



ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS

THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY

Lönnrotinkatu 4 B 00120 Helsinki Finland Tel. 358-9-609 900

Telefax 358-9-601 753 World Wide Web: <http://www.etla.fi/>

Keskusteluaiheita – Discussion papers

No. 1028

Olavi Rantala

T&K-PANOSTUSTEN KANSANTALOUDELLISET VAIKUTUKSET

Tutkimuksen ovat rahoittaneet Tekes ja Teknologiateollisuus r.y.

RANTALA, Olavi, T&K-PANOSTUSTEN KANSANTALOUDELLISET VAIKUTUKSET. Helsinki, ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 2006, 44 s. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; no. 1028)

TIIVISTELMÄ: Tutkimuksessa tarkastellaan t&k-panostusten tuottavuusvaikutuksia ja kansantaloudellisia vaikutuksia mallilla, jossa kokonaistuottavuuden kasvua määrittävät keskeisesti toimialojen tuotannon laadun ja pääomakannan laadun paraneminen. Investointitavaroita tuottavien toimialojen t&k-panostusten lisäys johtaa pitkäaikaiseen pääomakannan laadun paranemisen kautta välittyvään kokonaistuottavuuden kasvuvaiikutukseen. Kansantalouden t&k-intensiteetin nousun BKT-vaikutuksia määrittää tuottavuuden kasvun vaikutus kilpailukyvyn paranemisen kautta vientiin sekä palkkatason ja kotitalouksien kulutuksen kasvun kautta kotimaiseen kysyntään. BKT-vaikutuksia hallitsee teollisuuden tuottavuuden, kilpailukyvyn ja viennin lisääntyminen, sillä t&k-panostusten lisäys johtaa suurimpaan tuottavuuden kasvuun teollisuudessa. T&k-panostusten lisäys aikaansaa myös positiivisia työllisyysvaikutuksia, mutta vaikutus kokonaistyöllisyyden kasvuun jää suhteellisen lyhytaikaiseksi. Tutkimuksessa arvioidaan myös toimialakohtaisten t&k-tukien kansantaloudellisia vaikutuksia. Kansantalouteen syntyvien tuottavuusvaikutusten perusteella tarkastellen t&k-panostusten vaikuttavuudeltaan parhaimmiksi toimialoiksi osoittautuvat koneteollisuus, tietojenkäsittelypalveluiden toimiala sekä elektroniikkateollisuus. Bruttokansantuotteen, työllisyyden, nettoviennin ja julkisen sektorin verotulojen lisäyksellä arvioiden parhaimmiksi toimialoiksi osoittautuvat metsäteollisuus ja koneteollisuus.

ASIASANAT: T&k-panostukset, tuottavuus, kansantaloudelliset vaikutukset

JEL: D24, E27, O38

RANTALA, Olavi, THE ECONOMIC IMPACTS OF R&D INPUTS. Helsinki, ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 2006, 44 p. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; no. 1028)

ABSTRACT: This study analyses the economic impacts of R&D inputs. In the model employed, sectoral TFP growth is determined by the direct impact of R&D inputs on the volume of production via the improvement in the quality of production as well as by the diffusion of new technology through purchases of investment goods both domestically and from abroad. The effects of increases in R&D inputs and productivity are transmitted to domestic demand mainly through wage and private consumption growth and to exports via improved export competitiveness. Model simulations show that the impact on competitiveness and export volume dominates the overall effect on GDP growth because an increase in R&D inputs boosts productivity in industry the most. An increase in the R&D intensity of the economy also leads to positive employment effects. Looking at the effects of sectoral R&D inputs, the paper shows that the machinery industry, data-processing services and the electronic equipment industry are the most effective in terms of their impact on national productivity. Raising R&D inputs in the forest industry and the machinery industry yield the greatest impact on GDP, employment, net exports and public sector tax revenue.

KEY WORDS: R&D, productivity, economic impacts

JEL: D24, E27, O38

Sisältö	sivu
1 Johdanto	1
1.1 Tutkimuksen lähtökohdat	1
1.2 Keskeisiä tuloksia	4
2 T&k-panostusten tuottavuusvaikutusten ja kansantaloudellisten vaikutusten malli	7
2.1 Mallintamisen lähtökohdat	7
2.2 Yritysten t&k-panostukset	8
2.3 Tuotannon ja pääomakannan laatu	12
2.4 Tuotantofunktio ja kokonaistuottavuus	14
2.5 T&k-panostusten tuottavuusvaikutusten kanavoituminen kansantalouteen	15
3 Tuotantoteknologian uusiutuminen ja t&k-panostusten tuottavuusvaikutukset	20
3.1 Investointitarjontien tarjonta	20
3.2 Pääomakannan uusiutumisen ja tuotantoteknologian paranemisen hitaus	21
3.3 T&k-panostusten tuottavuusvaikutukset toimialoilla ja kansantaloudessa	23
4 T&k-panostusten kansantaloudelliset vaikutukset	28
4.1 T&k-tukien lisäys ja palautuminen julkiselle sektorille verotuloina	28
4.2 Tuottavuusvaikutukset	30
4.3 Palkka- ja hintavaikutukset	31
4.4 Tuotanto- ja kysyntävaikutukset	32
4.5 Työllisyysvaikutukset	35
4.6 Ulkomaankauppavaikutukset	37
4.7 Toimialakohtaisten t&k-tukien kansantaloudelliset vaikutukset	38
Viitteet	43

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen lähtökohdat

Julkisen t&k-rahoituksen ja yritysten t&k-toiminnan vaikutuksia on tutkittu ekonometrisesti yleensä yritys- ja toimialatason näkökulmasta. Runsaan mikrotaloudellisen tutkimuksen taustaa vasten tarkastellen tuntuu yllättävältä, että t&k-panostusten kansantaloudellisia vaikutuksia on tarkasteltu lähinnä vain talouden kasvuteorioissa tai ekonometrisesti t&k-perusteisen kasvutilinpidon pohjalta enimmäkseen pitkän ajan talouskasvun näkökulmasta.

Pitkän ajan kasvuvaikutusten ohella keskeisiä makrotaloudellisia kysymyksiä ovat myös t&k-panostuksista tuottavuuskehityksen kautta seuraavat dynaamiset vaikutukset kilpailukyvyyn kehitykseen, tulonmuodostukseen, tuotannon kasvuun, talouden ulkoiseen tasapainoon, sisäiseen tasapainoon ja julkisen talouden tasapainoon. Nämä muuttujat ovat tyypillisesti esillä silloin, kun tarkastellaan erilaisten talouspoliittisten toimenpiteiden vaikutuksia kansantalouteen. Tässä suhteessa ei voida tehdä eroa julkisen t&k-rahoituksen ja muiden julkisen sektorin talouspolitiikkapäätösten makrotaloudellisten vaikutustarkastelujen välillä, joten mainitut tavoitemuuttujat ovat niitä, joihin myös julkisen t&k-rahoituksen kansantaloudellisia vaikutuksia on paikallaan peilata. Kysymys julkisen sektorin t&k-tukien kansantaloudellisista vaikutuksista on tärkeä sekä julkisen t&k-rahoituksen kokonaismoitituksen ja toimiala-allokoinnin kannalta että myös siltä kannalta, millaisella viipeellä yrityksille myönnetty t&k-tuki palautuu julkiselle sektorille kasvaneina verotuloina.

Kokonaistaloudellinen näkökulma on t&k-panostusten vaikuttavuuden arvioinnissa monissa tapauksissa jopa välttämätön. Esimerkiksi t&k-panostusten työllisyysvaikutukset määräytyvät toimialojen vuorovaikutuksen ja talouden erilaisten käyttäytymisriippuvuuksien kautta sillä tavoin, ettei niitä voida arvioida pelkästään yritystason aineistoon pohjautuvalla ekonometrisella tutkimuksella. T&k-panostusten vaikutukset kanavoituvat tuottavuuden ja kilpailukyvyyn kautta vientiteollisuuden tuotantoon ja työllisyyteen ja toisaalta palkka- ja hintakehityksen sekä kotitalouksien reaalityulojen ja kulutuksen kautta kotimarkkina-alojen tuotantoon ja työllisyyteen. Näiden vaikutuskanavien sisällyttäminen t&k-panostusten työllisyysvaikutusten arviointiin edellyttää kokonaistaloudellista mallisimulointiin perustuvaa tarkastelua.

Keskeinen lähtökohta tässä tutkimuksessa on se, että tuotannon volyymi voidaan kansantalouden tilinpidon laskentaperiaatteiden nojalla määritellä tuotannon määrän ja tuotannon laadun tuloksi. Tämä tarkoittaa, että kansantalouden kehityksen mittarina käytetty bruttokansantuotteen kasvu syntyy sekä tuotannon määrän lisäyksestä että tuotannon laadun paranemisesta ja jalostusasteen noususta. Tuotannon laadun paraneminen on juuri se tekijä, joka välittää tuotekehityksen vaikutukset talouskasvuun.

T&k-panostuksilla aikaansaatu tuotannon laadun paraneminen heijastuu myös kokonaistuottavuuden kasvuun sen takia, että kansantalouden tilinpidossa tuotannon laadun muutokset kirjataan tuotannon volyymiin muutoksiksi. Kokonaistuottavuutta ei voida kasvattaa tuotantopanosten määrää lisäämällä, mutta sitä voidaan lisätä tuotantopanosten laatua parantamalla. Kokonaistuottavuus kasvaa siis yhtäältä tuotannon laadun paranemisen kautta ja toisaalta tuotantopanosten laadun paranemisen myötä.

Investointitavaroita tuottavien toimialojen tuotannon laadun paranemisella on keskeinen merkitys kokonaistuottavuuden kasvun kannalta. Investointitavaroita valmistavien toimialojen t&k-panostusten lisäys johtaa investointien laadun paranemisen kautta välittyvään pitkäaikaiseen muiden toimialojen ja koko kansantalouden pääomakannan laadun paranemiseen ja kokonaistuottavuuden kasvuun. Tuotantoteknologia uusiutuu hitaasti investointien ja vanhan pääomakannan poistuman kautta siten, että pääomakannan laadun paranemisen vaikutus kokonaistuottavuuteen on voimakkaimmillaan vasta useiden vuosien kuluttua investointitavaroiden tuottajatoimialojen tuotekehityspanostusten lisäyksestä. Kokonaistuottavuuden kasvu riippuu lisäksi siitä kuinka tehokkaasti pääomakannan laadun paranemista hyödynnetään tuotantoprosessien kehittämisessä.

Tässä yhteydessä sovellettavassa mallissa toimialojen kokonaistuottavuuden kasvua määrittävät keskeisesti toimialojen tuotannon laadun sekä investointitavaroiden ja pääomakannan laadun paraneminen. Tuottavuusvaikutusarvioiden lähtökohtana ovat toimialakohtaiset yritysten t&k-panostukset, jotka koostuvat yritysten omarahoitteisista t&k-menoista ja toimialalle annetusta julkisesta t&k-rahoituksesta. Toimialakohtaiset julkisen sektorin t&k-tuet ovat t&k:n tuottavuusvaikutusmallin keskeisiä eksogeenisiä talouspolitiikan välinemuuttujia.

T&k-panostusten merkityksen korostamisen osalta mallilla on yhtymäkohtia vanhaan t&k-pohjaiseen kasvutilinpitoon, jossa kokonaistuottavuuden kasvua on selitetty t&k-panostusten lisääntymisellä (Griliches 1980, Terleckyj 1980 ym.). Sovelletavan mallin merkittäviä eroja perinteiseen lähestymistapaan ovat t&k-panostuksilla kehitetyn uuden teknologian diffuusio investointitavaroita tuottavilta toimialoilta muiden toimialojen pääomakantaan sekä pääomakannan laadun paranemisesta seuraava pitkäaikainen dynaaminen vaikutus kokonaistuottavuuden kasvuun.

T&k-pohjaisessa kasvutilinpidossa tuotannon kasvua on selitetty pääoma- ja työpanoksen lisäksi t&k-panostusten lisääntymisellä siten, että talouden kasvutekijöitä erittelevä malli on (Griliches 1980, Terleckyj 1980 ym.)

$$(1.1) \quad \Delta Y_t/Y_{t-1} = \alpha \Delta K_t/K_{t-1} + (1-\alpha) \Delta L_t/L_{t-1} + \beta \Delta R_t/R_{t-1} + \gamma.$$

$\Delta Y_t/Y_{t-1}$ tarkoittaa tuotannon volyymin Y_t kasvuvauhtia vuonna t , $\Delta K_t/K_{t-1}$ pääomakannan kasvua, $\Delta L_t/L_{t-1}$ työpanoksen kasvua ja $\Delta R_t/R_{t-1}$ reaalisen t&k-varannon kasvua. Parametri α tarkoittaa pääoman tulo-osuutta, $1-\alpha$ työvoiman tulo-osuutta, β tuotannon volyymin joustoa t&k-varannon suhteen ja γ eksogeenista kokonaistuottavuuden kasvuvauhtia.

T&k-osaamista mittaavan t&k-varannon voidaan ajatella kumuloituvan reaalista t&k-menoista RD_t . Toisaalta t&k-varantoa syö vähitellen sen poistuma, jonka vauhtia voidaan kuvata parametrilla δ_R . Tällöin t&k-varanto R_t vuonna t on

$$(1.2) \quad R_t = RD_t + (1-\delta_R)R_{t-1}.$$

T&k-varannon poistuma on kuitenkin usein sivuutettu mallin (1.1) sovelluksissa ja se on yksinkertaistettu muotoon (Griliches 1980, Terleckyj 1980 ym.)

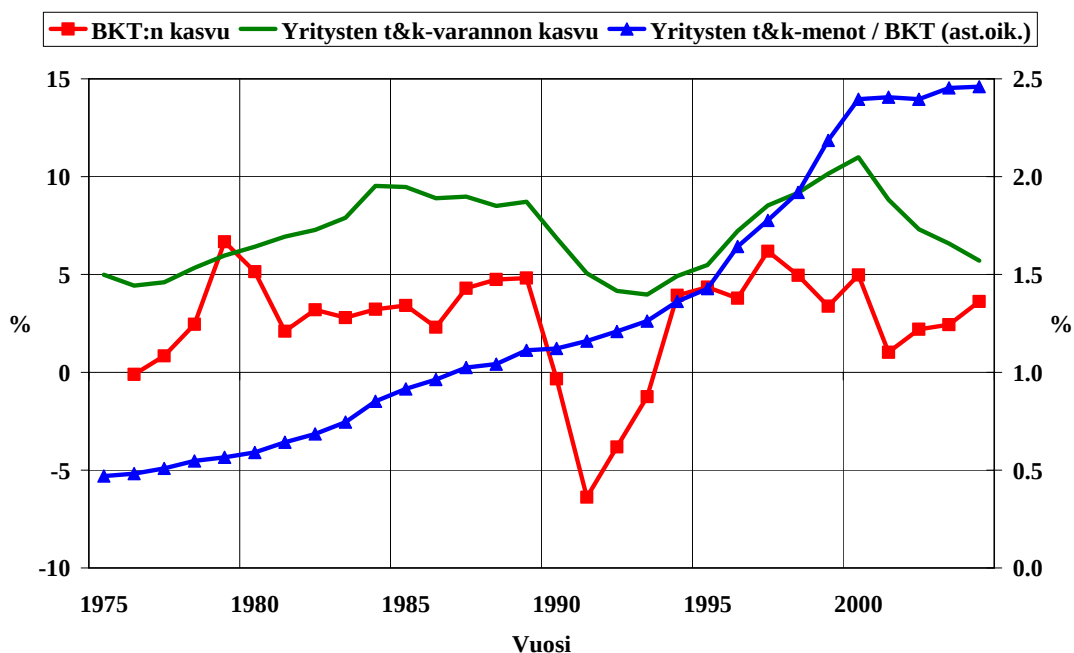
$$(1.3) \quad \Delta Y_t/Y_{t-1} = \alpha \Delta K_t/K_{t-1} + (1-\alpha) \Delta L_t/L_{t-1} + \mu RD_t/Y_t + \gamma.$$

Parametri μ tarkoittaa tässä yhteydessä t&k-varannon rajatuottavuutta. Malli (1.3) on ollut lähtökohtana monissa ekonometrisissa tutkimuksissa, joissa on testattu t&k-panostusten kasvu- ja tuottavuusvaikutuksia käyttämällä kansantalouden, toimialatason tai yritystason aineistoja. Mallissa on kuitenkin iso ongelma, koska sen mukaan t&k-intensiteetin RD_t/Y_t tason nousun pitäisi johtaa tuotannon ja tuottavuuden kasvuvauhdin kiihtymiseen, mikä on selvässä ristiriidassa talouden pitkän ajan kehityksestä käytettävissä olevien empiiristen havaintojen kanssa.

T&k-intensiteetillä ja monilla muilla mittareilla arvioiden teollisuusmaiden teknologiaosaaminen lisääntyi jatkuvasti 1900-luvun mittaan. Tämän olisi mallin (1.3) muotoon täsmennetyn t&k-pohjaisen kasvutilinpidon ja 1980-luvulla kehitettyjen endogeenisen kasvuteorian ensimmäisen sukupolven t&k-perusteisten kasvumallien mukaan pitänyt johtaa talouskasvun jatkuvaan nopeutumiseen (Jones 1995a,b, 2002). Tilastollisesti tarkastellen 1900-luvun talouskasvu oli teollisuusmaissa kuitenkin kutakuinkin vakaata eikä suinkaan jatkuvasti kiihtyvää.

Suomen viimeisimpien kolmen vuosikymmenen kehitys nähdään kuvioista 1. Myös meillä talouskasvu on ollut pikemminkin vaihtelua vakiotason ympärillä kuin jatkuvasti kiihtyvää, vaikka t&k-intensiteetti on jatkuvasti noussut. Sen sijaan reaalisen t&k-varannon kasvu on ollut bkt:n kasvun lailla kutakuinkin stationaarinen. Tässä mielessä t&k-panostusten ja t&k-osaamisen mittaamisessa on olennaista ottaa huomioon t&k-varannon poistuma, joka tarkoittaa, että t&k-panostusten lisäyksiin voidaan aikaansaada enintään tilapäistä nopeutumista tuotannon ja tuottavuuden kasvuun. Tilapäisyydellä tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että kasvuvaikutukset voivat kestää vaikkapa vuosikymmeniä, mutteivät äärettömän kauan.

Kuvio 1 T&k-panostukset ja talouden kasvu



Keskeisiä kysymyksiä t&k-panostusten tuottavuus- ja kasvuvaikutusten tutkimuksessa on siis se, onko tieto ja tässä tapauksessa erityisesti t&k-osaaminen vähitellen poistuvaa vai häviämätöntä. Kysymys osaamisen säilymisestä liittyy uuden kasvuteorian yhteydessä käsiteltyyn osaamisen lisäyksen kasvuvaikutusten pysyvyyteen tai tilapäisyyteen. Edellä kuvattu ristiriita 1900-luvun t&k-intensiteetin jatkuvan nousun ja talouskasvun stationaarisuuden välillä on pakottanut endogeenisen kasvuteorian uudelleenmuotoiluun, joissa osaamispanostusten lisäys nopeuttaa talouskasvua, mutta vain tilapäisesti (esim. Jones 1995a,b, 2002). Kysymys on kuitenkin kansantaloustieteessä toistaiseksi selvittämättömästä ongelmasta, johon ei tässä yhteydessä voida esittää ratkaisua, vaan seuraavassa esitettävä mallinnus heijastelee lähinnä vain tuoreessa kasvututkimuksessa esitettyjä näkemyksiä.

T&k-panostusten merkityksen korostamisen osalta seuraavassa sovellettavalla mallilla on periaatteellisia yhtymäkohtia edellä kuvatun vanhan t&k-pohjaisen kasvutilinpidon ohella myös uuteen t&k-perusteiseen kasvuteoriaan. T&k-panostusten vaikutuksia tuotannon laadun kehitykseen ja talouskasvuun on teoriatasolla mallinnettu endogeenisen kasvuteorian tutkimuksissa (esim. Grossman ja Helpman 1991, Barro ja Sala-i-Martin 1995, Aghion ja Howitt 1998). Näissä tutkimuksissa käsiteltyjä yritysten mikrotason optimaaliseen käyttäytymiseen liittyviä kysymyksiä ei tässä yhteydessä tarkastella. Sen sijaan käsillä olevalla tutkimuksella on investointien ja pääomakannan laadun paranemisen tuottavuusvaikutusten osalta suoranaisempia liittymäkohtia makroteoreettiseen ”investointispesifisen kasvun” tutkimukseen, jossa on todettu, että investointien laadun paraneminen selittää jopa 60 prosenttia Yhdysvaltojen tuottavuuden kasvusta 1900-luvun jälkipuoliskolla (Greenwood, Hercowitz ja Krusell 1997).

1.2 Keskeisiä tuloksia

T&k-menojen osuus bruttokansantuotteesta on Suomessa nykyisin noin 3.5 prosenttia. Tutkimuksessa arvioidaan sitä, millaisia kasvu-, työllisyys-, ulkomaankauppa- ja verotulovaikutuksia aikaansaataisiin sillä, että t&k-menojen osuutta bruttokansantuotteesta lisättäisiin nykytasolta 4 prosenttiin. Ei voida kuitenkaan olettaa kansantalouden t&k-intensiteetin hyppäävän kerralla 3.5 prosentista 4 prosenttiin, koska tällainen kasvu vastaa yli 6000 hengen lisäystä t&k-henkilöstöön. Realistisempaa on olettaa, että t&k-panostusten lisäys tapahtuu vähitellen muutaman vuoden kuluessa. Mallilaskelmissa lähdetään siitä, että kansantalouden t&k-intensiteetti nousee julkisen sektorin yrityksille antamien t&k-tukien ja yritysten omarahoitteisten t&k-panostusten asteittain lisääntyessä siten, että t&k-menojen bruttokansantuoteosuus saavuttaa 4 prosentin tason 2010-luvulla.

T&k-tukien lisääminen merkitsee välitöntä julkisen sektorin rahoitusaseman heikkenemistä. T&k-tuet eivät ole julkiselle sektorille kuitenkaan pelkästään rahoituksellinen rasite, koska t&k-toiminnan lisääntyminen parantaa tuottavuutta ja talouden kasvua ja lisää siten myös julkisen sektorin verotuloja. Ennen pitkää verotulojen kasvu vastaa t&k-tukien tasokorotusta. Se kuinka nopeasti lisäverokertymän voidaan arvioida kasvavan julkisen t&k-rahoituksen lisäystä vastaavaksi riippuu talouden käyttäytymisestä, muun muassa yritysten insentiiveistä omien t&k-panostusten lisäämiseen. Tutkimuksessa tarkasteltavassa tapauksessa julkisen sektorin verotulojen lisäköertymä kohoaa muutamassa vuodessa t&k-tukien lisäystä vastaavaksi. Verotulojen lisäyksestä tulee noin 60 prosenttia tuloveroista ja loput välillisistä veroista.

T&k-panostusten lisäyksen BKT-vaikutuksia määrittää tuottavuuden kasvun vaikutus vientiin ja kotimaiseen kysyntään. Vientiin vaikutukset kanavoituvat teollisuuden yksikkötyökustannusten vähenemisen ja kustannuskilpailukyvyn paranemisen välityksellä. Kotimaiseen kysyntään vaikutukset kulkevat lähinnä työllisyyden, palkkatason ja yksityisen kulutuksen kasvun kautta.

T&k-panostusten ja tuottavuuden kasvu vaikuttaa vientiin teollisuuden kustannuskilpailukyvyn paranemisen välityksellä. Tuontiin vaikutukset kanavoituvat lähinnä tulonmuodostuksen ja kulutuksen kasvun kautta sekä osin myös tuotannon kasvusta johtuvan investointitavaroiden sekä teollisuuden raaka-aineiden tuontitarpeen lisääntymisen välityksellä. T&k-panostusten lisäyksestä johtuva tuottavuuden kasvu vaikuttaa vahvemmin vientiin kuin tuontiin ja aikaansaa siten positiivisen vaikutuksen nettovientiin ja kauppataseeseen.

