

VATT-KESKUSTELUALOITTEITA  
VATT-DISCUSSION PAPERS

33

PÄÄSTÖJEN SÄÄTELYN  
VAIKUTUKSET YRITYK-  
SEN TUTKIMUS- JA  
KEHITYSTOIMINTAAN

Petteri Sivula\*

**\* Kiitän professori Erkki Koskelaa, erikoistutkija Osmo Kuusta ja vs. erikoistutkija Heikki Kemppeä hyödyllisistä kommentteista ja neuvoista.**

**ISBN 951-561-043-5**

**ISSN 0788-5016**

**Valtion taloudellinen tutkimuskeskus**

**Government Institute for Economic Research**

**Hämeentie 3, 00530 Helsinki**

**Valtion painatuskeskus**

**Pasilan VALTIMO**

**Helsinki 1992**

SIVULA, PETTERI: PÄÄSTÖJEN SÄÄTELYN VAIKUTUKSET YRITYKSEN TUTKIMUS- JA KEHITYSTOIMINTAAN. Helsinki, VATT, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, 1992. (C, ISSN 0788-5016, No 33). ISBN 951-561-043-5.

**TIIVISTELMÄ:** Teknologisen kehityksen arvo sekä tuotannon ja päästöjen lisääntymisen haittavaikutukset on kiistelty aihe. Ehdotukset päästöjen säätelyn keinoista eroavat teknologiaoptimistien ja -pessimistien välillä. Tässä työssä esitetään perusteluja teknologisen kehityksen tärkeydestä pohdittaessa eri ohjauskeinojen vaikutuksia. Kun päästöjen käsittelytekniikan tehostaminen alentaa tuotannossa syntyvien päästöjen käsittelyn kustannuksia, poikkeaa päästöjen ja tuotannon optimaalinen taso tilanteesta, jossa teknistä kehitystä ei tapahdu. Ohjauskeinot tulisi asettaa siten, että ne kannustaisivat yrityksiä kehittämään uutta päästöjä vähentävää teknologiaa. Esitetävässä mallissa tarkastellaan päästömaksujen vaikutuksia yrityksen tutkimus- ja kehitystoimintaan ja teknologian kehityksen suuntaan. Lisäksi vertaillaan päästömaksun ja tuotannon tasoa vähentämään tarkoitettua ohjauskeinon teknologisia vaikutuksia. Ohjauskeino, joka vähentää tuotannon tasoa, kuten esimerkiksi haitalliselle tuotteelle asetettu vero voi olla teknologisilta vaikutuksiltaan jopa haitallinen heikentäessään yrityksen kykyä lisätä päästöjen pienentämisen tutkimus- ja kehitystoimintaa. Lopuksi kiinnitetään huomiota tutkimus- ja kehitystoimintaan yrityksen strategisena välineenä, jolla se voi toisaalta reagoida julkisen vallan vaatimuksiin ja jolla yritys voi uusien tuotteiden ja tuotantomenetelmien avulla saavuttaa kilpailuetua muihin yrityksiin verrattuna markkinaosuuksia valtaamalla. Kuluttajan preferenssien mukaisien tuotteiden kehittämisessä voi lisääntynyt "vihreiden" arvojen merkitys olla yksi merkittävä tekijä tutkimus- ja kehitystoiminnan suuntaamisessa.

**AVAINSANAT:** Teknologian kehitys, päästöjen säätely, innovaatio, yrityksen tutkimus- ja kehitystoiminta.

SIVULA, PETTERI: PÄÄSTÖJEN SÄÄTELYN VAIKUTUKSET YRITYKSEN TUTKIMUS- JA KEHITYSTOIMINTAAN. Helsinki, VATT, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, 1992. (C, ISSN 0788-5016, No 33). ISBN 951-561-043-5.

**ABSTRACT:** The relationship between pollution abatement and technological change is a strongly controversial subject. For the technology pessimists the best way to abate pollution is to diminish production and consumption. The technology optimists suggest instead that the pollution can be partly abated by the improvement of pollution abatement devices and production processes. It should be noted that technological change is not "manna" from heaven. It is produced by firms and research centers and the development process demands scarce resources. In this paper the subject is analysed using a micro economic model of a firm. The pollution charge, as an exogenous variable, has different impacts on the R&D of a firm. The pollution charge will increase the R&D to improve the pollution abatement devices. If the more effective production processes will not develop faster than the improved pollution abatement devices, the bias of technological change will be environmental saving. The new production plant will be relatively less pollutive than the old one. It can also be argued that when public methods of pollution control are used, the direct methods are technologically more effective than indirect methods like production or product taxes. Firms can use R&D as a strategic device and react to the demands of public administration or consumers by developing pollution abatement devices and environmentally sound production processes and products. For example the Swedish car manufacturer Volvo has assessed the environmentally sound products, processes and the planned disposal of cars to be the best strategy to improve the competitiveness and to get new market shares in the long run.

**KEY WORDS:** Technological change, pollution control, innovation and the R&D of firm.

<b>SISÄLLYS</b>	<b>sivu</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 ULKOISVAIKUTUKSET JA PÄÄSTÖJEN OPTIMAALINEN TASO</b>	<b>3</b>
2.1 Ulkoisvaikutuksista	3
2.2 Ulkoisvaikutusten korjaaminen	4
2.2.1 Yksityiset ratkaisut	4
2.2.2 Julkiset ratkaisut	5
2.3 Päästöjen optimaalinen taso	5
<b>3 MALLI PÄÄSTÖMAKSUJEN VAIKUTUKSISTA YRITYKSEN TUTKIMUS- JA KEHITYSTOIMINTAAN</b>	<b>10</b>
3.1 Yrityksen tuotannon, päästöjen ja t&k-toiminnan mallittamisesta	11
3.1.1 Yrityksen tuotanto ja päästöt	11
3.1.2 Yrityksen t&k-toiminta	12
3.2 Ympäristöressurssien käytön tutkiminen yrityksessä	15
3.3 Päästömaksun vaikutukset	17
3.3.1 Innovatiiviset vaikutukset	18
3.3.2 Vaikutukset teknologian kehityksen suuntaan	19
3.3.3 Yrityksen tuotannon määrän muutosten ja välillisten ohjauskeinojen vaikutukset t&k-toimintaan	21
<b>4 LOPUKSI</b>	<b>22</b>
4.1 Yhteenveto mallista	22
4.2 Esimerkki "vihreiden" arvojen voimistumisen vaikutuksista eurooppalaiseen autoteollisuuteen	23
<b>LÄHTEET</b>	<b>26</b>

## 1 JOHDANTO

Suhtautumista teknologian kehitykseen ja sen mahdollisuuksiin ympäristöasioissa voidaan kuvata teknologiaoptimistisilla ja -pessimistisillä näkemyksillä. Teknologiaoptimistit pitävät teknologian kehityksen tukemaa jatkuvan kasvun taloutta ekologisesti kestävämmänä sekä piittaamattomana sukupolvien ja lajien välisistä oikeudenmukaisuuskysymyksistä. Tämän näkemyksen mukaan uudella teknologialla ei voida ratkaista lopullisesti kysymyksiä energian ja materiaalien riittävydestä eikä päästöjen puhdistamisesta. Rajallisten luonnonvarojen loppuminen johtaa taloudellisen kasvun pysähtymiseen, taloudellisen toiminnan näivettymiseen ja elinolosuhteiden heikentymiseen maapallolla. Uhkakuvana on esitetty, että lisääntyvät päästöt saattavat romahduttaa ekosysteemien elämää ylläpitävät toiminnot, jolloin elämän laatu ja uusiutumismahdollisuudet heikkenevät. Saastumiselle ja luonnonvarojen ehtymiselle tarjotaan ratkaisuksi tuotannon ja kulutuksen supistamista.

Teknologiaoptimistisen näkemyksen mukaan uusilla ideoilla ja innovaatioilla voidaan vaikuttaa taloudellisen kasvun ja kehityksen mahdollisuuksiin. Tuotantomenetelmien ja -välineiden laadun paranemisella voidaan korvata loppuvia resursseja ja vähentää tuotannosta syntyviä päästöjä. Lisäksi materiaalien ja energian käytön tehostaminen, kuten esimerkiksi kierrättäminen, tai uusien energialähteiden käyttö vaatii usein uusia innovaatioita ja teknologian kehitystä. Taloudellisen kehityksen ei tarvitse olla sidoksissa materiaalin tai energian käytön lisääntymiseen, vaan uudella tai uudella tavalla järjestetyllä tiedolla voidaan kehittää talouden toimintoja ja lisätä ihmisten hyvinvointia ilman materiaalin tai energian käytön lisäystä. Keinoiksi teknologian kehityksen suuntaamiseksi vähemmän ympäristöä rasittamattomaksi on esitetty ympäristön ja päästöjen tutkimista sekä seuranta, ympäristötavoitteiden saavuttamisen varmistamista ja markkinamekanismin ohjaamista verotuksella ja lainsäädännöllä, kannustimien luontia kierrätykselle, järjestelmien kehittämistä materiaalien ja tuotteiden uudelleen käytölle ja ihmisten kasvattamista arvostamaan elämää maapallolla ja ymmärtämään arvojen muutosta, jotta maailman tietoisuus suosisi kestävä kehitystä (Malaska 1991, 24).

Talusteoreettisessa kirjallisuudessa on ohjauskeinoja pääasiassa tarkasteltu niiden staattisten tehokkuusominaisuuksien ja hallinnollisen soveltuvuuden kannalta. Aihetta on käsitelty nykyisten tuotantorakenteiden ja -prosessien kannalta. Vähän on kiinnitetty huomiota ohjauskeinojen teknologisiin vaikutuksiin, joilla tarkoitetaan tässä työssä ohjauskeinojen kykyä kannustaa yrityksiä kehittämään uutta päästöjen käsittelytekniikkaa tai ympäristön kannalta edullisia tuotantoprosesseja. Tuotannon negatiivisia ulkoisvaikutuksia tarkastelevissa ympäristötaloustieteen teoreettisissa malleissa on teknologian kehitys usein mallitettu eksogeeniseksi. Teknologian ajatellaan kehittyvän

taloudessa ilman erityistä panostusta sen kehittämiseen. Tämä voi antaa erityisesti yrityksen toiminnan tarkastelussa väärän kuvan asioista. Yrityksen oman t&k-toiminnan lisätessä tuottavuutta tai tehostaessa päästöjenpuhdistusta resursseja allokoidaan tarkoituksenmukaisesti tavoitteena taloudellinen tai jokin muu hyöty. Resurssien allokaation tehokkuuden ja tarkoituksenmukaisuuden ymmärtämiseksi on tutkimus- ja kehitystoimintaa käsiteltävä yrityksen sisäisenä toimintona ja teknologian kehittäminen on mallitettava endogeeniseksi tekijäksi analysoitaessa eri ohjauskeinojen tehokkuutta tai yrityksen toimintaa (Sato & Suzava 1983, 6).

