&K-investoinnit olisivat 1980-luvun lopulla vihdoinkin alkaneet tuottaa tulosta. Mikäli näin on pysyvämmin, tämä on jälleen osoitus teknologiapanostusten kumulatiivisesta luonteesta: yhden tai muutamakaan vuoden tutkimustoiminta ei vielä riitä parantamaan

yritysten menestymistä, vaan tarvitaan jatkuvaa tutkimusta ja osaamisen kartuttamista.

### **5.3.2 Teknologiaapanosten vaikutukset työn tuottavuuden muutoksiin**

Seuraavassa tarkastellaan malleja, joissa on samat selittävät muuttujat kuin edellä kohdassa 5.3.1, mutta selitettävänä ovat kokonaistuottavuuden muutosten sijasta työn tuottavuuden muutokset. Tarkasteltavina ovat keskimääräiset vuosittaiset työn tuottavuuden muutokset periodeilla 1980-85 ja 1985-90 sekä nämä periodit yhdistettyinä. Havaintojen, ts. toimialojen lukumäärä on näissä tarkasteluissa 27, yhdistetylle aineistolle 54. Koska tahattomia teknologiavirtoja koskevia tietoja ei ole arvioitu vastaavalla toimialajaolla kuin tässä on sovellettu, tämä muuttuja puuttuu näistä tarkasteluista.

Taulukossa 15 on esitetty sekä aikaisempaa periodia (mallit L1-L3) että myöhäisempää periodia (mallit L4-L5) koskevia tuloksia. Mallit L1 ja L4 ovat mallien perusversioita, jotka sisältävät kaikki viisi teknologiapanosten lajia. Aikaisemmalla periodilla oman tutkimuspanoksen kerroin ( $\delta$ ) on selvästi merkitsevä, ja kotimaisen välituotepanosmuuttujan sekä ulkomaisen pääomapanosmuuttujan kertoimet ovat merkitseviä 10 prosentin merkitsevyystasolla. Selittävien muuttujien vuorovaikutusermien mukaanottaminen ei näytä oleellisesti parantavan malleja (mallit L2 ja L3).

Jälkimmäistä periodia koskevat tulokset ovat selvästi heikompia kuin aikaisempaa periodia koskevat. Suoritettujen mallitarkastelujen mukaan edes yritysten oman tutkimustoiminnan vaikutus ei yleensä muodostu merkitseväksi. Mallissa L5 ostetut teknologiapanokset on yhdistetty kahdeksi muuttujaksi, kotimaiseksi ostetuksi panokseksi ja ulkomaiseksi ostetuksi panokseksi, ja lisäksi malli sisältää myös kaksi vuorovaikutusermiä. Näistä vain toinen oli merkitsevä. Lisäksi vakiotermin muodostuu epäilyttävän suureksi ja selitysaste alhaiseksi. Periodia koskevien tulosten "huonous" voi johtua monista tekijöistä, mutta vahva selitystekijäehdokka on se, että tuottavuuslaskelmia varten tehdyt toimialaluokituskorjaukset eivät ehkä ole olleet riittävän yksityiskohtaisia, jolloin selittävien muuttujien ja selitettävän muuttujan luokitukset poikkeavat liikaa toisistaan jotta mahdollinen olemassaoleva toimialoittainen vaikutus voitaisiin havaita.

Taulukossa 16 on esitetty molemmat periodit sisältävällä yhdistetyllä aineistolla saatuja tuloksia. Mikäli tarkasteltavien muuttujien välinen riippuvuus olisi samantyyppinen molemmilla periodeilla, havaintojen määrän lisäämisen pitäisi periaatteessa vahvistaa saatuja tuloksia. Kun näin ei näytä olevan - joko todellisuudessa tai siksi että aineiston puutteellisuuksien vuoksi tätä ei saada esille - mallien selitysasteet jäävät vielä alhaisemmiksi kuin pelkästään aikaisempaa periodia koskevalla mallilla. Mallissa L6 on lisäselittäjänä periodia kuvaava dummy-muuttuja (aikaisemmalla periodilla arvoltaan 0, myöhemmällä 1), joka ei kuitenkaan muodostu merkitseväksi, ts. tasosiirtymätyyppistä eroa periodien välillä ei näyttäisi olevan.

Taulukon 16 tulokset poikkeavat mallien L1-L3 tuloksista mm. siten, että omaa tutkimuspanosta kuvaavan muuttujan  $d_{ti}$  kertoimen merkitsevyystaso on alempi, kun taas kotimaisiin välipanoksiin sisältyvä teknologia näyttää olevan voimakkaampi selitystekijä. Mallien tulokset näyttävät kuitenkin olevan varsin herkkiä käytetylle mallispesifikaatiolle. Mallissa L9 on kotimaiset ja ulkomaiset teknologiapanokset yhdistetty kahdeksi muuttujaksi ja mukana on tästä syystä myös eri vuorovaikutustekijöitä kuin mallissa L8; tällöin useiden selittäjien kertoimet muodostuvat merkitseviksi.

Tässä tarkastelluissa malleissa, joissa selitettävänä muuttujana on työn tuottavuuden muutos, varsin huomattava osa tämän muuttujan vaihtelusta jää selittämättä. Työn tuottavuuden kehitystä täytyisi siis selittää myös muilla tekijöillä kuin tässä esitetyillä, että päädyttäisiin tyydyttävään lopputulokseen. Pääomapanoksen muutoksilla voi olla huomattava vaikutus työn tuottavuuteen, joten sen jättäminen tarkastelun ulkopuolelle selittänee suuren osan eroista kokonaistuottavuuden selitysmalleihin verrattuna. Myös tahattomien teknologiavirtojen puuttuminen malleista vaikuttanee tuloksiin. Tässä tehtyjen tarkastelujen perusteella näyttää kuitenkin siltä, että ainakin yritysten oma T&K-panostus ja kotimaisiin välituotteisiin sisältyvä teknologiapanos vaikuttaisivat myönteisesti yritysten työntuottavuuskehitykseen. Näitäkin tuloksia on vielä pidettävä alustavina.

## 5.4 Johtopäätöksiä

Tässä luvussa tarkastellaan eri teknologiapanosten vaikutuksia teollisuustoimialojen kokonaistuottavuus- ja työntuottavuuskehitykseen. Tarkastelussa mukana olevia teknologiapanoksia ovat yritysten oma

tutkimustoiminta, kotimaisiin ja ulkomaisiin välituote- ja investointipanoksiin sisältyvä teknologia sekä tahattomat teknologiavirrat. Välillisten teknologiapanosten - välituotteisiin ja investointeihin sisältyvän teknologian - mukaanotto on tärkeää, koska useissa ulkomaisissa tutkimuksissa (ks. kappale 3.2) on todettu, että niillä saattaa olla merkittävä ja jopa paljon suurempi vaikutus yritysten menestymiseen kuin niiden omalla tutkimustoiminnalla. Pienen maan yrityksille muiden kehittämällä teknologialla voi usein olla ratkaiseva merkitys.

Tutkimuksen mallitarkastelut suoritettiin poikkileikkausaineistoilla. Tarkasteltaessa vaikutuksia kokonaistuottavuuden kehitykseen mukana oli 16 tehdasteollisuuden toimialaa ja periodien 1980-85 ja 1985-91 keskimääräiset tuottavuuden muutokset, joita selitettiin vuosia 1981 ja 1985 koskevilla teknologiamuuttujilla. Analysoitaessa vaikutuksia työn tuottavuuden kehitykseen aineisto koski 27 toimialaa ja vuosien 1980-85 ja 1985-90 keskimääräisiä tuottavuuden muutoksia.

Sekä kokonaistuottavuus- että työntuottavuustarkastelujen perusteella 1980-luvun alku- ja loppupuolisko näyttävät poikkeavan toisistaan siten, että eri teknologiapanokset vaikuttavat eri tavoin. Tulosten mukaan kokonaistuottavuuteen vaikuttivat aikaisemmalla periodilla voimakkaimmin tahattomat teknologiavirrat ja jälkimmäisellä periodilla yritysten oma tutkimustoiminta. Aikaisemmat tulokset huomioon ottaen tulokset viittaavat siihen, että yritysten oma T&K-toiminta olisi 1980-luvun loppupuoliskolla alkanut tuottaa parempia tuloksia - parantaa enemmän tuottavuutta - kuin 1970-luvulla ja 1980-luvun alussa. Tästä tarvitaan kuitenkin vielä lisää näyttöä.

Jälkimmäistä periodia koskevat tulokset viittaavat myös siihen, että tahattomien teknologiavirtojen vaikutus kokonaistuottavuuteen voisi olla negatiivinen samanaikaisesti kun oman tutkimustoiminnan vaikutus on positiivinen. Myös joillekin muille teknologiamuuttujille saatiin mallispesifikaatiosta riippuen negatiivinen vaikutus. Tulosten tulkinnan tekee ongelmalliseksi se, että joidenkin selittävien muuttujien välillä näyttää olevan riippuvuuksia, joiden vaikutusta ei tässä toteutetulla tarkastelutavalla pystytä eliminomaan. Tämän vuoksi yksittäisen muuttujan vaikutuksen suuruutta ei pystytä täsmällisesti osoittamaan. Eri tekijöiden positiivinen vaikutus ei kuitenkaan ole poissuljettu mahdollisuus näiden tarkastelujen perusteella.

Kun kumpaakin periodia koskevat aineistot yhdistettiin, tulokset eivät oleellisesti muuttuneet. Näiden tulosten mukaan oman tutkimustoiminnan

vaikutukset kokonaistuottavuuteen näyttävät varsin voimakkailta. Välillisten teknologiapanosten vaikutukset näyttävät osaksi muodostuvan negatiivisiksi. Oman tutkimuspanoksen kerroin oli malleissa varsin tasaisesti 0,2:n suuruusluokkaa. Kerroin kuvaa kokonaistuottavuuden joustoa välittömän, ts. oman tutkimuspanoksen perusteella lasketun, teknologiaintensiteetin suhteen. Näin ollen kun teknologiaintensiteetti nousee prosenttia, kokonaistuottavuus kasvaisi 0,2 prosenttia. Tätä lukua on pidettävä lähinnä suuntaa-antavana, koska muiden teknologiapanosten vaikutukset jäivät osittain täsmeytymättä. Luku ei ole suoraan vertailukelpoinen kappaleessa 3.2 esitettyihin aikaisempien tutkimustulosten mukaisiin tuottoasteisiin mm. koska tässä käytetyt intensiteetit perustuvat osaksi varantolaskelmiin.

Tarkasteltaessa vaikutuksia työn tuottavuuteen malleissa ei ollut mukana tahattomia teknologiavirtoja, mikä vaikuttanee ainakin jonkin verran tuloksiin. 1980-luvun alkupuoliskoa koskevien tulosten mukaan oman tutkimustoiminnan vaikutus työn tuottavuuden kehitykseen olisi merkitsevä. Myös kotimaisiin välipanoksiin ja ulkomaiseen pääomapanokseen sisältyvä teknologia näyttäisi vaikuttavan tuottavuuskehitykseen. Välittömän teknologiaintensiteetin kerroin oli noin 0,18-0,27, eli samaa suuruusluokkaa kuin kokonaistuottavuusmalleissa. Näihin kertoimiin liittyy kuitenkin suurempia varauksia mm. mallien alhaisten selityksasteiden takia. Malleista "puuttuu" tahattomien teknologiavirtojen lisäksi myös esim. pääomapanosta kuvaava muuttuja.