Myös BKT-vaikutuksia hallitsee teollisuuden tuottavuuden, kilpailukyvyn ja viennin lisääntyminen, sillä t&k-panostusten lisäys johtaa suurimpaan tuottavuuden kasvuun teollisuudessa. Toimialan omilla t&k-panostuksilla on etenkin korkeamman teknologian teollisuustoimialoilla merkittävä vaikutus tuotannon laadun paranemisen kautta toimialan kokonaistuottavuuden kasvuun. Lisäksi teollisuus hyödyntää muuta taloutta tehokkaammin investointitavaroiden tuotannossa kehitettyä tuotantoteknologiaa tuotantoprosessiensa ja tuottavuutensa parantamisessa. Työvaltaisemmilla palvelualoilla tuotantoteknologian kehitystä on hyödynnetty lähinnä vain kaupan, kuljetuksen, tietoliikenteen sekä rahoitus- ja vakuutustoiminnan tuottavuuden parantamisessa.

Tuottavuuden kasvua jaetaan kuluttajille palkankorotuksina. Parantuva tulokehitys heijastuu edelleen yksityisen kulutuksen ja kotimaisen kysynnän kasvuun. Kansantalouden keskimääräiseen tuottavuuden kasvuun perustuvien palkankorotusten tapauksessa palkanmuodostuksen kautta kulkeva tulovaikutus bruttokansantuotteen kasvuun jää kuitenkin selvästi teollisuudessa syntyvää kilpailukykyvaikutusta vähäisemmäksi. Jos palkat sen sijaan määräytyisivät toimialakohtaisen tuottavuuden perusteella, palkankorotukset voisivat eliminoida kokonaan tuottavuuden paranemisen vaikutukset vientitoimialojen kustannuskilpailukykyyn. Tällöin positiivisia vientivaikutuksia ei syntyisi lainkaan, jolloin BKT:n lisäkasvu tulisi pelkästään tulovaikutuksesta ja jäisi vähäisemmäksi kuin tulopolitiikan perinteisen palkanormin oloissa.

T&k-intensiteetin nousun työllisyysvaikutukset määräytyvät t&k-henkilöstön osalta suoraan t&k-menojen lisäyksen ja ansiotasokehityksen kautta ja muun työvoiman osalta tuottavuuden kasvun aikaansaaman tuotannon kasvun kautta. T&k-menojen lisäyksen kokonaistyöllisyysvaikutusta hallitsee niiden suora vaikutus t&k-henkilöstön määrään. Tästä johtuen t&k-panostusten lisäys vaikuttaa melko nopeasti työllisyyden kasvuun. Oletettu t&k-intensiteetin nousu johtaa 2010-luvulla lähes 7000 hengen lisäykseen t&k-henkilöstön määrässä nykytasoon verrattuna. T&k-henkilöstön lisäyksellä on merkittävä vaikutus kokonaistyöllisyyden kehitykseen erityisesti t&k-intensiivisillä toimialoilla. T&k-henkilöstön osuus kokonaistyöllisyydestä oli vuonna 2004 elektroniikkateollisuudessa 28 prosenttia, kemianteollisuudessa 9 prosenttia, koneiteollisuudessa 5 prosenttia ja tietojenkäsittelypalveluiden toimialalla 12 prosenttia.

Yleisemmin t&k-intensiteetin nousun työllisyysvaikutuksia määrittää se, että t&k-panostusten lisäys johtaa tuottavuuden kasvuun, mikä tarkoittaa työpanosta säästävän teknologian käyttöönottoa tuotantoprosesseissa ja tuoteyksikköä kohden tarvittavan

työpanoksen vähenemistä. Tästä syystä tuottavuuden kasvu johtaa teollisuuden muun kuin t&k-henkilöstön työllisyydessä pidemmällä ajalla laskevaan suuntaan. Sen sijaan muilla toimialoilla talouden kasvun nopeutuminen johtaa työllisyyden paranemiseen. Tämä arvio tuottavuuden kasvun työllisyysvaikutuksista vastaa työllisyyskehityksessä toteutuneita pitkän ajan trendejä siinä mielessä, että teollisuuden työllisyys on ajan mittaan vähentynyt ja muualla kansantaloudessa työllisyys on ollut noususuunnassa.

Vaikka t&k-intensiteetin nousu aikaansaa keskimäärin positiivisia työllisyysvaikutuksia, vaikutus kokonaistyöllisyyden kasvuun jää suhteellisen lyhytaikaiseksi. Tältä osin tulokset heijastavat sitä tosiasiaa, etteivät t&k-panostukset voi olla ensisijainen ratkaisu kansantalouden työttömyysongelmiin. Julkisen sektorin yrityksille antamien t&k-tukien mitoittamista ja toimialajakoa onkin arvioitava kansantaloudellisten vaikutusten näkökulmasta niin, että tuilla tavoitellaan ennen kaikkea tuottavuuden ja kilpailukykyyn paranemista sekä talouden kasvua ja vältetään mahdollisia haittavaikutuksia työllisyyteen.

T&k-panostusten lisäyksestä johtuva tuottavuuden kasvu ja kilpailukykyyn paraneminen johtaa positiiviseen ulkomaankauppavaikutukseen. Edellä todettiin, että t&k-panostukset aikaansaavat myös pääosin positiivisia vaikutuksia työllisyyteen. Siten t&k-perustainen talouden kasvu voi samanaikaisesti parantaa kansantalouden ulkoista ja sisäistä tasapainoa. T&k-pohjaisen kasvun samanaikainen positiivinen vaikutus talouden ulkoiseen ja sisäiseen tasapainoon voi osin selittää Suomen talouden tasapainottumista 1990-luvulla aiempiin vuosikymmeniin verrattuna. Aiemman kulutus- ja investointivetoisen kasvun aikana aina 1980-luvun lopulle työttömyysaste oli näennäisen alhainen, kun työllisyyttä pönkitettiin ulkomaisella velkaantumisella ja suurella vaihtotasevajeella. 1990-luvulla siirryttiin uuteen t&k-osaamispohjaisen kasvuun vaiheeseen. Paljolti t&k-panostuksiin perustuneella tuottavuuden parantamisella Suomi onnistui 1990-luvulla siirtymään aiempaa vahvemmalle ja tasapainoisemmalle talouden kasvu-uralle, jolla vaihtotase on saatu ylijäämäiseksi ja työttömyysaste laskusuuntaan.

Tutkimuksen peruslaskelmassa t&k-panostusten kansantaloudellisia vaikutuksia tarkastellaan olettaen, että julkisen sektorin t&k-tukien lisäystä jaetaan samanaikaisesti kaikille toimialoille tarkasteluperiodin lähtövuoden 2005 t&k-menojen suhteessa. Perustarkastelun lisäksi arvioidaan toimialoittain kohdennettujen t&k-tukien kasvuvaiikutuksia kansantalouden tuottavuuteen, kokonaistuotantoon, työllisyyteen, ulkomaankauppaan ja julkisen sektorin verotuloihin. Tulokset osoittavat, että toimialojen välillä on merkittäviä eroja t&k-panostusten vaikutuksissa. Kansantalouden tuottavuuden kasvun perusteella arvioiden t&k-panostusten vaikuttavuuden kannalta parhaimmiksi toimialoiksi osoittautuvat koneteollisuus, tietojenkäsittelypalveluiden toimiala sekä elektroniikkateollisuus. Bruttokansantuotteen, työllisyyden, nettoviennin ja julkisen sektorin verotulojen lisäyksellä arvioiden parhaimmiksi t&k-tukien sijoituskohteiksi osoittautuvat metsäteollisuus ja koneteollisuus.

2 T&k-panostusten tuottavuusvaikutusten ja kansantaloudellisten vaikutusten malli

2.1 Mallintamisen lähtökohdat

Keskeinen lähtökohta tässä tutkimuksessa sovellettavassa mallissa on, että kunkin toimialan tuotannon volyyymi voidaan kansantalouden tilinpidon laskentaperiaatteiden nojalla määritellä toimialan tuotannon määrän ja tuotannon laadun tuloksi. Tuotannon volyymin jakoa määrään ja laatuun ei tilastoissa tehdä, mutta se tuodaan esiin kansantalouden tilinpidon laskentaohjeissa toteamalla, että tuotannon laadun muutokset kirjataan tuotannon volyymin muutoksiksi (esim. Eurostat 1997 s. 230). Siten myös kansantalouden kehityksen mittarina käytetty bruttokansantuote kasvaa sekä tuotannon määrän lisäyksen takia että tuotannon laadun paranemisen ansiosta. Vastaava volyymin jako määrään ja laatuun voidaan tehdä tuotantopanoksille, eli pääomakannalle ja työpanokselle.

T&k-panostuksilla aikaansaatu tuotannon laadun paraneminen heijastuu myös kokonaistuottavuuden kasvuun juuri sen takia, että kansantalouden tilinpidossa tuotannon laadun muutokset kirjataan tuotannon volyymin muutoksiksi. Kokonaistuottavuutta ei voida kasvattaa tuotantopanosten määrää lisäämällä, mutta sitä voidaan lisätä tuotantopanosten laatua parantamalla. Kokonaistuottavuus kasvaa siis yhtäältä tuotannon laadun paranemisen kautta ja toisaalta tuotantopanosten laadun paranemisen myötä.

Mallitarkastelussa ovat keskeisiä seuraavat tuotantoa, tuotantopanoksia ja tuottavuutta koskevat määritelmät ja riippuvuudet:

$$\begin{aligned} \text{tuotannon volyyymi} &= \text{tuotannon arvo} / \text{tuotannon hinta} \\ &= \text{tuotannon laatu} * \text{tuotannon määrä} \\ &= \text{kokonaistuottavuus} * \text{tuotantopanosten volyymin vaikutus}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kokonaistuottavuus} &= \text{tuotannon laatu} * \text{pääomakannan laadun vaikutus} \\ &\quad * \text{työpanoksen laadun vaikutus}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pääomakannan volyyymi} &= \text{pääomakannan laatu} * \text{pääomakannan määrä} \\ &= \text{investointien laatu} * \text{investointien määrä} \\ &\quad + \text{edellisperiodin pääomakannan volyyymi} \\ &\quad - \text{edellisperiodin pääomakannan poistuma}, \end{aligned}$$

$$\text{työpanoksen volyyymi} = \text{työpanoksen laatu} * \text{työpanoksen määrä}.$$

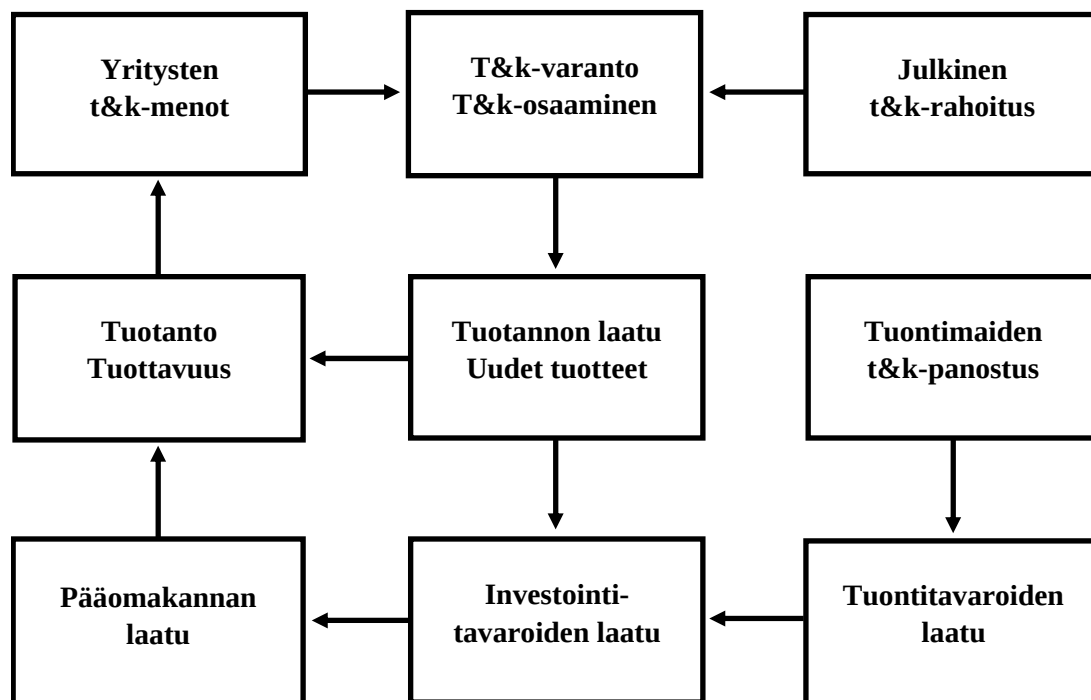
Investointitavaroita tuottavien toimialojen tuotannon laadun paranemisella on keskeinen merkitys kokonaistuottavuuden kasvun kannalta. Investointitavaroita valmistavien toimialojen t&k-panostusten lisäys johtaa investointien laadun paranemisen kautta välittyvään pitkäaikaiseen muiden toimialojen ja koko kansantalouden pääomakannan laadun paranemiseen ja kokonaistuottavuuden kasvuun. Tuotantoteknologia uusiutuu hitaasti investointien ja vanhan pääomakannan poistuman kautta siten, että pääomakannan laadun paranemisen vauhti on voimakkaimmillaan ja tuottavuusvaikutus suurimmillaan vasta useiden vuosien kuluttua investointitavaroiden tuottajatoimialojen tuotekehityspanostusten lisäyksestä. Kokonaistuottavuuden kasvu riippuu lisäksi siitä

kuinka tehokkaasti pääomakannan laadun paranemista hyödynnetään tuotantoprosessien kehittämisessä.

Toimialojen kokonaistuottavuuden kasvua määrittävät mallissa keskeisesti toimialojen tuotannon laadun sekä investointitavaroiden ja pääomakannan laadun paraneminen. Tuottavuusvaikutusarvioiden lähtökohtana ovat toimialakohtaiset yritysten t&k-panostukset, jotka koostuvat yritysten omarahoitteisista t&k-menoista ja toimialalle annetusta julkisesta t&k-rahoituksesta. Toimialakohtaiset julkisen sektorin t&k-tuet ovat t&k:n tuottavuusvaikutusmallin keskeisiä eksogeenisiä talouspolitiikan välinemuuttujia.

Kuvio 2.1 hahmottelee mallin rakennetta t&k-panostusten tuottavuusvaikutusten osalta. Malli kumuloi reaalisten t&k-menojen perusteella reaalisen t&k-varannon kasvun kullekin toimialalle. Toimialojen tuotekehitysosaamisen parantumista mittaavat reaalisen t&k-varannon kasvu-urat määrittävät toimialojen tuotannon laadun paranemisen vauhtia. Investointitavaroita tuottavien toimialojen tuotannon laadun ja tuontitavaroiden laadun paraneminen määrittävät puolestaan investointien ja pääomakannan laadun paranemista ja toimialojen tuotantoteknologian kehitystä. Keskeinen osa t&k-panostusten ja talouskasvun kytkennöissä on myös asetelman 2.1 kuvaama takaisin-kytkentä toimialojen tuotannosta niiden tuotekehityspanostuksiin.

Kuvio 2.1 Tuotekehityksen ja tuottavuuden kytkennät



2.2 Yritysten t&k-panostukset

Yritysten tuotekehityspanostukset määrittävät tuotannon laadun paranemista ja tuottavuuden kasvua. Yritysten tuotekehityspanostusten kehitys on puolestaan yhteydessä yritysten tuotannon kasvuun ja julkisen sektorin yrityksille antamaan tuotekehitystu-

keen. Yhteys talouden kasvuun muodostaa tärkeän takaisinkytkentälinkin tuotannosta tuotekehityspanostuksiin ja on siten keskeisellä sijalla talouden endogeenisessä kasvuprosessissa.

Toimialojen t&k-menoja määrittävät yhtälöt mallijärjestelmässä ovat muotoa

$$(2.1) \quad RD_{it} = \alpha_{1i}(V_{i,t-1} - \alpha_2) + (1 + \alpha_3)S_{it}.$$

Muuttuja RD_{it} tarkoittaa toimialan i t&k-menoja vuonna t ja V_{it} toimialan i arvonlisäystä. Muuttuja S_{it} tarkoittaa toimialalle i annettua julkisen sektorin t&k-tukea, joka sisältyy toimialan t&k-menoihin RD_{it} . Yhtälöön (2.1) sisällytetty vakio α_2 on tärkeä mallin tilastollisen istuvuuden kannalta. Parametrin kuvaaman t&k-panostusten aloituskynnyksen voidaan ajatella liittyvän t&k-toiminnan kiinteisiin kustannuksiin. Vakio on tilastollisesti samaa luokkaa useimmilla toimialoilla ja siksi parametri α_2 on mallin estimoinnissa rajattu yhtä suureksi kaikilla toimialoilla. Samoin on menetelty parametrin α_3 osalta.

Parametri α_3 kuvaa julkisen t&k-rahoituksen välitöntä kannustinvaikutusta yritysten omarahoitteisiin t&k-panostuksiin. Kannustinvaikutus syntyy, jos $\alpha_3 > 0$, mutta julkinen t&k-rahoitus on tältä osin vaikutuksiltaan neutraali, jos $\alpha_3 = 0$. Insentiivivaikutusta koskeva oletus voidaan mallissa asettaa eksogeenisesti ja vaihtoehtolaskelmia voidaan tehdä varioimalla parametria α_3 . Parametrin lähtöarvo saadaan kuitenkin mallin (2.1) estimointituloksesta.

OLS-menetelmällä estimoitaessa kertoimelle α_3 saadaan arvo 0.4. Mallin (2.1) estimoinnissa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että julkinen t&k-rahoitus S_{it} saattaa olla yritys- ja toimialatasolla endogeeninen muuttuja, jonka määräytymiseen voi vaikuttaa kulloinkin yritysten rahoitustarve. Mallin (2.1) kaksivaiheisessa estimoinnissa toimialakohtaisissa malleissa käytetään instrumenttimuuttujina mallin eksogeenisiä muuttujia sekä julkisen sektorin kokonaistuotekehitystukea yrityssectorille $S_t = \sum_i S_{it}$ (vrt. Rantala 2003b). Julkisen sektorin kokonaistuotekehitystuki S_t oletetaan siis yksittäisten yritysten ja toimialojen kannalta eksogeeniseksi muuttujaksi. Ratkaisulla pyritään jäljittelemään yritystason aineistoilla tehtyjen tutkimusten menettelytapaa (vrt. Ali-Yrkkö ja Pajarinen 2003). 2SLS-menetelmällä estimoitaessa kertoimelle α_3 saadaan arvo 1.1. Jäljempänä tarkasteltavissa mallisimuloinneissa parametiarvona on $\alpha_3 = 1$.

Kokonaismallissa julkisen sektorin tuotekehitystuki vaikuttaa yritysten t&k-panostuksiin parametrilla α_3 kuvatun välittömän kannustinvaikutuksen ohella sitä kautta, että julkinen t&k-rahoitus parantaa tuottavuutta ja lisää tuotantoa V_{it} , joka kasvattaa puolestaan mallin (2.1) kuvaamalla tavalla myöhemmin yritysten omarahoitteisia t&k-menoja. Tämä takaisinkytkentä talouden kasvusta yritysten t&k-panostuksiin ja talouden tulevaan kasvuun määrittää mallissa julkisen t&k-rahoituksen välittömän kannustinvaikutuksen ohella talouden endogeenista kasvuprosessia.

T&k-panostusten talouskasvu- ja tuottavuusvaikutusten tutkimuksissa laajasti vallitsevan näkemyksen mukaan tuottavuus- ja kasvuvaikutusten kannalta on olennaista tiedon kumuloituminen t&k-panostuksista tuotekehitysoosaamista mittaavaan t&k-

varantoon. Toimialojen reaaliset t&k-varannot kumuloituvat reaalisista t&k-menoista. Toiseen suuntaan vaikuttaa t&k-varannon poistuma, jonka yritys- ja toimialatason tarkasteluissa tulkitaan usein kuvaavan t&k-osaamisen vuotoa yrityksistä ja toimialoilta muualle talouteen. Poistuman vauhtia kuvataan t&k-varannon vuotuisella poistuma-asteella δ_R . Nimelliset t&k-menot RD_{it} deflatoidaan hintaindeksillä P_{RDit} , joka on keskiarvo toimialan työvoimakustannuksista ja kokonaistuotannon hinnasta (vrt. Rantala 2003a, 2004). Toimialan i reaalisen t&k-varannon RS_{it} kumuloitumista alkuarvosta RS_{i0} määrittää tällöin malli

$$(2.2) \quad RS_{it} = \sum_{\tau=0}^t (1-\delta_R)^\tau (RD_{i,t-\tau} / P_{RDit-\tau}) + (1-\delta_R)^T RS_{i0}, \quad \tau = 0, \dots, T-1.$$

Kotimaisten yritysten t&k-panostuksia tarkastellaan t&k:n tuottavuusvaikutusmallissa 20 toimialan tarkkuudella (vrt. Rantala 2004). Yhtälössä (2.2) määritellyllä tavalla laskettu reaalin t&k-varanto on kasvanut vuosina 1976-2004 toimialoittain kuvion 2.2 esittämällä tavalla.

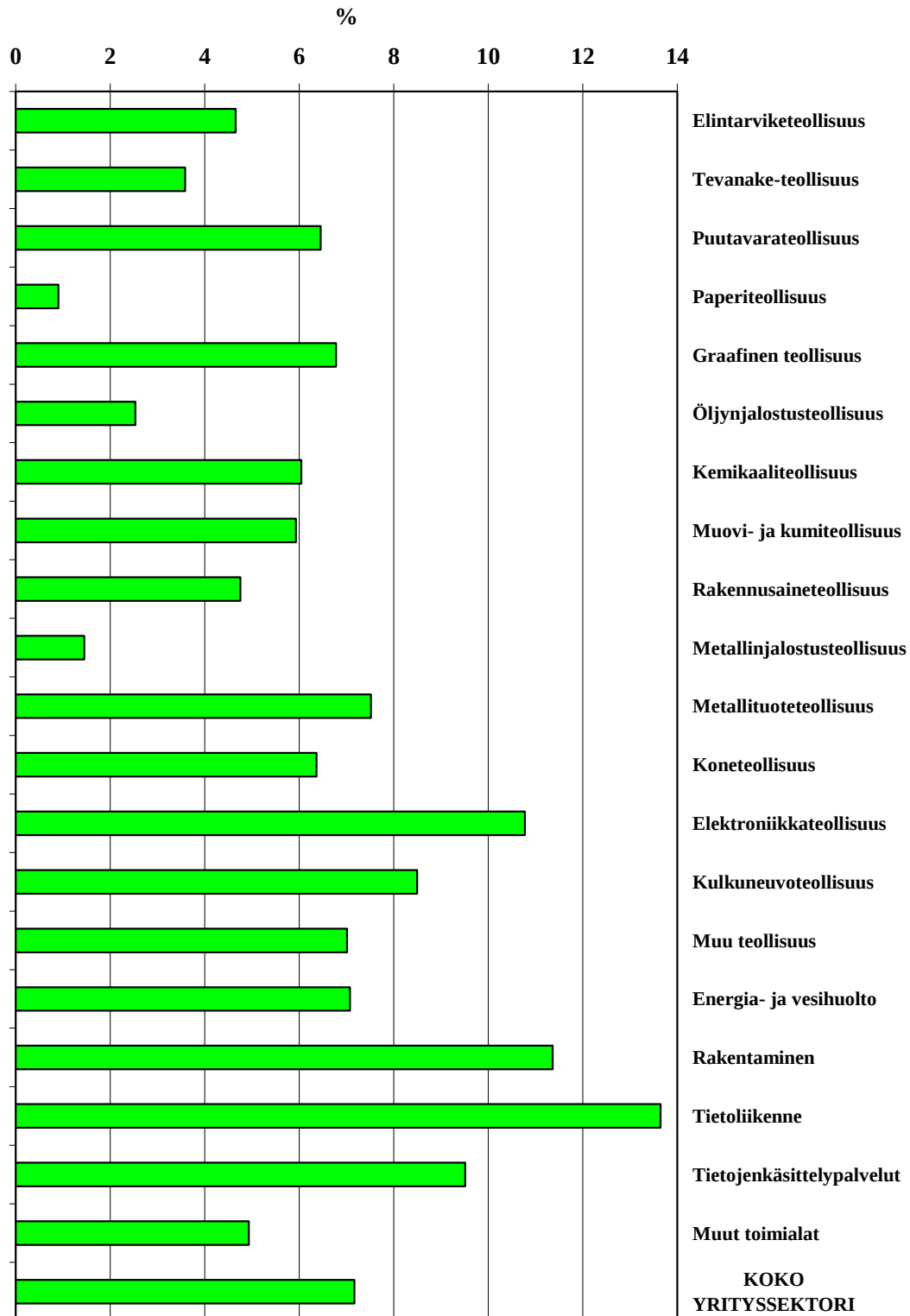
Reaalin t&k-varanto on kasvanut nopeasti etenkin ICT-klusterissa, eli elektroniikkateollisuuden, tietoliikenteen ja tietojenkäsittelypalveluiden toimialoilla. Kasvunopeus on ollut huomattavan suuri myös muun muassa kulkuneuvoteollisuudessa, energia- ja vesihuollossa sekä rakentamisessa. Viimemainittujen toimialojen t&k-intensiteetti, eli t&k-menojen suhde tuotantoon ja liikevaihtoon on kuitenkin selvästi alhaisempi kuin korkean teknologian toimialojen t&k-intensiteetti.

