

ETLA

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. 653

Juuso Vanhala

**TALOUDEN VERKOTTUMINEN
JA PITKÄN AIKAVÄLIN TALOUSKASVU**

VANHALA, Juuso. TALOUDEN VERKOTTUMINEN JA PITKÄN AIKAVÄLIN TALOUSKASVU. Helsinki, ETLA, Elinkenoelämän tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 1998, 65 s. (Keskusteluaiheita, Discussion papers; No. 653)

TIIVISTELMÄ: Tutkimuksessa tarkastellaan talouden verkottumista ja sen pitkän aikavälin kasvuvaikutuksia. Teknologinen kehitys on johtanut yritysten erikoistumiseen ja sen seurauksena verkottumiseen, jolloin perinteisesti yrityksen sisäisesti tuottama arvoketju jaetaan yhä pienempiin osiin yritysten ja muiden talouden toimijoiden kesken. Kukin yritys keskittää voimavaransa ainoastaan erityisosaamiseensa ja ulkoistaa itselleen toissijaiset toiminnot.

Verkottumisen ja talouskasvun yhteyttä tarkastellaan mikrotaloudellisiin tekijöihin perustuvan kasvumallin avulla. Talouskasvu syntyy mallissa yksilötason erikoistumis päätösten ja työnjaon kehityksen seurauksena. Teknologisen kehityksen osoitetaan nopeutuvan erikoistumisesta seuraavan tekemällä oppimisen avulla ja verkottumisesta seuraavan teknologian diffuusion avulla. Tutkimuksessa tarkastellaan teknologisen kehityksen ja henkisen pääoman kasvattamisen merkitystä pitkän aikavälin talouskasvulle sekä tarkastellaan teknologiaa taloudellisena hyödykkeenä ja teknologisen kehityksen kannustimia. Mallin avulla osoitetaan yritysten välisen työnjaon edistävän teknologista kehitystä ja siten talouskasvua kun työnjako on riittävän pitkälle vietyä ja työnjaon syventämisen mahdollisuuksia on vielä olemassa.

AVAINSANAT: kasvu, verkottuminen, ulkoistaminen, teknologia, erikoistuminen

VANHALA, Juuso. ECONOMIC NETWORKS AND LONG-RUN GROWTH. Helsinki, ETLA, Elinkenoelämän tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 1998, 65 p. (Keskusteluaiheita, Discussion papers; No. 653)

ABSTRACT: This paper studies the long-run growth effects of economic networking. Technological development has led to the specialization of firms and as a consequence to the networking of the economy. The value added chain traditionally produced within a the firm is being divided to an increasingly fine level between different firms and other economic agents. Each firm concentrates its resources only on its special know-how and outsources functions secondary to itself to others.

The relationship between networking and economic growth is studied with a growth model based on microeconomic factors. Growth is generated by individuals decisions of specialization and by the development of the division of labor. Technological development is demonstrated to accelerate with the learning by doing -effect due to specialization and the technological spillovers due to the network ties between firms. The study investigates the importance of technological development and accumulation of human capital to long-run economic growth and studies technology as an economic good and the incentives for technological development. The model demonstrates that the division of labor between firms generates growth as long as the division of labor is deep enough and there still remains possibilities of further division.

KEY WORDS: growth, networking, outsourcing, technology, specialization

YHTEENVETO

Yritysten toimintaympäristössä on tapahtunut suuria muutoksia viimeksi kuluneiden kymmenen vuoden aikana. Perinteiset tavat organisoida tuotanto ovat saaneet sopeutua muutoksiin niin tuotteissa ja niiden sisältämässä teknologiassa, kuin tuotantoteknologiassa ja kysynnässä. Erityisesti informaatioteknologian kehitys on muuttanut yritystoiminnan edellytyksiä. Tuotteiden elinkaaret ovat lyhyempiä ja tuotantomenetelmät yhä tietointensiivisempiä. Tiedonkulun ja logistiikan kehitys pienentävät fyysisiä etäisyyksiä ja massatuotemarkkinoiden rinnalle on kasvamassa yhä suuremmat yksilöllisten tuotteiden markkinat.

Teollisuusmaiden yritys rakenteissa on ollut havaittavissa kaksi vastakkaista trendiä. Yhtäältä suurten monikansallisten yritysten rooli on kasvanut fuusioiden ja yritysostojen kasvun myötä. Toisaalta uusien yritysten syntyminen on kasvanut ja yritysten toimintojen ulkoistaminen yleistynyt. Toimintojen ulkoistaminen muille yrityksille on johtanut tilanteeseen, jossa erikoistuneet yritykset toimivat yhä suuremmissa määrin verkostomaisessa tuotantoyhteistyössä, johon yritysten lisäksi kuuluu myös korkeakouluja, tutkimuslaitoksia, asiantuntijaorganisaatioita ja viranomaisia.

Tutkimuksessa tarkastellaan talouden verkottumista ja sen vaikutusta pitkän aikavälin talouskasvuun. Verkottuneessa taloudessa arvoketju, joka perinteisesti on suoritettu yrityksen sisällä, jaetaan yhä pienempiin osiin yritysten, tutkimuslaitosten, korkeakoulujen ja viranomaisten kesken. Tällöin taloudessa toimii yksiköitä, jotka ovat erikoistuneet toimimaan sellaisissa toiminnoissa, joissa niiden osaaminen ja suhteellinen etu on suurin. Kyseiselle yksikölle toissijaiset toiminnot on ulkoistettu. Tämän seurauksena tuotanto ja myös päätöksenteko taloudessa hajaantuvat yhä useammalle taholle. Koska taloudellinen toiminta perustuu yksittäisten päättäjien toimintaan, talouskasvua selitetään tutkimuksessa mikrotaloudellisin perustein, yksilöiden tekemillä päätöksillä.

Verkottumista tarkastellaan suhteessa teknologiseen kehitykseen. Taloudellisen ympäristön ja teknologisen kehityksen välillä vallitsee kaksisuuntainen vuorovaikutus. Teknologinen kehitys muokkaa yritysten toimintaympäristöä. Reaktiona tähän, yritykset toimivat yhä laajemmin verkostomaisissa kokonaisuuksissa. Toisaalta verkottuminen edistää tekemällä oppimista (learning by doing) ja teknologian diffuusiota taloudessa, jolloin teknologinen kehitys nopeutuu. Verkottuminen on joustava ja dynaaminen organisaatiomuoto joka sopeutuu muutokseen, mutta myös itse aiheuttaa muutosta.

Tutkimuksessa tarkastellaan sekä neoklassista että endogeenista kasvuteoriaa perustaksi kasvun ja verkottumisen suhteen tutkimiseen. Teknologisen kehityksen ja säästämisen tärkeyttä pitkän aikavälin kasvuun korostetaan.

Verkottumisen ja talouskasvun yhteyttä tarkastellaan Yangin ja Borlandin (1991) mikrotaloudellisiin tekijöihin perustuvan kasvumallin avulla. Talouskasvu syntyy mallissa yksilötason erikoistumispäätösten ja työnjaon kehityksen seurauksena. Näiden johdosta teknologinen kehitys nopeutuu tekemällä oppimisen ja teknologian diffuusion avulla. Teknologinen kehitys edistää talouskasvua. Mallissa tarkastellaan henkisen pääoman kasautumisen, vaihdon, suhteellisen edun, markkinoiden rakenteen ja transaktiokustannusten suhdetta kasvuun.

Mallin avulla osoitetaan, että työnjaon syveneminen synnyttää kasvua kun työnjako on riittävän pitkälle vietyä ja sen syventämisen mahdollisuuksia on vielä olemassa. Tämä tulos sovelletaan verkottumiseen, jossa työnjako yritysten välillä kasvaa niiden ulkoistaessa yhä suuremman osan toiminnoistaan ja erikoistuessa ainoastaan ydintoimintoihinsa. Verkottuminen edistää teknologista kehitystä ja henkisen pääoman kasautumista, jotka puolestaan nopeuttavat talouden kasvuvauhtia.

Tutkimuksen viitekehys on endogeeninen kasvuteoria. Yangin ja Borlandin mikroperusteinen kasvumalli on avainasemassa kasvun ja verkottumisen yhteyden osoittamisessa. Mallissa käytetään menetelmänä dynaamista optimointia (optimikontrolliteoriaa).

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| 1 JOHDANTO..... | 1 |
| 2 VERKOSTOTALOUS JA ULKOISTAMINEN..... | 3 |
| 2.1 Yrityksen toimintaedellytykset ja toimintaympäristön muutos..... | 3 |
| 2.1.1 Kysynnän, tuotteiden ja teknologian muutokset..... | 4 |
| 2.1.2 Arvoketju ja komplementaarisuus..... | 5 |
| 2.1.3 Verkottuminen ja alihankinta..... | 6 |
| 2.1.4 Fyysinen etäisyys..... | 7 |
| 2.1.5 Koordinaatio, ongelmat ja kustannukset..... | 8 |
| 2.2 Verkottuminen, resurssien allokaatio ja tuottavuus..... | 10 |
| 2.2.1 Yrityksen ydintoiminnot..... | 10 |
| 2.2.2 Verkottuminen ja teknologinen kehitys..... | 11 |
| 2.2.3 Verkottumisen ja teknologian vuorovaikutus..... | 11 |
| 2.3 Päätelmät..... | 12 |
| 3 KASVUMALLEJA..... | 13 |
| 3.1 Solowin kasvumalli..... | 13 |
| 3.1.1 Mallin rakenne..... | 14 |
| 3.1.2 Mallin dynamiikka..... | 15 |
| 3.1.3 Säästämisasteen muutoksen vaikutus..... | 16 |
| 3.1.4 Keskeiset kysymykset..... | 17 |
| 3.2 Endogeeninen kasvuteoria..... | 18 |
| 3.2.1 Tuotekehitysmallit..... | 18 |
| 3.2.1.1 Mallin rakenne..... | 19 |
| 3.2.1.2 Mallin dynamiikka..... | 20 |
| 3.2.1.3 Keskeiset kysymykset..... | 22 |
| 3.2.2 Henkisen pääoman mallit..... | 23 |
| 3.2.2.1 Mallin rakenne..... | 24 |
| 3.2.2.2 Mallin dynamiikka..... | 25 |
| 3.2.2.3 Mallin tulkinta..... | 25 |
| 3.3 Kasvumallien tulokset..... | 25 |
| 4 TEKNOLOGIA JA INNOVAATIOT..... | 27 |
| 4.1 Teknologinen kehitys..... | 27 |
| 4.1.1 Tutkimus- ja kehitystoiminta ja tekemällä oppiminen..... | 28 |
| 4.1.2 Diffuusio ja tahattomat teknologiavirrat..... | 29 |
| 4.1.3 Tuote- ja prosessi-innovaatiot..... | 31 |
| 4.2 Teknologia taloudellisena hyödykkeenä..... | 31 |
| 4.2.1 Innovaatioiden endogeenisuus..... | 31 |
| 4.2.2 Kilpailullisuus, poissuljettavuus ja epävarmuus..... | 32 |

| | |
|--|----|
| 4.3 Teknologiainvestoinnit..... | 32 |
| 4.3.1 Teknologiainvestointien kannustinongelmat | 32 |
| 4.3.2 Verkottuminen ja kannustimet..... | 33 |
| 4.3.3 Ratkaisuja | 34 |
| 5 MIKROTALOUDELLINEN MEKANISMI TALOUSKASVULLE | 37 |
| 5.1 Mallin lähtökohdat | 38 |
| 5.2 Mallin rakenne | 39 |
| 5.2.1 Yksilön optimaalinen kulutuksen, tuotannon ja vaihdon rakenne..... | 40 |
| 5.2.2 Dynaaminen optimointiongelma..... | 41 |
| 5.2.3 Dynaamisen tasapainon ominaisuuksia | 43 |
| 5.2.4 Epäsuora hyötyfunktio ja optimikontrolliongelman ehdot | 46 |
| 5.3 Tasapainot ja niiden luonne | 47 |
| 5.3.1 Varjohintojen merkitys | 47 |
| 5.3.2 Tekemällä oppiminen, kasvavat tuotot ja transaktiotehokkuus..... | 48 |
| 5.4 Mallin tulokset ja verkottuminen | 51 |
| 5.5 Kommentteja mallin suhteesta kasvuteoriaan..... | 53 |
| 6 JOHTOPÄÄTÖKSET | 54 |
| LÄHTEET | 56 |
| LIITTEET | |

LYHENTEET

| | |
|---------------|--|
| A | tuotantoteknologia |
| B | kerroin |
| g | tuotantoteknologian kasvuvauhti |
| H | henkinen pääoma |
| h | henkinen pääoma efektiivistä työvoimayksikköä (unit of efficient labor) kohden |
| \mathcal{H} | käypäarvoinen Hamiltonin funktio |
| I | itse tuotettujen hyödykkeiden joukko |
| i | itse tuotetun hyödykkeen indeksi |
| J | ei-vaihdettavien hyödykkeiden joukko |
| j | ei-vaihdettavan hyödykkeen indeksi |
| K | pääoma |
| k | pääoma efektiivistä työvoimayksikköä (unit of efficient labor) kohden |
| \mathcal{K} | transaktiokustannusten jälkeen ostajalle jäävä osuus hyödykkeen arvosta |
| L | työvoiman määrä/kumuloitunut työpanos |
| l | työpanos |
| m | tuottaja-kuluttajien ja hyödykkeiden määrä |
| n | vaihdettavien hyödykkeiden määrä |
| p | hintaa |
| Q | tehoton markkinarakenne |
| R | ostettujen hyödykkeiden joukko |
| r | ostetun hyödykkeen indeksi |
| s | säästämisaste |
| t | aika |
| U | yksilön tavoitefunktionaali |
| u_t | yksilön hetkellinen hyötyfunktio |
| W | tehokas markkinarakenne |
| x | hyödyke |
| Y | tuotanto |
| y | tuotanto efektiivistä työvoimayksikköä (unit of efficient labor) kohden |
| Z | tuotannontekijät lukuunottamatta teknologiaa |

| | |
|-----------|---|
| α | pääoman vaikutusta tuotannon kasvuun kuvaava parametri |
| β | pääoman vaikutusta tiedon kasvuun kuvaava parametri |
| δ | poistot |
| ϕ | tuottojen suuruutta kuvaava parametri |
| γ | työvoiman diskontattu varjohinta |
| η | työvoiman kasvuvauhti |
| φ | työvoiman vaikutusta tiedon kasvuun kuvaava parametri |
| κ | transaktioiden tehokkuutta kuvaava vakio |
| λ | liittotilamuuttuja |
| μ | Lagrangen kerroin |
| θ | tietovarannon vaikutusta tiedon kasvuun kuvaava parametri |
| ρ | yksilön subjektiivinen diskonttauskorko |
| τ | hetki ajassa |
| ω | siirtoparametri |

1 JOHDANTO

Teknologinen kehitys sekä tuotantomenetelmien ja tuotteiden kasvava teknologiavaltaisuus aiheuttavat muutoksia yrityksissä ja niiden toimintaympäristössä. Teknologian merkitys tuotantoprosessissa ja sen hallinnoinnissa kasvaa jatkuvasti, minkä johdosta erityisosaaminen, tieto ja tuotantoteknologian hallinnointi ovat aikaisempaa tärkeämpiä voimavaroja yritykselle. Yritysten on järjestettävä toimintansa siten, että niiden mahdollisuudet kehittää tuotantoteknologiaansa ovat kilpailukykyiset. Teknologian kehitys voi perustua uuden teknologian tuottamiseen tai teknologian diffuusioon. Jälkimmäisessä hyödynnetään muiden kehittämää, jo olemassa olevaa, teknologiaa yrityksen omiin tarpeisiin. Teknologian diffuusio on merkittävä teknologialähde erityisesti pienille yrityksille, joilla ei ole resursseja omaan tutkimus- ja kehitystoimintaan. Talouden instituutioilla ja organisaatiolla on merkittäviä vaikutuksia teknologian kehitykseen ja sen diffuusioon.

Yritysorganisaatioissa on tapahtunut suuria muutoksia viime vuosina. Suurten yritysten kasvun ja fuusioiden ohessa on vallinnut toinen trendi, tuotannon hajauttaminen ja talouden verkottuminen. Verkottumisessa on kysymys erityisosaamiseen perustuvien yritysten välisestä yhteistyöstä, jossa perinteisesti yrityksen sisällä suoritettut toiminnot on jaettu yhä kasvavan yritysmäärän kesken. Verkostoyhteistyöhön kuuluu yritysten ohella muitakin toimijoita: korkeakouluja, tutkimuslaitoksia, asiantuntijaorganisaatioita ja viranomaisia. Verkostotalouden ydin on siinä, että kukin toimija on erikoistunut ainoastaan sellaiseen toimintaan, johon sen osaaminen ja tietotaito on keskittynyt. Muut toiminnot ulkoistetaan. Näin yritys toimii tehokkaasti, mutta myös koko talouden resurssit kohdentuvat tehokkaasti, kun kaikki toimijat keskittyvät yksinomaan ydintoimintoihinsa.

Verkottuminen luo hedelmällisen ympäristön teknologiselle kehitykselle ja kasvulle. Ydintoimintoihin erikoistuneet yritykset voivat ohjata resurssinsa oman teknologian kehittämiseen ja tekemällä oppimiseen. Toisaalta teknologian diffuusio on verkossa tehokasta, kun yritykset voivat hyödyntää verkon teknologiavirtoja. Pitkäaikaiset yritysten väliset suhteet tarjoavat yhteistyömahdollisuuksia myös tutkimus- ja kehitystyössä.

Tässä tutkielmassa tarkastellaan talouden verkottumisen vaikutusta pitkän aikavälin talouskasvuun. Kasvu, teknologinen kehitys sekä talouden instituutioiden ja organisaatioiden muutos ovat tiiviissä vuorovaikutuksessa keskenään. Taloudellisen kasvun välttämättömänä edellytyksenä on teknologinen kehitys. Teknologinen kehitys vaikuttaa talouden organisaatioihin, mutta vaikutus on kaksisuuntainen: talouden organisaatiot ja instituutiot vaikuttavat myös teknologiseen kehitykseen. Keskeisiä organisaatioita taloudessa ovat yritykset. Niiden mikrotason päätökset heijastuvat talouteen makrotason muutosilmiöinä. Tästä syystä taloudellista kasvua tarkastellaan mikrotason lähtökohdista käsin.

Tutkimuksessa pyritään osoittamaan talouden verkottumisen nopeuttavan teknologista kehitystä ja tämän välityksellä kiihdyttävän pitkän aikavälin talouskasvua. Verkottuminen syntyy yksittäisten yritysten voiton maksimoinnin seurauksena, kun yritykset tekevät päätöksen erikoistua ja ulkoistavat itselleen vähemmän tärkeät toiminnot. Erikoistuminen ja verkottuminen edistävät teknologista kehitystä tekemällä oppimisen ja teknologian diffuusion avulla. Erikoistumis päätösten seurauksena taloudessa vallitsevan työnjaon syveneminen kiihdyttää talouden kasvuvauhtia.

Luvussa 2 käsitellään talouden verkottumista. Siinä tarkastellaan teknologian kehityksen vaikutusta yrityksiin ja niiden toimintaympäristöön. Verkottumisen keskeinen ajatus eli ulkoistaminen ja keskittyminen ainoastaan ydintoimintoihin esitetään arvoketju-käsitteen ja yritysten komplementaarisuuden avulla. Verkottumista vertaillaan massatuotantoon ja perinteiseen alihankintaan sekä tarkastellaan verkottumisen ongelmia ja kustannuksia. Luvussa painottuu yritysten ja talouden resurssien tehokas kohdentuminen ja verkottumisen rooli tiedon kasaantumisen ja tuottavuuden kasvun lähteenä.

Luvussa 3 tarkastellaan kuinka kasvuteoria mallintaa verkottumisen keskeisiä tekijöitä: resurssien allokaatiota ja teknologista kehitystä. Luvussa käsitellään neoklassista Solowin mallia sekä kahta endogeenisen kasvuteorian suuntausta; tuotekehitysmalleja ja henkisen pääoman malleja. Luvussa korostetaan teknologisen kehityksen välttämättömyyttä pitkän aikavälin kasvuille. Uuden kasvuteorian mallit endogenisoivat teknologisen kehityksen.

Luvussa 4 tarkastellaan teknologiaa, sen kehitystä ja sen diffuusiota tarkemmin, johtuen näiden välttämättömyydestä sekä talouskasvulle että verkottumiselle. Luvussa käsitellään teknologian kehitysprosessia ja diffuusiota, teknologiaa taloudellisena hyödykkeenä sekä teknologiainvestointien kannustimia. Tarkastelu rajataan teknologian sellaisiin ominaisuuksiin, jotka ovat kasvun ja verkottumisen kannalta relevantteja.

Luvussa 5 esitellään Yangin ja Borlandin mikrotaloudellisiin tekijöihin perustuva kasvumalli ja tarkastellaan sen tuloksien soveltamista verkottumisen kasvuvaikutuksien tutkimiseen. Mallissa talouskasvu syntyy taloudessa tapahtuvan erikoistumisen ja työnjaon syvenemisen seurauksena. Työnjako ja erikoistuminen nopeuttavat teknologista kehitystä, mikä puolestaan vauhdittaa talouskasvua. Erikoistumispäätökset syntyvät yksilöiden hyödynmaksimoinnin seurauksena, minkä johdosta tarkastelu tehdään mikrotaloudellisista lähtökohdista alkaen. Mallissa osoitetaan työnjaon syvenemisen, verkottumisen tapauksessa pidemmälle viedyn toimintojen ulkoistamisen, synnyttävän kasvua kun työnjako on riittävän pitkälle vietyä ja työnjaon syventämisen mahdollisuuksia on vielä olemassa.

Lopuksi tehdään yhteenveto tutkielman sisällöstä. Tässä pyritään tuomaan esiin tutkimuksen keskeiset teemat. Lisäksi esitetään täydentäviä kommentteja luvun 5 johtopäätöksiin.

2 VERKOSTOTALOUS JA ULKOISTAMINEN

Yritysten toimintaympäristössä on tapahtunut suuria muutoksia viimeksi kuluneiden kymmenen vuoden aikana. Perinteiset tavat organisoida tuotanto ovat saaneet sopeutua muutoksiin niin tuotteissa ja niiden sisältämässä teknologiassa, kuin tuotantoteknologiassa sekä kysynnässä. Erityisesti informaatioteknologian kehitys on muuttanut yritystoiminnan edellytyksiä. Tuotteiden elinkaaret ovat lyhyempiä, tuotantomenetelmät kehittyvät enemmän tietovaltaisiksi, sekä tiedonkulun ja logistiikan kehitys pienentävät fyysisiä etäisyyksiä.

Teollisuusmaissa on ollut havaittavissa kaksi vastakkaista trendiä talouden organisoitumisessa. Yhtäältä suurten monikansallisten yritysten rooli on kasvanut fuusioiden ja yritysostojen kasvun myötä. Toisaalta uusien yritysten syntyminen on kasvanut ja yritysten toimintojen ulkoistaminen on yleistynyt¹. Tämän kehityksen seurauksena yritykset toimivat yhä suuremmassa määrin verkostomaisessa ympäristössä, johon yritysten lisäksi kuuluu myös korkeakouluja, tutkimuslaitoksia ja viranomaisia. Verkostot eivät ole maan rajoihin sidottuja, vaan ne ovat kansainvälisiä.

Verkostossa toimivalle yritykselle on ominaista erikoistuminen. Yritys keskittää voimavaransa ydinosaamiseensa, jolloin se antaa muiden suorittaa itselleen vähemmän keskeiset toiminnot. Kukin yritys tekee sitä, missä sillä on erityisosaamista. Niin hyödykkeen valmistus kuin sen suunnittelu jakautuu yhä useamman yrityksen kesken. Verkostosuhteet toimivat osittain markkinatransaktioiden varassa, osittain yhteistyön ja luottamuksen hengessä. Yrityksen rajat ovat usein yhä häilyvämpiä.

Tutkimuksissa on usein paneuduttu verkottumiseen makrotason ilmiönä². Ulkoistamisessa ja verkottumisessa on kuitenkin kysymys yritysten mikrotason erikoistumis päätöksistä. Nämä päätökset tehdään yritysten omista lähtökohdista ja niiden takana on viime kädessä oma taloudellinen hyöty. Erikoistuminen ja toimintojen ulkoistaminen ovat keskeisessä asemassa verkottuneessa taloudessa.

Verkostotaloutta tarkastellaan aluksi suhteessa taloudellisessa ympäristössä tapahtuneisiin muutoksiin sekä aikaisemmin ja vielä nykyäänkin tärkeään viitekehukseen, massatuotantoon. Tarkastelun kohteena ovat myös verkottumisen suhde alihankintaan, verkottuminen ja fyysinen etäisyys sekä verkottumisesta aiheutuvat ongelmat. Toinen tarkastelun teema on yritysten resurssien keskittäminen teknologian, osaamisen ja tiedon kartuttamiseen. Näihin panostaminen tapahtuu erikoistumisen ja verkottumisen avulla säästettyjen resurssien tehokkaammalla kohdentamisella ja kasvavan teknologian diffuusion avulla. Verkottumista käsitellään suhteellisen perusteellisesti, jotta sen luonne suhteessa muihin organisaatiomuotoihin tulisi selvästi ilmi, ja jotta alempana esitettyjen kasvumekanismien tarkastelu suhteessa verkottumiseen olisi luontevaa.

2.1 Yrityksen toimintaedellytykset ja toimintaympäristön muutos

Verkottuminen on seuraus tarpeesta sopeutua alati muuttuviin teknologisiin ja markkinoilla vallitseviin olosuhteisiin. Yritysten toimintatapojen on kehityttävä muutosten mukana, eikä vanhoja toimintamalleja voida enää pitää pyhänä. Massatuotannon sijasta on monilla aloilla

¹ Ylä-Anttila & Lovio 1990, 2.

² Ollus 1998, 4.

välttämätöntä siirtyä joustavampiin tuotantomenetelmiin. Näille on ominaista pienet valmistuserät, tuotantoprosessissa ja varastossa olevien tuotteiden määrän vähentäminen, nopeat toimitusajat, kyky sopeutua asiakkaan vaatimuksiin ja sen seurauksena nopeat muutokset tuotantolinjoilla¹.

2.1.1 Kysynnän, tuotteiden ja teknologian muutokset

Yritysten kohtaama kysyntä on muuttunut yksilöllisemmäksi ja massatuotemarkkinoiden rinnalle onkin kasvamassa yhä suuremmat yksilöllisten tuotteiden markkinat. Entistä tärkeämmäksi kilpailutekijäksi nousee kyky valmistaa yhä enemmän tuotevariaatioita saman tuoteperheen sisällä. Samanaikaisesti myös mahdollisuudet valmistaa yksilöllisiä tuotteita ovat kasvaneet teknologian kehityksen ansiosta². Tuotteiden, teknologian ja kysynnän muutokset vaativat joustavuutta ja tehokkuutta, joita ei voi saavuttaa massatuotannossa.

Erityisesti huipputekniikan aloilla kuten elektroniikka- ja informaatioteollisuudessa, mutta myös esimerkiksi vaatealalla, tuotteiden uusiutumissyklit ovat nopeita. Tuotteiden sukupolvet vaihtuvat nopeasti, minkä seurauksena on tarpeen pystyä hallitsemaan nopeita, päällekkäisiä ja eriaikaisia tuotteiden elinkaaria. Yritysten on vastattava nopeiden toimitusaikojen vaatimuksiin sekä tuotteiden asiakaskohtaistamiseen ja siten monipuolisten tuotevariaatioiden hallintaan³.

Aikaisemmin pyrittiin tekemään tarvittavia tuotemuutoksia ilman kalliita muutoksia tuotannossa. Teknologisen kehityksen vuoksi nykyiset tuotesukupolvet voivat olla hyvin erilaisia tuotantotekniikan kannalta. Perinteiset tuotantomenetelmät eivät sovellu lyhytikäisille tuotteille, jotka poikkeavat tuotantotekniikaltaan suuresti toisistaan. Yksittäinen yritys ei pysty vastaamaan tuotantomenetelmien uusimistarpeeseen tuotteesta seuraavaan, kun tekninen uusiutuminen saattaa tapahtua vuoden välein.

Tuotannon nopealiikkeisyydestä johtuen, tuotanto vaatii paljon pääomaa ja siihen sisältyy suuria riskejä. Uusien tuotteiden kehittäminen, tuottaminen sekä markkinointi vaativat paljon resursseja ja teknologiainvestointien riskit ovat suuret. Verkottamalla yritys pyrkii ulkoistamaan tuotannon ohella myös investointeja ja riskejä, jotka olisivat liian suuria yhdelle yritykselle. Teknologinen kehitys ja suuria resursseja vaativa tuotanto ajaa yrityksiä yhteistyöhön.

Tuotteen omistajan ei kannata tehdä investointia tuotantoon, kun tuotekehitys ja markkinointi vaativat suuria panoksia. Jälkimmäisiin sijoitettu pääoma tuottaa moninkertaisesti verrattuna tuotantotekniikkaan sitoutuneeseen pääomaan.⁴ Näin syntyy tarve ja rationaliteetti ulkoistaa tuotanto. Yhä välttämättömämmäksi tulee erottaa toisistaan tuotteen ja tuotantotekniikan elinkaari⁵.

Verkossa toimivalle sopimusvalmistajalle investoimisen tuotantoon on luonnollisesti oltava kannattavaa. Sopimusvalmistajan on siksi pystyttävä toimimaan useassa verkossa. Yritys sijoittaa uusimpaan tuotantotekniikkaan nopeimmin kehittyvillä aloilla, ja käyttää tätä

¹ Ylä-Anttila & Lovio 1990, 5.

² Ollus ym. 1990, 13.

³ Ranta 1998, 13.

⁴ Mt., 17.

⁵ Ranta 1997, 6.

tekniikkaa usean tuotemerkin eli kilpailevien tuotteiden valmistukseen. Sopimusvalmistaja soveltaa vähitellen tekniikkaa muillakin sektoreilla, jolloin teknologia leviää eri sektoreiden välillä ja sen elinkaari pitenee. Tällä tavoin tuotantotekniikkaan investoinnista tulee tuottajayritykselle kannattavaa.¹ Toimiessaan tällä tavalla yritys samalla edistää teknologian diffuusiota taloudessa.