Jälkimmäistä periodia koskevat tulokset olivat heikompia kuin edellistä koskevat, eikä aineistojen yhdistäminen oleellisesti muuttanut tuloksia. Sekä kokonaistuottavuus- että työntuottavuusmalleissa näyttää yhtenä ongelmana vallitsevien riippuvuussuhteiden esillesaamisessa olevan se, että tarkasteltavat periodit ovat erilaisia, joko todellisuudessa tai siksi, että aineistoja ei ole saatu riittävän yhdenmukaisiksi mm. lukuisten luokitusmuutosten vuoksi.

Tiivistäen tuloksista voidaan todeta seuraavaa. Tulosten perusteella näyttää selvältä, että yritysten oma tutkimustoiminta parantaa toimialoittaista kokonaistuottavuuden ja työn tuottavuuden kehitystä. Myös muiden teknologiapanosten huomioonottaminen vaikutusten tarkastelussa on tärkeää, koska ne näyttävät vaikuttavan vuorovaikutuksessa oman tutkimuspanoksen kanssa. Mahdollisesti positiivisia vaikutuksia havaittiin myös tahattomiin teknologiavirtoihin sekä kotimaisiin välipanoksiin ja ulkomaisiin pääomapanoksiin

sisältyvällä teknologialla. Eri teknologiamuuttujien väliset vuorovaikutussuhteet näyttävät kuitenkin olevan melko monimutkaisia, eikä niitä ole tässä tutkimuksessa riittävän täsmällisesti saatu selvitettyksi. Tarkempi analyysi jää myöhempien tutkimusten tehtäväksi.

## **6 TEKNOLOGIAPOLITIikka PIENESSÄ AVOTALOUDESSA**

### **6.1 Riippuvuus muiden kehittämästä teknologiasta**

Nopean teknologisen kehityksen ja tiedon räjähdysmäisen kasvun seurauksena yritykset ja toisaalta maat ovat tulleet yhä riippuvaisemmiksi muualla kehitetystä teknologiasta. Erään arvion mukaan (Steed 1989) useimmat teollisuusmaat, lukuunottamatta Yhdysvaltoja ja Japania, tuottavat kaikesta käyttämästään teknologiasta vain viidennentoista tai kahdennenkymmenennen osan. Erityisesti pienten, voimakkaasti ulkomaankaupasta riippuvaisten maiden on mahdotonta kehittää likimainkaan kaikkea tarvitsemaansa teknologiaa itse.

OECD-maiden enemmistöllä maksetut korvaukset tuontiteknologiasta ovat 1-2-kertaiset verrattuna vastaavasta teknologian viennistä saatuihin tuloihin. Tällä mittarilla "heikoimmin menestyneillä" mailla eli Itävallalla, Suomella, Espanjalla ja Portugalilla vastaava teknologian tuonti on sen vientiin verrattuna 3-7-kertainen (Suomella noin 7-kertainen vuonna 1990). Teknologiaomavaraisuutta voidaan kuvata myös toisella mittarilla, joka kertoo kuinka suuret teknologian tuontimaksut ovat verrattuna yrityssektorin tutkimus- ja kehitysmenoihin. Tällä tavoin tarkasteltuna Suomi sijoittuu selvästi paremmin; kun suhdeluku useimmilla OECD-mailla oli 0,1:n ja 0,4:n välillä vuonna 1990, se oli Suomella 0,19. Sen sijaan paljon riippuvaisempia tuontiteknologiasta ovat tämän mittarin mukaan Belgia, Espanja ja Portugali, joissa korvaukset tuontiteknologiasta olivat lähes yhtä suuret tai suuremmat kuin yrityssektorin T&K (Industrial policy in OECD countries, Annual Review 1993 s. 128-129).

Riippuvuutta muiden kehittämästä teknologiasta voidaan kuvata myös yritysten käyttämien välittömien ja välillisten teknologiapanosten suhteellisilla osuuksilla. Kuten luvussa 5.1 on todettu, suomalaisten teollisuusyritysten omasta tutkimuspanostuksesta muodostuvan välittömän teknologian osuus niiden arvioidusta kokonaisteknologiasta oli 1980-luvulla vähintään puolet ja kasvamaan päin. Pääomapanoksiin sisältyvän teknologian osuus kokonaisteknologiasta oli runsaat 20 % ja välituotteisiin sisältyvän teknologian samoin. Näin ollen yritysten oma

tutkimuspanostus on kaikesta huolimatta keskeisellä sijalla teknologian lähteenä.

Suomessa onkin erityisesti 1980-luvulla ja 1990-luvun alussa panostettu voimakkaasti tutkimustoimintaan, ja tulokset ovat monilta osin olleet myönteisiä. Esimerkiksi korkean teknologian tuotteiden osuus koko tavaraviennistä on kasvanut nopeasti, ja selvästi nopeammin kuin vastaavien tuotteiden tuontiosuus. Osa suurten panostusten vaikutuksista nähtäneen vasta lähivuosina, koska monet tutkimustoiminnan positiivisista tuloksista kypsyvät varsin hitaasti (ks. esim. Vuori ja Vuorinen 1994, luvut 1 ja 10).

## **6.2 Innovaatio- vai diffuusiopolitiikkaa?**

Vielä 1980-luvun alkupuolella teknologiapolitiikkaa tarkasteltiin useimmissa teollisuusmaissa paljolti irrallaan yleisestä talouspolitiikasta. Oli tyypillistä, että huomio keskitettiin yritysten tutkimus- ja kehitystoimintaan sekä innovaatioihin, sen sijaan innovaatioiden diffuusiota ei juurikaan tarkasteltu. Hieman epäloogisesti diffuusion edistämistä on joskus pidetty kohtuuttomana ja epäviisaana puuttumisena markkinavoimien toimintaan, kun samanaikaisesti T&K-toiminnan tukemista on pidetty sekä teoreettisesti että talouspoliittisesti perusteltuna. Diffuusion ja T&K:n erilaisen kohtelun puolesta esitettyjä perusteluja ei kuitenkaan voida pitää kovin vakuuttavina. Diffuusio ja yritysten oma tutkimustoiminta liittyvät läheisesti toisiinsa, ja valittaessa keinoja niiden edistämiseen niitä tulisikin tarkastella yhdessä. (Freeman & Soete 1986 s. 846-852)

Myös Steed (1989) toteaa, että hyötyäkseen täysin muiden tekemän tutkimustyön tuottamista tahattomista teknologiavirroista ("spillovereista") yritysten täytyy myös tehdä omaa tutkimusta. Näin ollen teollisuuden T&K-toiminnan vähäisyyttä ei voida kompensoida vain ostamalla ja tuomalla enemmän teknologiaa.

Freeman ja Soete (1986) toteavat myös, että ainakin aikaisemmin Englannissa julkinen T&K-tuki on ollut pahoin vääristynyttä, koska sitä on kohdistettu kohteisiin joista ei ollut odotettavissaakaan taloudellista tuottoa. Tällaisia ovat olleet mm. suuret lentokone-, ydinvoima- ja sotilaalliset projektit. Taloudelliset näkökohdat tulisi selkeästi liittää tuen kohdistamista koskevaan päätöksentekoon.

Freeman ja Soete korostavat rakennepolitiikan merkitystä mutta toteavat myös, että diffuusiopolitiikan merkittävät positiiviset vaikutukset mm.



työllisyyteen edellyttävät riittävän kysynnän olemassaoloa. Kysyntälaman aikana toimenpiteet saattavat näkyä vain välittöminä vaikutuksina, ja teknologian kehitykseen liittyvät tuotannon kerrannaisvaikutukset ja työpaikkoja luovat kompensatiovaikutukset saattavat jäädä vähäisiksi. Stoneman (1986, s. 602) kiinnittää huomiota tutkimus- ja kehitystoiminnan ja diffuusion välisiin yhteyksiin ja toteaa, että toista näistä edistävä politiikka voi usein edistää myös toista.

Teknologiapolitiikka on osa yleistä talouspolitiikkaa, ja jos taloudessa on esimerkiksi kapasiteettirajoitteita, pyrkimys edistää diffuusiota voi vaikuttaa hintatasoa nostavasti ja itse diffuusio voi jäädä toteutumatta. Talouden tarjontatekijöiden huomioonottaminen on näin ollen myös oleellista.

Talouden tehokasta toimintaa ja teknisen kehityksen mahdollisuuksia näyttävät rajoittavan erilaiset yhteiskunnan insituutioihin liittyvät jäykkyystekijät ja tehottomuudet. Ongelmia on nähty mm. työmarkkinainstituutioissa ja koulutusjärjestelmän tuottamissa tuloksissa. Myös Pohjoismaille tyypillinen kollektiivinen yksilöiden ja yritysten kohtaamien riskien tasausjärjestelmä on todettu tehokkuusmielessä liian kattavaksi (ks. esim. Vuori ja Vuorinen 1994, mm. Kanninen 1994). Kun lisäksi otetaan huomioon ennennäkemättömän syvästä lamasta toipumiseen liittyvät vaikeudet, teknologisen kehityksen edistäminen on haastava tehtävä. Tässä on oleellista tarkastella teknologiapolitiikkaa entistä enemmän osana aikaisempaa kattavampaa talous- ja sosiaalipolitiikkaa.

### **6.3 Tiedon hallintaoikeus ja kansallinen teknologiapolitiikka**

Rajoitettu hallintaoikeus on keskeinen teknologiseen tietoon liittyvä ominaisuus (ks. luku 2). Tällä on yritysten kannalta sekä positiivisia että negatiivisia seurauksia. Toisaalta ne hyötyvät muiden aikaansaamista tutkimustuloksista sitä enemmän, mitä rajoitetumpi hallintaoikeus on. Tämän kääntöpuoli on tietysti se, että ne myös itse tahtomattaankin joutuvat luovuttamaan omia tuloksiaan muiden käyttöön. Kun huomattava määrä tutkimustuloksia kulkeutuu tahattomien teknologiavirtojen muodossa myös maasta toiseen, voidaan kysyä, mikä on kansallisen teknologiapolitiikan rooli. Onko julkisen vallan järkevää esimerkiksi tukea kansallisia tutkimus- ja kehityshankkeita, jos on odotettavissa, että

huomattava osa tutkimustuloksista saatavasta hyödystä "valuu" ulkomaille ilman korvausta?

Grilichesin (1990) mukaan pieni avoin talous on tahattomien teknologiavirtojen suhteen selvästi eri asemassa kuin monet suuret teollisuusmaat. Jos huomattava osa pienessä maassa tuotetuista tuotteista myydään ulkomaille, on luultavaa, että myös huomattava osa maassa aikaansaadusta teknologisesta kehityksestä "vuotaa" ulkomaille. Tällöin on kyseenalaista, tulisiko ao. maassa esimerkiksi verovaroin tukea tutkimus- ja kehitystoimintaa, kun suuri osa siitä saatavasta hyödystä koituu muiden maiden kansalaisten hyväksi. Tällöin on kuitenkin otettava huomioon, että teknologisen tietämyksen virrat kulkevat sekä "sisäänpäin" että "ulospäin". Yksityiset markkinat eivät välttämättä tuota riittävää järjestelmää, joka pystyisi ottamaan vastaan ulkomaisen tietämyksen. Tässä koulutusjärjestelmä on avainasemassa.