Mallisimuloinneissa oletetaan t&k-panostusten tuottavuusvaikutusten tutkimuskirjallisuuteen nojautuen, että reaalisen t&k-varannon poistuma-aste on 10 prosenttia vuodessa, eli $\delta_R=0.1$. Parametrin kiinnittäminen tähän arvoon ja poistuman oletaminen ylipäättään ei ole kuitenkaan itsestään selvää. Kysymys on perimmältään siitä, onko tieto ja tässä tapauksessa erityisesti t&k-osaaminen oletetulla tavalla vähitellen poistuvaa vai häviämätöntä. Periaatteessa voitaisiin olettaa, ettei kerran hankittu t&k-osaaminen ja sen vaikutus tuotannon laatuun häviä koskaan. Mallissa tämä oletus voidaan tehdä helposti kiinnittämällä t&k-varannon poistumaparametri arvoon $\delta_R=0$. Tällä pieneltä vaikuttavalla muutoksella oletukseen $\delta_R=0.1$ verrattuna on suuri vaikutus t&k-rahoituksen tuottavuusvaikutusten kannalta, koska tapauksessa $\delta_R=0$ tilapäinenkin lisäys t&k-menoissa RD_{it} aikaansaa pysyvän lisäyksen tuottavuuteen. Näin positiiviset t&k-panostusten talouskasvuvaikutukset eivät kuitenkaan ole empiiristen havaintojen valossa mahdollisia ja tästä syystä mallisimuloinneissa oletetaan t&k-varannon ja -osaamisen sekä samalla niiden tuottavuusvaikutusten vähittäinen poistuma.

Kysymys osaamisen säilymisestä liittyy uuden kasvuteorian yhteydessä käsiteltyyn osaamisen lisäyksen kasvuvaikutusten pysyvyyteen tai tilapäisyyteen. Teollisuusmaiden teknologiaosaaminen lisääntyi useiden mittareiden mukaan jatkuvasti 1900-luvun mittaan. 1980-luvulla kehitettyjen endogeenisen kasvun teorian ensimmäisen sukupolven mallien mukaan tämän olisi pitänyt johtaa talouskasvun jatkuvaan nopeutumiseen. Tilastollisesti tarkastellen 1900-luvun talouskasvu oli kuitenkin kutakuinkin vakaata eikä suinkaan jatkuvasti kiihtyvää. Empiiriset tosiasiat ovatkin pakottaneet endogeenisen kasvuteorian uudelleenmuotoiluun, joissa osaamispanostusten lisäys nopeuttaa talouskasvua, mutta vain tilapäisesti (esim. Jones 1995a,b, 2002). Kysymys on kuitenkin kansantaloustieteessä toistaiseksi selvittämättömästä ongelmasta, johon ei

tässä yhteydessä voida esittää ratkaisua, vaan seuraavassa esitettävä mallinnus heijastelee lähinnä vain tuoreessa kasvututkimuksessa esitettyjä näkemyksiä.

Kuvio 2.2 Toimialojen reaalisien t&k-varannon keskimääräinen kasvu vuosina 1976-2004



2.3 Tuotannon ja pääomakannan laatu

Toimialojen t&k-osaamisen tasoa kuvaavan reaalisen t&k-varannon R_{it} vaikutus toimialojen tuotannon laatuun Q_{it} mallinnetaan vakiojousto-oletuksen pohjalta Almon-viivejakaumalla

$$(2.3) \quad Q_{it} = (\Pi_v R_{i,t-v}^{\rho_v})^{\beta_i}, \quad v = 0, \dots, 3.$$

Kaavalla (2.2) lasketut toimialojen t&k-varannot RS_{it} on tässä vaiheessa muunnettu indekseiksi R_{it} , joiden taso vuonna 2000 on 1 (vrt. Rantala 2004). Viivejakauman painot $\rho_0=0.2$, $\rho_1=0.3$, $\rho_2=0.3$ ja $\rho_3=0.2$ on estimoitu loglineaarisella mallilla selittämällä viennin yksikköarvoindeksiin ja hintaindeksiin suhteella mitattua viennin laatuindeksiä teollisuuden reaalisen t&k-varannon kehityksellä (vrt. Rantala 2003a). Toimialojen t&k-osaamisen vaikuttavuusparametrin β_i arvona on tämän tutkimuksen mallisimuloinneissa elektroniikkateollisuudessa 0.3, pääosassa muuta teollisuutta, tietoliikenteessä, liike-elämän palveluiden toimialalla ja tuonnin kohdalla 0.2, kulkuneuvoteollisuudessa ja muun teollisuuden toimialaryhmässä 0.1, energiahuollossa ja rakentamisessa 0.05 ja muilla toimialoilla 0.01 (vrt. Rantala 2004).

Mallissa toimialojen t&k-panostukset määrittävät yleisesti toimialojen tuotannon laadun kehitystä ja investointitavaroita tuottavien toimialojen t&k-panostukset erityisesti investointien ja pääomakannan laadun kehitystä. Toimialojen pääomakanta jaetaan mallissa kolmeen pääomatavararyhmään siten, että yhden ryhmän muodostavat tietokoneohjelmistot ja muu aineeton pääoma, toisen ryhmän koneet, laitteet ja kuljetusvälineet ja kolmannen ryhmän rakennukset ja muu pääomakanta. Näiden pääomatavararyhmien investointien laadun kehitystä määrittää niitä tuottavien toimialojen tuotannon laadun kehitys. Koneiden, laitteiden ja kuljetusvälineiden tärkeimmät valmistajatoimialat ovat elektroniikkateollisuus, koneteollisuus ja kulkuneuvoteollisuus. Tietokoneohjelmistot tuotetaan tietojenkäsittelypalveluiden toimialalla. Rakennusinvestoinnit ovat pääosin talonrakennustoimialan tuotantoa.

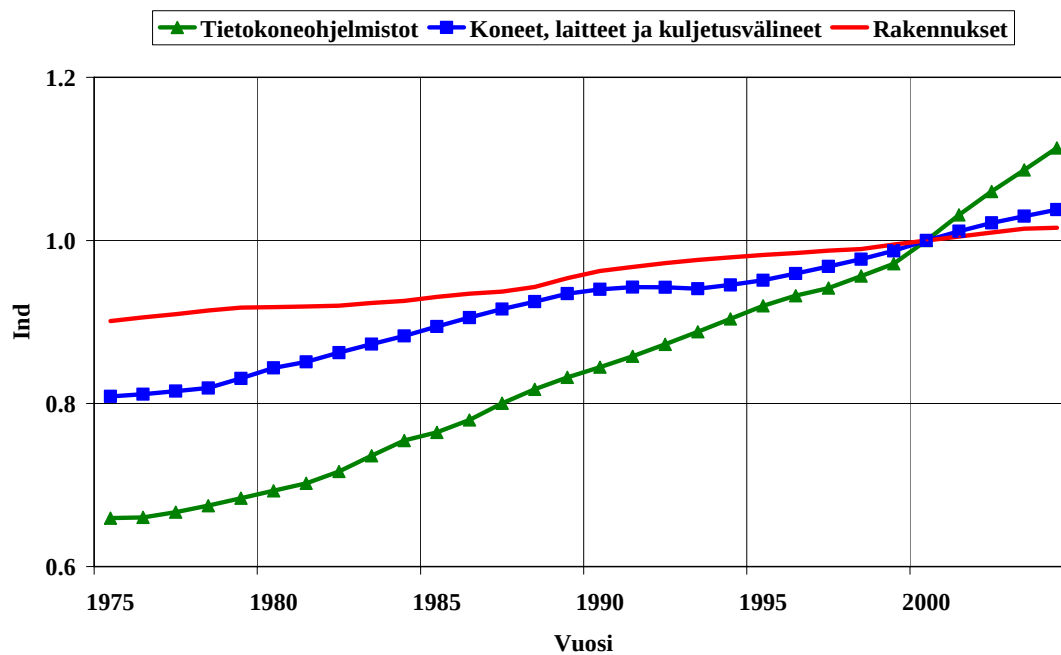
Pääomatavararyhmän k pääomakannan laadun Q_{Kkt} kehitystä investointien laadun Q_{Ikt} paranemisen pohjalta määrittää yhtälö

$$(2.4) \quad Q_{Kkt}K'_{kt} = Q_{Ikt}I'_{kt} + (1-\delta_k)Q_{Kk,t-1}K'_{k,t-1}.$$

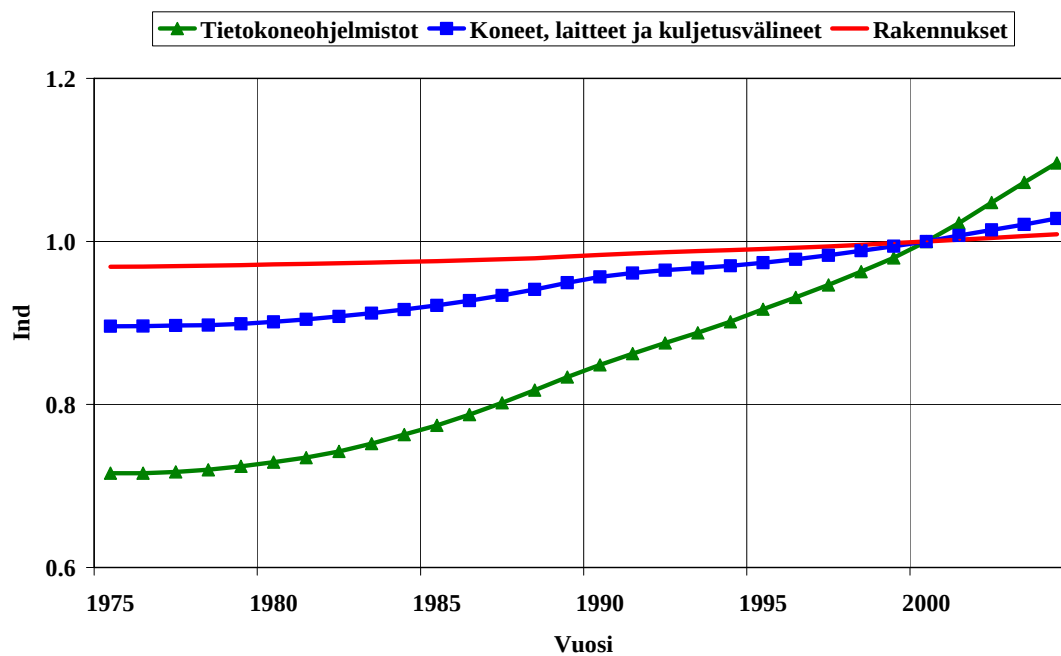
Yhtälössä (2.4) pääomatavararyhmän k pääomakannan volyyymi vuonna t, K_{kt} , määritellään pääomakannan laadun Q_{Kkt} ja pääomakannan määrän K'_{kt} tuloksi $K_{kt}=Q_{Kkt}K'_{kt}$. Vastaavasti investointien volyyymi I_{kt} määritellään investointien laadun Q_{Ikt} ja investointien määrän I'_{kt} tuloksi $I_{kt}=Q_{Ikt}I'_{kt}$. Pääomatavararyhmän k pääomakannan poistumastetta merkitään parametrilla δ_k . Pääomakannan laadun kehitystä määrittävän mallin yksityiskohtia on kuvattu aiemmassa tutkimuksessa (Rantala 2004) ja pääomakannan laadullisen uusiutumisen dynamiikkaa tarkastellaan myös jäljempänä jaksossa 3.2.

Investointihyödykkeitä tuottavien toimialojen t&k-panostusten kehityksen perusteella arvioiden laadultaan nopeimmin paranevaa pääomakantaa edustaa tietojenkäsittelypalveluiden toimialan tietokoneohjelmistotuotanto. Toiseksi nopeimmin paranee kone-, laite- ja kuljetusvälinepääomakannan laatu ja hitaimmin kehittyvä rakennuskannan laatu, kuten kuvioista 2.3 ja 2.4 havaitaan.

**Kuvio 2.3 Investointien laatuindeksit,
vuosi 2000 = 1**



**Kuvio 2.4 Pääomakannan laatuindeksit,
vuosi 2000 = 1**



2.4 Tuotantofunktio ja kokonaistuottavuus

Keskeinen lähtökohta mallissa on, että kunkin toimialan i tuotannon volyymi Y_{it} voidaan kansantalouden tilinpidon laskentaperiaatteiden nojalla määritellä tuotannon laadun Q_{it} ja tuotannon määrän Y'_{it} tuloksi $Y_{it}=Q_{it}Y'_{it}$. T&k-panostuksilla aikaansaatu tuotannon laadun paraneminen heijastuu tuotannon volyymien ja kokonaistuottavuuden kasvuun juuri sen takia, että kansantalouden tilinpidossa tuotannon laadun muutokset kirjataan tuotannon volyymien muutoksiksi. Kokonaistuottavuuden kasvuun vaikuttaa myös tuotantopanosten laadun paraneminen.

Toimialan i CD-tuotantofunktio ja kokonaistuottavuus T_{it} täsmennetään muotoon (vrt. Rantala 2004)

$$(2.5) \quad Y_{it} = K_{it}^{\gamma} L_{it}^{1-\gamma} T_{it},$$

$$(2.6) \quad T_{it} = A_i Q_{it} (Q_{Kit}^{\gamma} Q_{Lit}^{1-\gamma})^{\gamma_{2i}}.$$

Tuotantopanokset koostuvat pääomakannasta ja työpanoksesta. Muuttuja K_{it} tarkoittaa kansantalouden tilinpidon mukaista toimialan i pääomakannan volyymia ja L_{it} työpanoksen volyymia. Muuttuja Q_{Kit} tarkoittaa toimialan i pääomakannan laatua ja Q_{Lit} työpanoksen laatua. Muuttuja T_{it} viittaa kokonaistuottavuustekijään, jonka kasvua määrittää yhtälön (2.6) mukaisesti toimialan tuotannon laadun sekä pääomakannan ja työpanoksen laadun kehitys. Työpanoksen laatutekijä on mallissa eksogeeninen muuttuja, jota kuvataan koko kansantalouden työpanoksen laatuindeksillä (Jalava 2002). Toimialojen tuotantofunktioista ja kokonaistuottavuustekijöistä koostuvan mallijärjestelmän (2.5)-(2.6) perusteita ja parametrien estimointia on kuvattu yksityiskohtaisemmin aiemmassa tutkimuksessa (Rantala 2004).

Toimialojen pääomakanta jaetaan mallissa kolmeen pääomatavararyhmään siten, että yhden ryhmän muodostavat tietokoneohjelmistot ja muu aineeton pääoma, toisen ryhmän koneet, laitteet ja kuljetusvälineet ja kolmannen ryhmän rakennukset ja muu pääomakanta¹. Investointihyödykkeitä valmistavien toimialojen t&k-panostusten lisäys johtaa investointien laadun paranemisen kautta välittyvään pitkäaikaiseen muiden toimialojen ja koko kansantalouden pääomakannan laadun paranemiseen ja kokonaistuottavuuden kasvuun. Investointitavaroiden tarjontaa, pääomakannan uusiutumisen dynamiikkaa ja syitä tuotantoteknologian paranemisen hitauteen tarkastellaan yksityiskohtaisemmin jäljempänä jaksossa 3.2.

¹ Tuotantoteknologian paranemisen tuottavuusvaikutuksiin liittyvä erityiskysymys on eri pääomatavararyhmien mahdollinen erilainen merkitys toimialojen kokonaispääomakannan laadun ja tuotantoteknologian tuottavuusvaikutusten kehityksessä. Asuntojen omistuksen ja muun kiinteistötoiminnan toimialoilla pääomakanta koostuu lähes yksinomaan rakennuksista. Rakennustuotannon laadun paranemisesta huolimatta näillä toimialoilla kokonaistuottavuuden kasvu on ollut kansantalouden tilinpidon mukaan likimain olematonta. Tämä viittaa epäsuorasti siihen, ettei rakennuspääomakannan laadun paranemisella ole juuri vaikutusta kokonaistuottavuuden kasvuun. Tämä on otettu huomioon mallissa siten, että rakennuspääomakannan paino on asetettu nolaksi toimialojen kokonaistuottavuuden kasvua määrittävän pääomakannan laadun kehityksen arvioinnissa.

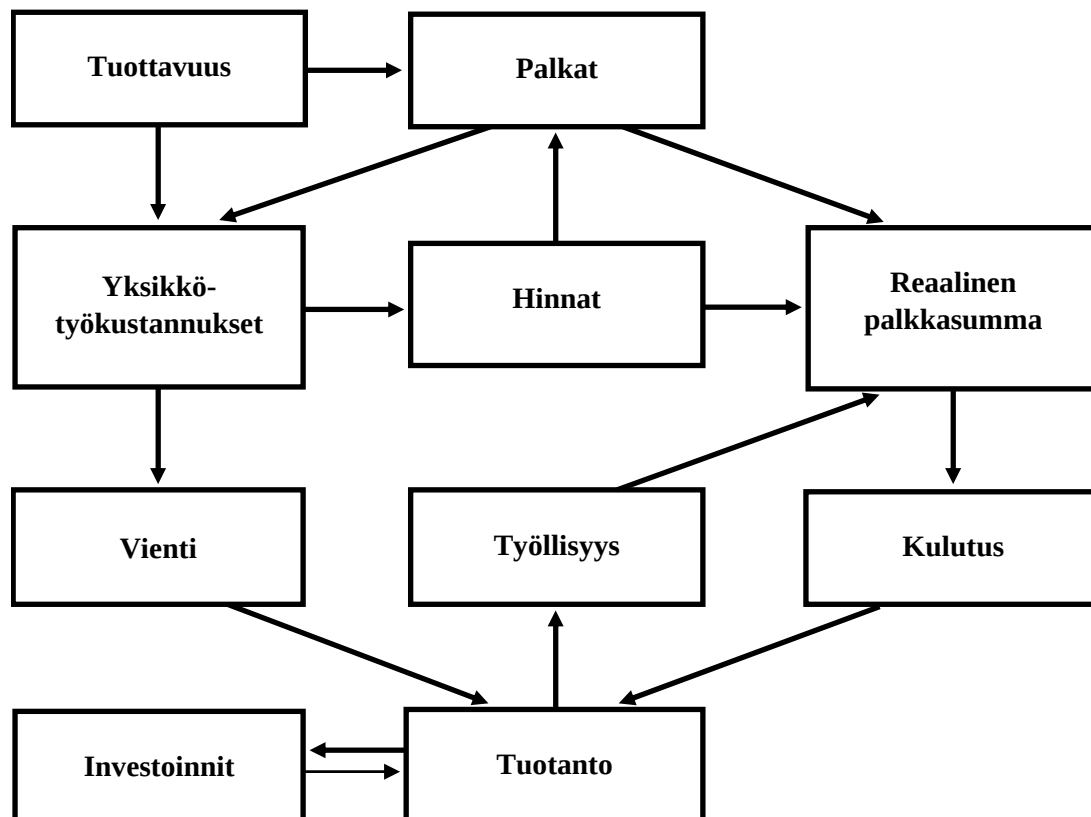
2.5 T&k-panostusten tuottavuusvaikutusten kanavoituminen kansantalouteen

Tutkimuksessa tarkastellaan t&k-panostusten vaikutuksia toimialojen tuottavuuteen ja tuottavuuden kautta muualle kansantalouteen. Mallissa kansantalous jaetaan 32 toimialaan. Toimialanäkökulma on tarpeen yhtäältä sen takia, että toimialat ovat t&k-intensiivisyydeltään hyvin erilaisia ja toisaalta siksi, että investointihyödykkeitä tuottavien toimialojen t&k-panostuksilla on aivan erityinen merkitys kansantalouden pitkän ajan tuottavuuskehityksen kannalta.

Yksityiskohtaisesta toimialajaosta ja muuttujien suuresta lukumäärästä johtuen kokonaismallijärjestelmä on varsin suuri. Suuren mallin simulointiin liittyvät tekniset vaikeudet pakottavat mallin rekursiiviseen rakenteeseen ja erinäisiin yksinkertaistuksiin mallin käyttäytymisyhtälöiden täsmentämisessä.

Kuvio 2.5 esittää kansantalouden mallin rakennetta pääpiirteittäin. Kaksi keskeistä tuottavuuden vaikutuksia välittävää tekijää kansantaloudessa ovat palkanmuodostus ja yksikkötyökustannukset. Työmarkkinoiden sopimusjärjestelmä määrittää paljolti sitä, kuinka tuottavuuden kasvua jaetaan palkankorotuksina kotitalouksien ostovoimaksi. Palkkojen ja työllisyyden perusteella määräytyvä palkkasumman kehitys välittää tuottavuuden kasvun vaikutuksia edelleen kulutuskysyntään ja tuotantoon.

Kuvio 2.5 Tuottavuuden kansantaloudelliset vaikutukset



Palkkojen nousu suhteessa tuottavuuden kasvuun määrittää tuotannon yksikkötyökustannusten muutoksia. Viennin kustannuskilpailukyvyyn kehitys heijastuu edelleen viennin volyymikehitykseen ja teollisuustuotantoon. Tuotannon kasvu suhteessa tuottavuuden kasvuun määrittää yleisesti työllisyyden kehitystä. T&k-henkilöstön määrään vaikuttaa puolestaan t&k-panostusten kasvu suhteessa ansiotasokehitykseen.

Työpanos ja työllisyys

Mallissa oletetaan, että toimialojen työn tuottavuus kasvaa kokonaistuottavuuden T_{it} kasvua vastaavasti ja että toimialojen työllisyys kasvaa työpanoksen kasvua vastaavasti. Työpanoksen ja työllisyyden kehitys määräytyy mallissa t&k-henkilöstön osalta suoraan toimialojen t&k-panostusten ja ansiotasokehityksen kautta ja muun työvoiman osalta t&k-panostusten ja tuottavuuden kasvun aikaansaaman toimialojen tuotannon kasvun kautta.

Toimialojen ansiotasokehitykseen W_{it} suhteutettujen t&k-menojen RD_{it} lisäys määrittää toimialojen t&k-henkilöstön lukumäärää E_{it} siten, että

$$(2.7) \quad E_{it} = ((RD_{it}/W_{it})/(RD_{i,t-1}/W_{i,t-1}))E_{i,t-1}.$$

T&k-henkilöstön lisäyksellä on merkittävä vaikutus kokonaistyöllisyyden kehitykseen erityisesti t&k-intensiivisillä toimialoilla, kuten elektroniikkateollisuudessa, kemianteollisuudessa, koneteollisuudessa, tietoliikenteessä ja tietojenkäsittelypalveluiden toimialalla. T&k-henkilöstön osuus kokonaistyöllisyydestä oli vuonna 2004 elektroniikkateollisuudessa 28 prosenttia, kemianteollisuudessa 9 prosenttia, koneteollisuudessa 5 prosenttia ja tietojenkäsittelypalveluiden toimialalla 12 prosenttia.