2.1.2 Arvoketju ja komplementaarisuus

Ulkoistamista voidaan tarkastella arvoketjun avulla. Arvoketju sisältää kaikki toiminnot jotka tarvitaan raaka-aineen muuttamiseksi asiakkaan ostamaksi hyödykkeeksi. Tähän sisältyvät varsinaisen tuotannon lisäksi myös esimerkiksi suunnittelu ja tuotekehitys, logistiikka, markkinointi ja jakelu. Yksilöllisten tuotteiden aloilla arvoketju tapaa olla pidempi ja siihen kuuluu yhä enemmän yrityksiä². Arvoketju pitenee tuotteiden muuttuessa yhä kehittyneimmiksi. Esimerkiksi raaka-aineiden muuttaminen renkaan sisäkumiksi on arvoketjultaan lyhyempi prosessi kuin raaka-aineiden muuttaminen matkapuhelimiksi. Tuotantoprosessi ja arvoketju jakautuu myös alati hienojakoisemmaksi. Sama prosessi toteutetaan yhä useamman yrityksen avulla. Tärkeä rakenteellinen muutos arvoketjussa on se, että alati kasvava osuus tuotteen arvosta perustuu tietoon ja taitoon. Arvoketju koostuu yhä enemmän erityisosaajista.

Verkottunut yritys on ulkoistanut suuren osan toimintojaan ja on erikoistunut sellaisiin toimintoihin, joissa sillä on erityisosaamista. Arvoketju koostuu tällöin toisilleen komplementaarista yrityksistä, jotka täydentävät toisiaan kukin omalla osaamisellaan. Tämä voi ilmetä niin tuotannossa kuin tuotteissa.

Tuotantotoiminta koostuu joukosta komplementaarisia, toisiaan täydentäviä, toimintoja. Verkottunut yritys poikkeaa sikäli perinteisestä yrityksestä, että näiden komplementaarisuuksien ei tarvitse sijaita yrityksen sisällä, vaan ne voivat yhtä hyvin, ellei todennäköisemmin sijaita yrityksen ulkopuolella³. Yritys pystyy tällä tavoin hyödyntämään erikoistumisen etuja. Solmimalla verkostosuhteita yritys kytkeytyy toisten yritysten resursseihin⁴.

Tuotantotoiminnan lisäksi tietointensiiviset tuotteet ovat usein toisiaan täydentäviä. Tekniset tuotteet ovat olemassa osana tuotteiden ryhmiä tai verkkoa, jotka tukevat ja vahvistavat toisiaan⁵. Verkon menestyminen edellyttää kaikkien partnereiden menestymistä. Yhden tuotteen menestymisen edellytyksenä on muiden tuotteiden menestyminen. Havainnollistavana esimerkkinä voidaan ajatella mikrotietokoneita, laser-tulostimia ja digitaalisia kommunikaatioverkkoja. Komplementaaristen hyödykkeiden kysynnän kasvu kasvattaa oman hyödykkeen kysyntää, ja oman tuotannon kasvattaminen kasvattaa komplementaaristen hyödykkeiden kysyntää. Kysyntä voi tällä tavoin ruokkia itseään⁶. Syntyvien tuottojen avulla voidaan lisätä kehityspanoksia ja etumatkaa kilpailijoihin.

¹ Ranta 1997, 7 – 8, 1998, 17.

² Christensen et al. 1990, 15.

³ Ylä-Anttila & Lovio 1990, 6.

⁴ Paija 1998, 34.

⁵ Ranta 1998, 19.

⁶ Evans, Honkapohja & Romer 1998, 2, 25..

2.1.3 Verkottuminen ja alihankinta

Verkottumisesta käytetään myös nimitystä tuotantoyhteistyö¹. Tämä nimitys kuvaakin hyvin verkottumisen eroa perinteiseen alihankintaan. Kyse ei ole tilauksista, joita päähankkija kilpailuttaa jatkuvasti alihankkijoiden kesken, vaan yritysten suhdetta kuvaa pitkä-aikaisuus, molemminpuolinen riippuvuus toisistaan ja yhteistyö.

Verkostotoiminta on pitkälle vietyä ”valistunutta” ulkoistamista. Se vaatii pitkäaikaista yhteistyösuhdetta toistuvan kovan kilpailuttamisen sijaan. Toimintojen ulkoistaminen hyödyttää ainoastaan silloin kun sen tuomat kustannussäästöt ovat suuremmat kuin siitä aiheutuvat transaktiokustannukset. Vain pitkäjänteisessä yhteistyössä todelliset hyödyt realisoituvat, säästöt kasvavat ja transaktiokustannukset pienenevät. Kokemukset autoteollisuudessa ovat osoittaneet kokonaishyödyn marginaalisuuden ellei päästä partnership-yhteistyöhön. Jatkuvaan kilpailuttamiseen sisältyy liikaa kustannuksia.²

Yhteistyössä ei ole kysymys pelkästä kaupasta. Hinta ei ole ainoa tai pääasiallinen tekijä toimittajaa valittaessa. Kysymys on enemmänkin keskinäisestä luottamuksesta ja eduista, joita syntyy esimerkiksi teknologioiden komplementaarisuudesta tai kannustimista jakaa riskejä³. Verkottuneet yritykset ovat tiiviissä yhteistyössä niin tuotantoprosessin eri vaiheissa olevien yritysten kanssa kuin saman portaan yritysten kanssa. Tuotantoa ja tuotteita sovitetaan toisten yritysten tuotantomenetelmiin ja tuotteisiin yhteensopiviksi.

Myös perinteisesti yhteistyön ulkopuolella olleella alueella, tutkimus- ja kehitystyössä, yhteistyön kasvu on vauhdittunut. Suuryritykset lisääntyvässä määrin keskittävät oman tuotekehityksensä tiettyihin, toiminnan kannalta kriittisiin, osa-alueisiin ja täydentävät jäljelle jääneitä aukkoja yhteistyöllä muiden liike-elämän tahojen, kuten tutkimuslaitosten, korkeakoulujen ja pk-yritysten kanssa⁴. Tutkimusyhteistyö jopa kilpailijoiden kesken on nykyään yleistynyt. Kasvua on vauhdittanut ennen kaikkea tutkimuskustannusten kasvu⁵, mutta myös teknologiseen kehitykseen liittyvän riskin kaihtaminen⁶. Toisaalta myös edellä mainittu tuotteiden komplementaarisuus on merkittävä syy tehdä yhteistyössä perusratkaisuja. Yhteistyössä luottamuksella on merkittävä sija.

Inhimillisen kommunikaation toimivuus verkottuneiden toimijoiden välillä on välttämätöntä. Viestinnän yritysten välillä on toimittava niin, että yritykset puhuvat samaa kieltä eli ymmärtävät asiat samalla tavalla ja käyttävät samoja käsitteitä. Kaikkien osapuolten on ymmärrettävä yritysten väliset suhteet samalla tavalla.

Toimitukset ovat muuttuneet pitkälti alihankinnasta järjestelmätoimituksiksi. Kauppaa käydään palveluiden ja tavaroiden kokonaisuuksilla, asiakkaan tarvitsemilla järjestelmillä. Osahankkijat eivät enää toimita raaka-aineita ja massatuotteita, vaan osaamiseen ja henkiseen pääomaan perustuvia kokonaisuuksia. Usein osatoimittaja hallinnoi omaa osatoimittajaverkostoaan. Yritykset tarvitsevat kumppaneita voidakseen säilyttää

¹ TT 1997. Nimitys on sikäli harhaanjohtava, että kyse on tuotantoa laajemmasta yhteistyöstä. Tähän palataan alempana.

² Ranta 1998, 18.

³ Ylä-Anttila & Lovio 1990, 7.

⁴ Heikkilä 1994, 7.

⁵ Ollus ym. 1990, 43.

⁶ Ylä-Anttila & Lovio 1990, 7.

erikoistumisesta tulevat edut ja voidakseen tuottaa samalla asiakkaiden tarvitsemia kokonaisuuksia. Lisäksi toimittaja ja asiakas kasvavat kiinni toisiinsa, koska myytävät tuotteet räätälöidään usein tilaajan toivomusten mukaisesti¹.

Seuraavalla taulukolla voidaan havainnollistaa yritysten välisen yhteistyön kehitystä. Taulukko perustuu Teollisuuden ja työnantajien keskusliiton vuonna 1997 tekemään tuotantoyhteistyökyselyyn, johon osallistui 90 päähankkijaa ja 66 osatoimittajaa tai alihankkijaa. Selvityksessä vastaajia pyydettiin jakamaan ostot ja toimitukset vuosilta 1993 ja 1996 sekä arvio vuodelle 1999 eri sopimusluokkiin². Vastausten jakautumat sopimusmuodoittain on laskettu vastaajien ostojen ja toimitusten määrien mukaan painotetuista arvoista.

TAULUKKO 1. Yritysten välisen sopimusmuotojen kehitys³.

| Päähankkijoiden ostojen jakautuma sopimusmuodoittain %: | | | |
|--|------|------|--------------|
| | 1993 | 1996 | 1999 (arvio) |
| Partnership | 18 | 24 | 32 |
| Vuosisopimus | 47 | 44 | 41 |
| Projektikohtainen | 21 | 20 | 19 |
| Jokin muu | 14 | 12 | 8 |
| Yhteensä | 100 | 100 | 100 |
| Osatoimittajien toimitusten jakautuminen sopimusmuodoittain %: | | | |
| | 1993 | 1996 | 1999 (arvio) |
| Partnership | 19 | 25 | 31 |
| Vuosisopimus | 48 | 46 | 44 |
| Projektikohtainen | 19 | 17 | 14 |
| Jokin muu | 14 | 12 | 11 |
| Yhteensä | 100 | 100 | 100 |

Toimitusten sopimus pohja on voimakkaasti muuttumassa. Perinteisen kertaluonteisen alihankinnan osuus vähenee niin päähankkijoiden kuin osatoimittajienkin näkemysten mukaan ja pitkäaikaisempien sopimusmuotojen osuus lisääntyy. Päähankkijoiden mukaan partnership-sopimusten osuus kaikista ostoista lisääntyisi 18 %:sta (vuonna 1993) 32 %:iin (vuonna 1999). Vastaavasti perinteisen alihankinnan osuus puolittuisi samana ajanjaksona.⁴

2.1.4 Fyysinen etäisyys

Erikoistuminen ja työnjako tulevat syventymään jokaisen infrastruktuurin kehitysaskelen sekä kuljetus- ja kommunikaatioinnovaation myötä. Yhä suurempi osa toimintojen ulkoistamisesta tulee teknologisen kehityksen myötä kannattavaksi. Talouden globalisoituminen on nimenomaan kuljetus- ja kommunikaatioinnovaatioiden seurausta. Juuri etäisyyden merkityksen väheneminen on mahdollistanut työnjaon kehittymisen nykyiselle⁵. Aiemmin tuotannon tehokkuutta tarkasteltiin hyvin pitkälti yksittäisen toiminnon näkökulmasta. Nytemmin on siirrytty tarkastelemaan tehokkuutta koko toimintoketjun

¹ Ylä-Anttila & Paija 1998, 95.

² Partnership -suhteella tarkoitetaan pysyvää toimitussuhdetta, vuosisopimuksella tarkoitetaan yhdeksi tai useammaksi vuodeksi tehtyä toimitussopimusta, projektikohtaisella sopimuksella tarkoitetaan tiettyä hankekohtaista sopimussuhdetta ja jokin muu -ryhmään kuuluvat lähinnä kertaluonteiset, satunnaisesti toistuvat alihankintatoimitukset.

³ TT 1997, 8.

⁴ Lisätietoja selvityksestä ks. TT 1997.

⁵ Maskell 1998, 15.

näkökulmasta. Olennaista on, että taloudellista toimintaa tarkastellaan myös tavara- ja tietovirtojen näkökulmasta eikä ainoastaan erillisten tuotantoprosessien näkökulmasta¹.

Tuotesukupolvien nopean uusiutumisen vuoksi logistiikan kehitys on välttämättömyys. Massatuotannossa kaikkiin logistisiin ongelmiin pyrittiin vastaamaan lisäämällä eri vaiheisiin puskurivarastoja². Lyhyiden tuotesykliden aikana varastossa olevat tuotteet vanhenevat nopeasti. Lisäksi tuotteet ovat usein yksilöllisiä, jolloin tavaraa ei valmisteta varastoon ja sitten etsitä ostajaa, vaan ensin myydään ja sitten valmistetaan. Logistiikan hallinnassa tietoverkkojen olemassaolo on ehdottoman tärkeää. Vaikka yritys ulkoistaa esimerkiksi kuljetukset, se haluaa silti hallita ne. Yritys haluaa tietää missä tavara kulloinkin sijaitsee. Kokonaislogistiikan nopeuttaminen ei ole kuitenkaan riippuvainen ainoastaan tekniikasta. Kyse on myös organisatorisesta yhteistyöstä yrityksen ja yritysten eri toimintojen välillä.

Hyödykkeiden lisäksi myös tieto kulkee yritysten välillä. Informaatioteknologia on mullistanut tiedonkulun, ja usein ajatellaan informaation kulkevan nopeasti ja ilman kustannuksia ympäri maailmaa. Kuitenkin huipputeknologia-alojen keskittyminen tiettyihin kohteisiin kuten Yhdysvaltojen Silicon Valley'n tai Suomessa Oulun seudulle tai Espoon Otaniemeen viittaa siihen, että informaatioteknologian kehittyminen ei ole kuitenkaan kokonaan poistanut fyysisen etäisyyden merkitystä. Tämä voi johtua uusien ideoiden levittävän ammattitaitoisen työvoiman jokseenkin rajoitetusta maantieteellisestä liikkuvuudesta, tai maantieteellisesti lähellä toisiaan sijaitsevien yritysten suuremmasta alttiudesta läheisten kilpailijoidensa tuotteille³.

Rajanveto kotimaisen ja kansainvälisen välillä ei ole verkottumisen yhteydessä mielekästä. Rajaa on vaikea, ellei mahdoton vetää, koska verkot ovat laajoja ja päällekkäisiä. Yritysten kontaktit ovat aina enemmän tai vähemmän kansainvälisiä. Suuryritysten kansainvälistyminen on vetämässä myös pieniä osa- ja alihankkijoita sekä sopimusvalmistajia mukaan kansainväliseen kilpailuun. Yritysrakenne onkin muuttumassa uudella tavalla: suurten ja perinteisesti toimivien monikansallisten yritysten rinnalle on tulossa kansainvälisesti toimivien alihankkijoiden ja sopimusvalmistajien joukko, joista osa voi kasvaa nopeastikin jopa globaaleiksi suuryrityksiksi⁴.

2.1.5 Koordinaatio, ongelmat ja kustannukset

Jotta verkottuminen ylipäättään kannattaa on siitä koituvien hyötyjen oltava tietysti suuremmat kuin aiheutuvien ongelmien. Verkottumiseen liittyy ongelmia ja edellytyksiä joita ei synny, kun toiminnot suoritetaan yrityksen sisällä. Ongelmat liittyvät pitkälti verkon hallintaan, luottamukseen, informaation kulkuun ja transaktiokustannuksiin.

Verkoston koordinointiin sisältyy transaktiokustannuksia. Erillisten yritysten toimintojen hallinnointi ja tiedonkulun järjestäminen on haastava tehtävä. Haasteellisuus verkon hallinnoinnissa syntyy erityisesti silloin kun jotkut verkon jäsenet kuuluvat useisiin kilpaileviin verkostoihin. Verkon toiminnassa on yhtäältä olennaista sujuva tiedon kulku, mutta toisaalta halutaan välttää yksittäisten yritysten opportunistista käyttäytymistä. Tietosuojan pitää toimia hyvin verkossa toimivissa yrityksissä.

¹ Lovio 1994, 100.

² Ollus ym. 1990, 30 – 32.

³ Grossman & Helpman 1994, 39.

⁴ Ylä-Anttila & Pajja 1998, 92.

Verkon toimivuus voi perustua sopimuksiin, mutta sopimuksin on vaikea kattaa kaikkia kysymyksiä, erityisesti silloin kun yhteistyö perustuu osaamiseen ja henkiseen pääomaan sekä yhteistyöhön kehitysprojekteissa. Yhteinen etu ja luottamus ovat tällöin merkittävässä asemassa. Yhteistyössä toimimisen hyötyjen on oltava suuremmat kuin opportunistisen käyttäytymisen, jottei synny kannustimia pettää yhteistyökumppaneita. Pitkäaikaisissa yhteistyösuhteissa onkin luottamuksen tuomaa vakautta.

Suuryritysten paremmuutta on muiden tekijöiden, kuten markkinointiosaamisen, ohella perusteltu niiden saavuttamalla informaatio- ja transaktiokustannusten säästämällä suhteessa pieniin yrityksiin. Kuitenkin viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana suuryritysten byrokratisoitumiseen, informaatiokatkoksiin, joustamattomuuteen ja vääriin kannustimiin on kiinnitetty yhä enemmän huomiota. Tämä on kasvattanut yritysten välisen yhteistyön ominaisuuksiin kiinnittyvää huomiota.¹

Verkottumisen ongelmiin kuuluu myös pk-yritysten suhde suuryrityksiin. Kriitikoiden mukaan verkostoituminen perustuu pk-yritysten passiiviseen sopeutumiseen, eli tavoitteistaan tinkimiseen, ja suuryritysten pyrkimykseen valjastaa pk-yritykset paikkaamaan omia organisatorisia puutteitaan ja kantamaan myynti- ja tuotantoriskit puolestaan². Tilanne on kuitenkin usein sellainen, että päähankkija on hyvin riippuvainen järjestelmätoimittajistaan. Tämä tilanne syntyy siitä, että osatoimittajat toimittavat usein paljon henkistä pääomaa vaativia järjestelmäkokonaisuuksia. Tällaisen toimittajan vaihtaminen ei ole kustannuksetonta.

Vaikka joustavuus on verkottumisen tärkeä etu, toimintaympäristön radikaalien muutosten yhteydessä verkostokin saattaa osoittautua hyvinkin jäykäksi. Yritysten väliset suhteet ja toimintatavat saattavat vakiintua liiaksi, jolloin joustavuus ja luovuus katoaa. Hyväksi havaitut toimintatavat voivat heikentää kykyä tarkastella vaihtoehtoisia tapoja, tulkintoja ja toimintamalleja, eikä kontakteja verkoston ulkopuolelle rakenneta³.

Verkko voi olla myös helposti haavoittuva. Yhden linkin katkeaminen voi lamaannuttaa koko verkon toiminnan. Tällaisia tilanteita voi syntyä esimerkiksi tulipalon tuhotessa yhden yrityksen tuotantolaitoksen tai jonkin yrityksen konkurssin vuoksi. Tällaisten tilanteiden varalta pitää olla "varaventiilejä", joiden turvin verkko selviytyy sokeista. Päähankkijat saattavat pitää yllä suhteita ylimääräisiin osahankkijoihin tilaamalla säännöllisesti pieniä eriä, jotta tarvittaessa kyseisiä yrityksiä voidaan käyttää varakapasiteettina. Pienimuotoinen oma tuotanto on yksi varajärjestelmämuoto. Kaikki tämän tyyppiset toimenpiteet lisäävät tietysti kustannuksia.

Tässä luvussa on puhuttu paljon teknologian merkityksestä ja viitattu verkottumisen yhteydessä huipputekniikan aloihin. Suomessa verkottumisajattelu soveltuu parhaiten elektroniikkateollisuuteen. Onkin sanottava, että verkostomuotoinen tuotantoarkkitehtuuri ei välttämättä ole ratkaisu ja oikea toimintatapa kaikille aloille – toisaalta nopean muutoksen aloilla se on usein taloudellinen välttämättömyys⁴. Monilla aloilla, joilla tuotantoa on vaikea hajauttaa, "fordistinen" massatuotantomalli tulee säilymään. Esimerkkinä voidaan ajatella

¹ Bayer 1994, 2.

² Paija 1998, 55.

³ Mt., 53 – 54.

⁴ Ranta 1998, 26.

paperin tuotantoprosessia, jota on vaikea hajauttaa. Tällaisillakin aloilla on ulkoistaminen kuitenkin yleistynyt. Tukitoimintojen, kuten huollon, kuljetusten tai atk-tuen, ulkoistamisessa on menty varsin pitkälle.

2.2 Verkottuminen, resurssien allokaatio ja tuottavuus

Perinteisessä, toiminnoiltaan monipuolisessa, yrityksessä osa yrityksen resursseista saattaa olla vajaakäytössä. Ratkaisuna ongelmaan voidaan ajatella yrityksen aktiviteettien määrän laajentamista vapaana olevien resurssien käyttöönottamiseksi. Toinen vaihtoehto on keskittää yrityksen toiminta ainoastaan erikoisosaamiseen ja ulkoistaa muut toiminnot. Vajaakäytössä olevista resursseista hankkiudutaan eroon, ja ulkoistetut toiminnot suorittaa joku, joka pystyy tekemään ne tehokkaammin¹. Tällöin yritysten käyttämät resurssit tulevat tehokkaaseen käyttöön. Jälkimmäinen vaihtoehto on yhä laajemmin käytössä.

2.2.1 Yrityksen ydintoiminnot

Yrityksen menestys perustuu erikoisosaamiseen jollakin erityisalueella. Suuri osa toiminnasta saattaa olla yksinkertaista tai rutiininomaista jollekin yritykselle, ja ainoastaan tietyn toiminta-alueen erityisosaaminen on yritykselle ratkaisevan tärkeää. Niin kauan kuin tämän osaamisen oppiminen on vaikeaa, yrityksellä on osaamisellaan lokaali monopoli². Keskittymällä ydinosaamiseensa ja sen kehittämiseen yritykset pyrkivät parantamaan kilpailukykyään. Ydinosaamiseen kuulumattomat tarpeet tyydytetään verkottumalla³. Yrityksen resurssit ohjautuvat tällöin tehokkaampaan käyttöön, kun niitä ei tuhlata toimintoihin, jotka ovat jonkun muun erikoisalaa ja jotka siis joku muu pystyy tuottamaan tehokkaammin.

Tiedon hallinnointi on ehdottoman tärkeä tekijä. Kun tuotantoprosessi on pitkälle hajautettu, avainasemassa on se, joka hallinnoi prosessia, ja jolla on hallussaan tuotantotoimintaan tarvittava henkinen pääoma ja osaaminen. Yritykset toimivat ympäristössä, jossa valtteja ovat yhtäältä erikoistuminen ja osaaminen, toisaalta nopeus ja joustavuus. Tällöin tieto, sen saatavuus ja hallinta muodostuvat tärkeiksi tekijöiksi⁴.

Suurille yrityksille onkin tyypillistä, että ne keskittyvät nimenomaan tiedon ja tuotannon hallinnointiin. Niillä on innovaatio- ja tuotantoprosessiin vaadittava inhimillinen pääoma hallussaan. Tutkimus- ja kehitystoiminta tapahtuu pitkälti suurissa yrityksissä ja ne koordinoivat alihankkijoiden, sopimusvalmistajien ja järjestelmätoimittajien verkostoa. Varsinaista omaa tuotantotoimintaa niillä on itsellään yhä vähemmän. Ainoastaan sellainen toiminta, johon sisältyy yrityksen avainosaaminen pidetään itsellään. Muu toiminta ulkoistetaan.

Pienet ja keskisuuret yritykset toimivat usein suurten yritysten ulkoistettujen toimintojen suorittajina. Perinteisesti tätä toimintaa on kutsuttu alihankinnaksi. Tämä ei kuitenkaan kerro koko totuutta nykykäytännöstä. Alihankkijat ovat usein järjestelmätoimittajia ja sopimusvalmistajia, jotka tuottavat päähankkijalle kokonaisuuksia. Nämä yritykset koordinoivat puolestaan omaa alihankkijaverkostoaan, toimien samalla sekä päähankkijan että

¹ Maskell 1998, 1.

² Eliasson 1996, 130.

³ Ollus 1998, 5.

⁴ Ollus 1998, 4.

alihankkijan roolissa. Osatoimittajan rooli ei rajaudu ainoastaan pk-yrityksiin, sillä monet suuret yritykset toimivat myös osatoimittajina.

Vaikka kaikkien verkon jäsenten toiminta perustuu erityisosaamiseen, osaaminen ei kuitenkaan perustu samoihin tekijöihin. Jotkut yritykset keskittyvät tuotteiden suunnitteluun ja kehittämiseen, toiset keskittyvät komponenttien tai järjestelmien tuottamiseen. Suuryrityksen valtteina ovat usein tuotteisiin sisältyvän teknologian ja itse tuotantoprosessin hallinta sekä hyvin tärkeänä tekijänä markkinaosaaminen, kun osatoimittajan erikoistuminen perustuu jonkin tietyn teknologian ylivoimaiseen hallintaan ja joustavuuteen. Esimerkiksi taito käsitellä tiettyjä materiaaleja voi olla yrityksen valttina tai kyky joustavasti muuttaa tuotteita tai tuotantomääriä päähankkijan toivomusten mukaan. Tällaiset yritykset eivät myy niinkään tuotteita vaan kapasiteettia¹.

2.2.2 Verkottuminen ja teknologinen kehitys

Koska yhä suurempi osa hyödykkeiden arvosta perustuu tietoon ja teknologiaan, niiden merkitys tuotantopanoksina kasvaa yhä suuremmaksi. Tämän vuoksi näiden kehittäminen on yrityksille yhä tärkeämpää. Yrityksen on menestyäkseen huolehdittava siitä, että sen osaamisen, teknologian ja henkisen pääoman taso kehittyy ympäristön kehityksen mukana tai jopa sen edellä.

Verkottumisen ja erikoistumisen ansiosta yritysten resurssit kohdentuvat tehokkaasti keskeisiin toimintoihin. Tällä tavoin yritykset säästävät tehottomassa käytössä olleita voimavaroja, jotka ne voivat sijoittaa henkisen pääomatason kohottamiseen, osaamiseen ja uuteen teknologiaan. Verkottumisen avulla myös yritysten väliset teknologiavirrat paranevat. Näillä seikoilla on makrotaloudellisia seurauksia, sillä henkisen pääoman kasvu ja teknologinen kehitys ovat myös perusedellytyksiä taloudelliselle kasvulle.

Teknologinen kehitys ja henkisen pääoman kasvattaminen toteutuu erilaisten mekanismien avulla eri toimijoilla. Tutkimus- ja kehitystyö sekä koulutus ovat luonnollisesti tärkeitä, mutta ne kuuluvat ennenkaikkea suurten yritysten ja julkisen sektorin keinovalikoimaan. Pienillä ja keskisuurilla yrityksillä ei usein ole riittäviä voimavaroja näiden toteuttamiseen, minkä johdosta ne käyttävätkin muita keinoja. Tärkeä teknologian ja osaamisen lähde on tekemällä oppiminen, missä innovaatiot syntyvät itse työssä syntyvien parannusoivallusten ansiosta. Toinen merkittävä kehityksen lähde on teknologian diffuusio. Teknologiavirrat yritysten välillä tarjoavat yrityksille teknologista tietoa, jota ne voivat soveltaa omiin tarpeisiinsa. Näihin kehitysmekanismeihin palataan luvussa 4.

2.2.3 Verkottumisen ja teknologian vuorovaikutus

Innovaatiot ja teknologinen kehitys muuttavat taloudellista ympäristöä jatkuvasti. Ne muuttavat instituutioita ja rakenteita joissa taloudellinen toiminta tapahtuu. Koska teknologinen kehitys on pitkälti taloudelle endogeenista², taloudellinen ympäristö luo olosuhteet, joissa teknologinen kehitys tapahtuu. Talouden ja teknologian välillä vallitsee kaksisuuntainen vuorovaikutus, jossa teknologinen kehitys muokkaa taloudellisia olosuhteita, joiden perustalta teknologinen kehitys tapahtuu. Tämän johdosta taloudellisten instituutioiden

¹ Ollus ym. 1990, 35.

² Väitettä perustellaan seuraavissa luvuissa.

ja rakenteiden on oltava sellaisia, että ne muuttuvat teknologisen kehityksen mukana, yhtäältä sopeutuen kehitykseen, toisaalta edistäen sitä.

Talouden verkottuminen on kehittynyt reaktiona taloudellisen ja teknologisen ympäristön muutokseen. Verkottuminen kuitenkin edistää teknologista kehitystä ja tällä tavoin muuttaa taloudellista ympäristöä. Verkottumisessa toteutuu kasvulle tärkeä taloudellisen ympäristön ja teknologisen kehityksen dynaaminen vuorovaikutus. Tämä vuorovaikutus on endogeenisen kasvuteorian ydin.

2.3 Päätelmät

Verkottuminen on kehittynyt yritysten taloudellisen ja teknologisen ympäristön kehityksen seurauksena. Muutokset tuotantoteknologioissa, tuotteissa ja kysynnässä ovat luoneet yrityksille uudenlaisen toimintaympäristön, johon niiden on täytynyt sopeutua. Uusi toimintaympäristö on nostanut esiin yritysten avaintoimintojen tärkeyden. Erityisosaaminen on aina ollut tärkeää yritykselle, mutta erityisesti nykyisen teknologisen kehityksen vuoksi tämä merkitys on kasvanut entisestään. Kun yritykselle vähemmän tärkeät toiminnot ulkoistetaan, vapautetaan resursseja erityisosaamisen kehittämiseen. Tämä vaikuttaa aggregaattitasolla teknologiseen kehitykseen. Ulkoistamisen ja erikoistumisen myötä edellytykset tekemällä oppimiselle paranevat ja välttämättömät tiiviit verkostomaiset suhteet luovat hedelmällisen ympäristön teknologian diffuusiolle yritysten välillä.

Uusi toimintaympäristö pakottaa yritykset kohdentamaan voimavarojaan yhä tehokkaammin ja etsimään uusia mahdollisuuksia yhdistää oma erityisosaaminen muiden yritysten erityisosaamisen kanssa. Vanhoissa yritysorganisaatioissa nämä yhdistelmät saattavat perustua jo vanhentuneeseen teknologiaan ja osaamiseen, mikä aiheuttaa voimavarojen tehotonta kohdentumista. Niinpä yritysten on vastattava teknologiseen kehitykseen dynaamisella prosessilla, joka sopeutuu teknologiseen kehitykseen ja muutoksiin taloudellisessa ympäristössä. Koska talouden ja teknologian sekä talouden organisaation vuorovaikutus on kaksisuuntainen, yritysorganisaatioiden kehitys vaikuttaa myös talouden ja teknologian kehitykseen. Tämä on tärkeä seikka kun pyritään parantamaan talouden suotuisaa kehitystä ja talouden kasvumahdollisuuksia.

Pitkän aikavälin kasvun aikaansaamiseksi on tärkeää parantaa kokonaistuottavuutta taloudessa. Jotta vaikutukset olisivat kestäviä, kokonaistuottavuuden kasvun on oltava jatkuvaa eikä kertaluontoista. Tällöin siis kasvua generoivien mekanismien on oltava dynaamisia prosesseja, eikä kertaluontoisia talouteen kohdistettuja sokkeja.