Teece (1986, s. 639-40) toteaa, että mikäli teollisoikeuksiin ei sisälly riittävää suojaa, innovoivan yrityksen ja maan täytyy ylläpitää hyvin kehittyneitä täydentäviä resursseja (complementary assets), esimerkiksi tehokasta tuotantoa ja markkinointia, jotta ne voisivat hyötyä innovaatioihin liittyvistä tahattomista teknologiavirroista. Myös teollisoikeuksien suojaus on keskeistä, mutta sitä voidaan tehdä vain rajoitetusti. Näin ollen sekä yritysten että kansakuntien - siis poliittisten päätöksentekijöiden - strategiat ratkaisevat, miten innovaatioista saatavat hyödyt jakaantuvat maailmanlaajuisesti. Sen varmistamiseksi, että täydentäviä resursseja hyödyttävät ulkoisvaikutukset tulevat pääosin kotimaisten eikä ulkomaisten erikoistuneiden resurssien osalle, on tärkeätä vahvistaa näitä täydentäviä resursseja tukevaa infrastruktuuria. Muussa tapauksessa innovaatioista saatavat tuotot voivat koitua lähinnä jäljittelijöiden ja muiden kilpailijöiden tai erikoistuneiden resurssien omistajien hyväksi.

Steedin (1989) mukaan teknologisen tiedon suojaamiseen liittyy enenevässä määrin kahdenlaisia ongelmia. Ensinnäkin eri maat pyrkivät entistä enemmän pitämään itsellään tällaista tietoa voidakseen käyttää sitä omaksi hyödykseen. Lisäksi tarvitaan parempia mekanismeja ei vain oman teknologisen tiedon suojaamiseksi, vaan myös jotta muut maat vakuuttuisivat siitä että niiden siirtämää teknologiaa suojataan.

Paquén (1993) mukaan kansallisen teknologiapolitiikan, jolla tässä yhteydessä tarkoitetaan kaupallisiin sovellutuksiin tähtäävän tutkimustoiminnan tukemista korkean teknologian aloilla, järkevyyss riippuu tahattomien teknologiavirtojen tyypistä. Jos ne ovat luonteeltaan

globaalisia, kaikki maat pääsevät käyttämään yhteisiä tietovarantoja, ja kansainväliset kauppavirrat määräytyvät yksinomaan suhteellisten etujen perusteella, ei sen mukaan, kuka sattuu ehtimään ensiksi. Näin ollen kotimaisen tutkimustoiminnan tukeminen ei ole kovin järkevää. Tilanne on toinen, jos tietovarannot ovat pääosin kansallisia, jolloin jäljessä tuleva maa voi tasoittaa tietään tukemalla tiedon tuottamista omassa tutkimussektorissaan. Esimerkiksi Lichtenbergin (1993) mukaan näyttää siltä, että kansainväliset tahattomat teknologiavirrat eivät ainakaan olisi täydellisiä eivätkä välittömästi tapahtuvia.

Paqué (1993) mainitsee kuitenkin kolme syytä, miksi kansallisen teknologiapolitiikan mahdollisuuksiin tulee suhtautua varauksin. Ensinnäkin tutkimustoiminnan tukemista muiden maiden etumatkan tasoittamiseksi voidaan kilpailijamaissa pitää protektionistisena toimenpiteenä, joka voi aiheuttaa vastatoimenpiteitä. Toiseksi, tällaisen tuen, samaan tapaan kuin "aloittelevan toimialan" tukemisen, pitäisi olla selkeästi väliaikainen toimenpide, mutta käytännössä useimmat tukimuodot näyttävät muodostuvan pysyviksi.

Kolmanneksi, tuettavien alojen valinta joudutaan yleensä tekemään riittämättömien tietojen pohjalta. On usein esimerkiksi vaikeaa selvittää, miten pitkällä teknologian kehittämisessä keskeiset kilpailijat ovat, kuinka suurella todennäköisyydellä tutkimus tuottaa tarkoitetunkaltaisia tuloksia ja kuinka nopeasti tietyn sektorin tutkimustulokset myöhemmin leviävät. Vaikka useiden, mm. uusien kasvuteorioiden piiriin luettavien, tutkimustulosten mukaan epätäydelliset mahdollisuudet pitää hallussaan tuotetut tulokset saattavat johtaa siihen, että tutkimustoiminnan volyymi jää optimitasoa pienemmäksi, tietopohja on yleensä liian hatara tuettavien alojen vahvasti perustellulle valinnalle.

Huolimatta siitä, että teollisuuden saaman julkisen tuen yleisesti pelätään vääristävän kilpailua sekä kansallisesti että kansainvälisesti, useimmissa teollisuusmaissa tuki on varsin merkittävää, joskin sen kokonaismäärä laski OECD-alueella 1980-luvun lopulla (Industrial policy in OECD countries, Annual Review 1992). Teknologisen kehityksen tukemiseen on kuitenkin esimerkiksi Euroopan Unionin puitteissa usein suhtauduttu myönteisemmin kuin teollisuustukeen yleensä (ks. esim. Fölster 1991), mm. koska sen katsotaan edistävän myönteistä rakennekehitystä.

Innovaatioiden aikaansaamisessa ja kilpailukyvyyn ylläpitämisessä tarvitaan yhä enemmän yritysten välistä yhteistyötä. Näennäisesti tämä saattaa olla ristiriidassa kilpailupolitiikan periaatteiden kanssa. Maissa, joissa on voimakkaat kartelleja vastustavat säännökset ja perinteet - kuten

Yhdysvalloissa - yritysten välisen yhteistyön edistäminen politiikan keinoin kohtaa vielä paljon vastarintaa. Erilaiset yritysten, korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten yhteistyöverkostot nähdään kuitenkin jo yleisesti tärkeinä tuloksellisen tutkimustoiminnan välineinä (esim. Teece 1991).

Edellä esitetyt näkökohdat voidaan tiivistää seuraavasti.

Teknologiapolitiikan harjoittamisen mahdollisuuksiin vaikuttavat sekä talouden kysyntä- ja tarjontatekijät että yhteiskunnallisten instituutioiden toimintakyky. Teknologia on yhä enenevässä määrin globaalista, ja pienet maat ovat erityisen riippuvaisia muiden kehittämästä teknologiasta. Tästä seuraa toisaalta tarve kehittää omaa kompetenssia niin, että pystytään mahdollisimman paljon hyödyntämään muiden tuottamia tutkimustuloksia, toisaalta tarve suojautua omien tutkimustulosten liialliselta tahattomalta siirtymiseltä muiden hyödyksi.

Pienessä maassa teknologian diffuusion edistäminen on vähintään yhtä tärkeää ellei tärkeämpääkin kuin uusien innovaatioiden tuottamisen tukeminen. Teknologiapolitiikan muotoilussa on kuitenkin otettava huomioon myös kauppa- ja kilpailupoliittiset näkökohdat. On selvää, että tässä joudutaan tasapanoilemaan eri suuntiin vaikuttavien tekijöiden kesken. Yritysten kannalta on keskeistä omien vahvuuksien ja ns. täydentävien resurssien kehittäminen sekä erilaisten yhteistyömahdollisuuksien hyödyntäminen muiden yritysten ja tutkimuslaitosten kanssa. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella yritysten oman tutkimustoiminnan ja diffuusion vuorovaikutuksen tärkeys ja niiden komplementaarisuus saa voimakasta vahvistusta. Näin ollen molempien samanaikainen edistäminen on Suomen kaltaisen pienen maan etujen mukaista.

## LÄHDELUETTELO

- ARROW, K.J. (1962), Economic welfare and the allocation of resources for invention, in: R. Nelson (ed.), *The rate and direction of inventive activity*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, pp. 609-626.
- Bernstein, J.I. (1989). The structure of Canadian inter-industry R&D spillovers, and the rates of return to R&D, *Journal of Industrial Economics*, Vol. XXXVII, No.3, pp. 315-328.
- Bernstein, J.I. and Nadiri, M.I. (1988), Interindustry R&D spillovers, rates of return, and production in high-tech industries, *American Economic Review*, AEA Papers and Proceedings, Vol. 78, No. 2, May, pp. 429-434.
- COHEN, W.M. and LEVIN, R.C. (1989), Empirical studies of innovation and market structure, in: Schmalensee, R. and Willig, R.D. (eds.), *Handbook of industrial organization*, Vol. II. Amsterdam/New York/Oxford/Tokyo: North-Holland, pp.1059-1107.
- COHEN, W.M. and LEVINTHAL, D.A. (1989), Innovation and learning: the two faces of R&D, *The Economic Journal*, Vol. 99, No. 397, September, pp. 569-596.
- Englander, A.S., Evenson, R. and Hanazaki, M. (1988), R&D, innovation and the total factor productivity slowdown. *OECD Economic Studies*, No. 11, Autumn, Paris: OECD.
- Freeman, C. and Soete, L. (1986), Innovation diffusion and employment policies, *Ricerca Economica*, Anno XL, Nro 4, Ottobre-Dicembre, pp. 836-854.
- Fölster, S. (1991), Innovationsstöd till företag - stimulans eller slöseri? *Ekonomisk Debatt*, 1/91, s. 18-28.
- GEROSKI, P.A. (1991), Innovation and the sectoral sources of UK productivity growth, *The Economic Journal*, Vol. 101, No. 409, November, pp. 1438-1451.
- Globerman, S. (1980), Comment (see Terleckyj 1980), in: Kendrick and Vaccara (eds.)(1980), pp. 377-386.
- GOTO, A. and SUZUKI, K. (1989), R&D capital, rate of return on R&D investment and spillover of R&D in Japanese manufacturing industries, *Review of Economics and Statistics*, Vol. LXXI, No. 4, November, pp. 555-564.
- GRILICHES, Z. (1979), Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth, *Bell Journal of Economics*, Vol. 10, pp. 92-116.
- GRILICHES, Z. (1980), Returns to research and development expenditures in the private sector, in: Kendrick and Vaccara (eds.)(1980), pp. 419-454.
- GRILICHES, Z. (1980b), R&D and the productivity slowdown, *American Economic Review*, Papers and Proceedings, Vol. 70, No. 2.
- GRILICHES, Z. (ed.)(1984), *R&D, patents, and productivity*, Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Griliches, Z. (1990), Econometric estimates of R&D returns: Measurement problems, results, and policy implications. *Technology and investment*, Conference arranged by The Royal Swedish Academy of Engineering Sciences (IVA) and The Swedish Ministry of industry in cooperation with OECD, 21-24 January, 1990, Stockholm (conference paper).
- GRILICHES, Z. and LICHTENBERG, F. (1984), R&D and productivity growth at the industry level: Is there still a relationship?, in: Griliches, Z. (ed.)(1984).