Toimialojen muun työllisyyden L_{it} kehitys määräytyy toimialojen tuotannon volyymin Y_{it} ja tuottavuuden T_{it} kehityksen perusteella siten, että

$$(2.8) \quad L_{it} = ((Y_{it}/T_{it})/(Y_{i,t-1}/T_{i,t-1}))L_{i,t-1}.$$

Palkanmuodostus ja kotitalouksien tulokehitys

T&k-panostusten kansantaloudellisissa vaikutuksissa on keskeisellä sijalla tuottavuuden kasvun heijastuminen tulonmuodostukseen. Toimialojen palkanmuodostuksen mallinnuksessa pyritään ottamaan huomioon suomalaisen tulosopimusjärjestelmän pääpiirteet ja tulopoliittisessa keskustelussa esillä olleet keskeiset palkkanormit (ks. Alho 2004, Sauramo 2004).

Mallissa kunkin toimialan nimellispalkkakehityksen W_{it} voidaan olettaa riippuvan valinnaisin painoin kansantalouden keskimääräisestä tuottavuudesta T_t , kuluttajahinnoista P_{Ct} , toimialan tuottavuudesta T_{it} ja toimialan tuottajahinnasta P_{it} . Osin tilastolisten riippuvuuksien perusteella ja osin mallin teknisen ratkaisemisen kannalta on paikallaan viivästyä näiden tekijöiden vaikutus toimialojen palkkakehitykseen siten, että

$$(2.9) \quad W_{it} = T_{t-1}^{\omega_1} P_{C,t-1}^{\omega_2} T_{i,t-1}^{\omega_3} P_{i,t-1}^{\omega_4}.$$

Palkanmuodostuksen perinteisen normin mukaan palkankorotusvara vastaa koko kansantalouden tuottavuuden kasvua tai vaihtoehtoisesti tuottavuuden kasvun ja odotetun inflaation summaa (Sauramo 2004). Mallissa (2.9) tupo-normin ensimmäistä vaihtoehtoa kuvaa tapaus, jossa $\omega_1=1$ ja muut parametrit ovat nollija ja toista muunnelmaa tapaus, jossa $\omega_1=\omega_2=1$ ja muut parametrit ovat nollija. Toimialoittain eriytetyn palkanmuodostuksen tapauksessa voidaan olettaa, että palkat määräytyvät toimialakohtaisen tuottavuuden ja toimialojen tuottajahintojen perusteella siten, että mallissa (2.9) $\omega_3=\omega_4=1$ ja muut parametrit ovat nollija.

Mallin (2.9) estimointi kansantalouden tilinpidon aineistolla tässä yhteydessä sovellettavalla 32 toimialan tasolla vuosilta 1977-2004 antaa parametriarvoiksi $\omega_1=0.72$, $\omega_2=0.71$, $\omega_3=0.06$ ja $\omega_4=0.08$, kun kertoimet rajataan samoiksi toimialoittain. Lisärajoitteilla $\omega_3=1-\omega_1$ ja $\omega_4=1-\omega_2$ saadaan tuloksiksi $\omega_1=0.95$ ja $\omega_2=0.89$. Kertoimien suuruusluokat kuvaavat sitä, että palkanmuodostus on historiassa noudattanut enimmäkseen perinteistä normia, jonka mukaan palkankorotukset määräytyvät koko kansantalouden tuottavuuden kasvun ja kuluttajahintainflaation perusteella. Myös tässä yhteydessä tehtävien mallisimulointien perusoletuksena on tupo-normi, jolloin oletetaan, että mallissa (2.9) $\omega_1=\omega_2=1$ ja muut parametrit ovat nollija.

Kokonaispalkkasumma ja kotitalouksien tulot YH_t määräytyvät ansiotason W_{it} ja työllisyyden $L_{it} + E_{it}$ perusteella siten, että

$$(2.10) \quad YH_t = (\sum_i W_{it}(L_{it} + E_{it}) / \sum_i W_{i,t-1}(L_{i,t-1} + E_{i,t-1})) YH_{t-1}.$$

Toimialojen yksikkötyökustannukset ULC_{it} määräytyvät palkkatason W_{it} ja tuottavuuden T_{it} perusteella siten, että

$$(2.11) \quad ULC_{it} = ((W_{it}/T_{it}) / (W_{i,t-1}/T_{i,t-1})) ULC_{i,t-1}.$$

Kotimainen kysyntä ja vienti

Mallin ratkaisemiseen liittyvät tekniset seikat pakottavat mallin rekursiiviseen rakenteeseen ja erinäisiin yksinkertaistuksiin mallin käyttäytymisyhtälöiden täsmentämisessä. Mallin ratkaisemisen helpottamiseksi kotimainen kysyntä joudutaan kytkemään viivästettyyn tuotannon ja tulojen kehitykseen.

Kotitalouksien reaalitytulot, eli nimellistulot YH_t kuluttajahinnoilla P_{Ct} deflatoituina, määrittävät yksityisen kulutuksen kehitystä siten, että kulutusvolyyymi C_t vuonna t on

$$(2.12) \quad C_t = ((YH_{t-1}/P_{C,t-1}) / (YH_{t-2}/P_{C,t-2})) C_{t-1}.$$

Toimialakohtainen investointien volyyymi I_{it} määräytyy toimialan tuotannon volyymin Y_{it} perusteella siten, että²

² Pääomakannan kasvua määrittää tuotannon volyymin ja tuottavuuden kasvuero siten, että toimialalla i $\Delta K_{it}/K_{i,t-1} = \Delta Y_{it}/Y_{i,t-1} - \Delta T_{it}/T_{i,t-1}$. Toisaalta määritelmän mukaan $\Delta K_{it}/K_{i,t-1} = (I_{it} - \delta_i K_{i,t-1})/K_{i,t-1}$, missä δ_i on toimialan i pääomakannan poistuma. Tällöin investointiyhtälö on $I_{it} = (\Delta Y_{it}/Y_{i,t-1} - \Delta T_{it}/T_{i,t-1} + \delta_i) K_{i,t-1}$. Tämän mallin soveltamiseen liittyy kuitenkin teknisiä ongelmia, joiden takia tässä yhteydessä käytetään yksinkertaisempaa mallia (2.13). Investoinneilla on kysyntäjohteisessa kasvumallissa oma merkityksensä kysyntätekijänä, mutta niillä on huomattavasti pienempi paino kotimaisessa kysynnässä kuin kulutuksella.

$$(2.13) \quad I_{it} = (Y_{i,t-1}/Y_{i,t-2})I_{i,t-1}.$$

Toimialakohtainen viennin volyyymi X_{it} määräytyy toimialan kustannuskilpailukykyä kuvaavien yksikkötyökustannusten ULC_{it} perusteella joustoparametrilla ε_i

$$(2.14) \quad X_{it} = (ULC_{it}^*/ULC_{it})^{\varepsilon_i} D_{it}^*.$$

Muuttuja ULC_{it}^* viittaa toimialan yksikkötyökustannuksiin kilpailijamaissa ja D_{it}^* toimialan tuotteiden kansainväliseen kysyntään, jotka mallisimuloinneissa ovat vakioita. Toimialojen viennin volyymin, kansainvälisen kysynnän ja kustannuskilpailukyvyn toteutuneen kehityksen perusteella estimoiden hintajoustoksi ε_i on mallisimuloinneissa asetettu elintarvike-, kone- ja elektroniikkateollisuuden tapauksessa 1, puutavara- ja metallituoteteollisuudessa 0.9, kemianteollisuudessa ja tevanake-teollisuudessa 0.8, paperiteollisuudessa 0.7 ja muilla toimialoilla 0.5.

Tuotannon volyymikehitys ja hinnanmuodostus

Toimialojen ($n=32$ kappaletta) tuotosvolyymejä $\mathbf{Y}_t=(Y_{1t}, \dots, Y_{nt})'$ määrittää yksityisen kulutuksen $\mathbf{C}_t$, julkisen kulutuksen $\mathbf{G}_t$, investointien $\mathbf{I}_t$, viennin $\mathbf{X}_t$ sekä panoskerroinmatriisin $\mathbf{A}$ perusteella panos-tuotosmalli

$$(2.15) \quad \mathbf{Y}_t = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}(\mathbf{C}_t + \mathbf{G}_t + \mathbf{I}_t + \mathbf{X}_t).$$

Panos-tuotoshintamalli määrittää panos-tuotosmallin duaalimallina toimialojen tuottajahintoja $\mathbf{P}_t=(P_{1t}, \dots, P_{nt})'$ kotimaisten yksikkötyökustannusten $\mathbf{ULC}_t$ ja tuontihintojen $\mathbf{P}_{Mt}$ pohjalta³. Panos-tuotoshintamalli on

$$(2.16) \quad \mathbf{P}_t = (\mathbf{I} - \mathbf{A}')^{-1}(\mathbf{ULC}_t + \mathbf{M}'\mathbf{P}_{Mt}),$$

missä $\mathbf{M}$ on kotimaisten toimialojen tuontipanoskäytön toimialajakaumamatriisi.

Yksityisen kulutuksen, julkisen kulutuksen ja investointien hinnat $\mathbf{P}_{Dt}=(P_{Ct}, P_{Gt}, P_{It})'$ määräytyvät tuottajahintojen, tuontihintojen ja tuoteverojen $\mathbf{T}_{Dt}$ perusteella mallista

$$(2.17) \quad \mathbf{P}_{Dt} = \mathbf{D}'\mathbf{P}_t + \mathbf{F}'\mathbf{P}_{Mt} + \mathbf{T}_{Dt},$$

³ Hintojen määräytymisen mallintamiseen liittyvä erityiskysymys on, miltä osin tuotannon hinnanmuodostukseen vaikuttavat panos-tuotoshintamallin mukaisesti pelkästään kustannustekijät ja missä määrin tuottajahintoihin vaikuttaa hyödykemarkkinoiden kilpailu. Kansainvälisen kilpailun vaikutus näkyy joillakin talouden avoimen sektorin toimialoilla sillä tavoin, että niiden tuottajahintoihin heijastuu vastaavilla toimialoilla ulkomailla valmistettujen tuotteiden tuontihintojen kehitys. Ekonometrisesti arvioiden tuontihinnalla on ollut merkittävästi mallin (2.16) kuvaamaa riippuvuutta suurempi vaikutus tuottajahintaan ainakin öljynjalostusteollisuudessa, kemikaaliteollisuudessa sekä metallinjalostusteollisuudessa. Tuontikilpailun vaikutus voidaan ottaa huomioon painottamalla tuottajahintojen määräytymisessä yhteen panos-tuotoshintamallin ja tuontihinnan vaikutus. Päähuomio hintojen määräytymisessä kohdistuu tässä yhteydessä kuitenkin kuluttajahintoihin, joihin mainittujen teollisuustoimialojen tuottajahinnoilla on melko vähäinen vaikutus. Tästä syystä tuottajahintojen annetaan määräytyä suoraan panos-tuotoshintamallista.

missä $\mathbf{D}$ tarkoittaa lopputuotekysynnän kotimaista toimialajakaumamatriisia ja $\mathbf{F}$ lopputuotekysynnän tuontitavaroiden toimialajakaumamatriisia.

Julkisen sektorin verotulot

Julkisen sektorin verotuloja TX_t määrittää kokonaispalkkasummasta muodostuvan tuloveropohjan $\sum_i W_{it}(L_{it} + E_{it})$ sekä yksityisen kulutuksen ja investointien arvosta määräytyvän tuoteveropohjan $P_{Ct}C_t + P_{It}I_t$ kehitys tuloverokannan τ_Y ja tuoteverokannan τ_D perusteella

$$(2.18) \quad TX_t = \tau_Y \sum_i W_{it}(L_{it} + E_{it}) + \tau_D(P_{Ct}C_t + P_{It}I_t).$$

Progressiivisen tuloverojärjestelmän yksinkertaistaminen ”tasaveromalliksi” merkitsee implisiittistä oletusta, että tuloveroasteikkoa sopeutetaan verokertymän muutoksiin siten, että efektiivinen tuloveroaste pysyy vakiona τ_Y . Oletus tuloverokannan vakioisuudesta on tavanomainen yksinkertaistus tämän tyyppisissä makromalleissa.

Julkisen t&k-rahoituksen lisäys vaikuttaa mallissa julkisen talouden tasapainoon yhtäältä suoraan julkisten menojen kautta negatiivisesti ja toisaalta positiivisesti yhtälön (2.18) kuvaamien talouden kasvusta riippuvien verotulojen kautta. Julkisen t&k-rahoituksen lisäys heijastuu julkiseen talouteen välittömänä alijäämävaikutuksena. Tuottavuuden kasvu johtaa kuitenkin tulojen ja kysynnän kasvuun. Veropohjan kasvu lisää aikaa myöten julkisen sektorin verotuloja siten, että alkuvaiheessa syntyvä alijäämä vähitellen häviää.

3 Tuotantoteknologian uusiutuminen ja t&k-panostusten tuottavuusvaikutukset

3.1 Investointitavaroiden tarjonta

Investointihyödykkeitä tuottavien toimialojen tuotannon laadun paranemisella on keskeinen merkitys kokonaistuottavuuden kasvun kannalta. Investointihyödykkeiden kauppa on tärkein uuden teknologian diffuusiokanava kansantaloudessa toimialojen välillä. Samalla tavoin investointitavaroiden tuonti on pääkanava ulkomaisen teknologian diffuusiassa Suomeen.

T&k:n tuottavuusvaikutusmallissa investoinnit ja pääomakanta jaetaan kolmeen pääomatavararyhmään, eli tietokoneohjelmistoihin ja muuhun aineettomaan pääomaan, kone-, laite- ja kuljetusvälinepääomakantaan sekä rakennuspääomakantaan⁴. Taulukko 3.1 kuvaa näiden kolmen pääomatavararyhmän tasolla Tilastokeskuksen vuoden 2003 panos-tuotoslaskennan investointien muuntomatriisin mukaista kotimaisten ja ulkomaisten investointihyödykkeiden valmistusta toimialoittain.

Taulukko 3.1 Kotimaisten ja ulkomaisten investointihyödykkeiden valmistus toimialoittain vuonna 2003, milj. €

	Tietokoneohjelmistot ym. aineeton pääoma	Koneet, laitteet ja kuljetusvälineet	Rakennukset ym. pääomakanta
<u>Kotimainen tuotanto:</u>			
Koneteollisuus		1172	
Elektroniikkateollisuus		1440	
Kulkuneuvoteollisuus		492	
Rakentaminen			12877
Kiinteistötoiminta			1725
Tietojenkäsittelypalvelut	1758		
Muut toimialat	248	923	83
Kotimaiset toimialat yhteensä	2006	4027	14685
<u>Tuonti:</u>			
Koneteollisuus		1253	
Elektroniikkateollisuus		1448	
Kulkuneuvoteollisuus		816	
Tietojenkäsittelypalvelut	290		
Muut toimialat	23	126	
Ulkomaiset toimialat yhteensä	314	3641	
Arvonlisävero ym. tuoteverot	78	347	1334
Investointimenot yhteensä	2398	8015	16019

⁴ Kansantalouden tilinpidossa laskettava aineeton pääoma sisältää tietokoneohjelmistojen ohella myös mineraalien etsinnän sekä viihteen, kirjallisuuden ja taiteen alkuperäisteokset, mutta ohjelmistot ovat selvästi aineetonta pääomaa hallitseva erä. Rakennuspääomakannan ryhmään on tässä yhteydessä sisällytetty muu edellä mainitsematon kansantalouden tilinpidossa laskettava pääomakanta, eli kasvatettavat varat sekä maan ja muiden valmistamattomien varojen arvon lisäys, kuten maan perusparannukset. Rakennukset ovat kuitenkin tätä ryhmää selvästi hallitseva pääomakannan erä.

Elektroniikkateollisuudesta on ajan mittaan tullut koneiden ja laitteiden merkittävin valmistajatoimiala. Ulkomailta ostetut koneet, laitteet ja kuljetusvälineet muodostavat lähes puolet tämän pääomatavararyhmän investoinneista. Ulkomaisessa valmistuksessa ovat hallitsevina samat toimialat kuin kotimaassa.

Tietokoneohjelmistot tuotetaan lähinnä kotimaisella liike-elämän palveluihin kuuluvalla tietojenkäsittelypalveluiden toimialalla. Rakennusinvestoinnit ovat jo lähtökohteisesti kotimaisten toimialojen tuotantoa. Suurin osa rakennuksista on talonrakennustoimialan tuotantoa ja loppuosa lähinnä maa- ja vesirakentamisen sekä kiinteistötoiminnan tuotantoa.

Taulukon 3.1 kuvaama investointihyödykkeiden toimialoittainen tarjonta määrittää mallissa investointien laadun kehitystä investointihyödykkeiden tuottajatoimialojen t&k-panostusten perusteella. Lisäksi investointien laadun kehitykseen vaikuttaa maa-hantuotujen investointitavaroiden osalta valmistajamaiden teollisuuden t&k-panostus (ks. Rantala 2004).

3.2 Pääomakannan uusiutumisen ja tuotantoteknologian paranemisen hitaus

Tuotantoteknologian uusiutumisprosessia voidaan havainnollistaa tarkastelemalla investointien kautta tapahtuvan uusien teknologiavuosisikertojen kumuloitumisen ja toisaalta vanhan pääomakannan poistuman välityksellä etenevää pääomakannan laadun paranemista. Määritellään kansantalouden tilinpidon laskentaperiaatteita noudattaen investointien volyyymi vuonna t , I_t , investointien laadun Q_{It} ja investointien määrän I'_t tuloksi $I_t = Q_{It}I'_t$. Määritellään vastaavalla tavalla pääomakannan volyyymi K_t pääomakannan laadun Q_{Kt} ja pääomakannan määrän K'_t tuloksi $K_t = Q_{Kt}K'_t$. Merkitään pääomakannan vuotuista poistuma-astetta parametrilla δ_K .

Tällöin pääomakannan volyymin K_t kehitystä määrittää yhtälö

$$(3.1) \quad Q_{Kt}K'_t = Q_{It}I'_t + (1-\delta_K)Q_{K,t-1}K'_{t-1}.$$

Pääomakannan määrä K'_t kumuloituu investoinneista I'_t siten, että

$$(3.2) \quad K'_t = I'_t + (1-\delta_K)K'_{t-1},$$

$$= I'_t + (1-\delta_K)I'_{t-1} + (1-\delta_K)^2I'_{t-2} + (1-\delta_K)^3I'_{t-3} + \dots$$

Investointien laadun Q_{It} aikauraa ja uusien teknologiavuosisikertojen syntymistä määrittää reaalisien t&k-varannon R_t aikaura siten, että

$$(3.3) \quad Q_{It} = R_t^\beta,$$

$$= (R_0 + \Delta R)^\beta (1-\delta_R)^{\beta t}.$$

R_0 tarkoittaa t&k-varannon alkuarvoa ja ΔR t&k-varannon kertaluonteista lisäystä lähtötilanteessa. Parametri δ_R on reaalisien t&k-varannon vuotuinen poistuma-aste ja β on t&k-osaamisen vaikuttavuusparametri, eli investointien laadun jousto reaalisien t&k-varannon suhteen. Tässä ei yksinkertaisuuden vuoksi oteta huomioon edellä mal-

litäsmennyksessä (2.3) ja mallisimuloinneissa mukana olevaa jakautunutta viivettä t&k-panostuksen vaikutuksessa tuotannon laatuun.

Oletetaan, että investointien määrän I'_t kasvuvauhti on λ , jolloin

$$(3.4) \quad I'_t = (1+\lambda)I'_{t-1}.$$

Tällöin yhtälön (3.2) perusteella $K'_t = (1+\lambda)I'_t / (\lambda + \delta_K)$ ja $K'_{t-1} = I'_{t-1} / (\lambda + \delta_K)$. Sijoittamalla tämä pääomakannan määrän kasvu-ura sekä investointien laadun kehitystä kuvaava kaava (3.3) yhtälöön (3.1) päädytään pääomakannan laadun kehitystä määrittävään differenssiyhtälöön

$$(3.5) \quad Q_{Kt} = ((\lambda + \delta_K) / (1 + \lambda))(R_0 + \Delta R)^\beta (1 - \delta_R)^{\beta t} + ((1 - \delta_K) / (1 + \lambda))Q_{K,t-1}.$$

Differenssiyhtälön (3.5) ratkaisuna saadaan pääomakannan laadun aikaura

$$(3.6) \quad Q_{Kt} = V(1 - \delta_R)^{\beta t} + (Q_{K0} - V)((1 - \delta_K) / (1 + \lambda))^t,$$

missä vakio $V = (\lambda + \delta_K)(R_0 + \Delta R)^\beta (1 - \delta_R)^\beta / ((1 + \lambda)(1 - \delta_R)^\beta - 1 + \delta_K)$ ja Q_{K0} on pääomakannan laadun alkuarvo ajankohtana 0. Ratkaisuyhtälön (3.6) oikean puolen ensimmäinen termi kuvaa investointien laadun paranemisen vaikutusta pääomakannan laadun kehitykseen ja toinen termi pääomakannan poistuman vaikutusta.

Kuvio 3.1 esittää pääomatavararyhmien ja kokonaispääomakannan laadun kehitystä kertaluonteisen lähtötilanteeseen ajoittuvan t&k-varannon lisäyksen ΔR jälkeen. Pääomakannan laatuindeksien aikaurat on laskettu yhtälön (3.6) perusteella käyttämällä pääomakannan poistumaparametrin δ_K arvoina kansantalouden tilinpidon mukaisia bruttopääomakannan keskimääräisiä poistuma-asteita vuosina 1976-2004. Kaavalla $\delta_K = (I_t - (K_t - K_{t-1})) / K_{t-1}$ laskien tietokoneohjelmistojen ja muun aineettoman pääoman tapauksessa $\delta_K = 0.14$, koneiden, laitteiden ja kuljetusvälineiden osalta $\delta_K = 0.05$, rakennuspääomakannan kohdalla $\delta_K = 0.01$ ja kokonaispääomakannan tapauksessa $\delta_K = 0.02$. Poistuman vauhti on sitä suurempi mitä lyhyempi on pääomahyödykkeen käyttöaika. Kansantalouden tilinpito lähtee siitä, että tietokoneohjelmistojen käyttöaika on 5 vuotta ja rakennusten elinikä on 20-50 vuotta. Koneiden, laitteiden ja kuljetusvälineiden käyttöiät vaihtelevat laitetyypeittäin ja toimialoittain 5 vuodesta lähes 30 vuoteen (Tilastokeskus 2004).

Muut laskelmissa sovelletut parametriarvot ovat $\lambda = 0.05$, $\delta_R = 0.1$ ja $\beta = 0.2$, jotka ovat linjassa kansantalouden tilinpidon mukaisen historiallisen kehityksen ja t&k:n tuottavuusvaikutusmallin oletusten kanssa. T&k-varannon sekä investointien ja pääomakannan laadun alkuarvot ovat tasolla 1 vuonna 0. T&k-varannon lisäys ΔR on mitoitettu siten, että investointien laatu paranee tasolle 2 vuonna 1.