Toisessa pääjaksossa esitellään lyhyesti työn kannalta oleellista käsitteistöä ulkoisvaikutuksista ja näkemyksiä niiden korjaamisesta. Lisäksi tarkastellaan Mishanin (1981) esittämiä näkemyksiä optimaalisen päästötason saavuttamiseen käytettävistä keinoista. Mishan on korostanut päästöjen käsittelytekniikan käyttömahdollisuuksia ja sen kehittämisen tärkeyttä. Mishanin argumenteilla pohjustetaan kolmannessa pääjaksossa esitettävässä mallissa käytetyn näkökulman mielekkyyttä.

Kolmannessa pääjaksossa tarkastellaan mikrotalousteoreettisen mallin avulla päästömaksun vaikutuksia yrityksen tutkimus- ja kehitystoimintaan. Teoreettisena kehikkona käytetään Binswangerin (1974) esittämää mallia yrityksen innovaatiotoiminnasta. Esitetyn mallin avulla todetaan, että päästömaksujärjestelmä lisää yrityksen panostusta puhtaamman teknologian kehittämiseen. Jos päästöjen käsittelyn kehitys suuntautuu päästöjen pienentämiseen, on teknologian kehityksen suunta tällöin ympäristöä säästävää. Lopuksi käsitellään välillisten ohjauskeinojen vaikutuksia uuden puhdistustekniikan kehittämiseen ja verrataan niitä välittömiin, haitalliseen toimintaan kohdistettuihin ohjauskeinoihin. Mallilla päädytään Zerben (1970) esittämään argumenttiin, jonka mukaan teknologisilta vaikutuksiltaan optimaaliset ohjauskeinot tulisi kohdistaa suoraan päästöihin eikä välillisesti niihin liittyviin asioihin kuten tuotteisiin tai tuotantoon.

Käytännön esimerkkinä teknologian kehityksestä ja yritysten toiminnasta luodaan lopuksi katsaus ympäristötietoisuuden kasvun ja ympäristölainsäädännön tiukentumisen vaikutuksista eurooppalaisen autoteollisuuden reaktioihin. Huomiota kiinnitetään tutkimus- ja kehitystoimintaan yrityksen strategisena välineenä, jolla yritys voi toisaalta reagoida julkisen vallan vaatimuksiin ja toisaalta vaikuttaa markkinaosuuksiinsa kehittämällä tuotantoaan ja erityisesti tuotteitaan kuluttajien preferenssejä vastaaviksi. Tällöin voivat kuluttajien "vihreät" arvot olla tärkeä tuotteiden kehitykseen vaikuttava tekijä. Mm. ruotsalainen autotehdas Volvo on pitkän aikavälin markkinaennusteissaan arvioinut ympäristön kannalta mielekkäät tuotanto- ja tuoteratkaisut parhaiksi strategisiksi vaihtoehdoiksi.

## 2 ULKOISVAIKUTUKSET JA PÄÄSTÖJEN OPTIMAALINEN TASO

Talousteorian mukaan täydellisen kilpailun markkinoilla vallitsee paretotehokas tasapainotila, jos niukkojen resurssien uudelleen allokointi ei hyödytä toista osapuolta haittaamatta jotakuta muuta. On kuitenkin tilanteita, jolloin markkinat eivät tuota haluttua tasapainotilaa. Markkinoihin sanotaan vaikuttavan tällöin markkinahäiriön (Blair & Kenny 1987, 477). Tarkastellaan erästä näistä markkinahäiriötilanteista, ulkoisvaikutuksia ja niiden poistamiseen tähtääviä toimia.

### 2.1 Ulkoisvaikutuksista

Ulkoisvaikutus syntyy, jos jokin talouden toiminta vaikuttaa toisen taloudessa toimivan hyvinvointiin tai tuotantotoimintaan tämän voimatta vaikuttaa asiaan. Eri tyyppiset ulkoisvaikutukset on tapana jakaa, vaikutuksia kuvaten, positiivisiin ja negatiivisiin ulkoisvaikutuksiin. Ulkoisvaikutukset ovat positiivisia, jos taloudessa tapahtuva toiminta parantaa tai lisää jonkun toisen hyvinvointia tai tuotantomahdollisuuksia ilman, että ulkoisvaikutuksesta hyötyvä joutuisi maksamaan siitä. Klassisena esimerkkinä on usein esitetty mehiläistarhurin saama hyöty naapurin omenapuista. Vastaavasti negatiivinen ulkoisvaikutus alentaa jonkun taloudessa toimivan hyvinvointia tai tuotantomahdollisuuksia. Ilmaa saastuttava tehdas aiheuttaa negatiivisen ulkoisvaikutuksen kaikille saastunutta ilmaa hengittäville tai yrityksille, joiden koneet kuluvat nopeammin ilman saasteista johtuen. (Stiglitz 1988, 214.)

Ulkoisvaikutuksia on myös jaoteltu sen mukaan, syntyvätkö ne tuotanto- vai kulutusprosessin kautta. Tässä työssä rajaudutaan tuotannon aiheuttamiin negatiivisiin ulkoisvaikutuksiin. Vaikutukset muihin yrityksiin sivuutetaan viittaamalla Varianin (1987) esittämään näkemykseen yritysten välisten ulkoisvaikutusten sisäistämisestä. Varianin mukaan markkinat luovat kannusteen sisäistää yritysten välisiä negatiivisia ulkoisvaikutuksia, jos niiden sisäistäminen kasvattaa kokonaisuudessaan yritysten voittoja. (Varian 1987, 556.)

Tärkeä tuotannon negatiivisten ulkoisvaikutusten synty tapa on yhteisomistusresurssiin liittyvä ongelma. Yhteisomistusresurssi on rajattu varanto (esimerkiksi ilmakehä, vesistö tai maaperä), jonka käyttöä ei ole rajoitettu. Tyypillisesti yhteisomistusresurssia käytetään yli yhteiskunnallisen optimitason, koska sen käyttöä ei ole hinnoiteltu tai muuten rajoitettu esimerkiksi käyttöoikeuden jaolla. Tämä aiheuttaa eron ympäristön käytön yhteiskunnallisten ja yksityisten

kustannusten välillä sekä tästä johtuvan epäoptimaalisen ympäristön käytön ja tuotannontekijöiden allokaation. (Siebert 1987, 17 - 18.)

## **2.2 Ulkoisvaikutusten korjaaminen**

### **2.2.1 Yksityiset ratkaisut**

Negatiivisten ulkoisvaikutusten aiheuttamien vääristymien voidaan ajatella korjaantuvan yksityisellä tai julkisella ratkaisulla. Yksityisistä ratkaisuista on jo aiemmin mainittu ulkoisvaikutusten sisäistäminen yritysten välillä. Coasen teoreeman mukaan eivät myöskään yritysten ja kuluttajien väliset ulkoisvaikutukset vaadi julkisen vallan ohjaamista, jos omistusoikeudet ovat selkeästi määritellyt tai ulkoisvaikutuksista voidaan neuvotella niiden aiheuttajan ja vaikutuspiirissä olevien kesken (Blair & Kenny 1987, 489). Omistusoikeuksien ollessa selvät tai neuvottelujen ollessa mahdolliset voidaan aina ajatella käytävän kauppaa eri osapuolten välillä, jolloin markkinat tuottavat omistusoikeuksien jakaantumista tai neuvotteluasemia vastaavan ratkaisun.

Esitetään Coasen teoreeman mukainen esimerkki, jolla kuvataan ulkoisvaikutuksen aiheuttajan ja haitan kokijan välistä toimintaa. Tehdas, joka päästää tuotannosta syntyviä saasteita jokeen, aiheuttaa negatiivisen ulkoisvaikutuksen joen vettä käyttäville, kuten esimerkiksi viljelyksiään kastelevalle maanviljelijälle tai kalastusta harrastavalle kesämökkiläiselle. Jos maanviljelijällä ei ole omistusoikeutta jokeen tai päästöt eivät ole lailla kiellettyjä, on hän teoriassa halukas maksamaan tehtaalle päästöjen pienentämisestä niin kauan, kuin maksu ei ole suurempi kuin päästöistä aiheutunut rajahaitta. Vastaavasti tehdas vaatii maksun, joka ei ole pienempi kuin tehtaan päästöistä saama rajahyöty. Tasapainossa maksu muuttaa tehtaan päästöjä siten, että rajahyödyt vastaavat rajahaittoja. Vastaavaan tasapainotilanteeseen päädytään, jos maanviljelijällä on oikeus puhtaaseen veteen. Tällöin tehdas on halukas maksamaan maanviljelijälle päästöistään jokeen niin kauan, kuin maksut eivät ylitä päästöoikeudesta saatua säästöä. Maanviljelijä vaatii maksun joka on vähintään vastaava kuin päästöistä aiheutuva haitta. (Fisher 1981, 180.)

Coasen teoreeman käyttökelpoisuus ympäristöongelmien ratkaisuna on saanut osakseen kritiikkiä. Baumol ja Oates (1988) ovat kiinnittäneet huomiota edellä esitettyyn yhteisomistusresurssin ongelmaan, jolle on tyypillistä omistusoikeuksien epäselvyys (Baumol ja Oates 1988, 26 - 27). Jos vesistön omistusoikeudet ovat määrittelemättömät, ei Coasen teoreema toteudu, vaan vesistöjä kuormitetaan yli yhteiskunnallisesti optimaalisen tason. Tällöin vain jos yhteisomistusresurssille määritellään omistusoikeudet tai sen käyttöä säädellään maksulla,



voidaan saavuttaa yhteiskunnallisesti optimaalinen resurssin käyttö. Toinen tärkeä arvostelu Coasen teoreemaa kohtaan liittyy ulkoisvaikutuksen kohteena olevien lukumäärään. Edellä esitetyn esimerkin mukaisesti joesta hyötyviä saat-  
taa olla useita. Tällöin voivat neuvottelukustannukset (transaction cost) nousta  
niin huomattaviksi, ettei neuvotteluista saatu hyötyä vastaa neuvotteluista  
syntyneitä kustannuksia eikä kaupankäyntiä synny eri osapuolten välille. (Fis-  
her 1981, 181.)

### **2.2.2 Julkiset ratkaisut**

Julkisena ratkaisuna negatiivisten ulkoisvaikutusten pienentämiseen on perin-  
teisesti esitetty Pigoun veroa. Ulkoisvaikutusten häiritessä markkinoilla vallit-  
sevaa pareto-optimaalista tasapainoa, tulee Pigoun vero asettaa negatiivisten  
ulkoisvaikutusten aiheuttajille siten, että verolla otetaan huomioon toimien  
todelliset yhteiskunnalliset kustannukset. Veron asettamisen jälkeen toiminnan  
yksityiset rajakustannukset vastaavat yhteiskunnallisia rajakustannuksia sekä  
rajahyödyt vastaavat yhteiskunnallisia rajahaittoja. (Stiglitz 1988, 221.)