- GRILICHES, Z. and F. LICHTENBERG (1984b), Interindustry technology flows and productivity growth: a reexamination, *Review of Economics and Statistics*, Vol. LXVI, No. 2, May, pp. 324-329.
- HÖLTTÄ, R. (1989), *Multidimensional diffusion of innovation*, Helsinki: The Helsinki School of Economics and Business Administration, Series A:66.
- Industrial policy in OECD countries (1992), *Annual review 1992*, Paris: OECD.
- Industrial policy in OECD countries (1993), *Annual review 1993*, Paris: OECD.
- Jaffe, A.B. (1986), Technological opportunity and spillovers of R&D: Evidence from firms' patents, profits, and market value, *American Economic Review*, Vol. 76, No. 5, December, pp. 984-1001.
- Kanniainen, V. (1994), Growth and technical change in Finland: The role of collective sharing of economic risks, in: Vuori and Vuorinen (eds.)(1994).
- Kendrick, J.W. and Vaccara, B.N. (eds.)(1980), *New developments in productivity measurement and analysis*, NBER Studies in income and wealth, Volume 44. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- LEVIN, R.C. (1988), Appropriability, R&D spending, and technological performance, *American Economic Review*, AEA Papers and Proceedings, Vol. 78, No. 2, May, pp. 424-428.
- LEVIN, R.C., KLEVORICK, A.K., NELSON, R.R. and WINTER, S.G. (1987), Appropriating the returns from industrial research and development, *Brookings Papers on Economic Activity*, 1987:3, pp. 783-831.
- Link, A.N. (1983), Inter-firm technology flows and productivity growth, *Economics Letters*, Vol. 11, pp. 179-184.
- LINK, A.N. (1987), *Technological change and productivity growth*, Fundamentals of pure and applied economics, vol. 13. Chur/London/Paris/New York: Harwood Academic Publishers.
- METCALFE, J.S. (1988), The diffusion of innovation: an interpretative survey, in: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. and Soete, L. (eds.), *Technical change and economic theory*. London and New York: Pinter Publishers, pp. 560-589.
- MOHNEN, P. (1989), New technologies and inter-industry spillovers, OECD International seminar on science, technology and economic growth, Paris, June 5-8, 1989. OECD, Directorate for Science, Technology and Industry, DSTI/SPR/89.7, WS/II/III.2, Paris 1989.
- Nykysuomen sanakirja, 2. painos 1957, Porvoo/Helsinki: WSOY.
- Paqué, K.-H. (1993), A recipe for prosperity? Policy implications of the new growth theories, in: Siebert, H. (ed.), *Economic growth in the world economy*, Symposium 1992, Tübingen: J.C.B. Mohr (Paul Siebeck).
- Patel, P. and Soete, L. (1988), Measuring the economic effects of technology, Paris: OECD, STI Review, No. 4, December.
- Romer, P. (1990), Endogenous technological change, *Journal of Political Economy*, vol. 98, No. 5, pp. S71-S102.
- Scherer, F.M. (1982), Inter-industry technology flows and productivity growth, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 64, No. 4, pp. 627-634.
- Scherer, F.M. (1984), Using linked patent and R&D data to measure inter-industry technology flows, in: Griliches, Z. (ed.), *R&D, patents, and productivity*, Chicago and London: The University of Chicago Press, pp. 417-464.

- Schmookler, J. (1966), *Invention and economic growth*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Steed, G.P. (1989), *Not a long shot. Canadian industrial science and technology policy, Summary of Background Study 55*, Science Council of Canada, July.
- STONEMAN, P. (1983), *The economic analysis of technological change*, Oxford: Oxford University Press.
- Stoneman, P. (1986), Technological diffusion: The viewpoint of economic theory, *Ricerca Economica*, Anno XL, Nro 4, Ottobre-Dicembre, pp. 585-606.
- Sveikauskas, L. (1981), Technological inputs and multifactor productivity growth, *Review of Economics and Statistics*, Vol. LXIII, No. 2, May, pp. 275-282.
- Teece, D.J. (1986), Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy, *Ricerca Economica*, Anno XL, Nro 4, Ottobre-Dicembre, pp. 607-643.
- Teece, D.J. (1991), Technological development and the organisation of industry, in: *Technology and productivity, The challenge for economic policy. The Technology Economy Programme*. Paris: OECD.
- Teollisuustilasto 1980, osa 1 (1982), Helsinki: Tilastokeskus, SVT XVIII A:101.
- Teollisuustilasto 1985, osa 1 (1987), Helsinki: Tilastokeskus, SVT XVIII A:106.
- Teollisuuden vuosikirja 1990, osa 1 (1990), Helsinki: Tilastokeskus, SVT, Teollisuus 1990:16.
- Teollisuuden vuosikirja 1992, osa 1 (1992), Helsinki: Tilastokeskus, Teollisuus 1992:7.
- TERLECKYJ, N.E. (1980), Direct and indirect effects of industrial research and development on the productivity growth of industries, in: *Kendrick and Vaccara (eds.) (1980)*, pp. 359-386.
- THIRTLE, C.G. and RUTTAN, V.W. (1987), *The role of demand and supply in the generation and diffusion of technical change. Fundamentals of pure and applied economics*, vol. 21, Chur/London/Paris/New York: Harwood Academic Publishers.
- Tiede ja teknologia 1989 (1990), Helsinki: Tilastokeskus, SVT, Koulutus ja tutkimus 1989:24.
- Tutkimustilastot: Yrityssektorin tutkimustoiminnan menot tuoteryhmän mukaan, vuodet 1985, 1987 ja 1989. Tilastokeskus, Helsinki.
- Virtaharju, M. and M. Åkerblom (1993), *Technology intensity of Finnish manufacturing industries*, Helsinki: Statistics Finland (Tilastokeskus), SVT, Science and Technology 1993:3.
- Vuori, S. (1984), *Kokonaistuottavuus ja tutkimus- ja kehitystoiminnan tuottoaste Suomen ja Ruotsin teollisuustoimialoilla v. 1964-80*, Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, Sarja C 32.
- VUORI, S. (1986), *Returns to R&D in Finnish and Swedish manufacturing industries*, Helsinki: ETLA (The Research Institute of the Finnish Economy), Discussion Papers No. 203.
- VUORI, S. (1988), *Total factor productivity and R&D in Finnish, Swedish and Norwegian manufacturing industries, 1964 to 1983*, Helsinki: ETLA (The Research Institute of the Finnish Economy), Discussion Papers No. 257.
- VUORI, S. (1991), *Returns to R&D in Nordic manufacturing industries, 1964 to 1983*, Helsinki: ETLA (The Research Institute of the Finnish Economy), Discussion Papers No. 357.

- Vuori, S. (1991b), Teknologiapanosten vaikutukset ja teknologian diffuusio: kirjallisuuskatsaus, Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, Keskusteluaiheita No. 382.
- Vuori, S. (1992), R&D, technology diffusion and productivity performance in Finnish manufacturing industries, in: Vuori, S. and Ylä-Anttila, P. (eds.), Mastering technology diffusion - The Finnish experience, Helsinki: ETLA, The Research Institute of the Finnish Economy, Series B 82.
- Vuori, S. (1993), Tahattomat teknologiavirrat Suomen teollisuudessa. Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, Keskusteluaiheita No. 443.
- Vuori, S. (1994), Yritysten ja toimialojen väliset teknologiakytkennät Suomen teollisuudessa, Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, Keskusteluaiheita No. 477.
- Vuori, S. and Vuorinen, P. (1994), Explaining technical change in a small country. The Finnish national innovation system, Heidelberg/New York: Springer Verlag, in association with ETLA, Helsinki.
- WYATT, G. (1983), Multifactor productivity change in Finnish and Swedish industries, 1960 to 1983, Helsinki: ETLA, The Research Institute of the Finnish Economy, Series B No. 38.



## LIITTEET

Liitetaulukko 1.	Vuoden 1989 tuoteryhmäluokitus, ryhmiä yhdistetty (yht. 47)	83
Liitetaulukko 2.	Toimialojen tutkimusmenot yhteensä ja omalla toimialalla sekä muiden toimialojen tutkimusmenot kullakin toimialalla vuonna 1989 (1000 mk)	84
Liitetaulukko 3.	Toimialojen omat tutkimusmenot sekä niiden vastaanottamat ja lähettämät tahattomat teknologia- virrat vuonna 1989 (1000 mk)	85
Liitetaulukko 4.	Toimialojen omat tutkimusmenot sekä niiden vastaan- ottamat ja lähettämät tahattomat teknologivirrat vuonna 1989 (1000 mk)	86
Liitetaulukko 5.	Vuoden 1989 yksityiskohtaisen datan korrelaatiomatriisi: eri suorittajatoimialojen tutkimusmenojen tuoteryhmä- kohtaisten jakautumien korrelaatiot	87
Liitetaulukko 6.	Esimerkki tahattomien teknologivirtojen laskemisesta: teknologinen läheisyys muihin toimialoihin, tutkimus- menot ja lähetetyt ja vastaanotetut tahattomat teknologia- virrat toimialalla 'Elektroniset piirit ja tietoliikenneväli- neet' vuonna 1989	91
Liitetaulukko 7.	Vuoden 1985 yhdistetty tuoteryhmäluokitus (30 tuoteryhmää)	92
Liitetaulukko 8.	Toimialojen lähettämät ja vastaanottamat tahattomat teknologivirrat vuosina 1985 ja 1989 [yhdistellyt toimialat (30) ja tuoteryhmät (46)]	93
Liite 9.	Vuosien 1980-85 ja 1985-90 keskimääräisten työn tuottavuuden muutosten laskeminen	94
Liitetaulukko 9a.	Työn tuottavuuslaskelmissa v. 1980-1985 sovellettu toimialaluokitus	96
Liitetaulukko 9b.	Työn tuottavuuslaskelmissa v. 1985-1989 sovellettu toimialaluokitus	97
Liitetaulukko 9c.	Työn tuottavuuden muutokset teollisuuden toimi- aloilla v. 1980-85 ja 1985-90	98
Liitetaulukko 10.	Kokonaistuottavuuden muutokset teollisuuden toimi- aloilla keskimäärin vuodessa 1980-85 ja 1985-91, %	99

**Liitetaulukko 1. Vuoden 1989 tuoteryhmäluokitus, ryhmiä yhdistetty (yht. 47)**

Tuoteryhmä	Sisältää myös tuoteryhmän
1. Maa- ja metsätalous	
2. Kaivostoiminta	
3. Elintarvikkeet	
4. Juomat	
5. Tupakka	
6. Tekstiilit	
7. Vaatteet	
8. Nahkatuotteet	
9. Jalkineet	
10. Puutavara ja puutuotteet	
11. Massa, paperi, paperituotteet	
12. Kustantaminen ja painaminen	
13. Huonekalut	
14. Teollisuuskemikaalit	
15. Lääkkeet	
16. Muut kemialliset tuotteet	17. Öljyn jalostus, 18. Öljy- ja kivihiilituotteet, ydinpoltoaine
19. Kumituotteet	
20. Muovituotteet	
21. Lasi, lasituotteet	22. Posliinituotteet, saviastiat
23. Muut savi- ja kivituuotteet	
24. Rauta ja teräs	
25. Muut metallit	
26. Metallituotteet	
28. Muut yleiskäyttöiset koneet	27. Kiinteät moottorit, turbiinit, 31. Metallin jalostuskoneet
29. Maatalouskoneet	
30. Työstökoneet	
32. Kaivos- ja rakennustoiminnan koneet	
33. Massa- ja paperikoneet	
34. Muut teollisuuden erikoiskoneet	
35. Tieto- ja konttorikoneet	
36. Elektroniset piirit, tietoliikennevälineet	37. Radiot, televisiot, ääni- ja kuvatallenteet
38. Sähkökoneet ja -laitteet	
39. Kotitalouskoneet	
40. Instrumentit ja hienomekaaniset tuotteet	
41. Laivat ja veneet	
43. Autot ja perävaunut	
44. Ilma-alukset sekä niiden moottorit	
46. Muut kulkuneuvot	42. Kiskoilla kulkevat ajoneuvot, 45. Polkupyörät, mopot ja moottoripyörät
47. Urheiluvälineet	
48. Muut tehdasteollisuustuotteet	
49. Energia- ja vesihuolto	
50. Rakentaminen	
51. Kauppa, majoitus- ja ravitsemistoiminta	
-- -- --	-- -- --

**Liitetaulukko 2. Toimialojen tutkimusmenot yhteensä ja omalla toimialalla sekä muiden toimialojen tutkimusmenot kullakin toimialalla vuonna 1989 (1000 mk)**