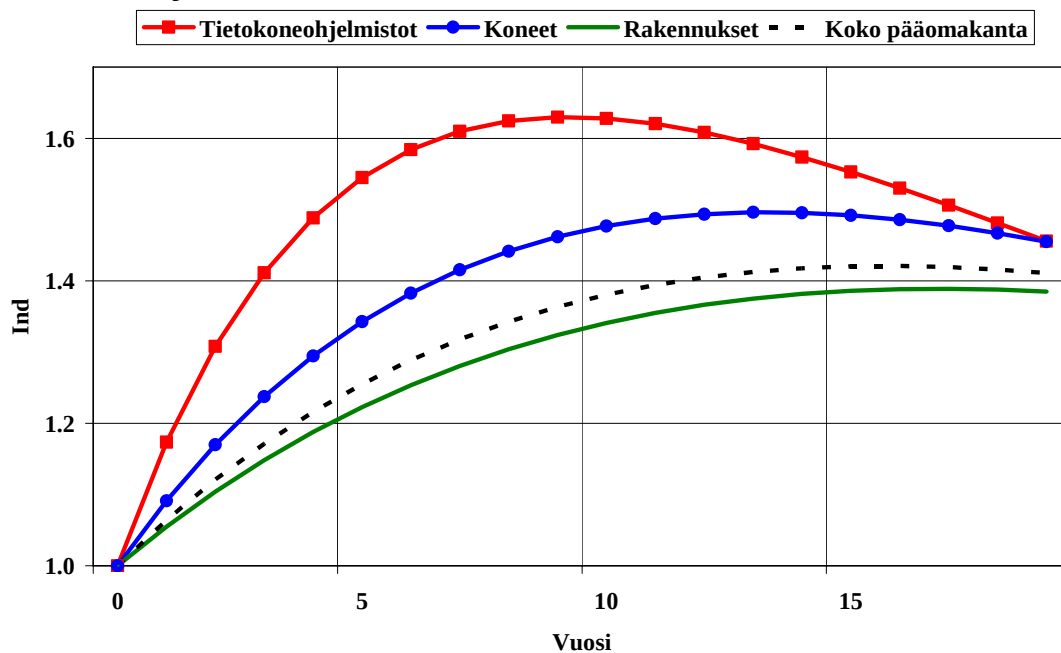
Kuvion 3.1 esittämässä tapauksessa t&k-panostuksen lisäyksestä johtuva pääomakannan laadun paraneminen ja tätä vastaava tuottavuusvaikutus ovat suurimmillaan tietokoneohjelmistojen tapauksessa 10 vuoden, konepääomakannan tapauksessa 14 vuoden ja rakennuskannan osalta 18 vuoden kuluttua t&k-lisäpanostuksesta. Näistä tuloksista havaitaan, että pääomakannan laadullinen uusiutuminen on sitä nopeampaa mitä suurempi on pääomakannan poistumavauhti δ_K . Yhtälön (3.6) muiden parametrien

arvoja varioimalla voidaan lisäksi tutkia, millaisilla parametrimuutoksilla pääomakannan uusiutuminen muutoin nopeutuu siinä mielessä, että käyrän huippu siirtyy vasemmalle kuviossa 3.1.

Pääomakannan laadun paraneminen on luonnollisesti sitä nopeampaa mitä suurempi on investointien kasvuvauhti λ . Lisäksi voidaan todeta, että pääomakannan laadullinen uusiutuminen on sitä nopeampaa mitä suurempi on t&k-panostusten tehokkuus β . T&k-varannon poistumavauhti vaikuttaa pääomakannan laadun aikaan siten, että jos poistumaa ei ole lainkaan, $\delta_R=0$, pääomakannan laatu paranee jatkuvasti alkuarvosta Q_{K0} kohti pitkän ajan raja-arvoa.

Mallin (3.6) parametrien arvoja varioimalla voidaan todeta, ettei pääomakannan laadun aika reagoi kovin herkästi parametriarvojen muutoksiin. Tässä mielessä kuvion 3.1 havainnollistama t&k-panostusten hidas vaikutus tuotantoteknologian uusiutumiseen ja sen kautta tuottavuuden kasvuun on hyvin vahva riippuvuus. Teknologia- ja kasvututkimusten valtavirrassa tämä uuden teknologian hidas diffuusio pääomakantaan ja siitä johtuva tuottavuusvaikutusten pitkäkestoisuus näyttävät kuitenkin jääneen huomaamatta.

Kuvio 3.1 Pääomakannan laadun kehitys t&k-varannon kertalisäyksen jälkeen



3.3 T&k-panostusten tuottavuusvaikutukset toimialoilla ja kansantaloudessa

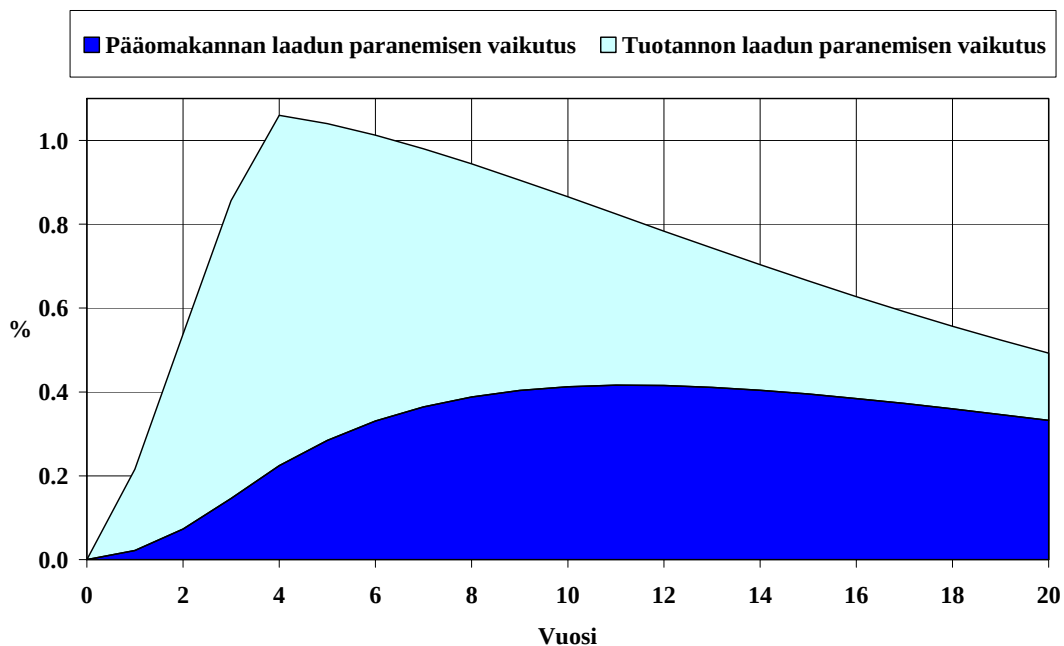
Seuraavassa tarkastellaan t&k-panostusten vaikutuksia kokonaistuottavuuden kasvuun jaksoissa 2.3 ja 2.4 kuvatulla t&k:n tuottavuusvaikutusmallilla, jossa toimialojen t&k-panostukset määrittävät yleisesti toimialojen tuotannon laadun kehitystä ja investointitavaroita tuottavien toimialojen t&k-panostukset erityisesti investointien ja pääomakannan laadun kehitystä. Investointihyödykkeitä tuottavien toimialojen t&k-panostusten lisäys johtaa edellä kuvattuun investointien laadun paranemisen kautta välittyvään pitkäaikaiseen muiden toimialojen ja koko kansantalouden pääomakannan

laadun ja tuotantoteknologian paranemiseen sekä kokonaistuottavuuden kasvuun. Tämä voidaan todeta kuvioista 3.2, joka esittää vuoteen 1 ajoittuvan kaikkien toimialojen reaalisen t&k-varannon 10 prosentin lisäyksen vaikutusta kansantalouden kokonaistuottavuuteen.

Tuotekehityksen lisäyksen aikaansaama kokonaistuottavuuden kasvu jakaantuu kuvion 3.2 esittämällä tavalla kahteen komponenttiin, eli tuotannon laadun paranemisen vaikutukseen sekä pääomakannan laadun ja tuotantoteknologian paranemisen vaikutukseen. Tuotannon laadun paraneminen riippuu reaalisen t&k-varannon kasvu-urasta, Almon-viivejakaumalla mallinnetusta t&k-panostusten vaikutusviipeestä sekä mallissa sovellettavista toimialojen t&k-osaamisen vaikuttavuusparametreista. T&k-varannon kertalisäyksen seurauksena tuotannon laadun paraneminen ja sen aikaansaama tuottavuusvaikutus on kuvion 3.2 esittämällä tavalla suurin kolmen vuoden kuluessa t&k-varannon lisäyksestä ja sen jälkeen t&k-varannon vuotuisen poistuman määrittämän t&k-varannon kehitysuran mukaisesti vähenevä. Tämä kokonaistuottavuuden kasvukomponentti vastaa periaatteessa raportin johdannossa kuvatun t&k-pohjaisen kasvutilinpitomallin (1.1) mukaista t&k-panostusten lisäyksen tuottavuusvaikutusta.

Pääomakannan ja tuotantoteknologian paranemisesta seuraava kokonaistuottavuuden kasvu poikkeaa aikauraltaan merkittävästi tuotannon laadun paranemisen tuottavuusvaikutuksesta. Pääomakannan laatu paranee tuotekehitysmenojen lisäyksen jälkeen alkuvuosina nopeutuvalla tahdilla, kun investointitavaroiden tuotannon laadun paraneminen on voimakkaimmillaan. Pääomakannan laadun paranemisen vaikutus kokonaistuottavuuteen on kuvion 3.2 esittämässä mallisimuloinnissa voimakkaimmillaan vasta kymmenentenä vuonna tuotekehitysmenojen tilapäisestä lisäyksestä vuonna 1.

Kuvio 3.2 Yrityssektorin t&k-varannon 10 prosentin kertalisäyksen vaikutus kansantalouden kokonaistuottavuuteen



Seuraavaksi kuvataan toimialojen toteutuneeseen kokonaistuottavuuden kasvuun vaikuttaneita tekijöitä mallipohjaisella historiallisella tarkastelulla, jossa toimialojen ja

kansantalouden kokonaistuottavuuden kasvu eritellään tuotannon ja tuotantopanosten laadun paranemisen vaikutuksiin. Pääomakannan laadun paraneminen eritellään lisäksi tietokoneohjelmistojen laadun paranemisen sekä koneiden, laitteiden ja kuljetusvälineiden laadun paranemisen vaikutuksiin. Jaksossa 2.3 todettiin, että laadultaan nopeimmin paranee liike-elämän palveluiden toimialan tietokoneohjelmistotuotanto. Toiseksi nopeimmin paranee kone-, laite- ja kuljetusvälinepääomakannan laatu ja hitaimmin kehittyä rakennuskannan laatu.

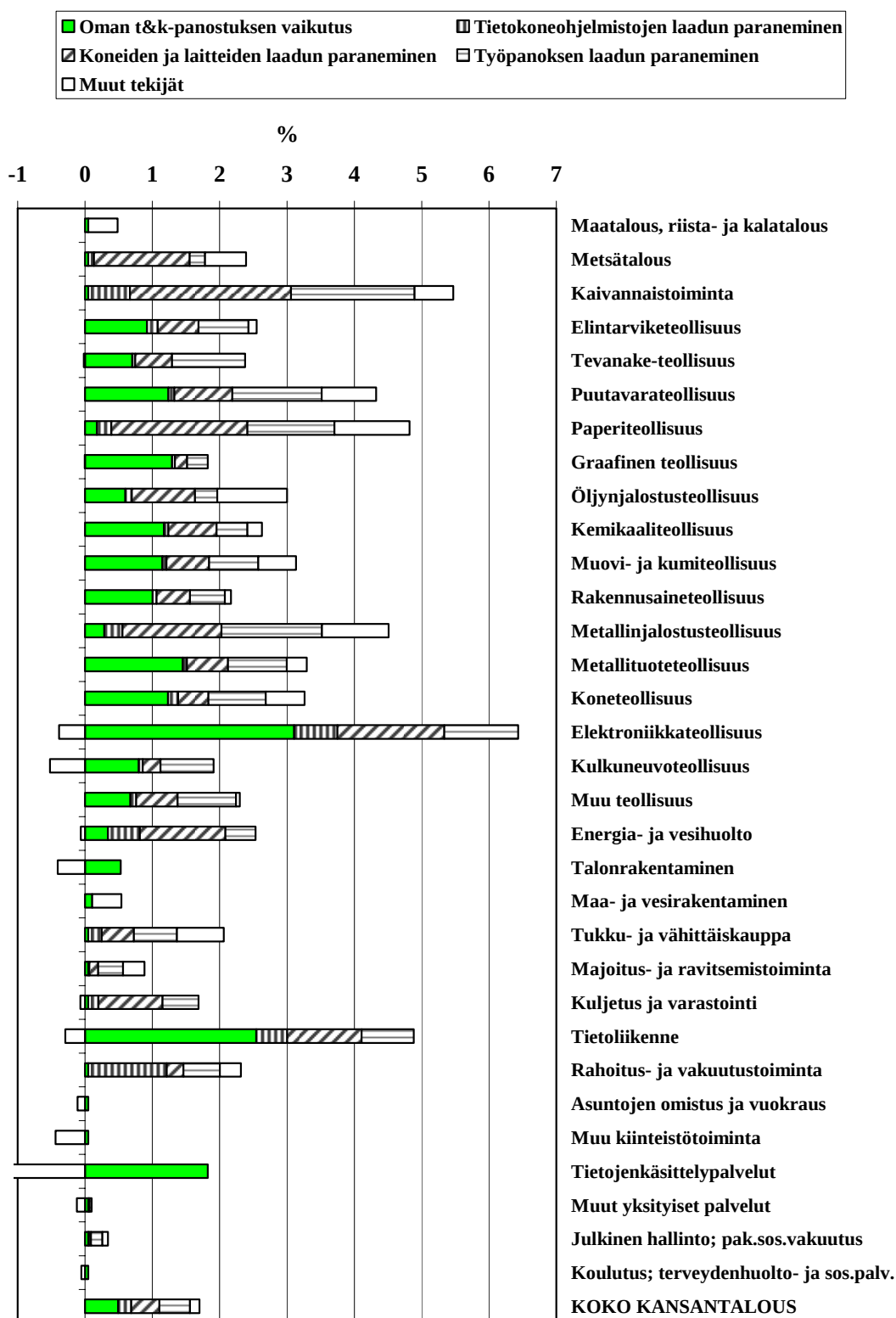
Jaksossa 2.2 todettiin, että reaalin t&k-varanto on kasvanut nopeasti etenkin ICT-klusterissa, eli elektroniikkateollisuuden, tietoliikenteen ja tietojenkäsittelypalveluiden toimialoilla. Kuvioista 3.3 voidaan todeta, että toimialan oman t&k-panostuksen ja tuotannon laadun paranemisen suora vaikutus kokonaistuottavuuden kasvuun näkyy selvästi muun muassa juuri elektroniikkateollisuudessa ja tietoliikenteessä. Arvion mukaan näillä toimialoilla tuotannon laadun paranemisen vaikutus kokonaistuottavuuden keskimääräiseen vuosikasvuun on aikajänteellä 1976-2004 ollut noin 2 prosenttiyksikköä. Samana ajanjaksona kansantalouden keskimääräisestä kokonaistuottavuuden vajaan 2 prosentin vuosikasvusta on noin kolmannes tullut tuotannon laadun paranemisesta.

Investointihyödykkeitä tuottavien toimialojen tuotannon laadun kehitys vaikuttaa merkittävästi investointihyödykkeitä käyttävien toimialojen kokonaistuottavuuden kasvuun. Tietojenkäsittelypalveluiden toimialan tuottamien tietokoneohjelmistojen laadun paraneminen on näkynyt selvästi joidenkin ohjelmistoja tuotannossaan tai tuotantoprosessissaan hyödyntävien toimialojen kokonaistuottavuuden kasvussa. ICT-teknologiaa kaikkein tehokkaimmin hyödyntävä toimiala on ollut rahoitus- ja vakuutustoiminta, jonka bruttopääomakannasta on kansantalouden tilinpidon mukaan tätä nykyä jo lähes puolet tietokoneohjelmistoja, kuten taulukosta 3.2 havaitaan. ATK-järjestelmien paraneminen on vaikuttanut merkittävästi rahoitus- ja vakuutustoiminnan kokonaistuottavuuden kasvuun, josta suunnilleen puolet on aikajänteellä 1976-2004 tullut tietokoneohjelmistojen laadun paranemisesta⁵. Tämän kasvutekijän merkitys rahoitus- ja vakuutustoiminnan kokonaistuottavuuden kehityksessä on lisääntynyt 1990-luvun jälkipuoliskolta alkaen. Suomen pankkisektori on ollut 1990-luvulta alkaen kansainvälisestäkin vertaillen tehokkaimpia uuden ICT-teknologian hyödyntäjiä (Kaseva, Mankinen ja Rantala 2005).

Muut toimialat näyttävät kuvion 3.3 ja taulukon 3.2 perusteella edustavan rahoitus- ja vakuutustoimintaan verrattuina pääomakannaltaan perinteisempää tuotantoteknologiaa siltä osin, että niiden kokonaistuottavuuden kasvua on määrittänyt koneiden ja laitteiden laadun paraneminen. Itse asiassa ICT-teknologian kehitys on kuitenkin vaikuttanut merkittävästi useiden toimialojen kokonaistuottavuuden kasvuun. Mallissa sovelletussa pääomahyödykkeiden ryhmittelyssä tietokoneet ja muu vastaava laitteistoteknologia sisältyvät koneiden ja laitteiden pääomatavararyhmään. Koneisiin ja laitteisiin sisältyvän ICT-teknologian kehitys on heijastunut muun muassa teollisuuden, kaupan ja tietoliikenteen tuottavuuden kehitykseen.

5 Arviot ovat suuntaa-antavia siltä osin, että pääomakanta on jaettu mallissa vain kolmeen pääomatavararyhmään. Tästä johtuen tietokoneiden, pankkiautomaattien yms. laitteiden kehityksen vaikutus rahoitus- ja vakuutustoiminnan kokonaistuottavuuden kasvuun voi tulla aliarvioiduksi ja tietokoneohjelmistojen kehityksen merkitys jonkin verran yliarvioiduksi.

Kuvio 3.3 Toimialojen kokonaistuottavuuden keskimääräinen kasvu vuosina 1976-2004



Työpanoksen laadun paranemista kuvataan tässä yhteydessä koko kansantalouden työpanoksen kattavalla indeksillä (Jalava 2002). Työpanoksen laadun paraneminen vaikuttaa kokonaistuottavuuden kasvuun suhteellisesti eniten työvaltaisilla toimialoil-

la. Julkisten palveluiden tuottavuuden mitta-ongelmien takia työpanoksen laadun paranemisen tuottavuusvaikutus tulee kansantalouden tilinpidossa selvimmin esiin yksityisten palveluiden ja teollisuuden toimialoilla.

Taulukko 3.2 Toimialojen pääomakannan rakenne vuonna 2004

	Osuus bruttopääomakannasta, %			Brutto- pääoma- kanta v:n 2000 hinnoin, mrd. €
	Tietoko- neohjel- mistot ym. aineeton pääoma	Koneet, laitteet ja kuljetus- välineet	Raken- nukset ym. pää- omakanta	
Maatalous, riista- ja kalatalous	0	27	73	19
Metsätalous	0	7	93	9
Kaivannaistoiminta	20	46	34	2
Elintarviketeollisuus	2	51	47	9
Tevanake-teollisuus	2	48	50	1
Puutavateollisuus	1	57	42	5
Paperiteollisuus	1	73	26	22
Graafinen teollisuus	3	70	27	4
Öljynjalostusteollisuus	2	46	52	2
Kemikaaliteollisuus	1	55	44	6
Muovi- ja kumiteollisuus	1	74	25	3
Rakennusaineteollisuus	1	63	36	4
Metallinjalostusteollisuus	1	71	28	8
Metallituoteteollisuus	1	61	38	4
Koneteollisuus	6	49	45	5
Elektroniikkateollisuus	14	59	27	6
Kulkuneuvoteollisuus	1	32	67	3
Muu teollisuus	2	46	52	1
Energia- ja vesihuolto	0	36	64	34
Talonrakentaminen	2	59	39	3
Maa- ja vesirakentaminen	2	70	28	2
Tukku- ja vähittäiskauppa	6	37	57	26
Majoitus- ja ravitsemistoiminta	2	37	61	3
Kuljetus ja varastointi	0	20	80	73
Tietoliikenne	4	30	66	12
Rahoitus- ja vakuutustoiminta	48	10	42	6
Asuntojen omistus ja vuokraus	0	0	100	264
Muu kiinteistötoiminta	0	1	99	50
Tietojenkäsittelypalvelut	30	64	6	2
Muut yksityiset palvelut	10	19	71	34
Julkinen hallinto	4	12	84	28
Koulutus; terveydenhuolto- ja sos. palv.	3	10	87	46
Koko kansantalous	2	17	81	694

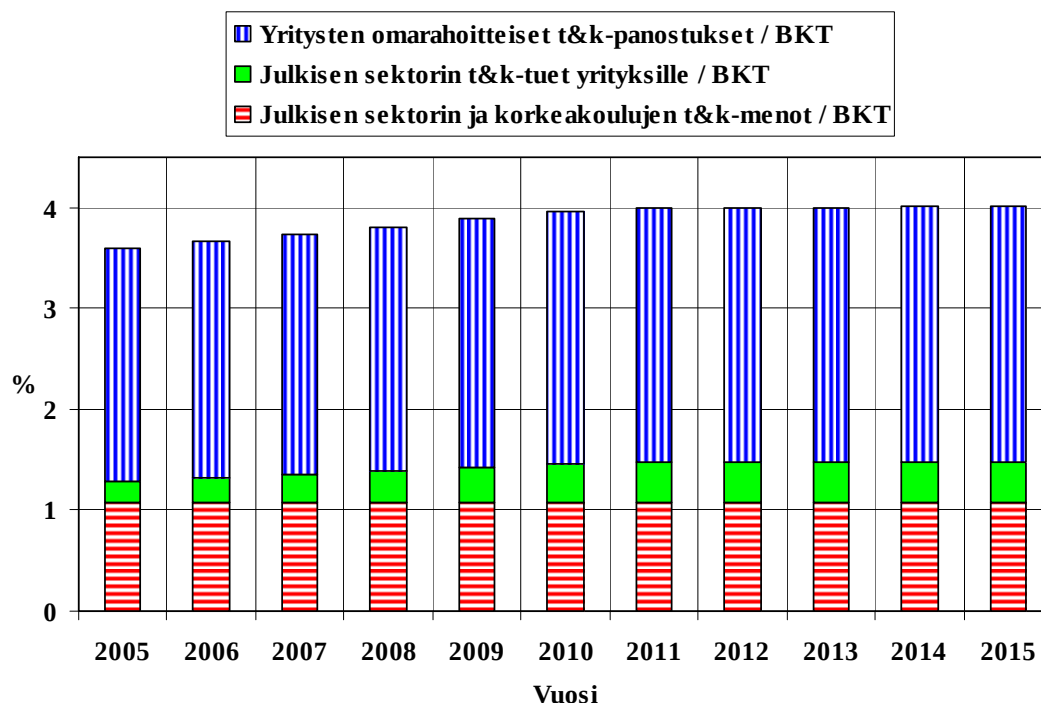
4 T&k-panostusten kansantaloudelliset vaikutukset

4.1 T&k-tukien lisäys ja palautuminen julkiselle sektorille verotuloina

Vuonna 2005 yritykset, julkinen sektori ja korkeakoulut käyttivät tutkimukseen ja tuotekehitykseen 5.4 miljardia euroa. Yritysten t&k-menot olivat 3.8 miljardia euroa ja julkisen sektorin ja korkeakoulusektorin t&k-menot yhteensä 1.6 miljardia euroa. Tutkimus- ja kehittämismenojen osuus bruttokansantuotteesta oli 3.5 prosenttia vuonna 2005.

Keskeinen tutkimushankkeelle asetettu tavoite on arvioida t&k-panostusten kansantaloudellisia vaikutuksia siinä tapauksessa, että t&k-menojen osuutta bruttokansantuotteesta kasvatettaisiin nykyisestä 3.5 prosentista 4 prosenttiin. Tätä lähtöasetelmaa havainnollistaa kuvio 4.1.

Kuvio 4.1 T&k-panostukset suhteessa bruttokansantuotteeseen



Seuraavissa t&k-panostusten kansantaloudellisten vaikutusten arvioissa oletetaan, että julkisen sektorin yrityksille antamat t&k-tuet lisääntyvät merkittävästi lähivuosina. Ei voida kuitenkaan olettaa kansantalouden t&k-intensiteetin hyppäävän kerralla 3.5 prosentista 4 prosenttiin, koska tällainen kasvu vastaa yli 600 miljoonan euron lisäystä yritysten t&k-menoissa ja yli 6000 hengen lisäystä t&k-henkilöstöön. Tällaista lisäystä t&k-henkilöstöön ei ole yhtäkkiä saatavissa mistään. Realistisempaa on olettaa, että t&k-panostusten lisäys tapahtuu asteittain muutaman vuoden kuluessa.