Talouden verkottuminen on dynaaminen prosessi, jossa resurssit allokoituvat yhä tehokkaammin ja teknologinen kehitys nopeutuu. Arvoketjun osien yhdistäminen aina uusilla tavoilla tarjoaa mahdollisuuksia uusien, tehokkaampien ja tuottavampien tuotteiden ja tuotantomenetelmien kehittämiseen. Arvoketjun osien hajottaminen yritysten kesken mahdollistaa yritysten keskittymisen erityisosaamiseensa ja siten uusien innovaatioiden synnyn. Tiiviit yhteistyösuhteet niin tuotannossa kuin tutkimus- ja kehitystyössä lisäävät teknologian diffuusiota taloudessa, mikä synnyttää uutta teknologiaa ja osaamista talouteen. Verkottuminen toimii tiedon ja teknologian akkumulaation lähteenä, ja institutionaalisen rakenteena verkottuminen on osa tiedon kasvua. Tämä tietoa ja teknologiaa kehittävä vaikutus yhdistää verkottumisen talouskasvuun.

3 KASVUMALLEJA

Edellä kuvattiin talouden verkottumista ja verkostotalouden luonnetta. Talouden verkottuminen on seurausta yhä enemmän tietoon, osaamiseen ja teknologiaan perustuvasta tuotannosta. Muutokset ovat olleet suuria niin tuotteissa kuin tuotantoteknologiassa. Teknologinen kehitys on tehnyt verkottumisen mahdolliseksi, mutta verkottuminen vaikuttaa myös teknologiseen kehitykseen.

Tässä luvussa tehdään katsaus kasvuteoriaan suhteellisen yleisellä tasolla. Tarkoitus on luoda pohjaa verkottumisen tarkasteluun kasvuteoreettisessa viitekehyksessä sekä tarkastella verkottumisen ja talouskasvun yhteyden sijoittumista kasvuteoreettiseen kirjallisuuteen. Verkottumista ja kasvua yhdistävänä tekijänä toimii tiedon ja teknologian keskeisyys. Taustana ja vertailukohtana esitellään Solowin kasvumalli, jossa teknologinen kehitys toimii pitkän aikavälin kasvun lähteenä. Teknologia ja sen kehitys ovat malleissa kuitenkin eksogeenisiä, mikä on merkittävä puute. Tämän johdosta painopiste on endogeenisen kasvun malleissa, jotka tarjoavat mielekkäämmät lähtökohdat verkottumisen kasvuvaikutuksien tutkimiseen. Näissä malleissa teknologinen kehitys mallinnetaan, mikä lisää niiden selitysvoimaa merkittäväällä tavalla.

Aluksi keskitytään Solowin kasvumalliin, joka on peruslähtökohta lähes kaikelle kasvuanalyysille. Mallin esittely on perusteltua myös siksi, että uudemmat mallit sisältävät paljon Solowin mallin aineksia, ja siksi, että suuresti Solowin mallista poikkeavienkin mallien anti avautuu parhaiten, kun niitä tarkastelee suhteessa Solowin malliin. Tässä yhteydessä pohditaan mallin kykyä vastata kasvuun liittyviin tärkeimpiin kysymyksiin. Seuraavaksi esitellään uutta eli endogeenista kasvuteoriaa. Tässä tehdään jaottelu kahteen suuntaukseen, tuotekehitysmalleihin ja henkisen pääoman malleihin. Ensimmäisessä suuntauksessa mallinnetaan teknologian kehitys ja tiedon karttuminen osaksi kasvuprosessia. Toisessa suuntauksessa malleihin sisällytetään fyysisen pääoman lisäksi henkinen pääoma. Näitä malleja rinnastetaan Solowin malliin ja tarkastellaan niiden kykyä vastata kasvun problematiikkaan. Lopuksi esitetään tiivistelmä mallien tuloksista ja päätelmät verkottumisen kasvuvaikutuksien tarkastelua silmällä pitäen.

3.1 Solowin kasvumalli¹

Solowin malli tutkii sitä, kuinka kokonaistulojen jakautuminen kulutukseen ja investointeihin vaikuttaa pääoman kasautumiseen ja talouskasvuun. Muita potentiaalisia kasvun lähteitä, kuten teknologiaa, pidetään joko eksogeenisinä tai niitä ei sisällytetä malliin lainkaan. Solowin mallin ymmärtäminen on tärkeää kasvuteorioiden ymmärtämiseksi. Vaikka se ei pystykään vastaamaan talouskasvuun liittyviin kysymyksiin tyhjentävästi, on se kuitenkin erittäin hyödyllinen ongelmanasettelun esille saattamiseksi ja teoreettisten vaihtoehtojen kartoittamiseksi².

¹ Kasvumallien esittelyssä seurataan pitkälti David Romerin (1996) ja Barron & Sala-i-Martinin (1995) esitystä. Erillisiä viittauksia kyseisiin lähteisiin ei tehdä.

² Lucas 1993, 253.

3.1.1 Mallin rakenne

Solowin malli perustuu tuotantofunktio ajatteluun¹, jonka mukaan yleinen kasvuteoria voidaan esittää tuotantofunktion avulla. Malli perustuu tuotantofunktioon, jossa tuotanto syntyy kahden panoksen, pääoman (K) ja työvoiman (L), sekä käytettävissä olevan tuotantoteknologian (A) avulla:

$$(1) \quad Y(t) = F(K(t), A(t)L(t)),$$

jossa t on aika. Tuotantofunktio on neoklassista muotoa, koska se täyttää seuraavat kolme ehtoa². Ensinnäkin, kummallakin panoksella yksinään on positiivinen ja aleneva rajatuottavuus. Kun yhtä panosta lisätään lisäämättä toista panosta, alenee lisätyn panoksen rajatuottavuus. Toiseksi, tuotantofunktiolla on vakiot skaalatuotot; kerrottaessa molempien panoksien määrä jollakin vakiolla tuotannon määrä kertautuu samassa suhteessa. Kolmanneksi, Inada-ehdot ovat voimassa: $\lim_{k \rightarrow 0} f'(k) = \infty$ ja $\lim_{k \rightarrow \infty} f'(k) = 0$. Tällöin pääoman rajatuottavuus lähestyy ääretöntä, kun pääoman määrä lähestyy nollaa, ja rajatuottavuus lähenee nollaa, kun pääomakanta lähestyy ääretöntä. Inada-ehdot pätevät myös työvoimaan.

Lisäksi muiden tuotantotekijöiden kuin pääoman ja työvoiman oletetaan olevan merkityksettömiä. Esimerkiksi maan ja luonnonvarojen rooli katsotaan merkityksettömäksi. Tuotantofunktioon pätee myös $F(K(t), 0) = F(0, L(t)) = F(0, 0) = 0$ kaikilla K :n ja L :n arvoilla. Toisin sanoen tuotantoon tarvitaan molempia panoksia.

Vakioisten skaalatuottojen seurauksena tuotantofunktio voidaan esittää seuraavassa muodossa, kun se kerrotaan termillä $1/AL$:

$$(2) \quad y = f(k),$$

jossa y on Y/AL eli tuotanto efektiivistä työvoimayksikköä (unit of effective labor) kohden ja k on K/AL eli pääoma efektiivistä työvoimayksikköä kohden. Työvoima-termi supistuu pois yhtälöstä. Tätä yhtälöä on helpompi käyttää mallia käsiteltäessä.

Loput mallin oletuksista koskevat pääoman, työvoiman ja tuotantoteknologian kehitystä ajassa. Muuttujien lähtöarvot (hetkellä $t = 0$) oletetaan annetuiksi. Työvoiman ja tuotantoteknologian kasvuvauhtien oletetaan olevan vakioita ja eksogeenisia eli mallin ulkopuolelta annettuja.

Tällöin

$$(3) \quad \dot{L}(t) = \eta L(t) \quad \text{tai} \quad \frac{\dot{L}(t)}{L(t)} = \eta,$$

¹ Sørensen 1996, 4.

² Barro & Sala-i-Martin 1995, 16.

$$(4) \quad \dot{A}(t) = gA(t) \quad \text{tai} \quad \frac{\dot{A}(t)}{A(t)} = g.$$

Pääoman muodostuminen tapahtuu investointien avulla. Mallin oletuksien mukaan talous on suljettu, jolloin investoinnit ovat yhtä suuret kuin säästäminen. Näin ollen pääoman muodostuminen riippuu säästämisestä. Säästämisasteen oletetaan olevan eksogeeninen ja vakio. Pääomaan vaikuttaa myös sen kuluminen eli poistot, jota kuvataan termillä δ . Näiden oletuksien avulla voidaan muodostaa pääomakannan kehitystä kuvaava yhtälö:

$$(5) \quad \dot{K}(t) = sY(t) - \delta K(t).$$

Parametrien η , g ja δ summan on oltava positiivinen.

3.1.2 Mallin dynamiikka

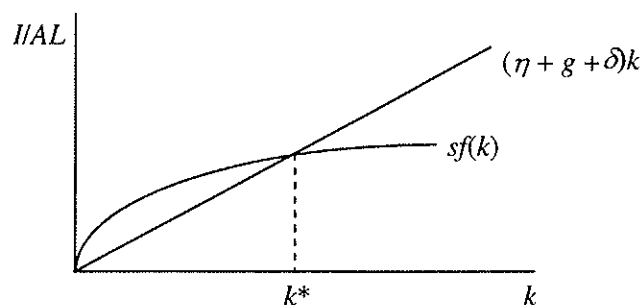
Yhtälö (5) kuvasi pääomakannan kehitystä ajassa. Yhtälö voidaan esittää intensiivisessä muodossa kertomalla se termillä $1/AL$, jolloin saadaan seuraava yhtälö¹:

$$(6) \quad \dot{k}(t) = sf(k) - (\eta + g + \delta)k(t).$$

Tämä on Solowin mallin tärkein yhtälö, sillä sen avulla voidaan analysoida talouden käyttäytymistä. Sen mukaan pääomakannan muutosvauhti on kahden termin erotus. Ensimmäinen termi oikealla, $sf(k)$, kuvaa säästämistä efektiivistä työvoimayksikköä kohden. Säästämisaste on vakio-osuus kokonaistuotannosta. Toinen termi puolestaan kuvaa sellaista investointien tasoa, jolla pääomakanta efektiivistä työvoimayksikköä kohden pysyy muuttumattomana (break even investment). Termi δk osoittaa määrän, joka pitää investoida pääoman kulumisen korvaamiseksi. Tällöin pääomakanta pysyy vakiona. Mutta tämä ei kuitenkaan riitä, sillä työvoiman ja tuotantoteknologian kasvaessa pääoma työtehoyksikköä kohden pienenee. Lisäksi pitää siis investoida pääoman ja tuotantoteknologian kasvuvauhtia vastaavasti määrä $(\eta + g)k$ pääomakannan pitämiseksi vakiona efektiivistä työvoimayksikköä kohden.

Kun investoinnit ylittävät break even -tason ($k < k^*$), pääomakanta kasvaa. Kun investoinnit ovat kyseistä tasoa pienemmät ($k > k^*$), pääomakanta supistuu. Investointien ollessa break even -tason kanssa yhtä suuria ($k = k^*$) pääomakanta pysyy muuttumattomana. Toisin sanoen, riippumatta siitä, mikä on pääomakannan lähtöarvo, k konvergoituu aina kohti pistettä k^* .

¹ Yhtälön johtaminen ks. David Romer 1996, 13.

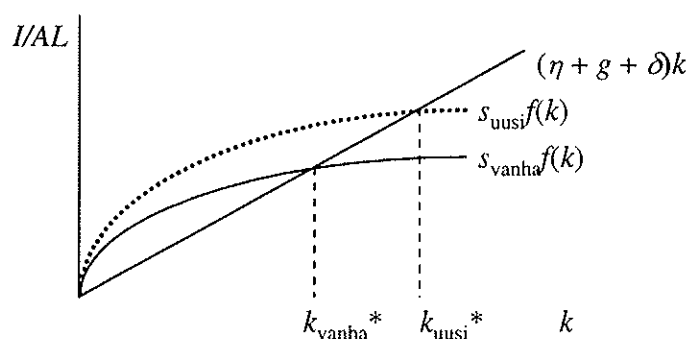
KUVIO 1. Todellinen ja break even -investointi.

Mallin perustulos nousee esiin, kun tarkastellaan muuttujien käyttäytymistä pisteessä $k = k^*$. Edellä todettiin, että työvoima ja tuotantoteknologia kasvavat vauhdilla η ja g . Pääomakanta voidaan esittää muodossa $K = ALk$ (koska $k = 1/AL \cdot K$). Pisteessä k^* k on vakio. Tämän seurauksena pääomakanta (K) kasvaa vauhdilla $\eta + g$. Kun sekä efektiivinen työvoima että pääoma kasvavat vauhdilla $\eta + g$, seuraa vakio skaalatuotoista, että myös kokonaistuotanto (Y) kasvaa vauhdilla $\eta + g$. Pääoma työntekijää kohden (K/L) ja tuotanto työntekijää kohden (Y/L) kasvavat tällöin tuotantoteknologian kasvuvauhdilla (g).

Solowin mallissa talous konvergoituu, lähtökohdasta riippumatta, tasapainoiselle kasvu-uralle, jossa kukin mallin muuttuja kasvaa vakioisella vauhdilla. Edellä todetun perusteella tuotannon kasvuvauhti henkeä kohden riippuu tasapainoisella kasvu-uralla yksinomaan tuotantoteknologian kehityksen vauhdista.

3.1.3 Säästämisasteen muutoksen vaikutus

Säästämisaste on mallin muuttujista se, johon talouspolitiikka todennäköisimmin vaikuttaa. Julkisen vallan valinnat kulutus ja investointihyödykkeiden välillä, tulojen hankkiminen verojen tai velkojen muodossa tai säästämiseen ja investointeihin kohdistettu verotus vaikuttavat kaikki säästämisasteeseen. Seuraavaksi tarkastellaan säästämisasteen muutoksen vaikutusta.

KUVIO 2. Säästämisasteen muutoksen vaikutus kasvuun.

Oletetaan talouden olevan tasapainoisella kasvu-uralla, kun säästämisasteessa tapahtuu pysyvä nousu. Tämä siirtää $sf(k)$ käyrää ylöspäin, minkä seurauksena k^* nousee. Tasoa k_{uusi}^* ei kuitenkaan saavuteta heti. Säästämisasteen muutoshetkellä k vastaa vanhaa k^* -tasoa. Tällä

tasolla todellinen investointi on break even -investointia suurempi, minkä seurauksena k :n muutos on positiivinen. Kasvu jatkuu uuteen pisteeseen k_{uusi}^* saakka, jossa se pysähtyy.

Nyt tarkastellaan, miten tuotanto henkeä kohden (Y/L) kasvaa säästämisasteen noustessa. Y/L on yhtä suuri kuin $Af(k)$. Kun k eli pääomakanta on vakio, Y/L :n kasvuvauhti on g eli tuotantoteknologian (A) kasvuvauhti. Kun k kasvaa, Y/L kasvaa sekä A :n kasvun että k :n kasvun johdosta. Kasvuvauhti on suurempi kuin g . Mutta kun k saavuttaa tason k_{uusi}^* , jossa k on jälleen vakio, kasvuvauhti palautuu takaisin pelkän A :n kasvuvauhdiksi. Y/L :n kasvuvauhti palaa siis alkuperäiseen vauhtiinsa g .

Näin ollen pysyvästä säästämisasteen kasvusta seuraa ainoastaan tilapäinen kasvun nopeutuminen. Aluksi k kasvaa, mutta jossakin vaiheessa saavutaan pisteeseen, jossa säästämisasteen kohoaminen joudutaan käyttämään kokonaan korkeamman pääomakannan ylläpitoon. Säästämisasteen muutoksella on siis tasovaikutus, mutta ei kasvuvaikutusta.

3.1.4 Keskeiset kysymykset

Solowin mallissa on kaksi muuttujaa, jotka voivat vaikuttaa tuotannon kasvattamiseen työntekijää kohden: pääoma työntekijää kohden (K/L) ja työvoiman tehokkuuteen vaikuttava tuotantoteknologia (A).

Pääomakannan muutosten kasvuvaikutukset ovat ainoastaan tilapäisiä, joten niillä ei voi selittää pitkän aikavälin kasvua. Vaikka kasvuvaikutukset olisivatkin niin pitkiä, ettei vaikutusten rajallisuudella olisi merkitystä, kasvuvauhtien vaihteluita ja maiden välisiä elintasoeroja selittävien pääomakannan muutosten olisi oltava niin suuria, etteivät ne olisi mahdollisia todellisuudessa. Kymmenkertainen kasvu kokonaistuotannossa (esimerkiksi Yhdysvalloissa viimeksi kuluneiden sadan vuoden aikana) vaatisi tuhatkertaisen muutoksen pääomassa työntekijää kohden¹.

Edellä on osoitettu, että ainoastaan A :n kasvu voi vaikuttaa pysyvästi tuotannon kasvuvauhtiin työntekijää kohden. Malli käsittelee kuitenkin puutteellisesti tuotantoteknologian (A) käsitettä. Erityisesti tuotantoteknologian pitäminen eksogeenisena muuttujana on mallin ongelma. Malli ottaa annettuna muuttujan, jota se pitää kasvun lähteenä. Tämä rajoittaa mallin selitysvoimaa, sillä on jokseenkin paradoksaalista selittää kasvua muuttujalla, jota ei selitetä mallissa.

Tähän kritiikkiin Solow on osittain yhtynyt, mutta hän on myös painottanut, ettei tuotantoteknologian pitäminen eksogeenisena tarkoita sen pitämistä vakiona, epävakaina tai mysteerisenä. Teknologisen kehityksen voidaan odottaa nopeutuvan tai hidastuvan ajoittain. Vaikka tällainen muutos olisikin ymmärrettävää, mutta vasta jälkitarkastelun valossa, on muutosta vaikea sisällyttää malliin. Solow katsoo myös, ettei neoklassisen kasvuteorian puitteissa kukaan ole tarkoituksellisesti pyrkinyt kieltämään teknologisen kehityksen olevan ainakin osittain endogeeninen taloudelle. Rahallisilla kannustimilla on vaikutusta teknologian kehitykselle, mutta on eri asia, pystyykö siitä sanomaan mitään sellaista, jonka voisi sisällyttää aggregaattikasvumalliin².

Toinen mallin puute on sen tapa määritellä tuotantoteknologia. Mallissa ei lainkaan määritellä, mitä tällä tarkoitetaan. Käsitettä käytetään yleisterminä kaikille tuotannon

¹ Ks. D. Romer 1996, 20 - 24 Solowin mallin kvantitatiivisista vaikutuksista.

² Solow 1994, 48.

kasvuvauhtiin vaikuttaville tekijöille pääomaa ja työvoimaa lukuun ottamatta. Uusi kasvuteoria on pureutunut nimenomaan näihin Solowin mallin puutteisiin. Siinä on pyritty endogenisoimaan työvoiman tehokkuus ja sen malleissa on syvennyt tarkemmin tuotantoteknologian käsitteeseen.

3.2 Endogeeninen kasvuteoria

Uusi kasvuteoria osoittaa talouskasvun syntyvän talouden endogeenisena tuotoksena, eikä talouden ulkopuolisten voimien tuloksena. 1980-luvulla käynnistynyt endogeenisen kasvun tutkimus¹ sisältää monipuolisen kokoelman teoreettista ja empiiristä työtä. Tämän tutkimuksen myötä kasvuteoria on jälleen noussut taloustieteen keskeiseksi tutkimuskohteeksi.

Tässä luvussa tarkastellaan endogeenisen kasvuteorian kahta valtavirtaa. Ensimmäinen suuntaus pitää kasvun lähteenä tiedon karttumista (knowledge accumulation). Tämä näkemys yhtyy pitkälti Solowin malliin, koska pääomakannan kasvulla ei katsota olevan merkittävää vaikutusta talouskasvuun. Ajattelu poikkeaa Solowista siten, että abstraktin tuotantoteknologia -käsitteen sijaan mallissa on keskeistä työvoiman tehokkuuden kasvu, joka määritellään tiedon karttumiseksi ja teknologiseksi kehitykseksi. Nämä mallinnetaan endogeenisiksi muuttujiksi, minkä lisäksi taloudellisten voimavarojen kohdentuminen talouden eri sektorien välillä nousee tärkeäksi tarkastelun kohteeksi. Tämän suuntauksen malleja kutsutaan tuotekehitysmalleiksi (research and development models).

Toisen näkemyksen mukaan pääoma on keskeinen kasvun lähde. Tässä pääoma nähdään kuitenkin Solowin mallia laajemmin, jolloin siihen sisällytetään myös henkinen pääoma (human capital). Kun pääoma nähdään tällä tavoin laajasti, on pääoman kasautumisella yksinään merkittäviä vaikutuksia kasvuun. Tällaisia malleja kutsutaan henkisen pääoman malleiksi (human capital models).

3.2.1 Tuotekehitysmallit

Tuotekehitysmalleja voidaan ajatella Solowin mallin jatkeena, jossa työvoiman tehokkuutta kuvaava muuttuja (A) määritellään tiedoksi tai teknologiaksi². A endogenisoidaan lisäämällä malliin tuotekehityssektori sekä mallintamalla uusien teknologioiden tuotanto ja talouden resurssien kohdentuminen niin kutsuttujen tavallisten hyödykkeiden tuotantoon ja tuotekehitystoimintaan.

Uusi teknologia syntyy tuotekehitysmalleissa suhteellisen mekaanisesti tuotantofunktion avulla. Siinä panoksina ovat työ, pääoma ja teknologia. Tämä ei luonnollisestikaan kuvaa teknologian kehitystä täydellisesti. Panokset eivät muutu tuotokseksi yhtä suoraviivaisesti kuin tavanomaisessa tuotannossa. On kuitenkin luontevaa ajatella, että sijoitettaessa enemmän voimavaroja teknologiseen kehitykseen syntyy myös enemmän uusia oivalluksia. Koska tutkimuksen kohteena on pitkän aikavälin kasvu, myös teknologista kehitystä tarkastellaan pitkällä aikavälillä. Tällöin teknologisen kehityksen sattumanvaraisuuden sisällyttäminen

¹ Uuden kasvuteorian pioneerityönä pidetään yleisesti Paul M. Romerin artikkelia (1986): Increasing Returns and Long-Run Growth, *Journal of Political Economy*, 94 (5).

² Käsitteitä tieto ja teknologia käytetään pitkälti synonyymeinä tässä esityksessä. Englanninkielisessä kirjallisuudessa käytetään termiä knowledge.

malliin ei tuo siihen ratkaisevia eroja¹. Esimerkkinä voidaan ajatella, että on paljon sattumasta kiinni, keksiikö tutkija parantavan lääkkeen aidiin vai ei. Mutta jos tutkijoita on paljon, heidän työnsä tuloksena syntyy paljon arvokkaita oivalluksia ja keksintöjä lääketieteen alalta, vaikka lääkettä aidiin ei keksittäisikään. Resurssien kohdistaminen vaikuttaa teknologian kehitykseen. Aggregaattitasolla ja pitkällä aikavälillä kehitys on endogeeninen.

3.2.1.1 Mallin rakenne

Kuten Solowin mallissa tässäkin mallissa muuttujina ovat pääoma (K), työvoima (L), teknologia (A) ja kokonaistuotanto (Y). Malli esitetään jatkuvassa ajassa. Taloudessa on kaksi sektoria: hyödykkeitä tuottava tuotantosektori ja tuotekehityssektori, jossa tuotetaan lisäyksiä tiedon ja teknologian tasoon. Tuotantopanokset jakautuvat sektorien välillä siten, että osuus a_L työvoimasta ja osuus a_K pääomasta käytetään tuotekehityssektorilla. Vastaavasti tuotantosektorilla käytetään osuus $(1 - a_L)$ työvoimasta ja osuus $(1 - a_K)$ pääomasta. Molemmat sektorit käyttävät täysimääräisesti tieto- ja teknologiavarantoa, sillä sen käyttäminen yhdellä sektorilla ei estä sen käyttämistä toisella sektorilla samanaikaisesti. Hyödykkeiden tuotantoa voidaan kuvata seuraavalla tuotantofunktiolla:

$$(7) \quad Y(t) = [(1 - a_K)K(t)]^\alpha [A(t)(1 - a_L)L(t)]^{1-\alpha}, \quad 0 < \alpha < 1.$$

Yhtälö on sama kuin Solowin mallissa, lukuun ottamatta termejä $(1 - a_L)$ ja $(1 - a_K)$ sekä rajoitusta Cobb - Douglas-muotoon. Yhtälön mukaan vakiot skaalatuotot vallitsevat työvoiman ja pääoman suhteen; molempien panoksien kertominen vakiolla vaikuttaa tuotantoon samassa suhteessa. Uuden teknologian tuotanto saa tuotantofunktion:

$$(8) \quad \dot{A}(t) = \omega [a_K K(t)]^\beta [a_L L(t)]^\varphi A(t)^\theta, \quad \omega > 0, \quad \beta \geq 0, \quad \varphi \geq 0.$$

Teknologian tuotantofunktiolla ei oleteta olevan vakioskaalatuottoja. Tämä voidaan perustella ns. replikointiargumentin avulla. Jos panokset kaksinkertaistetaan, uusilla panoksilla voidaan tehdä täsmälleen sama kuin aikaisemminkin, jolloin tuotanto kaksinkertaistuu. Mutta kun kopioidaan teknologiapanosten toiminta tarkasti, se aiheuttaa samojen keksintöjen syntymisen uudestaan. Tällöin A :n kasvu pysyy muuttumattomana. Alenevat tuotot ovat mahdollisia. Toisaalta tutkijoiden välinen yhteistyö ja kiinteät kustannukset voivat olla niin merkittäviä, että uuden teknologian tuotanto voidaan enemmän kuin kaksinkertaistaa kaksinkertaistamalla tuotekehitysapanokset. Myös kasvavat tuotot ovat siis mahdollisia.

Tietovarannon vaikutukseen uuden tiedon tuottamisessa ei aseteta rajoituksia, jolloin θ :n saamia arvoja ei ole rajoitettu. Jos $\theta = 1$, prosentin kasvu A :n tasossa aiheuttaa prosentin suuruisen muutoksen A :n kasvuvauhdissa. Teknologia on juuri niin tuottavaa, että se pitää itseään yllä uuden teknologian tuottamisessa. Kun $\theta > 1$, A :n muutoksen vaikutus on itseään suurempi, ja kun $\theta < 1$, vaikutus on itseään pienempi.

¹ Sattumanvaraisuus voidaan lisätä malliin siirtoparametrin avulla.

Kuten Solowin mallissa, säästämisaste on eksogeeninen ja vakio, mutta yksinkertaisuuden vuoksi poistot asetetaan tässä nolaksi¹. Väestönkasvu pidetään myös eksogeenisena. Tällöin seuraavat yhtälöt ovat voimassa:

$$(9) \quad \dot{K}(t) = sY(t),$$

$$(10) \quad \dot{L}(t) = \eta L(t), \quad \eta \geq 0.$$

3.2.1.2 Mallin dynamiikka

Tässä esitetään yksinkertaistetun tuotekehitysmallin dynamiikka. Mallissa ei ole pääomaa. Tällöin teknologia (A) on mallin ainoa endogeeninen muuttuja, minkä johdosta mallin pääpiirteet nousevat selvemmin esiin. Malli voidaan kuitenkin helposti yleistää pääoman sisältäväksi malliksi. Yksinkertaistetussa mallissa tuotannon ja teknologian tuotantofunktiot saavat seuraavat muodot:

$$(11) \quad Y(t) = A(t)(1 - a_L)L(t),$$

$$(12) \quad \dot{A}(t) = \omega [a_L L(t)]^\varphi A(t)^\theta.$$

Yhtälöstä (11) seuraa, että tuotanto työntekijää kohden on vakiosuhteessa A :han, jolloin tuotannon kasvu työntekijää kohden on yhtä suuri A :n kasvun kanssa. A :n kasvuvauhti $g_A(t)$ on

$$(13) \quad g_A \equiv \frac{\dot{A}(t)}{A(t)} = \omega a_L^\varphi L(t)^\varphi A(t)^{\theta-1}.$$

Yhtälössä (13) L :n ja A :n lähtöarvot määräävät g_A :n lähtöarvon. Se, onko teknologian kehitys nopeutuvaa, hidastuvaa vai vakioista, riippuu termistä $L^\varphi A(t)^{\theta-1}$, koska ω ja a_L ovat vakioita. Teknologian kehityksen kasvuvauhdin muutos saadaan g_A :n aikaderivaatan avulla, jolloin

$$(14) \quad \dot{g}_A = [\varphi\eta + (\theta - 1)g_A(t)]g_A(t).$$

Teknologinen kehitys on aina positiivista. Kun termi $[\varphi\eta + (\theta - 1)g_A(t)]$ on positiivinen, g_A on nopeutuva. Vastaavasti g_A on hidastuva termin ollessa negatiivinen. Termin ollessa nolla on teknologisen kehityksen vauhti vakio. Tällöin talous on tasapainoisella kasvu-uralla, jolloin pätee

¹ Poistojen sisällyttäminen malliin ei muuta tulosten luonnetta.

$$(15) \quad g_A = \frac{\varphi\eta}{1-\theta} \equiv g_A^*$$

Tarkastelemalla parametrin θ suuruutta voidaan tutkia A :n käyttäytymistä ja näin ollen koko talouden kasvuvauhdin muutosta. Tarkastelun kohteena ovat θ :n arvot, kun θ on pienempi kuin, suurempi kuin tai yhtä suuri kuin yksi.

$\theta < 1$:

θ :n ollessa pienempi kuin 1, g_A on nopeutuva pistettä g_A^* pienemmillä arvoilla ja hidastuva pistettä g_A^* suuremmilla arvoilla¹. Tällöin teknologisen kehityksen vauhti konvergoituu aina kohti tasapainovauhtia g_A^* , riippumatta g_A :n lähtöarvosta. Kun g_A saavuttaa arvon g_A^* , sekä teknologia (A) että tuotanto työntekijää kohden (Y/L) kasvavat tasaisesti tällä vauhdilla. Talous on tällöin tasapainoisella kasvu-uralla (kuva 3a).

Kun $\theta < 1$, talouden pitkän aikavälin kasvu työntekijää kohden on väestönkasvun n kasvava funktio. Tämän tuloksen intuitio perustuu ajatukseen, että mitä suurempi väestö on olemassa, sitä enemmän ihmisiä on keksimässä uusia innovaatioita. Kun $\theta < 1$, tiedon ja teknologian kartuttaminen tulee yhä vaikeammaksi teknologian tason noustessa. Ilman väestön kasvua teknologinen kehitys ja talouskasvu hiipuisivat hiljalleen pois.