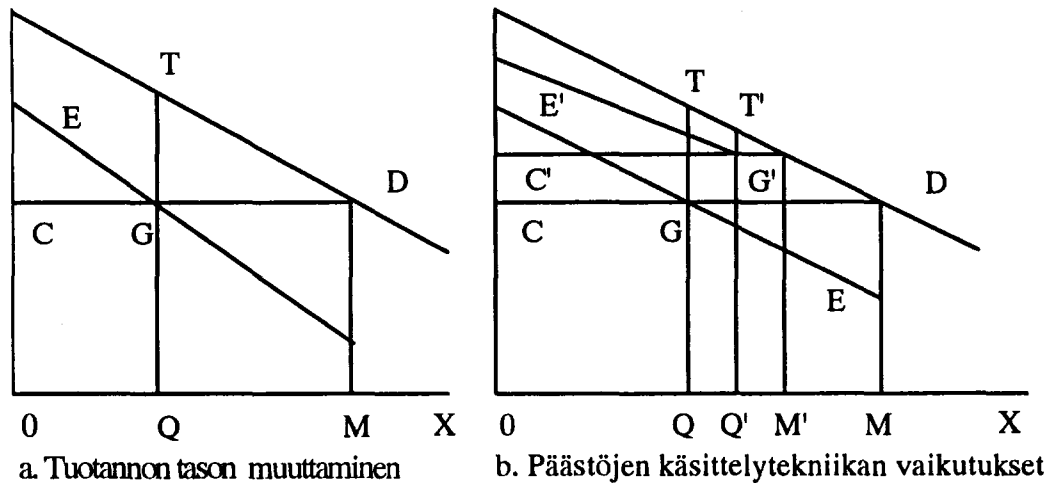
Toinen tapa hahmottaa ulkoisvaikutusten, kuten yritysten tuotannosta synty-  
vien päästöjen, määrän säätelyä on mieltää ympäristö (ilmakehä, vesistöt ja  
maaperä) yhteisomistusresurssiksi. Se on tyypillisesti ollut hinnoittelematon  
resurssi. Teollisen tuotannon ja siitä syntyvien päästöjen sekä kulutuksen  
kasvaessa tulee siitä niukka resurssi, jolloin joudutaan harkitsemaan sen  
hinnoittelua, jos omistusoikeuksien määrittäminen on ongelmallista. Coasen  
teoreemaan sovellettuna voidaan yhteiskunnalla ajatella olevan yhteisomistus-  
resurssin omistusoikeus ja yhteiskunnan säätelevän sen käyttöä joko hinnoitte-  
lemalla tai jakamalla sen käyttöluvia. Kun yritykset käyttävät ympäristöä pääs-  
töjen säilytyspaikkana ja osittain myös niiden käsittelijänä, voidaan ympäristöl-  
le niukkana resurssina asetettu hinta mieltää yrityksen päästöjen tapauksessa  
päästömaksuksi. Yritys siis maksaa ympäristön tarjoamista palveluista siltä  
osin kuin sen käyttö ylittäisi yhteiskunnallisesti optimaalisen tason. (Siebert  
1987, 10 - 18.)

### **2.3 Päästöjen optimaalinen taso**

Mishan (1981) on esittänyt tärkeän näkökulman yhteisomistusresurssiin liitty-  
västä ulkoisvaikutusongelmasta. Usein esitetään, että yritysten käyttäessä  
ympäristöä hinnoittelemattomana yhteisomistusresurssina ainoa keino synty-  
vien negatiivisten ulkoisvaikutuksien korjaamiseen on vaikuttaa tuotannon  
tasoon. Mishan on kuitenkin korostanut, että päästöjen aiheuttamaa negatiivis-

ta ulkoisvaikutusta voidaan vähentää hankkimalla käyttöön päästöjen käsitteilylaitteita (Mishan 1981, 125 - 126). Myös Coase (1960) on kiinnittänyt huomiota tähän mahdollisuuteen. Hänen mukaansa yritykselle olisi kannattavampaa hankkia käyttöönsä päästöjen puhdistuslaitteita, jos niiden hankinta ja käyttö on edullisempaa kuin päästöjen aiheuttamista haitoista johtuvan veron maksaminen (Coase 1960, 438).

Tarkastellaan Mishanin esityksen pohjalta, mitä vaikutuksia muilla keinoilla kuin tuotannon vähentämisellä on tuotannon ja päästömaksun tasoon. Mishan tarkastelee negatiivisia ulkoisvaikutuksia aiheuttavan toimialan optimaalisen tuotannon ja päästöjen tasoa. Mishan olettaa, että toimiala tuottaa hyödykkeitä määrän  $X$  täydellisen kilpailun olosuhteissa ja toimialalla on vakioinen pitkän aikavälin tarjontakäyrä. (Mishan 1981, 126.)

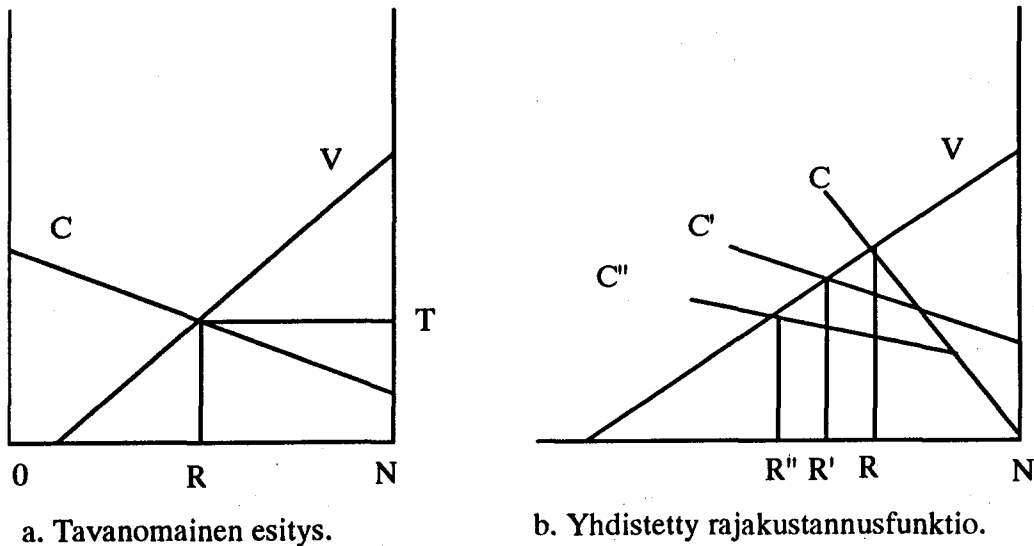


Kuvio 1. Optimaalinen tuotannon taso.

Kuviolla 1 a on selvitetty tavanomaisen analyysin keinoilla toimialan päästöjen optimitaso. Käyrä D on kysyntäkäyrä, jolla kuvataan yksityisiä rajahyötyjä. Tuotannosta syntyvät päästöt aiheuttavat negatiivisia ulkoisvaikutuksia päästöjen vaikutusalueella asuville. Tällöin yhteiskunnan rajahyötykäyrä E on yksityisen rajahyötykäyrän alapuolella. Käyrä C on toimialan pitkän aikavälin tarjontakäyrä. Se kuvaa tuotannossa käytettyjen resurssien rajakustannuksia. Markkinoilla muodostuvassa tasapainotilanteessa tuotetaan  $X$ :ää määrä  $M$ . Optimaalinen tuotost määrä olisi  $Q$  ja se voitaisiin saavuttaa asettamalla optimaalinen vero  $TG$  jokaista tuotosyksikköä  $X$  kohti. Tämä olisi tyydyttävä ratkai-

su, jos tuotannon tason lasku olisi ainoa keino pienentää yrityksissä päästöjen tasoa. (Mishan 1981, 126.)

Kun yritykset voivat vaihtoehtoisesti hankkia käyttöönsä päästöjen käsittelytekniikkaa, jolla pystytään vähentämään päästöjä tietylle tasolle, voidaan päätyä edellä esitetystä optimista poikkeavaan ratkaisuun. Mishanin mukaan päästöjen käsittelytekniikkaa kannattaa hankkia tai kehittää käyttöön, jos se vähentää päästöjä (entisellä tuotannon tasolla X) siten, että päästöjen vähennyksestä koitua yhteiskunnallinen hyöty on suurempi kuin päästöjen käsittelytekniikasta aiheutuvat kustannukset. Kuviossa 1 b on esitetty päästöjen käsittelytekniikan käyttöönoton ja tuotannon pienentämisen optimaaliset vaikutukset tasapainotilanteeseen. Päästöjen käsittelytekniikkaan investoidut varat ovat nostaneet toimialan pitkän aikavälin kustannuksia C:stä C':uun. Tämä on aiheuttanut markkinatasapainotuotoksen pienenemisen M':uun. Käyttöönotetun päästöjen käsittelytekniikan vähentäessä päästöjä myös yhteiskunnassa koetut haitat vähenevät ja yhteiskunnan rajahyötyjen ja yksityisten rajahyötyjen välinen ero pienenee E:n siirtyessä E':uun. Optimaalinen tuotannon taso olisi tällöin Q' eli suurempi kuin säädeltäessä päästöjä pelkästään tuotannon tasoa laske- malla. Optimaaliseen tilanteeseen voidaan päästä asettamalla päästömaksu T'G' tuotosyksikölle X. Tämä on pienempi kuin 1 a:ssa esitetty päästömaksu TG. (Mishan 1981, 128-129.)



Kuvio 2. Optimaalinen päästöjen taso.

Vaikutuksia päästöihin tarkastellaan kuviolla 2. Kohdassa a on esitetty optimaalinen päästöjen taso, kun otetaan huomioon päästöjen puhdistamisen rajakustannukset C, jotka kasvavat suhteessa puhdistettavaan määrään, ja päästöjen puhdistamisen kysyntäkäyrä V, joka taas kasvaa suhteessa päästöjen määrään. Päästöjen puhdistamisen kysyntäkäyrä ei lähde nolla- päästöistä, sillä pienien päästö määrärien ei oleteta olevan haitaksi ihmisten hyvinvoinnille. N

kuvaa päästöjen määrää edellä esitetystä markkinatasapainotilanteesta, jossa tuotannon taso oli  $M$ . Optimaalisessa tilanteessa päästöjä tulisi puhdistaa  $NR$ :n verran, jolloin puhdistuksesta aiheutuvat rajakustannukset vastaisivat päästöistä aiheutuvia rajahaittoja. Toimialan päästöt voidaan saada optimaaliselle tasolle asettamalla päästöyksikölle päästömaksu  $TN$  tai asettamalla jokaiselle yritykselle ( $n$  kpl) erikseen päästörajoite  $r$  siten, että  $r \times n = R$ .