Seuraavassa oletetaan kuvion 4.1 esittämään tapaan, että julkisen sektorin yrityksille antama t&k-tuki kaksinkertaistuu nykyiseltä noin 300 miljoonan euron vuositasolta noin 600 miljoonaan euroon vuodessa ensi vuosikymmenen alkuun mennessä ja tuki-en kannustamina yritykset lisäävät samanaikaisesti omarahoitteisia t&k-menojaan ny-

kytasolta 300 miljoonalla eurolla siten, että kansantalouden t&k-intensiteetti nousee vuoteen 2011 mennessä 4 prosenttiin.

Julkisen sektorin yrityksille antamia t&k-tukia oletetaan lisättävän taulukon 4.1 kuvaamalla tavalla siten, että tukien lisäys lakkaa vuoden 2011 jälkeen. Vuoteen 2011 mennessä t&k-tuet kasvavat tällöin vuositasolla 300 miljoonaa euroa, eli 8 prosenttia yritysten t&k-menoista lähtötilanteessa vuonna 2005. Sama 8 prosentin lisäys t&k-tukien kautta yritysten t&k-menoihin on oletettu kaikille toimialoille. Tällöin euro-määräinen tukien lisäys jakaantuu toimialoittain taulukon 4.2 kuvaamalla tavalla.

Taulukko 4.1 Oletettu julkisen sektorin t&k-tukien lisäys

Vuosi	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012->
T&k-tukien lisäys, %	15	15	15	15	10	5	0

Taulukko 4.2 Toimialojen t&k-menot lähtötilanteessa vuonna 2005 ja oletettu julkisen sektorin t&k-tukien lisäys vuoteen 2011 mennessä

	Yritysten t&k-menot vuonna 2005, milj. €	T&k-tukien lisäys vuoteen 2011 mennessä, milj. €
Elintarviketeollisuus	54	4
Tevanake-teollisuus	13	1
Puutavateollisuus	14	1
Paperiteollisuus	100	8
Graafinen teollisuus	7	1
Öljynjalostusteollisuus	15	1
Kemikaaliteollisuus	281	22
Muovi- ja kumiteollisuus	61	5
Rakennusaineteollisuus	20	2
Metallinjalostusteollisuus	51	4
Metallituoteteollisuus	90	7
Koneteollisuus	261	21
Elektroniikkateollisuus	2385	190
Kulkuneuvoteollisuus	50	4
Muu teollisuus	26	2
Energia- ja vesihuolto	24	2
Rakentaminen	32	3
Tietoliikenne	123	10
Tietojenkäsittelypalvelut	89	7
Muut toimialat	73	6
Toimialat yhteensä	3770	300

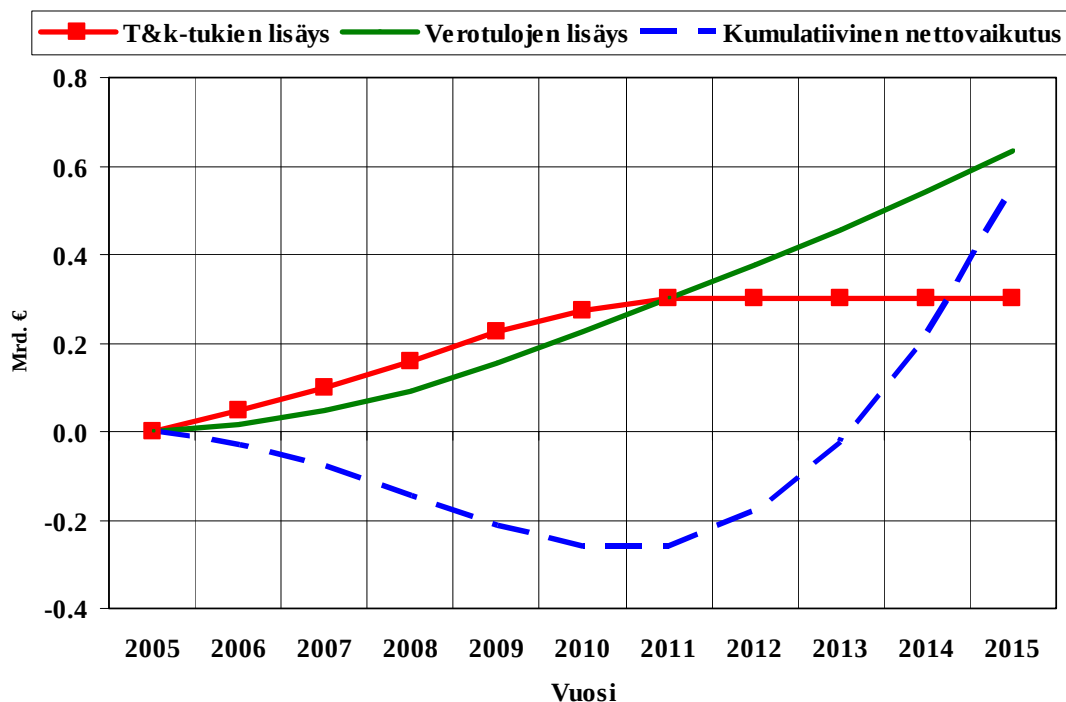
Tutkimuksessa käytettävän mallin mukaan julkinen t&k-rahoitus kannustaa yrityksiä sijoittamaan omia varojaan tuotekehitykseen. Julkisen t&k-tuen välitöntä kannustinvaikutusta kuvaava jaksossa 2.2 esitetyn mallin (2.1) parametri α_3 on seuraavien mallilaskelmien perusoletuksena kiinnitetty arvoon 1. Tällöin jokainen miljoonan euron lisäys julkiseen t&k-tukeen johtaa yritykset lisäämään välittömästi t&k-panostuksiaan kaikkiaan 2 miljoonalla eurolla. Ajan kuluessa yrityssektorissa syntyy endogeenisesti enemmänkin t&k-lisäpanostuksia sitä kautta, että julkisen sektorin tuotekehitystuki

parantaa tuottavuutta ja lisää tuotantoa, joka mallin (2.1) mukaan myös osaltaan kasvattaa yritysten omarahoitteisia t&k-menoja. Endogeeninen yritysten omarahoitteinen t&k-panostus kasvaa ajan mittaan talouden kasvaessa siten, että vuoteen 2011 mennessä lisäys on hieman yli 300 miljoonaa euroa ja vuonna 2020 jo noin 400 miljoonaa euroa vuodessa.

T&k-tukien lisääminen merkitsee välitöntä julkisen sektorin rahoitusaseman heikkenemistä. T&k-tuet eivät ole julkiselle sektorille kuitenkaan pelkästään rahoituksellinen rasite, koska t&k-toiminnan lisääntyminen parantaa tuottavuutta ja talouden kasvua ja lisää siten myös julkisen sektorin verotuloja. Ennen pitkää verotulojen kasvu vastaa t&k-tukien tasokorotusta. Se kuinka nopeasti lisäverokertymän voidaan arvioida kasvavan julkisen t&k-rahoituksen lisäystä vastaavaksi riippuu talouden käyttäytymisestä, muun muassa yritysten insentiiveistä omien t&k-panostusten lisäämiseen.

Kuvio 4.2 havainnollistaa edellä kuvatun yritysten omarahoitteisiin t&k-panostuksiin syntyvän kannustinvaikutuksen ja muiden perusoletusten pohjalta luvussa 2 kuvatulla mallilla tehtyä simulointiarviota julkisen talouden kehityksestä. Tässä tapauksessa julkisen sektorin verotulojen lisäkertymä kohoaa vuonna 2011 t&k-tukien lisäystä vastaavaksi ja niistä aiheutuva julkisen talouden kumulatiivinen rahoitusali jäämä saadaan katettua vuoteen 2013 mennessä. Verotulojen lisäyksestä kertyy noin 60 prosenttia tuloveroista ja loput välillisistä veroista.

Kuvio 4.2 Julkisen sektorin t&k-tukien ja verotulojen lisäys



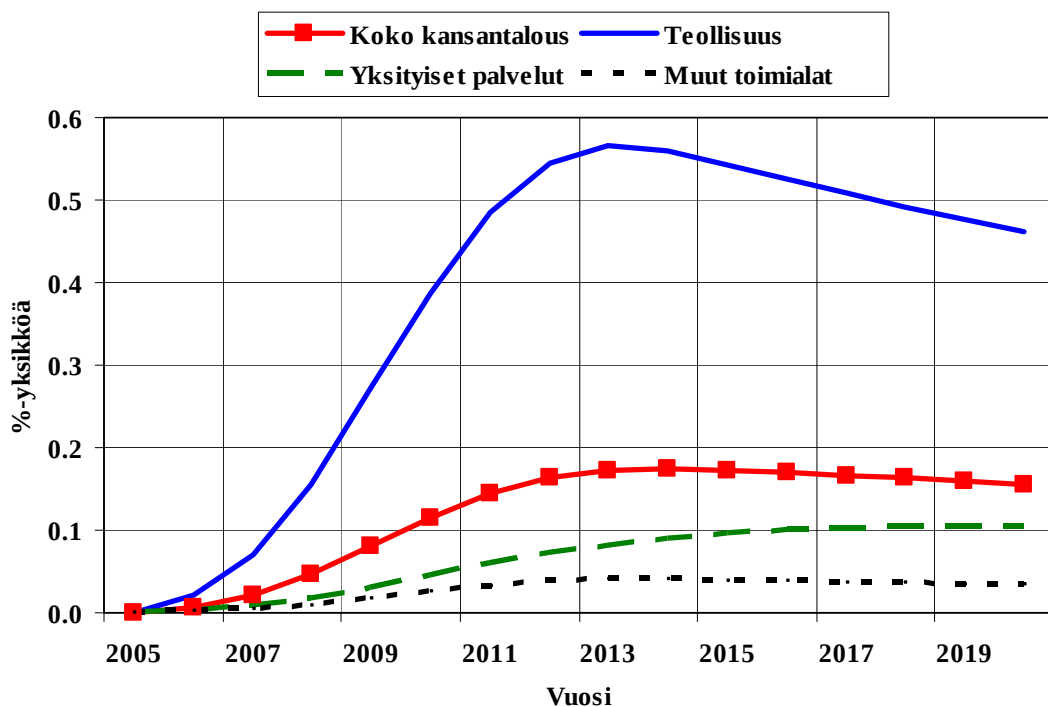
4.2 Tuottavuusvaikutukset

Kuvio 4.3 esittää edellä kuvatun t&k-panostusten lisäyksen vaikutuksia kansantalouden ja keskeisten sektoreiden tuottavuuden kasvuvauhtiin. Sektoriryhmittely on tehty siten, että 32 toimialan mallin 15 tehdasteollisuustoimialaa muodostavat teollisuussektorin, yksityiset palvelut koostuvat kaupan, majoitus- ja ravitsemistoiminnan, lii-

kenteen, rahoitus- ja vakuutustoiminnan, kiinteistötoiminnan ja liike-elämän palveluiden 11 toimialasta. Ryhmään muut toimialat jäävät tällöin alkutuotanto, energiahuolto, rakentaminen ja julkinen sektori.

T&k-panostusten lisäys johtaa suurimpaan tuottavuuden kasvuvaiikutukseen teollisuudessa. Kuten edellä jaksossa 3.3 esitetyssä toimialojen kokonaistuottavuuden kasvutekijöiden erittelyssä todettiin, t&k-panostuksilla on etenkin korkeamman teknologian teollisuustoimialoilla merkittävä vaikutus tuotannon laadun paranemisen kautta toimialan kokonaistuottavuuden kasvuun. Lisäksi teollisuus hyödyntää muuta taloutta tehokkaammin investointitavaroiden tuotannossa kehitettyä tuotantoteknologiaa tuotantoprosessiensa ja tuottavuutensa parantamisessa. Työvaltaisemmilla palvelualoilla tuotantoteknologian kehitystä on hyödynnetty lähinnä vain kaupan, kuljetuksen, tietoliikenteen sekä rahoitus- ja vakuutustoiminnan tuottavuuden parantamisessa.

Kuvio 4.3 T&k-panostusten vaikutukset tuottavuuden kasvuun



4.3 Palkka- ja hintavaikutukset

Kuvio 4.4 esittää t&k-panostusten lisäyksen ja tuottavuuden kasvun vaikutuksia ansiotason, kuluttajahintojen ja tuottajahintojen muutoksiin. Palkanmuodostuksen osalta mallilaskelmien perusoletuksena on perinteinen tulopolitiikan normi, jonka mukaan palkankorotukset määräytyvät koko kansantalouden tuottavuuden kasvun ja kuluttajahintainflaation perusteella. Kuviossa 4.4 näkyvä palkkojen ja kuluttajahintojen muutosten erotus eli reaali-palkkojen nousu vastaa siis kuviossa 4.3 esitettyä kansantalouden keskimääräistä tuottavuuden kasvua.

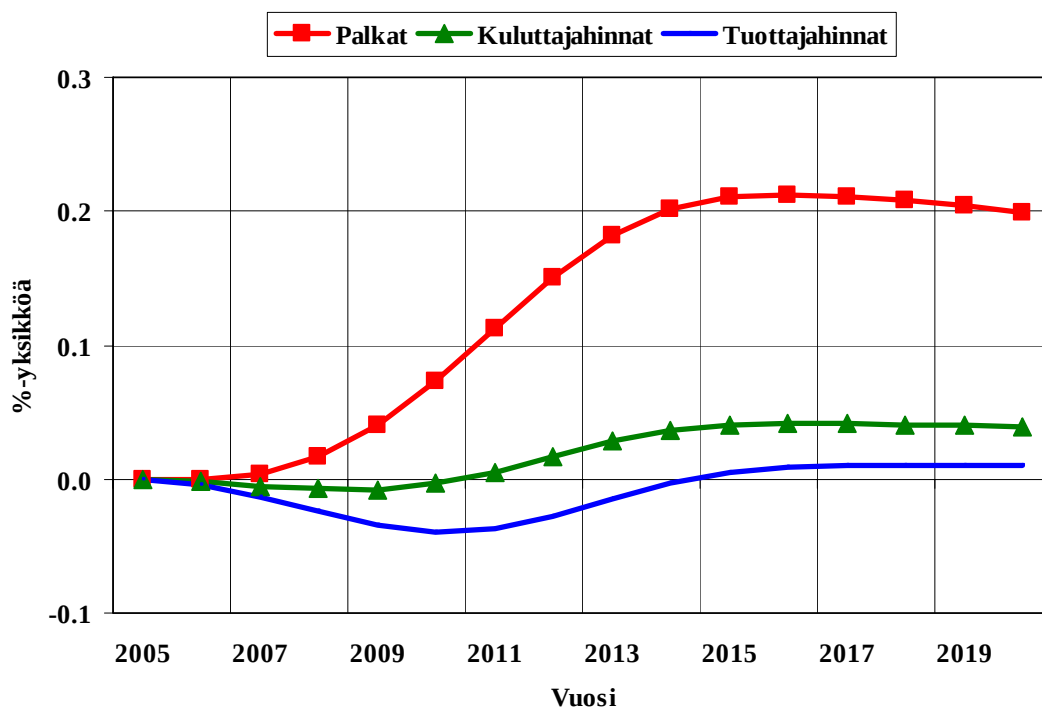
Tuottavuuden ja työvoimakustannusten kasvu välittyy jaksossa 2.5 kuvatun panos-tuotoshintamallin (2.16) määrittämällä tavalla toimialojen yksikkötyökustannusten kautta tuottajahintoihin. Panos-tuotoshintamalli ottaa toimialojen tuottajahintojen määräytymisessä huomioon työvoimakustannusten muutosten suoran kustannusvaiku-

tuksen kullakin toimialalla sekä välituotekaupan kautta muille toimialoille heijastuvat hinta- ja kustannusvaikutukset.

Mallisimuloinnissa t&k-panostusten lisäys johtaa kaikilla toimialoilla positiivisiin, vaikkakin hyvin erisuuruisiin tuottavuusvaikutuksiin. Tuottavuuden paraneminen hidastaa keskimääräistä yksikkötyökustannusten nousua ja johtaa kuvion 4.4 esittämään keskimääräiseen tuottajahintojen alenemiseen.

Tuottajahintojen muutokset heijastuvat kuluttajahintoihin ja muun kotimaisen kysynnän hintoihin. Kuluttajahintoihin vaikuttaa suurella painolla kaupan ja muiden palvelutoimialojen tuottavuuden ja yksikkötyökustannusten kehitys. Kotimarkkinatoimialojen tuottavuuden kasvu jää kuvion 4.3 esittämällä tavalla kansantalouden keskimääräistä tuottavuuden kasvua vähäisemmäksi ja siten myös tupo-normin mukaista palkkojen nousua vähäisemmäksi. Tästä johtuva kotimarkkina-alojen yksikkötyökustannusten lisääntyminen ja palveluhintojen nousu johtaa kuviossa 4.4 näkyvään lievään nousupaineeseen kuluttajahinnoissa.

Kuvio 4.4 Tuottavuuden kasvun vaikutukset palkkojen ja hintojen muutoksiin



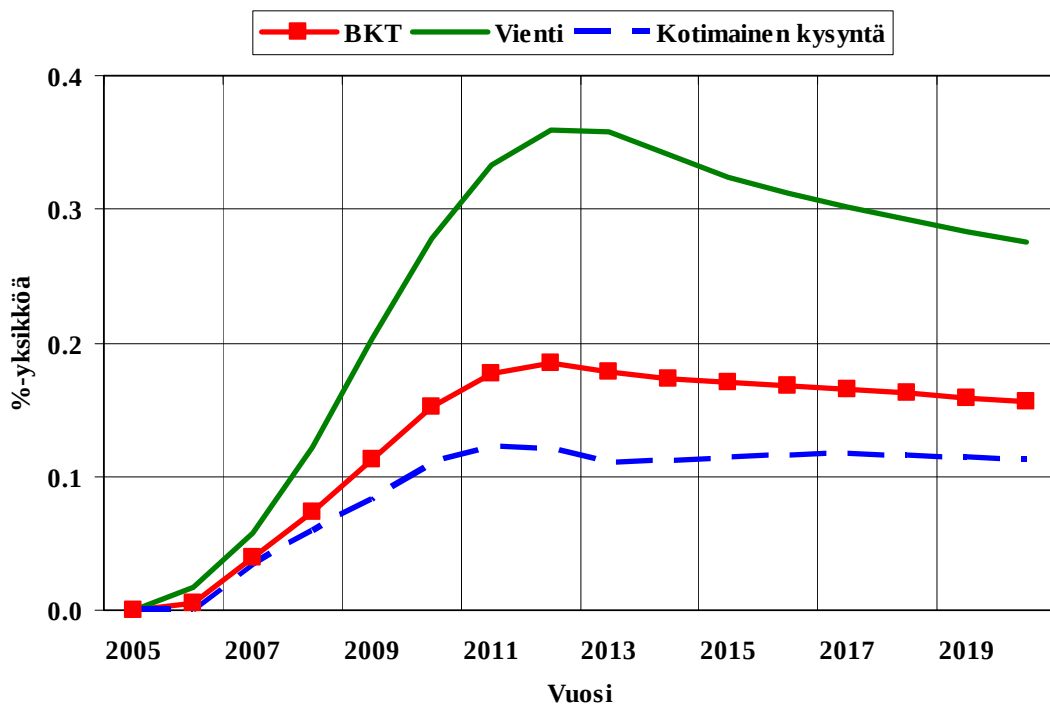
4.4 Tuotanto- ja kysyntävaikutukset

Kuvio 4.5 esittää t&k-panostusten ja tuottavuuden lisäyksen vaikutusta bruttokansantuotteen kasvuun ja kokonaistuotannon kehitystä määrittävien kysyntätekijöiden kasvuvauhtiin. Vientiin vaikutus kanavoituu mallissa yksikkötyökustannuksilla mitatun kustannuskilpailukyvyn kautta. Yksityiseen kulutukseen vaikutukset kulkeutuvat työllisyyden sekä ansiotason ja kuluttajahintojen muutosten välityksellä. Investointikehitys puolestaan riippuu tuotannon kasvusta.

Jakson 2.5 mallikuvauksen mukaan tuottavuuden vaikutus vientiteollisuuden kustannuskilpailukykyyn riippuu yhtäältä suoraan teollisuuden tuottavuuden kasvusta ja toisaalta siitä paljonko kilpailukykyvaikutuksesta häviää siihen, että palkkoja korotetaan tuottavuuden kasvun perusteella. Lisäksi vientivaikutuksen suuruutta määrittää mallilaskelmassa oletettu viennin jousto kustannuskilpailukyvyn suhteen.

Palkanmuodostuksen osalta mallilaskelmien perusoletuksena on tupo-normi, jonka mukaan palkankorotukset määräytyvät kansantalouden tuottavuuden kasvun ja kuluttajahintainflaation perusteella. Jaksossa 2.5 määritellyssä palkkamallissa (2.9) oletetaan tällöin, että parametrit $\omega_1=\omega_2=1$ ja muut parametrit ovat nollija. Jos tuottavuuden paraneminen ei vuotaisi lainkaan palkkoihin, vaan palkkamallissa keskimääräisen ja toimialakohtaisen tuottavuuden vaikutukset olisivat nollija, $\omega_1=\omega_3=0$, vientivaikutukset olisivat vielä kuviossa 4.5 esitettyä voimakkaammat. Kulutuksen ja kotimaisen kysynnän kasvu jäisi puolestaan kuvion esittämää vähäisemmäksi. Tuottavuuden kokonaisvaikutuksia kansantalouteen dominoi kuitenkin vientikehitys siten, että vaikutus bruttokansantuotteen kasvuun olisi tällöin jonkin verran kuviossa 4.5 esitettyä suurempi.

Kuvio 4.5 Tuottavuuden kasvun vaikutukset bruttokansantuotteen ja kysynnän kasvuun

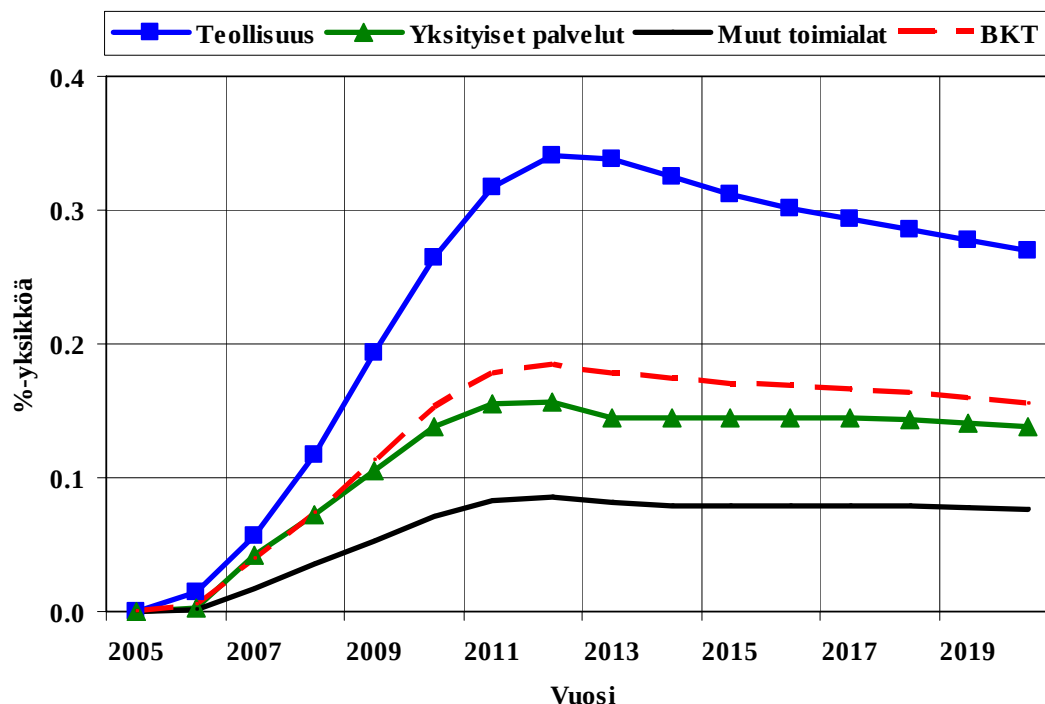


Toimialoittain eriytetyn palkanmuodostuksen tapauksessa palkat määräytyvät toimialakohtaisen tuottavuuden ja toimialojen tuottajahintojen perusteella siten, että mallissa (2.9) $\omega_3=\omega_4=1$ ja muut parametrit ovat nollija. Tällöin palkankorotukset eliminoivat tuottavuuden paranemisen vaikutukset vientitoimialojen kustannuskilpailukykyyn, jolloin positiivisia vientivaikutuksia ei synny lainkaan ja bruttokansantuotteen kasvu jää kuviossa 4.5 esitettyä vähäisemmäksi.