Vaikka väestönkasvu vaikuttaa pitkän aikavälin kasvuun henkeä kohden, yhtälöstä (15) seuraa se, että teknologian tuotantoon kohdistetun työvoiman osuus työvoimasta ei vaikuta siihen. Koska $\theta < 1$, a_L :n kasvu aiheuttaa ainoastaan tasomuutoksen kasvu-urassa mutta ei kasvuvauhdin muutosta pitkällä aikavälillä. a_L :n kasvattaminen aiheuttaa välittömän kasvuvauhdin muutoksen g_A :ssa, mutta koska tämän lisäyksen vaikutus teknologiseen kehitykseen on pienempi kuin yksi, vaikutus hiipuu hiljalleen pois. Kasvu-ura siirtyy samansuuntaisena ylemmäksi, mutta sen kulmakerroin pysyy samana.

$\theta > 1$:

Kun $\theta > 1$, \dot{g}_A on g_A :n kasvava funktio. Koska g_A on aina positiivinen, \dot{g}_A :n on myös oltava positiivinen. Talouskasvu on tässä tapauksessa kiihtyvää, koska tieto ja teknologia ovat tässä niin hyödyllisiä uuden tiedon ja teknologian tuotannossa, että pieni lisäys aiheuttaa kasvuvauhdin nopeutumisen. Talouskasvusta tulee räjähdysmäistä (kuva 3b).

$\theta = 1$:

Kun $\theta = 1$, yhtälöt (13) ja (14) yksinkertaistuvat seuraaviin muotoihin:

$$(16) \quad g_A(t) = Ba_L^\varphi L(t)^\varphi,$$

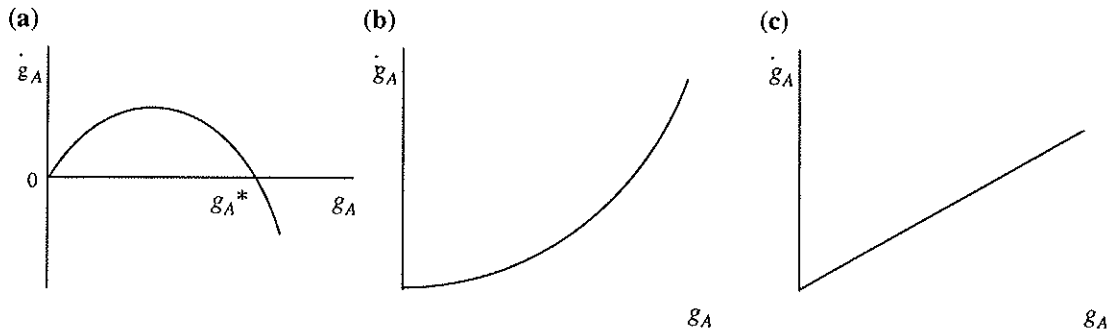
$$(17) \quad \dot{g}(t) = \varphi\eta g_A(t).$$

Jos väestönkasvu on positiivinen, g_A kasvaa ajan myötä. Jos väestönkasvu (tai φ) on nolla, g_A on vakio riippumatta sen lähtöarvosta. Tällöin tieto ja teknologia ovat juuri niin hyödyllisiä uuden tiedon ja teknologian tuotannossa, ettei A :n tasolla ole vaikutusta omaan tuotantoonsa. Tässä tapauksessa ei tapahdu sopeutumista kohti tasapainoista kasvu-uraa, vaan talous kasvaa tasapainossa riippumatta siitä, mistä se lähtee liikkeelle (kuva 3c). Yhtälö (16) osoittaa, että

¹ Yhtälön (14) hakasulkeissa olevista termeistä jälkimmäinen on ensimmäistä pienempi pisteeseen g_A^* .

tieto ja teknologia, ja näiden seurauksena tuotanto sekä tuotanto työntekijää kohden, kasvavat kaikki vauhdilla $\omega a_L^\theta L(t)^\theta$. Tässä tapauksessa siis tiedon ja teknologian tuotantoon kohdistetun työvoiman määrä (a_L) vaikuttaa talouden pitkän aikavälin kasvuun.

KUVIO 3. Teknologian skaalatuottojen vaikutus kasvuvauhtiin.



Koska tuotetuilla hyödykkeillä ei tässä mallissa ole muuta käyttöä kuin kulutus, on luonnollista ajatella kaikkien hyödykkeiden tulevan kulutetuiksi. Tällöin $(1 - a_L)$ on se osuus yhteiskunnan resursseista, joka kohdistetaan nykyhetkellä kulutettavien hyödykkeiden tuottamiseen. a_L on yhteiskunnan resurssien osuus, joka kohdistetaan sellaiseen tuotantoon (tieto, teknologia), joka on hyödyllistä tulevaisuudessa kulutettavien hyödykkeiden tuotannossa. Tällöin a_L :n voidaan ajatella olevan säästämistä. Tämän tulkinnan avulla tapaus esittää yksinkertaisen esimerkin mallista, jossa säästämisaste vaikuttaa pitkän aikavälin kasvuvauhtiin. Tällaisia malleja kutsutaan lineaarisiksi kasvumalleiksi tai $Y = AK$ -malleiksi.

3.2.1.3 Keskeiset kysymykset

Tässä mallissa työvoiman kasvu oletettiin eksogeeniseksi ja pääoma suljettiin pois mallista, joten teknologia on ainoa tuotettu tuotannontekijä. Se, onko θ pienempi, suurempi vai yhtä suuri kuin nolla, ratkaisee onko tuotetuilla tuotannontekijöillä vähenevät, kasvavat vai vakiot skaalatuotot. Hyödykkeiden tuotannossa teknologialla on vakiot skaalatuotot. Tällöin teknologian skaalatuotot riippuvat yksinomaan siitä, minkälaiset ne ovat tiedon ja teknologian tuotannossa.

Edellä esitettyjen kolmen tapauksen seuraukset poikkesivat suuresti toisistaan. Teknologian skaalatuotoilla on siis varsin merkittävät vaikutukset tiedon ja teknologian tuotannossa. Kun $\theta < 1$, teknologiaan panostaminen ei aiheuta pitkän aikavälin kasvuvauhdin nopeutumista ilman työvoiman kasvua. Kasvuvauhti kiihtyy ainoastaan siirtymävaiheen ajaksi, kunnes saavutaan uuteen tasapainoon, jossa kasvuvauhti palaa entiselle tasolle. Kun $\theta > 1$, kasvusta tulee räjähdysmäistä, mikä ei vastaa todellisuudessa havaittuja kasvulukuja. Kun $\theta = 1$, kasvuun voidaan vaikuttaa panostamalla teknologian tuotantoon. Mallia kritisoiivat ovat kuitenkin herättäneet kysymyksen siitä, miksi maiden väliset kasvu- ja elintasoerot ovat niin suuria, jos kasvu riippuu panostuksesta teknologiaan. Nykyisin uusi tieto ja teknologia ovat varsin yleisesti ja nopeasti saatavilla eivätkä kriitikoiden mukaan viiveet tiedon kulkemisessa voi selittää eroja.

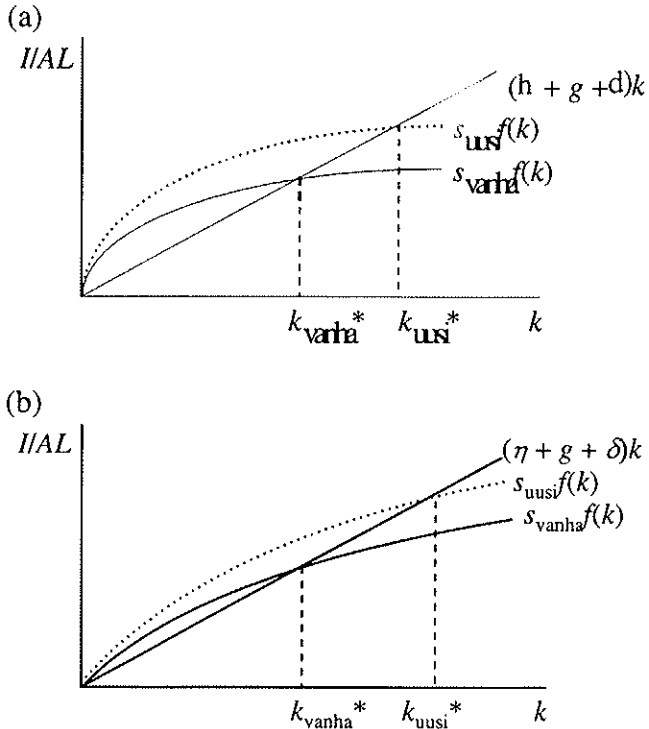
3.2.2 Henkisen pääoman malli

Toinen uuden kasvuteorian suuntaus painottaa henkisen pääoman merkitystä talouskasvulle. Fyysisen pääoman lisäksi pääomaan katsotaan sisältyvän myös henkinen pääoma. On tärkeää tehdä selvä ero puhuttaessa henkisestä pääomasta ja tiedosta, vaikka käsitteet ovatkin toisilleen läheisiä. Henkinen pääoma tarkoittaa kaikkia yksittäisen henkilön taitoja, kykyjä ja tietoja.

Henkinen pääoma on kilpailullinen (rival) ja poissuljettava (excludable) hyödyke. Puhtaasti kilpailullinen hyödyke on sellainen, jonka käyttö yhden henkilön toimesta sulkee sen käytön pois muilta. Ei-kilpailullisen hyödykkeen käyttö yhden toimesta ei sulje pois sen samanaikaista käyttöä muilta. Poissuljettavuudella tarkoitetaan sitä, että hyödykkeen omistaja voi estää muita käyttämästä kyseistä hyödykettä. Henkinen pääoma on sidottu henkilöön. Jos hän kohdistaa kykynsä johonkin toimintaan täysivaltaisesti, tämä estää näiden kykyjen käytön jossakin muussa tehtävässä. Tiedon, esimerkiksi tietyn algoritmin, käyttö yhdessä paikassa ei estä sen käyttöä toisaalla. Kilpailullisuuden ja poissuljettavuuden käsitteisiin palataan seuraavassa luvussa.

Henkisen pääoman mallit muistuttavat pitkälti Solowin mallia. Niissä oletetaan vakiot skaalatuotot, eivätkä ne näin ollen tarjoa selityksiä maailmanlaajuiselle pitkän aikavälin kasvulle. Mutta nämä mallit poikkeavat Solowin mallista siinä, että pienetkin muutokset panostuksessa fyysiseen ja henkiseen pääomaan voivat aikaansaada suuria muutoksia tuotannossa työntekijää kohden.

Kuvion 4 avulla voidaan havainnollistaa sitä, miten henkisen pääoman lisääminen malliin muuttaa sen tuloksia. Kun pääoman osuus tuotannossa on kohtuullisen pieni, kuten Solowin mallissa (kuva a), $sf(k)$ -käyrä taipuu suhteellisen jyrkästi. Tällöin säästämisasteen kasvulla ei ole suurta vaikutusta tasapainopääoman tasoon. Kun pääoman osuus tuotannossa on lähellä lukua 1 (kuva b), $sf(k)$ -käyrä taipuu loivemmin. Säästämisasteen kohoamisella on huomattavasti suurempi merkitys. Äärimmäisessä tapauksessa pääoman osuus olisi 1, jolloin $sf(k)$ olisi lineaarinen ja säästämisasteen muutoksella olisi pysyvä vaikutus talouden kasvuvauhtiin. Sen vaikutus kasvuvauhtiin kasvaisi rajatta.

KUVIO 4. Pääoman osuus ja säästämisaste.

Joidenkin työntekijöiden ansiot perustuvat ennen kaikkea heidän kartuttamaansa henkiseen pääomaan. Näin voi ajatella asian olevan esimerkiksi huipputekniikan aloilla tai monissa palveluissa. Tämä tulisi ottaa huomioon myös tuotantopanoksien osuuksia laskettaessa. Tällöin eri pääomapanosten osuutta tuotannossa tulisi nostaa. Tämä seikka tuokin henkisen pääoman mallit lähemmäksi todellisuutta kuin Solowin malli.

3.2.2.1 Mallin rakenne

Luvun kaksi esitystapaa seuraten yksinkertainen henkisen pääoman malli voidaan esittää seuraavien yhtälöiden avulla. Malli on Cobb - Douglas-muotoa, missä H on henkinen pääoma. Koulutetut työntekijät tarjoavat henkistä pääomaa sekä yksikön työvoimaa.

$$(18) \quad Y(t) = K(t)^\alpha H(t)^\beta [A(t)L(t)]^{1-\alpha-\beta}, \quad \alpha > 0, \quad \beta > 0, \quad \alpha + \beta < 1,$$

$$(19) \quad \dot{K}(t) = s_K Y(t),$$

$$(20) \quad \dot{L}(t) = \eta L(t),$$

$$(21) \quad \dot{A}(t) = gA(t),$$

$$(22) \quad \dot{H}(t) = s_H Y(t).$$

Mallin rakenne muistuttaa luvussa kaksi esitettyä Solowin mallia. Tässä on lisämuuttujana henkinen pääoma. Yhtälöissä (19) ja (22), s_K ja s_H kuvaavat fyysiseen ja henkiseen pääomaan kohdistettuja resursseja.

3.2.2.2 Mallin dynamiikka

Seuraten yhä luvun kaksi merkintätapoa tuotanto efektiivistä työvoimayksikköä kohden saa muodon

$$(23) \quad y(t) = k(t)^\alpha h(t)^\beta.$$

Yhtälöiden (18) - (23) perusteella saadaan fyysisen ja henkisen pääoman kehitystä kuvaavat yhtälöt:

$$(24) \quad \dot{k}(t) = s_K y(t) - (\eta + g)k(t) = s_K k(t)^\alpha h(t)^\beta - (\eta + g)k(t),$$

$$(25) \quad \dot{h}(t) = s_H k(t)^\alpha h(t)^\beta - (\eta + g)k(t).$$

3.2.2.3 Mallin tulkinta

Kuten Solowin mallissa talous on tässä mallissa stabiili ja se konvergoituu tasapainouralle lähtöpisteestä riippumatta. Säästämisasteen muutoksella on Solowin mallin kaltaiset kvalitatiiviset vaikutukset. Pääomakannan muutoksella voidaan vaikuttaa kasvuvauhtiin ainoastaan lyhyellä aikavälillä. Tässä suhteessa henkisen pääoman ja sen kasautumisen lisääminen ei muuta mallin luonnetta. Kvantitatiiviset tulokset ovat kuitenkin niin suuret, että mallilla voidaan selittää empiirisesti havaittuja muutoksia kokonaistuotannossa. Tämä on varsin merkittävä ero suhteessa Solowin malliin, ja se lisääkin mallin selitysvoimaa olennaisesti.

3.3 Kasvumallien tulokset

Tässä luvussa on esitelty neoklassinen Solowin malli sekä kaksi endogeenisen kasvun mallia. Näiden avulla on pyritty lyhyesti tuomaan esiin kasvuteorian ongelmanasettelu sekä teorioiden kyky vastata siihen. Mallit tuovat esiin problematiikan, joka kasvun selittämiseen liittyy, mutta mallien tulokset ja empiiriset kasvuluvut ovat joko eri mittasuhteissa tai suorastaan ristiriidassa.

Niin Solowin malli kuin uuden kasvuteorian mallit pystyvät selittämään kasvua lyhyellä aikavälillä. Pitkän aikavälin kasvun selittäminen on huomattavasti ongelmallisempaa. Lyhyestä aikavälistä tai siirtymävaiheista puhuttaessa on kuitenkin pohdittava, mitä niillä tarkoitetaan. Jos siirtymävaihe on rajallinen, mutta niin pitkä, ettei se ole ihmisen kannalta relevantti, voidaan herättää kysymys siirtymävaiheen merkittävyydestä. Voidaan myös kysyä, onko talouspoliittisin toimenpitein tai rakenteellisin muutoksin mahdollista vaikuttaa kasvuvaiikutusten pituuteen.

Solowin mallissa kasvu perustuu tuotannontekijöiden akkumulaatioon tai teknologiseen kehitykseen. Tuotannontekijöiden ekstensiiviseen kasvuun perustuvat kasvuvaikutukset ovat ainoastaan tilapäisiä, joten jäljelle jää teknologinen kehitys. Koska se on Solowin mallissa eksogeeninen muuttuja, on mallin selitysvoima vajavainen. Endogeenisen kasvun malleissa teknologinen kehitys on endogeeninen, mallinnettu muuttuja, ja täten nämä mallit tarjoavat hedelmällisemmän ympäristön verkottumisen kasvuvaikutusten tutkimiseen.

Kaikissa esitellyissä malleissa kasvun lähtökohta päättyy säästämisasteeseen. Solowin mallissa tämä on ilmeistä, kuten myös henkisen pääoman malleissa. Tuotekehitysmalleissa päädytään myös säästämisasteen ratkaisevaan merkitykseen, mutta niissä säästämisaste on ajateltava siten, että se heijastuu kykynä panostaa tuotekehityssektoriin. Teknologian ajatellaan olevan seurausta säästämisestä, koska säästäminen sijoitetaan teknologian kehittämiseen.

Verkottumisen ja kasvun tärkeä yhteinen tekijä, teknologinen kehitys, riippuu talouden toimijoiden panostuksesta siihen. Teknologiainvestoinnit, niiden kannustimet ja teknologian diffuusio liittävät mikrotaloudellisia tekijöitä kasvun selittämiseen sekä tuovat lisää näkökohtia verkottumiseen. Seuraavassa luvussa tarkastellaan teknologiaa ja sen kehitystä siltä osin kuin se on relevanttia kasvuteorian ja verkottumisen kannalta.

4 TEKNOLOGIA JA INNOVAATIOT

Edellisessä luvussa osoitettiin teknologisen kehityksen välttämättömyys talouskasvulle. Samaan asiaan viitattiin luvussa kaksi, jossa tarkasteltiin osaamisen ja oman tuotantoteknologian hallitsemisen tärkeyttä yrityksille. Ilman teknologista kehitystä ei ole edellytyksiä pitkän aikavälin talouskasvulle, mutta tämä ei kuitenkaan yksinään riitä. Kaikkien kasvumallien todettiin palautuvan lopulta säästämisasteen tärkeyteen, joka voidaan tulkita myös teknologiainvestointeina. Kun teknologinen kehitys riippuu pitkälti yritysten teknologiainvestoinneista, on kasvun selittämiseksi tällöin selitettävä kannustimet, jotka saavat yritykset tekemään teknologiainvestointeja, toisin sanoen säästämään.

Tässä luvussa tutkitaan teknologian kehitystä ja diffuusiota sekä teknologiaa taloudellisenä hyödykkeenä. Koska kasvumalleissa ei käsitelty varsinaisia teknologian kehitysmekanismeja ja teknologian leviämistä taloudessa, nousevat nämä nyt huomion kohteeksi. Tarkoituksena on tuoda esiin teknologian ominaispiirteet ja tarkastella tekijöitä, jotka tekevät teknologiasta normaalihyödykkeestä poikkeavan hyödykkeen.

Luvun toinen tavoite on tarkastella yritysten teknologiainvestointien kannustimia ja niihin vaikuttavia tekijöitä. Koska seuraavassa luvussa esiteltävä kasvumalli perustuu mikrotason erikoistumis päätöksiin ja oman tuotantoteknologian kehittämiseen, tarkastellaan tässä niitä tekijöitä jotka vaikuttavat näihin päätöksiin. Tässä tutkitaan teknologian ominaisuuksien ja talouden instituutioiden kannustinvaikutuksia. Ongelmana ovat vääristymät, joita syntyy täydellisen kilpailun markkinoiden ja teknologian diffuusion ulkoisvaikutusten vuoksi. Jos kilpailulliset markkinat estävät innovaationtekijää ansaitsemasta monopolivoittoja innovaatiostaan, ovat markkinat haitalliset kasvuprosessin kannalta¹. Instituutioiden tulee olla sellaiset, että investointi teknologiaan kannattaa. On myös oltava myös niin, ettei synny ns. vapaamatkustajaongelmaa. Tällöin verkossa toimivan menestyvän yrityksen on itse tuotettava innovaatioita verkkoon, eikä yritys voi menestyä ainoastaan muiden oivalluksia hyväksikäyttäen.

4.1 Teknologinen kehitys

Teknologinen kehitys ja uusien tuotantotekniikoiden syntyminen on pitkä prosessi. Innovaatioiden taustalla saattaa olla vuosia kestänyttä akateemista perustutkimusta ja kumuloitunutta tietoa, sekä tämän tiedon ja tutkimuksen soveltamista ja hyödyntämistä kulloinkin kyseessä olevan erikoisalan parissa. Kehitystä tapahtuu eri tasoilla kuten yliopistoissa, yritysten tuotekehityksyksiköissä ja itse tuotantoprosessissa.

Tuotekehitysprosessin hahmottamiseksi, innovaatio toiminta voidaan yksinkertaistaen jakaa kolmeen osaan: tutkimukseen, keksimiseen ja innovaatioon (research, invention, innovation)². Tutkimus sisältää tieteellisen perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen. Perustutkimuksen ensisijaisena tarkoituksena on saada uutta tietoa luonnosta ja yhteiskunnasta. Sitä harjoittavat lähinnä akateemiset tutkijat. Soveltava tutkimus löytää mielekkäitä kehitysmahdollisuuksia joillakin erityisalueilla. Seuraava vaihe on keksiminen, joka voi olla jonkin uuden tuotteen tai metodin keksiminen. Tähän vaiheeseen kuuluu usein pitkä kehitysvaihe, joka on tyypillisesti kyseisen keksinnön ominaisuuksien parantamiseen tähtäävää. Innovaatio kaupallistaa

¹ Aghion & Howitt 1998, 4.

² Saarenheimo 1994, 10.

teknologian. Tämä teollinen soveltaminen aikaansaa idean käytännön sovelluksesta, mitä seuraa lopullinen tuotteistaminen.

Innovaatioketjun alussa lopullinen tuote ei ole välttämättä ollut tiedossa. Usein se on syntynyt eri kehitysvaiheiden myötä, mutta on luonnollisesti myös mahdollista että tuoteidea syntyy jo ketjun alkuvaiheessa. Toisaalta voi käydä myös niin, että lopputulos poikkeaa suuresti suunnitellusta tai ettei mitään lopputuotetta saada aikaiseksi. Teknologiseen kehitykseen liittyy olennaisesti epävarmuus.

Teknologialle ja tiedolle tärkeä ominaisuus on kumulatiivisuus. Jokainen innovaatio tuo lisäyksen aggregaattitietovarantoon. Kaikki teknologiset edistysaskeleet ovat hyödyllisiä seuraavia askelia ajatellen. Tässä mielessä innovaatiotoiminta poikkeaa fyysisen pääoman investoinneista. Fyysinen pääoma kuluu käytössä, kun sen sijaan jokainen innovaatio ja sen käyttö lisää talouden tieto- ja teknologiavarantoa. Vaikka innovaatiota käytettäisiin fyysisen pääoman muodossa, ja tämä pääoma kuluu käytössä, itse teknologia ei kulu. Vaikka innovaatio sellaisenaan olisi hyödynnettävissä ainoastaan innovaationtekijän omalla sektorilla, sen tuoma lisäys yleiseen tietoon ja teknologiaan hyödyntää muiden sektoreiden innovaattoreita heidän kehittäessä oman alansa teknologiaa. Tällöin puhutaan innovaation tuomasta yksityisestä ja yhteiskunnallisesta hyödystä, joihin palataan alempana. On muistettava, että myös tutkimusprojektin epäonnistuessa syntyy useimmiten hyödyllistä uutta tietoa.

Teknologia, tieto ja näiden kehitys voivat saada erilaisia muotoja. Tutkimustoiminta saattaa tuottaa hyvin spesifiä ja sovellettua tietoa, joka soveltuu johonkin tiettyyn hyödykkeeseen tai prosessiin. Spesifi tieto mahdollistaa jonkin tietyn hyödykkeen tuottamisen tai tietyn prosessin toteuttamisen. Toisaalta teknologia ja tieto ovat usein sellaisia, että niiden käyttömahdollisuudet eivät rajoitu ainoastaan sille alalle, yritykseen tai tuotteeseen, jota varten innovaatiot ovat syntyneet. Tieto saattaa olla abstraktia tai yleistä, sellaista jota voi soveltaa mitä moninaisimpiin asioihin. Teknologisten innovaatioiden ulkoisvaikutukset riippuvat paljolti siitä, kuinka laaja-alaisesti sovellettavia ne ovat. Teknologiaa ja tietoa onkin luontevaa ajatella jatkuvana muuttujana¹.

4.1.1 Tutkimus- ja kehitystoiminta ja tekemällä oppiminen

Teknologisten innovaatioiden täysimittainen tekninen hyödyntäminen ja saattaminen käyttöön taloudellisessa järjestelmässä on pitkä prosessi. Ensinnäkin innovaatio valitaan lukuisten kilpailevien vaihtoehtojen joukosta. Tämän jälkeen tapahtuu asteittaista kehitystoimintaa niin asiakkaiden toivomusten kuin kustannusten alentamisen tavoittelun ansiosta. Kustannusten alentuminen saattaa syntyä esimerkiksi skaalatuottojen sekä tekemällä oppimisen ja käyttämällä oppimisen muodossa. Tuote kehittyy myös imitoivien kilpailijoiden ja innovaationtekijän kilpaillessa uusista parannuksista tuotteeseen. Tuotteen käyttöönotto erilaisten asiakkaiden toimesta vaikuttaa tuotteen lopulliseen muotoon.²

Tarkoituksellinen tutkimus- ja kehitystoiminta on luonnollisesti monen innovaation takana, mutta moni uusi oivallus syntyy itse tuotantoprosessissa sivutuotteena. Tästä käytetään nimitystä tekemällä oppiminen (learning by doing)³. Lisäksi teollisuudenalojen välillä on

¹ D. Romer 1996, 111.

² Antonelli 1995, 1 - 2.

³ Tekemällä oppimisen merkkiteos on Arrow 1962.

tahattomia teknologiavirtoja (technology spillovers)¹, joissa yhden alan innovaatioille löytyy sovelluksia ja jatkokehitysmahdollisuuksia muilla teollisuudenaloilla. Onhan toki luonnollista ajatella, että monet jonkin hyödykkeen tuotannossa syntyneet tekniset ja liikkeenjohdolliset ratkaisut ovat sovellettavissa muidenkin hyödykkeiden tuotannossa.²

Mikä tahansa uusi tuote, prosessi tai menetelmä koostuu innovaatioiden joukosta, ei yhdestä ainoasta innovaatiosta. Jotkut näistä innovaatioista ovat merkittävämpiä, perustavampaa laatua olevia, kuin toiset. Tämä tarkoittaa sitä, että jotkut innovaatiot avaavat enemmän uusia kehitysmahdollisuuksia kuin toiset ja ovat hyvin yleisesti hyödynnettävissä. Toissijaiset innovaatiot syntyvät enemmän vanhojen oivalluksien pohjalta, eivätkä ne avaa juurikaan uusia ovia kehitykselle. Perustava ja toissijainen tutkimus ovat toisiaan täydentäviä toimintoja. Perustavien innovaatioiden täysimittainen hyödyntäminen vaatii käytännön toteuttamisen kautta havaittavien ongelmien ratkaisua ja mahdollisuuksien huomaamista. Kaikilla innovaatioilla on enemmän tai vähemmän kumppaakin ominaisuutta.

Suuret, perustavaa laatua olevat, teknologiset edistysaskeleet syntyvät usein tutkimuksen ja tuotekehitystoiminnan tuloksena. Sen sijaan monella tuoteparannuksella ja tuotantokustannuksia alentavalla innovaatiolla ei ole mitään tekemistä tuotekehitystoiminnan kanssa. Nämä tapahtuvat jossakin muussa muodossa, kuten kumuloituneina tuotantotyöntekijöiden, prosessi-insinöörien tai asiakkaiden parannusehdotuksina.³ Monen uuden teknologian täysimittainen kaupallinen hyödyntäminen on mahdollista vasta pitkän tekemällä oppimisen jälkeen. Tekemällä oppimisella on merkittävä rooli teknologian kehityksessä⁴.

Tekemällä oppimista voidaan ajatella uusien teknologioiden tuotannollisten mahdollisuuksien tutkimisena (exploration) ja toteuttamisena. Sen myötä syntyy joukko pieniä teknisiä innovaatioita, jotka hyödyntävät jotakin suurta teknologista edistysaskelta. Suuret teknologiset edistysaskeleet syntyvät usein tutkimus ja kehitystoiminnan tuloksena, ja niiden käyttö tuotannollisessa toiminnassa johtaa nopeaan tekemällä oppimiseen. Vähitellen kyseisen edistysaskeleen uudet teknologiset ja taloudelliset hyödyntämismahdollisuudet kuitenkin hiipuvat ja mahdollisesti jopa loppuvat. Ilman perustavaa laatua olevia uusia teknologisia edistysaskelia tekemällä oppimista ei voida pitää yllä.⁵ On kuitenkin syytä huomauttaa, että vaikka tärkeät teknologiset edistysaskeleet syntyvät useimmiten tuotekehityksen ja tutkimuksen parissa, tärkeät teknologiset edistysaskeleet voivat myös syntyä tekemällä oppimisen kautta.⁶

4.1.2 Diffuusio ja tahattomat teknologiavirrat

Yrityksen tai toimialan käyttämä teknologia voi olla itse tuotettua tai jonkun muun tuottamaa. Uuden teknologian tuottamisen ohessa tai sen sijaan, jo olemassa olevan teknologian diffuusio onkin tärkeää monille yrityksille, erityisesti sellaisille, joilla ei ole itsellään resursseja omaan tutkimus- ja kehitystoimintaan. Diffuusio liittyy usein taloudellisiin transaktioihin, jolloin

¹ Suomennosta tahattomat teknologiavirrat on käytetty teoksessa Vuori 1997.

² Young 1991, 371.

³ Solow 1994, 52 - 53.

⁴ Grossman & Helpman 1994, 31 - 33.

⁵ Young 1991, 373.

⁶ Aghion & Howitt 1998, 173 - 174.

teknologia siirtyy yritysten välillä pääomapanosten tai välituotteiden mukana. Myös lisenssien kauppa kuuluu tähän kategoriaan.