Kuviossa 2 b on esitetty erikseen tuotannon tason laskusta aiheutuvat rajakustannukset sekä päästöjen käsittelytekniikasta aiheutuvat rajakustannukset pienennettäessä päästöjä.  $C$  kuvaa rajakustannusten kasvua, jos päästöjä pienennetään pelkästään tuotannon tasoa laskemalla.  $C'$  on vastaavasti päästöjen käsittelytekniikan rajakustannuksia kuvaava käyrä.  $C''$  kuvaa tilannetta, jossa päästöjen pienentämiseen käytetään kumpaakin menetelmää. Yhdistetty päästöjen pienentämisen rajakustannuskäyrä on saatu laskemalla  $C$  ja  $C'$  yhteen horisontaalisesti.  $V$  vastaa aikaisemmin esitettyä päästöjen pienentämisen kysyntäkäyrää. Kuvioista nähdään, että usealla menetelmällä aikaansaatu päästöjen pieneminen ylittää esimerkiksi pelkästään tuotannon tasoa laskemalla saavutetut päästöjen pienemiset. Lisäksi myös päästömaksun taso on alhaisempi otettaessa huomioon päästöjen käsittelytekniikan käyttömahdollisuudet päästötason pienentäjänä. (Mishan 1981, 128.)

Mishanin esittämä malli päästöjen käsittelytekniikan huomioonottamisesta teollisuuden päästöjä vähennettäessä osoittaa aiheen tärkeyden. Tuotannon vähentämisen sijaan voivat yritykset hankkia käyttöönsä päästöjen käsittelylaitteita. Tämä on myös yhteiskunnan hyvinvoinnin kannalta kannattavaa, jos päästöjen käsittelytekniikalla mahdollistettu haittojen vähennys on merkittävämpi kuin laitteiden suunnitteluun, kehitykseen tai hankintaan sekä käyttöön liittyvät kustannukset. Jatkossa keskitytään tarkastelemaan yrityksen tutkimus- ja kehitystoimintaa päästöjen vähentämiseksi sekä julkisen vallan ohjauskeinojen vaikutuksia päästöjen käsittelytekniikan ja tuotantoprosessien kehittymiseen.

Kirjallisuudessa on vertailtu eri ohjauskeinojen teknologisia vaikutuksia. Esitetyt mallit ja niistä tehdyt arviot voidaan jakaa kolmeen ryhmään: eksogeeninen teknologian kehitys, endogeeninen teknologian kehitys ja epävarmuuden mallit. Eksogeenisen teknologian kehityksen malleissa<sup>1</sup> päästöjen käsittelyä tarkastellaan tyypillisesti erillään muusta tuotantotoiminnasta. Näillä malleilla on hintaohjauskeinot (päästömaksut) osoitettu teknologisilta vaikutuksiltaan tehokkaammiksi kuin määräohjauskeinot. Tulos on intuitiivisesti mielekäs, sillä päästömaksut yritykselle kalliimpana ohjauskeinojärjestelmänä luovat suuremmat teknologian kehityksestä johtuvat kustannussäästöt ja siten suuremman insenttiivin kehittää tai hankkia käyttöön uutta puhdistustekniikkaa kuin määräohjauskeinoilla.

<sup>1</sup>

Aihetta ovat tarkastelleet Zerbe (1970), Downing & White (1986), Milliman & Prince (1989) ja Malueg (1989).

Endogeenisen teknologian kehityksen malleista mainitaan Magatin (1978) malli, jossa tuotannon ja päästöjen taso vaihtelee yrityksen teknisen kehityksen mukaan. Magat osoitti, että määräohjauskeinolle voidaan täydellisen informaation tapauksessa aina määrittää teknologisilta vaikutuksiltaan identtiset hintaohjauskeinot.

Epävarmuuden malleissa informaation oletetaan olevan asymmetristä siten, että julkinen valta ei tiedä tarkasti yrityksen päästöjen käsittelyn rajakustannuksia. Mendelshon (1983) on osoittanut, että tällöin hintaohjausjärjestelmässä yritykset "ylireagoivat" vähentäen päästöjään joko liian vähän tai paljon. Tämä aiheuttaa Mendelshonin mallissa joko liikaa tai liian vähän t&k-toimintaa yrityksissä. Pitkällä aikavälillä teknologian kehittyessä Mendelshon pitää siten määräohjauskeinoa vaikutuksiltaan parempana kuin hintaohjauskeinoa.

Seuraavassa pääjaksossa esitettävässä mallissa teknologian kehitys on endogeenista. Tyydytään edellä esitettyihin tuloksiin teoreettisesti ihanteellisten ohjauskeinojen (suoraan haitalliseen toimintaan kohdistetut ohjauskeinot) teknologisista vaikutuksista ja tarkastellaan päästömaksun vaikutuksia yrityksen t&k-toimintaan ja teknologian kehityksen suuntautumiseen. Lopuksi vertaillaan suoraan haitalliseen toimintaan kohdistettujen ohjauskeinojen kuten päästömaksujen ja välillisten tuotannon tasoa laskevien ohjauskeinojen kuten esimerkiksi jollekin tuotteelle asetetun haittaveron teknologisia vaikutuksia.

### **3 MALLI PÄÄSTÖMAKSUJEN VAIKUTUKSISTA YRITYKSEN TUTKIMUS- JA KEHITYSTOIMINTAAN**

Teknologian kehityksen helpottaessa yrityksen tuotannosta syntyvien päästöjen puhdistamista on kiinnitettävä huomiota kahteen asiaan: teknologian kehittämiseen yrityksissä ja sen suuntaamiseen päästöjenkäsittelyyn. Heertje (1988) on tuonut esille teknologian kehitykseen ja innovaatioon liittyvän ajatuksen, jota sovelletaan esitettävässä mallissa. Pohjimmiltaan innovaatioiden tuottaminen eli t&k-toiminta yrityksissä liittyy niukkojen resurssien allokoimiseen ja siten taloudelliseen harkintaan esimerkiksi t&k-toiminnalle suunnattujen varojen määrässä ja niiden suuntaamisessa eri tutkimuskohteille. Tämä mahdollistaa eri politiikkavaihtoehtojen vaikutuksen innovaatioprosessissa. Eri ohjauskeinoilla voidaan siis suunnata teknologian kehittymistä ja vaikuttaa tutkimus- ja kehitystoimintaan käytettävien varojen määrään. (Heertje 1988, 3.)

Tarkastelussa päästömaksun vaikutuksista yrityksen tutkimus- ja kehitystoimintaan käytetään kehikkona Binswangerin (1974) esittämää mikrotalousteoreettista mallia yrityksen innovaatiotoiminnasta. Binswanger ei alunperin tarkastellut mallillaan päästöjen säätelyyn liittyviä ongelmia, mutta sitä voidaan käyttää kuvaamaan eksogeenisen muuttujan kuten päästömaksun vaikutuksia yrityksen tutkimus- ja kehitystoimintaan. Malli on mielenkiintoinen siksi, että sillä yritetään komparatiivisen statiikan avulla analysoida niin-kin dynaamista ilmiötä kuin teknologian kehitystä ja sen aikaansaamista yrityksissä.

Vaikka yrityksen toiminnan päätavoite on muodollisesti määritelty kuten neoklassisessa tuotantoteoriassa voiton maksimoinniksi, on Binswangerin yrityksellä kuitenkin yhteisiä piirteitä Schumpeterin yrityksen kanssa. Neoklassisessa tuotantoteoriassa oletetaan, että tuotannontekijät ovat substituotavissa keskenään. Tällöin yrityksessä maksimoidaan voittoa substituomalla tuotannontekijöitä keskenään kunnes panosten rajatuottavuudet vastaavat panosten hintoja. Schumpeterin yrityksessä eivät panokset ole substituotavissa keskenään, vaan yritysjohton pyrkimyksenä on maksimoida voittoa uusien innovaatioiden avulla (Best 1990, 122). Binswangerin mallissa yritys maksimoi voittoa tehostamalla tuotantoaan uusien yrityksessä tuotettujen innovaatioiden avulla. Lisäksi tuotannontekijät eivät ole täydellisesti substituotavissa, vaan niiden käytön suhdetta voidaan muuttaa kehittämällä uusia tuotantoprosesseja. Erona Schumpeterin yritykselle Binswangerin yritys toimii täydellisillä markkinoilla eikä se voi vaikuttaa markkinaosuuksiinsa tai tuotannon määrään tuotteen hintojen tai tuotedifferentiaation avulla.

### 3.1 Yrityksen tuotannon, päästöjen ja t&k-toiminnan mallittamisesta

Yrityksen tuotannosta syntyy sivutuotteita, jotka päästöinä päätyvät saasteeksi ympäristöön. Näin yritys käyttää tuotannossaan ympäristöresurssia, joka voidaan tulkita yhteisomistusresurssiksi. Sille on tyypillistä, ettei sen omistusoikeuksia pystytä tyydyttävästi tai ilman huomattavia kustannuksia määrittämään. Jos omistusoikeuksien määrittäminen olisi vaivatonta ja se toteutettaisiin tai ulkoisvaikutukset pystyttäisiin sisäistämään neuvottelemalla, ei Coasen teoreeman mukaan mitään ongelmia olisikaan (ks. edellä s. 4). Niin kauan kuin omistusoikeudet ovat epäselvät tai yhteisomistusresurssin käyttö on hinnoittelematonta, käytetään sitä Smithin (1972) mukaan liikaa. Tarkastellaan mallia, jossa julkinen valta korjaa tuotannon päästöistä aiheutuvat negatiiviset ulkoisvaikutukset hinnoittelemalla yhteisresurssin käyttöä yhteiskunnallisesti optimaaliseksi. Ympäristön käytön hinnoittelu antaa yritykselle insenttiivin käyttää sitä tehokkaasti. (Smith 1972, 470 - 472.)

#### 3.1.1 Yrityksen tuotanto ja päästöt

Yrityksen tuotantofunktion tuotannontekijöinä käytetään Binswangerin mallista poiketen tuotannollista resurssia ja ympäristöresurssia. Tuotannollinen resurssi voidaan tulkita pääoman ja työvoiman aggregaatiksi. Ympäristöresurssin käyttöä tuotannossa voi olla esimerkiksi paperitehtaan klooripäästöt vesistöihin. Yritys käyttää tällöin ympäristön kykyä ottaa vastaan ja käsitellä tuotannosta syntyviä päästöjä.

Yrityksen tuotantofunktio kirjoitetaan muotoon:

$$(1) \quad Y = f(R/A, E/B).$$

Yhtälössä 1 (A,B) kuvaa vallitsevaa teknologiaa aikaisemman t&k-toiminnan tuloksena. Positiivisen A:n tai B:n pieneneminen kuvaa teknologian kehittymistä, jolloin tuotannontekijöiden käyttöä voidaan vastaavasti vähentää tuotoksen Y pienentymättä. (Binswanger 1974, 941-943.)

Mallissa käytetään kiinteiden panossuhteiden tuotantofunktiota, joka merkitään:

$$(2) \quad Y = \min(R/A, E/B).$$

Näin mallitetussa tuotantoprosessissa käytetään aina samassa suhteessa tuotannontekijöitä, jolloin tuotannontekijöiden substituutioaste on 0. Tuotannossa käytetään siis vähintään A yksikköä tuotannollista resurssia R ja B yksikköä ympäristöresurssia E tuotosyksikön Y tuottamiseen. A ja B kuvaavat siten tuotannon panossuhteita.