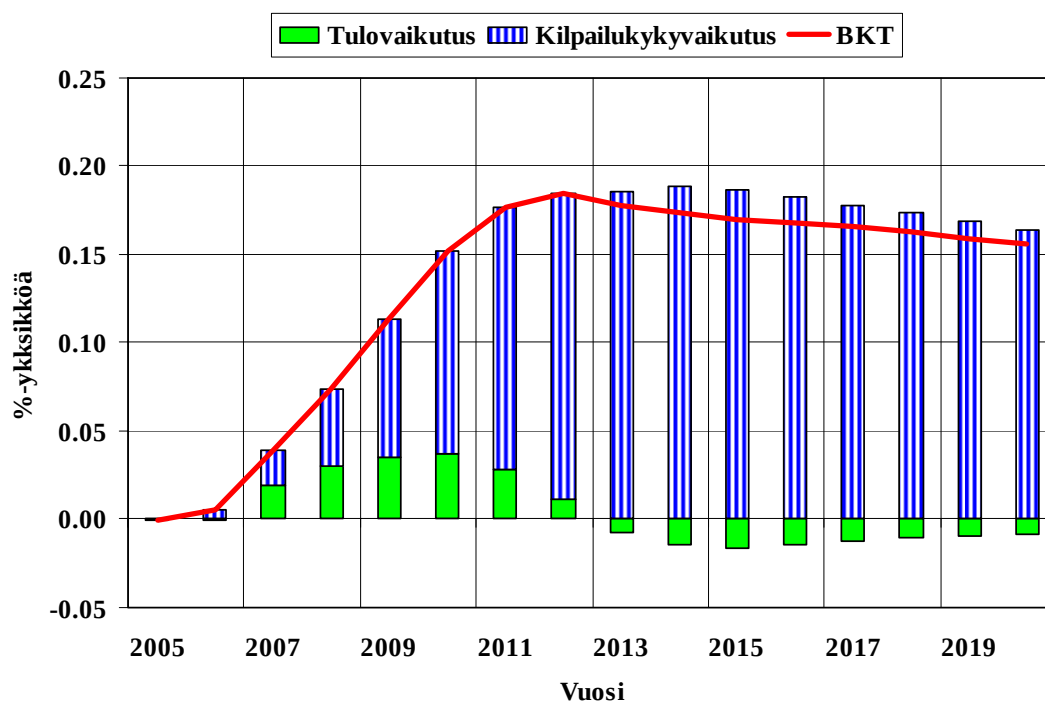
Kuvio 4.6 esittää t&k-panostusten ja tuottavuuden lisäyksen vaikutuksia teollisuuden, yksityisten palveluiden ja muiden toimialojen tuotannon kasvuvauhtiin. Kuvio 4.7

esittää bruttokansantuotteen kasvua eriteltynä tulovaikutukseen ja kilpailukykyvaikutukseen.

Kuvio 4.6 Tuottavuuden kasvun vaikutukset sektoreiden tuotannon kasvuun



Kuvio 4.7 Tuottavuuden kasvun tulo- ja kilpailukykyvaikutukset bruttokansantuotteen kasvuun



Sektoreittaiset tuotantovaikutukset heijastavat edellä tarkasteltuja vaikutuksia vientiin ja kotimaiseen kysyntään. Kuvioita 4.6 ja 4.5 vertaamalla voidaan todeta, että vaiku-

tus teollisuustuotannon kasvuun vastaa kutakuinkin viennin kasvuvauhdin muutosta. Kotimarkkinatoimialojen tuotannon kasvussa näkyvä vaikutus heijastaa puolestaan kotimaisen kysynnän kasvuvauhdin muutosta. Tuotantovaikutukset ovat vientivaikutusten lailla mahdollisia edellä käsitellyille palkanmuodostuksesta tehdyille oletuksille.

Kuvio 4.7 erittelee bruttokansantuotteen kasvussa näkyvän vaikutuksen tulovaikutukseen ja kilpailukykyvaikutukseen. Ensin mainittu tarkoittaa tuottavuuden, reaalityulojen ja kotimaisen kysynnän kasvun aikaansaamaa kasvuvaikutusta kokonaistuotantoon ja jälkimmäinen kilpailukykyyn ja viennin lisääntymisen aikaansaamaa kasvuvaiikutusta. Tulovaikutus saadaan esiin asettamalla mallissa toimialojen viennin kilpailukykyjoustop nolliksi. Viennin hintajoustop on keskeinen mallin antamille tuloksille ja kasvuvaikutuksia hallitseekin kilpailukykyvaikutus. Tulonmuodostuksen kautta kulkeva kasvuvaikutus on alkuvuosina positiivinen, mutta reaalitypalkkasumman kasvu ja tulovaikutus kääntyy työllisyyskehitystä vastaavasti myöhempinä vuosina lievästi miinusmerkkiseksi.

4.5 Työllisyysvaikutukset

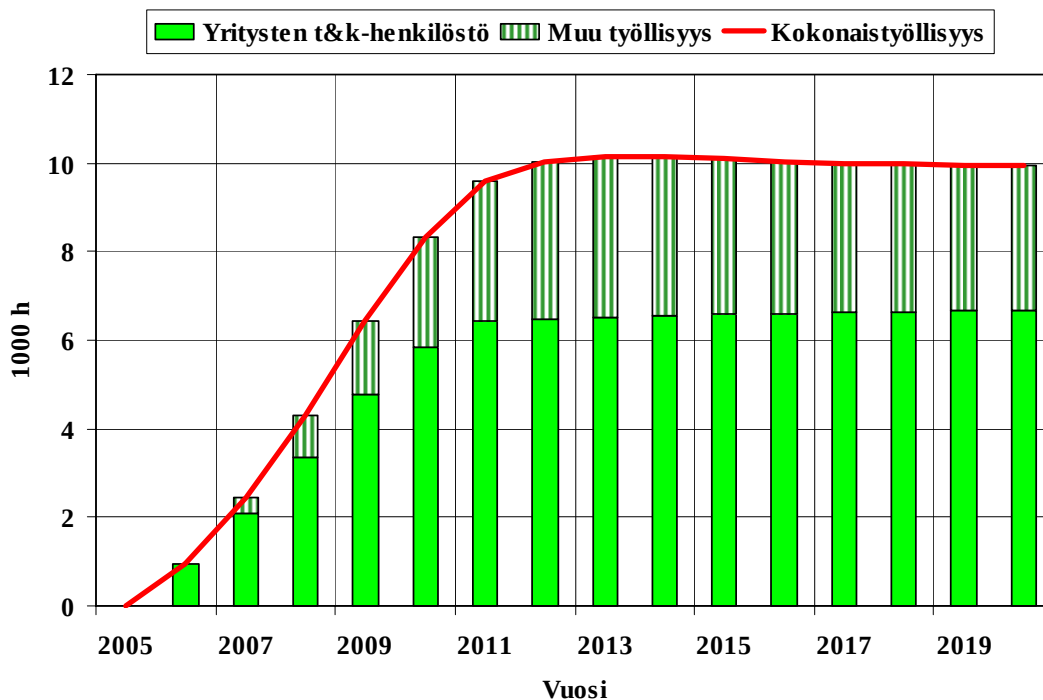
Kuviot 4.8 ja 4.9 esittävät t&k-panostusten kasvun vaikutuksia työllisyyteen. T&k-panostusten lisäys johtaa tuottavuuden kasvuun, mikä tarkoittaa työpanosta säästävän teknologian käyttöönottoa tuotantoprosesseissa ja tuoteyksikköä kohden tarvittavan työpanoksen vähenemistä. Toisaalta t&k-panostusten lisäys merkitsee suunnilleen t&k-menojen kasvua vastaavaa lisäystä t&k-henkilöstön määrään.

Työpanoksen ja työllisyyden kehitys määräytyy mallissa t&k-henkilöstön osalta suoraan toimialojen t&k-panostusten ja ansiotasokehityksen kautta ja muun työvoiman osalta tuotannon ja tuottavuuden kasvun perusteella. T&k-henkilöstön lisäyksellä on merkittävä vaikutus kokonaistyöllisyyden kehitykseen erityisesti t&k-intensiivisillä toimialoilla, kuten elektroniikkateollisuudessa, kemianteollisuudessa, tietoliikenteessä ja liike-elämän palveluiden toimialalla.

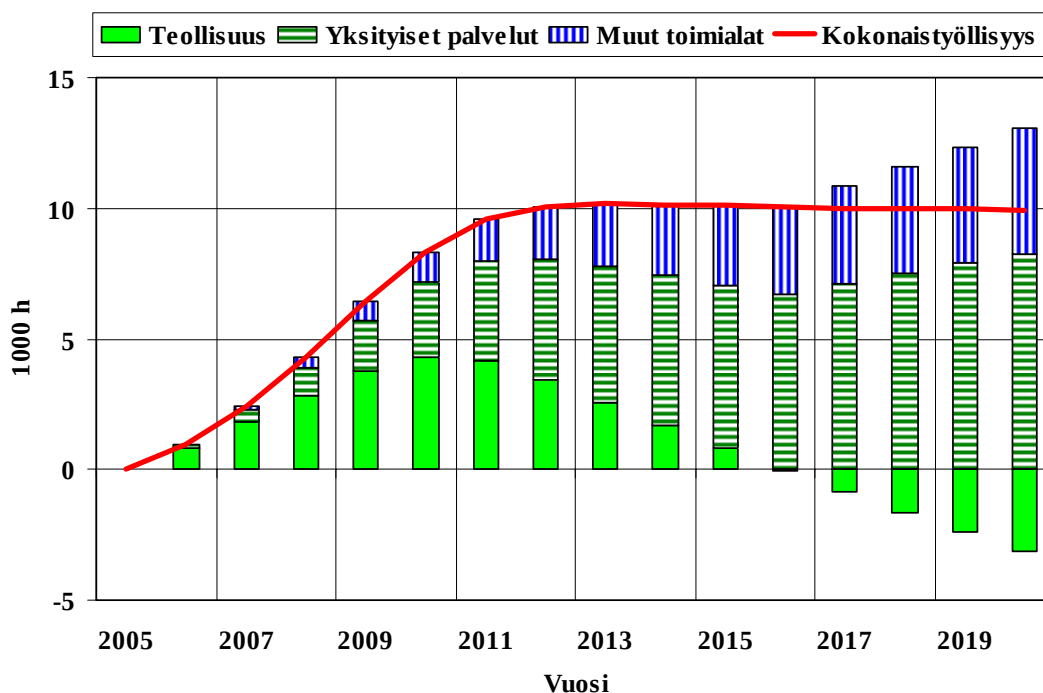
Kuviosta 4.8 havaitaan, että oletettu t&k-panostusten lisäys johtaa tarkasteluajakänteellä lähes 7000 hengen lisäykseen t&k-henkilöstön määrässä nykytasoon verrattuna. T&k-henkilöstön määrä lisääntyy 2010-luvulla jonkin verran senkin jälkeen kun julkisen t&k-tuen lisäys vuoden 2011 jälkeen päättyy. T&k-henkilöstön määrän lisääntyminen 2010-luvun mittaan johtuu yritysten omarahoitteisten t&k-panostusten endogeenisestä lisääntymisestä tuotannon kasvaessa.

Tuottavuuden kasvu johtaa teollisuuden muun kuin t&k-henkilöstön työllisyydessä pidemmällä ajalla laskevaan suuntaan. Sen sijaan muilla toimialoilla talouden kasvun nopeutuminen johtaa työllisyyden paranemiseen, kuten kuviosta 4.9 havaitaan. Tältä osin mallipohjainen arvio tuottavuuden kasvun työllisyysvaikutuksista vastaa sektoreiden työllisyyskehityksessä toteutuneita pitkän ajan trendejä siinä mielessä, että teollisuuden työllisyys on ajan mittaan vähentynyt ja muualla kansantaloudessa työllisyys on ollut noususuunnassa.

Kuvio 4.8 T&k-panostusten ja tuottavuuden kasvun vaikutukset yritysten t&k-henkilöstön määrään ja muuhun työllisyyteen



Kuvio 4.9 Tuottavuuden kasvun vaikutukset sektoreiden työllisyyteen



Teollisuudessaakin työllisyysvaikutukset olisivat edellä esitettyä positiivisemmat, jos tuottavuuden ja kustannuskilpailukyvyn paraneminen vaikuttaisi vahvemmin vientiin. Mallissa viennin hintajousto, eli viennin volyymin jouston itseisarvo toimialan yksikötyökustannusten suhteen, on kiinnitetty ekonometristen tulosten perusteella toimi-

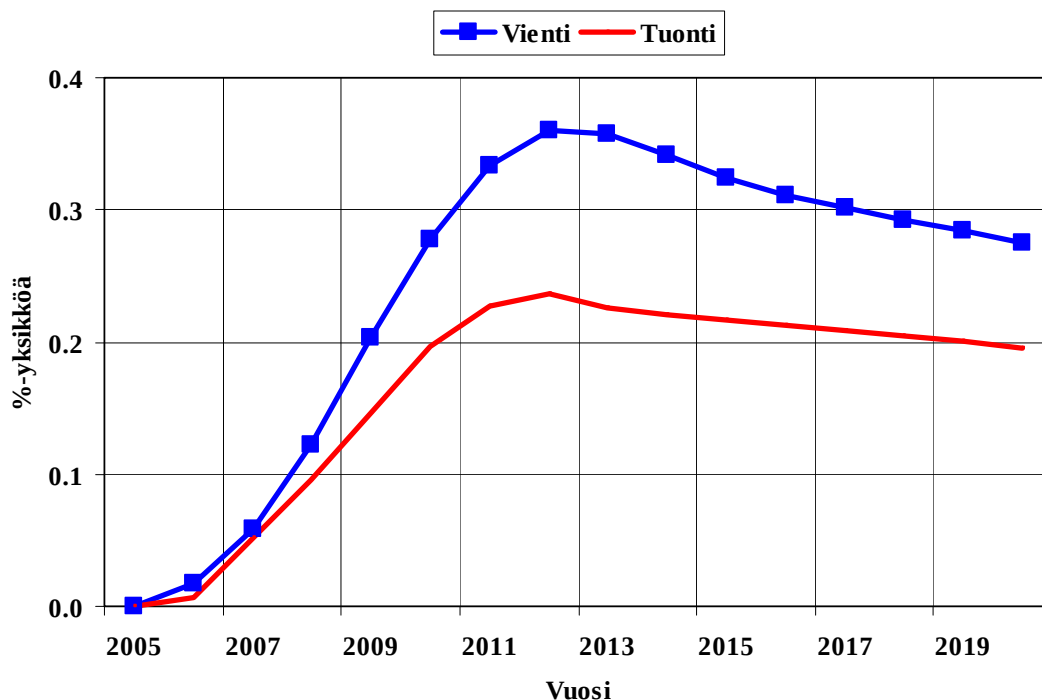
aloittain välille 0.5-1. Teollisuuden työllisyyden pysyvä lisääntyminen edellyttäisi kuitenkin selvästi ykköstä suurempia viennin hintajoustoja, jotta kilpailukyvyn paranemisen positiivinen tuotanto- ja työllisyysvaikutus ylittäisi tuottavuuden kasvun negatiivisen työllisyysvaikutuksen, kun otetaan huomioon myös kansantalouden tuottavuuden kasvusta johtuva palkkatason nousu ja sen kilpailukykyä heikentävä vaikutus.

Vaikka t&k-panostukset aikaansaavat keskimäärin positiivisia työllisyysvaikutuksia, mallin simulointitulokset heijastavat sitä tosiasiaa, etteivät t&k-panostukset voi olla ensisijainen ratkaisu kansantalouden työttömyysongelmiin. Pikemminkin t&k-tukien mitoittamista ja toimialajakoa on arvioitava kansantaloudellisten vaikutusten näkökulmasta niin, että tukien optimaalisella toimiala-allokoinnilla tavoitellaan maksimaalisia tuottavuus-, kilpailukyky- ja kasvuvaikutuksia ja minimoidaan mahdollisia haittavaikutuksia työllisyyteen. Periaatteessa tässä sovelletun kaltaisella toimialapohjaisella kokonaistaloudellisella mallilla voidaan tällaista t&k-tukien optimaalista toimiala-allokaatiota etsiä, jos talouspolitiikan tavoitteet määritellään ensin riittävän täsmällisesti. Tätä kysymystä käsitellään jäljempänä jaksossa 4.7.

4.6 Ulkomaankauppavaikutukset

Kuvio 4.10 esittää tuottavuuden lisäyksen vaikutusta viennin ja tuonnin volyymin kasvuun. Vientiin tuottavuuden paranemisen vaikutus kanavoituu teollisuuden yksikkötyökustannusten ja kustannuskilpailukyvyn kautta. Tuontiin vaikutukset kulkeutuvat lähinnä tulonmuodostuksen ja kulutuksen kasvun kautta sekä osin myös tuotannon kasvusta johtuvan investointitavaroiden sekä teollisuuden raaka-aineiden tuontitarpeen lisääntymisen välityksellä.

Kuvio 4.10 Tuottavuuden kasvun vaikutukset viennin ja tuonnin kasvuun



T&k-panostusten lisäyksestä johtuva tuottavuuden kasvu vaikuttaa selvästi vahvemmin viennin kasvuun kuin tuonnin kasvuun ja aikaansaa siten kuviossa 4.10 näkyvän

positiivisen ulkomaankauppavaikutuksen. Edellä todettiin, että t&k-panostukset aikaansaavat myös pääosin positiivisia vaikutuksia työllisyyteen. Siten t&k-perustainen talouden kasvu voi samanaikaisesti parantaa kansantalouden ulkoista ja sisäistä tasapainoa.

T&k-pohjaisen kasvun samanaikainen positiivinen vaikutus talouden ulkoiseen ja sisäiseen tasapainoon voi osin selittää Suomen talouden tasapainottumista 1990-luvulla aiempiin vuosikymmeniin verrattuna. Aiemman kulutus- ja investointivetoisen kasvun aikana aina 1980-luvun lopulle työttömyysaste oli näennäisen alhainen, kun työllisyyttä pönkitettiin ulkomaisella velkaantumisella ja suurella vaihtotasevajeella. 1990-luvulla siirryttiin uuteen t&k-osaamis pohjaisen kasvuun vaiheeseen. Viime vuosikymmeneltä alkaen vaihtotase on ollut selvästi ylijäämäinen samaan aikaan kun työllisyys on parantunut ja työttömyysaste on laskenut.

4.7 Toimialakohtaisten t&k-tukien kansantaloudelliset vaikutukset

Edellä tarkasteltiin t&k-panostusten kansantaloudellisia vaikutuksia siinä tapauksessa, että yrityksille annettu julkisen sektorin t&k-tukien lisäys jaetaan samanaikaisesti kaikille toimialoille tarkasteluperiodin lähtövuoden 2005 t&k-menojen suhteessa. Toisaalta todettiin, että jos julkisen sektorin antamien t&k-tukien kansantaloudelliset tavoitteet määritellään tarkemmin, toimialapohjaisella kokonaistaloudellisella mallilla voidaan periaatteessa hakea myös tavoitteiden saavuttamisen kannalta optimaalista t&k-tukien toimiala-allokaatiota.

Seuraavat laskelmat kuvaavat toimialoittain kohdennettujen t&k-panostusten kansantaloudellisia vaikutuksia. T&k-tuen tavoitteeksi voitaisiin määritellä esimerkiksi bruttokansantuotteen ja työllisyyden kasvun pohjalle määritellyn tavoitefunktion maksimaalinen kasvattaminen jollain määrättyllä aikajänteellä. Mallilla voitaisiin sitten etsiä t&k-tukien optimaalista toimialajakoa, jolla tähän tavoitteeseen parhaiten päästäisiin. Seuraavassa tyydytään kuitenkin tarkastelemaan toimialakohtaisten t&k-tukien vaikutuksia yleisemmällä tasolla sen perusteella, millaisia kasvuvaikutuksia toimialojen t&k-panostukset aikaansaavat kansantalouden tuottavuudessa, kokonaistuotannossa, työllisyydessä, ulkomaankaupassa ja julkisen sektorin verotuloissa.

Edellisissä mallisimuloinneissa lähdettiin siitä, että kansantalouden t&k-intensiteetti nousee ensi vuosikymmenellä 4 prosenttiin. Julkisen sektorin yrityksille antamia t&k-tukia oletettiin lisättävän taulukon 4.1 kuvaamalla tavalla siten, että vuoteen 2011 mennessä t&k-tuet kasvavat vuositasolla 300 miljoonaa euroa, eli 8 prosenttia yritysten t&k-menoista lähtötilanteessa vuonna 2005. Tämän lisätuen oletettiin jakautuvan toimialoille niiden vuoden 2005 t&k-menojen suhteessa.

Myös seuraavan tarkastelun lähtökohtana on kansantalouden t&k-intensiteetin nousu ensi vuosikymmenellä 4 prosenttiin. Erona edellä tarkasteltuihin simulointeihin on nyt se, että julkisen sektorin t&k-tuki oletetaan annettavaksi vuoronperään eri toimialoille. Tämän lähtöasetelman mukaisesti mallilla simuloidaan toimialakohtaisten t&k-panostusten vaikutuksia kansantalouden tuottavuuteen, kokonaistuotantoon, työllisyyteen, nettovientiin ja julkisen sektorin verotuloihin.

Taulukko 4.3 kuvaa mallisimulointien tuloksia t&k-panostusten kasvuvaikutuksista edellä mainittuihin muuttujiin vuoteen 2020 mennessä. Simuloinneissa taulukon 4.3

kuvaamille toimialoille on vuorotellen syötetty julkisen sektorin t&k-tukea siten, että tuen lisäys on 2010-luvulla kullakin toimialalla edellä taulukossa 4.2 näkyvä 300 miljoonaa euroa vuodessa. Taulukon alin rivi kuvaa edellä tarkasteltua tapausta, jossa t&k-tukea annetaan samanaikaisesti kaikille toimialoille vuoden 2005 t&k-meno-osuuksien mukaisesti jaettuna.

Taulukko 4.3 Toimialakohtaisten t&k-panostusten kasvuvaikutukset kansantaloudessa vuosina 2006-2020

	Kasvu, %					T&k-menojen lisäys / v, milj. €
	Tuottavuus	BKT	Työllisyys	Nettovienti	Verotulot	
Elintarviketeollisuus	0.3	1.2	0.9	5.2	0.0	613
Tevanake-teollisuus	0.4	0.4	0.3	0.2	0.7	602
Puutavateollisuus	1.2	2.4	1.4	9.3	3.1	620
Paperiteollisuus	1.3	2.4	1.3	8.8	3.3	627
Graafinen teollisuus	0.8	0.2	-0.4	0.4	-0.4	587
Öljynjalostusteollisuus	0.2	0.5	0.7	-0.5	1.0	624
Kemikaaliteollisuus	0.2	0.6	0.6	0.1	1.0	621
Muovi- ja kumiteollisuus	0.3	0.4	0.3	0.0	0.7	597
Rakennusaineteollisuus	0.3	0.3	0.2	-0.4	0.5	597
Metallinjalostusteollisuus	0.4	0.8	0.6	0.7	1.3	613
Metallituoteteollisuus	0.6	0.2	-0.2	-0.2	0.6	587
Koneteollisuus	2.3	2.5	0.4	10.9	2.7	688
Elektroniikkateollisuus	1.5	2.1	0.9	8.2	2.7	748
Kulkuneuvoteollisuus	1.0	0.9	0.2	3.1	1.1	634
Muu teollisuus	0.2	0.2	0.2	-0.8	0.4	600
Energia- ja vesihuolto	0.1	0.3	0.5	-0.8	0.4	603
Rakentaminen	0.9	0.0	-0.5	-2.6	0.0	595
Tietoliikenne	0.5	0.3	0.0	-0.4	0.0	574
Tietojenkäsittelypalvelut	2.3	2.0	0.0	8.5	1.5	717
Toimialat keskimäärin	1.9	2.1	0.4	8.6	2.3	710

T&k-tukien lisäys aikaansaa erisuuruisia tuotannon kasvuvaikutuksia eri toimialoilla sekä tästä syystä ja muutoinkin myös erisuuruisia endogeenisiä kasvuvaikutuksia yritysten omarahoitteisiin t&k-panostuksiin. Tämä näkyy taulukon 4.3 oikeanpuoleisimmassa sarakkeessa, joka kuvaa 300 miljoonaan euroon kohoavan t&k-tuen lisäyksen aikaansaamaa yritysten vuotuisten t&k-menojen kokonaislisäystä vuoteen 2020 mennessä. Havaitaan, että t&k-menojen endogeeninen kasvu on voimakkainta elektroniikkateollisuudessa ja tietojenkäsittelypalveluiden toimialalla. Näillä toimialoilla t&k-menot lisääntyvät vuositasolla yli 700 miljoonaa euroa.