	Omat tutk.- menot	Josta omalla toimi- alalla	Muiden toimialojen menot tällä toimialalla	Tuoteryh- mään kohdistuvat tutk. menot		
	(a)	(b)	(c)	(d)=(b)+(c)	(b)/(d), %	(c)/(d), %
<b>a. Koneet ja kulkuneuvot</b>						
28. Muut vleiskäyttöiset koneet	195 495	98 671	119 784	218 455	45,17	54,83
29. Maatalouskoneet	48 185	47 370	6 068	53 438	88,64	11,36
30. Tvöstökoneet	33 322	28 177	15 259	43 436	64,87	35,13
32. Kaivos- ja rakennustoin.	73 518	61 239	19 955	81 194	75,42	24,58
33. Massa- ja paperikoneet	299 460	254 474	8 137	262 611	96,9	3,1
34. Muut teoll. erikoiskoneet	26 019	13 642	103 447	117 089	11,65	88,35
35. Tieto- ja konttorikoneet	31 493	9 995	230 191	240 186	4,16	95,84
36. Elektroniset piirit. tietol.väl.	932 433	660 297	133 632	793 929	83,17	16,83
38. Sähkökoneet, laitteet	186 879	68 178	291 801	359 979	18,94	81,06
39. Kotitalouskoneet	10 721	8 744	1 239	9 983	87,59	12,41
40. Instrumentit ja hienomek. tuott.	256 327	161 116	26 141	187 257	86,04	13,96
41. Laivat ja veneet	91 691	74 467	1 263	75 730	98,33	1,67
43. Autot ja perävaunut	53 657	52 822	26 893	79 715	66,26	33,74
44. Ilma-alukset sekä niiden moott.	25 628	16 477	1 264	17 741	92,88	7,12
46. Muut kulkuneuvot	22 148	15 396	21 185	36 581	42,09	57,91
YHTEENSÄ (a)	2 286 976	1 571 065	1 006 259	2 577 324	64,14	35,86
<b>b. Muut kuin koneisiin ja kulkuneuvoihin liittyvät toimialat</b>						
1. Maa- ja metsätalous	13 400	12 994	33 010	46 004	28,25	71,75
2. Kaivostoiminta	10 120	6 765	3 269	10 034	67,42	32,58
3. Elintarvikkeet	169 850	151 477	19 594	171 071	88,55	11,45
4. Juomat	79 420	73 810	4 426	78 236	94,34	5,66
5. Tupakka	2 296	2 247	700	2 947	76,25	23,75
6. Tekstiilit	28 165	20 543	2 174	22 717	90,43	9,57
7. Vaatteet	1 517	1 036	159	1 195	86,69	13,31
8. Nahkatuotteet	1 097	310	292	602	51,5	48,5
9. Jalkineet	3 811	1 950	3 890	5 840	33,39	66,61
10. Puutavara ja puutuotteet	80 462	21 357	7 221	28 578	74,73	25,27
11. Massa, paperi, pap.tuott.	248 823	206 779	146 371	353 150	58,55	41,45
12. Kustantaminen ja painaminen	6 147	5 486	4 193	9 679	56,68	43,32
13. Huonekalut	22 494	14 168	9 045	23 213	61,03	38,97
14. Teollisuuskemikaalit	426 347	360 672	16 645	377 317	95,59	4,41
15. Lääkkeet	230 875	210 022	44 549	254 571	82,5	17,5
16. Muut kemialliset tuott.	255 878	64 137	112 975	177 112	36,21	63,79
19. Kumi- ja muovituotteet	28 969	26 132	187 392	213 524	12,24	87,76
20. Muovituotteet	54 599	28 822	15 384	44 206	65,2	34,8
21. Lasi, lasituotteet	8 157	7 001	17 727	24 728	28,31	71,69
23. Muut savi- ja kivit.	140 607	106 232	5 589	111 821	95	5
24. Rauta ja teräs	88 763	68 447	20 068	88 515	77,33	22,67
25. Muut metallit	10 763	10 615	56 270	66 885	15,87	84,13
26. Metallituotteet	81 483	44 778	68 401	113 179	39,56	60,44
47. Urheiluvälineet	6 540	3 458	4 807	8 265	41,84	58,16
48. Muut tehdasteoll.tuotteet	17 838	1 708	6 543	8 251	20,7	79,3
49. Energia- ja vesihuolto	247 024	193 217	5 498	198 715	97,23	2,77
50. Rakentaminen	46 440	37 047	33 313	70 360	52,65	47,35
51. Kauppa, majoitus- ja rav.toim.	54 794	922	2 926	3 848	23,96	76,04
53. Tietoliikenne	83 352	80 738	91 432	172 170	46,89	53,11
54. Tietoenkäsittelypalvelu	129 708	120 201	35 487	155 688	77,21	22,79
55. Rahoitus-, vak., kiint. vm.	363 164	31 752	4 390	36 142	87,85	12,15
56. Yhteisk. ja henkilökoht. palvel.	269 670	24 080	15 000	42 078	62,8	37,2

**Liitetaulukko 3. Toimialojen omat tutkimusmenot sekä niiden vastaanottamat ja lähettämät tahattomat teknologiavirrat vuonna 1989 (1000 mk)**

<b>a, Koneet ja kulkuneuvot</b>	<b>Omat tutkimusmenot</b>	<b>Vastaanotettut virrat</b>	<b>Lähetetyt virrat</b>
28. Muut yleiskäyttöiset koneet	195 495	65 578	156 767
29. Maatalouskoneet	48 185	-	-
30. Työstökoneet	33 322	23 475	9 600
32. Kaivos- ja rakennustoiminta	73 518	9 382	7 771
33. Massa- ja paperikoneet	299 460	13 003	149 655
34. Muut teoll. erikoiskoneet	26 019	238 308	25 331
35. Tieto- ja konttorikoneet	31 493	628 316	102 366
36. Elektroniset piirit, tietol.välineet	932 433	156 246	1 200 591
38. Sähkökoneet, laitteet	186 879	930 682	675 394
39. Kotitalouskoneet	10 721	38 739	1 144
40. Instrumentit ja hienomek. tuott.	256 327	83 339	170 311
41. Laivat ja veneet	91 691	-	-
43. Autot ja perävaunut	53 657	35 360	34 750
44. Ilma-alukset sekä niiden moott.	25 628	-	-
46. Muut kulkuneuvot	22 148	-	-
YHTEENSÄ (a)	2 286 976	2 222 428	2 533 680
<b>b. Muut kuin koneisiin ja kulkuneuvoihin liittyvät toimialat</b>	<b>Omat tutkimusmenot</b>	<b>Vastaanotettut virrat</b>	<b>Lähetetyt virrat</b>
1. Maa- ja metsätalous	13 400	37 138	1 850
2. Kaivostoiminta	10 120	58 761	4 229
3. Elintarvikkeet	169 850	-	-
4. Juomat	79 420	5 283	14 898
5. Tupakka	2 296	995	2 083
6. Tekstiilit	28 165	14 898	5 283
7. Vaatteet	1 517	15 248	569
8. Nahkatuotteet	1 097	2 083	995
9. Jalkineet	3 811	324 245	9 008
10. Puutavara ja puutuotteet	80 462	413 268	129 099
11. Massa, paperi, paperituotteet	248 823	280 629	417 933
12. Kustantaminen ja painaminen	6 147	-	-
13. Huonekalut	22 494	28 440	9 028
14. Teollisuuskemikaalit	426 347	-	-
15. Lääkkeet	230 875	45 767	41 223
16. Muut kemialliset tuotteet	255 878	-	-
19. Kumi tuotteet	28 969	623	4 738
20. Muovituotteet	54 599	35 103	48 063
21. Lasi, lasituotteet	8 157	2 880	903
23. Muut savi- ja kivituotteet	140 607	9 953	76 092
24. Rauta ja teräs	88 763	31 673	47 616
25. Muut metallit	10 763	112 318	4 494
26. Metallituotteet	81 483	150 638	108 435
47. Urheiluvälineet	6 540	2 999	2 327
48. Muut tehdasteoll. tuotteet	17 838	439 277	54 467
49. Energia ja vesihuolto	247 024	-	-
50. Rakentaminen	46 440	17 331	5 724
51. Kauppa, majoitus- ja rav.toiminta	54 794	718 723	134 701
53. Tietoliikenne	83 352	94 577	8 454
54. Tietojenkäsittelypalvelu	129 708	42 329	100 202
55. Rahoitus-, vak., kiint. ym.	363 164	206 727	1 258 262
56. Yhteisk. ja henkilökoht. palvelukset	268 979	254 412	544 389
YHTEENSÄ (b)	3 211 882	3 346 318	3 035 065



**Liitetaulukko 5. Vuoden 1989 yksityiskohtaisen datan korrelaatiomatriisi:  
eri suorittajatoimialojen tutkimusmenojen tuoteryhmäkohtaisten jakautumien  
korrelaatiot**

Tuoter.	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1							
2	-0,0253	1						
3	0,0148	-0,0275	1					
4	-0,0202	-0,0264	0,0513	1				
5	-0,0192	-0,0251	-0,0208	-0,02	1			
6	-0,0251	-0,0328	-0,0272	0,1876	-0,0248	1		
7	-0,0253	-0,0339	-0,0281	-0,0264	-0,0256	0,0245	1	
8	-0,0243	-0,0353	-0,0293	-0,0281	0,9072	0,0782	0,0016	1
9	-0,0287	-0,0375	-0,0311	-0,0299	-0,0284	-0,0371	-0,0384	-0,04
10	-0,0223	-0,035	-0,0304	-0,0302	-0,0288	-0,0336	-0,0389	-0,04
11	-0,0225	-0,0295	-0,0223	-0,0234	-0,0223	-0,0289	-0,0293	-0,0314
12	-0,021	-0,0275	-0,0209	-0,0219	-0,0208	-0,0272	-0,0281	-0,0292
13	-0,0282	-0,038	-0,0303	-0,0303	-0,0071	-0,0376	-0,0389	-0,0405
14	-0,0219	-0,0287	-0,0105	-0,0219	-0,0217	-0,0278	-0,0278	-0,0306
15	-0,0206	-0,0269	-0,0149	-0,0214	-0,0204	-0,0193	-0,0275	-0,0278
16	-0,0249	-0,0326	-0,0002	-0,0259	-0,0247	-0,0322	-0,0333	-0,0347
19	-0,0207	-0,0271	-0,0225	-0,0216	-0,0205	-0,0269	-0,0277	-0,0289
20	-0,027	-0,0354	-0,0294	-0,027	-0,0268	0,0767	0,2327	-0,0377
21	-0,0201	-0,0283	-0,0235	-0,021	-0,0214	-0,028	-0,0289	-0,0301
23	-0,0243	0,4179	-0,0266	-0,0255	-0,0243	-0,0317	-0,0328	-0,0342
24	-0,0236	-0,0291	-0,0256	-0,0246	-0,0234	-0,0306	-0,0316	-0,0329
25	-0,019	-0,0249	-0,0206	-0,0198	-0,0188	-0,0246	-0,0254	-0,0265
26	-0,0323	-0,0398	-0,0356	-0,0344	-0,0316	-0,0408	-0,0412	-0,0459
28	0,0018	-0,0471	-0,0378	-0,0375	-0,0356	-0,0466	-0,0482	-0,0502
29	-0,0149	-0,025	-0,0187	-0,0199	-0,0189	-0,0247	-0,0255	-0,0266
30	-0,0215	-0,0289	-0,0239	-0,023	-0,0218	-0,0286	-0,0295	-0,0307
32	-0,0221	-0,0293	-0,0242	-0,0233	-0,0222	-0,029	-0,0299	-0,0312
33	-0,0218	-0,0288	-0,0239	-0,023	-0,0218	-0,0285	-0,0295	-0,0307
34	-0,023	-0,041	-0,0337	-0,0326	-0,031	-0,0406	-0,0419	-0,0437
35	-0,027	-0,036	-0,0298	-0,0286	-0,0272	-0,0356	-0,0368	-0,0383
36	-0,0284	-0,0374	-0,031	-0,0298	-0,0283	-0,037	-0,0382	-0,0398
38	-0,037	-0,0506	-0,042	-0,0403	-0,0383	-0,05	-0,0514	-0,0539
39	-0,0228	-0,0299	-0,0248	-0,0237	-0,0226	-0,0257	-0,0212	-0,0318
40	-0,0279	-0,0381	-0,0259	-0,0303	-0,0287	-0,0358	-0,0344	-0,0405
41	-0,023	-0,0301	-0,0249	-0,0239	-0,0228	-0,0268	-0,0237	-0,032
43	-0,019	-0,0249	-0,02	-0,0199	-0,02	-0,0247	-0,0255	-0,0266
44	-0,0264	-0,0345	-0,0286	-0,0275	-0,0261	-0,0342	-0,0353	-0,0368
46	-0,0323	-0,0428	-0,0355	-0,0341	-0,0324	-0,0423	-0,0437	-0,0455
47	-0,0321	-0,042	-0,0348	-0,0334	-0,0318	-0,0416	-0,0429	-0,0447
48	-0,0434	-0,0567	-0,0471	-0,0443	-0,0429	0,0637	0,1426	-0,0561
49	-0,0232	-0,0304	-0,0243	-0,0241	-0,023	-0,0301	-0,0311	-0,0323
50	-0,0234	-0,0239	-0,024	-0,0245	-0,0233	-0,0305	-0,0315	-0,0328
51	0,0003	-0,0606	-0,018	-0,0552	-0,0487	-0,0703	-0,0703	-0,0747
53	-0,0194	-0,0258	-0,0214	-0,0205	-0,0195	-0,0255	-0,0264	-0,0275
54	-0,0043	-0,0254	-0,022	-0,0211	-0,0201	-0,0262	-0,0271	-0,0282