### 3.1.2 Yrityksen t&k-toiminta

Mallissa yrityksen t&k-toiminta tehostaa tuotantoa säästämällä tuotannontekijöitä. Määritellään t&k-toiminta järjestetyksi yrityksessä tutkimuslaitokseen/osastoon, joka jakautuu eri tutkimuslinjoihin. Tutkimuslinjat keskittyvät tuottamaan innovaatioita pääasiassa jommankumman tuotannontekijän käyttöön tehostamiseksi. Innovaatiolla viitataan yleisesti uusiin keinoihin ja menetelmiin, joilla pyritään toiminnan tehostamiseen ja laadulliseen paranemiseen. Erityisesti se näkyy tuotantotoiminnassa uusien tuotantomenetelmien ja tuotteiden kehittämisenä sekä käyttöönottona (Dosi & Orsenigo 1988, 6).

Mallissa voivat eri tutkimuslinjat vaikuttaa sekä tuotannollisen resurssin että ympäristöllisen resurssin käytön tehokkuuteen. Esimerkiksi innovaatio, jolla on parannettu tuotantoprosessin toimintaa, voi olla suunniteltu siten, että se tuottaa vähemmän päästöjä. Tällöin tutkimuslinja, joka keskittyy pääasiassa tuotannollisen resurssin käytön tehostamiseen, tehostaa myös ympäristöresurssin käyttöä.

T&k-toiminnan tuottavuusfunktiot kuvaavat tutkimuslinjoille suunnattujen resurssien vaikutuksia tuotannontekijöiden käytön tehostamiseen parantuneina tuotantoprosesseina tai tehokkaampina puhdistuslaitteina. Määritellään t&k-toiminnan tuottavuusfunktio seuraavasti:

$$(3) \quad A^* = A^*(m,n), \quad B^* = B^*(m,n),$$

missä  $m$  ja  $n$  ovat tutkimuslinjoja ja  $A^* = (A_0 - A_1)/A_0$  ja

$$B^* = (B_0 - B_1)/B_0.$$

Yksinkertaistetaan seuraavilla oletuksilla yhtälön 3 yleistä muotoa:

1. Oletetaan, että tutkimuslinjojen tulokset eivät vaikuta toistensa tuottavuuteen. Tämä on rajoittava oletus, sillä monissa tapauksissa tutkimuksella on vaikutuksensa (pay-offs) myös muuhun tutkimus



toimintaan. Usein vaikutukset ovat kuitenkin odottamattomia. Jos tutkimuskontaktit eri tutkimuslinjojen välillä ovat satunnaisia, ei niiden voida olettaa vaikuttavan toistensa tuloksiin, eikä etukäteen tehtäviin päätöksiin tutkimusvarojen jakamisesta eri tutkimuslinjojen välillä. (Binswanger 1974, 943.)

2. T&k-toimintaan oletetaan vaikuttavan laskevat rajatuotot.

### Taulukko 1. Käytetyt merkinnät.

Y		tuotos
P		tuotoksen yksikköhinta
v		voitto
Q		teknologian kehittymisen suunta
Muuttuja, joka liittyy:		
tuotanto ympäristö		
resurs-	resurssin	
siin		
R	E	tuotantoresurssi- ja ympäristöresurssivirta
A	B	teknologian kehittymistä kuvaavat kertoimet
A*	B*	suhteelliset vähennykset A:ssa ja B:ssä
r	t	tuotannontekijöiden yksikköhinnat
c <sup>r</sup>	c <sup>t</sup>	tuotannontekijöiden kustannukset
m	n	ensisijassa tuotantoresurssia tai ympäristöresurssia säästävän tutkimuksen määrä
p <sup>m</sup>	p <sup>n</sup>	m:n ja n:n yksikköhinnat
μ(m)	μ(n)	odotetut tutkimuslinjojen tuottavuudet
μ <sub>m</sub>	μ <sub>n</sub>	osittaisderivaatat
t&k-toiminnan vaikutuskertoimet:		
α <sup>m</sup>	α <sup>n</sup>	A:n pienentämiselle
β <sup>m</sup>	β <sup>n</sup>	B:n pienentämiselle

Näiden oletusten perusteella tarkennetaan t&k-toiminnan vaikutukset ja innovaatiomahdollisuudet:

$$(4) \quad A^* = \mu(m)\alpha^m + \mu(n)\alpha^n,$$

$$B^* = \mu(m)\beta^m + \mu(n)\beta^n,$$

joissa  $\mu \geq 0$ ;  $\mu_m, \mu_n \geq 0$ ;  $\mu_{mm}$  ja  $\mu_{nn} < 0$ .

Määritellään odotettu teknologian kehityksen suunta kiinteiden panosten tuotantofunktiossa seuraavasti:

> tuotannollista resurssia säästävä

$$(5) \quad Q = A^* - B^* = 0 \quad \text{neutraali}$$

< ympäristöresurssia säästävä

Vaikka yhtälössä 2 määritelty kiinteiden panossuhteiden tuotantofunktio onkin rajoittava lähestymistapa, tarjoaa teknologian kehittyminen (panoskertoimien muutos) mahdollisuuden tuotannon rakenteiden muutokselle. Tällöin ei tarvitse päästöjä syntyä aina samassa suhteessa tuotokseen, vaan teknologian kehittyminen mahdollistaa tuotos - päästö-suhteen muutokset.

Yhtälö 5 ja sen muutos voidaan kirjoittaa tutkimuksen tuottavuusfunktion 4 parametrien avulla:

$$(6) \quad Q = \mu(m)(\alpha^m - \beta^m) + \mu(n)(\alpha^n - \beta^n).$$

$$(7) \quad dQ = \mu_m(\alpha^m - \beta^m)dm + \mu_n(\alpha^n - \beta^n)dn.$$

Binswanger erottaa toisistaan kaksi tapausta sen mukaan, miten kukin tutkimuslinja säästää tuotannontekijää suhteessa toiseen tuotannontekijään:

1. Substituutio:

$$(8a) \quad \alpha^m \geq 0 \geq \beta^m ; \beta^n \geq 0 \geq \alpha^n.$$

2. Puhdas tekninen muutos:

$$(8b) \quad \alpha^m \geq \beta^m \geq 0 ; \beta^n \geq \alpha^n \geq 0.$$

Substituution tapauksessa kummatkin tutkimuslinjat säästävät yhtä tuotannontekijää toisen kustannuksella. Puhtaasti teknisen muutoksen tapauksessa kummatkin tutkimuslinjat vähentävät sekä tuotannollisen resurssin että ympäristöresurssin tarvetta tuotannossa (Binswanger 1974, 945).

Tuotannosta syntyvien päästöjen vähentämisen kannalta on oleellinen kysymys, voidaanko päästöjä vähentää tuotantoprosessin avulla eli onko  $\beta^m > 0$ . Esimerkiksi puunjalostusteollisuudessa on päästöjä voitu pienentää juuri tuotantoprosessien avulla. Suljetun kierron prosessien ja kloorittoman paperin valkaisumenetelmien kehittämällä on kyetty vaikuttamaan ympäristöön päästyvien päästöjen määriin. Toisaalta voidaan esittää myös päinvastaisia esimerkkejä, joissa tuotannon tehostuminen ja prosessien nopeutuminen voi lisätä päästöjä. Esimerkiksi muoviteollisuudessa katalysaattoreiden käytöllä nopeutetaan prosesseja ja samalla lisätään ympäristöön joutuvia haitallisia aineita. Teknisen kehitysprosessin mahdollisuudet ja vaikutukset yrityksen päästöihin ovat yritys- ja toimialakohtaisia. Voidaan kuitenkin väittää, että yleisesti päästöjen tasoon voidaan vaikuttaa tuotantoprosesseja kehittämällä.

Kysymys tuotantoprosessien ja puhdistuslaitteiden kehittämisen vaikutusten tehokkuudesta on empiirinen ongelma, johon ei tämän työn puitteissa pystytä antamaan vastausta. Jos päästöt pienenevät enemmän tuotantoprosesseja kehittämällä, niin  $\beta^m > \beta^n$  ja päinvastoin. Todetaan kuten edellä, että siihen vaikuttanevat yrityksen ja toimialan tuotannon ominaispiirteet.

### 3.2 Ympäristöresurssien käytön tutkiminen yrityksessä

Tarkastellaan mallissa yrityksen toimia lyhyellä aikavälillä, eikä t&k-toiminnalle määritellä tarkemmin budjettirajoitetta. Oletukset:

1. Yritys toimii kilpailullisilla markkinoilla maksimoiden voittoa. Yritys ei pysty vaikuttamaan tuotoksen  $Y$  eikä tuotannontekijöiden hintaan. Lisäksi  $Y$  on eksogeeninen tekijä.
2. Yritys pystyy vaikuttamaan tuotannontekijöidensä käytön tehokkuuteen t&k-toiminnan avulla tarkasteltavalla aikavälillä.
3. Yritys päästää saasteita ympäristöön ja käyttää näin yhtenä tuotannontekijänä yhteisomistusresurssin kykyä käsitellä päästöjä ja ottaa vastaan niitä. Julkinen valta valvoo ja säätelee yhteisomistusresurssin käyttöä. Julkinen valta käyttää päästömaksujärjestelmää päästöjen säätelyn ohjauksessa. Se hinnoittelee yhteisomistus-

resurssin käytön asettamalla yksikköpäästömaksun  $t$  yrityksen päästöille (ks. edellä s. 7.)

Yrityksen suunnitellessa tuotantotoimintaansa vallitsevalla teknologialla  $(A_0, B_0)$  se voi vaihtoehtoisesti pienentää tuotannontekijöiden käyttöä  $t&k$ -toiminnalla vähentämättä tuotantoaan. Jos yritys on suunnittelemassa esimerkiksi uuden paperitehtaan rakentamista ja paperin tuotannosta vesistöihin ajautuville päästöille on asetettu päästömaksu  $t$  päästöyksikköä  $E$  kohti, voi yritys sen sijaan, että se maksaa päästömaksut tai vähentää tuotantoaan, suunnitella  $t&k$ -toiminnan avulla vähemmän vesistöjä saastuttavan tuotantoprosessin. Näin yritys pienentää päästömaksuista aiheutuvia kustannuksia. Yrityksen voittofunktiossa tuotantotekijöiden käytön tehostuminen näkyy kustannussäästönä:

$$(9) \quad v = PY - rR_0 - tE_0 + rR_0A^*(m,n) + tE_0B^*(m,n) - mp^m - np^n.$$

Binswangerin mallissa yritys maksimoi voittoaan kehittämällä tuotantoaan ja muuttamalla tuotantorakenteita innovaatioiden ja uuden teknologian avulla (ks. edellä s.10). Kolme ensimmäistä termiä, jotka ilmaisevat tuotoksen arvon, tuotantoresurssin kustannuksen sekä päästömaksun aiheuttaman kustannuksen yritykselle, voidaan vakioisina kerätä yhteen termiin  $v_0$ . Tämä kuvaa voittoa ilman  $t&k$ -toimintaa.