Kun kilpailijat pystyvät helposti imitoimaan uuden tuotteen tai prosessin, puhutaan horisontaalisista teknologiavirroista. Vertikaaliset teknologiavirrat ovat kyseessä, kun välituoteinnovaatiot vaikuttavat niiden käyttäjien tuottavuuteen.¹ Yritysten keskinäiset kontaktit ja työntekijöiden henkinen pääoma ovat hyvin merkittävässä asemassa teknologian diffuusiassa.

Diffuusio voi tapahtua myös ns. tahattomien teknologiavirtojen (technology spillovers) ja oppimisen avulla. Tahattomat teknologiavirrat -käsite tarkoittaa yhdeltä taloudelliselta toimijalta toiselle siirtyviä teknologia- tai tietovirtoja, jotka ovat lähteensä kannalta tahattomia, eivätkä ne perustu taloudellisiin transaktioihin. Tämä tarkoittaa, että osa tuotekehitystoiminnan hyödystä koituu muiden hyväksi ilman maksua. Teknologian lähteellä ei siis ole ollut aikomusta antaa tietoa eteenpäin, eikä saaja ole välttämättä pyrkinyt tiedon saamiseen. Taloudellisiin transaktioihin perustuvissa teknologiavirroissa halutaan ja saadaan aina jotain vastineena.²

Tahattomilla teknologiavirroilla tarkoitetaan sitä, että yritykset saavat muiden tuottamaa teknologiaa haltuunsa maksamatta siitä. Teknologiavirrat voivat toteutua monella eri tavalla. Joskus tieto hankitaan pelkästään tutkimalla uudella teknologialla tuotettua tuotetta, tai tarkkailemalla innovaattorin toimia hänen käyttäessään uutta teknologiaa. Joskus innovaattorit paljastavat julkisesti tiedon tai teknologian, koska innovaatio on sen luonteinen, ettei sen salaaminen ole mahdollista eikä sitä koske tekijänoikeussuoja. Myös korkean henkisen pääoman omaavien työntekijöiden liikkuminen yrityksestä toiseen on yksi teknologiavirtakanava.

Erityyppisillä yrityksillä on erilaiset teknologialähteet. Suuret yritykset tuottavat tarvitsemansa teknologian pitkälti oman tuotekehitystoiminnan avulla. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö niillä olisi ulkopuolisia teknologialähteitä. Yhteistyö esimerkiksi korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten kanssa on varsin yleistä. Myös yhteistyö muiden yritysten kanssa, samoin kuin tahattomat teknologiavirrat kuuluvat suurten yritysten teknologialähteisiin.

Pienillä ja keskisuurilla yrityksillä on harvoin voimavaroja suurimittaiseen tutkimus ja kehitystoimintaan. Suurin osa tutkimus ja kehitystoiminnasta pk-yrityksissä onkin nimenomaan kehitystoimintaa. Tällöin merkittäviksi teknologialähteiksi nousevatkin tahattomat teknologiavirrat ja tekemällä oppiminen. Yrityksille on tällöin tärkeää että ne kykenevät hyödyntämään tieto- ja teknologia-aggregaattia, ja yhdistämään sen tarjoama tieto omaan tietopohjaan uusien liikekonseptien luomiseksi³.

Voi olla vaikea tehdä yleistyksiä maiden välisten tahattomien teknologiavirtojen merkittävydestä, mutta niiden olemassaolo maiden sisällä vaikuttaa olevan yhä vankemmalla perustalla lepävä tosiseikka⁴. Alempana palataan tahattomien teknologiavirtojen aiheuttamiin kannustinvaikutuksiin.

¹ Antonelli 1995, 7.

² Vuori 1997, 7 - 9.

³ Eliasson 1996, 127.

⁴ Aghion & Howitt 1998, 392.

4.1.3 Tuote- ja prosessi-innovaatiot

Teknologinen kehitys ja innovaatiot voivat kohdistua joko tuotteisiin tai prosesseihin. Tuote-innovaatiot voivat joko parantaa jo olemassa olevan tuotteen ominaisuuksia, tai sitten ne voivat synnyttää kokonaan uusia tuotteita. Toisin sanoen tuote-innovaatio kohdistuu joko hyödykkeiden laatuun tai varieteettien määrään. Prosessi-innovaatio kohdistuu tuotantoprosessiin. Tässäkin voidaan kehittää olemassaolevia prosesseja tai synnyttää kokonaan uusia. Prosessi-innovaatiot tähtäävät tuotannon tehostamiseen ja tuotantokustannusten alentamiseen.

4.2 Teknologia taloudellisena hyödykkeenä

4.2.1 Innovaatioiden endogeenisuus

Endogeenisessa kasvuteoriassa teknologinen kehitys pyritään sisällyttämään malleihin. Niissä katsotaan teknologian kehityksen riippuvan markkinavoimista ja olevan taloudellisista tekijöistä riippuvainen. Teknologia kehittyy yksilöiden ja yritysten taloudellisen hyödyn tavoittelun kannustamana.

Tähän lähtökohtaan voidaan esittää vastaväite, jonka mukaan uuden teknologian tuottamisessa ei ole kysymys yksinomaan panoksista ja tuotoksista¹. Vaikka suuret rahalliset palkkiot onnistuneista investoinneista suuntaavat rahaa tuotekehitystoimintaan, innovaatioiden syntymisessä on tämän argumentoinnin mukaan paljolti kyse myös sattumasta sekä luonnonolojen tarjoamista mahdollisuuksista. Teknologisen kehityksen eksogeenisuus taloudelle ja markkinavoimille voidaan perustella myös sillä, että se tapahtuu pitkälti akateemisten tutkijoiden kiinnostuksen ja resurssien mukaan. Heidän katsotaan toimivan markkinavoimien ja voitontavoittelun ulkopuolella, joten tämä irrottaa heidät taloudellisesta analyysistä. Akateemisten tutkimustulosten hyödyntäminen taloudellisessa toiminnassa vaatii kuitenkin merkittäviä lisäpanostuksia ennen kuin niistä saadaan tuotettua markkinakelpoisia hyödykkeitä.² On myös huomattava, että akateeminen tutkimus on riippuvaista niin julkisesta kuin yksityisestä rahoituksesta, joihin taloudellinen päätöksenteko vaikuttaa.

Teknologinen kehitys syntyy kuitenkin siitä mitä ihmiset tekevät. Pelkkä ajan kuluminen ei synnytä innovaatioita. On tärkeää huomata ero sattumanvaraisuuden ja eksogeenisuuden välillä. Vaikka teknologinen kehitys olisi endogeenisena mallissa, voi kehitykseen silti sisältyä sattumanvaraisuutta. Kyse onkin erosta yksittäisten innovaatioiden synnyn ja teknologian aggregaattitason kehityksen erosta. Massiivinen resurssien kohdentaminen tietyn innovaation synnyttämiseen ei takaa sen syntymistä. Monet tutkijoiden vaikutusvallan ulkopuoliset asiat vaikuttavat siihen onnistuuko hanke vai ei, myös sattuma vaikuttaa asiaan. Mutta pyrittäessä innovaation synnyttämiseen, oheistuotteena syntyy paljon muita hyödyllisiä oivalluksia.³ Nämä voivat olla hyödynnettävissä niin omalla alalla kuin muillakin aloilla. Vaikka yksittäiset teknologiset edistysaskeleet saattavat olla taloudelle eksogeenisia, on teknologinen kehitys aggregaattina endogeenista taloudelliselle toiminnalle.

¹ Solow 1994, 52.

² Grossman & Helpman 1991a, 334 - 335.

³ P. M. Romer 1994, 13.

4.2.2 Kilpailullisuus, poissuljettavuus ja epävarmuus

Taloudellisilla hyödykkeillä, ja näin ollen myös teknologialla, on kaksi ominaisuutta joita on syytä tarkastella kasvukontekstissa. Nämä ovat hyödykkeen kilpailullisuuden (rivarly) ja poissuljettavuuden (excludability) aste. Kilpailullisen hyödykkeen käyttö yhden henkilön toimesta estää tai vaikeuttaa sen käyttöä kenenkään muun toimesta. Puhtaasti ei-kilpailullisen hyödykkeen käyttö yhden toimesta ei millään tavoin estä sen käyttöä muiden toimesta. Tämä on puhtaasti tekninen ominaisuus. Poissuljettavuus on sen sijaan niin tekninen kuin oikeudellinen ominaisuus. Hyödyke on poissuljettava, jos sen omistaja pystyy estämään muita käyttämästä sitä. Estäminen voi tapahtua joko salassapidon muodossa tai oikeusjärjestelmän avulla.¹

Tavanomaiset taloudelliset hyödykkeet ovat sekä kilpailullisia että poissuljettavia. Yhden henkilön käyttäessä esimerkiksi kenkäparia, kukaan muu ei voi käyttää sitä samanaikaisesti. Kenkäparin omistaja voi myös estää muita käyttämästä sitä vetoamalla omistusoikeuteensa. Useimmiten onkin niin, että hyödyke on sekä kilpailullinen että poissuljettava. Kasvuteorian kannalta mielenkiintoinen tapaus on sellainen, jossa hyödyke on ei-kilpailullinen mutta kuitenkin poissuljettava. Teknologia on ei-kilpailullinen hyödyke, koska innovaation, esimerkiksi virvoitusjuoman reseptin, käyttö yhdessä paikassa ei estä sen käyttöä muualla samanaikaisesti. Koska teknologian kehitys on seurausta taloudellisten toimijoiden voittojen tavoittelusta, innovaatioiden on oltava ainakin osittain poissuljettavia. Reseptin kehittäjän on pystyttävä jollakin tavoin estämään muita käyttämästä innovaatiotaan ilmaiseksi.

4.3 Teknologiainvestoinnit

Teknologinen kehitys ja yritysten teknologiainvestoinnit ovat merkittävässä asemassa talouskasvun kannalta. Teknologiainvestoinnit syntyvät mikrotason päätösten tuloksena, joten on syytä paneutua niihin mikrotaloudellisiin kannustimiin, jotka vaikuttavat näihin päätöksiin. Teknologian ominaisuudet taloudellisena hyödykkeenä vaikuttavat sen kehitykseen. Ulkoisvaikutusten vuoksi teknologiseen kehitykseen panostamiseen syntyy kannustin- ja vapaamatkustajaongelmia, joiden ratkaisemisessa talouden rakenteilla ja instituutioilla on merkittävä osa.

4.3.1 Teknologiainvestointien kannustinongelmat

Edellä tuotiin esiin teknologisen kehityksen endogeenisuus. Innovaatiot syntyvät pitkälti tarkoituksellisen, voittoja tavoittelevan toiminnan tuloksena. Yritykset kohdistavat resurssejaan tutkimus- ja kehitystoimintaan silloin, kun ne katsovat teknologiainvestoinnin kannattavan. Yrityksen on pystyttävä myymään tuotteensa yksikkökustannukset ylittävällä hinnalla tutkimus ja kehitysmenojen kattamiseksi.

Innovaation tuottaminen on saattanut vaatia suuria investointeja, mutta kun se on kerran olemassa, sen uudelleen tuottamisen (reproducing) rajakustannus on käytännössä nolla. Tällöin myös innovaation yhteiskunnallisesti optimaalinen hinta on nolla (rajakustannukset = rajatulo) ja kaikki innovaation informaatio tulisi tällöin jakaa halukkaiden käyttöön ilmaiseksi. On ilmeistä, että tällaisissa olosuhteissa kannustimet teknologiainvestointeihin

¹ P. M. Romer 1990, 73-74.

olisivat varsin vähäiset. Monopolivoitot häviäisivät, eivätkä yritykset tuottaisi innovaatioita¹. Jonkinasteinen epätäydellinen kilpailu on välttämätöntä yksityisten teknologiainvestointien mahdollistamiseksi².

Teknologia on usein ei-kilpailullinen ja ainakin osittain ei-poissuljettava hyödyke. Teknologiaa voidaan käyttää monessa paikassa samanaikaisesti, mutta usein innovaationtekijä ei pysty ainakaan kokonaan estämään muita käyttämästä kyseessä olevaa innovaatiota. Tällöin tahattomat teknologiavirrat aiheuttavat innovaatiotoiminnalle kannustinongelmia. Tutkimus- ja kehitystoiminta vaatii suuria investointeja, mutta teknologian diffuusion ansiosta innovaatiota pystyvät innovaationtekijän lisäksi hyödyntämään myös muut. Jos teknologian diffuusio on kustannuksetonta, muut yritykset saavat maksutta hyötyä innovaatiosta, mutta vain kehittäjäyrityksen kustannukset kasvavat.

Tahattomien teknologiavirtojen synnyttämät ulkoisvaikutukset aiheuttavat sen, ettei markkinaratkaisu ole tehokas. Kun innovaatiota pystyvät (maksutta) hyödyntämään muut kuin innovaation tekijä, on innovaation yhteiskunnallinen arvo suurempi kuin sen yksilölle tuoma arvo. Ulkoisvaikutusten ansiosta innovaatioiden yhteiskunnallinen hyöty on suurempi kuin henkilökohtainen hyöty, mikä aiheuttaa vääristymän markkinoilla. Ulkoisvaikutukset toimivat kannustimena investointeja vastaan. Innovaation tekijä ei saa koko hyötyä itselleen. Muut pystyvät hyödyntämään innovaationtekijän teknologiaa, joten heidän kannustimensa investoita pienenevät.

Jos ulkoisvaikutusten seurauksena kukaan ei investoi, kaikki pysyvät kilpailukykyisinä vaikeivät investoikaan. Tässä tilanteessa kukaan ei häviä vaikei investoikaan. Investoija saisi etumatkaa muihin, mutta hänelle on taattava omistusoikeus innovaatioonsa. Jos pelisääntöjä ei ole, hän ei saa koko hyötyä.

Yrityksille on taattava (lokaali) monopolivoima innovaatioilleen. Tämä on välttämätöntä, jotta investoinnit olisivat yksilötaloudellisesti kannattavia. Innovoinnin tuloksena syntyy potentiaalia monopolivoitoille, mutta niiden realisoituminen on pystyttävä varmistamaan. Kannustinongelmien välttämiseksi, taloudessa pitää olla jokin järjestely, joka estää teknologian kustannuksettomien käytön. Monopolivoiman toteutuminen voi tapahtua eri tavoilla, mutta kannustimien luomiseksi tarvitaan usein oikeanlaisia kilpailutaloudellisia instituutioita. On oltava niin, että teknologian laajempi käyttö edellyttää sen käyttäjältä omaa panostusta. Ei saa olla niin, että innovaation yksilölle koitua arvo on pienempi kuin yhteiskunnallinen arvo. Puhtaan markkinatalouden luomat puitteet eivät kannusta investointeihin, kun niihin liittyy ulkoisvaikutuksia.

4.3.2 Verkottuminen ja kannustimet

Luvussa 2 todettiin talouden verkottumisen tärkeäksi ominaisuudeksi teknologian diffuusio yritysten välillä. Yritykset hyötyvät toistensa tuottamasta teknologiasta tuottamalla yhteiseen tieto-pooliin uutta tietoa ja teknologiaa sekä käyttämällä itse muiden tuottamaa tietoa ja teknologiaa aktiivisesti. Tahattomat teknologiavirrat yritysten välillä kohottavat yritysten teknologista tietämystä. Verkottuneessa taloudessa inhimillisen pääoman käyttö tehostuu.

¹ Saarenheimo 1994, 16 - 17.

² Grossman & Helpman 1994, 32.

Ongelmana on kuitenkin edellä mainitut teknologiainvestointien kannustimet. Kun yritykset voivat hyödyntää tieto-poolin tarjoamaa teknologiaa, voi syntyä vapaamatkustaja ongelma. Yritys saattaa käyttää hyväkseen verkon teknologiatarjontaa, mutta ei itse tuota verkkoon mitään. Tällöin kyseinen yritys välttyy teknologiainvestointien kustannuksilta, ja saa etulyöntiaseman muihin nähden. Äärimmillään vain yksi yritys investoi teknologiaan, muiden käyttäessä tuotettua teknologiaa ilmaiseksi. Investoijan tuotantokustannukset ovat tällöin huomattavasti suuremmat. Tämä ongelma herättää kysymyksen, onko verkostotalous kannustamaton ympäristö teknologiainvestoinneille ja siten teknologiselle kehitykselle.

4.3.3 Ratkaisuja

Jos instituutiot ovat sellaiset, että kaikki joutuvat panostamaan teknologian tuottamiseen, kustannukset yhtäläistyvät kaikkien yritysten kesken. Kannustinongelmiin voi toimia ratkaisuna yhtäältä teknologia ja sen soveltuvuus, toisaalta talouden instituutiot. Kummallakin voidaan vaikuttaa teknologian poissuljettavuuteen. Poissuljettavuus voi syntyä osittain lainsäädännöstä (patentti lainsäädäntö), osittain salassapidon ansiosta tai osittain johtuen innovaation komplementaarisuudesta jonkin muun hyödykkeen, kuten yrityskohtaisen osaamisen, kanssa.¹

Poissuljettavuuden aste patenttien avulla voi vaihdella lähes täydellisestä poissuljettavuudesta lähes olemattomaan poissuljettavuuteen. Esimerkkinä jälkimmäisestä voi olla esimerkiksi jokin yksinkertainen fyysisen lain sovellus. Fysiikan lakeja ei voi patentoida, joten innovaatio on ei-poissuljettava. Voi olla myös niin, että innovaatio, kun se on kerran keksitty, on luonteeltaan niin yksinkertainen tai yleinen, ettei sitä voi patentoida. Esimerkiksi kuljetuksiin liittyvää merkittävää kuljetusmuotoa, konttikuljetusta, ei koskaan patentoitu tästä syystä. Toisaalta, jonkin synteettisen lääkkeen molekyyli rakenne voidaan helposti patentoida, ja omistusoikeuksia on helppo valvoa. Yrityksen monopolivoitot voi viedä ainoastaan eri molekyyli rakenteinen läheinen substituuetti.² Toisaalta voidaan tehdä erottelu myös tuote- ja prosessi-innovaatioiden välillä. Tuote-innovaatio on myös usein helpommin määritettävissä ja patentoitavissa. Prosessi-innovaatiot ovat tyypillisesti epäselvemmin määriteltyjä, jolloin niitä on myös vaikeampi patentoida. Tällöin innovaation tekijä pitää sen mieluummin salaisuutena.

Talouden instituutiot määräävät pelisäännöt, joilla turvataan omistusoikeudet. Poissuljettavuus voi kuitenkin olla enemmän innovaation luonteesta kuin omistusoikeuksia suojaavista instituutioista riippuvainen. Aikaisemmin mainittu virvoitusjuoman resepti voi olla niin monimutkainen, että sen salassa pitäminen onnistuu, eikä tekijänoikeussuojaa tarvita.³ Spesifin tiedon salassapito- ja tekijänoikeussuojamahdollisuudet ovat usein paremmat kuin yleisen tiedon. On paljon vaikeampaa estää muita käyttämästä yleisiä periaatteita kuin tiettyyn hyödykkeeseen sopivaa teknologiaa.⁴ Usein tilanne onkin sellainen, että uuden tiedon tuottamisella on positiivinen ulkoisvaikutus muiden yritysten tuotantomahdollisuuksiin. Tietoa ja teknologiaa ei usein pystytä täydellisesti patentoimaan tai salaamaan.⁵

Yksi tapa lähestyä kannustinongelmaa on olettaa ettei teknologian tuottaja kontrolloi teknologian käyttöä uuden teknologian tuottamisessa. Innovaationtekijän oletetaan

¹ Saarenheimo 1994, 16.

² Mt. 16 - 17.

³ D. Romer 1996, 112.

⁴ Grossman & Helpman 1991a, 16 - 17.

⁵ P. M. Romer 1986, 1003.

ansaitsevan monopolivoittoa innovaatiollaan hyödykkeiden tuotannossa, mutta ei tiedon ja uuden teknologian tuottamisessa.¹ Tuotantofunktio voi tällöin olla seuraavanlainen:²

$$(26) \quad Y = F(A_O, A_E, Z).$$

Tässä tuotantofunktiossa A_E on teknologiainvestoinnin poissuljettava osa ja A_O on ei-poissuljettava osuus. Z edustaa muita tuotantotekijöitä kuin teknologiaa. Koska A_E on poissuljettava, siihen investoidaan tietoisesti monopolivoittojen kannustamana. A_O syntyy A_E :n sivutuotteena.³

Teknologiainvestointien kannustimena toimii myös pakko. Kun innovaatioita tehdään substituuttihyödykkeissä, uuden teknologian syntyminen tekee entiset teknologiat vanhanaikaisiksi ja vähemmän houkutteleviksi. Tämä voi johtua joko uudesta tuotantoprosessista joka mahdollistaa edullisemman tuotannon, tai tuoteinnovaatiosta, joka tekee uudistetusta tuotteesta ominaisuuksiltaan edeltäjiään paremman. Kaikkien kilpailevien yritysten on tehtävä teknologiainvestointeja jotta ne pysyisivät kilpailukykyisinä⁴. Tämä pätee myös tilanteessa, jossa markkinoilla on selvä edelläkävijä. Perässähiihtäjien ottaessa tätä kiinni, edelläkävijän voitot pienenevät. Edelläkävijän on siis tehtävä jatkuvasti uusia innovaatioita säilyttääkseen johtoasemansa.

Jos kuitenkin tieto tai teknologia on täysin ei-poissuljettavaa, sen tuottaminen ei tuota yksityistä hyötyä. Tällöin sen tuottamisen täytyy tapahtua markkinavoimien ulkopuolella. Suurelta osin näin onkin, sillä valtaosa tieteellisestä perustutkimuksesta, jonka tulokset ovat pitkälti ei-poissuljettavia, tapahtuu julkisen rahoituksen tai lahjoitusten turvin.

Tahattomat teknologiavirrat tarjoavat yritysten käyttöön teknologiaa ja innovaatioita maksutta. Tästä ei kuitenkaan seuraa, että yritys pystyisi hyödyntämään sitä ilmaiseksi. Tuotteiden tai prosessien imitoimiseen sisältyy niin rahallisia kuin ajallisia kustannuksia sekä epävarmuustekijöitä⁵. Imitointi edellyttää perusteellista tutustumista innovaatioon sen ominaisuuksien selvittämiseksi. Tämä oppiminen voi olla kallista ja aikaa vievää. Vaikka innovaation ominaisuudet olisivat avoimesti tiedossa, näiden ominaisuuksien käyttämisen oppiminen ei ole kustannuksetonta. Yrityksen ulkopuolelta saatava teknologia on harvoin, jos ikinä, suoraan yrityksen tuotantoprosessiin sopiva. Kussakin yrityksessä käytettävä teknologia on hyvin pitkälle kyseisen yrityksen tuotantoprosessiin, toimintatapoihin ja liikekumppaneihin sopeutettua. Tällöin sen suora käyttö muualla on useimmiten mahdotonta. Voidaan esimerkiksi ajatella innovaation liittyvän pääomahyödykkeeseen. Eri yritysten käyttämät pääomahyödykkeet voivat olla differoituja, jolloin ne ovat ainoastaan läheisiä substituutteja. Teknologian tai innovaation käyttö vaatii sen soveltamista imitoivan yrityksen toimintamalleihin ja -ympäristöön.

Vaikka taloudessa on tahattomia teknologiavirtoja, ja vaikka teknologia saattaa siirtyä maksutta yritysten välillä, liittyy sen käyttöönottoon aina kustannuksia. Tämä ratkaisee myös vapaamatkustaja-ongelman. Yritysverkossa liikkuvasta tiedosta ja teknologiasta saa hyötyä

¹ D. Romer 1996, 114.

² Griliches 1979, 92 - 116.

³ P. M. Romer 1990, 77.

⁴ Eliasson 1994, 187.

⁵ Grossman & Helpman 1991b, 577.

ainoastaan oman lisäpanoksen avulla. Kun teknologiaan on aina tehtävä lisäyksiä tai muutoksia oman tarpeen mukaan, syntyy jokaisen uuden käyttäjän kohdalla uusia sovelluksia ja näin ollen uutta tietoa ja taitoa. Tämä puolestaan saattaa olla jollekin muulle käyttäjälle hyödyllistä. Tällä tavoin syntyy mekanismi, jossa ainoastaan panostamalla tiedon ja teknologian määrän kasvuun yritys voi kasvaa. Teknologiainvestoinnit muodostuvat yrityksen kasvun välttämättömäksi edellytykseksi.

Yhteenvetona voidaan todeta, että vaikka tietoa ei pystytä täydellisesti patentoimaan tai pitämään salassa, muiden tuottaman teknologian ottaminen käyttöön ei ole niin suoraviivaista, että sen hyödyntäminen olisi kustannuksetonta. Nämä kustannukset ja ajalliset viiveet saavat aikaan sen, että innovaation tekijän mahdollisuudet lokaaleihin monopolivoittoihin säilyvät. Tällöin teknologiainvestointi palkitaan, mikä kannustaa innovaatiotoimintaan.

5 MIKROTALOUDELLINEN MEKANISMI TALOUSKASVULLE

Edellisissä luvuissa on käsitelty talouden verkottumista, talouskasvua ja teknologista kehitystä. Tässä luvussa pyritään mallintamaan näiden välille yhteys ja osoittamaan verkottumisen potentiaalinen vaikutus pitkän aikavälin talouskasvulle. Tämä tehdään esittämällä Yangin ja Borlandin mikrotaloudellisiin tekijöihin perustuva kasvumalli, ja osoittamalla tämän mallin soveltuvuus verkottuneen talouden tarkastelemiseen.

Luvussa kaksi käsiteltiin verkottumista ja verkottumisen luonnetta. Olennainen piirre verkottumisessa on arvoketjun jakaminen yhä pienempiin osiin yritysten, tutkimuslaitosten, korkeakoulujen ja viranomaisten kesken. Tällöin taloudessa toimii yksiköitä, jotka ovat erikoistuneet toimimaan sellaisissa toiminnoissa, joissa niiden osaaminen ja suhteellinen etu on suurin. Toissijaiset toiminnat on ulkoistettu. Tämän seurauksena myös päätöksenteko taloudessa on hajaantunut yhä useammalle taholle. Koska taloudellinen toiminta perustuu yksittäisten päättäjien toimintaan, on tämä otettava huomioon myös talouskasvun selittämisessä. Talouskasvulle on löydettävä mikrotaloudellinen perusta, jossa kasvu selittyy yksilöiden päätöksillä.

Taloudellisen kasvun todettiin palautuvan viimekädessä säästämisasteen tärkeyteen sekä teknologiseen kehitykseen. Teknologisen kehityksen katsottiin olevan suurelta osin taloudelle endogeenista. Siihen vaikuttavat teknologiainvestoinnit, jotka aggregaattitasolla ja pitkällä tähtäimellä vauhdittavat kehitystä. Teknologiainvestointeja voi verrata säästämiseen. Teknologiseen kehitykseen vaikuttavat myös toimijoiden väliset teknologiavirrat sekä tekemällä oppiminen.

Tässä luvussa esitellään Xiaokai Yangin ja Jeff Borlandin malli¹, jossa talouskasvua selitetään taloudessa tapahtuvan erikoistumisen ja työnjaon syvenemisen seurauksena. Tarkasteltavassa mallissa kukin yksilö on sekä kuluttaja että tuottaja. Taloudessa vallitsevan työnjaon syvyys ja kehitys syntyy hyötyään maksimoivien yksilöiden erikoistumispäätösten perusteella. Kukin yksilö päättää kuinka monen tyyppistä hyödykettä itse tuottaa ja kuinka monen tyyppistä hyödykettä ostaa muilta. Päätökseen vaikuttavat yhtäältä erikoistumisen myötä syntyvät kasvavat tuotot ja tekemällä oppiminen. Nämä kasvattavat yksilön tuotantomahdollisuuksia tulevaisuudessa. Erikoistumista voidaan ajatella teknologiainvestointina. Toisaalta päätökseen vaikuttavat transaktiokustannukset, joita syntyy kun hyödykkeitä ostetaan muilta. Nämä vähentävät yksilön välittömiä kulutusmahdollisuuksia. Mallissa etsitään dynaaminen tasapaino, joka maksimoi yksilön hyödyn. Yksilöiden erikoistumispäätösten aggregaattina syntyy endogeenisesti määräytyvä työnjaon kehitys taloudessa. Mallissa osoitetaan työnjaon syvenemisen (pidemmälle viedyn toimintojen ulkoistamisen) synnyttävän kasvua kun työnjako on riittävän pitkälle vietyä ja sen syventämisen mahdollisuuksia on vielä olemassa.

Verkottumisen ja talouskasvun välisestä yhteydestä on kirjoitettu toistaiseksi vähän. Tässä esiteltävä malli on vain yksi mahdollinen tapa tarkastella tätä yhteyttä. Siinä tuodaan kuitenkin esiin verkottumisen tärkeä ominaisuus, toimintojen ulkoistaminen ja erikoistuminen. Yangin ja Borlandin mallissa kasvumeکانismi perustuu yksilöiden tekemiin päätöksiin. Päätökset syntyvät oman hyödyn maksimoinnin tuloksena. Yritysten toiminnan motiivi on sama, hyödyn maksimointi eli yrityksen voittojen maksimointi. Hieman muunneltuna mallia voidaan käyttää

¹ Yang & Borland 1991 ja 1995.

myös yritysten toiminnan tarkasteluun. Mallissa onkin olennaista sen tuoma mikrotaloudellinen perusta talouskasvulle.

Aluksi esitellään mallin lähtökohdat ja rakenne. Näiden avulla muodostetaan dynaaminen optimointiongelma yksilön hyödyn maksimoimiseksi. Tämän optimikontrolliongelman avulla voidaan ratkaista optimaalinen työnjako taloudessa niin yksilön kuin koko talouden kannalta. Seuraavaksi tarkastellaan mallin mahdollisia tasapainoja ja niiden ominaisuuksia. Tässä tarkastellaan edellytyksiä, joiden vallitessa optimaalinen työnjako ja sen kehitys taloudessa synnyttää talouskasvua. Lopuksi keskustellaan mallin tuloksista suhteessa kasvuteoriaan ja verkottumiseen.

5.1 Mallin lähtökohdat

Yangin ja Borlandin mallissa talouden erikoistuminen ja työnjako, sekä näiden seurauksena talouskasvu, syntyvät yksilöiden hyödynmaksimoinnin aggregaattina. Talous koostuu yksilöistä, jotka ovat sekä kuluttajia että tuottajia. Heillä oletetaan olevan Cobb - Douglas -tuotantofunktio, johon sisältyy positiivinen diskonttaus korko. Näin ollen ihmisillä on preferenssi monipuoliseen kulutukseen sekä preferenssi nykyiseen kulutukseen suhteessa kulutukseen tulevaisuudessa. Työnjaon syveneminen nähdään kasvuna yksilön muille myytyjen hyödykkeiden osuutena omasta tuotannosta, sekä muilta ostettujen hyödykkeiden kasvavana osuutena omasta kulutuksesta.