55	-0,0227	-0,0284	-0,0251	-0,0326	-0,0317	-0,0408	-0,0413	-0,0446
56	0,1381	-0,0541	0,0588	-0,0367	-0,0416	-0,0543	-0,0561	-0,0585

**Liitetaulukko 5 (jatkoa)**

Tuoter.	9	10	11	12	13	14	15	16
9	1							
10	-0,0431	1						
11	-0,0334	0,9079	1					
12	-0,0311	-0,0215	-0,0133	1				
13	-0,0424	0,0064	-0,03	-0,0312	1			
14	-0,0325	0,0216	-0,021	-0,0117	-0,0307	1		
15	-0,0305	-0,0298	0,0011	-0,0201	-0,0297	-0,0078	1	
16	-0,0369	-0,0312	-0,02	-0,0189	0,0111	0,0689	0,0046	1
19	0,1636	-0,0305	-0,0242	-0,0225	-0,0311	-0,0143	-0,022	-0,0263
20	-0,0401	-0,0304	-0,0213	-0,0293	-0,0397	-0,0272	-0,0288	-0,0348
21	-0,0321	-0,0282	0,0517	-0,0235	-0,0181	-0,0245	-0,023	-0,0278
23	-0,0363	-0,0224	-0,0286	-0,0266	-0,0365	-0,0278	-0,0261	-0,0309
24	-0,035	-0,034	-0,018	-0,0256	0,1898	-0,0263	-0,0251	-0,0304
25	-0,0282	-0,0285	-0,0217	-0,0206	-0,0278	-0,0215	-0,0202	-0,0245
26	0,0412	-0,0261	-0,0018	-0,0175	0,0703	-0,0339	-0,0349	-0,0415
28	-0,0115	-0,0454	-0,0358	-0,0391	-0,0227	-0,0406	-0,0383	-0,0462
29	-0,0283	-0,0286	-0,0222	-0,0207	-0,0286	-0,0216	-0,0203	-0,0246
30	-0,0327	0,0089	-0,021	-0,0239	-0,0209	-0,0248	-0,0234	-0,0284
32	-0,0332	-0,0287	-0,026	-0,0243	-0,0018	-0,0254	-0,0238	-0,0288
33	-0,0327	-0,0323	-0,0256	-0,0182	-0,0309	-0,025	-0,0234	-0,0284
34	-0,0115	-0,0225	-0,032	-0,0339	0,0323	-0,035	-0,033	-0,0394
35	0,5334	-0,0404	-0,0319	0,0084	-0,0376	-0,0312	-0,0292	-0,0354
36	-0,0282	-0,0428	-0,0333	-0,0078	-0,0427	-0,0324	-0,0304	-0,0368
38	0,4259	-0,0547	-0,0442	-0,0157	-0,0302	-0,0438	-0,0411	-0,0498
39	0,0579	-0,0343	-0,0265	-0,0248	-0,0341	-0,0257	-0,0243	-0,0294
40	0,0295	-0,0395	-0,0269	-0,0298	-0,0253	-0,021	0,1785	-0,0134
41	-0,0231	-0,0345	-0,0267	-0,0249	-0,0345	-0,026	0,0244	-0,0296
43	-0,0283	-0,0253	-0,0222	-0,0207	-0,0284	-0,0216	-0,0203	-0,0245
44	-0,0391	-0,0372	-0,0308	-0,0286	-0,0396	-0,0299	-0,0281	-0,034
46	-0,0485	-0,0476	-0,036	-0,0355	-0,0428	-0,037	-0,0347	-0,0421
47	0,2387	0,0596	-0,0348	-0,0348	-0,0199	-0,0364	-0,0341	-0,0411
48	0,4124	-0,0571	-0,0326	-0,047	-0,0451	-0,0461	-0,0458	-0,0558
49	-0,0344	-0,0349	-0,0271	-0,0252	-0,0349	-0,0263	-0,0247	-0,0299
50	-0,0126	0,0212	-0,026	-0,0244	-0,0317	-0,0235	-0,0233	0,0254
51	0,0594	0,0145	0,0156	-0,0457	0,2116	-0,0405	-0,0512	-0,0427
53	-0,0292	-0,029	-0,0229	-0,0214	-0,0278	-0,0224	-0,021	-0,0254
54	-0,03	-0,0259	-0,0236	-0,0209	-0,0295	-0,0205	-0,0215	-0,026
55	0,5898	-0,0411	-0,034	-0,03	-0,0332	-0,0136	-0,0087	-0,0401
56	-0,0622	0,6966	0,7717	-0,0356	-0,0597	-0,0421	-0,0302	-0,0517

**Liitetaulukko 5 (jatkoa)**

Tuoter.	19	20	21	23	24	25	26	28
<b>19</b>	1							
<b>20</b>	-0,029	1						
<b>21</b>	-0,0232	-0,0285	1					
<b>23</b>	-0,0263	-0,0343	-0,0268	1				
<b>24</b>	-0,0253	-0,0331	-0,0264	-0,0298	1			
<b>25</b>	-0,0204	-0,0266	-0,0213	-0,0241	0,0076	1		
<b>26</b>	-0,0347	-0,0387	-0,0233	-0,0041	0,2409	-0,0187	1	
<b>28</b>	-0,0386	-0,0482	-0,0055	0,0949	-0,0046	-0,0333	0,2934	1
<b>29</b>	-0,0205	-0,0267	-0,0213	-0,0242	-0,023	-0,0187	-0,0275	-0,0332
<b>30</b>	-0,0205	-0,0296	-0,015	-0,0277	0,0055	-0,0199	0,2881	-0,0079
<b>32</b>	-0,024	-0,031	-0,02	0	0,1057	-0,022	-0,0303	0,0594
<b>33</b>	-0,0236	-0,0306	-0,0205	-0,0196	-0,0269	-0,0217	-0,0236	0,0238
<b>34</b>	-0,0335	-0,0344	0,1107	-0,0347	-0,0274	-0,0302	0,0749	0,1518
<b>35</b>	-0,0295	-0,0381	-0,0255	-0,0346	-0,0336	-0,027	0,0833	0,0247
<b>36</b>	-0,0306	-0,04	-0,0316	-0,0361	-0,0349	-0,0281	-0,0454	-0,0422
<b>38</b>	-0,0415	-0,0522	-0,0225	-0,0481	0,0266	-0,0378	0,0666	0,0141
<b>39</b>	-0,0245	-0,0114	-0,0255	-0,0213	-0,0279	-0,0224	-0,0081	0,0334
<b>40</b>	-0,0312	-0,0294	-0,0117	-0,0364	-0,0342	-0,0285	-0,0172	0,1315
<b>41</b>	-0,0246	-0,0167	-0,0257	-0,0165	-0,0281	-0,0226	-0,0195	0,0488
<b>43</b>	-0,0204	0,6476	-0,0209	-0,0239	-0,0233	-0,0187	-0,0323	-0,0342
<b>44</b>	-0,0281	-0,0369	-0,0295	-0,0334	-0,0322	-0,0259	-0,0329	-0,049
<b>46</b>	-0,035	0,0077	-0,0305	-0,0413	-0,0258	-0,0314	0,0001	-0,0019
<b>47</b>	0,0007	-0,0449	-0,0359	-0,015	-0,0392	-0,0316	-0,0226	0,0853
<b>48</b>	-0,0465	0,3805	-0,0474	-0,0258	0,0208	-0,0249	0,3542	0,2252
<b>49</b>	-0,0249	-0,0325	-0,0259	-0,0294	-0,0268	-0,0228	-0,0396	-0,0367
<b>50</b>	-0,0252	-0,0258	-0,0131	0,1233	-0,0286	-0,0231	0,0017	-0,0059
<b>51</b>	-0,0592	-0,0629	-0,0394	-0,0171	-0,0508	-0,0457	-0,0048	0,0459
<b>53</b>	-0,0211	-0,0274	-0,0186	-0,0248	-0,0241	-0,0194	-0,032	-0,032
<b>54</b>	-0,0217	-0,0283	-0,0214	-0,0123	-0,0247	-0,0199	-0,0334	-0,036
<b>55</b>	-0,0341	-0,0399	-0,0174	-0,0326	-0,0206	-0,0305	0,1541	0,0474
<b>56</b>	-0,0449	-0,0519	-0,0469	-0,0499	-0,0305	0,4176	-0,0391	-0,0665

### Liitetaulukko 5 (jatkoa)

Tuoter.	29	30	32	33	34	35	36	38
<b>29</b>	1							
<b>30</b>	-0,0216	1						
<b>32</b>	0,013	-0,0237	1					



33	-0,0217	-0,019	-0,0247	1				
34	0,0156	0,0589	-0,0076	0,4997	1			
35	-0,0271	-0,0295	-0,0308	0,0024	0,033	1		
36	-0,0282	-0,0325	-0,033	-0,0125	-0,0188	0,1137	1	
38	-0,0381	-0,0351	-0,0311	-0,0182	0,1059	0,7864	0,6469	1
39	-0,0225	-0,026	-0,0264	-0,0227	-0,0283	0,0975	-0,0305	0,0638
40	-0,0286	-0,0223	-0,0298	-0,0299	0,0716	0,1291	-0,0249	0,0632
41	-0,0226	-0,0252	-0,0266	-0,0206	-0,0324	-0,0172	0,0645	0,0281
43	-0,0132	-0,0216	-0,0138	-0,0217	-0,0284	-0,027	-0,0281	-0,0378
44	-0,026	0,0309	-0,0305	-0,023	-0,0405	-0,0375	-0,039	-0,0528
46	-0,0322	-0,0284	-0,0367	-0,0363	-0,0117	-0,0453	-0,0482	-0,06
47	-0,0316	-0,0366	-0,0371	-0,0276	-0,05	-0,0456	-0,0474	-0,0635
48	-0,0424	-0,0143	-0,0501	-0,0366	-0,0123	0,617	-0,0473	0,4872
49	-0,0229	-0,0265	-0,0268	-0,0223	-0,0376	-0,033	-0,034	-0,0462
50	-0,0232	-0,026	-0,0049	-0,0259	-0,0237	0,0025	-0,0284	-0,014
51	0,0478	-0,0527	-0,0547	-0,05	0,0644	0,1935	0,4256	0,4289
53	-0,0195	-0,0212	-0,0222	-0,0219	-0,0129	-0,0273	0,1014	-0,0207
54	-0,02	-0,0202	-0,0232	-0,0222	-0,026	-0,0125	-0,0048	0,0057
55	-0,0306	-0,0223	-0,005	-0,0302	0,1054	0,8774	0,0006	0,7329
56	-0,037	-0,0438	-0,0482	-0,0472	-0,0663	-0,0595	-0,0142	-0,0371