Käytettäessä kiinteiden panossuhteiden tuotantofunktiota, voidaan merkitä  $c^r = rR_0 = rYA_0$  ja  $c^t = tE_0 = tYB_0$  ja yhtälö 9 kirjoittaa muotoon:

$$(10) \quad v = v_0 + c^rA^*(m,n) + c^tB^*(m,n) - mp^m - np^n.$$

Lopulliseen yrityksen maksimointiongelmaan päästään sijoittamalla yhtälö 4 yllä olevaan yhtälöön:

$$(11) \quad v = v_0 + \mu(m)(c^r\alpha^m + c^t\beta^m) + \mu(n)(c^r\alpha^n + c^t\beta^n) - mp^m - np^n.$$

Ensimmäisen asteen ehdot yrityksen voiton maksimoinnille kuvaavat optimitilannetta, jossa  $t&k$ -toimintaan on annettu varoja siten, että tutkimuksesta saatu rajahyöty vastaa tutkimuksen rajakustannuksia:

$$(12) \quad \begin{aligned} \mu_m(c^r\alpha^m + c^t\beta^m) &= p^m, \\ \mu_n(c^r\alpha^n + c^t\beta^n) &= p^n. \end{aligned}$$

Yritys investoi esimerkiksi kloorittoman paperin valkaisuun kehittämiseen siihen saakka, kunnes tutkimuksesta saadut rajahyödyt eli uuden tuotantotekniikan mahdollistama päästömaksun välttämisen tuottama kustannussäästö on vähintään yhtäsuurta kuin tutkimuksesta aiheutuvat rajakustannukset.

Oletetaan, että eri tutkimuslinjojen kustannukset ovat vastaavat ja ykkösen suuruiset ( $p^m = p^n = 1$ ). Otetaan kokonaisdifferentiaali yhtälöstä 12 ja tarkastellaan komparatiivisen statiikan avulla optimitilannetta :

$$(13) \quad \mu_{mm}(c^r\alpha^m + c^t\beta^m)dm = dp^m - \mu_m\alpha^m dc^r - \mu_m\beta^m dc^t \\ \mu_{nn}(c^r\alpha^n + c^t\beta^n)dn = dp^n - \mu_n\alpha^n dc^r - \mu_n\beta^n dc^t.$$

Muutetaan  $c$  ja  $p$  -termien muutokset logaritmisiksi ( $dc/c = d\ln c$ ) ja ratkaistaan 13  $dm$ :n ja  $dn$ :n suhteen käyttämällä apuna yhtälöä 12. Saadaan:

$$(14) \quad dm = (d\ln p^m - c^r\mu_m\alpha^m d\ln c^r - c^t\mu_m\beta^m d\ln c^t)\mu_m/\mu_{mm} \\ dn = (d\ln p^n - c^r\mu_n\alpha^n d\ln c^r - c^t\mu_n\beta^n d\ln c^t)\mu_n/\mu_{nn}.$$

Yhtälöstä 14 nähdään, että yrityksen t&k-toimintaan kohdistettaviin varoihin vaikuttavat tuotannontekijöiden kustannusmuutosten ( $d\ln c^r$  ja  $d\ln c^t$ ) lisäksi innovaatiotoimintaan vaikuttavat tutkimuksen kustannusmuutokset ( $d\ln p^m$  ja  $d\ln p^n$ ) sekä kokonaistuotannontekijäkustannukset ( $c^r$  ja  $c^t$ ). Kokonaistuotannontekijäkustannukset ovat vaikutuskertoimia tuotannontekijöiden kustannusten muutoksille sekä t&k-toiminnan tuottavuuden odotetuille muutoksille. Näin otetaan huomioon tuotannontekijöiden määrien vaikutukset t&k-varojen muutoksissa.

### 3.3 Päästömaksun vaikutukset

Päästömaksu luo yrityksille insentiivin vaikuttaa päästöihinsä t&k-toiminnalla. Yritys voi tällöin kehittää tuotantoprosessejaan ympäristön kannalta paremmiksi tai kehittää tehokkaampaa päästöjen käsittelytekniikkaa. Tärkeänä voidaan pitää ensimmäistä vaihtoehtoa, jossa jo uuden tehtaan tai tuotantolinjan suunnitteluvaiheessa otetaan huomioon tulevasta tuotannosta syntyvät päästöt.

### 3.3.1 Innovatiiviset vaikutukset

Yhtälön 14 pohjalta voidaan tarkastella päästömaksujen vaikutuksia yrityksen t&k-toimintaan. Päästömaksujen muutosten vaikutusta tutkimuslinjan  $n$  toiminnan panostukseen kutsutaan omakustannusvaikutukseksi. Muiden tekijöiden pysyessä muuttumattomana voidaan selvittää päästömaksujen omakustannusvaikutuksen suunta:

$$(15) \quad \partial n / \partial \ln c^t = -c^t (\mu_n)^2 \beta^n / \mu_{nn} \geq 0.$$

Omakustannusvaikutuksen suuruuteen vaikuttavat tuotannontekijän kustannukset ja tutkimuslinjan tuottavuusodotusten muutokset. Päästömaksun korottaminen lisää siis yrityksen t&k-toiminnan määrää päästöjen puhdistustekniikan kehittämiseksi.

Ristivaikutuksilla tarkoitetaan päästömaksujen muutosten vaikutuksia muuhun tuotannon tehostamiseen. Ristivaikutuksen suuntaan vaikuttaa se, onko kyseessä substituutio vai puhtaan teknisen muutoksen tapaus:

$$(16) \quad \partial m / \partial \ln c^t = -c^t (\mu_m)^2 \beta^m / \mu_{mm}.$$

Substituutiotapauksessa  $\beta^m$  on negatiivinen, jolloin ristivaikutus on negatiivinen. Tällöin päästömaksujen korotus vähentäisi tuotantoresurssien säästämiseen kohdistuvaa t&k-toimintaa. Yrityksessä allokoidaan siis varoja tuotantotekniikan tehostumisesta päästöjen puhdistustekniikan kehitykseen. Päästömaksujen voidaan tässä tapauksessa ajatella hidastavan tuotannon teknologista kehitystä.

Puhtaassa teknisen kehityksen tapauksessa  $\beta^m$  on positiivinen ja vastaavasti ristivaikutus on positiivinen. Usein tuotannon tehostuminen on itsessään materiaaleja ja energiaa säästävää. Tällöin uusien tuotantoprosessien käyttöönotto voi tehostuneen tuotannon lisäksi rasittaa vähemmän ympäristöä. Erityisesti jos tuotannon ympäristövaikutuksiin kiinnitetään huomiota jo tuotannon suunnitteluvaiheessa, voi päästömaksujen korotus johtaa vähemmän saastuttavan tuotantotekniikan kehittämiseen tutkimuslinjalla  $m$ .

Binswanger on tulkinnut termin  $\mu_m^2 / \mu_{mm}$  kuvaavan sitä, miten pitkällä tutkimusprosessi on yrityksessä (Binswanger 1974, 948). Jos oletetaan, etteivät tutkimuslinjat eroa toisistaan tässä mielessä, tutkimuslinjoille allokoidaan varo-

ja sen mukaan, miten ne vaikuttavat päästöjen käsittelyn tehokkuuteen. Jos puhtaan teknisen kehityksen tapauksessa tuotantoprosessien kehittäminen on päästöjen käsittelyn kannalta tehokkaampaa, päästömaksun korotus aiheuttaa enemmän panostusta tuotantoprosessien kehittämiseen eli  $\partial m / \partial \ln c^t > \partial n / \partial \ln c^t$  ja päinvastoin.

### 3.3.2 Vaikutukset teknologian kehityksen suuntaan

Tarkastellaan, onko innovaation jälkeen käyttöön otettu teknologia suhteellisesti tuotantoresurssia vai ympäristöresurssia säästävää vai neutraalia. Käyttämällä yhtälöä 7 ja edellä johdettuja tuloksia omakustannus- ja ristikustannusvaikutuksista saadaan:

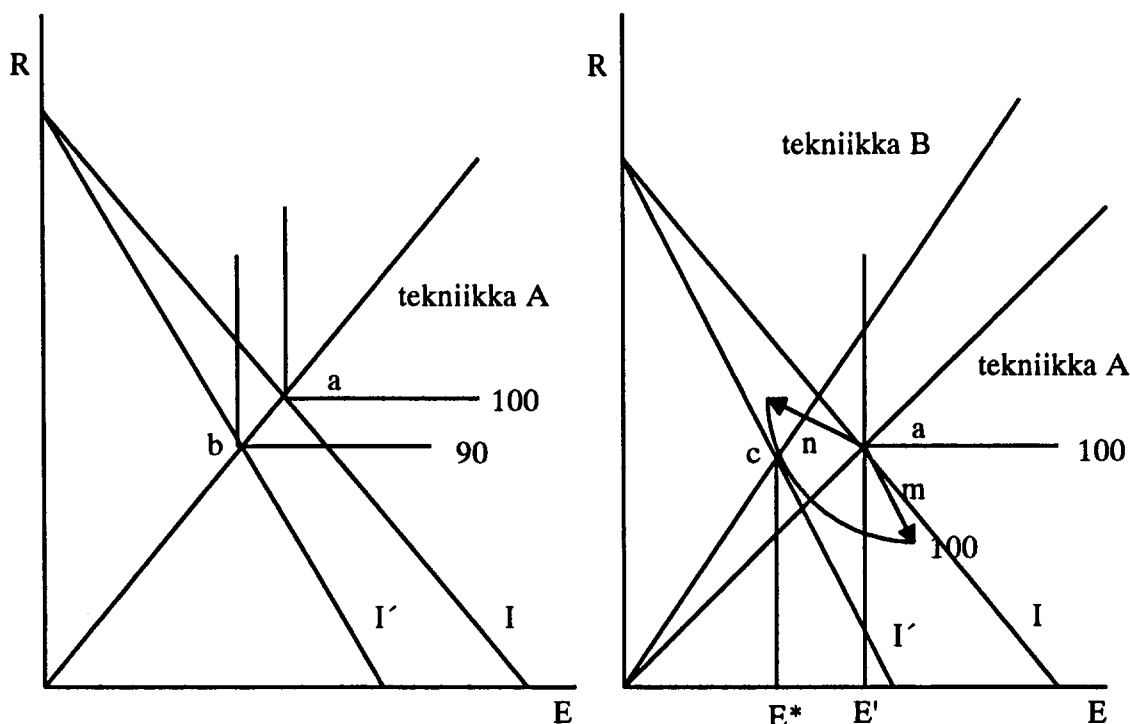
$$(17) \quad \partial Q / \partial \ln c^t = \mu_m (\alpha^m - \beta^m) \partial m / \partial \ln c^t + \mu_n (\alpha^n - \beta^n) \partial n / \partial \ln c^t.$$

Teknologian kehityksen suuntautumiseen eli jommankumman tuotannontekijän suhteellisen osuuden lisääntymiseen vaikuttaa tutkimusprosessien luonne. Kun  $(\alpha^m - \beta^m)$  on aina positiivinen ja  $(\alpha^n - \beta^n)$  on aina negatiivinen sekä substituutio- tapauksessa että puhtaan teknisen muutoksen tapauksessa, riippuu muutoksen suunta päästömaksujen muutoksen vaikutuksesta tutkimuslinja m:n resurssisiin. Substituutio- tapauksessa päästömaksujen ristikustannusvaikutus on negatiivinen, jolloin  $\partial Q / \partial \ln c^t < 0$  eli teknologian kehityksen suuntautuminen on ympäristöresurssia säästävää. Tällöin yrityksen teknologinen kehitys suuntautuu ympäristöresurssin käytön tehostumiseen. Jos siis yrityksessä puhdistustekniikka tehostuu tuotantotekniikan kehityksen kustannuksella, voidaan yrityksen teknologista kehitystä pitää ympäristön kannalta edullisesti suuntautuneena. Tällöin ei tuotannon tehostuminen ja lisääntyvät päästöt ylitä yrityksen parantunutta päästöjen käsittelykykyä. Puhtaan teknisen kehityksen tapauksessa eivät päästömaksun muutosten vaikutukset teknologian kehityksen suuntaan ole selvitetävissä.