Yksilöiden oletetaan olevan *ex ante* identtisiä. Heidän on ratkaistava kysymys resurssien kohdentamisesta nykyisen ja tulevan kulutuksen välillä. Nykyinen kulutus riippuu yksilön tämän hetken tuotannosta. Tulevaisuuden kulutus riippuu tulevaisuudessa valmistetuista hyödykkeistä, joiden tuotanto puolestaan riippuu nykyhetken investoinneista fyysiseen ja henkiseen pääomaan.

Erikoistumispäätöksen tehdessään yksilö joutuu valintatilanteeseen. Päättyessään erikoistua enemmän vallitsevalla hetkellä, hän lisää tulevaisuuden kulutusmahdollisuuksiaan. Tämä johtuu erikoistumisen kasvavista tuotoista ja tekemällä oppimisesta. Koska yksilöllä on preferenssi monipuoliseen kulutukseen, hän joutuu ostamaan yhä suuremman osan kuluttamistaan hyödykkeistä muilta. Kauppaan liittyy transaktiokustannuksia mikä puolestaan vähentää hänen kulutusmahdollisuuksia. Voidakseen lisätä kulutustaan tulevaisuudessa, yksilön on siis osittain luovuttava nykyisistä kulutusmahdollisuuksista. Tämä on vastoin hänen preferenssiään nykyiseen kulutukseen. Tämä valinta resurssien kohdentamisesta nykyisen ja tulevan kulutuksen välillä, yhdistettynä oletukseen, että erikoistumisesta saavutettavat edut ovat yksilö- ja aktiviteettikohtaisia, takaa dynaamisen kilpailullisen tasapainon olemassaolon, vaikka kasvavat tuotot valitsevat kaikissa aktiviteeteissa. Kyseessä on dynaaminen hyödynmaksimointiongelma.

Työnjaon ja erikoistumisen syventyessä tuottajille kehittyy monopolivoimaa. Mallissa vallitsee kuitenkin täydellinen kilpailu ja Walrasilaisen tasapainon markkinat, olettamalla että kaikki kauppa tapahtuu futuurimarkkinoilla, jotka toimivat hetkellä $t = 0$. Koska kaikesta kaupasta sovitaan hetkellä $t = 0$, ja koska kaikkien yksilöiden oletetaan olevan *ex ante* identtisiä, hyödykkeiden hinnoista sovittaessa kenelläkään ei ole monopolivoimaa. Näin ollen vallitsee täydellisen kilpailun hinnat, vaikka ajan kuluessa jollakin hyödykkeellä saattaakin olla vain yksi tuottaja.

5.2 Mallin rakenne²

Taloudessa on m tuottaja-kuluttajaa ja m erilaista hyödykettä. Itse tuotettu määrä hyödykettä i hetkellä t on x_{it} . Myyty ja ostettu määrä kyseistä hyödykettä ovat x_{it}^s ja x_{it}^d . Kaupassa ostaja menettää $1 - \kappa_t$, ($0 < \kappa_t < 1$) suuruisen osuuden transaktiokustannuksia, jolloin hänelle jää määrä $\kappa_t x_{it}^d$ ostettuaan x_{it}^d suuruisen määrän hyödykettä i . Hyödykkeen i kokonaiskulutus yksilöllä on tällöin $x_{it} + \kappa_t x_{it}^d$. Mielivaltaisesti valitun yksilön hyötyfunktio hetkellä t on

$$(27) \quad u_t = \prod_{i=1}^m (x_{it} + \kappa_t x_{it}^d).$$

Kertoimen κ_t oletetaan pienenevän kauppakumppanien lukumäärän kasvaessa. κ_t :n oletetaan riippuvan negatiivisesti yksilön kauppakumppanien määrästä. Henkilö käy kauppaa ensiksi lähimpien naapuriensa kanssa, jolloin välimatka kauppakumppaneihin kasvaa näiden määrän lisääntyessä. Kun transaktiokustannus $1 - \kappa_t$ kasvaa yksilön ja hänen kauppakumppanien keskimääräisen etäisyyden kasvaessa, κ_t on kauppakumppanien vähenevä funktio. Jos vaihdettavien hyödykkeiden määrä on n_t , voidaan merkitä

$$(28) \quad \kappa_t = \frac{\kappa}{n_t}, \quad 0 < \kappa < 1,$$

missä κ on vakio joka kuvaa transaktioiden tehokkuutta. Yhtälöstä (28) seuraa, että kulutukseen käytettävissä oleva osuus ostetusta määrästä hyödykettä i vähenee vähemmän kuin suhteessa kun n_t :n kasvaessa.

Kun oletetaan taloudellisen päätöksenteon tapahtuvan hetkellä $t = 0$ ja päätöksenteon kohteena olevan aikavälin ulottuvan äärettömyyteen, saadaan yksilön tavoitefunktionaaliksi

$$(29) \quad U = \int_0^{\infty} u_t e^{-\rho t} dt,$$

missä ρ on yksilön subjektiivinen diskonttaus korko. Tavoitefunktionaalissa on preferenssi monipuoliselle kulutukselle sekä nykyiselle kulutukselle verrattuna tulevaan kulutukseen.

Yksilön käytössä olevan tuotantoteknologian oletetaan sisältävän tekemällä oppimisen avulla saavutettavan tuottavuuden kasvun sekä kasvavat tuotot. Kasvavat tuotot syntyvät skaalaetujen ja ulkoisvaikutusten ansiosta.

² Esiteltävä malli perustuu artikkeliin Yang & Borland 1991. Viittauksia kyseiseen artikkeliin ei tehdä erikseen.

$$(30) \quad x_{it} + x_{it}^s = (L_{it})^\phi, \quad \text{missä } L_{it} = \int_0^t l_{i\tau} d\tau, \quad \phi > 1,$$

$$(31) \quad \sum_1^m l_{it} = 1, \quad 0 \leq l_{it} \leq 1, \quad i = 1, \dots, m,$$

missä $x_{it} + x_{it}^s$ on hyödykkeen i tuotanto hetkellä t , $l_{i\tau}$ on hyödykkeen i tuotantoon käytetty työpanos hetkellä τ ja L_{it} on hyödykkeen i tuotantoon kumuloitunut työpanos hetkeen t mennessä. L_{it} kuvaa kokemusta, tietoa ja henkistä pääomaa joka on karttunut hyödykkeen i tuotannossa hetkeen t mennessä. Mallissa oletetaan että yksilön käytettävissä oleva työpanos tunneissa hetkellä t on yksi. Työpanos on sidottu yksilöön ja tuotantoteknologiaan, eikä näitä tunteja voi siirtää muiden tuotantoteknologioiden hyväksi.

5.2.1 Yksilön optimaalinen kulutuksen, tuotannon ja vaihdon rakenne

Edellä todettiin yksilön tekevän päätöksen nykyisen ja tulevan kulutuksen välillä. Päätökseen vaikuttavat yhtäältä välittömiä kulutusmahdollisuuksia vähentävät transaktiokustannukset, joita syntyy yksilön erikoistuessa. Toisaalta päätökseen vaikuttavat lisääntyvät kulutusmahdollisuudet, joita syntyy tekemällä oppimisen ja erikoistumisen myötä syntyvien kasvavien tuottojen ansiosta. Näiden päätösten perusteella kunkin tuotteen tuottajien lukumäärä ja näin ollen markkinoiden rakenne määräytyy mallissa endogeenisesti.

Mallissa oletetaan olevan sekä vaihdettavia, että ei vaihdettavia hyödykkeitä. Mallin määräämissä olosuhteissa yksilö ei osta ja tuota samaa hyödykettä. Hän tuottaa hyödykettä jota hän myy, eikä hän myy enempää kuin yhdentyypistä hyödykettä. Yksilölle, joka tuottaa hyödykettä i ja käy kauppaa n_i ($n_i \leq m$) hyödykkeellä hetkellä t , pätee seuraavat yhtälöt:

$$(32) \quad x_{it}, x_{it}^s, l_{it} > 0, \quad x_{it}^d = 0,$$

$$(33) \quad x_{jt}, l_{jt} > 0, \quad x_{jt}^s = x_{jt}^d = 0, \quad m - n_i \text{ ei-vaihdettaville hyödykkeille,}$$

$$(34) \quad x_{it} = x_{it}^s = l_{it} = 0, \quad x_{it}^d > 0, \quad \text{muille } n_i - 1 \text{ vaihdettaville hyödykkeille,}$$

missä $r \in R$, ostettujen hyödykkeiden joukkoon, ja $j \in J$, ei-vaihdettavien hyödykkeiden joukkoon. Joukkoon R kuuluu $n_t - 1$ erityyppistä hyödykettä ja joukkoon J kuuluu $m - n_t$ eri tyyppistä hyödykettä.

Yksilön ostamien, tuottamien ja kuluttamien hyödykkeiden yhdistelmä voidaan perustella seuraavalla tavalla. Jos yksilö myy hyödykettä i , hänen on myös tuotettava sitä: jos $x_{it}^s > 0$, niin $x_{it} > 0$. Yksilön ei kannata ostaa hyödykettä jota hän itse tuottaa, koska ostettuun hyödykkeeseen liittyy transaktiokustannus. Tämän seurauksena, jos $x_{it}^s > 0$ ja $x_{it} > 0$, niin $x_{it}^d = 0$. Jos toisaalta $x_{it}^d > 0$, niin $x_{it} = x_{it}^s = 0$. Yksilön kannattaa keskittyä tuottamaan myymäänsä tuotetta, koska kyseisen hyödykkeen tuotannossa saavutettavilla erikoistumisen tuotoilla hän pystyy ostamaan enemmän hyödykkeitä r . Koska erikoistumiseen liittyy kasvavat tuotot, hänen kannattaa tuottaa ainoastaan yhtä hyödykettä. Yksilö siis myy ja tuottaa itse hyödykettä i , ostaa $n_t - 1$ erityyppistä hyödykettä ja tuottaa itse $m - n_t$ ei-vaihdettavaa hyödykettä.

5.2.2 Dynaaminen optimointiongelma

Edellä on tuotu esiin tarvittavat elementit dynaamisen optimointiongelman rakentamiseksi: yksilön hyötyfunktion ja transaktiokustannusten avulla muodostettu tavoitefunktionaali sekä yksilön käytössä oleva tuotantoteknologia, joka toimii myös yksilön päätöksenteon rajoitteena. Lisäksi määriteltiin yksilön kulutuksen, tuotannon ja vaihdon rakenne, joka vaikuttaa hyötyfunktioon. Ongelma ratkaistaan optimikontrolliteorian avulla³.

Olkoon u_{it} hyödykettä i tuottavan yksilön hyötyfunktio hetkellä t ja U_i hänen tavoitefunktio.

$$(35) \quad \max U_i = \int_0^{\infty} u_{it} e^{-\rho t} dt,$$

Yksilön valintaongelma voidaan esittää seuraavassa muodossa:

missä

$$(36) \quad u_{it} = x_{it} \left[\prod_{r \in R} [K_r x_{rt}^d] \right] \left(\prod_{j \in J} x_{jt} \right) \quad (\text{hyötyfunktio hetkellä } t),$$

rajoitteilla

$$(37) \quad x_{it} + x_{it}^s = (L_{it})^\phi, \quad x_{jt} = (L_{jt})^\phi, \quad j \in J \quad (\text{tuotanto funktio}),$$

³ Optimikontrolliteoriasta tarkempaa tietoa katso esimerkiksi Chiang 1992 tai Kamien & Schwartz 1981. Tiivis esitys katso Barro & Sala-i-Martin 1995.

$$(38) \quad l_{it} + \sum_{j \in J} l_{jt} = I \quad (\text{resurssirajoite}),$$

$$(39) \quad \kappa_t = \frac{\kappa}{n_t} \quad (\text{transaktioteknologia})$$

$$(40) \quad p_{it} x_{it}^s = \sum_{r \in R} p_{rt} x_{rt}^d$$

$$(41) \quad n_i \Big|_{t=0} = 1, \quad L_{yt} \Big|_{t=0} = 0, \quad y = i, j, \quad j \in J \quad (\text{reunaehto}),$$

$$(42) \quad l_{yt} = \frac{dL_{yt}}{dt}, \quad 0 \leq l_{yt} \leq 1 \quad (\text{tilayhtälö}).$$

Hyödykettä i myyvän yksilön hyöty (36) riippuu hänen tuottamistaan vaihdettavista hyödykkeistä x_{it} , hänen tuottamistaan ei-vaihdettavista hyödykkeistä x_{jt} , sekä hänen muilta ostamistaan vaihdettavista hyödykkeistä x_{rt}^d . Viimeksi mainittuun vaikuttaa transaktioteknologia (39). Yhtälöt (37) ja (38) kuvaavat yksilön käytössä olevaa tuotantoteknologiaa ja -resursseja. Yhtälön (40) budjettirajoitteessa oletetaan ettei yksilö säästä eikä lainaa. Yksilön lähtökohtatilannetta kuvataan yhtälöillä (41). Hetkellä $t = 0$, vaihdettavien hyödykkeiden määrä on yksi. Tekemällä oppimisen myötä kertyvää kokemusta ei ole vielä tässä vaiheessa kerääntynyt. Tilayhtälö (42) kuvaa kuinka ohjausmuuttujan l_{yt} valinta vaikuttaa tilamuuttujaan L_{yt} . Yksilö voi siis päättämällä hyödykkeen y valmistukseen käytettävästä työpanoksesta hetkellä t vaikuttaa tuotantoprosessissa tarvittavan tiedon ja kokemuksen kertymiseen.

$$(43) \quad H_t = u_{it} + \lambda_t (I - l_{it} - \sum_{j \in J} l_{jt}) + \sum_{j \in J} \gamma_{jt} l_{jt} + \gamma_{it} l_{it},$$

Yhtälöiden (35) - (42) avulla muodostetaan Hamiltonin funktio

jossa λ_t on työvoimaresurssien diskontattu varjohinta hetkellä t ja γ_{yt} on hyödykkeen y ($y = i, j$) tuottamiseen käytetyn työvoiman diskontattu varjohinta hetkellä t . λ_t kertoo paljonko yksilön hyöty kasvaa kun työvoimaresurssirajoitetta väljennetään. γ_{yt} puolestaan kertoo paljonko yksilön hyöty kasvaa kun hyödykkeeseen y kohdennetun työvoiman määrää kasvatetaan. Hamiltonin funktio on tilamuuttujien (state variables) L_{yt} , x_{it}^s ja x_{rt}^d ($r \in R$), liittotilamuuttujien (costate variables) λ_t ja γ_{yt} sekä ohjausmuuttujien (control variables) l_{yt} funktio.

Kyseessä on käypäarvoinen (current value) optimikontrolliongelma, jossa on ohjausmuuttujat sisältävä yhtäsuuruusrajoite (equality constraint) ja tarkasteltava aikaväli on ääretön (infinite time horizon). Ongelman ratkaisemiseksi muodostetaan epäsuora hyötyfunktioaali, jossa Hamiltonin funktiossa hyötyfunktion x_{it} ja x_{jt} korvataan vastineillaan tuotantofunktiossa sekä yksi x_{rt}^d budjettirajoitteen vastineellaan. Ensimmäisen kertaluvun ehdot saadaan maksimointiperiaatteen avulla. Ongelman ratkaisuihin palataan myöhemmin.

5.2.3 Dynaamisen tasapainon ominaisuuksia

Epäsuoran hyötyfunktionaalin muodostamiseksi tarkastellaan optimointiongelman dynaamisen tasapainopisteen muita ominaisuuksia. Nämä ovat joukko market-clearing -ehtoja, joukko hyödyn yhtäläistämisehtoja (utility-equalizing conditions) sekä markkinoiden rakennetta kuvaava yhtälö.

Aikaisemmin todettiin mallin toimivan täydellisen kilpailun oloissa. Markkinoiden tasapaino eli kokonaiskysynnän ja -tarjonnan yhtä suuruus perustuu yksilöiden kysyntään ja tarjontaan. Vallitsee Walrasilainen tasapaino, jossa hinnat ovat sellaiset, että kokonaiskysyntä ja -tarjonta ovat yhtä suuret⁴. Väestön suuruus m on annettu ja M_i on hyödykettä i myyvien yksilöiden määrä. Markkinoiden tasapainoa kuvaa yhtälö

$$(44) \quad M_r x_{rt}^s = \sum_{i \neq r} M_i x_{irt}^d, \quad r = 1, \dots, m,$$

missä $M_r x_{rt}^s$ on hyödykkeen r kokonaistarjonta ja x_{irt} on hyödykettä i myyvän yksilön hyödykkeeseen r kohdistuva kysyntä hetkellä t . Tällöin summa $M_i x_{irt}^d$ on hyödykkeen r kokonaiskysyntä. Myöhemmin osoitetaan, että x_{irt}^d on yhtä suuri kuin x_{rt}^d .

Epäsuora hyötyfunktio on yhtä suuri kaikille eri hyödykkeitä myyville yksilöille. Voidaan ajatella, että koska hyötyään maksimoivat yksilöt ovat ex ante identtisiä, kukaan ei hetkellä $t = 0$ ryhdy toimimaan alalla jolla saavutettava hyötytaso on alempi kuin muilla aloilla. Hyödyn samansuuruisuutta kuvaa yhtälö

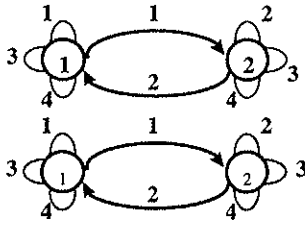
$$(45) \quad U_1 = U_2 = \dots = U_m.$$

Yhtälöt (44) ja (45) määräävät yhdessä hyödykkeiden suhteelliset hinnat sekä kutakin hyödykettä myyvien yksilöiden määrän, jotka määräävät dynaamisen tasapainon. Tähän palataan alempana, optimaalisen markkinarakenteen tarkastelemisen jälkeen.

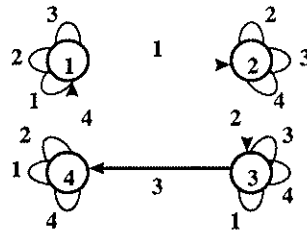
Markkinoiden rakenne ja niiden kehitys voi saada monenlaisia muotoja. Kaupankäynnillä on kuitenkin optimaalinen rakenne, jota perustellaan seuraavalla tavalla. Oletetaan, että kukin vaihtaa alkuperiodeilla vain muutamaa hyödykettä, mutta siirtyy vaihtamaan alati kasvavaa määrää hyödykkeitä. Alkuperiodin markkinarakenne voi saada erilaisia muotoja, joita on kuvattu kuviossa 1. Paksut nuolet kuvaavat vaihdettavien hyödykkeiden virtoja ja ohuet kaaret kuvaavat kunkin itselleen tuottamia ei-vaihdettavia hyödykkeitä. Numeron sisältämä ympyrä on kyseisen numeroisen hyödykkeen tuottaja. Kuviossa vaihdettavien hyödykkeiden määrä $m = 4$, mutta esimerkki voidaan yleistää.

KUVIO 5. Kaksi vaihtoehtoista markkinoiden rakennetta.

⁴ Varian 1993, 491



(Q)



(W)

Markkinoilla Q, kaikki vaihtavat kahta hyödykettä ja kaikilla on samanlainen vaihdettujen hyödykkeiden yhdistelmä (hyödykkeet 1 ja 2). Koska kuluttajat preferoivat monipuolista kulutusta, vaihdettujen hyödykkeiden lukumäärä kasvaa ajan myötä. Periodilla $t = 0$ kaikki tuottavat joko hyödykettä 1 tai 2, joten jotkut siirtyvät tuottamaan uusia vaihdettavia hyödykkeitä myöhemmillä periodeilla. Tämän seurauksena hyödykkeiden 1 ja 2 tuottajien määrä vähenee.

Markkinoilla W kaikki vaihtavat yhtä monta hyödykettä kuin markkinoilla Q, mutta kullakin hyödykkeellä on vain yksi myyjä. Vaikka vaihdettuja hyödykkeitä on kullakin yhtä monta kuin aikaisemmassa tilanteessa, on kullakin erilainen vaihdettujen hyödykkeiden kori. Erilaisten vaihdettavien hyödykkeiden lukumäärän kasvaessa, kukin ostaa hyödykkeitä yhä useammalta ja myy suurempaa määrää yhtä tuottamaansa hyödykettä yhä useammalle henkilölle. Kukaan ei joudu siirtymään uuden hyödykkeen tuottamiseen, koska kaikkia m hyödykettä on tuotettu alusta ($t = 0$) alkaen.

Kuvion tilanteessa, markkinoilla Q kaikki käyvät kauppaa hyödykkeillä 1 ja 2 sekä tuottavat itselleen hyödykkeitä 3 ja 4. Vaihdettavien hyödykkeiden lukumäärä on kaksi niin jokaiselle yksilölle kuin koko taloudellekin. Markkinoilla W, yksilö 1 myy hyödykettä 1 yksilölle 2, joka puolestaan myy hyödykettä 2 yksilölle 3, joka myy hyödykettä 3 yksilölle neljä, joka myy hyödykettä 4 yksilölle 1. Jokainen yksilö vaihtaa kahta hyödykettä, mutta vaihdettujen hyödykkeiden määrä taloudessa on neljä.

Jos lopulta kaikkia hyödykkeitä vaihdetaan, ovat markkinat W tehokkaammat. Mallin täydellisen symmetrian vuoksi, kaupan rakenteella ei ole hyvinvointivaikutuksia alkuperiodeilla. Ainoastaan kunkin yksilön vaihdettujen hyödykkeiden lukumäärä merkitsee. Vaihdetuissa hyödykkeissä saavutetaan kasvavia tuottoja, joista hyötyvät niin myyjät kuin ostajatkin. Tällöin yksilöiden hyvinvointi on yhtä suuri molemmilla markkinoilla.

Mutta myöhemmillä periodeilla yksilöiden hyvinvointi on suurempi markkinoilla W kuin markkinoilla Q, koska hyödykkeiden 3 ja 4 tuottamisessa on karttunut alusta alkaen kokemusta markkinoilla W. Tämä lisää työvoiman tuottavuutta näiden hyödykkeiden tuottamisessa myöhemmillä periodeilla. Markkinoilla Q tällaista kokemusta ei kartu aikaisilla periodeilla hyödykkeiden 3 ja 4 osalta, koska tuotanto omiin tarpeisiin on hyvin pienimuotoista.

Voidaan myös osoittaa ettei Q ole tasapaino-markkinarakenne. Markkinoita Q ei ole täysimittaisesti hyödynnetty, sillä on olemassa hyötyjä (gains), joita on saavutettavissa hetkellä $t = 0$ vallitsevan Walrasilaisen regiimin kautta. Tällöin joillakin on aina kannustin poiketa markkinarakenteesta. Oletetaan, että näennäinen markkinoiden Q kaltainen tasapaino (market clearing) vallitsee. Osa ihmisistä myy hyödykettä 1 ja osa hyödykettä 2,

myöhemmillä periodeilla kaikkia hyödykkeitä vaihdetaan. Jos aikaisella periodilla joku siirtyykin esimerkiksi hyödykkeen 3 tuottamiseen ja myymiseen samalla hinnalla kuin hyödykettä 1 ja 2 (tämä on mahdollista mallin symmetrian vuoksi), myöhemmillä periodeilla hän tuottaa hyödykettä 3 marginaalisesti alhaisempaan hintaan kuin markkinatilanteessa Q . Tämä on mahdollista kasvavien tuottojen ja tekemällä oppimisen ansiosta. Tässä tilanteessa sekä hyödykkeen 3 myyjän että sen ostajien hyötytaso on korkeampi kuin markkinoilla Q . Tällöin kaikilla olisi kannustin siirtyä tuottamaan hyödykettä 3 hyödykkeiden 1 tai 2 sijasta markkinoiden Q alkuperiodeilla. Näin ollen markkinat Q eivät voi muodostaa dynaamista tasapaino- markkinarakennetta. Vastaavalla päättelyllä voidaan perustella kaikkien muidenkin markkinarakenteiden olevan tehottomampia kuin W , eikä dynaamista tasapainoa ole muille markkinarakenteille kuin W .

Edellä sanotun perusteella, kaikille $n_t \geq 2$, tasapaino-markkinarakenne on sellainen, jossa kullakin hyödykkeellä on ainoastaan yksi myyjä. Kaikkia m hyödykettä vaihdetaan taloudessa alkuperiodeista alkaen, mutta yksilön ostamien erilaisten hyödykkeiden määrä n_t kasvaa nolasta määrään $m - 1$. Tällöin yksilö siis myy alusta lähtien yhtä hyödykettä, mutta yhä suuremmalle joukolle ihmisiä, joilta hän alkaa ostaa hyödykkeitä, joiden tuotannosta itse luopuu erikoistuessaan.

Tällaisessa markkinarakenteessa yksilöiden valintaongelmat ovat symmetrisiä. Kun samanaikaisesti yhtälöt (44) ja (45) ovat voimassa, ja kun taloudessa tapahtuu vaihtoa,

$$(46) \quad \frac{P_{it}}{P_{yt}} = 1 \quad \text{kaikille } i, y = 1, \dots, m,$$

$$(47) \quad M_i = 1 \quad \text{kaikille } i = 1, \dots, m.$$

Kaikilla hyödykkeillä on yhtä suuri hinta koska tuottajien suhteellinen lukumäärä määrää suhteelliset hinnat ja kullakin hyödykkeellä on vain yksi tuottaja. Kun kysyntä ja tarjonta ovat yhtä suuret ja kaikkien hyödykkeiden tuottajien hyötytaso on yhtä suuri, on hinnan relevanttia yksikköä kohden oltava yhtä suuri. Kun nämä tasapainohinnat sijoitetaan Hamiltonin funktioon, ensimmäisen kertaluvun ehdosta suhteessa muuttujaan x_{it}^d seuraa, että

$$(48) \quad x_{it}^d \text{ on yhtä suuri (identtinen) kaikille } r \in R.^1$$

Tämän tuloksen ja ensimmäisen kertaluvun ehdon avulla suhteessa muuttujaan x_{it}^s saadaan

$$(49) \quad x_{it}^s = \frac{(n_t - 1)(L_{it})^\phi}{n_t},$$

$$(50) \quad x_{it}^d = \frac{(L_{it})^\phi}{n_t}, \quad \text{kaikille } r \in R, \text{ kun } i = 1, \dots, m.^2$$

5.2.4 Epäsuora hyötyfunktio ja optimikontrolliongelman ehdot

Yhtälöiden (44) - (50) tulosten perusteella x_{it}^s , L_{it} ja l_{it} ovat yhtä suuria kaikille $i = 1, \dots, m$ sekä L_{jt} , l_{jt} ja n_t ovat identtisiä kaikille ihmisille, jolloin saadaan epäsuora hyötyfunktio

$$(51) \quad u_{it} = u_t = (K)^{n_t-1} (n_t)^{1-2n_t} (L_{it})^{\phi n_t} \prod_{j \in J} (L_{jt})^{\phi}, \quad \text{kaikille } i = 1, \dots, m.^3$$

jolloin

$$(52) \quad U_i = U = \int_0^{\infty} u_t e^{-\rho t} dt, \quad \text{kaikille } i = 1, \dots, m.$$

sekä muodostetaan epäsuoraan hyötyfunktioon perustuen käypäarvoinen Hamiltonin funktio:

$$(53) \quad H_i = H = u_t + \lambda_t (1 - l_{it} \sum_{j \in J} l_{jt}) + \sum_{j \in J} \gamma_{jt} l_{jt} + \gamma_{it} l_{it}, \quad \text{kaikille } i = 1, \dots, m.$$

Tässä L_{it} ja L_{jt} ovat tilamuuttujia, l_{it} ja l_{jt} ohjausmuuttujia, sekä γ_{it} , γ_{jt} ja λ_t liittotilamuuttujia. Optimointi tapahtuu maksimointiperiaatteen (maximum principle) avulla, joka käsittää ensimmäisen kertaluvun differentiaaliyhtälön kullekin tila- ja liittomuuttujalle. Tämän lisäksi Hamiltonin funktio maksimoidaan kunkin ohjausmuuttujan ja yhtäsuuruusrajoitteen suhteen.

$$(54) \quad \frac{\partial H}{\partial \gamma_{yt}} = \frac{dL_{yt}}{dt}, \quad y = i, j, j \in J,$$

Optimikontrolliteorian mukaan maksimointiperiaatteen ehdot ovat:

$$(55) \quad \frac{\partial H}{\partial L_{yt}} = \rho \gamma_{yt} - \frac{d\gamma_{yt}}{dt}, \quad y = i, j, j \in J,$$

$$(56) \quad \max H \quad n_t \text{:n suhteen,}$$

$$(57) \quad \max H \quad l_{yt} \text{:n suhteen,} \quad y = i, j, j \in J,$$

$$(58) \quad \frac{\partial H}{\partial \lambda_t} = 1 - (l_{it} + \sum_{j \in J} l_{jt}) = 0 \Leftrightarrow l_{it} + \sum_{j \in J} l_{jt} = 1.$$

Ehtojen (54) tarkat muodot ovat tilayhtälön (42) mukaan

¹ Tuloksen johtaminen liitteessä 1.

² Yhtälöiden (49) ja (50) johtaminen liitteessä 2.