Tuoter.	39	40	41	43	44	46	47	48
39	1							
40	-0,0175	1						
41	-0,019	-0,0309	1					
43	-0,0225	-0,0283	-0,0226	1				
44	-0,0311	-0,0395	-0,0313	-0,026	1			
46	-0,0385	-0,0443	-0,0388	0,048	-0,0446	1		
47	-0,0296	-0,0297	-0,0245	-0,0316	-0,0438	-0,0542	1	
48	0,0839	0,0815	-0,0075	-0,0427	-0,0591	-0,0579	0,1171	1
49	-0,0274	-0,0349	-0,0275	-0,0229	0,0892	-0,0392	-0,0385	-0,052
50	-0,0227	-0,0282	-0,027	-0,0124	-0,0321	-0,0384	0,0007	-0,0265
51	-0,0299	0,2254	-0,0072	-0,0453	-0,0652	-0,0831	-0,0667	0,0799
53	-0,0233	-0,027	-0,0234	-0,0194	-0,0269	-0,0214	-0,0327	-0,0442
54	-0,0239	-0,0288	-0,0229	-0,0199	-0,0275	-0,034	-0,0329	-0,0454
55	0,1067	0,0962	-0,0159	-0,0303	-0,0428	-0,0422	-0,0506	0,6976
56	-0,0495	-0,0594	-0,0443	-0,0413	-0,0492	-0,0691	-0,0653	-0,0785

### Liitetaulukko 5 (jatkoa)

Tuoter.	49	50	51	53	54	55	56
49	1						
50	0,0267	1					
51	-0,0662	0,0225	1				
53	-0,0237	-0,0237	-0,0475	1			
54	-0,0241	-0,023	0,7725	0,0153	1		

55	-0,0258	0,0379	0,2008	-0,0297	0,0134	1
56	-0,0503	-0,0404	-0,0281	-0,038	-0,0346	-0,0455

Huom. Tuoteryhmät liitetaulukon 1 mukaisia.

**Liitetaulukko 6. Esimerkki tahattomien teknologiavirtojen laskemisesta: teknologinen läheisyys muihin toimialoihin, tutkimusmenot ja lähetetyt ja vastaanotetut tahattomat teknologiavirrat toimialalla 'Elektroniset piirit ja tietoliikennevälineet' vuonna 1989**

**Toimiala:**

**36. Elektroniset piirit ja tietoliikennevälineet**

	Läheisyys- indikaattori (korrelaatio) (a)	Toimialan tutkimusmenot (1000 mk) (b)	Vastaanotetu t virrat (1000 mk) (a)*(b)
35, Tieto- ja konttorikoneet	0,11369	31439	3580
38. Sähkökoneet ja laitteet	0,64691	186879	120894
51. Kauppa, majoitus- ja rav.toim.	0,42556	54794	23318
54. Tietoliikenne	0,10143	83352	8454
Yhteensä	1,28759		156246
Omat tutkimusmenot (toimiala 36)		932433	

Lähetetyt tahattomat teknologiavirrat = 1,28759 \* 932 433 = 1 200 591

**Liitetaulukko 7. Vuoden 1985 yhdistelty tuoteryhmäluokitus (30 tuoteryhmää)****Tuoteryhmä****Sisältää tuoteryhmät**

- |   |   |
|---|---|
| 1. Maa- ja metsätal.                    |   |
| 2. Kaivostoiminta                       |   |
| 3. Elintarv., juomat, tupakka           |   |
| 4. Tekstiilit, vaatteet                 |   |
| 5. Nahkat., kengät                      |   |
| 6. Puutavarat, pl. kal.                 |   |
| 7. Kalusteet, ml. met. ja muov.         |   |
| 8. Massa, paperi, pap.tuott.            |   |
| 9. Graaf.t., kustannustoim.             |   |
| 10. Kemikaalit                          |   |
| 12Y Muut kemialliset tuott., ml. lääkk. | 11. Lääkkeet, 12. Muut kemialliset tuotteet, 13. Maaöljyn jalostus, maaöljy- ja kivihiihilituotteet   |
| 15Y Kumi- ja muovituotteet              | 14. Kumituotteet, 15. Muovituotteet   |
| 16. Posliini, saviast., lasi            |   |
| 17. Muut savi- ja kivit.                |   |
| 18. Rauta, teräs, ferros.               |   |
| 19. Muut metallit                       |   |
| 20. Metallituotteet                     |   |
| 24YY Koneiden valmistus                 | 21. Kiinteät moottorit ja turbiinit, 22. Maatalous- ja metsäkoneet, 23. Metallin- ja puuntyöstökoneet, 24. Massa- ja paperikoneet, 25. Rakennus- ja kivenjalostuskoneet, 26. Muut teoll. erikoiskoneet, 27. Konttorikoneet, 28. Tietokoneet, 29. Kotitalouskoneet ja -laitteet, 30. Muut koneet |
| 31YY Sähkötekn. tuotteiden valmistus    | 31. Teollisuussähkökoneet ja -laitteet, 32. Radiot, tv:t, tietoliikennevälineet, 33. Kotitalouden sähkölaitteet, 34. Muut sähkölaitteet ja -varusteet   |
| 35YY Kulkuneuvojen ym. valmistus        | 35. Laivat ja veneet, 36. Kiskoilla kulkevat ajoneuvot, 37. Autot ja autosat, 38. Lentokoneet, 39. Muut kulkuneuvot   |
| 40YY Instrumenttien ym. valmistus       | 40. Instrumentit, 41. Valokuvaus- ja optiikkavälineet   |
| 42. Urheiluvälineet                     |   |
| 43. Muut tehdasteoll.tuotteet           |   |
| 44. Sähkö, kaasu, vesi                  |   |
| 45. Rakennukset                         |   |
| 46. Kauppa                              |   |
| 48Y Kuljetus ja tietoliikenne           | 47. Kuljetus, 48. Posti- ja teleliikenne  |
| 49. ATK-palvelut                        |   |
| 50. Rahoitus-, vak., kiint. ym.         |   |
| 51. Yhteisk. ja henkilök. palv.         |   |

**Liitetaulukko 8. Toimialojen lähettämät ja vastaanottamat tahattomat teknologiavirrat vuosina 1985 ja 1989 [yhdistellyt toimialat (30) ja tuoteryhmät (46)]**

	Vastaanotetut virrat			Lähetetyt virrat		
	v. 1985	v. 1989	v. 1989 virrat, % v. 1985 virroista	v. 1985	v. 1989	v. 1989 virrat, % v. 1985 virroista
1. Maa- ja metsätal.	34 643	41 043	118,48	2 415	3 798	157,25
2. Kaivostoiminta	-	28 816	N/A	-	4 595	N/A
3. Elintarv., juomat, t.	93 639	245 196	261,85	118 367	153 558	129,73
4. Tekstiilit, vaatteet	-	57 496	N/A	-	9 729	N/A
5. Nahkat., kengät	-	216 794	N/A	-	5 490	N/A
6. Puutavarat, pl. kal.	3 053	467 880	15324,92	2 627	102 812	3 913,94
7. Kalusteet, ml. met. ja muov.	6 943	14 297	205,93	13 641	4 239	31,07
8. Massa, paperi, pap.tuott.	133 450	244 129	182,94	147 773	427 655	289,4
9. Graaf.t., kustannustoim.	13 480	-	N/A	686	-	N/A
10. Kemikaalit	-	358 494	N/A	-	141 998	N/A
12Y Muut kemiall. tuott., ml. lääkk.	-	198 507	N/A	-	591 203	N/A
15Y Kumi- ja muovituotteet	63 308	232 709	367,58	30 854	56 509	183,15
16. Posliini, saviast., lasi	-	-	N/A	-	-	N/A
17. Muut savi- ja kivit.	80 626	10 219	12,67	27 430	45 066	164,3
18. Rauta, teräs, ferros.	-	33 679	N/A	-	40 003	N/A
19. Muut metallit	-	48 843	N/A	-	35 815	N/A
20. Metallituotteet	148 717	159 516	107,26	31 275	69 524	222,3
24YY Koneiden valmistus	150 062	9 122	6,08	415 819	77 592	18,66
31YY Sähkötekn. tuotteiden valm.	235 594	83 724	35,54	366 739	803 486	219,09
35YY Kulkuneuvojen ym. valm.	-	-	N/A	-	-	N/A
40YY Instrumenttien ym. valm.	145 668	57 987	39,81	132 292	64 538	48,78
42. Urheiluvälineet	13 955	1 139	8,16	1 059	1 492	140,85
43. Muut tehdasteoll.tuotteet	19 947	428 448	2 147,93	2 728	18 011	660,09
44. Sähkö, kaasu, vesi	686	-	N/A	13 480	-	N/A
45. Rakennukset	125 193	16 250	12,98	18 934	5 624	29,71
46. Kauppa	187 001	217 374	116,24	124 469	361 492	290,43
48Y Kuljetus ja tietoliikenne	-	-	N/A	-	-	N/A
49. ATK-palvelut	49 948	73 037	146,22	12 181	14 022	115,11
50. Rahoitus-, vak., kiint. ym.	82 278	206 424	250,89	80 955	1118 069	1 381,10
51. Yhteisk. ja henkilök. palv.	149 693	873 424	583,48	194 161	168 227	86,64
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1737 885</b>	<b>4324 546</b>	<b>248,84</b>	<b>1737 885</b>	<b>4324 546</b>	<b>248,84</b>

### **Liite 9. Vuosien 1980-85 ja 1985-90 keskimääräisten työn tuottavuuden muutosten laskeminen**

Toimialoittaiset vuosien 1980-85 keskimääräiset työn tuottavuuden muutokset on laskettu Tilastokeskuksen julkaisemien, vuosia 1980 ja 1985 koskevien teollisuustilastojen pohjalta (Teollisuustilasto 1980, osa 1 ja Teollisuustilasto 1985, osa 1). Toimialoja on yhdistetty siten, että ne mahdollisimman hyvin vastaisivat Tilastokeskuksen laatiman teknologiaintensiteettiselvityksen aineiston luokitusta (Virtaharju-Åkerblom 1993). Lisäksi on yhdistetty toimialat kemikaalit ja muut kemialliset tuotteet (toimialat 351 ja 352 pl. 3522) toimialaksi kemikaalit pl. lääkkeet, koska vastaava yhdistely jouduttiin suorittamaan myös vuosien 1985-1990 osalta. Tarkastelussa on näin ollen mukana 27 toimialaa, eli yksi vähemmän kuin em. teknologiaintensiteettiselvityksessä. Käytetyn luokituksen sisältö on esitetty taulukossa 9a.