Toimialakohtaisten t&k-panostusten kansantaloudellisissa vaikutustarkasteluissa tulee keskeiseksi tekijäksi malliin sisäänrakennettu t&k-menojen ”vähenevän osaamisvaikutuksen laki”. Tämä tarkoittaa sitä, että kun t&k-osaamista mitataan t&k-varannolla, niin euromääräisesti samansuuruisella t&k-tuen lisäyksellä aikaansaadaan vähemmän t&k-varannon ja –osaamisen suhteellista kasvua ja samalla positiivisia tuotannon laatu- ja volyyymiä vaikutuksia sekä tuottavuusvaikutuksia sellaisilla toimialoilla, joille on aiempien t&k-panostusten kautta kumuloitunut suuri olemassa oleva t&k-varanto.

Asiaa voidaan havainnollistaa lähtemällä yksinkertaistetusta toimialan i t&k-osaamisen kumuloitumista kuvaavasta ja t&k-varantoa R_i määrittelevästä yhtälöstä

$$(4.1) \quad R_i = (1+\alpha)S + R_{i0}.$$

Muuttuja S tarkoittaa julkisen sektorin t&k-tukea yrityksille. Parametri α viittaa kannustinvaikutukseen, jonka t&k-tuki aikaansaa yritysten omarahoitteisissa t&k-panostuksissa ja jota mallissa (2.1) merkittiin parametrilla α_3 . Muuttuja R_{i0} tarkoittaa toimialan i t&k-varantoa lähtötilanteessa.

Täsmennetään t&k-osaamisen vaikutus tuotannon laatuun simuloinneissa sovellettavaa mallia vastaavasti siten, että toimialan i t&k-varanto R_i vaikuttaa vakiojoustolla β_i toimialan tuotannon laatuun Q_i , jolloin

$$(4.2) \quad Q_i = R_i^{\beta_i},$$

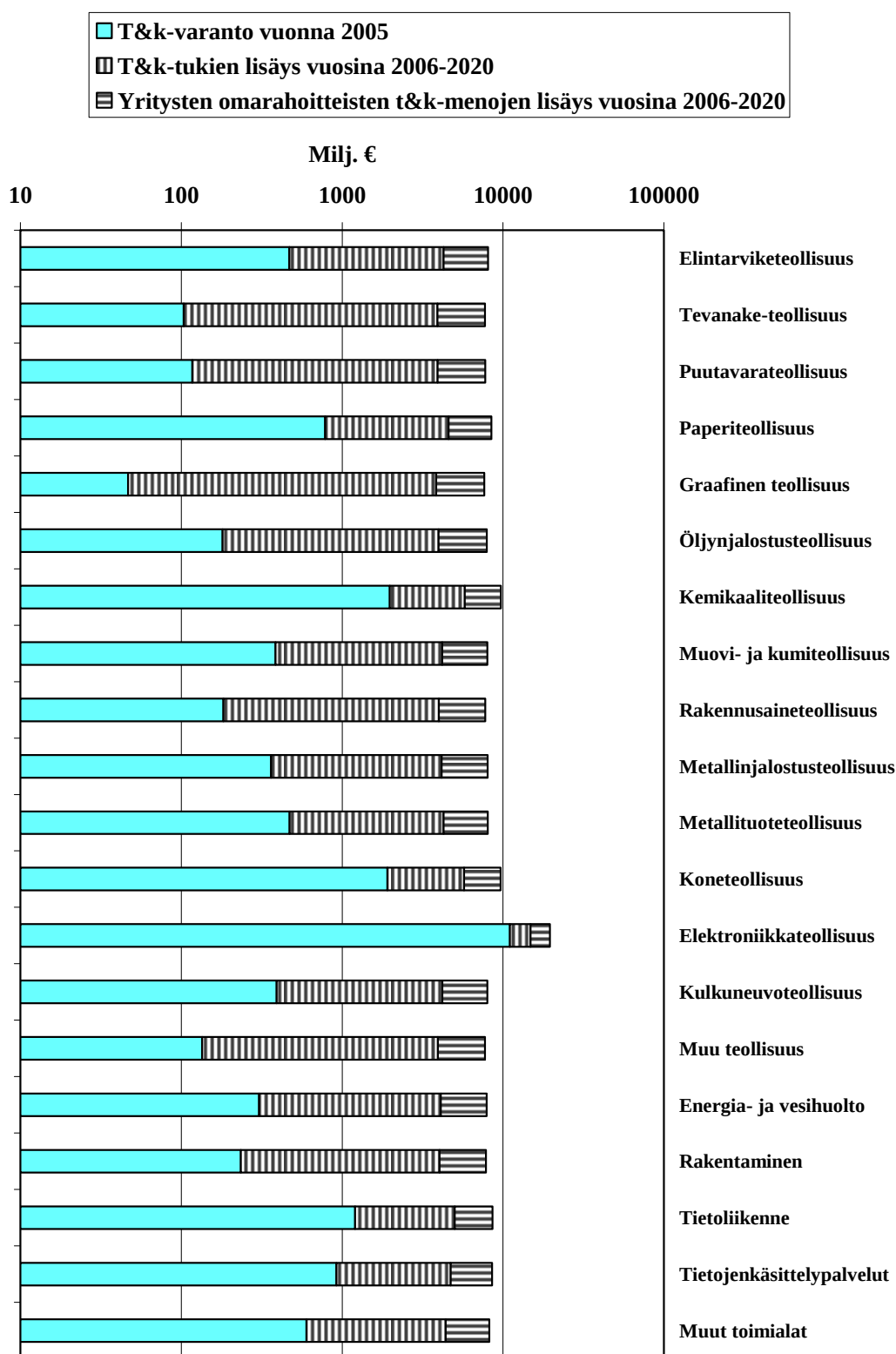
$$= ((1+\alpha)(S/R_{i0}) + 1)^{\beta_i} R_{i0}^{\beta_i}.$$

Tästä havaitaan suoraan, että julkisen sektorin t&k-tuen S vaikutus tuotannon laatuun, tuottavuuteen ja muualle talouteen on sitä suurempi, mitä suurempi tuki on suhteessa toimialan t&k-varantoon lähtötilanteessa, eli mitä suurempi on suhdeluku S/R_{i0} . Investointihyödykkeitä tuottavien toimialojen tapauksessa kansantalouden tuottavuuteen ja kasvuun heijastuu investointitavaroiden tuotannon laadun paranemisen ohella myös uuden teknologian diffuusio investointien kautta muiden toimialojen pääomakantaan ja tästä seuraava pitkäkestoinen tuottavuusvaikutus. T&k-menojen vähenevän osaamisvaikutuksen laki koskee kuitenkin myös investointitavaroita tuottavia toimialoja ja sen merkitys näkyy selvästi etenkin elektroniikkateollisuuden t&k-panostusten kansantaloudellisia vaikutuksia koskevissa tuloksissa.

Taulukon 4.3 kuvaamissa simuloinneissa 2010-luvulla 300 miljoonaan euroon vuositasolla kasvava lisäys t&k-tukeen merkitsee elektroniikkateollisuudessa vain 3 prosentin lisäystä toimialan vuoden 2005 t&k-varantoon. Muilla toimialoilla t&k-varannon kasvu on paljon suurempi. Toisessa ääripäässä on graafinen teollisuus, jossa 300 miljoonan euron t&k-tuen lisäys merkitsisi yli 600 prosentin lisäystä vuoden 2005 t&k-varantoon.

T&k-tukien lisäyksen ja yritysten omarahoitteisten t&k-menojen vaikutusta t&k-varannon suhteelliseen kasvuun havainnollistaa kuvio 4.11. Kuviossa on esitetty toimialojen t&k-varannot lähtötilanteessa vuonna 2005 ja kumulatiiviset t&k-menot vuosina 2006-2020 logaritmisella asteikolla, joka tuo havainnollisesti näkyviin t&k-menojen vaikutuksen kunkin toimialan t&k-varannon kasvuun aikajänteellä 2006-2020. T&k-tuet kasvavat tässä tapauksessa vuorotellen kullakin toimialalla vuosina 2006-2020 kaikkiaan 3.8 miljardia euroa. Lisätuilla on kuitenkin aivan eri mittaluokan vaikutus t&k-varannon kasvuun eri toimialoilla siten, että suhteellisen kasvuvaikutuksen ääripäitä edustavat graafinen teollisuus ja elektroniikkateollisuus.

Kuvio 4.11 Toimialojen t&k-varannot vuonna 2005 ja kasvu vuoteen 2020



Edellä kuvattu t&k-menojen vähenevä osaamisvaikutus selittää keskeisesti taulukossa 4.3 esitettyjä tuloksia. Elektroniikkateollisuuden t&k-panostuksilla on merkittävä vaikutus tuotannon laadun kautta toimialan tuottavuuteen ja kasvuun sekä investointien välittämän teknologian diffuusion kautta muiden toimialojen tuottavuuteen ja muun

kansantalouden kasvuun. Näistä syistä ja toimialan suuren koon takia elektroniikkateollisuuden t&k-panostuksilla voisi odottaa olevan toimialavertailussa suurin vaikutus kansantalouden kasvuun, työllisyyteen, nettovientiin ja julkisen sektorin verotuloihin. Taulukon 4.3 esittämien tulosten mukaan elektroniikkateollisuus ei kuitenkaan erotu erityisesti edukseen toimialakohtaisten t&k-panostusten vaikuttavuuden arvioissa, vaan sijoittuu eri tavoitemuuttujia vertailtaessa pikemminkin toimialajoukon keskivaiheille. Tulosta selittää keskeisesti se kuviossa 4.11 näkyvä ja mallien (4.1) ja (4.2) selittämä seikka, että elektroniikkateollisuuteen tähän mennessä kerääntyneen t&k-varannon ja –osaamisen suuruuden takia oletetun suuruinen t&k-lisäpanostus aikaansaa tällä toimialalla muita toimialoja vähemmän t&k-varannon ja –osaamisen suhteellista kasvua.

Kansantalouteen syntyvien tuottavuusvaikutusten perusteella tarkastellen parhaimmillaan toimialoilta näyttävät taulukon 4.3 esittämien simulointitulosten mukaan koneteollisuus ja tietojenkäsittelypalveluiden toimiala. Tietojenkäsittelypalveluiden tapauksessa tulos heijastaa sitä, että tämän toimialan t&k-panostuksilla on merkittävä vaikutus tietokoneohjelmistojen laadun paranemisen kautta muiden toimialojen tuottavuuteen. Muutoinkin investointitavaroita tuottavien toimialojen merkitys näkyy tuloksissa siten, että kansantaloudellisissa tuottavuusvaikutusten vertailussa menestyvät keskimääräistä paremmin myös kone- ja elektroniikkateollisuus. Taulukossa 4.3 näkyvä metsäteollisuuden menestys tuottavuusvaikutusten vertailussa johtuu yhtäältä sen koosta ja toisaalta kuviossa 4.11 näkyvästä t&k-varannon ja –osaamisen suuresta suhteellisesta kasvusta.

Muiden tavoitemuuttujien, eli bruttokansantuotteen, työllisyyden, nettoviennin ja julkisen sektorin verotulojen lisäyksellä arvioiden parhaimmiksi toimialoiksi osoittautuvat metsäteollisuuden toimialat ja koneteollisuus. Puutavara- ja paperiteollisuuden tapauksessa tulos heijastaa osin t&k-panostusten lisäyksen suurehkoa vaikutusta näiden toimialojen t&k-osaamistason kasvuun ja kansantaloudelliseen tuottavuusvaikutukseen, metsäteollisuuden suurta painoa viennissä sekä metsäteollisuuden vientituotannon muita teollisuusaloja suurempaa vaikutusta kotimarkkinatoimialoihin. Koneteollisuuden tapauksessa tulos heijastaa toimialan merkitystä viennissä sekä toimialan tärkeyttä investointitavaroiden tuottajana. Koneteollisuuden t&k-panostuksilla on merkittävä vaikutus koneiden ja laitteiden laadun paranemisen kautta muiden toimialojen tuottavuuteen ja sen välityksellä teollisuuden kilpailukykyyn ja vientiin sekä toisaalta tulonmuodostukseen ja kotimaiseen kysyntään. Kaiken kaikkiaan tulokset osoittavat, että toimialojen välillä on merkittäviä eroja t&k-panostusten vaikutuksissa.

Viitteet

- Aghion, P. ja Howitt, P. (1998): "Endogenous Growth Theory", The MIT Press.
- Alho, K. (2004): "Kansallinen palkanmuodostus globaalin talouden oloissa", julkaisussa K. Alho ja J. Pekkarinen (toim.): "Sovitaan palkoista – palkkaneuvottelut puntarissa", ETLA, B 210, Palkansaajien tutkimuslaitos, Tutkimuksia 93, 77-97.
- Ali-Yrkkö, J. ja Pajarinen, M. (2003): "Julkinen t&k-rahoitus ja sen vaikutus yrityksiin – analyysi metalli- ja elektroniikkateollisuudesta", ETLA, Keskusteluaiheita No. 846.
- Barro, R.J. ja Sala-i-Martin, X. (1995): "Economic Growth", McGraw-Hill, Inc.
- Eurostat (1997): "Euroopan kansantalouden tilinpitojärjestelmä – EKT 1995", Luxemburg.
- Greenwood, J., Hercowitz, Z. ja Krusell, P. (1997): "Long-Run Implications of Investment-Specific Technological Change", American Economic Review, Vol. 87, No. 3, 342-362.
- Griliches, Z. (1980): "Returns to Research and Development Expenditures in the Private Sector", julkaisussa J.W. Kendrick ja B.N. Vaccara (toim.) "New Developments in Productivity Measurement and Analysis", NBER, Studies in Income and Wealth, Vol. 44, 419-461, The University of Chicago Press.
- Grossman, G.M. ja Helpman, E. (1991): "Quality Ladders in the Theory of Growth", Review of Economic Studies 58, 43-61.
- Jalava, J. (2002): "Accounting for growth and productivity: Finnish multifactor productivity 1975-99", Finnish Economic Papers, Vol. 15, No. 2, Autumn 2002, 76-86.
- Jones, C.I. (1995a): "Time Series Tests of Endogenous Growth Models", Quarterly Journal of Economics, Vol. 110, May, 495-525.
- Jones, C.I. (1995b): "R&D-Based Models of Economic Growth", Journal of Political Economy, Vol. 103, No. 4, August, 759-784.
- Jones, C.I. (2002): "Sources of U.S. Economic Growth in a World of Ideas", The American Economic Review, Vol. 92 No. 1, March, 220-239.
- Kaseva, H., Mankinen, R. ja Rantala, O. (2005): "Palveluiden kasvu, tuottavuus ja kilpailu – Katsaus palveluelinkeinojen nykytilaan Suomessa", julkaisussa "Palvelualojen kehitys, tuottavuus ja kilpailu", Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 11/2005, 47-106.
- Rantala, O. (2003a): "Tuotekehitys, toimialojen panos-tuotosrakenteen muutokset, tuottavuus ja talouden kasvu", ETLA, Keskusteluaiheita No. 842.

Rantala, O. (2003b): ”Yritysten t&k-panostusten määräytyminen ja julkisen t&k-rahoituksen vaikutus toimialatasolla”, ETLA, Keskusteluaiheita No. 876.

Rantala, O. (2004): ”Toimialojen t&k-panostusten ja tuottavuuden ennustejärjestelmä – Julkisen t&k-rahoituksen vaikuttavuus ja tuottavuuden pitkän ajan kasvu”, ETLA, Keskusteluaiheita No. 948.

Sauramo, P. (2004): ”Palkanormit ja palkanmuodostus Suomessa: kokemuksia ja tulevaisuuden näkymiä”, julkaisussa K. Alho ja J. Pekkarinen (toim.): ”Sovitaan palkoista – palkkaneuvottelut puntarissa”, ETLA, B 210, Palkansaajien tutkimuslaitos, Tutkimuksia 93, 57-75.

Terleckyj, N.E. (1980). ”Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries”, julkaisussa J.W. Kendrick ja B.N. Vaccara (toim.) ”New Developments in Productivity Measurement and Analysis”, NBER, Studies in Income and Wealth, Vol. 44, 359-386, The University of Chicago Press.

Tilastokeskus (2004): ”Kiinteä pääomakanta 1975-2002 – Aikasarjat”, Kansantalous 2004:1.

ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS (ETLA)

THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY
LÖNNROTINKATU 4 B, FIN-00120 HELSINKI

Puh./Tel. (09) 609 900
Int. 358-9-609 900
<http://www.etla.fi>

Telefax (09) 601753
Int. 358-9-601 753

KESKUSTELUAIHEITA - DISCUSSION PAPERS ISSN 0781-6847

Julkaisut ovat saatavissa elektronisessa muodossa internet-osoitteessa:
<http://www.etla.fi/finnish/research/publications/searchengine>

- No 995 SERGEY SUTYRIN – VLADIMIR SHEROV, Russian Regions and Their Foreign Trade. 25.11.2005. 26 p.
- No 996 HANNU PIEKKOLA, Public Funding of R&D and Growth: Firm-Level Evidence from Finland. 20.12.2005. 30 p.
- No 997 AIJA LEIPONEN, Clubs and Standards: The Role of Industry Consortia in Standardization of Wireless Telecommunications. 08.12.2005. 44 p.
- No 998 EWA BALCEROWICZ, Poland's Enterprise Environment – A Polish View. 10.01.2006. 19 p.
- No 999 STEFAN NAPEL – MIKA WIDGRÉN, The European Commission – Appointment, Preferences, and Institutional Relations. 17.01.2006. 20 p.
- No 1000 JUKKA LASSILA – TARMO VALKONEN, The Finnish Pension Reform of 2005. 20.01.2006. 20 p.
- No 1001 OLLI-PEKKA OKSANEN, Are Foreign Investments Replacing Domestic Investments? – Evidence from Finnish Manufacturing. 19.01.2006. 59 p.
- No 1002 ARTO SEPPÄ, Open Source in Finnish Software Companies. 25.01.2006. 36 p.
- No 1003 TERTTU LUUKKONEN, Venture Capital Industry in Finland – Country Report for the Venture Fun Project. 27.02.2006. 48 p.
- No 1004 ELIAS OIKARINEN, Price Linkages Between Stock, Bond and Housing Markets – Evidence from Finnish Data. 15.02.2006. 36 p.
- No 1005 JUHA ALHO – NIKU MÄÄTTÄNEN, Aggregate Mortality Risk and The Insurance Value of Annuities. 21.02.2006. 15 p.
- No 1006 MORRIS TEUBAL – TERTTU LUUKKONEN, Venture Capital Industries and Policies: Some Cross-country Comparisons. 28.02.2006. 23 p.
- No 1007 MIKA PAJARINEN – PEKKA YLÄ-ANTTILA, Omistajuus ja yritysten menestyminen: Analyysia suomalaisella aineistolla. 01.03.2006. 42 s.
- No 1008 KARI E.O. ALHO, Labour Market Institutions and the Effectiveness of Tax and Benefit Policies in Enhancing Employment: A General Equilibrium Analysis. 29.03.2006. 43 p.
- No 1010 FRANCESCO DAVERI – MIKA MALIRANTA, Age, Technology and Labour Costs. 24.03.2006. 48 p.

- No 1011 MARKKU KOTILAINEN, Economic Shocks, Progressiveness of Taxation, and Indexation of Taxes and Public Expenditure in EMU. 03.04.2006. 29 p.
- No 1012 HELI KOSKI – TOBIAS KRETSCHMER, Innovation and Dominant Design in Mobile Telephony. 03.04.2006. 31 p.
- No 1013 HANNU HERNESNIEMI – MARTTI KULVIK, Helsingin seudun klusterit sekä erikoistuminen bioteknologiaan ja logistiikkaan. 11.04.2006. 44 s.
- No 1014 LAURA VALKONEN, Deregulation as a Means to Increase Competition and Productivity. Some Finnish experiences. 25.04.2006. 84 p.
- No 1015 VILLE KAITILA, Productivity, Hours Worked, and Tax/Benefit Systems in Europe and Beyond. 27.04.2006. 34 p.
- No 1016 OLAVI RANTALA, Sosiaalietuuksien rahoituksen hinta- ja hyvinvointivaikutukset kotitaloussektorissa. 05.05.2006. 21 s.
- No 1017 MAARIT LINDSTRÖM – MIKA PAJARINEN, The Use of Design in Finnish Manufacturing Firms. 05.05.2006. 26 p.
- No 1018 NIKU MÄÄTTÄNEN, Vapaaehtoiset eläkevakuutukset, verotus ja eläkkeelle siirtyminen. 05.05.2006. 25 s.
- No 1019 ESA VIITAMO – HANNU HERNESNIEMI, Ympäristöliiketoiminnan määrittely ja tilastollinen seuranta – Ympäristöalalle lisää kilpailukykyä. 15.05.2006. 58 s.
- No 1020 CHRISTOPHER PALMBERG – TUOMO NIKULAINEN, Industrial Renewal and Growth Through Nanotechnology? – An overview with focus on Finland. 17.05.2006. 45 p.
- No 1021 ESA VIITAMO, Markkinoiden toimivuuden arvioiminen – Suuntaviivoja vertailevalle kilpailututkimukselle.
- No 1022 OLLI MARTIKAINEN – JUSSI AUTERE – MARKKU NURMELA, Performance Improvement in Public Organizations – How to leverage ICT Investments. 30.05.2006. 38 p.
- No 1023 ARI HYYTINEN – MIKA MALIRANTA, When do Employees Leave Their Job for Entrepreneurship: Evidence from Linked Employer-employee Data. 31.05.2006. 24 p.
- No 1024 KARI E.O. ALHO, Climate Policies and Economic Growth. 31.05.2006. 23 p.
- No 1025 JYRKI ALI-YRKKÖ, Technology Sourcing through Acquisitions – Do High Quality Patents Attract Acquirers? 14.06.2006. 16 p.
- No 1026 DEREK C. JONES – PANU KALMI – MIKKO MÄKINEN, The Productivity Effects of Stock Option Schemes: Evidence from Finnish Panel Data. 15.06.2006. 36 p.
- No 1027 MIKKO MÄKINEN – PANU KALMI, Henkilöstöjohtaminen, henkilöstönn osallistuminen ja organisaatiomuutokset teollisuusyrityksissä. Aineistokuvaus puhelinkyselyn tuloksista. 16.06.2006. 27 s.
- No 1028 OLAVI RANTALA, T&k-panostusten kansantaloudelliset vaikutukset. 22.06.2006. 44 s.

Elinkeinoelämän Tutkimuslaitoksen julkaisemat "Keskusteluaiheet" ovat raportteja alustavista tutkimustuloksista ja väliraportteja tekeillä olevista tutkimuksista. Tässä sarjassa julkaistuja monisteita on mahdollista ostaa Taloustieto Oy:stä kopiointi- ja toimituskuluja vastaavaan hintaan.

Papers in this series are reports on preliminary research results and on studies in progress. They are sold by Taloustieto Oy for a nominal fee covering copying and postage costs.