³ Epäsuoran hyötyfunktion (51) johtaminen liitteessä 3.

$$(59) \quad \frac{\partial H}{\partial \gamma_{yt}} = \frac{dL_{yt}}{dt} = l_{yt} \quad y = i, j \in J.$$

Ehdot (55) saavat seuraavat tarkat muodot¹:

$$(60) \quad \frac{\partial H}{\partial L_{it}} = \rho \gamma_{it} - \frac{d\gamma_{it}}{dt} = \frac{\phi n_t u_t}{L_{it}},$$

$$(61) \quad \frac{\partial H}{\partial L_{jt}} = \rho \gamma_{jt} - \frac{d\gamma_{jt}}{dt} = \frac{\phi u_t}{L_{jt}}.$$

Ehto (56), eli Hamiltonin funktion maksimointi n_t :n suhteen, voidaan esittää myös muodossa

$$(62) \quad \frac{\partial H}{\partial n_t} = \frac{\partial u_t}{\partial n_t},$$

sillä n_t :n muutosnopeus \dot{n}/n_t ei esiinny Hamiltonin funktiossa. Maksimointiongelmalla ei tarvitse tällöin käsitellä dynaamisena, eikä sen ratkaisuun tarvita Hamiltonin funktiota. Tässä siis riittää hyötyfunktion derivoiminen n_t :n suhteen. Koska n_t ei ole jatkuva muuttuja, vaan se voi saada ainoastaan kokonaislukuarvoja, on (56) n_t :n optimaalisen aikauran likiarvo. Jos m on suuri, niin tämä on kuitenkin hyvä approksimaatio aikaurasta. Jatkossa käytämme tätä approksimaatiota. Ehto (56) saa seuraavan muodon:

$$(63) \quad \frac{\partial H}{\partial n_t} = \frac{\partial u_t}{\partial n_t} = u_t B_t,$$

missä $B_t = \log(\kappa) - 2[\log(n_t) + 1] + (1/n_t) + \phi \log(L_{it})$.²

5.3 Tasapainot ja niiden luonne

5.3.1 Varjohintojen merkitys

Ehto (57) voi saada kolme erityyppistä ratkaisua. Näistä kaksi on reunapisteratkaisuja ja kolmas on sisäpisteratkaisu. Kun

$$(64) \quad \frac{\partial H}{\partial l_y} = -\lambda_t + \gamma_{yt} > 0,$$

niin $\gamma_{yt} > \lambda_t$. Tämän seurauksena syntyy reunapisteratkaisu, $l_{yt} = 1$, koska hyödykkeeseen y kohdistetun työvoiman lisäyksen varjohinta on suurempi kuin työvoimarajoitteen väljentämisen varjohinta. Toisin sanoen hyödykkeen y tuottamisesta yksilölle koituva hyödyn

¹ Yhtälöiden johtaminen liitteessä 4.

² Yhtälön (63) johtaminen liitteessä 5.

lisäys on suurempi kuin muiden hyödykkeiden tuottamisesta koituva hyödyn lisäys. Näin ollen hänen kannattaa keskittää kaikki työresurssinsa hyödykkeen y tuottamiseen.

Toisessa vaihtoehdossa

$$(65) \quad \frac{\partial H}{\partial y} = -\lambda_r + \gamma_{yt} < 0.$$

Nyt $\gamma_{yt} < \lambda_r$, minkä seurauksena syntyy toinen reunapisteratkaisu, $l_{yt} = 0$. Hyödykkeen y tuottamiseen kohdistetun työvoiman lisäyksen varjohinta on pienempi kuin muiden hyödykkeiden tuottamisen varjohinta. Tällöin yksilön kannattaa kohdentaa työpanoksensa muiden hyödykkeiden tuottamiseen.

Kolmannessa vaihtoehdossa

$$(66) \quad \frac{\partial H}{\partial y} = -\lambda_r + \gamma_{yt} = 0$$

jolloin $\gamma_{yt} = \lambda_r$. Tässä tapauksessa hyödykkeen y kohdennetun työpanoksen varjohinta on yhtä suuri kuin muidenkin hyödykkeiden tuotantoon kohdennetun työpanoksen. Kyseessä on sisäpisteratkaisu, jossa $0 < l_y < 1$. Tällaisessa sisäpisteratkaisussa määräytyvää työnjakoa eri hyödykkeiden tuottamisen välillä ja markkinoiden rakennetta tarkastellaan perusteellisemmin alempana.

5.3.2 Tekemällä oppiminen, kasvavat tuotot ja transaktiotehokkuus

Eri hyödykkeiden valmistukseen kohdistetun työvoiman varjohinnat vaikuttavat erikoistumiseen ja näin ollen markkinoiden rakenteeseen. Varjohinnat määräävät siis työvoimaresurssien l_{it} ja l_{jt} kohdentumisen ja siten yksilön vaihdettavien hyödykkeiden n_t määrän. Mitä pidemmälle erikoistuminen etenee, sitä suurempi on vaihdettavien hyödykkeiden määrä. Tämä voidaan ajatella kääntäen, jolloin työnjakoa eri hyödykkeiden tuottamisen välillä voidaan tarkastella vaihdettavien hyödykkeiden n_t optimaalisen aikauran avulla. Näin voidaan tarkastella myös suhteellisten varjohintojen määräytymistä.

Vaihdettavien hyödykkeiden optimaalista aikauraa kuvattiin edellä yhtälön (63) avulla. Aikauraan vaikuttavat ratkaisevalla tavalla tekemällä oppimisen vaikutus ϕ ($\phi > 1$) sekä transaktiotehokkuus κ ($0 < \kappa < 1$). Erityyppisiä suhteellisia varjohintoja vastaavasti saadaan kolme eri tasapainotilannetta.

(i) Kun ϕ lähenee arvoa 1 ja κ arvoa 0, niin B_t lähenee miinus ääretöntä kaikilla n_t :n arvoilla L_{it} :n ollessa rajattu. Tällöin $\partial H / \partial n_t$ on negatiivinen kaikilla n_t :n arvoilla, jos ϕ ja κ ovat riittävän pieniä. Tasapaino on tällöin reunapisteratkaisu, jossa Hamiltonin funktio maksimoituu lähtöarvossa $n_t = 1$, kaikilla t .

Kun ϕ eli tekemällä oppimisen vaikutus ja kasvavat tuotot ovat pieniä, erikoistumisesta ei synny riittävän suurta hyötyä, joka kannustaisi erikoistumaan. Jos lisäksi vielä transaktiotehokkuus on heikko, vaihdetuista hyödykkeistä suurin osa kuluu kustannuksiin.

Tässä tilanteessa erikoistumisesta ja vaihdettavien hyödykkeiden määrän kasvattamisesta koituvat haitat ovat suuremmat kuin hyödyt, jolloin seurauksena on pysyvä autarkia. Vaihdettavien hyödykkeiden määrä pysyy ikuisesti arvossa $n_t = 1$. Tämä vastaa tilannetta jossa $\gamma_{yt} < \lambda_t$.

(ii) Toisessa ratkaisutyypissä ϕ on suuri ja κ on lähellä arvoa yksi. Tässä tapauksessa $B_t > 0$ ja siten $\partial H / \partial n_t > 0$ kaikilla $n_t \leq m$. Hamiltonin funktio maksimoituu toisessa reunapisteessä, missä $n_t = m$.

Erikoistumisesta koituvat hyödyt ovat tällöin suuret ja haitat pienet. Tekemällä oppimisen ja kasvavien tuottojen ansiosta tuottavuus kasvaa, eivätkä transaktiokustannukset aiheuta suuria menetyksiä. Tässä tapauksessa ihmisten erikoistuminen viedään äärimmilleen hetkestä $t = 0$ alkaen koska hyödyt jotka syntyvät erikoistumisen ja suuremman volyymin myötä ylittävät transaktiokustannukset, joita koituu ostettaessa hyödykkeitä muilta. Tällöin $\gamma_{yt} > \lambda_t$.

Reunapisteratkaisuissa siis

$$(67) \quad \frac{\partial H}{\partial n_t} < 0, \quad \text{kun } \phi \text{ ja } \kappa \text{ ovat riittävän pieniä ja}$$

$$(68) \quad \frac{\partial H}{\partial n_t} > 0, \quad \text{kun } \phi \text{ ja } \kappa \text{ ovat riittävän suuria.}$$

Ensimmäisessä tapauksessa vallitsee ikuinen autarkia, jolloin $n_t = 1$ ja $l_{yt} = 0$. Jälkimmäisessä tapauksessa äärimmilleen viety erikoistuminen toteutuu välittömästi, jolloin $n_t = m$ ja $l_{yt} = 1$.

(iii) Kiinnostavin on kuitenkin tapaus, jossa ϕ ja κ eivät ole niin pieniä tai suuria että syntyisi reunapisteratkaisu. Tällöin n_t :n on oltava arvojen yksi ja m välillä ainakin joillakin periodeilla t . Kaavojen (32) - (34) sekä (64) - (66) perusteella on l_{it} :n ja l_{jt} :n oltava arvojen nolla ja yksi välillä kun $0 < n_t < m$. Tällöin yhtälön (66) seurauksena $\gamma_{it} = \gamma_{jt} = \lambda_t \quad (j \in J)^1$.

Nyt tarkastelun kohteeksi nousee vaihdettavien hyödykkeiden n_t aikauran määrittäminen sisäpisteratkaisuissa. Koska

$$(69) \quad \frac{\partial H}{\partial n_t} = u_t B_t = 0 \quad \text{missä } u_t \neq 0, \quad \text{niin } B_t = 0.^2$$

Differentioimalla B_t ajan t suhteen saadaan seuraava tulos:

$$(70) \quad \frac{\dot{n}_t}{n_t} = \frac{\phi(l_{it} / L_{it})}{[2 + (I / n_t)]} > 0, \quad \text{kun } m > n_t.^1$$

¹ Todistus liitteessä 6.

² Todistus liitteessä 6.

jos ϕ ja κ eivät ole liian pieniä tai suuria. Yhtälö (40) osoittaa n_t :n aikauran riippuvan ϕ :sta, eli tekemällä oppimisen vaikutuksista ja kasvavista tuotoista sekä transaktiokustannuksista (koska $K_t = \kappa / n_t$, niin $n_t = \kappa / K_t$).

$$(71) \quad \frac{dn_t}{dt} \text{ on } k:n \text{ suhteen kasvava kun } n_t < m.$$

Vaihdeettävien hyödykkeiden määrä lisääntyy transaktiotehokkuuden kasvaessa.

Alkuperiodeilla erikoistumisella saavutettavat hyödyt eivät ylitä hyödyn menetyksiä, jotka koituvat transaktiokustannuksista. Erikoistumisaste jää matalaksi alkuperiodeilla. Ajan myötä tekemällä oppiminen kasvattaa erikoistumisella saavutettavia tuottoja suhteessa transaktiokustannusten johdosta menetettyihin kulutusmahdollisuuksiin, jolloin erikoistuminen alkaa syventyä. Jotta erikoistumisessa syntyvä hyöty kasvaisi ajan myötä, sekä tekemällä oppiminen että kasvavat tuotot ovat välttämättömiä. Vaikka erikoistumista voi tapahtua ilman tekemällä oppimista, erikoistumisen optimaalinen taso on muuttumaton ajan kuluessa ilman sitä. Toisaalta transaktiokustannusten ollessa positiivisia, erikoistuminen ei ole ikinä optimaalista ilman kasvavia tuottoja.

Näiden ratkaisujen (67) - (71) yhteenvedona voidaan todeta seuraava. Dynaaminen tasapaino pysyy ikuisesti autarkiassa ($n_t = 1$), jos transaktiotehokkuus ja kasvavat tuotot ovat riittävän pienet. Kun ϕ on lähellä arvoa yksi ja κ on lähellä arvoa nolla, erikoistuminen tarjoaa vähän hyötyä ja kaupassa kuluu suurin osa kauppatavaran arvosta transaktiokustannuksiin. Seurauksena on pysyvä autarkia. Toisessa reunapisteratkaisussa ϕ on suuri ja κ on lähellä arvoa yksi, jolloin yksilön kannattaa erikoistua välittömästi hetkestä $t = 0$ äärimmilleen. Tällöin kasvavien tuottojen hyöty ylittää transaktiokustannukset, eikä kulutusta tarvitse vähentää. Tasapainossa vallitsee äärimmilleen viety erikoistuminen alusta alkaen, jolloin $n_t = m$ kaikilla t . Työnjako kehittyy vähitellen kunnes n_t saavuttaa arvon m , jos transaktiotehokkuus ja kasvavat tuotot eivät saa liian pieniä tai suuria arvoja.

Kun ϕ ja κ saavat arvoja näiden reunapisteratkaisujen väliltä, eli ϕ ja κ eivät ole liian suuria tai liian pieniä, tasapaino johtaa työnjaon ja erikoistumisen syvenemiseen ajan myötä. Tällaisilla ϕ :n ja κ :n arvoilla työnjaon kehittyminen on sitä nopeampaa, mitä suurempi on transaktiotehokkuus. Alkuperiodeilla erikoistumisen kustannukset ovat suuremmat kuin hyödyt, jolloin erikoistumisen aste jää matalaksi. Ajan myötä tekemällä oppiminen kasvattaa hyötyä suhteessa haittoihin, mikä johtaa työnjaon syvenemiseen. Jotta erikoistumisen hyöty kasvaisi ajan myötä, sekä tekemällä oppiminen että muista tekijöistä johtuvat kasvavat tuotot ovat välttämättömiä. Muiden tekijöiden aiheuttamia kasvavia tuottoja voidaan kutsua staattisiksi². Niiden seurauksena erikoistutaan, mutta erikoistumisen taso pysyy vakiona yli ajan. Toisaalta ilman niitä erikoistuminen ei ikinä olisi optimaalista transaktiokustannusten ollessa positiivisia. Tekemällä oppimisen tuomat dynaamiset kasvavat tuotot tuovat malliin mahdollisuuden erikoistumisen ja työnjaon kehitykselle yli ajan.

¹ Yangin ja Borlandin artikkelissa on tässä yhtälössä virhe, joka on tässä tutkielmassa korjattu. Yhtälön johtaminen liitteessä 6.

² Yang 1998, 6.

On tärkeää huomata, että erikoistumisen avulla saavutettavat edut eivät ole merkittäviä alkuperiodeilla. Vasta tekemällä oppimisen avulla tulevaisuudessa saavutettavat edut kasvattavat hyödyn niin suureksi, että kannattaa luopua osasta tämän päivän kulutusta ja erikoistua. Tämä selittää sen, miksi kukin tuottaa alkuperiodeilla monentyypistä hyödykettä, eikä erikoistu äärimmilleen välittömästi. Useiden toimintojen säilyttäminen myöhemmillä periodeilla selittyy sillä, että toiminnot saattavat olla strategisesti tärkeitä tai teknologisten, logististen ym. syiden vuoksi mahdottomia ulkoistaa. Kahden viimeksi mainitun syyn merkittävyyden vähenemiseen on informaatioteknologian kehitys vaikuttanut huomattavasti.

5.4 Mallin tulokset ja verkottuminen

Toistaiseksi on tarkasteltu mallin tasapainojen syntymistä ja niiden seurauksia työnjaon ja erikoistumisen kehittymiselle. Tasapainojen todettiin riippuvan eri hyödykkeiden tuottamiseen kohdistetun työvoiman määrän muuttamisen varjohinnoista. Varjohinnat määrää puolestaan transaktiotehokkuus (κ) ja kasvavat tuotot (ϕ). Malli ei kuitenkaan tarkastele lainkaan näiden määräytymistä, vaan siinä keskustellaan ainoastaan seurauksista, kun ϕ ja κ saavat annettuja arvoja. Yang ja Borland eivät pohdi minkälaisissa olosuhteissa ϕ ja κ saavat erilaisia arvoja, tai sitä kuinka ϕ ja κ saisivat arvoja, jotka eivät olisi liian pieniä tai liian suuria. Itseasiassa mallissa ratkaisevaksi muodostuvat tekijät jäävät eksogeenisiksi. Tässä esitetään joitakin näitä puutteita valaisevia kommentteja.

Kasvavat tuotot syntyvät ennenkaikkea tekemällä oppimisen, skaalatuottojen, teknologian diffuusion ja resurssien tehokkaamman käytön ansiosta. Jotkut toimialat, tuotantoteknologiat ja tavat organisoida tuotanto tarjoavat paremmat edellytykset näiden aikaansaamiseen ja hyödyntämiseen kuin toiset.

Tilanne jossa erikoistuminen ei synnytä juurikaan kasvavia tuottoja voi olla esimerkiksi hyödykkeen tuottaminen, joka on elinkaarensa loppupäässä ja jossa teknologia on hyvin tuotespesifiä. Tällöin teknologian kehitys kyseisessä tuotteessa tai sen tuotannossa ei pysty hyödyntämään juurikaan tahattomia teknologiavirtoja eikä teknologia enää ota suuria askelia, vaan se on vakiintunut melko paikallaan pysyvälle tasolle. Tekemällä oppimisellakin saadaan aikaan vain hyvin pientä kasvua tuottavuuteen. Esimerkkinä voidaan ajatella vaikka jalkapallojen valmistusta. Jos lisäksi tuotannossa on vaikeaa hyödyntää mittakaavaetuja, voi kasvavien tuottojen aikaansaaminen olla hyvin vaikeaa.

Päinvastainen tilanne syntyy tuotannossa, jossa teknologia on elinkaarensa nousuvaiheessa ja jossa teknologian diffuusion hyödyntämismahdollisuudet ovat suuret. Jos teknologia on tämän lisäksi laaja-alaisesti sovellettavissa ja tuotannossa pystytään hyödyntämään mittakaavaetuja voi syntyvien kasvavien tuottojen mittakaava olla hyvinkin suuri. Esimerkkinä voivat olla elektroniikkaan ja tietotekniikkaan perustuvat alat. Näiden muotojen väliin mahtuu kirjo tuotannonaloja ja tapoja jotka sijoittuvat eri painotuksin kahden ääripään väliin.

Transaktiokustannuksia sivuttiin jo aikaisemmin. Niitä voivat aiheuttaa erikoistumisen myötä sopivien kauppakumppanien etsiminen, toimintatapojen ja –muotojen sopiminen sekä logistiset seikat. Perinteiseen alihankintaan saattaa liittyä suuria transaktiokustannuksia, jos alihankkijoita on paljon, eikä liikesuhteet ole vakiintuneita. Yrityksen hoitaessa sisäisesti kaikki toimintonsa transaktiokustannukset saattavat jäädä pieniksi, mutta kuten edellä tuotiin esiin, päinvastainenkin on mahdollista. Suuryritys saattaa byrokratisoitua ja muuttua hyvin jäykäksi organisaatioksi.

Luvussa kaksi talouden verkottumista vertailtiin massatuotantoon tuotannon organisaatiomuotona. Tyypillisiksi massatuotannon piirteiksi kuvattiin tuotannon perustumista suuriin määriin identtisiä hyödykkeitä ja osahankintojen perustumista lähinnä raaka-aineiden ja yksinkertaisten komponenttien alihankintaan. Tämän tyyppisessä tuotannossa kasvavat tuotot perustuvat lähinnä massatuotannon skaalaetuihin, jolloin kasvavat tuotot ovat luonteeltaan staattisia. Teknologian diffuusio yritysten välillä on suhteellisen vähäistä, koska vaihdettavat hyödykkeet ovat suhteellisen alkeellisia. Tekemällä oppimisen ja resurssien allokaation tehostamisen vaikutukset ovat jokseenkin rajallisia. Transaktiokustannukset voivat olla tällaisessa järjestelyssä suuret jos alihankinta perustuu epäsäännöllisiin yhteyksiin yritysten välillä. Toisaalta suuryrityksen byrokraattisuus ja toimintatapojen jäykkyys voivat myös kasvattaa transaktiokustannuksia.

Verkottumisen avulla pyritään saavuttamaan sekä suuret kasvavat tuotot että alhaiset transaktiokustannukset. Keskittymällä ydinosaamiseen eli kohdistamalla resurssit vain ydintoimintoihin pyritään aikaansaamaan niin staattisia kuin dynaamisia kasvavia tuottoja. Erityisesti verkottuminen sopii nykyaikaiseen tietoon, osaamiseen ja tietotekniikkaan perustuvaan tuotantoon. Verkottunut tuotantojärjestelmä ohjaa talouden resurssit tehokkaampaan käyttöön, lisää teknologian diffuusiota ja mahdollistaa ydintoimintoihin keskittyvän yrityksen tekemällä oppimisen hyödyntämisen. Erikoistuessaan tuottaja keskittää voimavaransa ainoastaan erityisosaamiseensa. Tällöin tuotettavien hyödykkeiden varieteettien määrä yksittäisessä yrityksessä on pieni. Sen sijaan että voimavarat hajautettaisiin moneen toimintoon pienessä mittakaavassa, resurssit keskitetään ydintoimintoihin suhteellisesti suuremmissa mittakaavassa. Tämä luo edellytykset mittakaavaeduille, tekemällä oppimiseen ja yritysten resurssit ovat tehokkaassa käytössä. Vaikka verkossa toimii paljon pieniä yrityksiä, ne saavat suuremman mittakaavan verkosta ja voivat hyödyntää suuryrityksille tyypillisiä etuja. Tämä voi toteutua esimerkiksi yhteisten markkinointi- ja logistiikkajärjestelyjen avulla.

Transaktiokustannusten oletetaan kasvavan kauppakumppanien määrän kasvaessa. Mallissa ajatellaan, että kauppaa käydään ensiksi lähimpien kauppakumppanien kanssa ja määrän kasvaessa ryhdytään transaktioihin yhä kauempana olevien kumppanien kanssa. Tuotannon hajautuessa voidaan ajatella jatkuvan uusien alihankkijoiden kilpailuttamisen olevan varsin suuri transaktiokustannus. Tuntemattomuus aiheuttaa sopeutumiskustannuksia. Mitä suurempi määrä alihankkijoita, sitä suuremmat transaktiokustannukset. Verkottuneiden yritysten tapauksessa pitkäaikaisten yhteistyökumppanien kanssa vakiintuneet käytännöt, luottamus, yhteisymmärrys, tuotteiden yhteensopivuus ym. seikat pienentävät transaktiokustannuksia. Kun sujuva yhteistyö on saatu toimimaan, ovat transaktiokustannukset suhteellisen pienet vaikka verkottuneita yrityksiä olisi suuri määrä. Transaktiokustannusten kasvaminen vähemmän kuin suhteessa kauppakumppanien määrään nähden on luonteva ajatus. Voidaan esimerkiksi ajatella yhteistyökumppanien etsimistapojen ja yhteistyön kehittämisprosessien kehittyvän kauppakumppanien lisääntyessä.

Mallin tasapainoratkaisuista verkottuminen edustaa sisäpisteratkaisua. Erikoistumisen etuja pystytään hyödyntämään ja transaktiokustannukset pysyvät matalina, mutta välitöntä äärimmilleen erikoistumista ei kuitenkaan tapahdu. Todellisuus osoittaa, että sellaisillakin aloilla, joilla on menty hyvin pitkälle työn jakamisessa, löytyy aina mahdollisuuksia vielä syvempään jakamiseen hyödykkeiden kehittyessä. Lopullista erikoistumista ja työnjaon loppuun saattamista ei käytännössä saavuteta ikinä.

5.5 Kommentteja mallin suhteesta kasvuteoriaan

Yangin ja Borlandin mallissa esitetään mikrotaloudellinen mekanismi taloudelliselle kasvulle. Talouskasvu selitetään alati syvenevän työnjaon ja erikoistumisen avulla. Näihin vaikuttavina muuttujina ovat kokemuksen karttumisen ja erikoistumisen vaikutukset tuottavuuteen, sekä transaktiokustannukset ja kuluttajien preferenssit nykyiseen ja monipuoliseen kulutukseen. Mallissa tarkastellaan miten transaktiotehokkuus ja kasvavien tuottojen suuruus voivat vaikuttaa talouskasvun vauhtiin. Tärkeäksi tekijäksi nousee yksilöiden henkisen pääoman kasvaminen erikoistumisen myötä. Malli tarjoaa myös tavan tarkastella talouskasvun ja verkottumisen yhteyttä. Mikrotason päätöksentekoon perustuvaa mallia voidaan soveltaa myös yritysten väliseen työnjakoon.

Kasvuteoriaa käsittelevän luvun tuloksissa todettiin kasvun välttämättömänä edellytyksenä teknologian kehitys sekä kasvun todettiin palautuvan lopulta säästämiseen. Yangin ja Borlandin mallissa kasvu perustuu erikoistumiseen ja työnjakoon. Hyödykkeeseen *i* käytettävää työpanosta ja sen myötä osaamisen kumuloitumista voidaan verrata suoraan teknologian kehittymiseen, jota tarkasteltiin edellisessä luvussa. Työpanoksen kohdentamista tiettyyn hyödykkeeseen voidaan ajatella edellisen luvun terminologiassa teknologiainvestointina, jolla kasvatetaan kumuloitunutta tuotantoteknologian tasoa. Erikoistumisesta seuraa työpanoksen kohdentaminen tietyn tai tiettyjen hyödykkeiden tuottamiseen. Tämän työpanoksen avulla pystytään alkuperiodeilla tuottamaan vähemmän kuin jos ei erikoistuttaisi. Vasta myöhemmillä periodeilla tekemällä oppimisen myötä työvoima on tuottavampaa. Erikoistumista voidaan siis ajatella investointina tai säästämisenä. Osasta nykyisestä kulutuksesta tai tuottavuudesta luovutaan tulevaisuuden kulutuksen tai tuottavuuden lisäämiseksi. Tällä tavoin Yangin ja Borlandin malli on konsistentti luvussa 3 esiteltyjen kasvuteorian tulosten kanssa.

Suhteessa edellä esitettyihin kasvumalleihin, Yangin ja Borlandin malli kuuluu selkeästi endogeenisen kasvuteorian malleihin, ratkaisevien muuttujien eksogeenisuuteen viittaavista huomautuksista huolimatta. Erikoistuminen voidaan nähdä sijoittamisena joko teknologiasektoriin tai henkiseen pääomaan. Mallin sijoittaminen joko tuotekehitysmalleihin tai henkisen pääoman malleihin ei ole kovin olennaista, koska molemmat perustuvat tulevaisuuden tuottavuuteen investoimiseen ja siis lopulta säästämiseen.

Mallin avulla voi selittää talouskasvua niin kauan kuin työnjakoa voidaan viedä pidemmälle. Näin ollen mallin selitysvoima on rajallinen. Edellä todettiin kuitenkin, että mahdollisuudet työnjaon ja erikoistumisen suhteen lisääntyvät teknologisen kehityksen sekä arvoketjun pitenemisen ja hienomman jakautumisen myötä. Tällöin mallissa selitettävästä aikavälistä tulee niin pitkä, ettei sillä ole käytännössä merkitystä ja mallin voidaan katsoa selittävän talouskasvua pitkällä aikavälillä.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tuotannon organisoinnin lähtökohdat ovat muuttuneet merkittäväällä tavalla teknologisen kehityksen seurauksena. Teknologialla on yhä hallitsevampi osa tuotantoprosessissa ja sen hallitsemisessa, fyysisen tuotannon muuttuessa yhä enemmän toimeenpanevaksi vaiheeksi. Tiedon, erityisosaamisen ja teknologian hallitsemisen merkitys tuotantopanoksina kasvaa teknologisen kehityksen myötä. Tämä vaatii yrityksiltä korkeatasoista osaamista omalla erityisalallaan.

Tämän kehityksen seurauksena talouden verkottuminen on kehittynyt perinteisen liukuhihna- ja massatuotannon rinnalle vaihtoehtoiseksi muodoksi organisoida tuotanto. Verkottumisessa on kysymys perinteisesti yrityksen sisällä tapahtuvan tuotantoprosessin hajauttamisesta yhä useampien toimijoiden kesken. Yritykset ulkoistavat toimintojaan siten, että kukin toimija erikoistuu ainoastaan sellaiseen toimintaan, johon sen osaaminen ja tietotaito on keskittynyt. Yritysten kesken sekä muiden talouden toimijoiden välillä vallitsee tiiviit ja pitkä-aikaiset yhteistyösuhteet, jotka tarjoavat synergiaetuja ja mahdollistavat perinteistä alihankintaa laajempia yhteistyömahdollisuuksia. Tuotantoprosessin toteuttaa joukko yrityksiä, joista kukin on keskittänyt voimavaransa tehokkaasti erityisosaamiseensa ja kukin pystyy hyödyntämään muiden osaamista.

Teknologinen kehitys on talouskasvun välttämätön edellytys. Teknologinen kehitys on taloudelle endogeeninen muuttuja aggregaattitasolla, ja sen kehitys riippuu yhtäältä tutkimus- ja kehitystoiminnasta, toisaalta teknologian diffuusiosta ja tekemällä oppimisesta. Vaikka teknologinen kehitys on vaikuttanut talouden verkottumisen syntymiseen, verkottuminen puolestaan luo edellytykset teknologian nopealle kehitykselle. Erityisesti teknologian diffuusiolle ja tekemällä oppimiselle verkottuminen tarjoaa hedelmällisen ympäristön. Teknologinen kehitys ja verkottuminen toimivat siis kaksisuuntaisessa vuorovaikutuksessa.

Kasvu riippuu myös säästämisasteesta. Säästämisaste, joka voidaan samaistaa investointiasteeseen, riippuu mikrotason päätöksistä. Yritykset tekevät investointipäätöksensä omien voitonmaksimointitavoitteiden perusteella, minkä johdosta talouskasvua tulee tutkia mikrotason lähtökohdista alkaen.

Esitelty Yangin ja Borlandin malli tarjoaa tavan selittää pitkän aikavälin kasvua mikrotaloudellisten tekijöiden avulla. Kasvumeکانismi perustuu yksilötason erikoistumis päätöksiin, jotka synnyttävät taloudessa työnjakoa. Erikoistumis päätösten seurauksena yksilö luopuu osasta nykypäivän kulutusta ja kohdistaa enemmän voimavaroja erikoistumiseen, mikä kasvattaa kulutusmahdollisuuksia tulevaisuudessa. Erikoistumisen kasvavat tuotot ovat alkuperiodeilla vähäiset ja kasvavat vasta myöhemmillä periodeilla tekemällä oppimisen ansiosta. Erikoistumis päätökseen vaikuttaa yhtäältä kasvavat tuotot, toisaalta transaktiokustannukset. Transaktiokustannukset kasvavat erikoistumisen myötä, kun yhä suurempi osa itse kulutetuista hyödykkeistä ostetaan muilta ja yhä suurempi osa itse tuotetuista hyödykkeistä myydään muille.

Talouskasvu syntyy mallissa mikrotason päätösten ansiosta. Yksilötasolla kukin päättää erikoistumisensa asteesta, ja tämä erikoistumisen syveneminen synnyttää kasvua yksittäisten toimijoiden tuottavuuden kasvun ja resurssien tehokkaamman allokaation vaikutuksesta. Erikoistuminen syvenee vähitellen kohti äärimmilleen vietyä työnjakoa kun kasvavat tuotot ja transaktiokustannukset eivät ole liian suuria tai liian pieniä. Liian suurilla ja pienillä arvoilla

talous pysyy joko ikuisessa autarkiassa tai työnjako viedään välittömästi äärimmilleen. Niin kauan kuin työnjako syvenee, mekanismi synnyttää talouskasvua.

Talouden verkottuessa yrityksille syntyy kasvavia tuottoja ja transaktiokustannukset pienenevät. Näiden ansiosta työnjako viedään alati hienojakoisemmaksi yritysten välillä. Verkottumisen kehitys tarjoaa tällä tavoin mahdollisuuden pitkän aikavälin talouskasvun nopeuttamiseen, sillä on epärealistista, että yritysten välinen työnjako ja erikoistuminen saavuttaisi ääripäänsä hyödykkeiden ja tuotantomenetelmien käydessä yhä kompleksisemmiksi.