Tuotannon volyymin muutos on saatu erikseen Tilastokeskuksesta saaduista vuotta 1985 koskevista taulukoista, joissa on esitetty teollisuustuotannon toimialoittaiset volyyymi-indeksit 6-numerotasolla vuodelle 1985 siten, että perusvuotena on 1980. Julkaistussa tilastossa indeksit on esitetty vain 3-numerotasolla, ja tarkemmat tiedot tarvittiin toimialojen uudelleenryhmittelyn vuoksi. Niiltä osin kuin toimialoja on jouduttu aggregoimaan tai jakamaan uudestaan tavoiteltuun luokitukseen pääsemiseksi, volyyymi-indeksit on painotettu yhteen vastaavilla vuoden 1980 jalostusarvoilla. Työpanosuuttujana on käytetty palkansaajien (toimihenkilöt + työntekijät) tekemien työtuntien määrää.

Vuosien 1985-90 keskimääräisiä työn tuottavuuden muutoksia laskettaessa tietoja jouduttiin ryhmittelemään uudelleen paljon enemmän kuin edellistä viisivuotisperiodia koskevia tietoja. Perustiedot saatiin vuosia 1985 ja 1990 koskevista teollisuustilastoista (Teollisuustilasto 1985, osa 1 ja Teollisuuden vuosikirja osa 1, Teollisuus 1992:7). Mainittujen vuosien tiedot on julkaistu eri toimialaluokitusten (toimialaluokitus 1979 ja toimialaluokitus 1988) mukaisina, minkä lisäksi tietoja on osittain jouduttu ryhmittelemään uudelleen vertailukelpoisuuden aikaansaamiseksi edellä mainitun teknologiaintensiteettiselvityksen aineiston luokituksen kanssa. Koska viimeksimainittukin perustuu kahteen eri luokitukseen (tutkimustilastoissa käytetyt vuosien 1985 ja 1989 luokitukset), täydelliseen yhdenmukaisuuteen ei ilmeisesti ole mahdollista päästä.

Tuotannon volyymin muutos on saatu vuotta 1990 koskevasta tilastosta, jossa on esitetty teollisuustuotannon toimialoittaiset volyyymi-indeksit vuodelle 1990 siten, että perusvuotena on 1985. Tässä yhteydessä tietoja uudelleen ryhmiteltäessä volyyymi-indeksit on painotettu yhteen vastaavilla vuoden 1985 jalostusarvoilla. Työpanosuuttujana myös vuosille 1985 ja 1990 on käytetty palkansaajien tekemien työtuntien määrää. Vuoden 1985 tietoja on jouduttu ryhmittelemään paremmin vuoden 1990 tietoja vastaaviksi useilla toimialoilla. Tällöin on käytetty jakoperusteena vuoden 1988 teollisuustilastossa esitettyjä tietoja luokitusten vastaavuudesta (Teollisuuden vuosikirja osa 1, Teollisuus 1990:16, taulu C). Tässä yhteydessä on oletettu, että vuonna 1985 eri tuoteryhmien jalostusarvo-osuudet ja osuudet henkilökunnasta vastaavat vuoden 1988 osuuksia, ja lisäksi että työtunnit ovat jakautuneet vastaavasti kuin henkilökunnan määrä.

Jälkimmäisellä tarkasteluperiodilla toimialat kemikaalit (vuoden 1988 luokituksessa toimialat 181-185) ja muut kemian tuotteet (toimialat 186, 188 ja 189) on yhdistetty toimialaksi kemikaalit pl. lääkkeet, koska eri alaryhmiä koskevat tiedot eivät olleet riittävän yksityiskohtaisia. Joidenkin toimialojen kohdalla on lisäksi jouduttu ryhmittelemään tietoja hieman teollisuustilaston luokituksista poikkeavasti. Perodia 1985-1990 koskevien tietojen luokituksessa sovelletut ratkaisut käyvät ilmi taulukosta 9b.

Keskimääräinen työn tuottavuuden vuotuinen muutos periodille 1985-1990 on laskettu tuotannon volyymin muutoksen ja työtuntien määrän muutoksen suhteesta "korkea korolle" -periaatteella. Saadut keskimääräiset tuottavuuden muutokset vaihtelevat toimialoittain huomattavasti, aikaisemmalla periodilla välillä 2,4 - 14 % ja jälkimmäisellä periodilla välillä -0,6 - 20,4 % (ks. taulukko 9c). Tehtyjen luokitusratkaisujen vuoksi laskettuihin tuottavuuden kasvulukuihin liittyy jonkin verran epävarmuutta, mutta pääpiirteittäin luvut kuvastanevat kohtuullisen hyvin toimialoittaisia eroja tuottavuuskehityksessä. Todettakoon lisäksi, että joiltakin osin toimialasisältö tarkastelluilla kahdella periodilla poikkeaa hieman toisistaan.

#### **Liitetaulukko 9a. Työn tuottavuuslaskelmissa v. 1980-1985 sovellettu toimialaluokitus**

<b>Toimiala</b>	Sisältää vuosina 1985 ja 1980 luokat
<b>Elintarvikkeet</b>	31

<b>Tekstiilit</b>	321, 322
<b>Nahkatuotteet</b>	323, 324
<b>Puutavarat</b>	331
<b>Kalusteet</b>	332, 3812
<b>Massa, paperi</b>	341
<b>Graafiset tuotteet</b>	342
<b>Kemikaalit pl. lääkkeet</b>	351, 352 pl. 3522
<b>Lääkkeet</b>	3522
<b>Maaöljy- ja kivihiilituotteet</b>	353, 354
<b>Kumi-, muovituotteet</b>	355, 356
<b>Posliini, lasi</b>	36
<b>Metallit</b>	37
<b>Metallituotteet</b>	381 pl. 3812
<b>Työstökoneet</b>	3823
<b>Massa- ja paperikoneet</b>	38241
<b>Tietokoneet</b>	3825
<b>Muut koneet</b>	3821, 3822, 38242, 38249, 38299
<b>Teollisuussähkökoneet</b>	3831
<b>Tietoliikennevälineet</b>	3832
<b>Muut sähkölaitteet</b>	38291, 3833, 3839
<b>Laivat</b>	3841
<b>Kiskoilla kulkevat liikennevälineet</b>	3842
<b>Lentokoneet</b>	3845
<b>Autot, muut kulkuneuvot</b>	3843, 3844, 3849
<b>Instrumentit</b>	3851, 3852
<b>Muut tehdasteollisuustuotteet</b>	39

**Liitetaulukko 9b. Työn tuottavuuslaskelmissa v. 1985-1989 sovellettu toimialaluokitus**

Toimiala	Vastaa v. 1985 tietojen osalta TOL-1979-luokituksen luokkia	Vastaa v. 1990 tietojen osalta TOL-1988 -luokituksen luokkia
<b>Elintarvikkeet</b>	31	11
<b>Tekstiilit</b>	321, 322, 3851 osittain	12, 131
<b>Nahkatuotteet</b>	323, 324	132, 133
<b>Puutavarat</b>	331	14

<b>Kalusteet</b>	332, 3812	17
<b>Massa, paperi</b>	341	15
<b>Graafiset tuotteet</b>	342	16
<b>Kemikaalit pl. lääkkeet</b>	351 pl. 351312; 352 pl. 3522, osittain 35232 ja osittain 35299	181-186, 188, 189
<b>Lääkkeet</b>	3522; osittain 35232, 35299 ja 3851	187
<b>Maaöljy- ja kivihillituott.</b>	353, 354	19
<b>Kumi-, muovituotteet</b>	355, 356, 351312	21
<b>Posliini, lasi</b>	36	22
<b>Metallit</b>	37	23
<b>Metallituotteet</b>	381 pl. 3812	24
<b>Työstökoneet</b>	3823	2522
<b>Massa- ja paperikoneet</b>	38241	2525
<b>Tietokoneet</b>	3825 osittain	261
<b>Muut koneet</b>	3821, 3822, 38242, 38249, 3829 pl. 38291, 3825 osittain, 3852 osittain	251, 2521, 2523, 2524, 2526, 253
<b>Teollisuussähkökoneet</b>	3831, 3851 osittain	263 pl. 2633 ja 2634
<b>Tietoliikennevälineet</b>	3832, 3825 osittain	2621-2624
<b>Muut sähkölaitteet</b>	38291, 3833, 3839	2633, 2634
<b>Laivat</b>	3841	271, 272
<b>Kiskoilla kulk. liikennev.</b>	3842	273
<b>Lentokoneet</b>	3845	275
<b>Autot, muut kulkuneuvot</b>	3843, 3844, 3849	274, 279
<b>Instrumentit</b>	Osittain 3851, 3852 ja 35299	264
<b>Muut tehdasteollisuustuotteet</b>	39	29

**Liitetaulukko 9c. Työn tuottavuuden muutokset teollisuuden toimialoilla v. 1980-85 ja 1985-90**

Toimiala	Työn tuottav. keskim. muutos	Työn tuottav. keskim. muutos
	1980-85 (Ipro8085)	1980-90 (Ipro8590)
<b>Elintarvikkeet</b>	3,6	4,75
<b>Tekstiilit</b>	4,32	3,52
<b>Nahkatuotteet</b>	4,51	5,01
<b>Puutavarat</b>	4,2	5,67



<b>Kalusteet</b>	3,21	4,41
<b>Massa, paperi</b>	6,05	3,35
<b>Graafiset tuotteet</b>	3,49	4,28
<b>Kemikaalit pl. lääkkeet</b>	3,3	5,96
<b>Lääkkeet</b>	2,99	1,58
<b>Maaöljy- ja kivihiilituotteet</b>	0,56	4,9
<b>Kumi-, muovituotteet</b>	4,52	6,53
<b>Posliini, lasi</b>	2,48	5,74
<b>Metallit</b>	4,95	6,13
<b>Metallituotteet</b>	5,16	10,66
<b>Työstökoneet</b>	14,03	6,03
<b>Massa- ja paperikoneet</b>	7,8	7,47
<b>Tietokoneet</b>	10,46	11,4
<b>Muut koneet</b>	6,39	3,07
<b>Teollisuussähkökoneet</b>	5,53	11,96
<b>Tietoliikennevälineet</b>	10,31	15,48
<b>Muut sähkölaitteet</b>	2,61	9,49
<b>Laivat</b>	4,38	5,04
<b>Kiskoilla kulkevat liikennev.</b>	3,19	20,35
<b>Lentokoneet</b>	5,9	1,36
<b>Autot, muut kulkuneuvot</b>	2,38	4,75
<b>Instrumentit</b>	10,08	3,69
<b>Muut tehdasteollisuustuotteet</b>	6,05	-0,64
<b>Teollisuus yhteensä</b>	4,86	6,26

**Liitetaulukko 10. Kokonaistuottavuuden muutokset teollisuuden toimialoilla keskimäärin vuodessa v. 1980-85 ja 1985-91, %**

<b>Toimiala</b>	<b>1980-85</b>	<b>1985-91</b>
31 Elintarv., juomien ja tupakan valm.	2	2,9
321 Tekstiilien ja vaatteiden valmistus	2,8	-0,5
323 Nahkan ja kenkien valmistus	3,8	1,9
331 Puutavaran valmistus	2,6	1,4
332 Kalusteiden valmistus	1,3	1,9
341 Massa- ja paperiteollisuus	2,9	1,4
342 Graafinen teollisuus	0,7	0,4
351 Kemikaalien valmistus	0,7	1
353 Maaöljyn jalostus	0,1	4,4
355 Kumi- ja muovituotteet	3,8	0
36 Savi-, lasi- ja kivit tuotteet	0,9	1,2
37 Metallien valmistus	5	3,3
381 Metallituotteiden ja koneiden valm.	5,3	0,7
383 Sähkötekn. tuott. ja instrumentt. v.	4,6	6,4
384 Kulkuneuvojen valmistus	2,7	1,2
39 Muu teollisuus	4,5	2,4
3 Yhteensä	3,3	2
Lähde: Tilastokeskus		