Tämä voidaan havainnollistaa kuviolla 3. Siinä päästömaksun kasvu näkyy samakustannuskäyrän (isocost curve) I siirtymisenä vasemmalle. Käyrä leikkaa aiemman käyrän tuotannollisen resurssin akselilla, sillä muiden tekijöiden oletetaan pysyvän muuttumattomina. Yrityksen tuotantoteknologiaa kuvaa kiinteiden panosten tuotantofunktio, jolloin ilman uuden teknologian kehittämistä tai hankintaa yritys tuottaa tuotoksen Y aina samalla panossuhteella. Yritys ei siis voi substituoida tuotannontekijöitä keskenään.

Kuviossa 3 a on kuvattu tilanne, jossa yritys ei kehitä tuotantotekniikkaansa. Päästömaksun kasvaessa yritys joutuu kiinteiden panossuhteiden tuotantotekniikalla A siirtymään pisteestä a pisteeseen b (Sato & Suzawa 1983, 32-33).

Yrityksen on siis sopeuduttava ympäristöresurssin hinnan nousuun eli päästömaksun kasvuun pienentämällä tuotantoa.



a. Teknologiaa ei kehitetä.

b. Teknologiaa kehitetään.

Kuvio 3. Päästömaksun muutoksen vaikutukset.

Kuviossa 3 b yritys kehittää tekniikkaa käyttämällä varoja t&k-toimintaan. Teknologiamahdollisuuksien käyrä kuvaa t&k-toiminnan tuottamien innovaatioiden vaikutuksia tuotantotoiminnan mahdollisuuksiin. Tutkimukseen käytettävien varojen määriä kuvaavien vektoreiden (m ja n) väliin piirretty käyrä on teknologiamahdollisuuksien samatuotoskäyrä (isoquant). Se kuvaa tuotannollisen resurssin ja ympäristöresurssin käytön mahdollisuuksia innovaatioiden vaikuttaessa tuotantotoimintaan. Uudella samatuotoskäyrällä pystytään vähemmällä panoksilla tuottamaan aikaisempaa vastaava määrä tuotosta Y. Uudet tuotantoprosessit voidaan suunnitella siten, että samaan tuotokseen Y päästään vähemmällä tuotantotekijöiden käytöllä. Päästömaksujen kasvaessa yritys suunnittelee uusiin innovaatioihin perustuvan tuotantotekniikan B ja siirtyy tuottamaan pisteeseen c. Tällöin yritys tuottaa vastaavan määrän Y vähemmällä ympäristöresurssin käytöllä, sillä  $E^* < E'$ . Siirtymistä tekniikan A



käytöstä tekniikan B käyttöön voidaan pitää ympäristöä säästävänä teknologian muutoksena. (Sato - Suzawa 1983, 39-40)

### 3.3.3 Yrityksen tuotannon määrän muutosten ja välillisten ohjauskeinojen vaikutukset t&k-toimintaan

Yrityksen tuotannon kasvun vaikutukset ympäristöresurssien käytön tutkimiselle voidaan selvittää yhtälön 14 avulla muuttamalla kustannustekijöiden logaritmiset muutokset tuotoksen logaritmisiksi muutoksiksi. Hintojen ja tuotantotekijöiden kertoimien ollessa vakiot voidaan  $dlnc^t$  ja  $dlnc^r$  korvata  $dlnY$ :llä. Tällöin saadaan:

$$(19) \quad \partial n / \partial \ln Y = -(\mu_n)^2 / \mu_{nn} (c^r \alpha^n + c^t \beta^n) \geq 0.$$

Yrityksen tuotannon kasvu lisää siis ympäristöresurssien käytön tutkimustoimintaa. Tämä ei kerro mitään päästöjen kokonaismäärästä tuotannon lisääntyessä. Voidaan vain todeta mallin avulla, että tuotannon kasvaessa yrityksellä on lisääntyvästi varaa käyttää resursseja päästöjä vähentävän toiminnan tutkimiseen ja kehittämiseen.

Voidaan kuitenkin todeta, että välilliset ohjauskeinot, joilla yritetään vaikuttaa ympäristön laatuun esimerkiksi vähentämällä tuotantoa ja sitä kautta päästöjä, ovat teknologisilta vaikutuksiltaan päinvastaisia kuin suora päästömaksu. Välillinen kulutusta ja tuotantoa vähentämään tarkoitettu vero pienentää siten yrityksen ympäristöinnovaatiotoimintaa. Ohjauskeinot tulee teknologisten vaikutusten kannalta kohdistaa suoraan haitallisiin päästöihin eikä välillisesti niihin liittyvään toimintaan.

## 4 LOPUKSI

### 4.1 Yhteenveto mallista

Edellä esitetty mikroteoreettinen malli voi antaa ty pistetyn kuvan päästöjen säätelyn vaikutuksista ja yrityksen reaktioista. Ongelmana on neoklassisen tuotantoteorian puutteellinen yrityksen toiminnan hahmotus sekä toisaalta kaikelle mallittamiselle yhteinen asioiden osittainen tai yksinkertaistava käsittelytapa. Malli ei ota huomioon uusien tuotantomenetelmien tai puhdistuslaitteiden vaikutuksia yrityksen markkinaosuuksiin ja yritysten kykyyn vallata markkinaosuuksia vaikuttamalla tuotteiden hintaan. Lisäksi mallissa ei otettu huomioon tuotettujen hyödykkeiden ympäristövaikutuksia ja tuotteiden ominaisuuksien kehitystä. Tällä saattaisi olla vielä suuremmat vaikutukset yritysten kykyyn vaikuttaa markkinaosuuksiinsa ja hintoihin kuin tuotantomenetelmien muutoksilla. Yrityksethän eivät tuottaisi ja myisi enää identtisiä tuotteita tai täydellisiä substituutteja kilpailullisilla markkinoilla, vaan ne kilpailisivat markkinaosuuksista erilaisilla tuotteilla, joissa yhtenä erottavana piirteenä voisi olla tuotteen käytön ja sen materiaalin uudelleen käytön ympäristövaikutukset.

Binswangerin malli on kuitenkin merkittävä yritys laajentaa neoklassisen tuotantoteorian yrityksen toiminnan hahmotusta. Mallilla saadut keskeiset tulokset ovat intuitiivisesti mielekkäitä ja niillä voidaan painottaa teknologisen kehityksen tärkeyttä ja suunnata tarkastelua sinne, missä teknologinen kehitys tuotannon osalta tapahtuu eli yrityksiin. Jos yritys pystyy t&k-toiminnallaan laskemaan tuotantoon liittyviä kustannuksia, reagoi se myös julkisen vallan päästöjen säätelyn aiheuttamiin lisäkustannuksiin. Yritys allokoii varansa siihen tutkimustoimintaan, missä ne tuottavat suurimman rajahyödyn. Jos yritys voi välttää tai pienentää päästömaksusta johtuvia kustannuksia kehittämällä tehokkaampaa teknologiaa ja jos uuden teknologian kehittäminen on myös taloudellisesti kannattavaa verrattuna päästömaksuihin, suuntaa se varojaan päästöjenpuhdistamisen tehostamiseen. Jos yritys tietää jo uuden tehtaan tai tuotantolinjan suunnitteluvaiheessa, että ympäristöön saatetuilla päästöillä on hintansa, suhtaudutaan yrityksessä ympäristöön kuten muihinkin tuotantotekijöihin eli sitä pyritään käyttämään mahdollisimman säästeliäästi ja suunnittelemaan tuotantoprosessit osaltaan ympäristövaikutusten kannalta. Päästömaksu suuntaa teknologian kehityksen ympäristöressurssia säästäväksi, jos päästöjä ei voida vähentää tuotantoprosessien kehityksen avulla. Tällöin tehostava tuotanto ja lisääntyvät päästöt eivät ylitä yrityksen kykyä käsitellä päästöjensä. Teknologian kehityksen suuntaa tilanteessa, jossa yritys voi vähentää päästöjään tuotantoprosessien muutoksilla, ei voida määrittää esitetyllä mallilla.

Tutkimus- ja kehitystoiminta on yrityksen näkökulmasta strateginen väline, jolla yritys tuotannon tehostamisen lisäksi säilyttää ja parhaimmillaan tehostaa markkinoinnin avulla valtaa markkinaosuuksia tuotteilleen. Hallinnolliset ohjauskeinot, joilla ympäristön käytölle asetetaan (varjo)hinta, luovat yritykselle insentiivin käyttää sitä tehokkaasti. Vastaavasti ympäristövaikutuksista välittävät kuluttajat luovat markkinoiden ja yrityksen strategisen toiminnan kautta yritykselle insentiivin suunnitella ja kehittää tuotantonsa ja tuotteensa myös niiden ympäristövaikutusten kannalta.

#### **4.2 Esimerkki "vihreiden" arvojen voimistumisen vaikutuksista eurooppalaiseen autoteollisuuteen**

Yritysten tuotantotoiminnan uhatessa ympäristöä tai julkisten hallintotoimenpiteiden kuten päästömaksujen ja julkisen mielipiteen uhatessa liiketoimintaa on yritysjohtajien päätöksiä tehdessään pidettävä ympäristövaikutuksia yhtenä päätöksenteon parametrinä. Ympäristövaikutukset on selvitettävä välittömästi tuotannosta syntyvien päästöjen lisäksi tuotteiden koko elinkaaren ajalta. Tärkeitä tekijöitä ovat tuotteen valmistukseen käytetyn energian ja materiaalin laatu. Onko tuotteessa käytetty kierrätettyjä materiaaleja ja tuotetaanko se uusiutuvilla energialähteillä? Yrityksen on harkittava etukäteen myös tuotteen käytön ympäristövaikutukset, kuten energiakulutus ja päästöt sekä lopulta sen uudelleenkäyttö joko kierrätyksessä tai energialähteenä. Käytännön esimerkkinä tarkastellaan kehitystä autoteollisuudessa.