Yangin ja Borlandin malli tarjoaa tavan tarkastella verkottumisen ja talouskasvun yhteyttä. Tämä on kuitenkin vain yksi monista mahdollisista tavoista tarkastella verkottumisen ja kasvun yhteyttä. Mallin soveltuvuutta tässä yhteydessä puoltaa se, että se sisältää verkottumisen keskeiset ominaisuudet: erikoistumisen ja ulkoistamisen. Malli endogenisoi myös kasvun tärkeimmät elementit, säästämisen ja teknologisen kehityksen.

Kasvumallissa on esitetty mikrotaloudellisiin tekijöihin perustuva mekanismi, joka synnyttää talouskasvua. Mekanismin avulla niin yritysten kuin koko talouden resurssit allokoituvat tehokkaasti. Malli sisältää verkottumisen keskeiset elementit. Tuottavuuden kasvu syntyy tekemällä oppimisen ja kasvavien tuottojen avulla tavalla, joka on verkottuneille yrityksille tyypillistä. Keskittyminen ydinosaamiseensa sekä itselleen epäolennaisten toimintojen ulkoistaminen on yritysten kohdalla juuri mallissa esitettyä työnjakoa ja erikoistumista. Keskittämällä voimavaransa erityisosaamiseen, yritys vapauttaa resursseja itselleen huonosti tuottavista toiminnoista teknologiainvestointeihin ja yrityksen tietotaidon kasvattamiseen. Kun teknologiainvestoinnit samaistetaan säästämiseen, malli tarjoaa tavan endogenisoida talouden säästämisasteen ja teknologisen kehityksen.

Verkottumisesta ja ulkoistaminen ovat osittain korvanneet perinteistä massatuotantoon ja alihankintaan perustuvaa tuotantoa ja osittain toimivat sen rinnalla. Tämä on luontevaa, sillä talouden instituutiot ja organisaatiot eivät ole ikuisia tai täydellisiä. Niiden tulee muuttua toimintaympäristön muutosten mukana. Instituutiot ja organisaatiot vaikuttavat teknologiseen kehitykseen, mutta vuorovaikutus on kaksisuuntainen. Teknologian kehitys muokkaa myös talouden rakenteita, joissa tämä kehitys tapahtuu. Tämän vuoksi talouden organisaatioiden, instituutioiden ja rakenteiden on oltava sellaisia, että ne muuttuvat ja niitä voidaan muuttaa kehityksen mukana.

LÄHTEET

- AGHION, Philippe - HOWITT, Peter (1998): Endogenous Growth Theory. The MIT Press, Cambridge.
- ANTONELLI, Cristiano (1995): The Diffusion of New Information Technologies and Productivity Growth. *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 5, No. 1.
- ARROW, Kenneth J. (1962): The Economic Implications of Learning by Doing. *Review of Economic Studies*, Vol 29, June 1962.
- BARRO, Robert J. – SALA-I-MARTIN, Xavier (1995): *Economic Growth*. McGraw-Hill, Inc., New York.
- BAYER, Kurt (1994): Co-operative Small-Firm Networks as Factors in Regional Industrial Development. EFTA Economic Affairs Department Occasional Papers No. 48, Geneva.
- CHIANG, Alpha C. (1992): *Elements of Dynamic Optimization*. McGraw-Hill, Inc., Singapore.
- CHRISTENSEN, Poul Rind – ESKELINEN, Heikki – FORSSTRÖM, Bo – LINDMARK, Leif – VATNE, Eirik (1990): Firms in Network: Concepts, Spatial Impacts and Policy Implications. Teoksessa ILLERIS, Sven - JAKOBSEN, Leif (toim.) *Networks and Regional Development*. Akademisk Forlag University Press, Copenhagen.
- ELIASSON, Gunnar (1996): Spillovers, Integrated Production and the Theory of the Firm. *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 6, No. 2.
- (1994): Education, Competence Development and Economic Growth – A Micro-economic Explanation to Macroeconomic Growth. Teoksessa ASPLUND, Rita (toim.) *Human Capital in an Economic Perspective*.
- EVANS, George – HONKAPOHJA, Seppo – ROMER, Paul (1998): *Growth Cycles*. *American Economic Review*, Forthcoming.
- GRILICHES, Zvi (1979): Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth. *Bell Journal of Economics*, Vol. 10, No. 1, Spring 1979.
- GROSSMAN, Gene - HELPMAN, Elhanan (1994): Endogenous Innovation in the Theory of Growth. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 1, Winter 1994.
- (1991a): *Innovation and Growth in the Global Economy*. The MIT Press, Cambridge.
- (1991b): Quality Ladders and Product Cycles. *Quarterly Journal of Economics*, Vol. CVI, Issue 2, May 1991.

- HEIKKILÄ, Juhana A. A. (1994): Corporate venture capital mallina suuryritysten ja Pk-yritysten yhteistyölle. Keskusteluaiheita No. 338. ETLA, Helsinki.
- KAMIEN, Morton I. – SCHWARTZ, Nancy L. (1981): Dynamic Optimization: The Calculus of Variations and Optimal Control in Economics and Management. North Holland, New York.
- LOVIO, Raimo (1994): Markkinat, verkostot ja hierarkiat. Teoksessa KUISMA, Juha (toim.) Verkostotalous. Pellervo-Seura ry., Helsinki.
- LUCAS, Robert E. Jr. (1993): Making A Miracle. *Econometrica*, Vol. 61, No. 2 (March, 1993).
- MASKELL, Peter (1998): Outsourcing Versus Integration: The Role of Knowledge and Space. Danish Research Unit for Industrial Dynamics (DRUID), Copenhagen Business School, Copenhagen.
- OLLUS, Martin – LOVIO, Raimo – MIESKONEN, Jari – VUORINEN, Pentti – KARKO, Jussi – VUORI, Synnöve – YLÄ-ANTTILA, Pekka (1990): Joustava tuotanto ja verkostotalous: tekniikan, talouden ja yhteiskunnan vuorovaikutus 1990-luvulla. SITRA nro 109, Helsinki.
- OLLUS, Martin (1998): Kansallinen kilpailukyky ja verkostotalous. Syksyllä 1998 julkaistava tutkimus. TKK, VTT, ETLA, Helsinki.
- PAIJA, Laura (1998): Yritysverkostot: miksi, miten – ja miksi ei? Syksyllä 1998 julkaistava tutkimus. TKK, VTT, ETLA, Helsinki.
- RANTA, Jukka (1997): Time Based Competition: From Flexible Manufacturing to Production Networks and Virtual Enterprise. HUT Working Paper No. 12, Helsinki.
- (1998): Verkostot ja verkostoyritykset – kilpailua ajalla, nopeudella ja joustavuudella. Syksyllä 1998 julkaistava tutkimus. TKK, VTT, ETLA, Helsinki.
- ROMER, David (1996): *Advanced Macroeconomics*. McGraw-Hill, New York.
- ROMER, Paul M. (1994): The Origins of Endogenous Growth. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 1, Winter 1994.
- (1990): Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, Vol. 98, No.5, Part 2, October 1990.
- (1986): Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, Vol. 94, No. 5.
- SAARENHEIMO, Tuomas (1994): *Studies on Market Structure and Technological Innovation*. Bank of Finland Publications, Series B: 49, Helsinki.

- SOLOW, Robert M. (1994): Perspectives on Growth Theory. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 1, Winter 1994.
- SØRENSEN, Anders (1996): *Economic Growth: A Survey*. Economic Policy Research Unit (EPRU), Copenhagen Business School, Copenhagen.
- Teollisuuden ja työnantajain keskusliitto (1997): *Teollisuuden tuotantoyhteistyö 1993 – 1999, Väliraportti 29.5.1997*. TT, Helsinki.
- VARIAN, Hal A. (1993): *Intermediate Microeconomics - A Modern Approach*. W. W. Norton & Company Inc., New York.
- VUORI, Synnöve (1997): *Technology Sources and Competitiveness - An Analysis of Finnish Industries*. ETLA Sarja B138, Helsinki.
- YANG, Xiaokai (1998): *Contributions of Xiaokai Yang to Economics*. http://china-ces.org/xiaokai_2.txt.
- YANG, Xiaokai - BORLAND, Jeff (1991): *A Microeconomic Mechanism for Growth*. *Journal of Political Economy*, vol. 99, no. 3, June 1991. University of Chicago Press, Chicago.
- (1995): *Specialization, product development, evolution of the institution of the firm, and economic growth*. *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 5, no. 1, February 1995.
- YLÄ-ANTTILA, Pekka – LOVIO, Raimo (1990): *Flexible Production, Industrial Networks and Company Structure – Some Scandinavian Evidence*. Discussion Paper No. 338. ETLA, Helsinki.
- YLÄ-ANTTILA, Pekka – PAIJA, Laura (1998): *Suomi globaalissa verkostotaloudessa. Syksyllä 1998 julkaistava tutkimus*. TKK, Helsinki.
- YOUNG, Alwyn (1991): *Learning by Doing and the Effects of Trade*. *Quarterly Journal of Economics*, Vol. CVI, Issue 2, May 1991.

LIITTEET

LIITE 1. Yhtälön (48) todistus

(L.1.1) x_n^d on identtinen kaikille $r \in R$.

TODISTUS. Tulos saadaan sijoittamalla yhtälön (46) tasapainohinnat optimointiongelmaan (yhtälöt (35) - (42)) ja Hamiltonin funktioon (43), sekä ottamalla Hamiltonin funktion ensimmäisen kertaluvun ehto muuttujan x_n^d suhteen.

Kun tasapainohinnat $p_{it} = p_{jt}$ sijoitetaan budjettirajoitteeseen (40), saadaan $x_{it}^s = \sum_{r \in R} x_{rt}^d$.

Tämän avulla Hamiltonin funktio, johon on lisätty budjettirajoite, voidaan esittää seuraavassa muodossa:

$$(L.1.2) \quad H = x_{it} \left[\prod_{r \in R} (K_r x_{rt}^d) \right] \left(\prod_{j \in J} x_{jt} \right) + \mu (x_{it}^s - \sum_{r \in R} x_{rt}^d) + \lambda (1 - l_{it} - \sum_{j \in J} l_{jt}) + \sum_{j \in J} \gamma_{jt} l_{jt} + \gamma_{it} l_{it}$$

Ensimmäisen kertaluvun ehto (nollaksi asetettu) muuttujan x_n^d suhteen:

$$(L.1.3) \quad \frac{\partial H}{\partial x_{rt}^d} = x_{it} \left[\prod_{\substack{r' \in R \\ r' \neq r}} K_{r'} x_{r't}^d \right] \left(\prod_{j \in J} x_{jt} \right) K_r - \mu = 0,$$

missä μ on x_n^d :n muutoksen vaikutus Hamiltonin funktioon ($r' \neq r$).

$$(L.1.4) \quad \mu = x_{it} \left[\prod_{\substack{r' \in R \\ r' \neq r}} K_{r'} x_{r't}^d \right] \left(\prod_{j \in J} x_{jt} \right) K_r.$$

μ on riipumaton r :stä ($r \neq r'$). Tästä seuraa, että ensimmäisen kertaluvun ehto on sama kaikille r .

Budjettirajoite, $(x_{it}^s - \sum_{r \in R} x_{rt}^d) = 0$, on sitova, jolloin $\mu > 0$. Tästä seuraa, että x_n^d on identtinen kaikille $r \in R$.

LIITE 2. Yhtälöiden (49) ja (50) todistus

$$(L.2.1) \quad x_{it}^s = \frac{(n_t - 1)(L_{it})^\phi}{n_t}$$

$$(L.2.2) \quad x_{it}^d = \frac{(L_{it})^\phi}{n_t}, \quad \text{kaikille } r \in R, \text{ kun } i = 1, \dots, m.$$

TODISTUS. Sijoitetaan x_{it} :n vastine tuotantofunktiosta (37) Hamiltonin funktioon, jolloin saadaan

(L.2.3)

$$H = [(L_{it})^\phi - x_{it}^s] \left(\prod_{r \in R} K_t x_{rt}^d \right) \left(\prod_{j \in J} x_{jt} \right) + \mu (x_{it}^s - \sum_{r \in R} x_{rt}) + \lambda (1 - l_{it} - \sum_{j \in J} l_{jt}) + \sum_{j \in J} \gamma_{jt} l_{jt} + \gamma_{it} l_{it}.$$

Otetaan Hamiltonin funktiosta nolaksi asetettu ensimmäisen kertaluvun ehto muuttujan x_{it}^s suhteen

$$(L.2.4) \quad \frac{\partial H}{\partial x_{it}^s} = - \left(\prod_{r \in R} K_t x_{rt}^d \right) \left(\prod_{j \in J} x_{jt} \right) + \mu = 0$$

$$\Leftrightarrow \mu = \left(\prod_{r \in R} K_t x_{rt}^d \right) \left(\prod_{j \in J} x_{jt} \right)$$

Käyttämällä yhtälöä (L.2.4) saadaan

$$(L.2.5) \quad \frac{\partial H}{\partial x_{it}^d} = [(L_{it})^\phi - x_{it}^s] \left(\prod_{\substack{r' \in R \\ r' \neq r}} K_t x_{r't}^d \right) \left(\prod_{j \in J} x_{jt} \right) K_t = \left(\prod_{r \in R} K_t x_{rt}^d \right) \left(\prod_{j \in J} x_{jt} \right)$$

$$\Leftrightarrow [(L_{it})^\phi - x_{it}^s] K_t = K_t x_{it}^d$$

$$\Leftrightarrow (L_{it})^\phi - x_{it}^s = x_{it}^d$$

Tasapainohintojen (46) ja budjettirajoitteen (40) avulla saadaan

$$(L.2.6) \quad (L_{it})^\phi = x_{it}^d + \sum_{r \in R} x_{rt}^d$$

$$\Leftrightarrow (L_{it})^\phi = n_t x_{it}^d, \quad \text{sillä joukkoon } R \text{ kuuluu } n_t - 1 \text{ hyödykettä.}$$

$$\Leftrightarrow x_{it}^d = \frac{(L_{it})^\phi}{n_t}.$$

Tämän avulla yhtälöstä (L.2.5) saadaan

$$(L.2.7) \quad x_{it}^s = (L_{it})^\phi - \frac{(L_{it})^\phi}{n_t}$$

$$\Leftrightarrow x_{it}^s = \frac{(n_t - 1)(L_{it})^\phi}{n_t}.$$

LIITE 3. Yhtälöiden (51) ja (52) johtaminen

$$(L.3.1) \quad u_{it} = u_t = (\kappa)^{n_t-1} (n_t)^{1-2t} (L_{it})^{\phi n_t} \prod_{j \in J} (L_{jt})^\phi, \quad \text{kaikille } i=1, \dots, m;$$

$$(L.3.2) \quad U_i = U = \int_0^\infty u_t e^{-\rho t} dt, \quad \text{kaikille } i=1, \dots, m;$$

YHTÄLÖIDEN JOHTAMINEN. Yhtälöt (36) ja (35) johdetaan muotoon (L.3.1) ja (L.3.2) käyttämällä optimointiongelman yhtälöitä sekä yhtälöitä (49) ja (50).

$$(L.3.3) \quad u_{it} = x_{it} \left[\prod_{r \in R} (\kappa_r x_{rt}^d) \right] \left(\prod_{j \in J} x_{jt} \right)$$

$$u_{it} = \left[(L_{it})^\phi - \frac{(n_t - 1)(L_{it})^\phi}{n_t} \right] \left[\prod_{r \in R} \left(\frac{\kappa}{n_t} \right) \left(\frac{(L_{it})^\phi}{n_t} \right) \right] \left(\prod_{j \in J} (L_{jt})^\phi \right)$$

$$u_{it} = \left[(L_{it})^\phi - n_t^{-1} (n_t - 1)(L_{it})^\phi \right] \left[\left(\frac{\kappa (L_{it})^\phi}{n_t^2} \right)^{n_t-1} \right] \left(\prod_{j \in J} (L_{jt})^\phi \right)$$

$$u_{it} = \left[(L_{it})^\phi - (1 - n_t^{-1})(L_{it})^\phi \right] \left[\frac{\kappa^{n_t-1} (L_{it})^{\phi n_t - \phi}}{n_t^{2n_t-2}} \right] \left(\prod_{j \in J} (L_{jt})^\phi \right)$$

$$u_{it} = \left[(L_{it})^\phi (1 - 1 + n_t^{-1}) \right] \left[n_t^{2-2n_t} \kappa^{n_t-1} (L_{it})^{\phi n_t - \phi} \right] \left(\prod_{j \in J} (L_{jt})^\phi \right)$$

$$u_{it} = \left[(L_{it})^\phi (n_t^{-1}) \right] \left[n_t^{2-2n_t} \kappa^{n_t-1} (L_{it})^{\phi n_t - \phi} \right] \left(\prod_{j \in J} (L_{jt})^\phi \right)$$

$$(L.3.4) \quad u_{it} = \kappa^{n_i-1} n_i^{1-2n_i} (L_{it})^{\phi n_i} \left(\prod_{j \in J} (L_{jt})^\phi \right)$$

x_{it}^s on identtinen kaikille $i = 1, \dots, m$; L_{it} ja l_{it} ovat identtisiä kaikille $i = 1, \dots, m$; L_{jt} ja l_{jt} ovat identtisiä kaikille yksilöille; n_i on identtinen kaikille yksilöille.

Tällöin

$$(L.3.5) \quad u_{it} = u_t,$$

jolloin

$$(L.3.6) \quad U_i = U = \int_0^{\infty} u_t e^{-\rho t} dt, \quad \text{kaikille } i=1, \dots, m.$$

LIITE 4. Yhtälöiden (60) ja (61) johtaminen

$$(L.4.1) \quad \frac{\partial H}{\partial L_{it}} = \rho \gamma_{it} - \frac{d\gamma_{it}}{dt} = \frac{\phi n_i u_t}{L_{it}}$$

$$(L.4.2) \quad \frac{\partial H}{\partial L_{jt}} = \rho \gamma_{jt} - \frac{d\gamma_{jt}}{dt} = \frac{\phi u_t}{L_{jt}}$$

Käypäarvoisten (current value) muotojen johtaminen¹:

Koska mallissa käytetään käypäarvoista Hamiltonin funktiota, jossa ei ole diskonttauskerrointa, käytetään funktiossa käypäarvoisia Lagrangen kertoimia. Nämä Lagrangen kertoimet ovat siis "ei-diskontattuja". Jos oletetaan, että μ_{yt} on tavanomainen Lagrangen kerroin, niin käypäarvoinen Lagrangen kerroin määritellään seuraavalla tavalla:

$$(L.4.3) \quad \gamma_{yt} = \mu_{yt} e^{\rho t}, \quad (\text{mistä seuraa että } \mu_{yt} = \gamma_{yt} e^{-\rho t}).$$

Yhtälöiden (L.4.1) ja (L.4.2) nykyarvomuodot ovat

$$(L.4.4) \quad -\frac{\partial H}{\partial L_{yt}} = \dot{\mu}$$

¹ Käypäarvoisten muotojen johtamisessa on seurattu esitystapaa, jota käytetään teoksessa Chiang 1992, 210-211.

Yhtälön (L.4.4) muuntamiseksi käypäarvoiseen muotoon, yhtälön molemmat puolet muunnetaan muotoon, joka sisältää käypäarvoisen kertoimen. Yhtälön puolet asetetaan yhtä suuriksi. Vasemmasta puolesta tulee tällöin differentioimalla

$$(L.4.5) \quad \dot{\mu}_{yt} = \dot{\gamma}_{yt} e^{-\rho t} - \rho \gamma_{yt} e^{-\rho t}$$

Oikealle puolelle saadaan

$$(L.4.6) \quad -\frac{\partial H}{\partial L_{yt}} = -\frac{\partial H_c}{\partial L_{yt}} e^{-\rho t}, \quad \text{missä } H_c \text{ on käypäarvoinen Hamiltonin funktio.}$$

Asettamalla (L.4.5) ja (L.4.6) yhtä suuriksi ja supistamalla yhteinen tekijä $e^{-\rho t}$ kaikista termeistä saadaan

$$(L.4.7) \quad \frac{\partial H_c}{\partial L_{yt}} = \rho \gamma_{yt} - \dot{\gamma}_{yt} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\partial H_c}{\partial L_{yt}} = \rho \gamma_{yt} - \frac{d\gamma_{yt}}{dt}$$

Spesifien muotojen johtaminen:

$$(L.4.8) \quad \frac{\partial H}{\partial L_{it}} = \phi n_t \left[(\kappa)^{n_t-1} (n_t)^{1-2n_t} (L_{it})^{\phi n_t-1} \left(\prod_{j \in J} (L_{jt})^\phi \right) \right] = \frac{\phi n_t u_t}{L_{it}}$$

$$(L.4.9) \quad \frac{\partial H}{\partial L_{jt}} = \phi n_t \left[(\kappa)^{n_t-1} (n_t)^{1-2n_t} (L_{it})^{\phi n_t} \left(\prod_{j \in J} (L_{jt})^{\phi-1} \right) \right] = \frac{\phi u_t}{L_{jt}}$$

Tällöin

$$(L.4.10) \quad \frac{\partial H}{\partial L_{it}} = \rho \gamma_{it} - \dot{\gamma}_{it} = \frac{\phi n_t u_t}{L_{it}}$$

$$(L.4.11) \quad \frac{\partial H}{\partial L_{jt}} = \rho \gamma_{jt} - \dot{\gamma}_{jt} = \frac{\phi u_t}{L_{jt}}$$

LIITE 5. Yhtälön (63) johtaminen

$$(L.5.1) \quad \frac{\partial H}{\partial n_t} = \frac{\partial u_t}{\partial n_t} = u_t B_t,$$

missä $B_t = \log(\kappa) - 2[\log(n_t) + 1] + \left(\frac{1}{n_t}\right) + \phi \log(L_{it})$.

JOHTAMINEN. Yhtälön (51) ja liitteen 3 mukaan

$$(L.5.2) \quad u_{it} = u_t = (\kappa)^{n_t-1} (n_t)^{1-2n_t} (L_{it})^{\phi n_t} \prod_{j \in J} (L_{jt})^\phi, \quad \text{kaikille } i=1, \dots, m;$$

jolloin saadaan

(L.5.3)

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_t}{\partial n_t} &= [(\kappa)^{n_t-1} \cdot \log(\kappa)] (n_t)^{1-2n_t} (L_{it})^{\phi n_t} \prod_{j \in J} (L_{jt})^\phi \\ &+ (\kappa)^{n_t-1} [(n_t)^{1-2n_t} (-2)(\log(n_t) + 1) + 1/n_t] (L_{it})^{\phi n_t} \prod_{j \in J} (L_{jt})^\phi \\ &+ (\kappa)^{n_t-1} (n_t)^{1-2n_t} [(L_{it})^{\phi n_t} \cdot \phi \log(L_{it})] \prod_{j \in J} (L_{jt})^\phi \\ &= \left[(\kappa)^{n_t-1} (n_t)^{1-2n_t} (L_{it})^{\phi n_t} \prod_{j \in J} (L_{jt})^\phi \right] [\log(\kappa) - 2[\log(n_t) + 1] + (1/n_t) + \phi \log(L_{it})] \\ &= u_t B_t. \end{aligned}$$

LIITE 6. Yhtälön (70) johtaminen

$$(L.6.1) \quad \frac{\dot{n}_t}{n_t} = \phi \frac{l_{it}}{L_{it}} / [2 + (1/n_t)] > 0, \quad \text{kun } m > n_t,$$

JOHTAMINEN. Maksimointiongelman sisäpisteratkaisussa pätevät seuraavat yhtälöt:

$$(L.6.2) \quad \frac{\partial H}{\partial l_{it}} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \gamma_{it} = \lambda_t$$

$$(L.6.3) \quad \frac{\partial H}{\partial l_{jt}} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \gamma_{jt} = \lambda_t$$

$$(L.6.4) \quad \Rightarrow \quad \gamma_{it} = \gamma_{jt} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\phi n_i u_i}{L_{it}} = \frac{\phi u_i}{L_{jt}}$$

$$(L.6.5) \quad \Rightarrow \quad n_i = \frac{L_{it}}{L_{jt}}$$

Koska vaihdettavien hyödykkeiden lukumäärä riippuu kuhunkin hyödykkeeseen kohdistetusta työvoimasta, voidaan työnjaon kehitystä tarkastella vaihdettavien hyödykkeiden lukumäärän kehityksen avulla.

$$(L.6.6) \quad \frac{\partial H}{\partial n_i} = u_i B_i = 0, \quad \text{missä } u_i \neq 0 \text{ ja } B_i = 0.$$

$$(L.6.7) \quad \Rightarrow \quad B_i = \log \kappa - 2(\log n_i + 1) + (1/n_i) + \phi \log(L_{it}) = 0$$

B_i :n arvo johdettiin liitteessä 5.

Kun tämä differentioidaan t :n suhteen, saadaan vaihdettavien hyödykkeiden aikaura

$$(L.6.8) \quad \frac{dB_i}{dt} = -2 \frac{1}{n_i} \cdot \dot{n}_i - \frac{1}{n_i^2} \cdot \dot{n}_i + \phi \frac{1}{L_{it}} \cdot \dot{l}_{it} = 0$$

$$(L.6.9) \quad \Leftrightarrow \quad -\frac{\dot{n}_i}{n_i} \left(2 + \frac{1}{n_i} \right) + \phi \frac{\dot{l}_{it}}{L_{it}} = 0$$

$$(L.6.10) \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\dot{n}_i}{n_i} = \phi \frac{\dot{l}_{it}}{L_{it}} \bigg/ \left(2 + \frac{1}{n_i} \right), \quad \text{missä } n_i = \frac{\kappa}{K_i}.$$

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

- No 624 JOHANNA POHJOLA, CO₂-päästöjen vähentämisen kansantaloudelliset vaikutukset: Tuloksia polttoainerakenteen muutokset huomioonottavasta CGE-mallista. 18.12.1997. 52 s.
- No 625 JANNE HAKALA, Osakeomistuksen jakautuminen suomalaisissa pörssiyrityksissä. 31.12.1997. 84 s.
- No 626 ANNE ERONEN, Yrityksen henkisen pääoman arviointi - malleja ja tunnuslukuja. 12.01.1998. 40 s.
- No 627 MARKKU KOTILAINEN, Economic Policy in EMU. 12.01.1998. 12 p.
- No 628 COLIN HAZLEY- INKERI HIRVENSALO, Barriers to Foreign Direct Investment in the Baltic Sea Region. 02.02.1998. 92 p.
- No 629 OLAVI RANTALA, Asuntokysyntään vaikuttavat tekijät ja sen kehitys talouden pitkän ajan kasvu-uralla. 29.01.1998. 60 s.
- No 630 PEKKA VALKONEN, Mitä suomalaisten yritysten patentointi kertoo kemian teknologian tasosta? 06.02.1998. 33 s.
- No 631 SOILI LEHTONEN - EERO LAESTERÄ, Kannattaako kotityö? Kotityön ja vapaa-ajan hinnoittelu ja tulonsiirtojärjestelmien yhteisvaikutus eri tulotasoilla. 26.02.1998. 33 s.
- No 632 DAINIUS BERNOTAS - ARVYDAS GUOGIS - ROMAS LAZUTKA, Social Security in Lithuania: A Review. 27.02.1998. 27 p.
- No 633 AUDRONE MORKUNIENE, The Lithuanian Pension System and Alternatives for the Future. 27.02.1998. 25 p.
- No 634 MIKA MALIRANTA, Factors of Productivity Performance by Plant Generation: Some findings from Finnish manufacturing. 05.03.1998. 25 p.
- No 635 RITA ASPLUND, Palkkaliikkuvuus Suomessa. 12.03.1998. 20 s.
- No 636 JUKKA LASSILA, Wage Formation by Majority Voting and The Incentive Effects of Pensions and Taxation. 19.03.1998. 26 p.
- No 637 KIMMO LAHTI-NUUTTILA, Yrityksen ympäristökilpailukyvyn teoreettinen tarkastelu. 27.04.1998. 35 s.

- No 638 OLAVI RANTALA, Kotitalouksien varallisuus 1980-1996. 04.05.1998. 22 s.
- No 639 MARKKU PULLI, Ulkomaalaisomistuksen lisääntyminen Suomessa. 12.05.1998. 15 s.
- No 640 JOHANNA ALATALO - KARI ALHO, Kaupan tuottavuuskehityksen kokonaistaloudelliset vaikutukset. 20.05.1998. 51 s.
- No 641 JUHA HONKATUKIA, Arvioita ilmastotavoitteen kokonaistaloudellisista vaikutuksista Suomessa. 26.05.1998. 17 s.
- No 642 MARIANNE PAASI, Exporting, Learning Investment and Competitiveness of Firms - Business Survey Results in Estonia. 06.07.1998. 28 p.
- No 643 MIKKO MÄKINEN, Suomen viennin rakennemuutos ja klustereiden vientimenestys 1990-luvulla. 10.08.1998. 57 s.
- No 644 RAITA KARNITE, Latvia on the Path to Transformation. 28.08.1998. 16 p.
- No 645 ANSSI PARTANEN, Trade Potential around The Baltic Rim: A Two-model Experiment. 21.09.1998. 24 p.
- No 646 KIMMO LAHTI-NUUTTILA, Suomalaisen paperi- ja selluteollisuuden ympäristöstrategiaan vaikuttavia tekijöitä. 08.10.1998. 67 s.
- No 647 OLLI RÄMÄ, Yritysten kannattavuus osakkeenomistajien näkökulmasta - vertailu suomalais- ja ulkomaalaisomisteisten yritysten välillä. 19.10.1998. 64 s.
- No 648 HELI KOSKI, Verkostoeksternaliteettien taloustieteellinen analyysi ja vaikutukset harjoitettavaan teknologiapolitiikkaan. 21.10.1998. 21 s.
- No 649 HELI KOSKI, The Impacts of Regulatory Reform on the Global Telecommunications Sector. 21.10.1998. 46 p.
- No 650 HELI KOSKI, Liberalisation, Regulation and Universal Service Provision in the European Telecommunications Markets. 21.10.1998. 33 p.
- No 651 REIJA LILJA - ATRO MÄKILÄ, Exit From Finnish Industry - Does Education Matter? 30.10.1998. 13 p.
- No 652 REIJA LILJA - ATRO MÄKILÄ, Skill Distribution of Recruits in Finnish Industry. 30.10.1998. 13 p.
- No 653 JUUSO VANHALA, Talouden verkottuminen ja pitkän aikavälin talouskasvu. 05.11.1998. 65 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.

d:\ratapalo\DP-julk.sam/05.11.1998