Autoteollisuuden kehityksen tarkastelu on sopivaa kritiikkiä esitetylle teoreettiselle mallille, sillä varsinaisen tuotantotoiminnan sijasta huomio kiinnittyy tuotteiden ympäristövaikutuksiin. Autoteollisuuden ympäristövaikutukset korostuvat sen tuotteiden käytön yhteydessä. Päästöjen osalta autojen pakokaasut aiheuttavat erityisesti suurkaupungeissa suuria ympäristöongelmia. Autojen pakokaasujen puhtauteen onkin vaikutettu kehittämällä pakokaasuja puhdistavia katalysaattoreita. Polttoaineen lisäaineita, kuten lyijyä, on korvattu haitattomilla lisäaineilla tai auton moottoria on kehitetty siten, että se toimii ilman polttoaineen haitallisia lisäaineita. Öljyalan keskusliiton tilastojen mukaan lyijyttömän bensiinin myyntiosuus Suomessa on jo 70 prosenttia. Euroopassa lyijytöntä bensiiniä myydään eniten suhteellisesti Saksassa, jossa 83 prosenttia myydystä bensiinistä on lyijytöntä. Teknisen kehityksen ansiosta vain osa viime vuosikymmenen alkupuolella ja sitä ennen valmistetuista autoista tarvitsee enää polttoainekseen lyijyllistä bensiiniä.

Englantilainen teknologisen kehityksen tutkimuskeskus CEST (Center for Exploitation of Science and Technology) on arvioinut vuonna 1991 autojen määrän kasvavan 500 miljoonaan kappaleeseen vuoteen 2025 mennessä. Tämä

aiheuttaa vähintäänkin 12,5 miljoonan tonnin vuosittaisen jätemateriaalimäärän. Purku-, murskain- ja erotteluprosessin jälkeinen hyödyntämätön materiaali-jäännös koostuu tyypillisesti painoprosentteina: polymeerit 31 %, elastomeerit 32 % ja muut 34 % (lasi, maalit, kankaat ym.). Muutettaessa painoprosentit suhteelliseksi tilavuudeksi on muovien osuus hyödyntämättömästä materiaali-varannosta yli 50 %. Metallien kiertäessä lähes täydellisesti autoteollisuudessa kohdistuu paine muovien kierrätyksen kehittämiseen, suunniteluun ja järjestämiseen. (CEST 1991.)

Saksa on Euroopan ympäristölakien suunnannäyttäjänä tehnyt vuonna 1986 periaatepäätöksen (1986 Waste Avoidance and Waste Management Act), jonka pyrkimyksenä on liittää jätehuolto osaksi tuotantoa ja hyödykkeiden toimittamista. Lisäksi Saksan hallituksen vuoden 1990 lakiehdotuksessa autoteollisuus veloitetaan ottamaan vastaan käytetyt autot viimeiseltä omistajalta ilman lisämaksua ja purkamaan autot osien uudelleen käyttöä tai materiaalin kierrätystä varten. Vuodesta 1994 lähtien 25 % autoissa käytetyistä muovista on kierrätettävä ja lisäksi pyrittävä yhtenäistämään käytettyjä muovilaatuja. (Kreisher 1991, 49-52.)

Autojen materiaali kierrätyksen suurimpana ongelmana on pidetty muoviosien uudelleen käyttömahdollisuuksia. Karkeana periaatteena voidaan yksinkertaistaa muovien kierrätysominaisuudet: kestopuovit (PE, PP) ovat helpommin kierrätettävissä kuin tekniset kestopuovit (ABS) ja kertamuovit. Tämän on arvioitu lisäävän polypropeenin (PP) käyttöä ABS:n sijaan autoissa eri aplikaatioina. PP:n tuottaja BASF arvioi PP:n käytön lisääntyneen autoissa 15 % vuonna 1990. Kierrätettävän kestopuovin odotetaan lisäävän osuuttaan vielä merkittävästi seuraavan viiden vuoden aikana. Saksalainen autonvalmistaja BMW on tuotantonsa materiaalivalinnoilla ja kehityksellä pyrkinyt ottamaan huomioon tulevaisuuden vaatimukset autojen kierrätettävyydestä. BMW onkin aloittanut Saksassa Landshutissa muovipuskurien (PP/EPDM) purkamisen ja keräyksen. BMW suunnittelee kierrätetyn materiaalien käyttöä eri aplikaatioina uusissa malleissaan (Wood 1991, 43). Saksalaisessa automerkin VW Polossa on jo vuoden 1991 malleissa puskurit valmistettu kierrätetystä muovista (PP/EPDM). (Kreisher 1991, 49-52.)

Monet yritykset ovat tiedostaneet ihmisten huolen ympäristöstä uudeksi liiketoimintamahdollisuudeksi ja ympäristön säästämiseen vetoavista markkinointiargumenteista on tullut 90-luvun johtava markkinoinnin väline (North 1992, 5). Mm. ruotsalainen autonvalmistaja Volvo on pitkänaikavälin markkinaennusteissaan arvioinut ympäristön kannalta mielekkäät tuotanto- ja tuoteratkaisut, kuten energiakulutuksen pienentämisen ja autojen osien uudelleen käytön ja materiaalin kierrätyksen, parhaaksi strategiseksi vaihtoehdoksi suhteellisen kilpailuedun saavuttamisessa. Volvo BV on käynnistänyt Alankomaissa yhdessä autojen purkuyhdistyksen (Stiba) ja raaka-ainetoimittajien kanssa kierrätysprojektin. Tärkeänä tekijänä projektissa pidetään purkutekniikan ja siihen liitty-

vien kuljetusten kehittämistä, materiaalien käytön suunnittelua ja tunnistettavuutta sekä autojen suunnittelua materiaalien uudelleen käytön näkökulmasta. Volvo on myös käynnistänyt LCP 2000 -projektin (Light Component Project for the year 2000), jolla kehitetään tulevaisuuden autoa. Auton materiaalivalinnoilla pyritään keveyden avulla alentamaan energian kulutusta. Materiaalivalinnoille asetettiin seuraavat ennakkoehdot: materiaalin vaikutukset auton koko elinkaaren energiakulutukseen, materiaalien kierrätysmahdollisuudet ja materiaalien saatavuus vuosisadan lopulla on arvioitava eikä materiaalien keventämisen kustannus saa ylittää polttoainekustannuksien säästöä. LCP 2000 -projekti lähestyy tulevaisuuden auton kehittämistä monilta tärkeiltä osiltaan juuri ympäristön huomioon ottamisen kannalta.

**LÄHTEET**

- BAUMOL, W. J. - OATES, W. E. (1988): *The Theory of Environmental Policy*. 2nd edition. Cambridge University Press.
- BEST, M. H. (1990): *The New Competition - Institutions of Industrial Restructuring*. Polity Press. Cambridge. Great Britain.
- BINSWANGER, H. P. (1974): *A Microeconomic Approach to Induced Innovation*. *The Economic Journal*, December 1974, 940-957.
- BLAIR, R. D. - KENNY, L. W. (1987): *Microeconomics with Business Applications*. John Wiley & Sons, Inc.
- COASE, R. H. (1960): *The Problem of Social Cost*. Teoksessa BREIT, W. - HOCHMAN, H. M. - SAUERACKER, E.(1986)(toim.): *Readings in Microeconomics*. Times Mirror/Mosby College Publishing.
- DOSI, G. - ORSENIGO, L. (1988): *Industrial Structure and Technical Change*. Teoksessa HEERTJE, A.(toim.): *Innovation, Technology, and Finance*. Basil Blackwell.
- DOWNING, P. B. - WHITE, L. J. (1986): *Innovation in Pollution Control*. *Journal of Environmental Economics and Management* 13, 18-29.
- FISHER, A. C. (1981): *Resource and Environmental Economics*. Cambridge University Press.
- HEERTJE, A. (1988): *Innovation, Technology, and Finance*. Basil Blackwell.
- KREISHER, K. R. (1991): *Recyclability keys PP growth in European autos*. *Modern Plastics International*, AMcGraw-Hill Publication October 1991, 49-52.
- MAGAT, W. A. (1978): *Pollution Control and Technological Advance: A Dynamic Model of the Firm*. *Journal of Environmental Economics and Management* 5, 1-25.
- (1979): *The Effects of Environmental Regulation on Innovation*. *Law and Contemporary Problems*, vol 43, No 1, 4-25.
- MALASKA, P. (1991): *Nature-oriented Technology*. Turun kauppakorkeakulun julkaisuja Sarja Keskustelua ja raportteja 7:1991. Turku.
- MALUEG, D. A. (1989): *Emission Credit and the Incentive to Adopt New Pollution Abatement Technology*. *Journal of Environmental Economics and Management* 16, 52-57.
- MENDELSON, R. (1984): *Endogeneous Technical Change and Environmental*

- Regulation. *Journal of Environmental Economics and Management* 11, 202-207.
- MILLIMAN, S. R. - PRINCE, R. (1989): Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control. *Journal of Environmental Economics and Management* 17, 247-265.
- MISHAN, E. J. (1981): *Economic Efficiency and Social Welfare*. George Allen & Unwin (Publishers) Ltd.
- NORTH, K. (1992): *Environmental business management: An introduction*. International Labour Office, 1992. Management Development Series, No. 30, Geneva.
- REIJNDEERS, L. (1990): *Subsidies and the Environment*. Teoksessa GERRITSE, R. (toim.) *Producer Subsidies*. Pinter Publishers. London.
- SATO, R. - SUZAWA, G. S. (1983): *Research and Productivity*. Auburn House Publishing Company. Boston, Massachusetts.
- SIEBERT, H. (1987): *Economics of the Environment*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- SMITH, K. V. (1972): The Implications of Common Property Resources for Technical Change. *European Economic Review*, 3, 469-79.
- STIGLITZ, J. E. (1988): *Economics of the Public Sector*. W. W. Norton & Company, New York.
- VARIAN, H. R. (1987): *Intermediate Microeconomics*. W. W. Norton & Company, New York.
- VERBRUGGEN, H. (1990): Subsidies as an Instrument for Environmental Policy. Teoksessa GERRITSE, R. (toim.) *Producer Subsidies*. Pinter Publishers. London.
- WENDERS, J. T. (1975): Methods of Pollution Control and the Rate of Change in Pollution Abatement Technology. *Water Resources Research*, vol. 11, No. 3, 393-396.
- WILLIAMS, J. (1991): *Disposal of Vehicles*. Centre for Exploitation of Science and Technology.
- ZERBE, R. O. (1970): Theoretical Efficiency in Pollution Control. *Western Economic Journal* 8, 364-376.
- WOOD, S. (1991): The all-plastic car comes several laps closer. *Modern Plastics International*, AMcGraw-Hill Publication, October 1991, 40-44.

